

รูปแบบของช่องเปิดด้านข้างเพื่อการนำแสงธรรมชาติมาใช้ในอาคารสำนักงาน



นางสาว พิรุฬห์รัตน์ บุรีประเสริฐ

สถาบันวิทยบริการ

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาสถาปัตยกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาเทคโนโลยีอาคาร ภาควิชาสถาปัตยกรรมศาสตร์


คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปีการศึกษา 2543

ISBN 974-13-0901-5

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

SIDE LIGHTING TYPES FOR DAYLIGHTING UTILIZATION IN OFFICE BUILDINGS



PIRUNRAT BURIPRASERT

สถาบันวิทยบริการ

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

for the Degree of Master of Building Technology

Department of Architecture

Faculty of Architecture

Chulalongkorn University

Academic Year 2000

ISBN 974-13-0901-5

หัวข้อวิทยานิพนธ์

รูปแบบช่องเปิดเพื่อการนำแสงธรรมชาติมาใช้ในอาคารสำนักงาน

โดย

นางสาว พิรุฬห์รัตน์ บุรีประเสริฐ

สาขาวิชา

เทคโนโลยีอาคาร

อาจารย์ที่ปรึกษา

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ธนิต จินดาวงนิค

อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม

อาจารย์ พิรัช พัทธเศวต

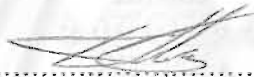
คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้รับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้
เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาโทมหาบัณฑิต



..... คณบดีคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์

(รองศาสตราจารย์ ดร.วิระ สัจกุล)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์



..... ประธานกรรมการ

(รองศาสตราจารย์ สมสิทธิ์ นิตยะ)



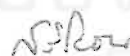
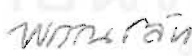
..... อาจารย์ที่ปรึกษา

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ธนิต จินดาวงนิค)



..... อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม

(อาจารย์ พิรัช พัทธเศวต)



..... กรรมการ

(อาจารย์ พรรณชลัท สุริโยธิน)

พิรุฬห์รัตน์ บุรีประเสริฐ : รูปแบบของช่องเปิดด้านข้างเพื่อการนำแสงธรรมชาติมาใช้ในอาคารสำนักงาน. (SIDE LIGHTING TYPES FOR DAYLIGHTING UTILIZATION IN OFFICE BUILDINGS) อ. ที่ปรึกษา : ผศ.ธนิต จินดาวณิก,อ. ที่ปรึกษาร่วม : อ.พีรวัส พัทธเศวต,169 หน้า. ISBN 974-13-0901-5.

งานวิจัยนี้มีจุดประสงค์เพื่อการศึกษาารูปแบบช่องเปิดเพื่อนำแสงสว่างธรรมชาติเข้ามาในอาคารสำนักงานด้านทิศเหนือและทิศใต้โดยเน้นการใช้สอยในสภาพท้องฟ้าและภูมิอากาศของกรุงเทพมหานคร จากการนำข้อมูลค่าเฉลี่ยของความสว่างภายนอกและค่าเฉลี่ยของพลังงานรังสีดวงอาทิตย์ ปี พ.ศ.2542 จัดกลุ่มเป็นค่าเฉลี่ยรายชั่วโมงของปีตามสภาวะท้องฟ้าแจ่มใส (Clear), ท้องฟ้ามีเมฆบางส่วน (Partly Cloudy) และท้องฟ้าเมฆเต็มท้องฟ้า(Cloudy)โดยใช้เกณฑ์พิจารณาจากอัตราส่วนท้องฟ้า(Sky ratio) เป็นหลัก นำมาจำลองสภาพการให้แสงธรรมชาติในท้องฟ้าต่างๆ ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ Lightscape 3.2 ซึ่งมีกรนำมาตรวจสอบความน่าเชื่อถือของโปรแกรมจากการเปรียบเทียบผลค่าความสว่างที่ประมาณค่าได้จากการคำนวณของโปรแกรมกับค่าความสว่างที่วัดได้จริงจากเครื่องมือวัดค่าความสว่างภายในอาคารตัวอย่าง

กรณีศึกษานี้ได้กำหนดห้องมาตรฐานที่มีผนังเป็นช่องเปิดหน้าต่างกระจกใสหนา 6 มิลลิเมตร เพียง 1 ด้าน โดยมีรูปแบบช่องเปิด 2 ชนิด คือ หน้าต่างต่อเนื่อง และหน้าต่างไม่ต่อเนื่อง ซึ่งมีสัดส่วนพื้นที่กระจกต่างกัน 70%,60%,50% และ 40% ผลค่าความสว่างภายในบนพื้นผิวอ้างอิงถูกนำมาประเมินผลในเชิงปริมาณแสงธรรมชาติที่เข้ามาในอาคารด้านทิศเหนือและทิศใต้ การประเมินผลเชิงอนุรักษ์พลังงานของรูปแบบช่องเปิดในการศึกษานี้ ใช้วิธีการเปรียบเทียบการใช้พลังงานไฟฟ้ารายปีเพื่อให้แสงสว่างที่ลดลงเนื่องจากแสงธรรมชาติกับการใช้พลังงานไฟฟ้าเพื่อทำความเย็นเนื่องจากความร้อนที่ผ่านเข้ามาทางหน้าต่างและความร้อนจากโคมไฟฟ้าแสงประดิษฐ์

การศึกษานี้พบว่ารูปแบบช่องเปิดหน้าต่างต่อเนื่องมีประสิทธิภาพมากที่สุดเมื่อสัดส่วนพื้นที่ที่กระจก 40%-50%ของผนัง โดยสัดส่วนพื้นที่ที่กระจกเพิ่มขึ้น 10% จะทำให้ภาวะทำความเย็นเพิ่มขึ้น 16%-25%ในทิศเหนือและทิศใต้ จากผลค่าความสว่างที่คำนวณโดยโปรแกรมคอมพิวเตอร์พบว่า ชนิดหน้าต่างต่อเนื่องจะส่งผลให้ปริมาณแสงธรรมชาติบนพื้นผิวอ้างอิงเข้ามาได้ลึกมากที่สุด 4.7 เมตร และอัตราส่วนพื้นที่แสงธรรมชาติต่อพื้นที่ห้องมีค่ามากกว่าชนิดหน้าต่างไม่ต่อเนื่อง ถ้าส่วนของหน้าต่างที่สูงเหนือระดับอ้างอิงเท่ากัน คือ 1.95 เมตร ส่วนของหน้าต่างที่ต่ำกว่าระดับอ้างอิงเพิ่มขึ้นเป็น 0.15,0.45, และ 0.75 เมตร จะทำให้ความสูงหน้าต่างรวมเพิ่มสูงขึ้น ซึ่งจะส่งผลให้อุปกรณ์บังแดดบนผนังมีระยะยื่นเพิ่มมากขึ้นจึงมีผลทำให้ค่าความสว่างภายในและระยะทางที่แสงธรรมชาติเข้ามาบนพื้นผิวอ้างอิงภายในห้องลดต่ำลง สำหรับการเว้นช่องหน้าต่างให้มีผนังที่บังแสงระหว่างพื้นที่ที่กระจกพบว่าระยะเว้นช่องระหว่างหน้าต่างที่เพิ่มขึ้นของรูปแบบช่องเปิดทิศเหนือมีผลทำให้ค่าความสว่างภายในบนพื้นผิวอ้างอิงลดต่ำลงน้อยกว่ารูปแบบช่องเปิดทิศใต้ ดังนั้นรูปแบบช่องเปิดชนิดหน้าต่างต่อเนื่องที่มีส่วนของหน้าต่างสูงเหนือระดับอ้างอิงด้านทิศเหนือมีประสิทธิภาพสูงกว่ารูปแบบช่องเปิดอื่นๆ จากผลสรุปที่ได้นี้สามารถใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานให้กับสถาปนิกนำไปพิจารณาออกแบบรูปแบบช่องเปิดสำนักงานในกรุงเทพมหานครเพื่อการนำใช้แสงธรรมชาติเข้ามาในอาคารอย่างมีประสิทธิภาพในการประหยัดพลังงานด้วย

ภาควิชา สถาปัตยกรรมศาสตร์ลายมือชื่อนิสิต
สาขาวิชา เทคโนโลยีอาคารลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา
ปีการศึกษา 2543ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม

##4274146525 : MAJOR ARCHITECTURE

KEY WORD: SIDELIGHT / DAYLIGHT / OFFICE

PIRUNRAT BURIPRASERT: SIDE LIGHTING TYPES FOR DAYLIGHTING UTILIZATION IN OFFICE BUILDINGS. THESIS ADVISOR: ASSISTTANT.PROFESSOR THANIT CHINDAVANIC, THESIS COADVISOR: MR. PIRUST PACHARASWATE, pp. 169. ISBN 974-13-0901-5.

The purpose of this research is to study the types of fenestration for daylighting utilization in office buildings on the north and south direction. The study emphasizes on an application in sky condition and climate in Bangkok. Data namely sky luminance, radiation are collected for one year record, 1999. Then all data will be grouped into three conditions by sky ratio. Those are clear sky, partly cloudy sky and cloudy sky in order to simulate the side lighting in difference sky condition with computer program, Lightscape 3.2. The validation of computer program is audited by comparing between the estimate result of illuminance and measurement by light meter with in building.

A standard room was set as a case study. The standard room was 9*9 square meters with one side of fenestration, single 6 mm. glass. The fenestration was divided into 2 types those are strip window and punch window with window wall area ratio 70%, 60%, 50% and 40%. The result of illuminance on work plane was evaluated daylight in buildings from north and south direction. The evaluate of annual electrical energy consumption on types of fenestration in this research is to compare with the reduction of energy for illumination from artificial lighting and the increasing of energy for cooling load by heat gain through window, heat gain from artificial lighting. This research shows that strip window efficiency when the window wall area has ratio at 40% to 50%. If the window wall area ratio increase 10%, the cooling load will increase about 16%-25% in the north direction and the south direction.

The results of illuminance by computer calculation are conclusion that strip window gives quantity of daylight on work plane at 4.7 m. maximum with ratio daylight area of standard room area should higher punch window. If the higher part of window above work plane equally 1.95 m., the lower part of window will be increasing to 0.15, 0.45 and 0.75 m. This has an impact on the total level of window and distance of shading device are increase. This also has an impact on the reduction of interior illuminance on work plane. The increasing of opaque distance between glass of window results in the reduction of interior illuminance on work plane in north direction more than in the south direction. The conclusion of this research is that the strip window which have the higher part of window above work plane in the north direction will have higher efficiency than others. This research will work as a primary data for architects to consider the design types of fenestration in office building in Bangkok for daylighting utilization which high efficiency for energy conservation.

Department Architecture

Field of study Building Technology

Academic year 2000

Student's signature..... *W.S.*

Advisor's signature..... *Tan*

Co-advisor's signature..... *PIRUST PACHARASWATE*

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์นี้สำเร็จได้ด้วยความช่วยเหลืออย่างดีของอาจารย์ ธนิต จินดาวงนิค และอาจารย์พิรวัส พัทธเศวตซึ่งให้คำแนะนำและข้อคิดเห็นในการวิจัยมาโดยตลอด ขอขอบคุณ อาจารย์พรพนชลัท สุริโยธินที่ให้คำแนะนำที่เป็นประโยชน์ต่อการวิจัย อาจารย์กวีไกร ศรีหิรัญและ ภาควิชาสถาปัตยกรรมสำหรับหนังสือคู่มือการใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ Lightscape3.2 อาจารย์ สุรพงษ์ จิระรัตนานนท์และอาจารย์สิงห์ทอง พัฒนเศรษฐานนท์ที่ให้ความอนุเคราะห์ข้อมูลค่า ความสว่างภายนอกและค่าพลังงานรังสีดวงอาทิตย์

สุดท้ายนี้ ขอขอบคุณสำนักนโยบายพลังงานแห่งชาติที่ให้ทุนสนับสนุนการวิจัย ครั้งนี้ สรรพยา ประวิตรวางกูรที่ช่วยบันทึกผลการทดลอง และคุณเพชร ปัญญางามด้วย



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญ

| บทที่ | หน้า |
|--|------|
| บทคัดย่อภาษาไทย..... | v |
| บทคัดย่อภาษาอังกฤษ..... | ๑ |
| กิตติกรรมประกาศ..... | ๒ |
| สารบัญภาพ..... | ๓ |
| สารบัญแผนภูมิ..... | ๓ |
| สารบัญตาราง..... | ๓ |
| บทที่ | |
| 1. บทนำ..... | 1 |
| 2. เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง..... | 5 |
| 3. วิธีดำเนินการวิจัย..... | 32 |
| 4. การประมาณค่าแสงสว่างภายในอาคารตัวอย่าง..... | 50 |
| 5. การศึกษาอิทธิพลของรูปแบบช่องเปิดในการนำแสงธรรมชาติมาใช้ในสำนักงาน.. | 65 |
| 6. สรุปผลและเสนอแนวทางการออกแบบ..... | 111 |
| รายการอ้างอิง..... | 117 |
| ภาคผนวก..... | 119 |
| ประวัติผู้เขียน..... | 169 |

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญญภาพ

| | | หน้า |
|-------------|---|------|
| รูป 2.1a | แสงจากดวงอาทิตย์ที่มองเห็นได้เป็นส่วนหนึ่งของพลังงานจากดวงอาทิตย์ | 5 |
| รูป 2.2 | สภาพท้องฟ้า | 9 |
| รูป 2.3.1 | ความสัมพันธ์ระหว่าง แคนเดลา, ลักซ์ และฟุตแคนเดิล..... | 12 |
| รูป 2.3.2 | ลักษณะของการสะท้อนแสงเมื่อแสงตกกระทบบนตัวกลางชนิดต่างๆ..... | 13 |
| รูป 2.4.1 | องค์ประกอบของแสงธรรมชาติทั้งหมด..... | 17 |
| รูป 2.4.2 | แสดงตำแหน่งวัดระดับความส่องสว่างตามมาตรฐาน IES..... | 18 |
| รูป 2.5.1a | พิกัดระบุตำแหน่งดวงอาทิตย์..... | 21 |
| รูป 2.5.1 b | มุมกระทำของดวงอาทิตย์กับผนังช่องเปิดแนวตั้ง..... | 23 |
| รูป 2.5.1c | มุมตัดและมุมเบี่ยงที่ใช้ออกแบบอุปกรณ์บังแดดแนวตั้งและอุปกรณ์บังแดด แนวนอน..... | 24 |
| รูป 2.5.3 | คุณสมบัติของกระจก..... | 26 |
| รูป 2.5.3 b | สมมูลย์ความร้อนของกระจก..... | 27 |
| รูป 3.2.2 a | ห้องมาตรฐานที่ใช้ในการจำลองสภาพการให้แสงสว่าง..... | 41 |
| รูป 3.2.2b | รูปแบบช่องเปิดต่อเนื่องที่ใช้เป็นกรณีศึกษาในการวิจัย..... | 43 |
| รูป 3.2.2c | รูปแบบช่องเปิดไม่ต่อเนื่องที่ใช้เป็นกรณีศึกษาในการวิจัย..... | 44 |
| รูป 3.3.1 | การจำลองสภาพรูปแบบช่องเปิดด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์..... | 45 |
| รูป 3.3.2 | การจำลองสภาพการให้แสงสว่างด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์..... | 46 |
| รูป 3.4.2 | การแบ่งส่วนห้องมาตรฐานออกเป็น 3 เขตพื้นที่..... | 48 |
| รูป 4.1.1 | อุปกรณ์ทดสอบความสัมพันธ์ของเครื่องมือวัดแสงสว่างที่ใช้ในการทดลอง. | 50 |
| รูป 4.1.2a | แสดงการติดตั้งเครื่องมือวัดแสงสว่างของอาคารตัวอย่างที่ใช้ทดลอง ครั้งที่ 1 (19 ธันวาคม พ.ศ.2543)..... | 52 |
| รูป 4.1.2b | แสดงการติดตั้งเครื่องมือวัดแสงสว่างของอาคารตัวอย่างที่ใช้ทดลอง ครั้งที่ 2 (21 ธันวาคม พ.ศ.2543)..... | 55 |
| รูป 4.1.2c | ความแตกต่างของความสว่างภายในห้องจากการให้แสงธรรมชาติในช่วงเวลา ต่างๆ(21 ธันวาคม พ.ศ.2543)..... | 55 |
| รูป 4.2.1a | หุ่นจำลอง 3 มิติที่ใช้ศึกษาการจำลองสภาพการให้แสงสว่าง..... | 61 |
| รูป 4.2.1b | จำลองสภาพการให้แสงธรรมชาติผ่านช่องเปิดของอาคารตัวอย่าง..... | 61 |

สารบัญแผนภูมิ

หน้า

| | | |
|----------------|--|----|
| แผนภูมิ 2.1a | ค่าเฉลี่ยรายปีของความสว่างภายนอกแนวตั้งจากท้องฟ้าและดวงอาทิตย์ในทิศเหนือ ทิศตะวันออก ทิศใต้และทิศตะวันตก พ.ศ.2542..... | 7 |
| แผนภูมิ 2.1b | ค่าเฉลี่ยรายปีของพลังงานความร้อนจากดวงอาทิตย์ที่ตกกระทบพื้นผิวแนวตั้งในทิศเหนือ ทิศตะวันออก ทิศใต้และทิศตะวันตก พ.ศ.2542..... | 7 |
| แผนภูมิ 2.6 | แสดงค่าพอใจที่ระดับความส่องสว่างต่างๆ | 30 |
| แผนภูมิ 3.1 | ขั้นตอนดำเนินการศึกษาวิจัยรูปแบบช่องเปิดเพื่อการนำแสงธรรมชาติมาใช้ในอาคารสำนักงาน..... | 33 |
| แผนภูมิ 3.1.2b | ค่าความสว่างภายนอกแนวตั้งในทิศเหนือและทิศใต้ปี พ.ศ. 2542..... | 36 |
| แผนภูมิ 3.1.2c | ค่าเฉลี่ยรายปีของมุมแสดงตำแหน่งดวงอาทิตย์ในช่วงเวลา 8:00-17:00 น. พ.ศ. 2542 | 37 |
| แผนภูมิ 4.1.2a | แสดงค่าความสว่างภายในที่จุดอ้างอิงกรณีให้แสงสว่างจากแสงธรรมชาติ 19 ธันวาคม พ.ศ. 2543..... | 53 |
| แผนภูมิ 4.1.2b | แสดงค่าความสว่างภายในที่จุดอ้างอิงกรณีให้แสงสว่างจากแสงธรรมชาติร่วมกับแสงประดิษฐ์ 19 ธันวาคม พ.ศ.2543..... | 54 |
| แผนภูมิ 4.1.2c | แสดงค่าความสว่างภายในที่จุดอ้างอิงกรณีให้แสงสว่างจากแสงธรรมชาติ 21 ธันวาคม พ.ศ.2543..... | 56 |
| แผนภูมิ 4.1.2d | แสดงค่าความสว่างภายในที่จุดอ้างอิงกรณีให้แสงสว่างจากแสงธรรมชาติร่วมกับแสงประดิษฐ์ 21 ธันวาคม พ.ศ.2543..... | 57 |
| แผนภูมิ 4.1.2e | แสดงค่าความสว่างภายในที่จุดอ้างอิงกรณีให้แสงสว่างจากแสงธรรมชาติร่วมกับแสงประดิษฐ์ เมื่อมีบานเกล็ดแนวนอน เอียง 45 องศา 21 ธันวาคม พ.ศ.2543..... | 58 |
| แผนภูมิ 4.1.2f | การเปรียบเทียบค่าความสว่างภายในที่จุดอ้างอิงและการคำนวณวิธีองค์ประกอบแสงธรรมชาติ กรณีให้แสงสว่างจากแสงธรรมชาติ 21 ธันวาคม พ.ศ.2543 | 59 |
| แผนภูมิ 4.1.2g | เปรียบเทียบค่าความสว่างภายนอกแนวนอนและแนวตั้ง 21 ธันวาคม พ.ศ.2543 (บน) ค่าความสว่างภายในที่จุดอ้างอิง กรณีให้แสงสว่างจากแสงธรรมชาติ ระหว่างวันที่ 21 ธันวาคม พ.ศ.2543(ล่าง)..... | 60 |

สารบัญแผนภูมิ(ต่อ)

หน้า

| | | |
|----------------|--|----|
| แผนภูมิ 4.2.2 | การเปรียบเทียบค่าความสว่างภายในจากการจำลองสภาพด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์กับการวัดค่าความสว่างภายในอาคารตัวอย่าง..... | 64 |
| แผนภูมิ 5.1.1a | ค่าเฉลี่ยรายปีของความสว่างภายนอกแนวนอนในสภาพท้องฟ้า 3 ประเภท พ.ศ. 2542 | 65 |
| แผนภูมิ 5.1.1b | ค่าเฉลี่ยรายปีของความสว่างภายนอกแนวตั้งในสภาพท้องฟ้า 3 ประเภท ทิศเหนือ พ.ศ. 2542 | 66 |
| แผนภูมิ 5.1.1c | ระยะทางที่แสงธรรมชาติเข้ามาภายในจากผลของรูปแบบช่องเปิดต่อเนื่อง 70% ทิศเหนือ..... | 73 |
| แผนภูมิ 5.1.1d | ระยะทางที่แสงธรรมชาติเข้ามาภายในจากผลของรูปแบบช่องเปิดต่อเนื่อง 60% ทิศเหนือ..... | 74 |
| แผนภูมิ 5.1.1e | ระยะทางที่แสงธรรมชาติเข้ามาภายในจากผลของรูปแบบช่องเปิดไม่ต่อเนื่อง 3 ช่อง 60% ทิศเหนือ..... | 75 |
| แผนภูมิ 5.1.1f | ระยะทางที่แสงธรรมชาติเข้ามาภายในจากผลของรูปแบบช่องเปิดต่อเนื่อง 50% ทิศเหนือ..... | 76 |
| แผนภูมิ 5.1.1g | ระยะทางที่แสงธรรมชาติเข้ามาภายในจากผลของรูปแบบช่องเปิดไม่ต่อเนื่อง 2 ช่อง 50% ทิศเหนือ..... | 77 |
| แผนภูมิ 5.1.1h | ระยะทางที่แสงธรรมชาติเข้ามาภายในจากผลของรูปแบบช่องเปิดต่อเนื่อง 40% ทิศเหนือ..... | 78 |
| แผนภูมิ 5.1.1i | ระยะทางที่แสงธรรมชาติเข้ามาภายในจากผลของรูปแบบช่องเปิดไม่ต่อเนื่อง 2 ช่อง 40% ทิศเหนือ..... | 79 |
| แผนภูมิ 5.1.1j | ระยะทางที่แสงธรรมชาติเข้ามาภายในจากผลของรูปแบบช่องเปิดไม่ต่อเนื่อง 3 ช่อง 40% ทิศเหนือ..... | 80 |
| แผนภูมิ 5.1.2a | ค่าเฉลี่ยรายปีของความสว่างภายนอกแนวตั้งในสภาพท้องฟ้า 3 ประเภท ทิศใต้ พ.ศ. 2542 | 83 |
| แผนภูมิ 5.1.2b | ระยะทางที่แสงธรรมชาติเข้ามาภายในจากผลของรูปแบบช่องเปิดต่อเนื่อง 70% ทิศใต้..... | 90 |
| แผนภูมิ 5.1.2c | ระยะทางที่แสงธรรมชาติเข้ามาภายในจากผลของรูปแบบช่องเปิดต่อเนื่อง 60% ทิศใต้..... | 91 |

สารบัญแผนภูมิ(ต่อ)

หน้า

| | | |
|----------------|--|-----|
| แผนภูมิ 5.1.2d | ระยะทางที่แสงธรรมชาติเข้ามาภายในจากผลของรูปแบบช่องเปิดไม่ต่อเนื่อง 3 ช่อง 60% ทิศใต้..... | 92 |
| แผนภูมิ 5.1.2e | ระยะทางที่แสงธรรมชาติเข้ามาภายในจากผลของรูปแบบช่องเปิดต่อเนื่อง 50% ทิศใต้..... | 93 |
| แผนภูมิ 5.1.2f | ระยะทางที่แสงธรรมชาติเข้ามาภายในจากผลของรูปแบบช่องเปิดไม่ต่อเนื่อง 2 ช่อง 50% ทิศใต้..... | 94 |
| แผนภูมิ 5.1.2g | ระยะทางที่แสงธรรมชาติเข้ามาภายในจากผลของรูปแบบช่องเปิดต่อเนื่อง 40% ทิศใต้..... | 95 |
| แผนภูมิ 5.1.2h | ระยะทางที่แสงธรรมชาติเข้ามาภายในจากผลของรูปแบบช่องเปิดไม่ต่อเนื่อง 2 ช่อง 40% ทิศใต้..... | 96 |
| แผนภูมิ 5.1.2i | ระยะทางที่แสงธรรมชาติเข้ามาภายในจากผลของรูปแบบช่องเปิดไม่ต่อเนื่อง 3 ช่อง 40% ทิศใต้..... | 97 |
| แผนภูมิ 5.1.2o | อิทธิพลของตัวแปรรูปแบบช่องเปิดทิศใต้ที่มีผลต่อปริมาณแสงธรรมชาติภายใน..... | 98 |
| แผนภูมิ 5.2.1a | ความสามารถในการลดพลังงานไฟฟ้ารายปีเพื่อให้แสงสว่างของรูปแบบช่อง เปิดที่ใช้เป็นกรณีศึกษา..... | 100 |
| แผนภูมิ 5.2.1b | เปรียบเทียบการใช้พลังงานไฟฟ้ารายปีเพื่อให้แสงสว่างของรูปแบบช่องเปิด ต่อเนื่องทิศเหนือ..... | 101 |
| แผนภูมิ 5.2.1c | เปรียบเทียบการใช้พลังงานไฟฟ้ารายปีเพื่อให้แสงสว่างของรูปแบบช่องเปิด ไม่ต่อเนื่องทิศเหนือ..... | 101 |
| แผนภูมิ 5.2.1d | เปรียบเทียบการใช้พลังงานไฟฟ้ารายปีเพื่อให้แสงสว่างของรูปแบบช่องเปิด ต่อเนื่องทิศใต้..... | 102 |
| แผนภูมิ 5.2.1e | เปรียบเทียบการใช้พลังงานไฟฟ้ารายปีเพื่อให้แสงสว่างของรูปแบบช่องเปิด ไม่ต่อเนื่องทิศใต้..... | 102 |
| แผนภูมิ 5.2.2a | ปริมาณความร้อนผ่านกระจกภายนอกของรูปแบบช่องเปิดต่อเนื่อง ไม่มีอุปกรณ์ บังแดดทิศเหนือและทิศใต้..... | 104 |
| แผนภูมิ 5.2.2b | ปริมาณการทำความเย็นของรูปแบบช่องเปิดต่อเนื่อง ที่มีอุปกรณ์บังแดดทิศ เหนือและทิศใต้..... | 105 |

สารบัญแผนภูมิ(ต่อ)

หน้า

| | | |
|----------------|---|-----|
| แผนภูมิ 5.2.2c | เปรียบเทียบการใช้พลังงานไฟฟ้าของรูปแบบช่องเปิดที่มีอุปกรณ์บังแดด ทิศเหนือและทิศใต้..... | 105 |
| แผนภูมิ 5.2.2d | เปรียบเทียบการใช้พลังงานไฟฟ้ารายปีเพื่อทำความเย็นที่เกิดจากหลอดไฟของ รูปแบบช่องเปิดที่มีอุปกรณ์บังแดดทิศเหนือและทิศใต้ที่ใช้เป็นกรณีศึกษา..... | 106 |
| แผนภูมิ 5.3.2a | แสดงอิทธิพลของรูปแบบช่องเปิดทิศเหนือที่มีผลต่อพื้นที่แสงธรรมชาติภายใน ห้องมาตรฐาน..... | 109 |
| แผนภูมิ 5.3.2b | แสดงอิทธิพลของรูปแบบช่องเปิดทิศเหนือที่มีผลต่อการใช้พลังงานไฟฟ้า ภายในห้องมาตรฐาน..... | 109 |
| แผนภูมิ 5.3.2c | แสดงอิทธิพลของรูปแบบช่องเปิดทิศใต้ที่มีผลต่อพื้นที่แสงธรรมชาติภายใน ห้องมาตรฐาน..... | 110 |
| แผนภูมิ 5.3.2d | แสดงอิทธิพลของรูปแบบช่องเปิดทิศเหนือที่มีผลต่อการใช้พลังงานไฟฟ้า ภายในห้องมาตรฐาน..... | 110 |

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญตาราง

| | หน้า |
|--------------|---|
| ตาราง 2.1.2 | ประสิทธิภาพแสงของแหล่งกำเนิดแสง..... 8 |
| ตาราง 2.2a | สภาพท้องฟ้าตามปริมาณเมฆ(cloud cover) 8 ส่วน 10 |
| ตาราง 2.2b | การแบ่งสภาพท้องฟ้าในประเทศไทย 10 |
| ตาราง 2.4.2 | ค่าความสกปรกที่ทำให้แสงสว่างลดลง (LLF) ทัวไปสำหรับการออกแบบแสงธรรมชาติ..... 19 |
| ตาราง 2.5.3 | กระจกอ้างอิงมาตรฐานที่มุมตกกระทบทัวไปตามมาตรฐาน ASTM 27 |
| ตาราง 2.6a | ข้อมูลการสำรวจระดับความส่องสว่างของสำนักงานเอกชนและสำนักงานราชการ 29 |
| ตาราง 2.6b | ข้อมูลความสว่างทางสถิติของสำนักงาน 28 แห่ง ในเดือนกรกฎาคม พ.ศ. 2542 29 |
| ตาราง 2.6c | การเปรียบเทียบค่าความสว่างในอาคารตามมาตรฐาน CIE, IES และ BS 30 |
| ตาราง 2.6d | ความพอใจที่ระดับความส่องสว่าง 500 ลักซ์แบ่งตามช่วงอายุ,เพศและระดับสายตา 31 |
| ตาราง 3.1.1 | จำนวนความถี่ของสภาพท้องฟ้าในประเทศไทยปี พ.ศ.2542..... 34 |
| ตาราง 3.1.2a | สมการถดถอยเชิงเส้นตรงในการแสดงความสัมพันธ์ของตัวแปรค่าความสว่างภายนอกในสภาพท้องฟ้าต่างๆ..... 35 |
| ตาราง 3.1.2b | ค่าความสว่างภายนอกแนวตั้งในทิศเหนือและทิศใต้ปี พ.ศ. 2542..... 36 |
| ตาราง 3.1.2c | ค่าเฉลี่ยมุมอัลติจูดและมุมอะซิมูทแสดงตำแหน่งดวงอาทิตย์ในปี พ.ศ. 2542 37 |
| ตาราง 3.1.2c | ค่าเฉลี่ยความสว่างภายนอกและพลังงานรังสีดวงอาทิตย์ในสภาพท้องฟ้าแจ่มใส พ.ศ.2542..... 38 |
| ตาราง 3.1.2d | ค่าเฉลี่ยความสว่างภายนอกและพลังงานรังสีดวงอาทิตย์ในสภาพท้องฟ้าเมฆบางส่วน..... 39 |
| ตาราง 3.1.2e | ค่าเฉลี่ยความสว่างภายนอกและพลังงานรังสีดวงอาทิตย์ในสภาพท้องฟ้าเมฆเต็มท้องฟ้า..... 39 |
| ตาราง 3.2.1 | การสำรวจรูปแบบช่องเปิดด้านข้างของอาคารสำนักงานที่ใช้เป็นกรณีศึกษา.. 40 |
| ตาราง 3.2.2a | รายละเอียดของห้องมาตรฐานที่ใช้เป็นกรณีศึกษา..... 41 |
| ตาราง 3.2.2b | การสำรวจรูปแบบอุปกรณ์บังแดดพื้นฐานของอาคารสำนักงาน..... 42 |
| ตาราง 3.2.2c | รูปแบบช่องเปิดต่อเนื่องที่ใช้เป็นกรณีศึกษา..... 43 |

สารบัญตาราง(ต่อ)

| | หน้า |
|--|------|
| ตาราง 3.2.2d รูปแบบช่องเปิดไม่ต่อเนื่องที่ใช้เป็นกรณีศึกษา | 44 |
| ตาราง 4.1a แสดงค่าสถิติของค่าความสว่างที่อ่านได้จากเครื่องมือวัดแสงสว่างที่ใช้ในการ ทดลอง..... | 51 |
| ตาราง 4.1b แสดงความสัมพันธ์ของเครื่องมือวัดแสงสว่างที่ใช้ในการตรวจสอบค่าความ สว่าง..... | 51 |
| ตาราง 4.1c แสดงคุณสมบัติของวัสดุภายในห้องของอาคารตัวอย่าง..... | 52 |
| ตาราง 4.1.2a ค่าความสว่างภายในห้องกรณีให้แสงสว่างจากแสงธรรมชาติ..... | 53 |
| ตาราง 4.1.2b ค่าความสว่างภายในห้องกรณีให้แสงสว่างจากแสงธรรมชาติและแสง ประดิษฐ์..... | 54 |
| ตาราง 4.1.2c แสดงค่าความสว่างภายในห้องกรณีให้แสงสว่างจากแสงธรรมชาติ..... | 56 |
| ตาราง 4.1.2d แสดงค่าความสว่างภายในห้องกรณีให้แสงสว่างจากแสงธรรมชาติและแสง ประดิษฐ์..... | 57 |
| ตาราง 4.1.2e ค่าความสว่างภายในห้องกรณีให้แสงสว่างจากแสงธรรมชาติผ่านบานเกล็ด นอนเอียง 45 องศาและแสงประดิษฐ์..... | 58 |
| ตาราง 4.1.2f เปรียบเทียบค่าความสว่างภายในที่ตำแหน่งอ้างอิงจากการให้แสงสว่าง ธรรมชาติต่างกัน..... | 59 |
| ตาราง 4.2.1a คุณสมบัติวัสดุทางกายภาพ สี ลักษณะพื้นผิวขององค์ประกอบภายในอาคาร ตัวอย่าง..... | 62 |
| ตาราง 4.2.2 ผลค่าความสว่างภายในจากการจำลองสภาพการให้แสงสว่างธรรมชาติผ่าน ช่องเปิดอาคารตัวอย่าง..... | 63 |
| ตาราง 5.1.1a การกำหนดตัวแปรเพื่อศึกษาผลของรูปแบบช่องเปิดทิศเหนือในเชิงการนำ แสงธรรมชาติ..... | 66 |
| ตาราง 5.1.1b ความสว่างภายในของรูปแบบช่องเปิดต่อเนื่อง 70% ทิศเหนือ (ไม่มีอุปกรณ์ บังแดด) | 67 |
| ตาราง 5.1.1c ความสว่างภายในของรูปแบบช่องเปิดต่อเนื่อง 70% ทิศเหนือ (มีอุปกรณ์ บังแดด) | 67 |
| ตาราง 5.1.1d ความสว่างภายในของรูปแบบช่องเปิดต่อเนื่อง 60% ทิศเหนือ (ไม่มีอุปกรณ์ บังแดด) | 68 |

สารบัญญัตราสาร(ต่อ)

| | หน้า |
|--|------|
| ตาราง 5.1.1e ความสว่างภายในของรูปแบบช่องเปิดต่อเนื่อง 60% ทิศเหนือ (มีอุปกรณ์บังแดด) | 68 |
| ตาราง 5.1.1f ความสว่างภายในของรูปแบบช่องเปิดไม่ต่อเนื่อง 3 ช่อง 60% ทิศเหนือ (มีอุปกรณ์บังแดด) | 68 |
| ตาราง 5.1.1g ความสว่างภายในของรูปแบบช่องเปิดต่อเนื่อง 50% ทิศเหนือ (ไม่มีอุปกรณ์บังแดด) | 69 |
| ตาราง 5.1.1h ความสว่างภายในของรูปแบบช่องเปิดต่อเนื่อง 50% ทิศเหนือ (มีอุปกรณ์บังแดด) | 69 |
| ตาราง 5.1.1i ความสว่างภายในของรูปแบบช่องเปิดไม่ต่อเนื่อง 2 ช่อง 50% ทิศเหนือ (มีอุปกรณ์บังแดด) | 69 |
| ตาราง 5.1.1j ความสว่างภายในของรูปแบบช่องเปิดต่อเนื่อง 40% ทิศเหนือ (ไม่มีอุปกรณ์บังแดด) | 70 |
| ตาราง 5.1.1k ความสว่างภายในของรูปแบบช่องเปิดต่อเนื่อง 40% ทิศเหนือ (มีอุปกรณ์บังแดด) | 70 |
| ตาราง 5.1.1l ความสว่างภายในของรูปแบบช่องเปิดไม่ต่อเนื่อง 2 ช่อง 40% ทิศเหนือ (มีอุปกรณ์บังแดด) | 70 |
| ตาราง 5.1.1m ความสว่างภายในของรูปแบบช่องเปิดไม่ต่อเนื่อง 3 ช่อง 40% ทิศเหนือ (มีอุปกรณ์บังแดด) | 71 |
| ตาราง 5.1.1n ค่าเฉลี่ยรายปีของระยะทางที่แสงธรรมชาติเข้ามาภายในห้องมาตรฐานจากอิทธิพลของรูปแบบช่องเปิดทิศเหนือที่ใช้เป็นกรณีศึกษา..... | 72 |
| ตาราง 5.1.1o อิทธิพลของตัวแปรรูปแบบช่องเปิดทิศเหนือที่มีผลต่อปริมาณแสงธรรมชาติภายใน..... | 81 |
| ตาราง 5.1.2a การกำหนดตัวแปรเพื่อศึกษาผลของรูปแบบช่องเปิดทิศใต้ในเชิงการนำแสงธรรมชาติ..... | 83 |
| ตาราง 5.1.2b ความสว่างภายในของรูปแบบช่องเปิดต่อเนื่อง 70% ทิศใต้ (ไม่มีอุปกรณ์บังแดด) | 84 |
| ตาราง 5.1.2c ความสว่างภายในของรูปแบบช่องเปิดต่อเนื่อง 70% ทิศใต้(มีอุปกรณ์บังแดด)..... | 84 |

สารบัญตาราง(ต่อ)

หน้า

| | | |
|--------------|---|-----|
| ตาราง 5.1.2d | ความสว่างภายในของรูปแบบช่องเปิดต่อเนื่อง 60% ทิศใต้ (ไม่มีอุปกรณ์บังแดด) | 85 |
| ตาราง 5.1.2e | ความสว่างภายในของรูปแบบช่องเปิดต่อเนื่อง 60% ทิศใต้(มีอุปกรณ์บังแดด) | 85 |
| ตาราง 5.1.2f | ความสว่างภายในของรูปแบบช่องเปิดไม่ต่อเนื่อง 3 ช่อง 60% ทิศใต้ (มีอุปกรณ์บังแดด) | 85 |
| ตาราง 5.1.2g | ความสว่างภายในของรูปแบบช่องเปิดต่อเนื่อง 50% ทิศใต้(ไม่มีอุปกรณ์บังแดด) | 86 |
| ตาราง 5.1.2h | ความสว่างภายในของรูปแบบช่องเปิดต่อเนื่อง 50% ทิศใต้(มีอุปกรณ์บังแดด) | 86 |
| ตาราง 5.1.2i | ความสว่างภายในของรูปแบบช่องเปิดไม่ต่อเนื่อง 2 ช่อง 50% ทิศใต้ (มีอุปกรณ์บังแดด) | 86 |
| ตาราง 5.1.2j | ความสว่างภายในของรูปแบบช่องเปิดต่อเนื่อง 40% ทิศใต้ (ไม่มีอุปกรณ์บังแดด) | 87 |
| ตาราง 5.1.2k | ความสว่างภายในของรูปแบบช่องเปิดต่อเนื่อง 40% ทิศใต้(มีอุปกรณ์บังแดด) | 87 |
| ตาราง 5.1.2l | ความสว่างภายในของรูปแบบช่องเปิดไม่ต่อเนื่อง 2 ช่อง 40% ทิศใต้ (มีอุปกรณ์บังแดด) | 87 |
| ตาราง 5.1.2m | ความสว่างภายในของรูปแบบช่องเปิดไม่ต่อเนื่อง 3 ช่อง 40% ทิศใต้ (มีอุปกรณ์บังแดด) | 88 |
| ตาราง 5.1.2n | ค่าเฉลี่ยรายปีของระยะทางที่แสงธรรมชาติเข้ามาภายในห้องมาตรฐานจากอิทธิพลของรูปแบบช่องเปิดทิศเหนือที่ใช้เป็นกรณีศึกษา..... | 89 |
| ตาราง 5.3.1 | เปรียบเทียบประสิทธิภาพของรูปแบบช่องเปิดรายปี กรณีอาคารสำนักงานไม่ปรับอากาศ | 107 |
| ตาราง 5.3.2 | เปรียบเทียบประสิทธิภาพของรูปแบบช่องเปิดรายปี กรณีอาคารสำนักงานปรับอากาศ | 108 |
| ตาราง 6.1.1 | อิทธิพลของตัวแปรรูปแบบช่องเปิดด้านทิศเหนือและทิศใต้ที่มีผลต่อปริมาณแสงธรรมชาติภายในบนพื้นผิวข้างอิง..... | 115 |

สารบัญ (ต่อ)

| บทที่ | หน้า |
|--|------|
| บทคัดย่อภาษาไทย..... | ง |
| บทคัดย่อภาษาอังกฤษ..... | จ |
| กิตติกรรมประกาศ..... | ฉ |
| สารบัญภาพ..... | ช |
| สารบัญแผนภูมิ..... | ซ |
| สารบัญตาราง..... | ฎ |
| บทที่ | |
| 1. บทนำ..... | 1 |
| 2. เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง..... | 5 |
| 3. วิธีดำเนินการวิจัย..... | 32 |
| 4. การประมาณค่าแสงสว่างภายในอาคารตัวอย่าง..... | 50 |
| 5. การศึกษาอิทธิพลของรูปแบบช่องเปิดในการนำแสงธรรมชาติมาใช้ในสำนักงาน.. | 65 |
| 6. สรุปผลและเสนอแนวทางการออกแบบ..... | 111 |
| รายการอ้างอิง..... | 117 |
| ภาคผนวก..... | 119 |
| ประวัติผู้เขียน..... | 169 |

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ระบบไฟฟ้าแสงสว่างมีความสำคัญต่อการใช้ไฟฟ้าในอาคาร โดยทั่วไปอาคารพักอาศัยมีการใช้ไฟฟ้าในระบบแสงสว่างประมาณ 1 ใน 3 ของการใช้ไฟฟ้าทั้งหมด ในขณะที่อาคารพาณิชย์มีการใช้ไฟฟ้าเพื่อการส่องสว่างประมาณ 15-25% ดังนั้นการประหยัดพลังงานในระบบแสงสว่างของอาคารจึงมีความจำเป็นอย่างยิ่ง การนำแสงสว่างธรรมชาติ(Daylight) จากดวงอาทิตย์มาใช้ก็เป็นวิธีหนึ่งที่จะช่วยลดการใช้พลังงานในระบบแสงสว่าง(กรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน,2542)

R.G. Hopkinson and J.D.Kay., 1972 กล่าวว่า บทบาทของแสงธรรมชาติในอาคารอาจแบ่งพิจารณาได้ 2 ประเภทอย่างเด่นชัด คือ ช่วยมนุษย์ในการมองเห็นดีขึ้น เป็นสิ่งที่ทำให้ชีวิตรื่นรมย์และแสดงลักษณะของอาคาร อย่างไรก็ตามขนาดและตำแหน่งของช่องเปิดกระจกของอาคารใหม่จำนวนมากที่สถาปนิกได้ตัดสินใจโดยรูปลักษณะภายนอกที่ปรากฏมากกว่าโดยอิทธิพลของสิ่งแวดล้อมภายในอาคาร

จากการศึกษาถึงการออกแบบช่องเปิดของอาคารสำนักงานทั่วไปที่มีการนำแสงธรรมชาติมาใช้ในอาคาร พบว่าปริมาณค่าความส่องสว่างภายในอาคารในแต่ละตำแหน่งมีลักษณะไม่สม่ำเสมอ ปัญหาจากการที่ปริมาณค่าความส่องสว่างในบางบริเวณมีค่าความส่องสว่างมากเกินไปเกินความต้องการในการทำงาน เช่น บริเวณใกล้ช่องเปิด และในบริเวณซึ่งอยู่ห่างจากช่องเปิดมีค่าน้อยกว่าความต้องการในการทำงานจึงจำเป็นต้องเพิ่มปริมาณการส่องสว่างจากอุปกรณ์ไฟฟ้าแสงประดิษฐ์ทำให้ต้องมีการใช้พลังงานไฟฟ้าแสงสว่างเพิ่มขึ้น

ในกรณีของอาคารที่มีความจำเป็นต้องมีการปรับอากาศนั้น การเปิดช่องเปิดมากเกินไป ความจำเป็นจะทำให้สูญเสียพลังงานในการปรับอากาศ(cooling load)มากกว่าปริมาณความร้อนที่เข้ามา เช่นเดียวกันกับการเปิดช่องเปิดขนาดเล็กนั้นก็จะต้องใช้พลังงานไฟฟ้าเพื่อทำแสงสว่างเพิ่มขึ้นให้เพียงพอต่อการใช้งาน ดังนั้นการศึกษาวิจัยนี้จึงมุ่งเน้นหาแนวทางการออกแบบช่องเปิดที่เหมาะสมเพื่อนำแสงธรรมชาติมาใช้ภายในอาคารอย่างมีประสิทธิภาพ เพื่อลดการใช้พลังงานไฟฟ้าแสงสว่างและเพื่อมุมมองจากผู้ใช้อาคาร

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1.2.1 ศึกษารูปแบบช่องเปิดของผนังอาคารสำนักงาน

1.2.2 ศึกษาตัวแปรที่มีอิทธิพลต่อการนำปริมาณแสงธรรมชาติผ่านช่องเปิดของผนังอาคารสำนักงาน

1.2.3 เปรียบเทียบประสิทธิภาพการนำปริมาณแสงธรรมชาติผ่านช่องเปิดของกรณีศึกษาในเชิงปริมาณโดยใช้เกณฑ์ค่าความส่องสว่างมาตรฐานและประเมินการผลให้แสงสว่างธรรมชาติรายปี

1.2.4 เสนอแนวทางการออกแบบรูปแบบของช่องเปิด เพื่อนำปริมาณแสงธรรมชาติเข้าสู่ภายในอาคารอย่างมีประสิทธิภาพ

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

1.3.1 ศึกษาปริมาณแสงธรรมชาติของกรณีศึกษารูปแบบช่องเปิดด้านข้างของอาคารสำนักงานจากอิทธิพลของแหล่งกำเนิดแสงทางตรง คือ แสงอาทิตย์ตรงหรือแสงแดด(direct sunlight) และแสงกระจาย(diffuse light or daylight) เมื่อสามารถป้องกันแสงแดดได้ในเวลาที่กำหนด

1.3.2 เปรียบเทียบประสิทธิภาพของการเปิดช่องเปิดด้านข้างที่มีสัดส่วนพื้นที่กระจกเท่ากัน แต่มีทิศทางต่างกันเพื่อนำปริมาณแสงธรรมชาติเข้ามาในอาคาร

1.3.3 ศึกษาแนวทางการออกแบบช่องเปิดด้านข้างเพื่อนำปริมาณแสงธรรมชาติมาใช้ประโยชน์ในอาคารอย่างเหมาะสม

1.3.4 ประเมินการให้แสงสว่างในเชิงปริมาณโดยใช้เกณฑ์ค่าความส่องสว่างมาตรฐานในอาคาร

ข้อตกลงเบื้องต้น

ในการศึกษาวิจัยครั้งนี้ ได้ทำการกำหนดตัวแปรที่จะทำการศึกษา ดังต่อไปนี้

- (1) ค่าความสว่างภายในบนพื้นผิวระนาบทำงาน
- (2) ค่าความสว่างภายนอกตามสภาพท้องฟ้า
- (3) รูปแบบช่องเปิดของผนังอาคารที่หันหน้าสู่ทิศเหนือ และทิศใต้
- (4) สัดส่วนพื้นที่กระจก
- (5) อุปกรณ์บังแดดที่มีรูปแบบทั่วไป

ส่วนตัวแปรที่จะไม่ทำการศึกษา ได้แก่

- (1) ชนิดของกระจก ค่าสัมประสิทธิ์การส่องผ่านแสงของกระจก (SC) และค่าการส่องผ่านแสงธรรมชาติ(daylight transmission) โดยกำหนดให้มีค่าคงที่
- (2) องค์ประกอบภายใน เช่น ฝ้าเพดานและการสะท้อนแสงภายใน โดยกำหนดให้มีค่าคงที่
- (3) อุปกรณ์บังแดดที่มีรูปแบบซับซ้อน
- (4) ผลกระทบทางด้านอุณหภูมิในสบาย(thermal comfort)

ข้อจำกัดของการวิจัย

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์หลักเพื่อประเมินผลของรูปแบบแบบช่องเปิดด้านข้างเพื่อนำปริมาณแสงธรรมชาติมาใช้ประโยชน์ในอาคารเมื่อสามารถป้องกันแสงแดดได้ในเวลาที่กำหนด ด้วยการจำลองสภาพการให้แสงสว่างโดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ ซึ่งมีการเปรียบเทียบผลการประมาณค่าความสว่างบนพื้นผิวจากการคำนวณของโปรแกรมคอมพิวเตอร์กับการวัดค่าความสว่างบนพื้นผิวอ้างอิงภายในห้องเรียนชั้น 11 อาคารคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในปี พ.ศ. 2543

คำจำกัดความที่ใช้ในการวิจัย

ค่าความสว่างภายใน (interior illuminance) คือ ค่าความสว่างที่ตกกระทบพื้นผิวบนระนาบทำงานภายในอาคาร

ค่าความสว่างภายนอก (exterior illuminance) คือ ค่าความสว่างที่ตกกระทบพื้นผิวภายนอกอาคาร

สัดส่วนพื้นที่กระจก คือ จำนวนเปอร์เซ็นต์ของพื้นที่กระจกต่อพื้นที่ผนังด้านที่พิจารณา

1.4 ระเบียบวิธีวิจัย

1.4.1 ศึกษาทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

1.4.2 สำรวจและจัดกลุ่มรูปแบบช่องเปิดด้านข้างของอาคารสำนักงานทั่วไปในกรุงเทพฯ

1.4.3 ศึกษาอิทธิพลของรูปแบบของช่องเปิดด้านข้างเมื่อสามารถป้องกันแสงแดดได้ในช่วงเวลาที่กำหนดในเชิงการนำแสงธรรมชาติเข้ามาในอาคารด้วยการจำลองสภาพความส่องสว่างโดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์

1.4.4 ประเมินผลตัวแปรในเชิงการนำแสงธรรมชาติเข้ามาในอาคารและในเชิงการอนุรักษ์พลังงาน

1.4.5 สรุปผลและเสนอแนวทางการออกแบบช่องเปิดด้านข้างของอาคารสำนักงาน

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.5.1 เป็นแนวทางการออกแบบช่องเปิดด้านข้างของอาคารสำนักงานโดยการใช้ประโยชน์จากแสงธรรมชาติเข้ามาใช้งานในอาคารอย่างเหมาะสม

1.5.2 เป็นแนวทางประหยัดพลังงานไฟฟ้าในระบบแสงสว่าง โดยคำนึงถึงการนำแสงธรรมชาติที่มีประสิทธิภาพ

1.5.3 สามารถใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานเพื่อใช้ในการพิจารณาการออกแบบช่องเปิดด้านข้างเพื่อการนำแสงธรรมชาติมาใช้ในอาคารโดยทั่วไปของกรุงเทพมหานคร

บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 แหล่งกำเนิดแสง

แสงสว่างเมื่อพิจารณาตามชนิดของแหล่งกำเนิดแสง สามารถแบ่งได้เป็น 2 ประเภท คือ แสงธรรมชาติและแสงประดิษฐ์

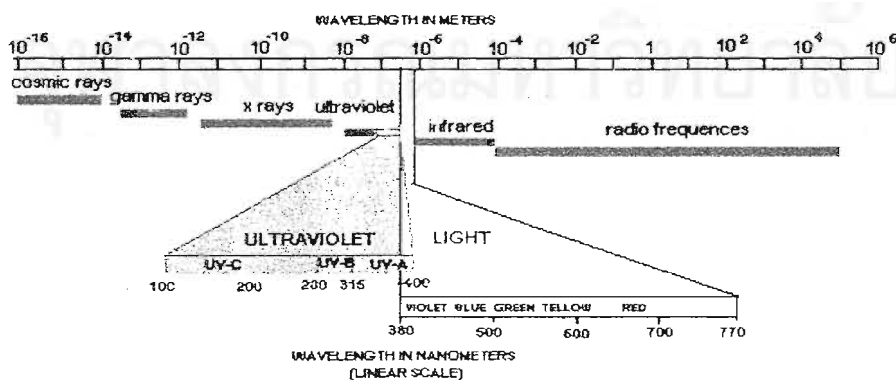
2.1.1 แสงธรรมชาติ

แสงจากดวงอาทิตย์ส่องผ่านอนุภาคของชั้นบรรยากาศโลกจะเกิดการหักเหและสะท้อนก่อนจะส่องลงมายังผิวโลก เมื่อกระทบพื้นผิวหรือวัตถุจะเกิดพฤติกรรมการดูดซึม สะท้อนและส่องผ่านซึ่งขึ้นอยู่กับคุณสมบัติของวัตถุและพื้นผิวแต่ละชนิด ดังนั้นแหล่งกำเนิดแสงธรรมชาติอาจแบ่งได้เป็น 3 กรณี คือ

2.1.1.1 แหล่งกำเนิดแสงจากดวงอาทิตย์ (direct beam sunlight or sunlight)

แสงดวงอาทิตย์ตรงหรือแสงแดด คือแสงดวงอาทิตย์ที่ผ่านมาถึงพื้นผิวโลกโดยไม่มีการเปลี่ยนทิศทางและการกระเจิงในชั้นบรรยากาศ แสงแดดมีความเข้มแสงสูงมากไม่ควรนำแสงแดดมาใช้ให้แสงสว่างโดยตรงเพราะถ้าไม่มีการควบคุมการให้แสงสว่างที่ถูกต้องจะทำให้เกิดปัญหาเรื่องของแสงจ้าที่เข้าตา นอกจากนี้การควบคุมการสะท้อนของแสงเมื่อมุมของดวงอาทิตย์เปลี่ยนแปลงนั้นต้องใช้เทคนิคสูงและเสียค่าใช้จ่ายมาก

IESNA; 1993 อธิบายว่า พลังงานจากดวงอาทิตย์(solar radiation)ที่ได้รับที่พื้นผิวโลกนั้น 40% เป็นรังสีที่มองเห็นได้(visible light) สายตาคนเราสามารถตอบสนองต่อสเปกตรัมที่มีช่วงความยาวคลื่นของการแผ่รังสีโดยประมาณ 380 ถึง 770 นาโนเมตร



รูป 2.1a แสงจากดวงอาทิตย์ที่มองเห็นได้เป็นส่วนหนึ่งของพลังงานจากดวงอาทิตย์

ที่มา: IESNA. Lighting Handbook. 1993,p4.

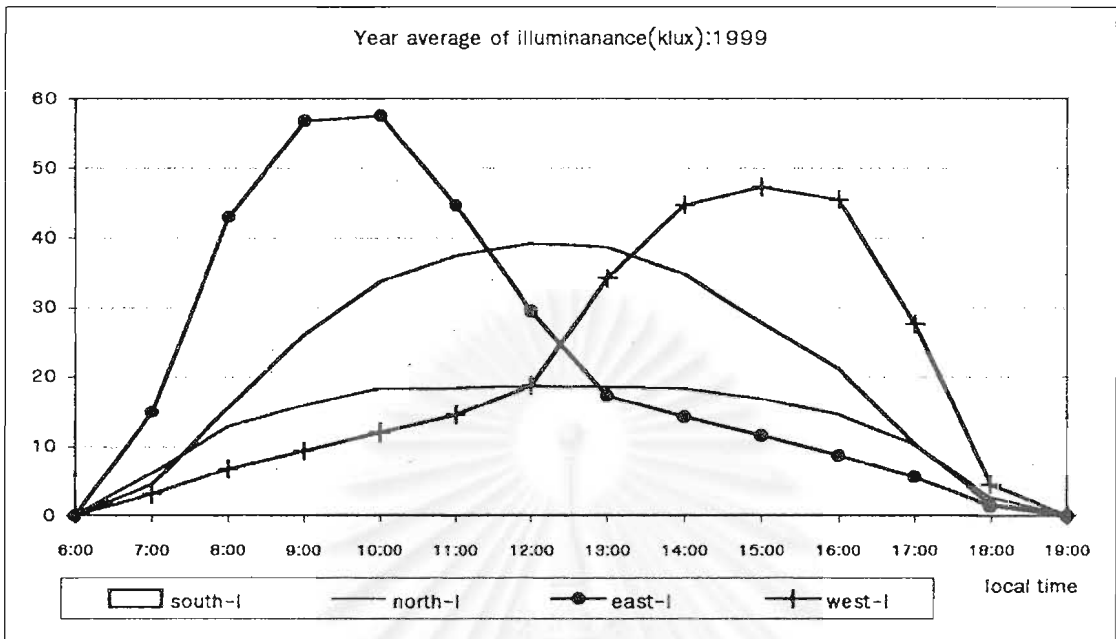
2.1.1.2 แหล่งกำเนิดแสงจากท้องฟ้า(diffuse light or daylight)

แสงดวงอาทิตย์ที่กระเจิงเนื่องจากละอองน้ำในอากาศ ผุ่น ทำให้แสงไม่เป็นทิศทางเดียวกัน แสงกระจายจากท้องฟ้าเป็นแสงที่เหมาะสมในการให้แสงสว่างในอาคาร โดยต้องศึกษาเกี่ยวกับปริมาณของแสงซึ่งขึ้นอยู่กับตำแหน่งของดวงอาทิตย์และสภาพบรรยากาศที่เปลี่ยนแปลงตามวัน เวลาและฤดูกาล ดังนั้นในการออกแบบให้แสงกระจายจะพิจารณาจากสภาพของท้องฟ้าในทีนั้นๆ เนื่องจากแสงสว่างจากท้องฟ้าและแสงจากพื้นผิวรอบนั้นจะแตกต่างกันในสภาพท้องฟ้าที่แตกต่างกัน ทำให้ปริมาณแสงสว่างที่เข้าสู่ช่องเปิดของอาคารขึ้นอยู่กับแสงสว่างที่ได้รับจากสภาพท้องฟ้าแต่ละประเภท

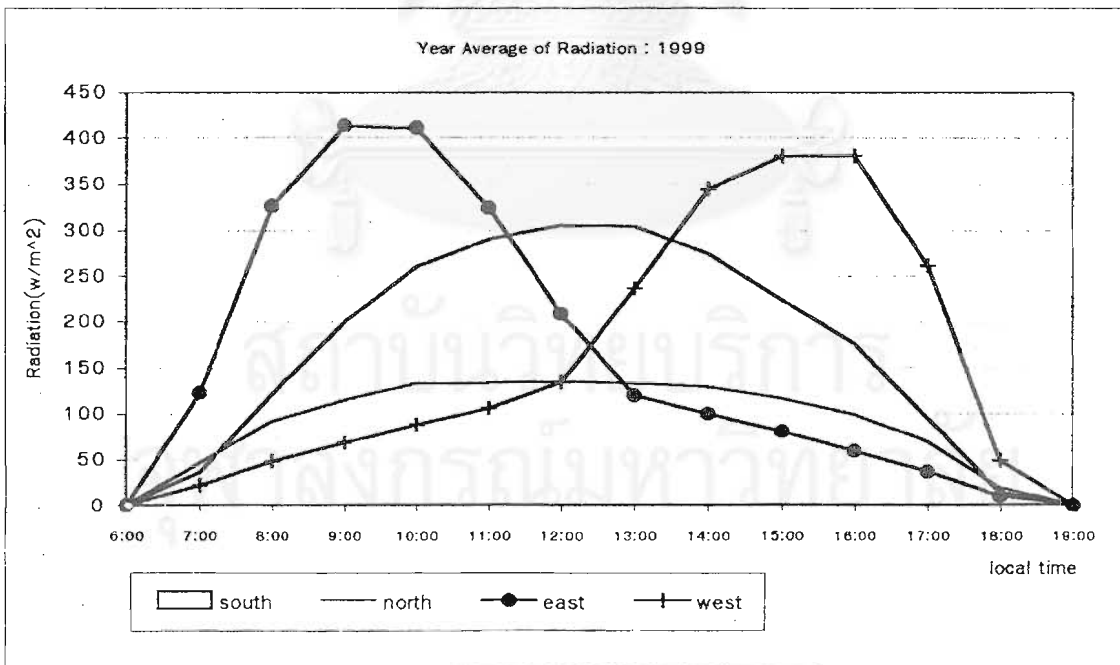
จากการศึกษาข้อมูลค่าเฉลี่ยความสว่างจากท้องฟ้าของประเทศไทยที่ตกกระทบพื้นผิว ในระนาบตั้งของเครื่องมืออ่านค่าความสว่างและไพราโนมิเตอร์ซึ่งวัดค่าพลังงานความร้อนจากดวงอาทิตย์ในระนาบตั้งของทิศเหนือ ทิศตะวันออก ทิศใต้และทิศตะวันตก ดังแสดงในแผนภาพ 2.1a,b (ดูรายละเอียดเพิ่มเติมในภาคผนวก ก)

พบว่าความสว่างของท้องฟ้าในทิศต่างๆมีค่าแตกต่างกันเนื่องจากอิทธิพลของดวงอาทิตย์ เมื่อพิจารณาในช่วงเวลา 08:00- 17:00 น. พบว่าทิศเหนือมีค่าความส่องสว่างเฉลี่ยประมาณ 10-20 กิโลลักซ์ ในขณะที่ทิศใต้มีค่าความส่องสว่างเฉลี่ยประมาณ 15-40 กิโลลักซ์ โดยทิศตะวันออกและทิศตะวันตกมีค่าความส่องสว่างเฉลี่ยที่เปลี่ยนแปลงมากในช่วงเวลาก่อนเที่ยงวันและหลังเที่ยงวัน กล่าวคือทิศตะวันออกมีค่าความส่องสว่างเฉลี่ยประมาณ 5-58 กิโลลักซ์ และทิศตะวันตกมีค่าความส่องสว่างเฉลี่ยประมาณ 7-43 กิโลลักซ์ นอกจากนี้เมื่อพิจารณาพลังงานความร้อนจากดวงอาทิตย์พบว่าทิศตะวันออกมีค่าพลังงานความร้อนจากดวงอาทิตย์เฉลี่ยประมาณ 40-410 วัตต์ต่อตารางเมตร และทิศตะวันตกมีค่าพลังงานความร้อนจากดวงอาทิตย์เฉลี่ยประมาณ 50-380 วัตต์ต่อตารางเมตร ซึ่งไม่เหมาะที่จะติดตั้งช่องเปิดในทิศตะวันออกและทิศตะวันตกเนื่องจากมีความเปลี่ยนแปลงทั้งปริมาณแสงสว่างและปริมาณความร้อนสูงมาก

จากการวิเคราะห์ข้อมูลดังกล่าวผู้วิจัยจึงเลือกทำการศึกษาการออกแบบช่องเปิดในทิศเหนือและทิศใต้เพื่อนำแสงธรรมชาติมาใช้ประโยชน์ต่อการใช้งานภายในอาคารอย่างเหมาะสม



แผนภาพ 2.1a ค่าเฉลี่ยรายปีของความสว่างภายนอกแนวตั้งจากท้องฟ้าและดวงอาทิตย์ในทิศเหนือ ทิศตะวันออก ทิศใต้และทิศตะวันตก พ.ศ.2542



แผนภาพ 2.1b ค่าเฉลี่ยรายปีของพลังงานความร้อนจากดวงอาทิตย์ที่ตกกระทบพื้นผิวแนวตั้งในทิศเหนือ ทิศตะวันออก ทิศใต้และทิศตะวันตก พ.ศ.2542

2.1.1.3 แหล่งกำเนิดแสงจากพื้นผิวราบ

แสงที่เกิดจากการสะท้อนหรือการส่องผ่านวัตถุใดๆและทำให้วัตถุนั้นเปรียบเสมือนแหล่งกำเนิดแสงที่ให้แสงในลักษณะแตกต่างกันขึ้นอยู่กับคุณสมบัติในการสะท้อนหรือการส่องผ่านของวัตถุและพื้นผิวแต่ละชนิดที่แสงตกกระทบ แสงดวงอาทิตย์ที่สะท้อนจากพื้นดินมีปริมาณ 10%-15% ของแสงธรรมชาติที่เข้ามาทางช่องเปิดของอาคาร

2.1.2 แสงประดิษฐ์

ในอดีตมีการนำแสงสว่างธรรมชาติมาใช้ในอาคารกันมาก ต่อมาในปัจจุบันเริ่มมีการนำแสงประดิษฐ์มาใช้เพิ่มมากขึ้นเรื่อยๆเพราะการออกแบบนำแสงธรรมชาติเข้ามาใช้ในอาคารนั้นยากแก่การควบคุมเพราะแสงธรรมชาติมีการเปลี่ยนแปลงตลอดเวลา แต่โดยข้อเท็จจริงแล้วการนำแสงธรรมชาติเข้ามาใช้ในอาคารจะช่วยทำให้การมองเห็นและคุณภาพของแสงสว่างภายในห้องดีขึ้น, ลดปริมาณการใช้พลังงานแสงสว่างจากไฟฟ้า, ลดค่าความร้อนและภาระการทำความเย็นของอาคารที่มีการปรับอากาศ, ลดค่าความต้องการไฟฟ้าสูงสุดของอาคาร เป็นต้น

แสงประดิษฐ์เป็นแสงจากหลอดไฟฟ้าที่มนุษย์ประดิษฐ์ขึ้นใช้ ในการเลือกใช้หลอดไฟฟ้าให้มีประสิทธิภาพและเหมาะสมกับงานนั้นจะต้องพิจารณาปัจจัยต่างๆโดยปัจจัยที่สำคัญคือ ความสามารถในการแปลงพลังงานไฟฟ้าให้เป็นพลังงานแสงสว่างของหลอดไฟฟ้า เรียกว่า ประสิทธิภาพการส่องสว่าง(luminous efficiency) หน่วยเป็น ลูเมนต่อ วัตต์

ตาราง 2.1.2 ประสิทธิภาพแสงของแหล่งกำเนิดแสง

| ชนิดหลอดไฟ | กำลังไฟฟ้า (วัตต์) | อายุใช้งาน (ชั่วโมง) | พิสัยของประสิทธิภาพแสง (ลูเมน วัตต์ ⁻¹) |
|--|-----------------------|-------------------------|--|
| การแผ่รังสีดวงอาทิตย์จากนอกโลก(extraterrestrial solar radiation) | | | 96 * |
| แสงแดด (direct sunlight) | | | 55-100 * |
| แสงกระจายจากท้องฟ้าแจ่มใส(clear diffuse skylight) | | | 120-140 * |
| แสงรวมจากดวงอาทิตย์และท้องฟ้าแจ่มใส (clear global light) | | | 95-115 * |
| แสงจากท้องฟ้าเมฆเต็มท้องฟ้า (overcast sky) | | | 105-120 * |
| หลอดไส้รวมถึงทั้งสแตนดาร์ดฮาโลเจน | 15-1,500 | 750-12,000 | 15-25 ** |
| หลอดฟลูออเรสเซนต์ขนาดเล็ก | 7-40 | 5,000- 24,000 | 55-100 ** |
| หลอดฟลูออเรสเซนต์แบบไฮโปรทความดันสูง | 40-1,000 | 6,000-15,000 | 50-60 ** |
| หลอดเมทัลฮาไลด์ | 175-1,000 | 1,500-15,000 | 80-100 ** |
| หลอดไฮโซเดียมความดันสูง | 70-1,000 | 24,000 | 50-130 ** |
| หลอดไฮโซเดียมความดันต่ำ | 18-180 | 18,000 | ถึง 180 ** |

ที่มา: * V.D.P. SASTRI C/O Philips India.2nd LUX PACIFICA: Lighting Conference. 1993, p c23.

** กรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน.คู่มือการอนุรักษ์พลังงานในอาคาร.2538, หน้า 10

2.2 สภาพท้องฟ้า (sky condition)

ค่าความสว่างและความจ้าของท้องฟ้าเนื่องมาจากแสงธรรมชาติที่แปรเปลี่ยนตลอดเวลาเป็นผลจากการเปลี่ยนแปลงตำแหน่งดวงอาทิตย์ ปริมาณเมฆและอนุภาคในอากาศ เช่น ฝุ่น,ควัน หรือไอน้ำ โดย International Commission on Illumination: CIE ได้แบ่งสภาพท้องฟ้าออกเป็น 3 ลักษณะ คือ สภาพท้องฟ้าแจ่มใส (clear sky), สภาพท้องฟ้ามีเมฆปกคลุมบางส่วน (party cloudy sky), สภาพท้องฟ้าเมฆเต็มท้องฟ้า (cloudy sky หรือ overcast sky)



รูปที่ 2.2: สภาพท้องฟ้า

ที่มา: Daylighting :design and analysis 1986.p231

2.2.1 สภาพท้องฟ้าแจ่มใส

Stein, Benjamin;1992 อธิบายว่าความสว่างจากแหล่งกำเนิดแสงภายนอกแนวนอน เมื่อไม่มีเมฆปกคลุม นั้นความสว่างจากท้องฟ้าทั้งหมดประกอบด้วย 2 องค์ประกอบ คือ แสงกระจายจากท้องฟ้าและแสงจากดวงอาทิตย์ตรงที่เปลี่ยนแปลงตามตำแหน่งมุมอับลิติจูดของดวงอาทิตย์ โดยความสว่างในแนวนอนมีค่า 3 เท่าของความสว่างที่จุดสูงสุด และพื้นที่ใกล้ดวงอาทิตย์มีความสว่างมากที่สุดในขณะที่พื้นที่ตรงข้ามดวงอาทิตย์มีความสว่างน้อยที่สุด เมื่อมีการบังเงาให้หน้าต่างจะพิจารณาความสว่างจากท้องฟ้าและความสว่างที่เกิดจากพื้นผิวภายนอก เช่น หน้าต่างทิศเหนือ หน้าต่างทิศตะวันออก และทิศตะวันตกในช่วงเวลาที่ดวงอาทิตย์อยู่ตรงข้ามหน้าต่าง ถ้าอาคารมีพื้นผิวภายนอกขนาดใหญ่และกระจกถูกบังเงาอย่างมีประสิทธิภาพจะได้รับรังสีกระจายจากครึ่งท้องฟ้า

2.2.2 สภาพท้องฟ้ามีเมฆบางส่วน

สภาพท้องฟ้าประเภทนี้ส่วนใหญ่จะอยู่ในย่านเส้นศูนย์สูตร การหาค่าความสว่างจากท้องฟ้าลักษณะนี้ทำได้ยากเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงของเมฆตลอดเวลา ในการหาค่าการกระจายแสงของสภาพท้องฟ้านี้จะใช้วิธีเปรียบเทียบกับสภาพท้องฟ้าแจ่มใสและท้องฟ้าเมฆเต็มท้องฟ้า

2.2.3 สภาพท้องฟ้าเมฆเต็มท้องฟ้า

สภาพท้องฟ้าที่ปกคลุมด้วยเมฆจนไม่สามารถมองเห็นแหล่งกำเนิดแสง หรือดวงอาทิตย์ได้ เป็นสภาพท้องฟ้าในแถบยุโรป เช่น ประเทศอังกฤษ

Stein, Benjamin;1992 อธิบายว่า กรณีท้องฟ้าเมฆเต็มท้องฟ้ามีการกระจายแสงไม่สม่ำเสมอ (non-uniform brightness distribution) ความสว่างในระนาบจนถึงจุดที่มีความสว่างสูงสุด(zenith)มีอัตราส่วนโดยประมาณ 1:3 ค่าความสว่างของท้องฟ้าที่จุดใดๆจะพิจารณาจากมุมอัตรัดิจูดของดวงอาทิตย์เหนือระนาบ นอนซึ่งสามารถหาได้จากสมการ

$$L_A = L_z (1+2\sin A) \quad \text{สมการ 2.2.3}$$

3

เมื่อ L_A คือ ความสว่างจากท้องฟ้าที่ตำแหน่งมุม A องศา เหนือแนวระนาบในทุกทิศทาง
 L_z คือ ความสว่างของท้องฟ้าที่จุดสูงสุด

จากการศึกษาวิธีแบ่งสภาพท้องฟ้าในประเทศไทยของหน่วยงานต่างๆ พบว่ามีความแตกต่างกันดังนี้

ตาราง 2.2a สภาพท้องฟ้าตามปริมาณเมฆ(cloud cover) 8 ส่วน

| ปริมาณเมฆ | สภาพท้องฟ้า |
|---|------------------------------------|
| มีเมฆน้อยกว่า 1 ส่วน | ท้องฟ้าแจ่มใส (Clear Sky) |
| มีเมฆตั้งแต่ 1 ส่วนขึ้นไปแต่ไม่ถึง 3 ส่วน | มีเมฆบางส่วน (Partly Cloudy Sky) |
| มีเมฆตั้งแต่ 3 ส่วนขึ้นไปถึง 5 ส่วน | มีเมฆเป็นส่วนมาก (Cloudy Sky) |
| มีเมฆตั้งแต่ 6 ส่วนขึ้นไปถึง 7 ส่วน | มีเมฆมาก (Very Cloudy Sky) |
| มีเมฆ 8 ส่วน | เมฆเต็มท้องฟ้า (Overcast) |

ที่มา: กองอุตุนิยมวิทยา กรมอุตุนิยมวิทยา กระทรวงมหาดไทย; 2543

ตาราง 2.2b การแบ่งสภาพท้องฟ้าในประเทศไทย

| สภาพท้องฟ้า (sky condition) | ปริมาณเมฆปกคลุม (cloud cover) | อัตราส่วนท้องฟ้า (sky ratio) |
|--------------------------------|----------------------------------|---------------------------------|
| ท้องฟ้าแจ่มใส | 0.0 to 0.3 | ≤ 0.3 |
| ท้องฟ้ามีเมฆบางส่วน | 0.4 to 0.7 | $0.3 < \text{to} < 0.8$ |
| ท้องฟ้าเมฆเต็มท้องฟ้า | 0.8 to 1.0 | ≥ 0.8 |

ที่มา : IESNA. Lighting Handbook. 1993, p364

วิธีการแบ่งสภาพท้องฟ้าตามปริมาณเมฆมีความคลาดเคลื่อนสูงในการวิเคราะห์ค่าความสว่างของท้องฟ้า เนื่องจากแสงจากดวงอาทิตย์ในช่วงความยาวคลื่นต่างๆกันนั้นสามารถส่องทะลุผ่านเมฆแต่ละชนิดโดยมีค่าแตกต่างกัน

สุรพงศ์ จิระรัตนานนท์,ศ.ดร.:2542 จากสถาบันเทคโนโลยีแห่งเอเชีย ได้ทำการวิจัยและแบ่งสภาพท้องฟ้าในประเทศไทยโดยอ้างอิงวิธีแบ่งสภาพท้องฟ้าคือ วิธีอัตราส่วนท้องฟ้าจาก The Illuminating Engineering Society of North America: IESNA ซึ่งใช้อัตราส่วนของรังสีกระจาย (diffuse radiation) ต่อรังสีรวม(global radiation หรือ total radiation) โดยสรุปจากการแผ่รังสีของดวงอาทิตย์และการแผ่รังสีจากท้องฟ้าบนระนาบนอน ถ้าอัตราส่วนท้องฟ้ามีค่าเท่ากับหนึ่ง คือ มุมอัลติจูดของดวงอาทิตย์มีค่าเท่ากับศูนย์ อย่างไรก็ตามวิธีนี้จะไม่ถูกต้องถ้ามุมอัลติจูดมีค่าต่ำและสรุปผลจากการวิจัยว่า

- (1) การแผ่รังสีของดวงอาทิตย์และความสว่างจากท้องฟ้าในประเทศไทยมีค่าสูงตลอดปีและมีรูปแบบเหมือนกัน
- (2) การแผ่รังสีของดวงอาทิตย์และความสว่างจากท้องฟ้ามีความเข้มสูงโดยเฉพาะอย่างยิ่งในฤดูหนาว
- (3) ผลของการแผ่รังสีของดวงอาทิตย์และความสว่างจากท้องฟ้าบนระนาบตั้งขึ้นอยู่กับตำแหน่งของดวงอาทิตย์
- (4) จากข้อมูลความถี่ของอัตราส่วนท้องฟ้าตลอดปี 2542 พบว่าสภาพท้องฟ้าส่วนใหญ่ในประเทศไทย คือ ท้องฟ้ามีเมฆบางส่วน

2.3 ทฤษฎีเกี่ยวกับแสงสว่าง

เมื่อแสงจากแหล่งกำเนิดแสงตกกระทบวัตถุหรือพื้นที่ใดๆเป็นผลให้แสงส่วนหนึ่งสะท้อนเข้าสู่ดวงตาทำให้เกิดการมองเห็น

2.3.1 คำนิยามและคำศัพท์เทคนิค

หน่วยของการวัดค่าปริมาณแสง ในระบบหน่วยเอสไอ มีดังนี้ (IESNA; 1993)

2.3.1.1 ฟลักซ์การส่องสว่าง(luminous flux: Φ)

คือ อัตราการไหลของแสงสว่างจากแหล่งกำเนิดแสงทุกทิศทางในหนึ่งหน่วยเวลา โดยปริมาณฟลักซ์การส่องสว่างที่ตกลงบนพื้นผิวหนึ่งตารางหน่วยของทรงกลม ถูกเรียกว่า 1 ลูเมน(lumen)

2.3.1.2 มุมเชิงของแข็ง(solid angle: Ω)

คือ อัตราส่วนระหว่างพื้นที่ผิวส่วนที่พิจารณาของทรงกลมต่อรัศมีของทรงกลมนั้นยกกำลังสอง มีหน่วยเป็นสเตอเรเดียน(sr.)

$$\Omega = A / r^2 \quad \text{สมการ 2.3.1a}$$

เมื่อ A คือ พื้นที่ผิวส่วนที่พิจารณาของทรงกลม
r คือ รัศมีของทรงกลม

2.3.1.3 ความเข้มการส่องสว่าง(luminous intensity:I)

คือ ความหนาแน่นของฟลักซ์การส่องสว่างจากแหล่งกำเนิดแสงในทิศทางที่ให้ โดยวัดเป็นลูเมนต่อมุมเชิงของแข็งซึ่งพิจารณาในเทอมของ แคนเดลา(cd.)และแรงเทียน

2.3.1.4 ความส่องสว่าง(luminance: L)

คือ ความเข้มการส่องสว่างของพื้นผิวที่ได้รับแสงสว่างในมุมเชิงของแข็งในทิศทางหนึ่ง ต่อหน่วยของพื้นผิวที่ถูกแสงสว่าง มีหน่วยเป็นแคนเดลาต่อตารางเมตร(cd/m^2) หรือ ฟุตแลมเบิร์ต (fl)

2.3.1.5 ความสว่าง(illuminance: E)

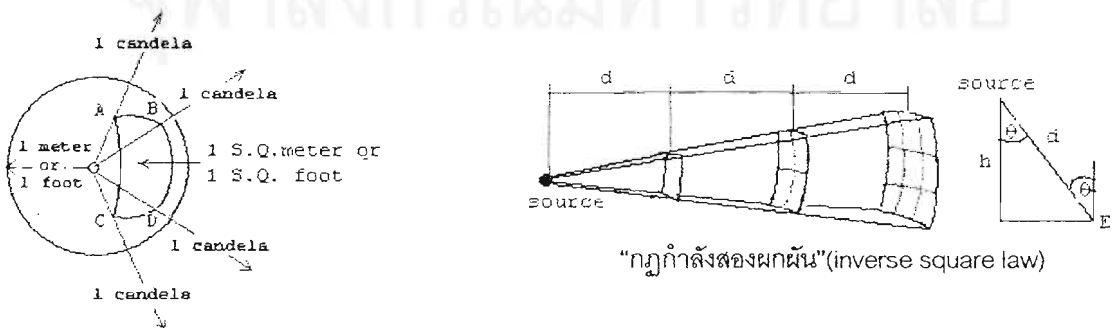
คือ ความหนาแน่นของฟลักซ์การส่องสว่างที่ตกกระทบลงบนหนึ่งหน่วยพื้นที่ใดๆ มีหน่วยเป็น ลูเมนต่อหนึ่งหน่วยพื้นที่ ได้แก่ 1 ลูเมนต่อตารางเมตร หรือ 1 ลักซ์ (lux: lx.) และ 1 ลูเมนต่อตารางฟุต หรือ 1 ฟุตแคนเดิล (fc.) โดยปริมาณความสว่างบนพื้นที่ผิวใดๆจะแปรผันโดยตรงกับความเข้มการส่องสว่างของแหล่งกำเนิดแสงและแปรผกผันกับค่าระยะทางกำลังสองระหว่างพื้นผิวนั้นกับแหล่งกำเนิดแสง

$$E = \frac{I \cos \theta}{d^2} \quad \text{สมการ 2.3.1b}$$

เมื่อ E คือ ปริมาณความสว่างบนพื้นที่ผิวที่พิจารณา หน่วย ลักซ์ หรือฟุตแคนเดิล

I คือความเข้มการส่องสว่างของแหล่งกำเนิดแสงในทิศทางที่พุ่งไปหาพื้นที่ผิวที่พิจารณา หน่วย แคนเดลา

d คือ ระยะทางระหว่างพื้นที่ผิวที่พิจารณากับแหล่งกำเนิดแสง หน่วย เมตร หรือฟุต



“กฎกำลังสองผกผัน”(inverse square law)

รูป 2.3.1 ความสัมพันธ์ระหว่าง แคนเดลา,ลักซ์ และฟุตแคนเดิล

ที่มา: IESNA. Lighting Handbook. 1993, p29.

2.3.2 พฤติกรรมและคุณสมบัติของแสง

เมื่อแสงเคลื่อนที่ออกจากแหล่งกำเนิดแสงผ่านตัวกลางชนิดต่างๆ เช่น อากาศ ของเหลว วัตถุ โปร่งแสง วัตถุทึบแสง ฯลฯ ทางเดินหรือพฤติกรรมของแสงจะเปลี่ยนไปเมื่อกระทบตัวกลางเหล่านั้น โดยพฤติกรรมของแสงเมื่อเดินทางผ่านตัวกลางใดๆมีดังนี้

2.3.2.1 การดูดกลืนแสง (absorption)

เป็นปรากฏการณ์ที่แสงถูกดูดกลืนหายไปในตัวกลางและเกิดการเปลี่ยนรูปของพลังงานเป็นพลังงานความร้อน

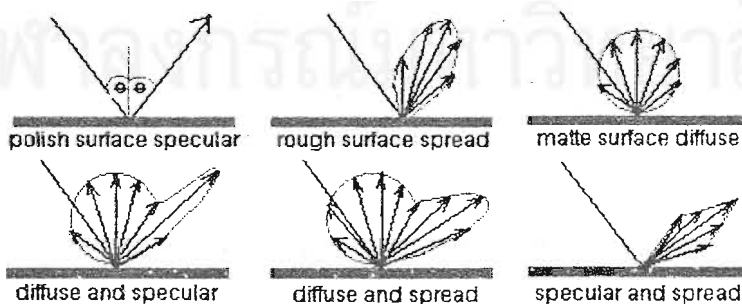
2.3.2.2 การสะท้อนแสง (reflection)

เป็นปรากฏการณ์ที่แสงตกกระทบบนตัวกลางแล้วสะท้อนออกโดยที่ความถี่ของคลื่นแสงนั้นไม่เปลี่ยนไป ลักษณะของการสะท้อนสามารถพิจารณาออกเป็น 2 แบบดังนี้

(1) การสะท้อนแบบเสมือนกระจกเงา (specular reflection) เมื่อแสงตกกระทบบนตัวกลางที่เป็นวัตถุทึบแสงซึ่งมีลักษณะเป็นผิวเรียบขัดมัน(polish surface) การสะท้อนจะมีมุมของแสงที่ตกกระทบ(angle of incident)เท่ากับมุมของแสงที่สะท้อน(angle of reflection)

(2) การสะท้อนแบบกระจาย (diffuse reflection) เมื่อแสงตกกระทบบนตัวกลางกลางที่เป็นวัตถุทึบแสงมีลักษณะเป็นผิวหยาบไม่เรียบสม่ำเสมอ แสงที่จะถูกสะท้อนออกไปในหลายๆทิศทาง ซึ่งส่วนมากมุมของแสงที่ตกกระทบจะไม่เท่ากับมุมของแสงที่สะท้อน หากผิววัตถุที่ไม่เรียบนั้นมีลักษณะไม่เรียบสม่ำเสมออย่างสมบูรณ์แสงสะท้อนที่ได้จะมีลักษณะกระจายแสงอย่างสมบูรณ์(perfect diffuse reflection) ซึ่งเป็นการสะท้อนแสงที่ให้ความสว่างเท่าๆกันในทุกมุมสะท้อน แต่หากผิววัตถุไม่เรียบไม่สม่ำเสมอแสงสะท้อนจะมีลักษณะกระจัดกระจาย(semi diffuse reflection)

โดยทั่วไปแสงที่สะท้อนออกมาจากวัตถุจะมีลักษณะผสมกันระหว่างการสะท้อนแบบเสมือนกระจกเงาและการสะท้อนแบบกระจาย



รูป 2.3.2 ลักษณะของการสะท้อนแสงเมื่อแสงตกกระทบบนตัวกลางชนิดต่างๆ

ที่มา: IESNA. *Lighting Handbook*.1993, pp.18-19.

2.3.2.3 การส่องผ่านแสง (transmission)

เป็นปรากฏการณ์ที่แสงตกกระทบด้านหนึ่งของตัวกลางแล้วทะลุผ่านไปยังอีกด้านหนึ่ง เมื่อแสงตกกระทบตัวกลางที่แสงสามารถส่องผ่านได้ แสงส่วนหนึ่งจะถูกดูดกลืน ส่วนหนึ่งจะถูกสะท้อนกลับ และส่วนที่เหลือจะทะลุผ่าน กล่าวคือ ปริมาณแสงที่ตกกระทบจะเท่ากับปริมาณแสงที่ถูกดูดกลืนรวมกับปริมาณแสงที่สะท้อนกลับรวมกับปริมาณแสงที่ทะลุผ่าน สามารถเขียนเป็นสมการได้ดังนี้

$$\beta + \rho + \tau = 1 \quad \text{สมการ 2.3.2a}$$

เมื่อ β คือ ค่าการดูดกลืนแสงของวัตถุ

ρ คือ ค่าการสะท้อนแสงของวัตถุ

τ คือ ค่าการส่องผ่านแสงของวัตถุ

ลักษณะการส่องผ่านของแสงสามารถแบ่งได้ตามลักษณะของตัวกลางดังนี้

(1) ตัวกลางโปร่งใส (transparent medium) เช่น กระจกใส การส่องผ่านแสงจะเกิดการหักเหหรือเปลี่ยนทิศทางขึ้นอยู่กับคุณสมบัติของตัวกลางและทะลุผ่านในลักษณะเดิมของลำแสงที่ตกกระทบ โดยยังสามารถมองเห็นแหล่งกำเนิดแสงที่อีกด้านหนึ่งของตัวกลางได้อย่างชัดเจน

(2) ตัวกลางโปร่งแสง (translucent medium) การส่องผ่านแสงจะเป็นแสงแบบกระจาย และไม่สามารถมองเห็นแหล่งกำเนิดแสงที่อีกด้านหนึ่งของตัวกลางได้อย่างชัดเจน

2.3.2.4 ความจ้า(brightness)

เป็นคุณสมบัติของแสงเมื่อแสงส่องกระทบวัตถุแล้วเกิดการสะท้อนหรือส่องผ่านของแสงจากวัตถุเข้าสู่ตาทำให้เกิดการมองเห็นวัตถุนั้นแล้ว สายตายังรับรู้ความจ้าของวัตถุซึ่งขึ้นอยู่กับ องค์ประกอบหลักคือ ความสามารถในการการสะท้อนหรือส่องผ่านของแสงของวัตถุและความสามารถในการปรับตัวของสายตา

ความจ้าของวัตถุจะพิจารณาในรูปของ ปริมาณความเข้มแสงที่เปล่งออกมาจากผิวของวัตถุต่อหน่วยพื้นที่ เขียนเป็นสมการได้ดังนี้

$$FL = F_c * \rho \quad \text{หรือ} \quad FL = F_c * \tau \quad \text{สมการ 2.3.2 b}$$

เมื่อ FL คือ ปริมาณความจ้า มีหน่วยเป็น ฟุตแลมเบิร์ต

F_c คือ ปริมาณความส่องสว่าง มีหน่วยเป็น ฟุตแคนเดิล

ρ คือ ค่าการสะท้อนแสงของวัตถุ (%)

τ คือ ค่าการส่องผ่านแสงของวัตถุ (%)

2.3.2.4 ความเปรียบต่าง(contrast)

คือ อัตราส่วนความแตกต่างของจุดสังเกตกับสิ่งที่อยู่รอบข้าง โดยที่ความเปรียบต่างมากจะทำให้การมองเห็นง่ายขึ้น ในขณะที่มีความต้องการปริมาณแสงและเวลาในการรับภาพน้อยลง เช่น ตัวหนังสือดำบนกระดาษขาวจะเห็นได้ง่ายกว่าตัวหนังสือดำบนกระดาษเทา แต่ถ้าความเปรียบต่างมากเกินไปจนสายตาเกิดการปรับตัวมากอาจจะทำให้เกิดการระคายเคืองของสายตา ความเปรียบต่างสามารถเขียนเป็นสมการได้ดังนี้

$$\text{Contrast} = \frac{L_b - L_T}{L_T} \quad \text{สมการ 2.3.2 c}$$

เมื่อ L_b คือ ความสว่างของสภาพแวดล้อม

L_T คือ ความสว่างของวัตถุ

2.3.3 แสงจ้า(glare)

ระบบการให้แสงธรรมชาติอาจทำให้เกิดความไม่สบายตาจากการส่องสว่างของหน้าต่างซึ่งถือว่าเป็นแหล่งกำเนิดแสงขนาดใหญ่ โดยเฉพาะในเวลาที่มีแสงแดดจากภายนอกมีความเข้มการส่องสว่างสูงถูกส่องผ่านเข้ามาภายในอาคาร อัตราความส่องสว่างที่สูงทำให้ความส่องสว่างไม่สมดุลย์กับพื้นที่ทำงานภายใน

CIE ได้นิยามว่า แสงจ้า เป็นสภาวะการมองเห็นที่มองแล้วเกิดความไม่สบายตา และ/หรือ ทำให้ความสามารถในการมองเห็นลดลงเนื่องมาจากการให้แสงส่องสว่างที่ไม่เหมาะสม หรือการมองเห็นที่มีความเปรียบต่างมากเกินไป แสงจ้าสามารถแบ่งได้เป็น 2 ประเภทคือ

2.3.1 แสงจ้าทำให้ไม่สบายตา(discomfort glare)

มีผลทำให้การมองเห็นวัตถุเป็นไปด้วยความลำบาก ความไม่สบายจากแสงจ้าประเภทนี้เกิดจากการมองเห็นแหล่งกำเนิดแสงมีผลทำให้เกิดการปรับตัวของนัยน์ตาอย่างรวดเร็วเนื่องมาจากความจ้าของแหล่งกำเนิดแสง หากมีการใช้สายตาในสถานที่ที่มีแสงจ้านี้เป็นเวลานาน ความรู้สึกไม่สบายตาจะเพิ่มมากขึ้นจนอาจเกิดความเครียดทางประสาทและความเมื่อยล้าของกล้ามเนื้อตาได้

2.3.2 แสงจ้าทำให้มองเห็นลดลง (disability glare)

ทำให้ความสามารถในการมองเห็นวัตถุลดลง แต่ไม่จำเป็นต้องเกิดความไม่สบายตา การเกิดแสงจ้าประเภทนี้ขึ้นอยู่กับปริมาณของแสงที่ส่องเข้าตาและโดยทั่วไปไม่ขึ้นอยู่กับความส่องสว่างของแหล่งกำเนิดแสง

Evan, Benjamin H.;1981 อธิบายว่า ความจ้าในบริเวณที่มองเห็นจะรบกวนการปรับสายตาอย่างรวดเร็วและนำไปสู่ความอ่อนเพลียของกล้ามเนื้อตา ถ้าอัตราส่วนความจ้าระหว่างท้องฟ้าและพื้นที่ใช้งานไม่เกิน 20:1 สายตายังพอทนได้ เนื่องจากสายตาคคนที่อยู่ภายในอาคารไม่สามารถมองเห็นท้องฟ้าที่จ้ามากเกินไปซึ่งมีความสัมพันธ์โดยตรงกับความเข้มของแหล่งกำเนิดแสง ปรัชญาการรับรู้สีดังกล่าวเรียกว่า การฉายรังสี(irradiation)ทำให้มองเห็นไม่ชัด จึงเป็นเหตุผลสำคัญในการติดตั้งกระจกเพื่อลดความจ้าจากท้องฟ้า เช่น กระจกเคลือบสี(tinted glass) อย่างไรก็ตามแสงธรรมชาติภายในอาคารก็จะลดลงด้วย กล่าวคือ ถ้าใช้กระจกที่มีค่าส่องผ่านแสง 10% จะสามารถลดแสงธรรมชาติได้ 90% ดังนั้นจึงเป็นการง่ายกว่าที่จะใช้ไฟฟ้าแสงประดิษฐ์

อย่างไรก็ตามการเกิดแสงจ้าทั้ง 2 ประเภทนี้อาจเกิดรวมกันได้ โดยทั่วไปแสงจ้าทำให้ไม่สบายตาจะเริ่มมีผลเมื่อบริเวณที่มองเห็นมีค่าความส่องสว่างเกิน 500-700 cd/m²

2.4 การประมาณค่าแสงสว่างในอาคาร

2.4.1 การคำนวณวิธีองค์ประกอบแสงธรรมชาติ (Daylight Factor: DF)

Stein, Benjamin; 1992 อธิบายว่าแนวความคิดของวิธีองค์ประกอบแสงธรรมชาติสำหรับการให้แสงสว่างด้านข้างที่แสดงค่าเป็นเปอร์เซ็นต์เพื่อให้สามารถนำไปประยุกต์ใช้ เมื่อสามารถคำนวณค่าความสว่างภายนอกในแนวราบที่ไม่ถูกบังได้ โดย CIE ได้นิยามสภาพท้องฟ้าเมฆเต็มท้องฟ้าและสภาพท้องฟ้าแจ่มใสซึ่งการกระจายความสว่างของท้องฟ้าถูกกำหนดให้มีค่าที่แน่นอนสำหรับการคำนวณ

องค์ประกอบแสงธรรมชาติ = ค่าความสว่างภายในที่จุดอ้างอิง

ค่าความสว่างในแนวราบภายนอกที่ไม่ถูกบัง(E_{xh})

$$DF \% = \frac{E_{int}}{E_{ext}} * 100$$

สมการ 2.4.1a

E_{ext}

อัตราส่วนระหว่างค่าองค์ประกอบแสงธรรมชาติที่น้อยที่สุดต่อค่าองค์ประกอบแสงธรรมชาติเฉลี่ยนั้นสัมพันธ์กับค่าความเปรียบต่างของแสงในที่ว่าง ดังนี้

$$DF_{min} \geq 0.3$$

สมการ 2.4.1b

$$DF_{avg}$$

ข้อจำกัดของวิธีนี้คือแสงแดดจะต้องถูกกันไม่ให้เข้ามาในอาคาร และค่าองค์ประกอบแสงธรรมชาติไม่สามารถอ่านค่าได้สำหรับห้องที่มีเมฆบางส่วนซึ่งเปลี่ยนค่าความส่องสว่างสม่ำเสมอ ค่าองค์ประกอบแสงธรรมชาติที่จุดอ้างอิงเป็นตัวแปรต่อเนื่องที่นำไปใช้เป็นเครื่องมือในการคำนวณค่าแสงสว่างธรรมชาติที่เหมาะสม เส้นกราฟของค่าองค์ประกอบแสงธรรมชาติจะแสดงความสัมพันธ์ของระดับแสงสว่างธรรมชาติในที่ว่างภายในกับค่าความสว่างของสภาพท้องฟ้าชนิดเดียวจึงไม่สามารถนำไปใช้โดยตรงได้กับสภาพท้องฟ้าชนิดอื่น

Hopkinson, R.G.; 1972 ได้พัฒนาวิธีการเบื้องต้นของสภาพท้องฟ้าเมฆเต็มท้องฟ้าที่มีอิทธิพลต่อองค์ประกอบแสงธรรมชาติ เมื่อการกระจายค่าความสว่างของท้องฟ้าแปรตามกับมุมอัลติจูดของดวงอาทิตย์ความเปลี่ยนแปลงของแสงสว่างธรรมชาติภายในจะสอดคล้องอย่างถูกต้องต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพของท้องฟ้าภายนอก ในสภาพท้องฟ้าเมฆเต็มท้องฟ้าจะเป็นตัวแทนค่าความส่องสว่างภายนอกที่น้อยที่สุดเมื่อท้องฟ้ามีความถี่ของการส่องสว่างมากกว่า ดังนั้นสภาพท้องฟ้าเมฆเต็มท้องฟ้าโดยทั่วไปจึงไม่เป็นแหล่งกำเนิดของแสงจ้า พื้นที่หน้าต่างขนาดใหญ่จึงถูกนำมาใช้กับอาคารได้ ในทางตรงกันข้ามพื้นที่หน้าต่างในสภาพท้องฟ้าแจ่มใสจะเป็นแหล่งกำเนิดของแสงจ้า

การออกแบบจะพิจารณารวมทั้งค่าความส่องสว่างภายนอกที่น้อยที่สุดและความต้องการค่าองค์ประกอบแสงธรรมชาติที่น้อยที่สุดที่จะส่งผลให้แสงสว่างธรรมชาติมีเพียงพอสำหรับการทำงานส่วนใหญ่ในช่วงเวลากลางวัน ภายใต้สภาพแวดล้อมภายนอกในพื้นที่ปิดล้อมใดๆแสงสว่างธรรมชาติที่ทุกจุดประกอบด้วย 3 องค์ประกอบ คือ

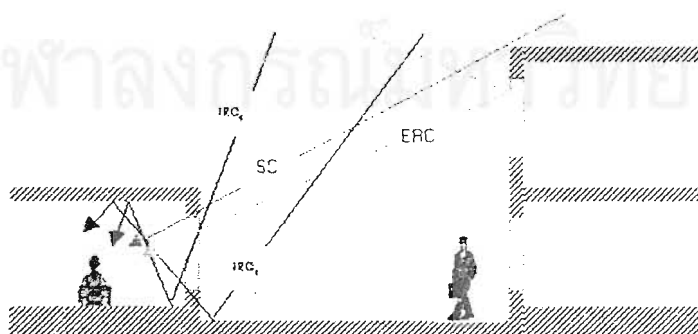
องค์ประกอบแสงกระจายที่ได้รับจากท้องฟ้าโดยตรง (Sky Component: SC)

องค์ประกอบการสะท้อนแสงภายนอก (External Reflected Component: ERC)

องค์ประกอบการสะท้อนแสงภายใน (Internal Reflected Component: IRC₁+IRC₂)

$$DF = SC + ERC + IRC_1 + IRC_2$$

สมการ 2.4.1d

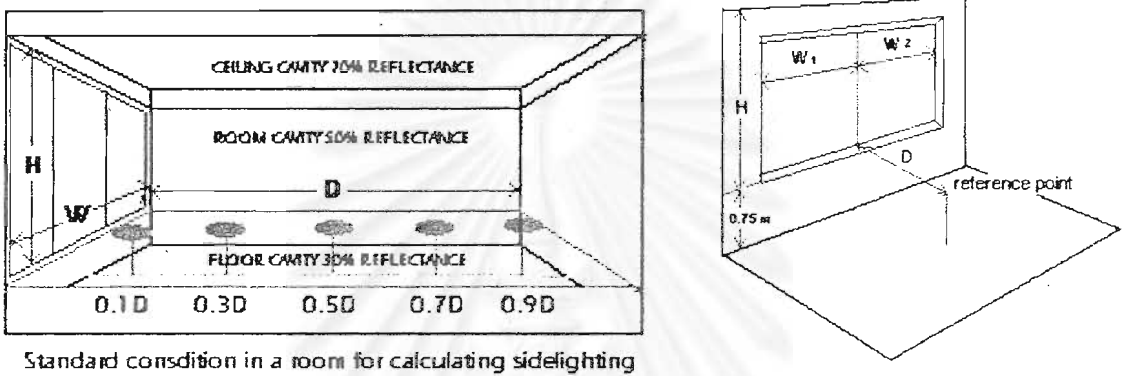


Total daylight factor (DF)

รูป 2.4.1 องค์ประกอบของแสงธรรมชาติทั้งหมด

2.4.2 การคำนวณวิธีลูเมน (lumen method)

เป็นวิธีที่นิยมใช้ในสหรัฐอเมริกา โดยIESNA;1993 กำหนดการประมาณค่าความสว่างแสงธรรมชาติภายใน จากการให้แสงสว่างด้านข้างโดยใช้ห้องมาตรฐานและการอ้างอิงตำแหน่งจากระยะหน้าต่างไปยังตำแหน่ง 5 จุด คือ 0.1D, 0.3D, 0.5D, 0.7D, 0.9D ของความลึกของห้อง เป็นรูปแบบพื้นฐานที่ใช้ในการคำนวณค่าความส่องสว่างภายในแนวนอนที่จุดอ้างอิงทั้ง 5 ดังภาพ



รูป 2.4.2 แสดงตำแหน่งวัดระดับความส่องสว่างตามมาตรฐาน IES
ที่มา: IESNA. Lighting Handbook. 1993

วิธีลูเมนใช้คำนวณการให้แสงสว่างแนวตั้งโดยถือว่าหน้าต่างในแนวตั้งเป็นแหล่งกำเนิดแสงรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าขนาดใหญ่ซึ่งใช้ได้กับรูปแบบช่องเปิดบางชนิดโดยสมมุติว่าเป็นหน้าต่างแบบต่อเนื่อง วิธีนี้ใช้ประเมินผลของรูปแบบช่องเปิดหรือหน้าต่างเพื่อหาค่าการใช้แสงธรรมชาติที่ให้ประโยชน์มากที่สุด ในขณะที่วิธีองค์ประกอบแสงธรรมชาติใช้หาค่าแสงธรรมชาติต่ำสุดที่ต้องการเท่านั้น ข้อจำกัดของวิธีนี้จะไม่ใช้คำนวณสำหรับแสงอาทิตย์ตรงที่เข้าสู่ภายในโพรงห้อง การหาความสว่างภายนอกแนวตั้งบนช่องเปิดแนวตั้งนั้นแสงแดดต้องถูกกั้นออกไป

$$E_i = E_{xv sky} * \tau * CU \quad \text{สมการที่ 2.4.2a}$$

- เมื่อ E_i คือ ค่าความสว่างภายในแนวนอนบนจุดอ้างอิงจากการให้แสงสว่างด้านข้าง(ลักซ์)
- $E_{xv sky}$ คือ ค่าความสว่างจากท้องฟ้าภายนอกแนวตั้งบนหน้าต่างผนัง(ลักซ์)
- τ คือ การส่องผ่านแสงทั้งหมดของหน้าต่างผนัง
- CU คือ สัมประสิทธิ์การใช้งาน

ค่าสัมประสิทธิ์การใช้งานของแต่ละจุดอ้างอิงทั้ง 5 จุดในหิ้งนั้นการคำนวณที่จุดศูนย์กลางของหน้าต่างจะอ้างอิงความสว่างแนวนอนและแนวตั้งจากครึ่งวงท้องฟ้า โดยอัตราส่วนของความสว่างแนวตั้งต่อความสว่างแนวนอนที่หน้าต่างเป็น 0.75, 1.00, 1.25, 1.50 หรือ 1.75

$$\tau = T * R_a * T_c * LLF$$

สมการที่ 2.4.2b

- เมื่อ τ คือ การส่องผ่านแสงสุทธิของหน้าต่างผนัง
 T คือ การส่องผ่านแสงสุทธิของกระจก
 R_a คือ พื้นที่ของจำนวนกระจกทั้งหมดรวมวัสดุกรอบ
 T_c คือ การบังเงาและผ้าม่านที่ลดการส่องผ่านแสงของกระจก
 LLF คือ ความสกปรกที่ทำให้แสงสว่างลดลง

ตาราง 2.4.2 ค่าความสกปรกที่ทำให้แสงสว่างลดลง (LLF) ที่ทั่วไปสำหรับการออกแบบแสงธรรมชาติ

| สถานที่ | ค่าความสกปรกที่ทำให้แสงสว่างลดลง | | |
|-------------------|----------------------------------|----------|--------|
| | แนวตั้ง | แนวเอียง | แนวราบ |
| พื้นที่สะอาด | 0.9 | 0.8 | 0.7 |
| พื้นที่อุตสาหกรรม | 0.8 | 0.7 | 0.6 |
| พื้นที่สกปรกมาก | 0.7 | 0.6 | 0.5 |

ที่มา: IESNA. Lighting Handbook. 1993, p369.

สำหรับหน้าต่างที่ไม่มีการออกแบบบังเงา ค่าความสว่างแนวตั้งจากท้องฟ้าและจากพื้นราบจะมีค่าเพิ่มขึ้น ดังสมการ 2.4.2c และสมการ 2.4.2d สำหรับหน้าต่างที่มีการใช้แสงกระจาย

$$E_i = \tau (E_{xv\ sky} CU_{sky} + E_{xvg} CU_g)$$

สมการที่ 2.4.2c

$$E_i = 0.5\tau (E_{xv\ sky} + E_{xvg}) * (CU_{sky} + CU_g)$$

สมการที่ 2.4.2d

- เมื่อ E_i คือ ความสว่างภายในที่จุดอ้างอิง (ลักซ์)
 τ คือ การส่องผ่านแสงสุทธิของกระจก
 $E_{xv\ sky}$ คือ ความสว่างจากท้องฟ้าภายนอกแนวตั้ง (ลักซ์)
 E_{xvg} คือ ความสว่างจากพื้นราบภายนอกแนวตั้ง (ลักซ์)
 CU_{sky} คือ สัมประสิทธิ์ใช้งานจากท้องฟ้า
 CU_g คือ สัมประสิทธิ์ใช้งานจากพื้นราบ

2.5 รูปแบบช่องเปิดเพื่อแสงธรรมชาติ

การมองเห็นขึ้นอยู่กับปริมาณและคุณภาพของแสง ดังนั้นผู้ออกแบบอาคารต้องให้ความสำคัญต่อการมองเห็นและนำเอาเทคโนโลยีทางอาคารมาประยุกต์ใช้กับแสงธรรมชาติ

2.5.1 แสงอาทิตย์กับอาคาร

ปัจจัยหลักที่เกี่ยวข้องกับช่องเปิดซึ่งมีผลกระทบต่อปริมาณแสงธรรมชาติและปริมาณความร้อนที่เพิ่มขึ้นในอาคาร คือ ตำแหน่งและขนาดของช่องเปิด ดังนั้นวิธีหนึ่งของการทำให้อัตราความร้อนที่ถ่ายเทเข้ามาภายในอาคารลดลง คือ การลดพื้นที่ที่แสงอาทิตย์ตกบนผนังอาคาร เช่นติดตั้งแผงกันแดดเข้ากับผนังอาคารส่วนที่เป็นกระจก ตำแหน่งของแผงกันแดดต้องสัมพันธ์กับการโคจรของดวงอาทิตย์ เพื่อให้แสงอาทิตย์ถูกกันในช่วงเวลาที่เหมาะสม

2.5.1.1 การเคลื่อนที่ของดวงอาทิตย์

ในการเคลื่อนที่ของโลกรอบดวงอาทิตย์เพื่อให้ง่ายต่อการพิจารณาจะถือเสมือนว่าโลกอยู่กับที่และดวงอาทิตย์เคลื่อนที่อยู่ในระดับพิกัด ซึ่งมีโลกเป็นจุดกำเนิดการโคจรของโลกและหมุนรอบแกนหมุนของโลกเป็นมุม 23.5 องศา ดังนั้นผู้สังเกตที่อยู่บนโลกจะเห็นดวงอาทิตย์โคจรจากทิศตะวันออกไปทิศตะวันตก พิกัดระบุตำแหน่งดวงอาทิตย์ คือ มุมอัลติจูดและมุมอาซิมุทของดวงอาทิตย์

(1) มุมอัลติจูด(solar altitude angle) คือ มุมแนวตั้งของดวงอาทิตย์เหนือระนาบขอบฟ้า ในซีกโลกเหนือช่วงเวลากลางวันมุมอัลติจูดจะมีค่ามากที่สุดในฤดูร้อน และมีค่าน้อยที่สุดในฤดูหนาว ค่าที่มากที่สุดของแต่ละประเทศจะไม่เท่ากันโดยเปลี่ยนแปลงตามละติจูดของประเทศนั้น

(2) มุมอาซิมุท(solar azimuth angle) คือ มุมแนวนอนของดวงอาทิตย์ซึ่งวัดจากทิศใต้ กำหนดให้มีค่าเป็นลบทางทิศตะวันออกในช่วงเวลาก่อนเที่ยงวันและมีค่าเป็นบวกทางทิศตะวันตกที่เวลาหลังเที่ยงวัน

(3) มุมชั่วโมง(solar hour angle) จะมีค่าเท่ากับ 15 องศาคูณจำนวนชั่วโมงเที่ยงวันท้องถิ่น(local solar noon)

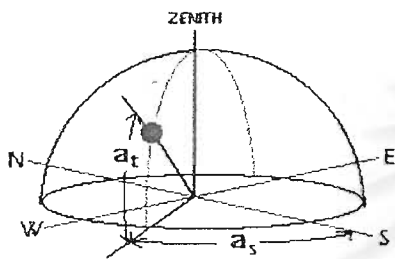
(4) มุมเดคลิเนชัน(angle of declination) คือ มุมระหว่างแนวรังสีดวงอาทิตย์กับจุดสูงสุดบนท้องฟ้าที่เวลาเที่ยงวันบนเส้นศูนย์สูตร

ตำแหน่งของดวงอาทิตย์พิจารณาจากการคำนวณโดยใช้สมการ(IESNA;1993)คือ

$$\delta = 0.4093 \sin \left[\frac{2\pi(J-81)}{368} \right] \quad \text{สมการ 2.5.1a}$$

$$a_t = \arcsin \left[\sin l \sin \delta - \cos l \cos \delta \cos \left(\frac{\pi t}{12} \right) \right] \quad \text{สมการ 2.5.1b}$$

$$a_s = \arcsin \left[\cos \delta \sin \left(\frac{\pi t}{12} \right) \right] \quad \text{สมการ 2.5.1c}$$



เมื่อ δ คือ มุมเดคลิเนชันของดวงอาทิตย์

J คือ วันที่ของปี มีค่า 1-365

t คือ เวลาสุริยะที่ชั่วโมงเป็นหน่วยทศนิยมเช่น 1:30pm เป็น 13.5

l คือ มุมตำแหน่งละติจูด(เรเดียน)

a_t คือ มุมอัลติจูด (เรเดียน)

a_s คือ มุมอาซิมูท(เรเดียน)

รูปที่ 2.5.1a พิกัดระนาบตำแหน่งดวงอาทิตย์

หมายเหตุ: 1 radian = 57.2957795 degrees(องศา)

2.5.1.2 เวลาท้องถิ่นและเวลาสุริยะ

(1) เวลาสุริยะ(solar time) คือ เวลาที่กำหนดขึ้นโดยใช้พิกัดของดวงอาทิตย์ ที่เวลาเที่ยงสุริยะ ดวงอาทิตย์อยู่ที่ตำแหน่งตรงศีรษะของผู้สังเกตในทิศทางเหนือ-ใต้ เวลาสุริยะมีความยาวนานไม่เท่ากันทุกวันเพราะการเคลื่อนที่ของโลกรอบดวงอาทิตย์ไม่สม่ำเสมอ เพื่อให้เวลานานของหนึ่งวันสม่ำเสมอเท่ากันโดยใช้นาฬิกาเชิงกลบอกเวลา จึงได้มีการกำหนดเวลาสุริยะปานกลาง(mean solar day)เฉลี่ยเวลาที่เมริเดียนของจุดหนึ่งๆเคลื่อนที่ได้ครบหนึ่งรอบเป็นเวลาที่ใช้กันอยู่ในชีวิตประจำวัน ความต่างกันระหว่างเวลาสุริยะและเวลาสุริยะปานกลางเรียกว่า "สมการเวลา" (equation of time; ET)

(2) เวลาท้องถิ่น(clock time) คือ เวลาที่อ่านจากนาฬิกาซึ่งเทียบมาจากเวลามาตรฐานที่เมืองกรีนิชในประเทศอังกฤษซึ่งตั้งอยู่บนเส้นลองจิจูด ที่ 0 องศา กับเส้นลองจิจูดมาตรฐานของตำแหน่งนั้น โดยตำแหน่งที่มีเส้นลองจิจูดต่างกัน 1 องศาจะมีเวลาท้องถิ่นต่างกัน 4 นาที (ASHRAE;1997)

$$AST = LST + ET + 4(LSM - LON) \quad \text{สมการ 2.5.2a}$$

เมื่อ AST คือ เวลาสุริยะ

LST คือ เวลาท้องถิ่น

ET คือ เวลา ณ. จุดต่างๆ(นาที)

LSM คือ เมริเดียนเวลามาตรฐานท้องถิ่น (องศา)

LON คือ ลองจิจูดของท้องถิ่น(องศา)

ประเทศไทยใช้เวลามาตรฐานของลองติจูด 105 องศาตะวันออกซึ่งต่างจากเวลามาตรฐาน 7 ชั่วโมง (time zone = 7) และที่กรุงเทพมหานครละติจูด 13.44 องศาเหนือ ลองติจูด 100.34 องศาตะวันออกสามารถคำนวณหาเวลาสุริยะจากเวลาท้องถิ่นของประเทศไทยจากสมการ (IESNA;1993)

$$ET = 0.170 \sin \left[\frac{4\pi(J-80)}{373} \right] - 0.129 \sin \left[\frac{2\pi(J-8)}{355} \right] \quad \text{สมการ 2.5.2b}$$

$$t = t_s + ET + 12(SM-L) \quad \text{สมการ 2.5.2 c}$$

π

เมื่อ ET คือ เวลา ณ จุดต่างๆ(ชั่วโมง)

J คือ วันที่ของปี มีค่า 1-365

t คือ เวลาสุริยะที่ชั่วโมงเป็นหน่วยทศนิยม เช่น 1:30pm เป็น 13.5

t_s คือ เวลาท้องถิ่นในชั่วโมงที่เป็นหน่วยทศนิยม

SM คือ เมริเดียนมาตรฐานหรือลองติจูดของโซนเวลา

2.5.1.3 การออกแบบบังเงา

การออกแบบอุปกรณ์บังแดดที่เป็นส่วนประกอบของหน้าต่างซึ่งมีหน้าที่ป้องกันแสงแดด และความแปรปรวนต่างของแสงธรรมชาติ ส่วนยื่นของอุปกรณ์บังแดดจะลดปริมาณแสงและการเกิดแสงจ้าบริเวณใกล้หน้าต่าง และทำให้ปริมาณแสงนุ่มนวลขึ้น

Givoni, Baruch; 1991 ให้ข้อแนะนำการออกแบบแสงธรรมชาติที่มีประสิทธิภาพว่า ช่องเปิดกระจกควรจะมีการออกแบบอุปกรณ์บังแดดที่ป้องกันแสงอาทิตย์โดยตรงทะลุเข้ามาและสะท้อนขึ้นข้างบนไปยังเพดาน การติดตั้งกระจกแนวตั้งให้อยู่เหนือมุมเฉียงกระจกที่หันหน้าสู่ดวงอาทิตย์นั้นยากต่อการบังเงาและเป็นสาเหตุให้แสงแดดทะลุเข้ามา แสงกระจายเป็นแสงที่ดีที่สุด

(1) ชนิดของอุปกรณ์บังแดดแบ่งออกเป็น 3 ชนิดหลักคือ (Olgay, V.; 1973)

(1.1) อุปกรณ์บังแดดแนวตั้ง (vertical device)

(1.2) อุปกรณ์บังแดดแนวนอน (horizontal device)

(1.3) อุปกรณ์บังแดดผสม(egg-crate)

การแสดงผลของการออกแบบอุปกรณ์บังแดดสามารถอธิบายในรูปเครื่องหมายเงา (shading mask) โดยอุปกรณ์บังแดดแนวตั้งจะให้เครื่องหมายเงารูปร่างเป็นส่วนของวงกลม อุปกรณ์บังแดดแนวนอนจะให้เครื่องหมายเงารูปสี่เหลี่ยมของวงกลม และอุปกรณ์บังแดดผสมจะให้เครื่องหมายเงาจากมุมเงาทางตั้งและทางนอนรวมกัน

วิธีการในการพิจารณาชั่วโมงที่สามารถบังเงาได้ใช้การอ่านจากเส้นวันตามยาวและเส้นชั่วโมงที่ปรากฏบนเส้นทางเดินของดวงอาทิตย์(sun path diagram)

(2) วิธีการออกแบบบังเงา

Lechner, Norbert; 1991 อธิบายว่าในเขตร้อนชื้น เช่นประเทศในแถบตะวันออกเฉียงใต้นั้นการแผ่รังสีกระจายจากท้องฟ้ามีความสำคัญเช่นเดียวกับการแผ่รังสีตรงของดวงอาทิตย์เนื่องจากปริมาณฝนและมลภาวะ โดยแต่ละทิศทางมีความต้องการวิธีการออกแบบบังเงาแตกต่างกัน

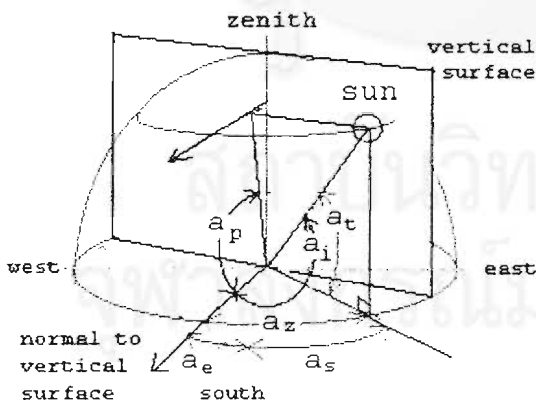
ในการคำนวณค่าแสงสว่างจากธรรมชาติจำเป็นต้องคำนวณจากพื้นผิวแนวตั้ง เช่นผนัง หรือหน้าต่าง จึงต้องทราบมุมตำแหน่งดวงอาทิตย์ที่กระทำกับพื้นผิวแนวตั้งซึ่งมีดังนี้

(2.1) มุมตกกระทบ(incident angle : a_i) คือ มุมระหว่างเส้นระนาบปกติถึงพื้นผิวแนวตั้งที่เราสนใจและทิศทางถึงดวงอาทิตย์

(2.2) มุมตัด(profile angle: a_p) คือ มุมเงยแนวตั้งระหว่างรังสีดวงอาทิตย์กับเส้นระนาบปกติที่เราสนใจ (normal to vertical surface)

(2.3) มุมอาซิมูทของผนัง(elevation azimuth angle : a_e) คือ มุมเบี่ยงแนวนอนของผนังวัดจากทิศใต้ตามเข็มนาฬิกา

(2.4) มุมเบี่ยง(solar -elevation azimuth angle : a_z) คือ มุมเบี่ยงแนวนอนของดวงอาทิตย์กับผนัง



- a_i คือ มุมอัลติจูดดวงอาทิตย์
- a_s คือ มุมอาซิมูทดวงอาทิตย์
- a_i คือ มุมตกกระทบ
- a_p คือ มุมตัด
- a_z คือ มุมอาซิมูทของผนัง
- a_e คือ มุมเบี่ยง

รูป 2.5.1 b มุมกระทำของดวงอาทิตย์กับผนังช่องเปิดแนวตั้ง

จากตรีโกณมิติ เมื่อสามเหลี่ยมมุมฉาก ABC ได้มุม B เป็นมุมฉากจะได้ว่า

$$\tan A = \frac{\text{ด้านตรงข้ามมุม A}}{\text{ด้านชิดมุม A}} \text{ ดังนั้นถ้าให้ } a_p \text{ เป็นมุมตัดจะสามารถคำนวณ}$$

ระยะยื่นแนวนอนของอุปกรณ์บังแดดของช่องเปิดที่กำหนดได้จาก

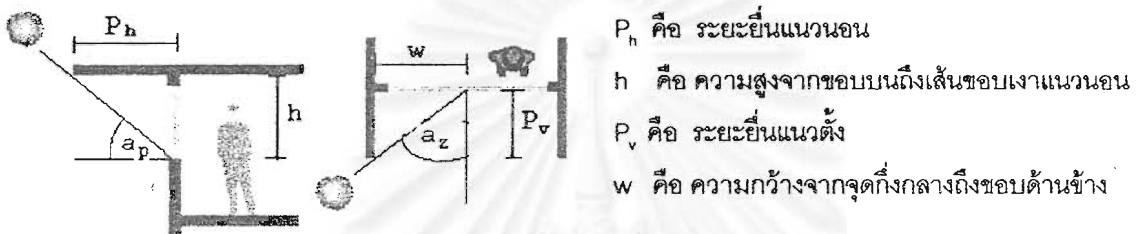
$\tan a_p = \text{ความสูงจากขอบบนถึงเส้นขอบเงาแนวนอน} / \text{ระยะยื่นแนวนอน}$

$\text{ระยะยื่นแนวนอน} = (1 / \tan a_p) * \text{ความสูงจากขอบบนถึงเส้นขอบเงาแนวนอน}$

ถ้าให้ a_e เป็นมุมเบี่ยงจะสามารถคำนวณระยะยื่นแนวตั้งของอุปกรณ์บังแดดของช่องเปิดที่กำหนดได้จาก

$\tan a_e = \text{ความกว้างจากจุดกึ่งกลางถึงขอบด้านข้าง} / \text{ระยะยื่นแนวตั้ง}$

$\text{ระยะยื่นแนวตั้ง} = (1 / \tan a_e) * \text{ความกว้างจากจุดกึ่งกลางถึงขอบด้านข้าง}$



รูป 2.5.1c มุมตัดและมุมเบี่ยงที่ใช้ออกแบบอุปกรณ์บังแดดแนวตั้งและอุปกรณ์บังแดดแนวนอน

Szokolay,sv.;1998 กล่าวว่าในทางปฏิบัติแล้วอุปกรณ์บังแดดแบบติดตายนั้นไม่สามารถที่จะป้องกันแสงแดดได้ทั้งหมด บางครั้งจึงต้องใช้อุปกรณ์บังแดดที่สามารถปรับเปลี่ยนได้ซึ่งมีราคาแพงกว่า ดังนั้นควรเลือกรูปแบบของอุปกรณ์บังแดดที่สามารถป้องกันแสงแดดในช่วงที่ความร้อนเพิ่มสูงมาก(overheat period) ในขณะที่ยังคงมองเห็นทัศนียภาพ

2.5.2 หน้าต่าง

2.5.2.1 ชนิดหน้าต่าง สามารถแบ่งออกเป็น 2 แบบ คือ

- (1) หน้าต่างต่อเนื่อง(strip window) คือ หน้าต่างยาวตลอดผนังด้านที่พิจารณา
- (2) หน้าต่างไม่ต่อเนื่อง(punched window) คือ หน้าต่างที่มีการเจาะช่องหน้าต่างเว้นช่อง ไม่ยาวตลอดผนังด้านที่พิจารณา

การเปิดช่องเปิดเพื่อการมองเห็นและแสงธรรมชาติที่ดีต้องควบคุมแสงจ้า ตัวอย่างเช่น หน้าต่างส่วนบนใช้การส่องผ่านแสงธรรมชาติสูงเป็นกระจกใสเพื่อให้ได้รับแสงธรรมชาติมากและหน้าต่างส่วนล่างใช้การส่องผ่านแสงธรรมชาติต่ำเพื่อควบคุมแสงจ้า

2.5.2.2 ขนาดหน้าต่าง

การใช้ช่องเปิดที่มีประสิทธิภาพ (Effective Aperture: EA) คือ การส่องผ่านแสงที่มองเห็นได้ (visible transmittance: VT) คูณสัดส่วนพื้นที่หน้าต่างต่อพื้นที่ผนัง (window to wall ratio: WWR)

พื้นที่หน้าต่างขนาดใหญ่ต้องการการควบคุมมากกว่าและสิ่งสำคัญคือการเลือกชนิดกระจกและประสิทธิภาพในการออกแบบบังเงาเพื่อควบคุมแสงจ้าและปริมาณความร้อนที่เพิ่มขึ้น ดังนั้น ผู้ใช้ควรหลีกเลี่ยงช่องเปิดที่มีขนาดใหญ่ซึ่งอาจเป็นแหล่งกำเนิดสภาวะไม่สบายทางอุณหภูมิจึงไม่ควรออกแบบใช้พื้นที่กระจกโดยไม่จำเป็น

พื้นที่กระจกขนาดใหญ่ต้องการการส่องผ่านแสงต่ำกว่า และหน้าต่างสูงทำให้แสงธรรมชาติเข้ามาได้ลึกกว่า ในทางปฏิบัติแสงธรรมชาติถูกจำกัด 1.5 ส่วนของความสูงหน้าต่าง เมื่อใช้อุปกรณ์สะท้อนแสงแสงธรรมชาติอาจเข้ามาได้ลึก 2.5 ส่วนของความสูงหน้าต่าง

2.5.2.3 ตำแหน่งหน้าต่าง

หน้าต่างที่ใกล้พื้นผิวของห้อง เช่น คาน, ผนัง มีการกระจายแสงที่ดี โดยพื้นผิวดังกล่าวจะช่วยสะท้อนและกระจายแสงธรรมชาติ

2.5.2.4 การกำหนดทิศทางของหน้าต่าง

การกำหนดทิศทางของกระจก เพื่อนำแสงธรรมชาติมีผลดีแตกต่างกัน ดังนี้

(1) ทิศเหนือ ให้แสงธรรมชาติคุณภาพสูงที่สม่ำเสมอและมีความร้อนเข้ามาน้อยที่สุด การออกแบบบังเงาอาจต้องมีตอนเช้าและหลังเที่ยงวัน

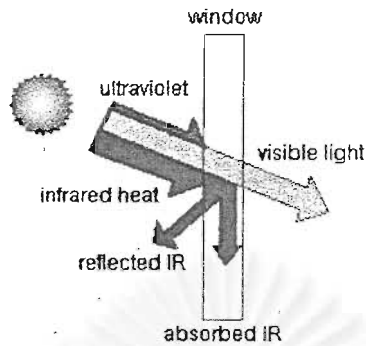
(2) ทิศใต้ มีการให้แสงสว่างที่ดีอย่างเข้มข้นของการทะลุผ่านแสงธรรมชาติที่เปลี่ยนแปลงในหนึ่งวัน และออกแบบอุปกรณ์บังแดดง่าย

(3) ทิศตะวันออกและทิศตะวันตก ออกแบบอุปกรณ์บังแดดยาก และวิกฤตสำหรับสภาวะน่าสบายโดยเฉพาะอย่างยิ่งในทิศตะวันตก หน้าต่างกระจกทั่วไปจะหันหน้าสู่ทิศเหนือและทิศใต้ เพื่อลดปัญหาให้น้อยที่สุด

2.5.3 การเลือกติดตั้งกระจก

วัตถุประสงค์ของสถาปนิกในการเลือกติดตั้งกระจกที่ให้แสงธรรมชาติที่มีประสิทธิภาพสูงสุด ผู้ใช้อาคารมีความสบายและใช้พลังงานน้อยที่สุด

2.5.3.1 คุณสมบัติของกระจก



รูป 2.5.3 คุณสมบัติของกระจก

คุณสมบัติของกระจก ที่เกี่ยวข้องกับแสงสว่าง ได้แก่

(1) ค่าการส่องผ่านแสงธรรมชาติ(visible transmittance or daylight transmittance) กระจกที่มีค่าการส่องผ่านแสงธรรมชาติสูง เช่น กระจกใสให้แสงธรรมชาติพอแต่ทำให้เกิดปัญหาแสงจ้า ถ้ากระจกที่มีค่าการส่องผ่านแสงธรรมชาติต่ำ จะไม่เกิดปัญหาแสงจ้า แต่ทำให้มืด การมองเห็นและแสงธรรมชาติไม่พอ

(2) ค่าการกระจกสะท้อนแสงธรรมชาติ(visible reflectance or daylight reflectance) กระจกสะท้อนแสงธรรมชาติทั้งภายในและภายนอก มีลักษณะเรียบและใช้โลหะเคลือบเพิ่มการสะท้อนทำให้การส่องผ่านแสงลดลง

(3) ความร้อนจากการแผ่รังสีของดวงอาทิตย์ที่ส่องผ่านกระจก (Solar Heat Gain Coefficient: SHGC หรือ Shading Coefficient: SC)เป็นตัวชี้ถึงปริมาณความร้อนเพิ่มทั้งหมด ค่า SC เป็นอัตราส่วนของแสงอาทิตย์ที่ส่องผ่านความร้อนโดยเทียบกับกระจกใส 3 มม. ภายใต้สภาวะเดียวกัน มีค่าระหว่าง 0.9-0.1 ค่าต่ำคือ ความร้อนที่เพิ่มต่ำลง โดยที่สัมประสิทธิ์การบังเงา เป็นอัตราส่วนของสัมประสิทธิ์ความร้อนเพิ่มจากดวงอาทิตย์ของระบบกระจกสำหรับมุมเฉพาะของมุมตกและมุมกระทำสู่กระจกใสชั้นเดียว ที่มุมและการกระจายแถบคลื่นแสง/สีเดียวกัน ดังนั้นเมื่อกระจกมีหลายชั้น ค่าสัมประสิทธิ์การบังเงาจะเปลี่ยนแปลงมากกว่าคงที่

$$SC = \frac{SHGC(\theta) \text{ ของกระจกนั้น}}{SHGC(\theta) \text{ ของกระจกมาตรฐาน}}$$

SHGC(θ)ของกระจกมาตรฐาน

สมการ 2.5.3 a

เมื่อ SC คือ สัมประสิทธิ์การบังเงา

SHGC คือ สัมประสิทธิ์ความร้อนเพิ่มจากการแผ่รังสีทั้งหมด

ตาราง 2.5.3 กระจกอ้างอิงมาตรฐานที่มุตกกระทบทั่วไปตามมาตรฐาน ASTM

| กระจกใสชั้นเดียว มาตรฐาน | ค่าส่องผ่าน (τ) | ค่าสะท้อน (ρ) | ค่าดูดกลืน(α) | ส.ป.ส.การบังเงา (SC) | ส.ป.ส.ความร้อนเพิ่ม (SHGC) |
|-----------------------------|---------------------------|-------------------------|---------------------------|-------------------------|-------------------------------|
| | 0.86 | 0.08 | 0.06 | 1.0 | 0.87 |

2.5.3.2 ค่าปริมาณความร้อนผ่านกระจก

การพิจารณาความร้อนที่ผ่านกระจกเข้ามาในอาคาร จากอัตราการไหลของพลังงานผ่านช่องเปิด โดยผ่านทาง (ASHRAE; 1997)

- (1) การนำและการพาความร้อนซึ่งเป็นสาเหตุจากความแตกต่างอุณหภูมิระหว่างอุณหภูมิอากาศภายนอกและอุณหภูมิอากาศภายในอาคาร
- (2) การเปลี่ยนแปลงการแผ่รังสีดวงอาทิตย์คลื่นยาว(สูงกว่า 2,500 นาโนเมตร)ทั้งหมด ระหว่างช่องเปิด สภาพแวดล้อม และระหว่างชั้นกระจก
- (3) การแผ่รังสีดวงอาทิตย์คลื่นสั้น(ต่ำกว่า 2,500 นาโนเมตร) ที่กระทำบนช่องเปิด ทั้งจากการแผ่รังสีโดยตรงจากดวงอาทิตย์ และสะท้อนจากพื้นหรือวัตถุที่อยู่ใกล้

การดูดกลืนรังสีจากดวงอาทิตย์และท้องฟ้าประกอบด้วย รังสีอัลตราไวโอเล็ต, รังสีที่มองเห็นได้และรังสีอินฟราเรด ซึ่งจะทำให้อุณหภูมิจนถึงจุดสมดุลในการดูดกลืนพลังงานรังสีดวงอาทิตย์ จากการนำ การพา และการแผ่รังสี โดยบางส่วนของความร้อนนี้กลับคืนสู่ภายนอกอาคารและบางส่วนเหลืออยู่ภายใน

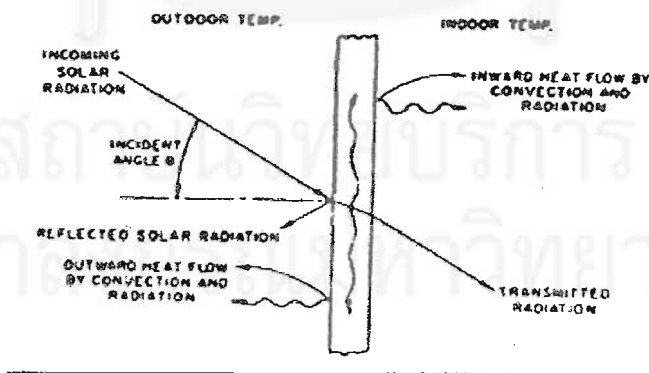


Fig. 29 Instantaneous Heat Balance for Sunlit Glazing Material

รูป 2.5.3 b สมดุลย์ความร้อนของกระจก

การเปลี่ยนแปลงการแผ่รังสีภายในอุทกประมาณโดยการสมมุติว่า พื้นผิวและท้องฟ้ามีอุณหภูมิเหมือนอุณหภูมิอากาศภายนอก จากการสมมุติดังกล่าวจึงมีสมการพื้นฐานเพื่อคำนวณการไหลของพลังงานผ่านช่องเปิดได้ดังนี้

อัตราความร้อนผ่านกระจกทั้งหมด (total heat admission through glass) = การแผ่รังสีดวงอาทิตย์ผ่านกระจกและการดูดกลืนรังสีดวงอาทิตย์ถ่ายเทเข้าสู่ภายใน (solar heat gain) + การถ่ายเทความร้อนจากอุณหภูมิแตกต่างระหว่างภายนอกกับภายใน (conduction heat gain)

$$q_A = [E_t \cdot \tau] + [E_t \cdot \alpha] + [U \cdot (t_{out} - t_{in})] \quad \text{สมการ 2.5.3 c}$$

- เมื่อ q_A คือ อัตราการไหลของพลังงานต่อหน่วยพื้นที่พิจารณา (W/m^2)
 E_t คือ การฉายรังสีต่อหน่วยพื้นที่ทั้งหมด (W/m^2)
 τ คือ การส่องผ่านความร้อนของกระจก
 α คือ การดูดกลืนความร้อนของกระจก
 U คือ สัมประสิทธิ์รวมของการไหลพลังงานความร้อน (U-factor, $W/m^2 \cdot K$)
 t_{in} คือ อุณหภูมิอากาศภายใน ($^{\circ}C$)
 t_{out} คือ อุณหภูมิอากาศภายนอก ($^{\circ}C$)

สถาบันวิทยบริการ
 จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2.6 ความสว่างในสำนักงาน

การสำรวจข้อมูลระดับความสว่างในสำนักงานโดย รศ.ดร. ชำนาญ ห่อเกียรติ, ปิณฑิ คณศ ล้ำเลิศประเสริฐและนิสิตภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ของมหาวิทยาลัย เกษตรศาสตร์ ในช่วงเดือนกรกฎาคม พ.ศ.2542 ด้วยการวัดค่าความสว่าง ณ บริเวณที่ทำงาน เช่น บน โต๊ะทำงานพร้อมทั้งให้ผู้ทำงานอยู่กรอกแบบสอบถาม จากการรวบรวมข้อมูลดิบจำนวน 2,570 ข้อมูล จากสำนักงานทั้งหมด 28 แห่งซึ่งประกอบด้วยสถานที่ราชการและสำนักงานเอกชนทั่วไป

ตาราง 2.6a ข้อมูลการสำรวจระดับความส่องสว่างของสำนักงานเอกชนและสำนักงานราชการ

| สำนักงานเอกชน | | | | | สำนักงานราชการ | | | | |
|-----------------------------|--------|--------|--------|-------|----------------------------|--------|--------|--------|-------|
| บริษัท | สูงสุด | ต่ำสุด | เฉลี่ย | จำนวน | บริษัท | สูงสุด | ต่ำสุด | เฉลี่ย | จำนวน |
| ABACUS | 400 | 310 | 350.22 | 9 | กองรายได้ กสท. | 495 | 376 | 448.07 | 30 |
| เฮเลน เอเชีย | 435 | 176 | 321.27 | 11 | กองแบบแผน กสท. | 1,142 | 253 | 450.21 | 165 |
| TAC | 1,665 | 22 | 526.60 | 25 | กรมพัฒนาที่ดิน | 715 | 195 | 405.71 | 41 |
| UCOM | 800 | 50 | 234.30 | 30 | สำนักฝึกอบรม กพท. | 1,105 | 122 | 395.90 | 48 |
| UBC | 1,800 | 70 | 490.51 | 72 | กรมประมง | 370 | 44 | 184.28 | 100 |
| Posnet | 680 | 219 | 448.51 | 49 | กพท. | 940 | 110 | 512.38 | 50 |
| เซนทรัลพัฒนา | 678 | 93 | 356.64 | 42 | RDIPIT ม.ก. | 533 | 86 | 323.68 | 57 |
| มหาจักรดีเวลลอปเม้นต์ | 700 | 90 | 284 | 46 | อาคาร 50 ปี ม.ก. | 644 | 73 | 257.58 | 71 |
| โรงแรมเซนจูร์พาร์ก | 796 | 33 | 174.42 | 62 | หน่วยงานใน ม.ก. | 1,000 | 72 | 273.45 | 108 |
| รัฐนครธุรกิจ | 666 | 72 | 321.26 | 97 | BOI | 642 | 101 | 210.23 | 102 |
| แผ่นเหล็กวิลาสไทย | 1,600 | 82 | 273.82 | 182 | สวทช. | 1,041 | 65 | 252.71 | 133 |
| ประกันชีวิต ศรีอยุธยา | 1,000 | 175 | 524.17 | 187 | การบินไทย | 730 | 112 | 333.21 | 252 |
| ไทยประกันชีวิต(สนญ.) | 560 | 135 | 358.57 | 150 | กองแผนงานไปรษณีย์ กสท. | 490 | 360 | 417.76 | 55 |
| ไทยประกันชีวิต(รัตนฉิมบุรี) | 1,115 | 127 | 368.37 | 195 | | | | | |
| นำสินประกันภัย | 1,257 | 64 | 349.77 | 250 | | | | | |
| ค่าเฉลี่ยของสำนักงานเอกชน | 1,800 | 22 | 366.11 | 1,407 | ค่าเฉลี่ยของสำนักงานราชการ | 1,142 | 44 | 326.47 | 1,212 |

ที่มา : สมาคมไฟฟ้าแสงสว่างแห่งประเทศไทย, ความส่องสว่างเพื่อการทำงาน. (ฉบับร่าง) พ.ศ.2542, หน้า 25

ตาราง 2.6b ข้อมูลความสว่างทางสถิติของสำนักงาน 28 แห่ง ในเดือนกรกฎาคม พ.ศ. 2542

| ค่าความสว่าง (ลักซ์) | | | | |
|----------------------|---------|---------|-----------|-------------------------|
| ช่วงความสว่าง | ค่ากลาง | ฐานนิยม | ค่าเฉลี่ย | ค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน |
| 85 - 1214 | 330 | 360 | 347.01 | 155.82 |

ที่มา : สมาคมไฟฟ้าแสงสว่างแห่งประเทศไทย, ความส่องสว่างเพื่อการทำงาน. (ฉบับร่าง) พ.ศ.2542, หน้า 9

ตาราง 2.6 c การเปรียบเทียบค่าความสว่างในอาคารตามมาตรฐาน CIE, IES และ BS

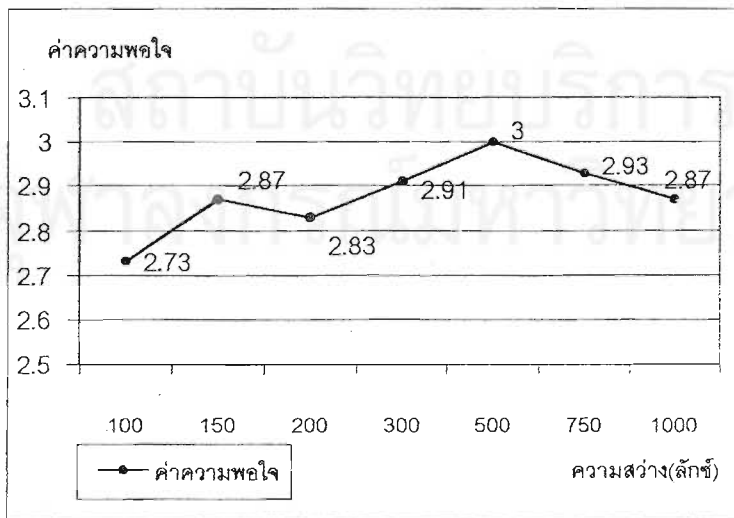
| พื้นที่ต่างๆ | มาตรฐาน CIE : International Commission on Illumination | มาตรฐาน IES : Illumination Engineering Society | มาตรฐาน BS : British Standard |
|-----------------|---|---|----------------------------------|
| ห้องทำงานทั่วไป | 300 - 500 - 750 | 200 - 300 - 500 | 500 (ระนาบทำงาน) |
| ห้องคอมพิวเตอร์ | 300 - 500 - 750 | 200 - 300 - 500 | 500 (ระนาบทำงาน) |
| ห้องเขียนแบบ | 500 - 750 - 1,000 | 500 - 750 - 1,000 | 750 (ระนาบทำงาน) |
| ทางเดิน | 50 - 100 - 150 | 100 - 150 - 200 | 100 (ระนาบพื้น) |

ที่มา : ชำนาญ ห่อเกียรติ,ดร. เทคนิคการส่องสว่าง. พ.ศ. 2540,4-4

สมาคมไฟฟ้าแสงสว่างแห่งประเทศไทย, ความส่องสว่างเพื่อการทำงาน. (ฉบับร่าง) พ.ศ.2542, หน้า 15

จากการสำรวจสามารถสรุปได้ว่า มีจำนวนข้อมูลที่ระดับความส่องสว่าง 300(250-399) ลักซ์มากที่สุดซึ่งมีค่าน้อยกว่าค่ามาตรฐานของ CIE เนื่องมาจากการรณรงค์ประหยัดไฟฟ้าด้วยการปิดหลอดในบางจุดของสำนักงานเพื่อประหยัดพลังงาน พบว่าคนส่วนใหญ่มีความพอใจที่ระดับความส่องสว่าง 500 ลักซ์ ซึ่งระดับความส่องสว่างที่เหมาะสมของแต่ละสำนักงานขึ้นกับประเภทของงาน ลักษณะอาคาร โดยผลการสำรวจข้อคิดเห็นเกี่ยวกับความพอใจต่อระดับแสงสว่าง พบว่ามีลักษณะความพอใจและไม่พอใจดังนี้

- 440 ลักซ์ สามารถใช้งานได้ไม่เกิดอาการปวดตา
- 417 ลักซ์ สภาพภูมิอากาศมีดีครึ้ม ฝนตก มีผลต่อแสงสว่างบนโต๊ะทำงานไม่พอ
- 290 ลักซ์ ในขณะที่ปฏิบัติงานหากใช้เครื่องคำนวณเลขจะมองเห็นไม่ชัด
- 240 ลักซ์ ต้องเพ่งสายตามากขึ้น



แผนภาพ 2.6 แสดงค่าพอใจที่ระดับความส่องสว่างต่างๆ

เมื่อนำข้อมูลมาแยกพิจารณา ความพอใจต่อ อายุ,เพศ,ระดับสายตาแล้วพบว่าคนส่วนใหญ่มีความพอใจที่ระดับความสว่าง 500 ลักซ์ ดังนี้

ตาราง 2.6d ความพอใจที่ระดับความส่องสว่าง 500 ลักซ์แบ่งตามช่วงอายุ,เพศและระดับสายตา

| ตัวแปร | ค่าความพอใจ | | | |
|------------------------------|-------------|----------|------------|----------------|
| | พอใจมาก(4) | พอใจ (3) | ไม่พอใจ(2) | ไม่พอใจมาก (1) |
| อายุ(ปี) | | | | |
| อายุน้อยกว่า 25 (431 ข้อมูล) | 7.7 % | 79.4 % | 10.4 % | 2.5 % |
| อายุ 25 - 34 (1,071 ข้อมูล) | 6.7 % | 80 % | 10.6 % | 2.7 % |
| อายุ 35 - 44 (706 ข้อมูล) | 7.5 % | 78.2 % | 13.3 % | 1 % |
| อายุมากกว่า 44 (307 ข้อมูล) | 8.5 % | 76.9 % | 14 % | 0.6 % |
| เพศ | | | | |
| หญิง (1,436 ข้อมูล) | 7 % | 78.9 % | 12.7 % | 1.4 % |
| ชาย (996 ข้อมูล) | 8.5 % | 78.7 % | 9.7 % | 3.1 % |
| ระดับสายตา | | | | |
| สายตาด้าน (675 ข้อมูล) | 7 % | 76.7 % | 14.2 % | 2.1 % |
| สายตาปกติ (1,257 ข้อมูล) | 7.5 % | 81.3 % | 9.5 % | 1.7 % |
| สายตายาว (359 ข้อมูล) | 9.5 % | 72.7 % | 14.8 % | 3 % |

ที่มา: สหกรณ์ไฟฟ้าแสงสว่างแห่งประเทศไทย. ความส่องสว่างเพื่อการทำงาน. (ฉบับร่าง) พ.ศ.2542, หน้า 18 -21

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

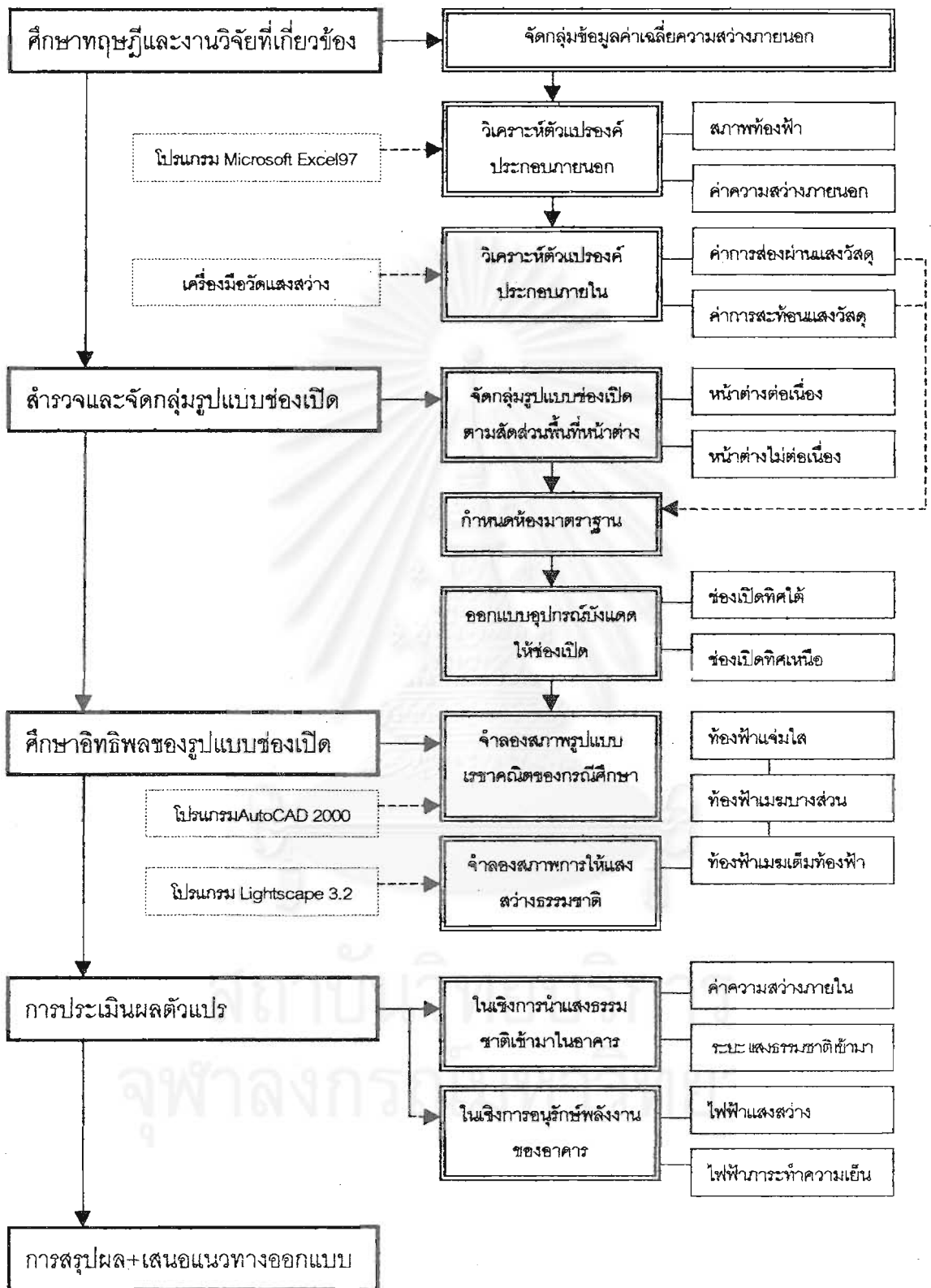
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย

แนวความคิดของวิธีการศึกษาวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ในการศึกษารูปแบบช่องเปิดด้านข้างอาคารสำนักงานเพื่อการนำแสงธรรมชาติมาใช้ประโยชน์โดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์เป็นเครื่องมือในการจำลองสภาพการให้แสงสว่าง

เริ่มจากการนำข้อมูลค่าความสว่างภายนอกและค่าพลังงานรังสีดวงอาทิตย์มาจัดกลุ่มตามสภาพท้องฟ้าเพื่อวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของตัวแปรและหาค่าเฉลี่ยความสว่างภายนอก ในปี พ.ศ.2542 ของช่วงเวลา 08:00-17:00น. ทำการสุ่มสำรวจรูปแบบช่องเปิดของอาคารสำนักงานในกรุงเทพมหานครและจัดกลุ่มรูปแบบช่องเปิดตามสัดส่วนพื้นที่ช่องเปิดต่อพื้นที่ผนังด้านที่พิจารณา จากนั้นจึงกำหนดห้องมาตรฐานที่มีรูปแบบช่องเปิดดังกล่าวพร้อมทั้งออกแบบอุปกรณ์บังแดดพื้นฐานให้กับช่องเปิดในทิศเหนือและทิศใต้ตามช่วงเวลาที่กำหนด

ศึกษาอิทธิพลของรูปแบบช่องเปิดจากการจำลองสภาพการให้แสงสว่างธรรมชาติโดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์และคำนวณค่าความสว่างภายในห้องมาตรฐานเมื่อกำหนดตัวแปรค่าความสว่างภายนอกจากค่าเฉลี่ยความสว่างภายนอกทุก 1 ชั่วโมงของช่วงเวลา 08:00-17:00น. ในปี พ.ศ.2542 ตามสภาพท้องฟ้า เพื่อประเมินผลของรูปแบบช่องเปิดในกรณีที่มีการให้แสงสว่างธรรมชาติเท่านั้น จากนั้นจึงนำผลมาวิเคราะห์เปรียบเทียบในเชิงการนำแสงธรรมชาติและในเชิงอนุรักษ์พลังงานสามารถสรุปขั้นตอนดำเนินการศึกษาวิจัยออกเป็น 5 ขั้นตอนดังต่อไปนี้

- 3.1 ศึกษาทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง
- 3.2 สำรวจและจัดกลุ่มรูปแบบช่องเปิด
- 3.3 ศึกษาอิทธิพลของรูปแบบช่องเปิด
- 3.4 การประเมินผลตัวแปร
- 3.5 การสรุปผลและเสนอแนวทางออกแบบ



แผนภูมิ 3.1 ขั้นตอนดำเนินการศึกษาวิจัยรูปแบบช่องเปิดเพื่อการนำแสงธรรมชาติมาใช้ในอาคารสำนักงาน

3.1 ศึกษาทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การศึกษาวิจัยครั้งนี้ได้ทำการศึกษาตัวแปรที่มีอิทธิพลต่อค่าความสว่างภายในอาคาร ซึ่งสามารถแบ่งออกเป็นตัวแปรองค์ประกอบภายนอกได้แก่ ค่าความสว่างภายนอก, สภาพท้องฟ้า, ตำแหน่งดวงอาทิตย์ เป็นต้น และตัวแปรองค์ประกอบภายใน ได้แก่ ค่าการส่องผ่านแสงธรรมชาติของกระจก และค่าการสะท้อนแสงภายในซึ่งกำหนดให้มีค่าคงที่ โดยมีรายละเอียดของขั้นตอนการศึกษาดังนี้

3.1.1 การจัดกลุ่มข้อมูลค่าเฉลี่ยความสว่างภายนอก

ขั้นตอนนี้เป็นการศึกษาตัวแปรองค์ประกอบภายนอก คือ สภาพท้องฟ้า ,ค่าความสว่างภายนอก โดยศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างค่าความสว่างภายนอกแนวนอนจากท้องฟ้ากับค่าความสว่างภายนอกแนวนอนทั้งหมดเมื่อทำการจัดกลุ่มข้อมูลตามสภาพท้องฟ้า สามารถแบ่งแยกสภาพท้องฟ้าด้วยวิธีอัตราส่วนท้องฟ้าจากพลังงานรังสีกระจายต่อพลังงานรังสีรวม ออกเป็น 3 ประเภทคือ สภาพท้องฟ้าแจ่มใส ,สภาพท้องฟ้าเมฆบางส่วน และสภาพท้องฟ้าเมฆเต็มท้องฟ้า

จากการวิเคราะห์ข้อมูลค่าความสว่างภายนอกตลอดปี พ.ศ.2542 โดยศึกษาข้อมูลที่มีความถี่ในการเก็บบันทึกผลทุก 5 นาทีเฉพาะในช่วงเวลา 08:00 - 17:00 น. จำนวนทั้งสิ้น 35,276 หน่วย หรือคิดเป็น 80% ของข้อมูลในปี 2542 ทั้งหมด พบว่าสภาพท้องฟ้าในประเทศไทยส่วนใหญ่เป็นท้องฟ้ามีเมฆบางส่วนจำนวน 44% เป็นท้องฟ้าเมฆเต็มท้องฟ้าจำนวน 33% และเป็นท้องฟ้าแจ่มใสจำนวน 23%

ตาราง 3.1.1 จำนวนความถี่ของสภาพท้องฟ้าในประเทศไทยปี พ.ศ.2542

| สภาพท้องฟ้า (sky condition) | อัตราส่วนท้องฟ้า (sky ratio) | จำนวนความถี่ | |
|--------------------------------|---------------------------------|--------------|----|
| | | หน่วย | % |
| ท้องฟ้าแจ่มใส | ≤ 0.3 | 8,217 | 23 |
| ท้องฟ้ามีเมฆบางส่วน | $0.3 < to < 0.8$ | 15,465 | 44 |
| ท้องฟ้าเมฆเต็มท้องฟ้า | ≥ 0.8 | 11,594 | 33 |

3.1.2 การวิเคราะห์ตัวแปร

ในการวิจัยนี้จะศึกษาอิทธิพลของตัวแปรองค์ประกอบภายนอก ได้แก่ ค่าความสว่างภายนอก และสภาพท้องฟ้าที่มีผลต่อค่าความสว่างภายในดังต่อไปนี้

เป็นขั้นตอนการวิเคราะห์ข้อมูลค่าความสว่างภายนอกเมื่อจัดกลุ่มข้อมูลตามสภาพท้องฟ้าทั้ง 3 ประเภท โดยเริ่มจากการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของตัวแปรที่มีผลต่อค่าความสว่างภายนอกแนวนอน เมื่อจัดกลุ่มข้อมูลตามสภาพท้องฟ้าดังตาราง 3.1.1 และสรุปเป็นสมการถดถอยเชิงเส้นตรง

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \beta_3 X_3 \text{ ที่ระดับความเชื่อมั่น } 95\% \text{ ได้ดังนี้}$$

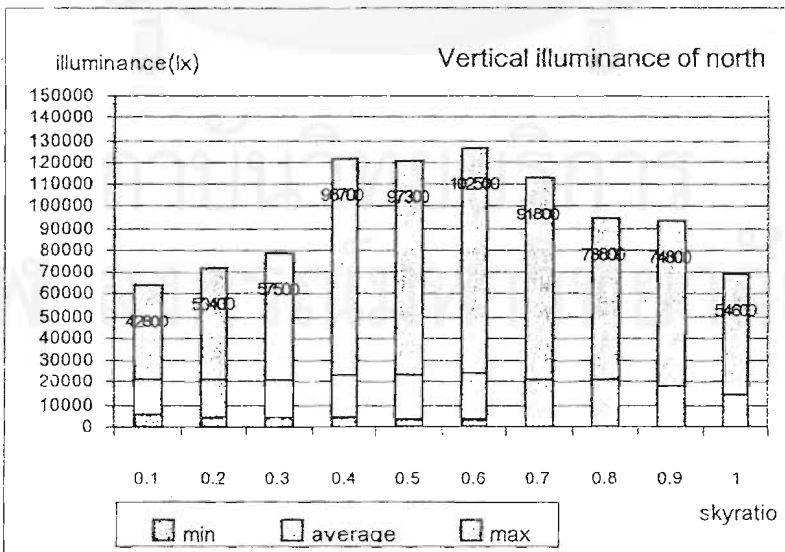
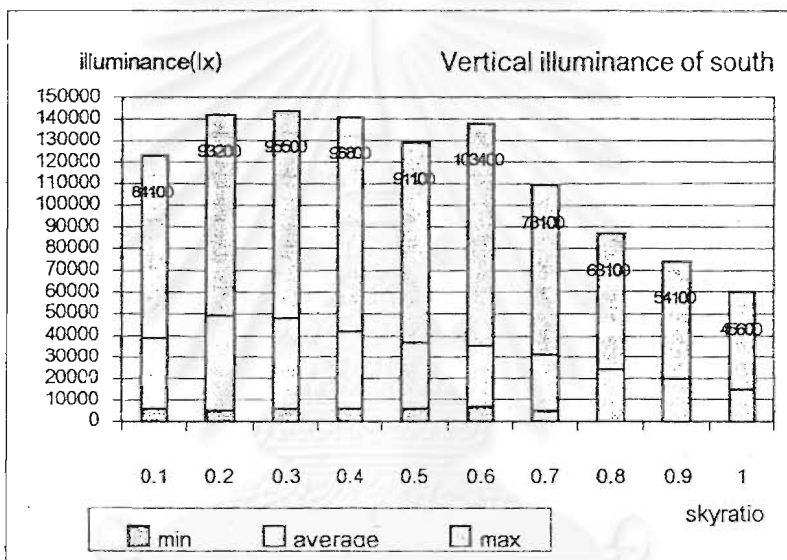
ตาราง 3.1.2a สมการถดถอยเชิงเส้นตรงในการแสดงความสัมพันธ์ของตัวแปรค่าความสว่างภายนอก ในสภาพท้องฟ้าต่างๆ

| สภาพท้องฟ้า | สมการแสดงความสัมพันธ์ | R ² | St-error |
|---|---|----------------|----------|
| ท้องฟ้าแจ่มใส sky ratio ≤ 0.3 | $E_{xh\ g} = 29.532 - 40.79(\text{sky ratio}) + 1.167(\text{altitude}) + 0.224(E_{xh\ sky})$ | 0.847 | 8.286 |
| ท้องฟ้ามีเมฆบางส่วน sky ratio 0.3 < to < 0.8 | $E_{xh\ g} = 48.883 - 81.69(\text{sky ratio}) + 0.635(\text{altitude}) + 0.726(E_{xh\ sky})$ | 0.808 | 11.02 |
| ท้องฟ้าเมฆเต็มท้องฟ้า sky ratio ≥ 0.8 | $E_{xh\ g} = 1.339 - 2.99(\text{sky ratio}) + 0.03(\text{altitude}) + 0.979(E_{xh\ sky})$ | 0.958 | 3.912 |
| | $E_{xh\ g} = 1.979 - 2.79(\text{sky ratio}) + (E_{xh\ sky})$ | 0.957 | 3.942 |
| ทุกสภาพท้องฟ้า | $E_{xh\ g} = 50.931 - 67.06(\text{sky ratio}) + 0.65(\text{altitude}) + 0.513(E_{xh\ sky})$ | 0.828 | 12.677 |
| เมื่อ | $E_{xh\ g}$ คือ ค่าความสว่างภายนอกแนวนอนทั้งหมด(กิโลลักซ์) sky ratio คือ อัตราส่วนท้องฟ้า (จากพลังงานรังสีกระจาย/พลังงานรังสีรวม) altitude คือ มุมอัลติจูดของดวงอาทิตย์ (degree) $E_{xh\ sky}$ คือ ค่าความสว่างภายนอกแนวนอนจากท้องฟ้าหรือแสงกระจาย (กิโลลักซ์) | | |

จากการวิเคราะห์ตัวแปรพบว่าในทุกสภาพท้องฟ้าที่ค่าความสว่างภายนอกแนวนอนทั้งหมดจะเปลี่ยนแปลงในทิศทางตรงข้ามกับตัวแปรอัตราส่วนท้องฟ้า กล่าวคืออัตราส่วนท้องฟ้ามีค่ามากขึ้นจะทำให้ค่าความสว่างภายนอกแนวนอนทั้งหมดน้อยลง สำหรับตัวแปรคือมุมอัลติจูดของดวงอาทิตย์หรือตำแหน่งดวงอาทิตย์นั้นมีผลต่อค่าความสว่างภายนอกแนวนอนมากที่สุด ในสภาพท้องฟ้าแจ่มใส รองลงมาคือในสภาพท้องฟ้ามีเมฆบางส่วน ส่วนในสภาพท้องฟ้าเมฆเต็มท้องฟ้าที่มุมอัลติจูดจะมีผลต่อค่าความสว่างภายนอกแนวนอนน้อยมากและค่าความสว่างภายนอกแนวนอนทั้งหมดจะเพิ่มขึ้นตามค่าความสว่างแนวนอนจากท้องฟ้า

ตาราง 3.1.2b ค่าความสว่างภายนอกแนวตั้งในทิศเหนือและทิศใต้ปี พ.ศ. 2542

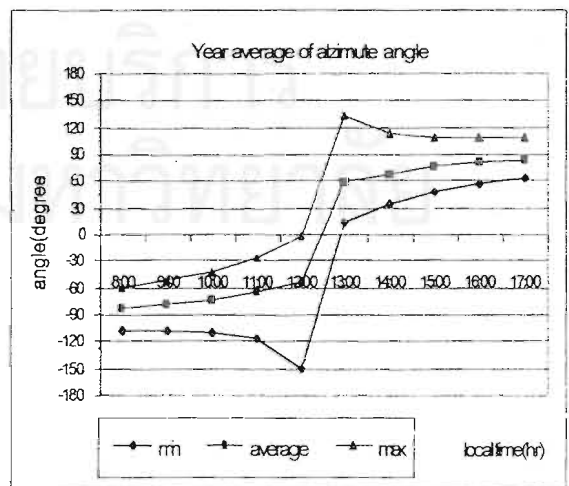
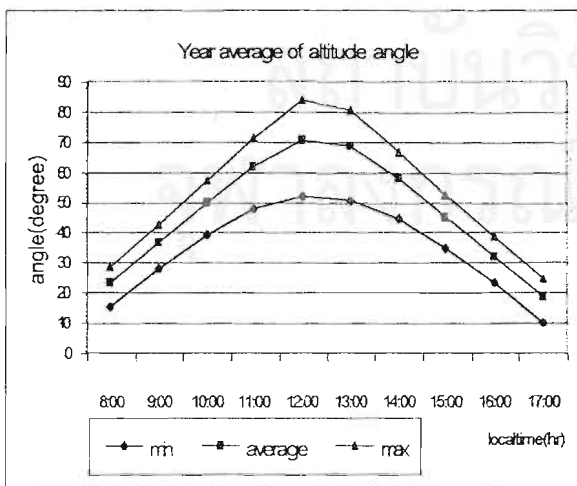
| ค่าความสว่างภายนอกแนวตั้ง(ลักซ์) | | | | | | | | | | | |
|----------------------------------|---------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|-------|-------|-------|-------|
| อัตราส่วนท้องฟ้า | | 0.1 | 0.2 | 0.3 | 0.4 | 0.5 | 0.6 | 0.7 | 0.8 | 0.9 | 1 |
| north | min | 5900 | 5100 | 5100 | 4400 | 3700 | 4100 | 200 | 100 | 100 | 300 |
| | average | 15520 | 16474 | 16443 | 18891 | 19669 | 20201 | 20813 | 20962 | 18768 | 14092 |
| | max | 42800 | 50400 | 57500 | 98700 | 97300 | 102500 | 91800 | 73800 | 74800 | 54600 |
| south | min | 5900 | 5500 | 6400 | 6500 | 6000 | 6700 | 5500 | 200 | 100 | 300 |
| | average | 33201 | 43703 | 41810 | 35798 | 31469 | 28169 | 25467 | 23789 | 19741 | 14350 |
| | max | 84100 | 93200 | 95500 | 9800 | 91100 | 103400 | 78100 | 63100 | 54100 | 45600 |



แผนภูมิ 3.1.2b ค่าความสว่างภายนอกแนวตั้งในทิศเหนือและทิศใต้ปี พ.ศ. 2542

เมื่อนำข้อมูลค่ามุมอัตรัดจุดดวงอาทิตย์และค่ามุมอะซิมูทจากการทดลองของที่ตั้งละติจูด 14.08 องศาเหนือ, ลองติจูด 100.62 องศาตะวันออกมาหาค่าเฉลี่ยรายเดือน ทุก 1 ชั่วโมงของช่วงเวลา 08:00 - 17:00 น. สามารถประมาณค่ามุมแสดงตำแหน่งดวงอาทิตย์เพื่อใช้เป็นข้อมูลในการจำลองสภาพตำแหน่งดวงอาทิตย์ ดังแสดงในตาราง 3.1.2b และแผนภูมิ 3.1.2 ตาราง 3.1.2c ค่าเฉลี่ยมุมอัตรัดจุดและมุมอะซิมูทแสดงตำแหน่งดวงอาทิตย์ในปี พ.ศ. 2542

| Local time | angle | Monthly average of angle (degree) | | | | | | | | | | | | Year average |
|------------|----------|-----------------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------------|
| | | Jan | Feb | March | April | May | June | July | Aug | Sep | Oct | Nov | Dec | |
| 08:00 | altitude | 15.41 | 16.79 | 21.34 | 26.64 | 28.69 | 28.33 | 26.98 | 26.18 | 25.92 | 24.4 | 20.99 | 17.13 | 23.23 |
| | azimuth | -63.26 | -71.16 | -81.51 | -84.84 | -103.3 | -108.6 | -106.9 | -91.37 | -85.23 | -72.02 | -62.94 | -59.77 | -82.57 |
| 09:00 | altitude | 27.98 | 30.25 | 35.55 | 41.03 | 42.85 | 42.1 | 40.9 | 40.55 | 40.29 | 37.88 | 33.47 | 29.19 | 36.84 |
| | azimuth | -56.53 | -64.97 | -76.19 | -85.83 | -101.8 | -108 | -105.8 | -92.13 | -80.7 | -64.94 | -55.27 | -52.46 | -78.72 |
| 10:00 | altitude | 39.35 | 42.85 | 49.35 | 55.66 | 57.06 | 55.88 | 54.85 | 54.99 | 54.38 | 50.39 | 44.47 | 39.87 | 49.92 |
| | azimuth | -46.56 | -55.87 | -68.38 | -85.65 | -101.4 | -109.5 | -106.5 | -91.69 | -73.37 | -53.98 | -43.7 | -41.8 | -73.21 |
| 11:00 | altitude | 48.59 | 53.8 | 62.11 | 69.97 | 71.18 | 69.29 | 68.6 | 69.4 | 67.62 | 60.63 | 52.88 | 48.07 | 61.85 |
| | azimuth | -31.83 | -41.16 | -54.42 | -80.71 | -104.3 | -116.8 | -111.5 | -89.52 | -59.12 | -35.07 | -26.24 | -26.31 | -64.74 |
| 12:00 | altitude | 53.98 | 61.03 | 71.52 | 83.41 | 84.28 | 80.37 | 80.89 | 83.41 | 77.2 | 65.6 | 56.52 | 52.13 | 70.86 |
| | azimuth | -11.01 | -17.27 | -23.69 | -56.99 | -130.6 | -151 | -138.5 | -80.97 | -19.62 | -3.607 | -2.283 | -5.645 | -53.43 |
| 13:00 | altitude | 53.73 | 61.5 | 71.17 | 78.83 | 78.75 | 77.41 | 79.28 | 80.8 | 73.53 | 62.16 | 53.91 | 50.74 | 68.48 |
| | azimuth | 12.93 | 13.6 | 26.06 | 70.3 | 111.1 | 133.1 | 130.4 | 85.56 | 44.56 | 30.01 | 22.42 | 16.46 | 58.04 |
| 14:00 | altitude | 47.84 | 54.96 | 61.53 | 64.93 | 64.88 | 65 | 66.5 | 66.58 | 61.35 | 52.59 | 46.21 | 44.4 | 58.06 |
| | azimuth | 33.32 | 38.76 | 55.17 | 82.79 | 102.3 | 113.3 | 110.3 | 90.16 | 67.79 | 51.21 | 41.11 | 34.7 | 68.41 |
| 15:00 | altitude | 38.49 | 44.39 | 48.74 | 50.55 | 50.68 | 51.4 | 52.7 | 52.14 | 47.53 | 40.36 | 35.49 | 34.79 | 45.61 |
| | azimuth | 47.58 | 54.34 | 68.72 | 85.91 | 101.4 | 108.7 | 106.3 | 91.8 | 77.56 | 63.28 | 53.47 | 47.61 | 75.55 |
| 16:00 | altitude | 26.96 | 31.87 | 34.92 | 36.03 | 36.5 | 37.67 | 38.74 | 37.79 | 33.25 | 26.96 | 23.23 | 23.32 | 32.27 |
| | azimuth | 57.13 | 64.03 | 76.42 | 85.38 | 102.4 | 108 | 106 | 91.71 | 83.36 | 70.87 | 61.66 | 56.42 | 80.28 |
| 17:00 | altitude | 14.37 | 18.5 | 20.71 | 21.65 | 22.39 | 23.86 | 24.84 | 23.24 | 18.81 | 13.11 | 10.13 | 10.81 | 18.54 |
| | azimuth | 63.63 | 70.49 | 81.68 | 83.93 | 104.3 | 109 | 107.4 | 89.53 | 86.68 | 76.16 | 67.36 | 62.52 | 83.56 |



แผนภูมิ 3.1.2c ค่าเฉลี่ยรายปีของมุมแสดงตำแหน่งดวงอาทิตย์ในช่วงเวลา 8:00-17:00 น. พ.ศ. 2542

เมื่อนำข้อมูลค่าความสว่างภายนอกและค่าพลังงานรังสีดวงอาทิตย์โดยมีความถี่ทุก 1 ชั่วโมง รวม 2,949 ข้อมูลหรือคิดเป็น 80% ของข้อมูลในปี 2542 ทั้งหมด นำข้อมูลดังกล่าวมาจำแนกตามสภาพท้องฟ้าแจ่มใส ท้องฟ้าเมฆบางส่วน และท้องฟ้าเมฆเต็มท้องฟ้า จำนวน 693, 1,288, 968 ข้อมูลตามลำดับ จากนั้นจึงนำมาหาค่าเฉลี่ยรายปีของค่าความสว่างภายนอกจากท้องฟ้า, ค่าความสว่างภายนอกจากแสงอาทิตย์ตรง, ค่าความสว่างแนวตั้งของทิศเหนือ, ทิศตะวันออก, ทิศใต้และทิศตะวันตกในตาราง 3.1.2d-f เพื่อใช้เป็นข้อมูลในการจำลองสภาพการให้แสงสว่างภายนอกและใช้ประมาณค่าการถ่ายเทความร้อนผ่านช่องเปิดของการศึกษาวิจัยครั้งนี้

ตาราง 3.1.2d ค่าเฉลี่ยความสว่างภายนอกและพลังงานรังสีดวงอาทิตย์ในสภาพท้องฟ้าแจ่มใส พ.ศ.2542

| Local time | Skyratio average | Year average of illuminance(lx) | | | | | | | | Year average of Radiation(w/m ²) | | | |
|--------------|------------------|---------------------------------|---------------------|---------------------|----------|---------|---------|---------|----------|--|-------|-------|--|
| | | horizontal | | | vertical | | | | vertical | | | | |
| | | E _{xh global} | E _{xh sky} | E _{xh sun} | north | east | south | west | north | east | south | west | |
| 08:00 | 0.23 | 48,261 | 14,385 | 61,265 | 20,511 | 84,900 | 18,452 | 5,572 | 143 | 617 | 133 | 38 | |
| 09:00 | 0.21 | 68,222 | 18,696 | 56,107 | 15,209 | 84,093 | 32,708 | 6,262 | 107 | 603 | 242 | 44 | |
| 10:00 | 0.21 | 88,248 | 23,908 | 60,882 | 16,748 | 73,836 | 40,543 | 8,105 | 117 | 521 | 309 | 57 | |
| 11:00 | 0.21 | 98,541 | 30,275 | 66,380 | 15,849 | 54,660 | 45,854 | 10,295 | 110 | 399 | 352 | 73 | |
| 12:00 | 0.20 | 104,309 | 30,610 | 62,228 | 15,331 | 31,292 | 49,103 | 13,951 | 106 | 226 | 376 | 94 | |
| 13:00 | 0.21 | 101,012 | 30,530 | 64,633 | 15,325 | 12,927 | 50,222 | 39,315 | 105 | 104 | 388 | 249 | |
| 14:00 | 0.23 | 93,000 | 29,277 | 57,396 | 15,780 | 10,462 | 47,237 | 59,384 | 107 | 86 | 375 | 449 | |
| 15:00 | 0.24 | 78,187 | 26,660 | 57,426 | 18,010 | 8,427 | 36,918 | 74,381 | 118 | 66 | 302 | 593 | |
| 16:00 | 0.24 | 61,315 | 19,235 | 60,488 | 18,519 | 6,558 | 25,073 | 81,227 | 120 | 58 | 206 | 643 | |
| 17:00 | 0.26 | 40,650 | 13,783 | 63,367 | 20,100 | 5,300 | 12,283 | 76,367 | 132 | 30 | 89 | 637 | |
| total | | 781,746 | 237,360 | 610,173 | 171,382 | 372,455 | 358,393 | 374,858 | 1,165 | 2,711 | 2,773 | 2,877 | |
| Average - hr | | 78,175 | 23,736 | 61,017 | 17,138 | 37,245 | 35,839 | 37,486 | 116 | 271 | 277 | 288 | |

หมายเหตุ : E_{xh global} คือ ความสว่างภายนอกทั้งหมดทั้งหมดที่มาจากแสงกระจายจากท้องฟ้าและแสงอาทิตย์
 E_{xh sky} คือ ความสว่างภายนอกภายนอกที่มาจากแสงกระจายของท้องฟ้า
 E_{xh sun} คือ ความสว่างภายนอกภายนอกที่มาจากแสงแดดตรงซึ่งวัดในแนวตั้งจากกับดวงอาทิตย์

ตาราง 3.1.2e ค่าเฉลี่ยความสว่างภายนอกและพลังงานรังสีดวงอาทิตย์ในสภาพท้องฟ้าเมฆบางส่วน

| Local time | Skyratio average | Year average of illuminance(lx) | | | | | | | Year average of Radiation(w/m ²) | | | |
|--------------|------------------|---------------------------------|---------------------|---------------------|----------|---------|---------|---------|--|-------|-------|-------|
| | | horizontal | | | vertical | | | | vertical | | | |
| | | E _{sh global} | E _{sh sky} | E _{sh sun} | north | east | south | west | north | east | south | west |
| 08:00 | 0.53 | 36,399 | 23,167 | 23,423 | 13,821 | 54,049 | 19,360 | 6,786 | 99 | 431 | 152 | 48 |
| 09:00 | 0.53 | 58,464 | 36,177 | 28,611 | 17,853 | 61,083 | 26,782 | 9,931 | 129 | 455 | 205 | 73 |
| 10:00 | 0.50 | 78,397 | 47,083 | 34,340 | 20,273 | 60,886 | 34,591 | 13,120 | 146 | 444 | 262 | 97 |
| 11:00 | 0.52 | 85,680 | 54,756 | 29,992 | 21,963 | 47,030 | 37,661 | 16,198 | 153 | 348 | 283 | 116 |
| 12:00 | 0.52 | 88,257 | 56,408 | 31,092 | 22,425 | 31,802 | 39,708 | 21,091 | 150 | 227 | 309 | 151 |
| 13:00 | 0.50 | 88,104 | 54,164 | 32,883 | 22,563 | 19,382 | 39,388 | 36,972 | 151 | 138 | 308 | 258 |
| 14:00 | 0.50 | 81,882 | 49,887 | 33,273 | 21,517 | 15,675 | 35,808 | 48,786 | 151 | 115 | 282 | 372 |
| 15:00 | 0.51 | 67,032 | 42,155 | 31,499 | 18,843 | 12,408 | 33,639 | 55,688 | 127 | 93 | 274 | 445 |
| 16:00 | 0.51 | 48,659 | 30,746 | 31,201 | 17,120 | 9,182 | 25,732 | 57,170 | 114 | 65 | 219 | 484 |
| 17:00 | 0.65 | 16,389 | 14,283 | 11,444 | 6,278 | 4,556 | 16,311 | 24,978 | 35 | 28 | 181 | 293 |
| total | | 649,263 | 408,825 | 287,759 | 182,655 | 316,052 | 308,979 | 290,720 | 1,255 | 2,343 | 2,475 | 2,338 |
| Average - hr | | 64,926 | 40,882 | 28,776 | 18,266 | 31,605 | 30,898 | 29,072 | 126 | 234 | 248 | 234 |

ตาราง 3.1.2f ค่าเฉลี่ยความสว่างภายนอกและพลังงานรังสีดวงอาทิตย์ในสภาพท้องฟ้าเมฆเต็มท้องฟ้า

| Local time | Skyratio average | Year average of illuminance(lx) | | | | | | | Year average of Radiation(w/m ²) | | | |
|--------------|------------------|---------------------------------|---------------------|---------------------|----------|---------|---------|---------|--|-------|-------|-------|
| | | horizontal | | | vertical | | | | vertical | | | |
| | | E _{sh global} | E _{sh sky} | E _{sh sun} | north | east | south | west | north | east | south | west |
| 08:00 | 0.95 | 20,056 | 20,706 | 967 | 9,522 | 15,394 | 9,420 | 7,058 | 69 | 113 | 71 | 52 |
| 09:00 | 0.95 | 32,303 | 33,464 | 942 | 15,254 | 21,840 | 14,686 | 11,246 | 109 | 157 | 110 | 82 |
| 10:00 | 0.94 | 43,017 | 43,921 | 1,644 | 19,056 | 25,690 | 19,366 | 15,228 | 138 | 182 | 145 | 111 |
| 11:00 | 0.95 | 47,962 | 49,062 | 941 | 20,185 | 24,799 | 22,487 | 18,181 | 144 | 176 | 170 | 135 |
| 12:00 | 0.94 | 51,349 | 50,852 | 1,369 | 21,007 | 23,124 | 23,488 | 20,801 | 153 | 170 | 174 | 150 |
| 13:00 | 0.95 | 46,742 | 47,137 | 998 | 19,163 | 18,670 | 21,605 | 22,143 | 139 | 134 | 162 | 161 |
| 14:00 | 0.96 | 38,873 | 39,871 | 999 | 16,807 | 14,980 | 18,344 | 21,066 | 118 | 107 | 139 | 155 |
| 15:00 | 0.95 | 31,616 | 32,373 | 1,106 | 14,460 | 12,156 | 14,666 | 19,182 | 102 | 87 | 112 | 143 |
| 16:00 | 0.98 | 20,787 | 21,721 | 478 | 9,869 | 8,117 | 10,040 | 13,710 | 69 | 59 | 78 | 102 |
| 17:00 | 0.99 | 10,188 | 11,713 | 250 | 5,550 | 4,350 | 6,588 | 7,725 | 32 | 31 | 58 | 72 |
| total | | 342,893 | 350,817 | 9,694 | 150,872 | 169,120 | 160,690 | 156,341 | 1,072 | 1,214 | 1,219 | 1,162 |
| Average - hr | | 34,289 | 35,082 | 969 | 15,087 | 16,912 | 16,069 | 15,634 | 107 | 121 | 122 | 116 |

หมายเหตุ : E_{sh global} คือ ความสว่างภายนอกทั้งหมดที่มาจากแสงกระจายจากท้องฟ้าและแสงอาทิตย์
E_{sh sky} คือ ความสว่างภายนอกทั้งหมดที่มาจากแสงกระจายของท้องฟ้า
E_{sh sun} คือ ความสว่างภายนอกทั้งหมดที่มาจากแสงแดดตรงซึ่งวัดในแนวตั้งฉากกับดวงอาทิตย์

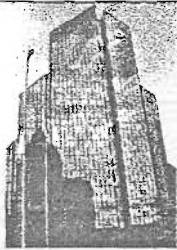
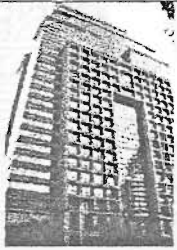

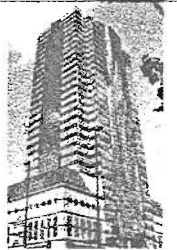
3.2 สํารวจและจัดกลุ่มรูปแบบช่องเปิด

ขั้นตอนนี้เป็นกาหนดตัวแปรของรูปแบบช่องเปิดที่จะทำการศึกษา ด้วยการสำรวจข้อมูลรูปแบบช่องเปิดด้านข้างของอาคารสำนักงานทั่วไปในกรุงเทพมหานคร จากภาพถ่าย, เซ็มทิกและแบบก่อสร้างอาคาร(พิมพ์เขียว)โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

3.2.1 จัดกลุ่มรูปแบบช่องเปิดตามสัดส่วนพื้นที่หน้าต่าง

จากการสำรวจรูปแบบช่องเปิดด้านข้างทึคเหนือและทึคใต้ ของอาคารสำนักงานสามารถจัดกลุ่มรูปแบบช่องเปิดด้านข้างตามสัดส่วนพื้นที่หน้าต่างต่อพื้นที่ผนังด้านที่พิจารณา ได้ดังนี้

ตาราง 3.2.1 การสำรวจรูปแบบช่องเปิดด้านข้างของอาคารสำนักงานที่ใช้เป็นกรณีศึกษา

| อาคารตัวอย่าง | อาคารหะรินทร | สารชิต์ทาวเวอร์ | ธนิยะพลาซ่า | อาคารแสงทองธานี |
|---------------------------------|--|--|---|--|
| รูปแบบช่องเปิดด้านข้าง |  รูปด้านทึคใต้ |  รูปด้านทึคเหนือ |  รูปด้านทึคเหนือ |  รูปด้านทึคใต้ |
| ค่า WWR ที่ประมาณจากการคำนวณ | 66% | 55% | 45% | 44% |
| ค่า WWR ที่กำหนดในการศึกษาวิจัย | 70% | 60% | 50% | 40% |

ที่มา : พิรุฬห์รัตน์ บุรีประเสริฐ (ถ่ายภาพ) 14 ธันวาคม พ.ศ. 2543

3.2.2 กำหนดห้องมาตรฐาน

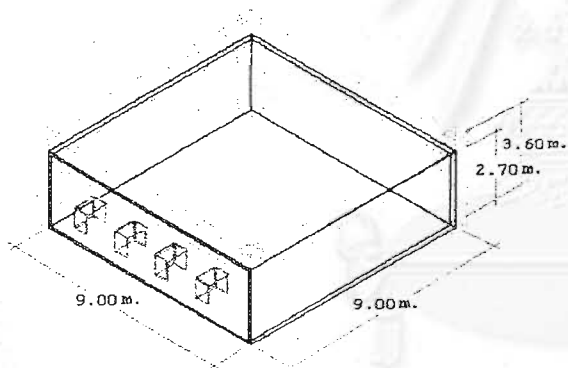
ขั้นตอนนี้เป็นกาหนดตัวแปรที่จะทำการศึกษาคือรูปแบบช่องเปิด, สัดส่วนพื้นที่หน้าต่าง ในการศึกษาวิจัยครั้งนี้ได้กำหนดห้องมาตรฐานและรูปแบบของช่องเปิดที่ใช้เป็นกรณีศึกษา 2 รูปแบบคือ ช่องเปิดแบบต่อเนื่อง และช่องเปิดแบบไม่ต่อเนื่อง

3.2.2.1 กำหนดรายละเอียดของห้องมาตรฐานที่ใช้เป็นกรณีศึกษา

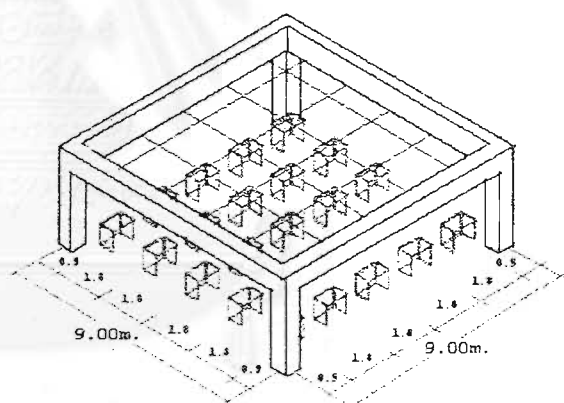
สามารถแบ่งแยกรูปแบบช่องเปิดตามสัดส่วนพื้นที่หน้าต่างต่อพื้นที่ผนังด้านที่พิจารณาซึ่งแบ่งออกเป็นสัดส่วนที่บและช่องเปิดที่มีขนาด 70%,60%,50%,40% ตามลำดับดังนี้

ตาราง 3.2.2a รายละเอียดของห้องมาตรฐานที่ใช้เป็นกรณีศึกษา

| ขนาดห้องมาตรฐาน | | พื้นที่ผนังด้านที่พิจารณา | | | | | ค่าการสะท้อนแสงภายใน | | | |
|---------------------|-----------------------|---------------------------|----------------------------|---------------------------|------|------|----------------------|----------|----------|----------|
| | | WWR (%) | ช่องเปิด (ม ²) | ส่วนที่บ(ม ²) | | | เพดาน (%) | ผนัง (%) | พื้น (%) | โต๊ะ (%) |
| ผนัง | เสา | | | คาน | | | | | | |
| ความกว้าง | 9.0 ม. | | | | | | | | | |
| ความลึก | 9.0 ม. | 70 | 22.68 | 9.72 | 1.44 | 7.74 | 70 | 90 | 10 | 40 |
| ความสูง | 3.6 ม. | 60 | 19.44 | 12.97 | | | | | | |
| พื้นที่ใช้งาน | 81.0 ม ² . | 50 | 16.20 | 16.2 | | | | | | |
| พื้นที่ผนังด้านหน้า | 32.4 ม ² . | 40 | 12.97 | 19.44 | | | | | | |



ขนาดห้องมาตรฐานที่มีช่องเปิด 1 ด้าน



ตำแหน่งอ้างอิงค่าความสว่างบนพื้นผิวโต๊ะทำงาน




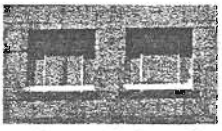
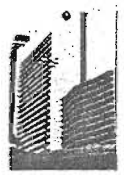
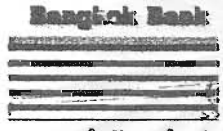


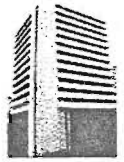
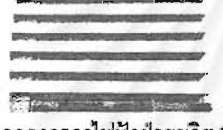


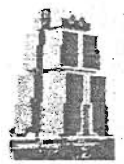

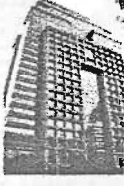
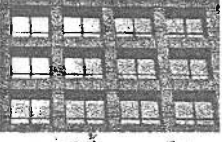

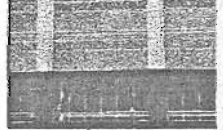


รูป 3.2.2 a ห้องมาตรฐานที่ใช้ในการจำลองสภาพการให้แสงสว่าง

3.2.2.2 ออกแบบอุปกรณ์บังแดดที่มีรูปแบบทั่วไป

ออกแบบป้องกันแสงแดดในเวลาที่กำหนดให้รูปแบบช่องเปิดที่เป็นกรณีศึกษา จากแผนที่ทางเดินดวงอาทิตย์ที่ 14 องศาเหนือ โดยกำหนดช่วงเวลาในการป้องกันแสงแดดจากเวลาทำงานปกติ จำนวน 6 ชั่วโมงคือ 09:00-15:00 น. ในทิศทางที่กำหนด ดังนี้

- ทิศเหนือ วันที่ 21 มิถุนายน กำหนดมุมตัด 68 องศา, มุมเบี่ยง 68 องศา
 ทิศใต้ วันที่ 21 ธันวาคม กำหนดมุมตัด 45 องศา, มุมเบี่ยง 49 องศา

ตาราง 3.2.2b การสำรวจรูปแบบอุปกรณ์บังแดดพื้นฐานของอาคารสำนักงาน

| รูปแบบอุปกรณ์บังแดดของอาคารตัวอย่าง | |
|---|---|
| ช่องเปิดแบบต่อเนื่อง | ช่องเปิดแบบไม่ต่อเนื่อง |
|   <p>ธ.แห่งประเทศไทย *</p> |   <p>ธ.กรุงศรีอยุธยาสำนักงานใหญ่ *</p> |
|   <p>Bangkok Bank</p> <p>ธ.กรุงเทพสำนักงานใหญ่ **</p> |   <p>ธ.กรุงศรีอยุธยาสำนักงานใหญ่ *</p> |
|   <p>อาคารการไฟฟ้าฝ่ายผลิต *</p> |   <p>อาคารอิมดุลาฮิม *</p> |
|   <p>ธ.เอเชียสำนักงานใหญ่ **</p> |   <p>สาทรซิตี้ทาวเวอร์ **</p> |
|   <p>อาคารอ็อจ็อเลีย *</p> |   <p>อาคารไทยโอบายซี *</p> |

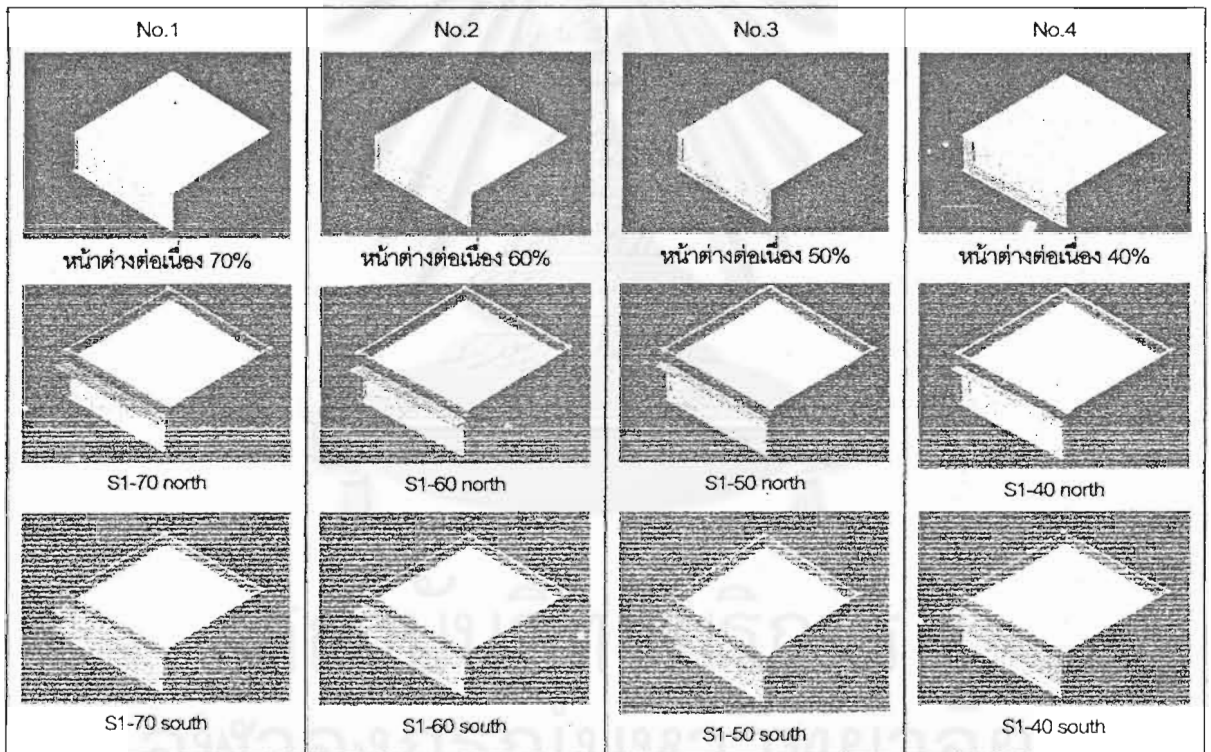
ที่มา: * พิรุฬห์รัตน์ บุรีประเสริฐ (ถ่ายภาพ) 17 มิถุนายน พ.ศ. 2543

** พิรุฬห์รัตน์ บุรีประเสริฐ (ถ่ายภาพ) 14 ธันวาคม พ.ศ. 2543

สถาบันวิจัยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตาราง 3.2.2c รูปแบบช่องเปิดต่อเนื่องที่ใช้เป็นกรณีศึกษา

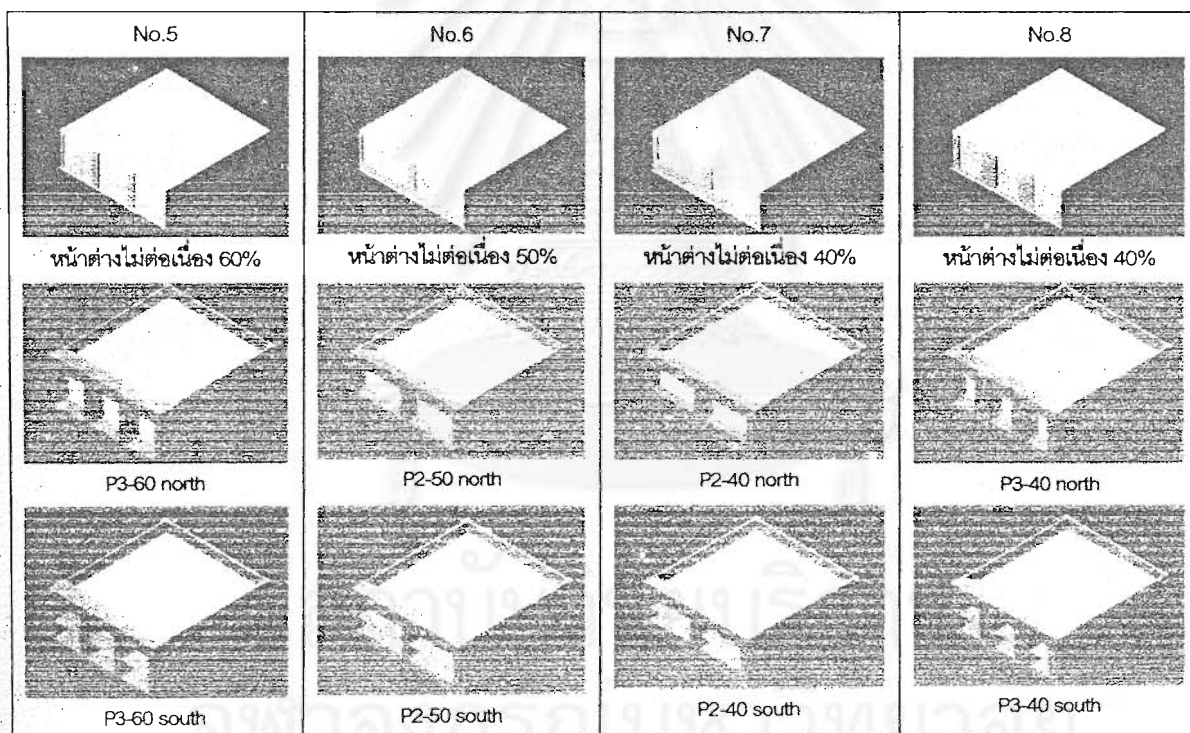
| กรณีศึกษา | | รายละเอียดหน้าต่าง | | | | | รายละเอียดอุปกรณ์บังแดด | | | | |
|-----------|-------|--------------------|-----------|---------|-------|----------|-------------------------|-----------|---------|-----------|---------|
| No. 1 | รหัส | กระจก | กว้าง(ม.) | สูง(ม.) | จำนวน | ห่าง(ม.) | ทิศ | กว้าง(ม.) | ยาว(ม.) | สูง(ม.) | จำนวน |
| | S1-70 | ใส | 8.4 | 2.7 | 1 | 0 | เหนือ | 9 | 1.1 | 0.05 | 1 |
| | | | | | | | ใต้ | 9 | 1.3 | 0.05 | 2 |
| No.2 | รหัส | กระจก | กว้าง(ม.) | สูง(ม.) | จำนวน | ห่าง(ม.) | ทิศ | กว้าง(ม.) | ยาว(ม.) | สูง(ม.) | จำนวน |
| | | | | | | | S1-60 | ใส | 8.1 | 2.4 | 1 |
| | | | | | | | ใต้ | 9 | 1.2 | 0.05 | 2 |
| | | | | | | | No.3 | รหัส | กระจก | กว้าง(ม.) | สูง(ม.) |
| S1-50 | ใส | 7.8 | 2.1 | 1 | 0 | เหนือ | | | | | |
| | | | | | | | ใต้ | 9 | 1.1 | 0.05 | 2 |
| | | | | | | | No.4 | รหัส | กระจก | กว้าง(ม.) | สูง(ม.) |
| S1-40 | ใส | 7.2 | 1.8 | 1 | 0 | เหนือ | | | | | |
| | | | | | | | ใต้ | 9 | 0.9 | 0.05 | 2 |



รูป 3.2.2b รูปแบบช่องเปิดต่อเนื่องที่ใช้เป็นกรณีศึกษาในการวิจัย

ตาราง 3.2.2d รูปแบบช่องเปิดไม้ต่อเนื้อที่ใช้เป็นกรณีศึกษา

| กรณีศึกษา | | รายละเอียดหน้าต่าง | | | | | รายละเอียดอุปกรณ์บังแดด(เว้นช่องหน้าต่าง) | | | | |
|-----------|-------|--------------------|-----------|---------|-------|----------|---|-----------|---------|---------|-------|
| No. | รหัส | กระจก | กว้าง(ม.) | สูง(ม.) | จำนวน | ห่าง(ม.) | ทิศ | กว้าง(ม.) | ยาว(ม.) | สูง(ม.) | จำนวน |
| No. 5 | P3-60 | ใส | 2.4 | 2.7 | 3 | 0.6 | เหนือ | 9.4 | 1.1 | 3.6 | 1 |
| | | | | | | | ใต้ | 9.4 | 1.3 | 3.6 | 1 |
| No. 6 | P2-50 | ใส | 3.9 | 2.1 | 2 | 0.6 | เหนือ | 9.4 | 0.8 | 3.6 | 1 |
| | | | | | | | ใต้ | 9.4 | 1.1 | 3.6 | 1 |
| No. 7 | P2-40 | ใส | 3.6 | 1.8 | 2 | 0.9 | เหนือ | 9.4 | 0.7 | 3.6 | 1 |
| | | | | | | | ใต้ | 9.4 | 0.9 | 3.6 | 1 |
| No. 8 | P3-40 | ใส | 1.8 | 2.4 | 3 | 1.2 | เหนือ | 9.4 | 1 | 3.6 | 1 |
| | | | | | | | ใต้ | 9.4 | 1.2 | 3.6 | 1 |



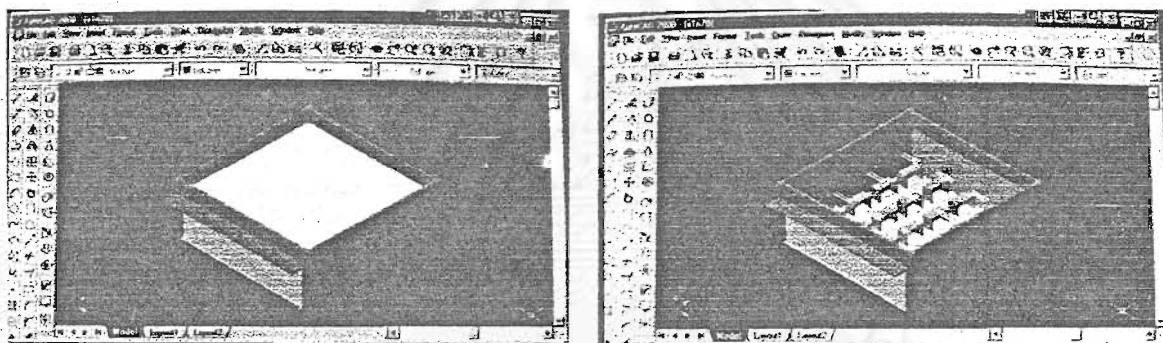
รูป 3.2.2c รูปแบบช่องเปิดไม้ต่อเนื้อที่ใช้เป็นกรณีศึกษาในการวิจัย

3.3 ศึกษาอิทธิพลของรูปแบบช่องเปิด

ในการวิจัยครั้งนี้เลือกใช้วิธีการจำลองสภาพอาคารและการให้แสงสว่าง รวมถึงการวิเคราะห์ผลการทดลองโดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์เป็นเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย เพื่อความสะดวกต่อการจำลองสภาพของกรณีศึกษาที่มีรูปแบบของช่องเปิดที่แตกต่างกันได้หลายรูปแบบ

3.3.1 จำลองสภาพรูปแบบช่องเปิดและอุปกรณ์บังแดด

การจำลองสภาพอาคารจะใช้โปรแกรม AutoCAD 2000 เพื่อเขียนแบบห้องมาตรฐานในลักษณะ 3 มิติ จากกรณีศึกษารูปแบบช่องเปิดของอาคารสำนักงานและอุปกรณ์บังแดดพื้นฐานของช่องเปิดที่กำหนดในตาราง 3.2.2c



จำลองสภาพรูปทรงเรขาคณิตภายนอก

จำลองสภาพรูปทรงเรขาคณิตภายใน

รูป 3.3.1 การจำลองสภาพรูปแบบช่องเปิดด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์

3.3.2 จำลองสภาพการให้แสงสว่างธรรมชาติ

ขั้นตอนนี้เป็นการศึกษาตัวแปรค่าความส่องสว่างแสงธรรมชาติภายในจากจำลองสภาพความส่องสว่างโดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ Lightscape3.2 เพื่อคำนวณหาค่าความส่องสว่างภายในบนพื้นผิวที่กำหนดคือ ค่าความส่องสว่างภายในบนพื้นผิวระนาบทำงานซึ่งพิจารณาจากค่าความส่องสว่างที่ปรากฏตามเส้นตารางที่ระยะ 10%,30%,50%,70%,90% ของความลึกห้อง ,ค่าสถิติของค่าความส่องสว่างภายในบนพื้นผิวระนาบทำงานทั้งหมด โดยมีรายละเอียดแบ่งเป็น 3 ขั้นตอนหลัก ดังต่อไปนี้

3.3.2.1 ขั้นตอนเตรียมการ (The preparation stage)

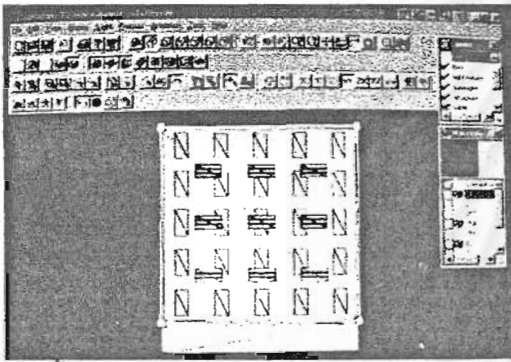
นำกรณีศึกษาซึ่งเขียนแบบรายละเอียดของรูปแบบช่องเปิดและอุปกรณ์บังแดดพื้นฐานจากขั้นตอนที่ 3.2.2 ส่งเข้าโปรแกรม และกำหนดข้อมูลค่าองค์ประกอบภายใน

3.3.2.2 ขั้นตอนอธิบาย (The solution stage)

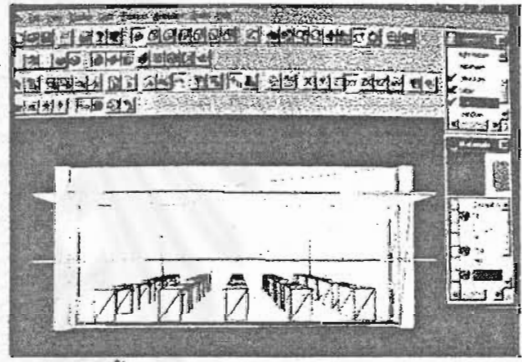
ใส่ข้อมูลค่าความสว่างภายนอกภายใน ชั่วโมง จากค่าเฉลี่ยความสว่างภายนอกโดยแบ่งตามสภาพท้องฟ้าและข้อมูลตำแหน่งดวงอาทิตย์ในปี 2542

3.3.2.3 ขั้นตอนขั้นตอนแสดงผล (The output stage)

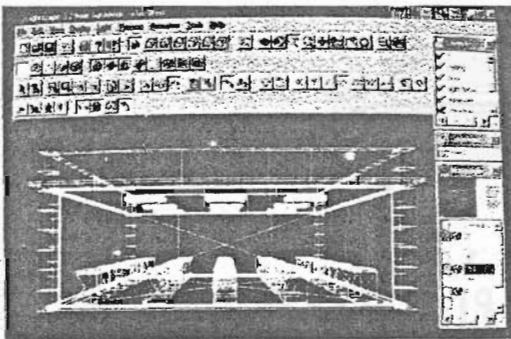
ใช้คำสั่งวิเคราะห์หาค่าความสว่างภายในบนพื้นผิวของจุดอ้างอิงที่กำหนดและแสดงผลค่าสถิติ



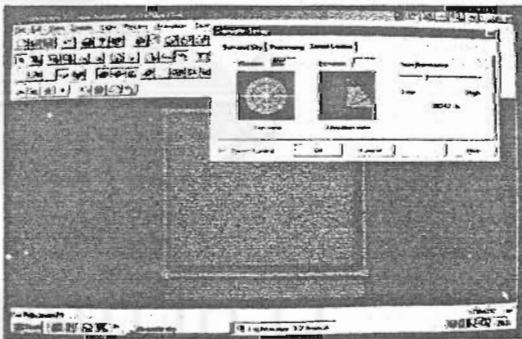
ขั้นตอนเตรียมการ: นำเข้ารูปทรงเรขาคณิต



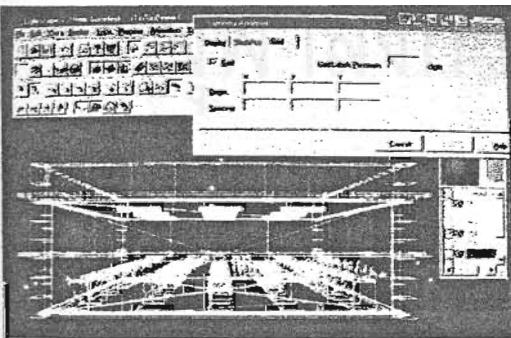
ขั้นตอนเตรียมการ: กำหนดวัสดุ



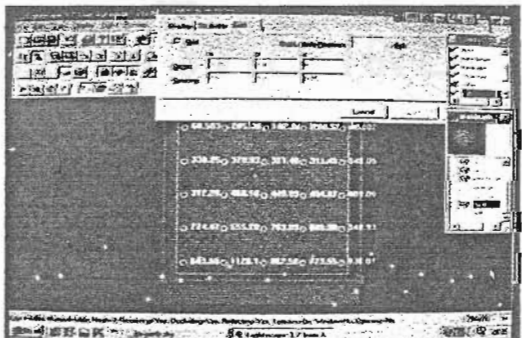
ขั้นตอนอธิบาย: กำหนดคุณสมบัติวัสดุ



ขั้นตอนอธิบาย: กำหนดตำแหน่งดวงอาทิตย์



ขั้นตอนแสดงผล: วิเคราะห์ค่าความสว่าง



ขั้นตอนแสดงผล: แสดงค่าความสว่างบนพื้นผิวอ้างอิง

รูป 3.3.2 การจำลองสภาพการให้แสงสว่างด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์

3.4 การประเมินผลตัวแปร

ขั้นตอนนี้เป็น การประเมินผลตัวแปรในเชิงการนำแสงธรรมชาติเข้ามาในอาคารและ ประเมินผลในเชิงการอนุรักษ์พลังงาน

3.4.1 ประเมินผลในเชิงการนำแสงธรรมชาติเข้ามาในอาคาร

ประเมินผลค่าความสว่างแสงธรรมชาติภายในที่ตำแหน่งอ้างอิงทุกๆ 1 ชั่วโมงจากการจำลอง สภาพมาแสดงผลค่าความสว่างบนพื้นผิวของจุดอ้างอิงเพื่อเปรียบเทียบปริมาณแสงภายในของห้อง มาตรฐานในแต่ละรูปแบบช่องเปิด ดังนี้

- (1) ค่าสถิติของความสว่างบนพื้นผิวอ้างอิงทั้งหมดรายชั่วโมงของปี
- (2) ระยะทางที่แสงธรรมชาติเข้ามาภายในห้องมาตรฐานรายชั่วโมงของปี

3.4.2 ประเมินผลในเชิงการอนุรักษ์พลังงาน

เมื่อมีการให้แสงธรรมชาติผ่านรูปแบบช่องเปิดจะพิจารณาความสามารถที่จะช่วยลดพลังงาน ไฟฟ้าแสงประดิษฐ์ในการทำแสงสว่างภายใน โดยเปรียบเทียบจากห้องมาตรฐานในกรณีที่มีช่อง เปิดซึ่งไม่มีแสงธรรมชาติเข้ามาได้และใช้ไฟฟ้าแสงประดิษฐ์ในการส่องสว่างภายในที่ระนาบอ้างอิงให้มี ค่าความสว่าง 500 ลักซ์ เป็นเวลา 8 ชั่วโมง ในช่วงเวลา 08:00-12:00 น.และ 13:00- 17:00 น. ดังนี้

3.4.2.1 การใช้พลังงานไฟฟ้าเพื่อให้แสงสว่าง

เริ่มจากการคำนวณหาค่าอัตราส่วนควาวิต้ห้อง(Room Cavity Ratio: RCR) ซึ่งแปรผัน ตามความสูงโรงแห่ง โดยพิจารณาจากระดับของดวงโคมลงมาถึงระดับพื้นผิวทำงานและคำนวณหา จำนวนหลอดจากวิธีลูเมนสำหรับการส่องสว่างแบบสม่ำเสมอ (ชานาญ ห่อเกียรติ; 2540)

$$E = N * L * MF * CU / A \quad \text{สมการ 3.4.2a}$$

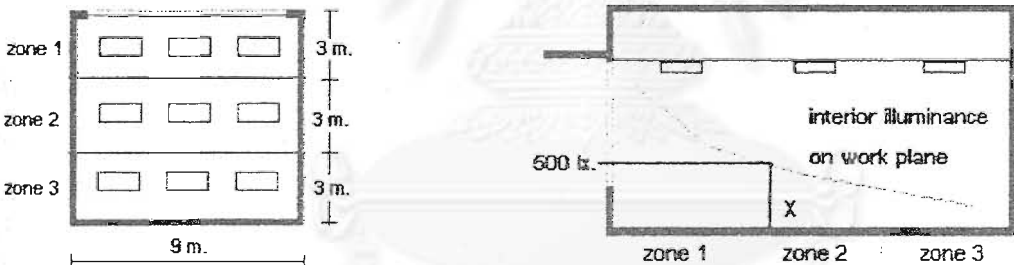
- เมื่อ
- E คือ ความส่องสว่าง (ลักซ์)
 - N คือ จำนวนหลอดไฟ
 - L คือ ปริมาณแสงต่อหลอด (ลูเมน/หลอด)
 - MF คือ แฟคเตอร์การบำรุงรักษา
 - CU คือ สัมประสิทธิ์การใช้งาน
 - A คือ พื้นที่ห้อง (ตารางเมตร)

$$RCR = \frac{5(\text{ความสูงโพรงห้อง})(\text{ความลึกห้อง} + \text{ความกว้างห้อง})}{(\text{ความลึกห้อง} * \text{ความกว้างห้อง})}$$

$$= 5 * (2.7 - 0.75) * (9 + 9) / (9 * 9) = 2.167$$

ค่า CU ได้จากตารางสัมประสิทธิ์การใช้งานของโคมแบบต่างๆของผู้ผลิต เมื่อการสะท้อนแสงของเพดาน 70%, การสะท้อนแสงของผนัง 70%, RCR = 2.167 ดังนั้นค่า CU คือ 0.68 (ดูตารางภาคผนวก) เมื่อกำหนดค่าความสว่างที่ต้องการเท่ากับ 500 ลักซ์ จะคำนวณหลอดไฟทั้งหมดที่ใช้จำลองสภาพการให้แสงสว่างซึ่งเป็นหลอดไฟลูออเรสเซนต์เคดไทม์ (ฟิลลิปส์) ขนาด 36 วัตต์ ความยาว 1.2 เมตร มีปริมาณแสง 3,250 ลูเมน/หลอดหรือ 90 ลูเมน/วัตต์ โดยใช้ร่วมกับบัลลาสต์ TIS 23-2521 ขนาด 5.5 วัตต์ได้ดังนี้

500 = จำนวนหลอดไฟ * 3,250 * 0.7 * 0.68 / (9 * 9) ดังนั้นใช้ 26.179 หรือ 26 หลอด ถ้าออกแบบจำนวนหลอดไฟ 3 หลอดต่อโคม จะใช้ทั้งหมด 9 โคม โดยแบ่งการติดตั้งดวงโคมใน 3 เขตพื้นที่เพื่อกำหนดเขตพื้นที่เปิดโคมไฟเมื่อค่าความสว่างบนพื้นผิวอ้างอิงจากการให้แสงธรรมชาติเพียงอย่างเดียวมีค่าต่ำกว่า 500 ลักซ์ และกำหนดระบบควบคุมการให้แสงสว่างประดิษฐ์ร่วมกับแสงสว่างธรรมชาติของรูปแบบช่องเปิดจากการติดตั้งสวิทช์ควบคุมการปิด-เปิดดวงโคมในแต่ละเขตพื้นที่



ผังพื้นแสง 3 เขตพื้นที่

ระยะทางที่แสงธรรมชาติเข้ามาเมื่อกำหนดค่าความสว่าง 500 ลักซ์

รูป 3.4.2 การแบ่งส่วนพื้นที่ห้องมาตรฐานออกเป็น 3 เขตพื้นที่

ตาราง 3.4.2 ระบบควบคุมการให้แสงสว่างประดิษฐ์ร่วมกับแสงสว่างธรรมชาติของรูปแบบช่องเปิด

| หมายเลข | การควบคุมการให้แสงสว่างประดิษฐ์ | | | |
|---------|------------------------------------|----------|--------------------------------------|--------------------|
| | การติดตั้งสวิทช์ควบคุมการปิด-เปิด | จำนวน | เงื่อนไขที่กำหนดรูปแบบการให้แสงสว่าง | |
| 1 | ปิด-เปิด 1/3 ดวงโคม ในเขตพื้นที่ 1 | 3 ดวงโคม | E_{lx} (ลักซ์) | รูปแบบการควบคุม |
| 2 | ปิด-เปิด 1/3 ดวงโคม ในเขตพื้นที่ 2 | 3 ดวงโคม | | |
| 3 | ปิด-เปิด 1/3 ดวงโคม ในเขตพื้นที่ 3 | 3 ดวงโคม | $E_{lx} \geq 500$ | ไม่เปิดดวงโคม |
| 4 | ปิด-เปิด 2/3 ดวงโคม ในเขตพื้นที่ 1 | 3 ดวงโคม | $350 \leq E_{lx} < 500$ | เปิด 1/3 ของดวงโคม |
| 5 | ปิด-เปิด 2/3 ดวงโคม ในเขตพื้นที่ 2 | 3 ดวงโคม | $200 \leq E_{lx} < 350$ | เปิด 2/3 ของดวงโคม |
| 6 | ปิด-เปิด 2/3 ดวงโคม ในเขตพื้นที่ 3 | 3 ดวงโคม | $0 \leq E_{lx} < 200$ | เปิด 3/3 ของดวงโคม |

หมายเหตุ: เมื่อ E_{lx} คือ ค่าความสว่างภายในบนพื้นผิวอ้างอิงที่ระยะ x ซึ่งห่างจากศูนย์กลางของผนังด้านใน ที่ใช้พิจารณารูปแบบการควบคุมแสงสว่าง(ลักซ์)

3.4.2.2 การใช้พลังงานไฟฟ้าเพื่อทำความเย็น

คำนวณอัตราพลังงานความร้อนที่ผ่านช่องเปิดกระจกเข้ามาภายในจากการสมมุติให้มีการป้องกันถ่ายเทความร้อนผ่านผนังที่ปิดด้านนอกไม่ให้เข้ามาภายในห้องได้อย่างสมบูรณ์ จะพิจารณาเฉพาะอัตราความร้อนผ่านกระจกเข้ามาดังสมการ 2.5.3 c และคำนวณการถ่ายเทความร้อนของหลอดไฟในพื้นที่ที่พิจารณาที่เกิดขึ้นในช่วงเวลาที่มีการเปิดใช้งานของดวงโคมตามการควบคุมที่กำหนดจากสมการ (Stein and Reynolds; 1992)

$$q = W * \text{Use factor} * \text{Allowance factor} \quad \text{สมการ 3.4.2b}$$

เมื่อ q คือ ความร้อนของหลอดไฟแสงสว่าง (วัตต์)

W คือ จำนวนวัตต์ของหลอดไฟทั้งหมด (วัตต์)

Use factor คือ อัตราส่วนจำนวนวัตต์หลอดไฟที่เปิดใช้งานจริงต่อจำนวนวัตต์หลอดไฟทั้งหมด ทั่วไปมีค่า = 1

Allowance factor คือ ความร้อนจากบัลลาสต์ของหลอดฟลูออเรสเซนต์ที่เพิ่มจากหลอดไฟธรรมดา มีค่า = 1.2

3.4.3 เปรียบเทียบประสิทธิภาพของรูปแบบช่องเปิด

ทำการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของรูปแบบช่องเปิดของกรณีศึกษาโดยนำผลการวิเคราะห์ที่ได้มาทำแสดงกราฟเปรียบเทียบ 2 กรณีคือ

3.4.3.1 กรณีอาคารสำนักงานไม่ปรับอากาศ พิจารณาเปรียบเทียบจาก

- (1) ระยะทางที่แสงธรรมชาติเข้ามาภายในห้องมาตรฐาน
- (2) การใช้พลังงานไฟฟ้าเพื่อให้แสงสว่างที่ลดต่ำลง

3.4.3.2 กรณีอาคารสำนักงานปรับอากาศ พิจารณาเปรียบเทียบจาก

- (1) ระยะทางที่แสงธรรมชาติเข้ามาภายในห้องมาตรฐาน
- (2) การใช้พลังงานไฟฟ้าเพื่อให้แสงสว่างที่ลดต่ำลง
- (3) การใช้พลังงานไฟฟ้าเพื่อทำความเย็นที่เพิ่มสูงขึ้น

3.5 การสรุปผลและเสนอแนวทางการออกแบบ

สรุปผลการวิเคราะห์หือทธิพลของรูปแบบช่องเปิดในเชิงการนำแสงธรรมชาติเข้ามาในอาคารและในเชิงการอนุรักษ์พลังงาน และสรุปการออกแบบรูปแบบช่องเปิดด้านข้างเพื่อการนำแสงธรรมชาติมาใช้ในสำนักงานอย่างมีประสิทธิภาพ

บทที่ 4

การประมาณค่าความสว่างภายในอาคารโดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์

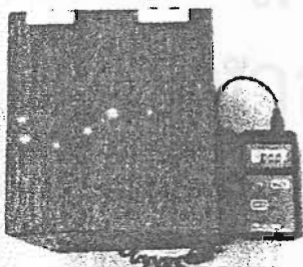
การศึกษาวิจัยครั้งนี้ได้ทำการตรวจสอบปริมาณแสงธรรมชาติผ่านช่องเปิดของห้องขนาดกว้าง 4.0 เมตร ยาว 4.0 เมตร สูง 3.0 เมตร บนชั้น 11 อาคารเรียนคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เพื่อเปรียบเทียบผลการประมาณค่าความสว่างภายในห้องจากการตรวจสอบโดยใช้เครื่องมือวัดแสงสว่างกับการจำลองสภาพการให้แสงสว่างโดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ซึ่งมีขั้นตอนดังนี้

4.1 การตรวจสอบปริมาณแสงธรรมชาติผ่านช่องเปิดของอาคาร

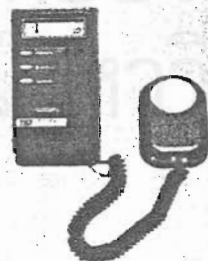
4.1.1 การเตรียมการทดลอง

4.1.1.1 การหาความสัมพันธ์ของเครื่องมือวัดแสงสว่างที่ใช้ในการทดลอง

นำเครื่องมือวัดแสงสว่างแบบดิจิตอลจำนวน 6 เครื่อง มาหาความสัมพันธ์ของการอ่านค่าความสว่างด้วยการทดสอบวัดค่าความสว่างที่ตักกระทบบนตัวรับแสงของเครื่องมือวัดแสงสว่าง เมื่อให้แสงส่องสว่างจากหลอดไฟ PL-S ขนาด 7 วัตต์ภายในกล่องทดสอบสี่เหลี่ยมซึ่งทำจากไม้อัดพ่นสีดำมีขนาด $0.20 \times 0.20 \times 0.30$ เมตร



กล่องทดสอบและหลอดไฟ



เครื่องมือวัดแสงสว่าง A



เครื่องมือวัดแสงสว่าง B - F

TES -132 พิสัย 0.1 - 200,000 lx DX - 200 พิสัย 0.0 - 20,000 lx

รูป 4.1.1 อุปกรณ์ทดสอบความสัมพันธ์ของเครื่องมือวัดแสงสว่างที่ใช้ในการทดลอง

ที่มา : พิรุฬห์รัตน์ บุรีประเสริฐ (ถ่ายภาพ) , 18 ธันวาคม พ.ศ.2543

บันทึกผลค่าความสว่างโดยเริ่มบันทึกค่าความสว่างครั้งที่ 1 หลังจากเปิดไฟเป็นเวลานาน 5 นาทีโดยมีความถี่ในการบันทึกผลทุก 15 วินาที จำนวน 100 ครั้งจากเครื่องมือวัดแสงสว่าง A, B, C, D, E และ F ตามลำดับ จากนั้นจึงนำค่าความสว่างที่อ่านค่าได้ของเครื่องมือวัดแสงสว่างทั้งหมดมาหาความสัมพันธ์โดยใช้ค่าเฉลี่ยความสว่างจากทั้ง 6 เครื่องเป็นค่ามาตรฐานในการหาความสัมพันธ์

ตาราง 4.1a แสดงค่าสถิติของค่าความสว่างที่อ่านได้จากเครื่องมือวัดแสงสว่างที่ใช้ในการทดลอง

| Descriptive statistic | Digital light meter (X) | | | | | | Average (Y) |
|-------------------------|---------------------------|--------|--------|---------|--------|--------|------------------|
| | A | B | C | D | E | F | |
| Mean | 164.005 | 149.05 | 163.31 | 144.805 | 136.05 | 142.32 | 149.923 |
| Standard Error | 0.080 | 0.022 | 0.049 | 0.104 | 0.018 | 0.055 | 0.032 |
| Median | 164 | 149 | 163 | 145 | 136 | 142 | 149.875 |
| Mode | 163 | 149 | 163 | 144 | 136 | 142 | 149.667 |
| Standard Deviation | 0.796 | 0.219 | 0.481 | 1.044 | 0.181 | 0.553 | 0.320 |
| Sample Variance | 0.634 | 0.048 | 0.231 | 1.090 | 0.033 | 0.306 | 0.103 |
| Kurtosis | -1.491 | 10.301 | 0.248 | -0.996 | 9.610 | -0.375 | -1.091 |
| Skewness | -0.032 | 2.722 | 1.111 | 0.222 | 2.599 | -0.294 | 0.252 |
| Range | 2 | 1.5 | 2.5 | 4 | 1.5 | 2 | 1.167 |
| Minimum | 163 | 148.5 | 162.5 | 143 | 135.5 | 141 | 149.333 |
| Maximum | 165 | 150 | 165 | 147 | 137 | 143 | 150.5 |
| Sum | 16400.5 | 14905 | 16331 | 14480.5 | 13605 | 14232 | 14992.333 |
| Count | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| Confidence Level(95.0%) | 0.158 | 0.043 | 0.095 | 0.207 | 0.036 | 0.110 | 0.064 |

ตาราง 4.1b แสดงความสัมพันธ์ของเครื่องมือวัดแสงสว่างที่ใช้ในการตรวจสอบค่าความสว่าง

| ความสัมพันธ์ของเครื่องมือวัดแสงสว่างที่ใช้ในการทดลองเทียบกับค่ามาตรฐาน | | | | | | |
|--|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| $Y = (\text{ค่าคงที่}) X$ | | | | | | |
| เครื่องมือวัดแสงสว่าง (X) | A | B | C | D | E | F |
| ค่าคงที่ | 0.915 | 1.007 | 0.920 | 1.034 | 1.103 | 1.056 |

4.1.1.2 การตรวจสอบคุณสมบัติของวัสดุ

เป็นการเตรียมข้อมูลเพื่อการจำลองสภาพการให้แสงสว่างภายในห้องทำงานโดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ ทำการตรวจสอบค่าการสะท้อนแสงของวัสดุภายในห้อง และค่าการส่องผ่านแสงธรรมชาติของกระจกด้วยเครื่องมือวัดแสงสว่างแบบดิจิทัล

ตาราง 4.1c แสดงคุณสมบัติของวัสดุภายในห้องของอาคารตัวอย่าง

| คุณสมบัติของวัสดุ | วัสดุ | ค่าที่อ่านได้จากเครื่องมือ(%) / การวัดครั้งที่ | | | | | | ค่าที่ใช้จำลองสภาพ(%) |
|---------------------------|---------------------------|--|----|----|----|----|-----------|-----------------------|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | ค่าเฉลี่ย | |
| ค่าการส่องผ่านแสงธรรมชาติ | กระจกใสหนา 6 มม. | 89 | 88 | 87 | 88 | 86 | 87.6 | 88 |
| ค่าการสะท้อนแสง | เพดานแผ่นยิปซัมโครงทีบาร์ | 66 | 65 | 66 | 62 | 64 | 64.6 | 70 |
| | ผนังแผ่นยิปซัมทาสีขาว | 88 | 87 | 87 | 86 | 87 | 87 | 90 |
| | พื้นกระเบื้องยางสีเทาอ่อน | 34 | 34 | 33 | 33 | 33 | 33.4 | 30 |
| | โต๊ะทำงานสีเหลืองอ่อน | 37 | 37 | 38 | 38 | 38 | 37.6 | 40 |

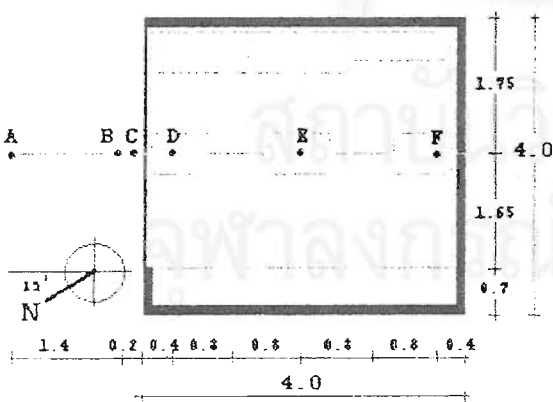
4.1.2 การตรวจสอบค่าความสว่างภายใน

เป็นขั้นตอนการตรวจวัดปริมาณแสงธรรมชาติที่ส่องผ่านช่องเปิดแบบต่อเนื่องที่หันสู่ทิศเหนือ มีขนาดหน้าต่าง กว้าง 3.30 เมตร สูง 1.10 เมตร หรือคิดเป็นพื้นที่ช่องเปิดต่อพื้นที่ส่วนที่บ 30% โดยใช้เครื่องมือวัดแสงสว่างแบบดิจิตอลจำนวน 6 เครื่อง

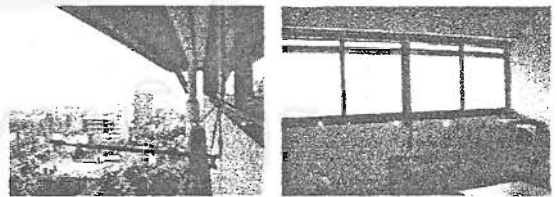
4.1.2.1 การตรวจสอบค่าความสว่างภายในครั้งที่ 1

ทำการตรวจสอบค่าความสว่างที่ตกกระทบตำแหน่งอ้างอิงรายชั่วโมงในช่วงเวลา 9:00 -17:00 น. ในวันที่ 19 ธันวาคม พ.ศ. 2543 เมื่อติดตั้งเครื่องมือวัดแสงสว่างจากแนวศูนย์กลางหน้าต่าง บนระนาบอ้างอิง ซึ่งสูงจากพื้นห้อง 0.75 เมตร ของกรณีศึกษาดังต่อไปนี้

- (1) กรณีให้แสงสว่างจากแสงธรรมชาติ
- (2) กรณีให้แสงสว่างจากแสงธรรมชาติและแสงประดิษฐ์



ผังพื้นห้อง



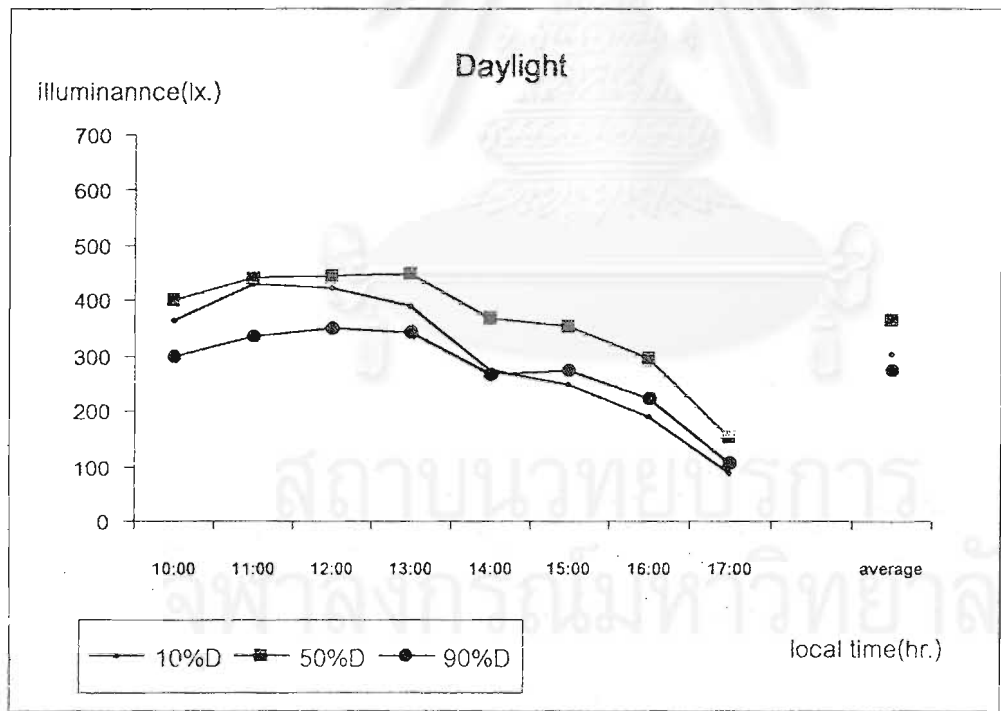
- ภายนอกห้อง
- ภายในห้อง
- เครื่อง A วัดค่าความสว่างภายนอกแนวอนทั้งหมด
- เครื่อง B วัดค่าความสว่างภายนอกแนวอนจากท้องฟ้า
- เครื่อง C วัดค่าความสว่างภายนอกแนวตั้งจากท้องฟ้า
- เครื่อง D วัดค่าความสว่างภายในแนวอนที่ระยะ 10% ความลึกห้อง
- เครื่อง E วัดค่าความสว่างภายในแนวอนที่ระยะ 50% ความลึกห้อง
- เครื่อง F วัดค่าความสว่างภายในแนวอนที่ระยะ 90% ความลึกห้อง

รูป 4.1.2a แสดงการติดตั้งเครื่องมือวัดแสงสว่างของอาคารตัวอย่างที่ใช้ทดลอง ครั้งที่ 1 (19 ธันวาคม พ.ศ.2543)

ตาราง 4.1.2a ค่าความสว่างภายในห้องกรณีให้แสงสว่างจากแสงธรรมชาติ

| เวลา | E_B/E_A | ค่าความสว่างที่ตำแหน่งอ้างอิง (ลักซ์) | | | | | |
|-----------|-----------|---------------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | | E_A | E_B | E_C | E_D | E_E | E_F |
| 10:00 | 0.59 | 4630 | 2749 | 6753 | 364 | 400 | 300 |
| 11:00 | 0.60 | 4,904 | 2,930 | 7,286 | 430 | 440 | 334 |
| 12:00 | 0.62 | 4,676 | 2,900 | 7,406 | 422 | 443 | 348 |
| 13:00 | 0.49 | 6,131 | 3,011 | 7,323 | 390 | 450 | 342 |
| 14:00 | 0.43 | 6,707 | 2,860 | 7,802 | 275 | 370 | 267 |
| 15:00 | 0.53 | 5,582 | 2,971 | 6,771 | 249 | 353 | 272 |
| 16:00 | 0.59 | 4,310 | 2,558 | 5,640 | 191 | 295 | 223 |
| 17:00 | 0.51 | 2,837 | 1,439 | 3,054 | 87 | 153 | 106 |
| ค่าเฉลี่ย | 0.55 | 4,972 | 2,677 | 6,504 | 301 | 363 | 274 |

หมายเหตุ : อัตราส่วนห้องทำให้การประมาณค่าจากแสงกระจายต่อแสงรวม หรือ E_B / E_A



แผนภูมิ 4.1.2a แสดงค่าความสว่างภายในที่จุดอ้างอิงกรณีให้แสงสว่างจากแสงธรรมชาติ 19 ธันวาคม พ.ศ.2543



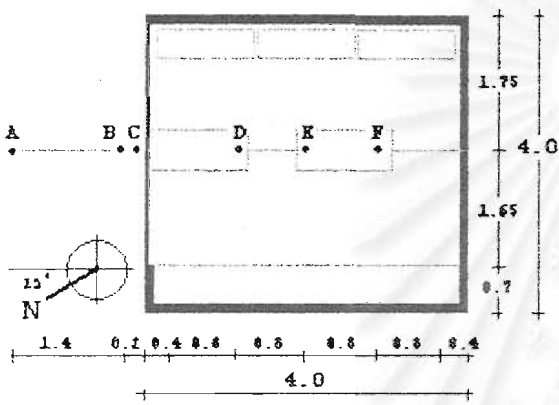
การจัดเรียงหน้า
ที่ต้นฉบับมีบางหน้า
ขาดหายไป

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.1.2.2 การตรวจสอบค่าความสว่างภายในครั้งที่ 2

ทำการตรวจสอบค่าความสว่างที่ตกกระทบตำแหน่งข้างอิงรายชั่วโมงในช่วงเวลา 9:00 -17:00 น. ในวันที่ 21 ธันวาคม พ.ศ. 2543 ของกรณีศึกษาดังต่อไปนี้

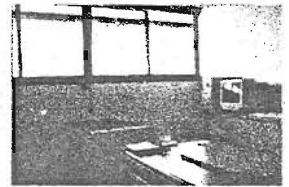
- (1) กรณีให้แสงสว่างจากแสงธรรมชาติ
- (2) กรณีให้แสงสว่างจากแสงธรรมชาติและแสงประดิษฐ์
- (3) กรณีให้แสงสว่างจากแสงธรรมชาติผ่านบานเกล็ดแนวนอนและแสงประดิษฐ์



ผังพื้นห้อง



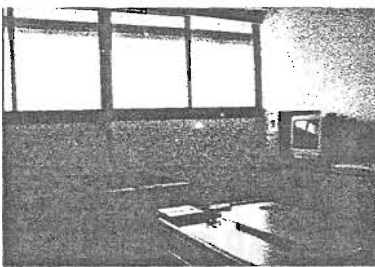
ภายนอกห้อง



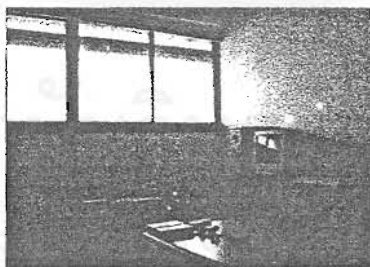
ภายในห้อง

- เครื่อง A วัดค่าความสว่างภายนอกแนวอนทั้งหมด
- เครื่อง B วัดค่าความสว่างภายนอกแนวอนจากท้องฟ้า
- เครื่อง C วัดค่าความสว่างภายนอกแนวตั้งจากท้องฟ้า
- เครื่อง D วัดค่าความสว่างภายในแนวอนที่ระยะ 30%ความลึกห้อง
- เครื่อง E วัดค่าความสว่างภายในแนวอนที่ระยะ 50% ความลึกห้อง
- เครื่อง F วัดค่าความสว่างภายในแนวอนที่ระยะ 70%ความลึกห้อง

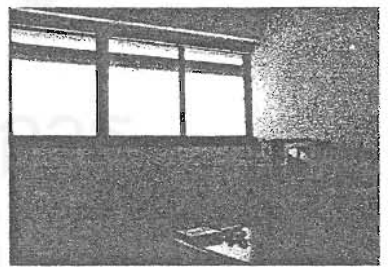
รูป 4.1.2b แสดงการติดตั้งเครื่องมือวัดแสงสว่างของอาคารตัวอย่างที่ใช้ทดลอง ครั้งที่ 2 (21 ธันวาคม พ.ศ.2543)



เวลาท้องถิ่น 10:00 น.



เวลาท้องถิ่น 13:00 น.



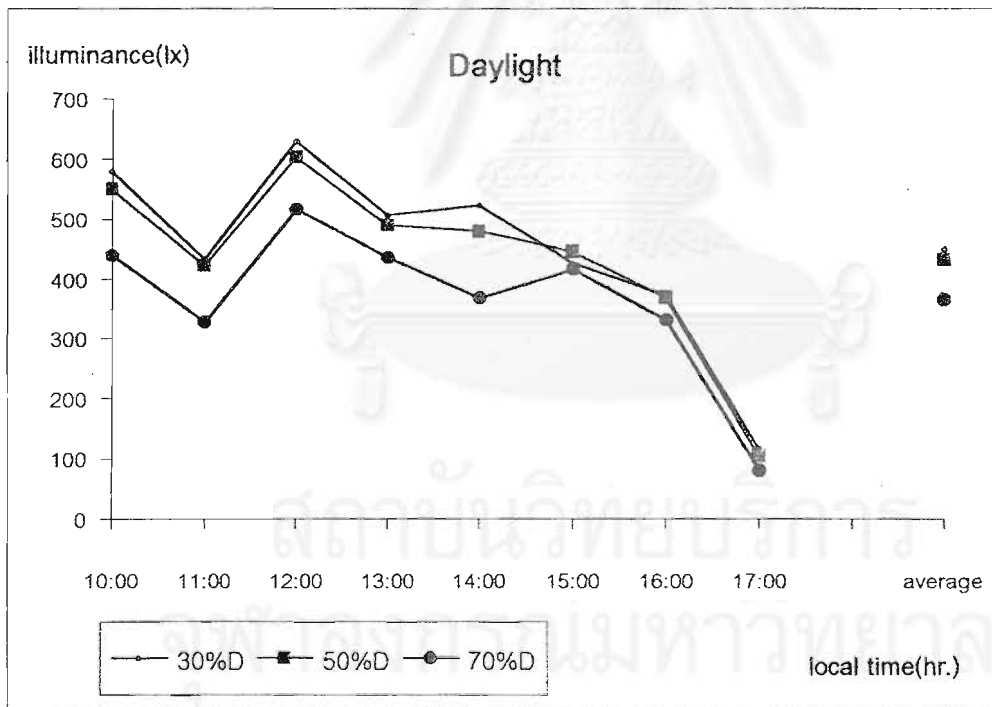
เวลาท้องถิ่น 16:00 น.

รูป 4.1.2c ความแตกต่างของความสว่างภายในห้องจากการให้แสงธรรมชาติในช่วงเวลาต่างๆ(21 ธันวาคม พ.ศ.2543)

ตาราง 4.1.2c แสดงค่าความสว่างภายในห้องกรณีให้แสงสว่างจากแสงธรรมชาติ

| เวลา | E_B/E_A | ค่าความสว่างที่ตำแหน่งอ้างอิง (ลักซ์) | | | | | |
|-----------|-----------|---|-------|--------|-------|-------|-------|
| | | E_A | E_B | E_C | E_D | E_E | E_F |
| 10:00 | 0.53 | 10,431 | 5,478 | 10,304 | 580 | 550 | 438 |
| 11:00 | 0.44 | 11,675 | 5,206 | 9,154 | 433 | 422 | 335 |
| 12:00 | 0.52 | 11,255 | 5,820 | 10,755 | 630 | 602 | 516 |
| 13:00 | 0.54 | 7,000 | 3,756 | 7,967 | 506 | 488 | 436 |
| 14:00 | 0.55 | 7,686 | 4,239 | 8,611 | 521 | 479 | 369 |
| 15:00 | 0.57 | 5,847 | 3,343 | 7,691 | 459 | 445 | 416 |
| 16:00 | 0.68 | 5,572 | 3,786 | 7,645 | 371 | 367 | 332 |
| 17:00 | 0.40 | 3,669 | 1,458 | 2,429 | 118 | 105 | 79 |
| ค่าเฉลี่ย | 0.53 | 7,872 | 4,117 | 8,065 | 448 | 432 | 364 |

หมายเหตุ : 1. อัตราส่วนห้องทำให้การประมาณค่าจากแสงกระจายต่อแสงรวม หรือ E_B/E_A

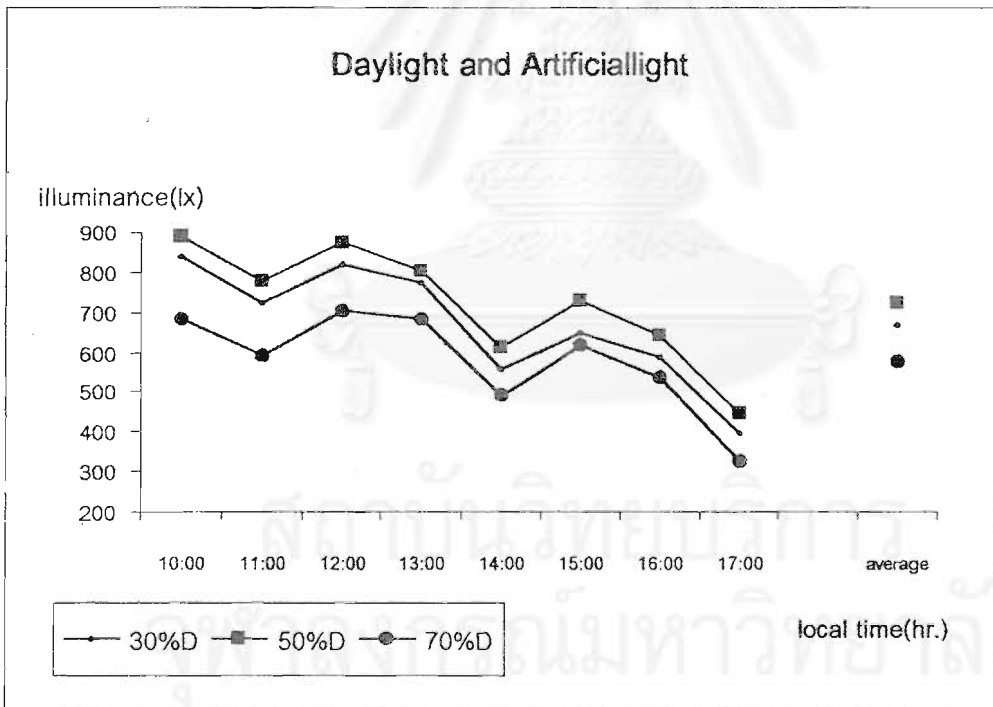


แผนภูมิ 4.1.2c แสดงค่าความสว่างภายในที่จุดอ้างอิงกรณีให้แสงสว่างจากแสงธรรมชาติ 21 ธันวาคม พ.ศ.2543

ตาราง 4.1.2d แสดงค่าความสว่างภายในห้องกรณีให้แสงสว่างจากแสงธรรมชาติและแสงประดิษฐ์

| เวลา | E_B/E_A | ค่าความสว่างที่ตำแหน่งอ้างอิง (ลักซ์) | | | | | |
|-----------|-----------|---------------------------------------|-------|--------|-------|-------|-------|
| | | E_A | E_B | E_C | E_D | E_E | E_F |
| 10:00 | 0.52 | 10,385 | 5,367 | 10,083 | 842 | 891 | 684 |
| 11:00 | 0.45 | 11,660 | 5,216 | 9,126 | 723 | 778 | 595 |
| 12:00 | 0.51 | 10,632 | 5,448 | 10,111 | 820 | 875 | 704 |
| 13:00 | 0.54 | 7,256 | 3,917 | 8,565 | 772 | 806 | 682 |
| 14:00 | 0.41 | 8,592 | 3,484 | 6,826 | 556 | 612 | 493 |
| 15:00 | 0.62 | 5,353 | 3,333 | 7,544 | 647 | 728 | 617 |
| 16:00 | 0.68 | 5,710 | 3,887 | 7,756 | 588 | 645 | 535 |
| 17:00 | 0.41 | 3,559 | 1,455 | 2,401 | 397 | 445 | 327 |
| ค่าเฉลี่ย | 0.52 | 7,893 | 4,014 | 7,802 | 668 | 722 | 580 |

หมายเหตุ : อัตราส่วนต้องทำให้การประมาณค่าจากแสงกระจายต่อแสงรวม หรือ E_B/E_A

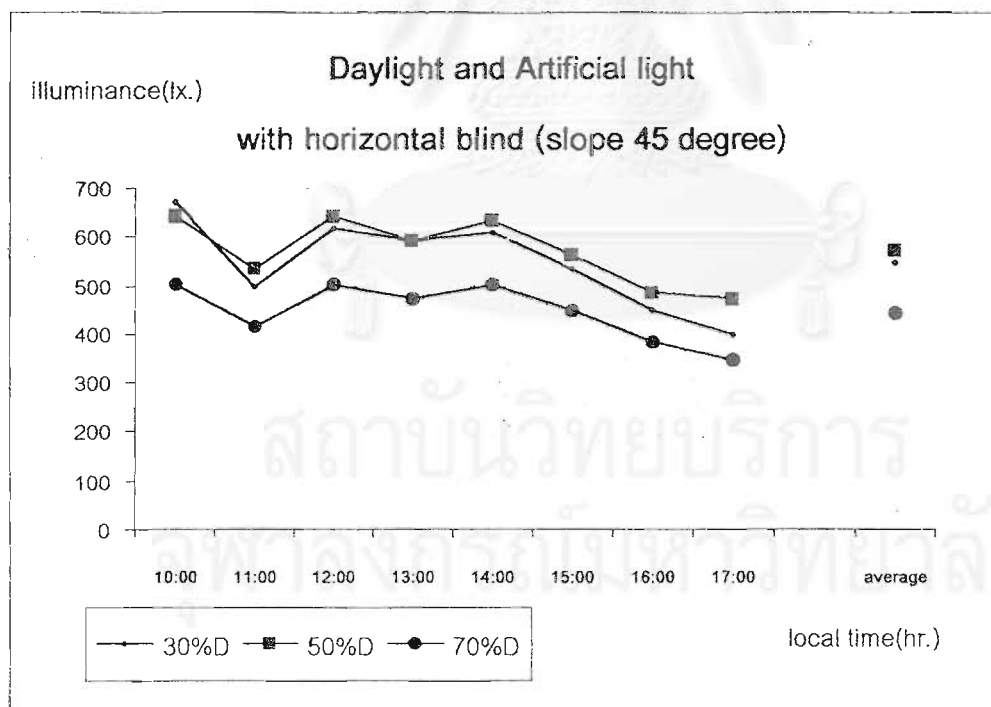


แผนภูมิ 4.1.2d แสดงค่าความสว่างภายในที่จุดอ้างอิงกรณีให้แสงสว่างจากแสงธรรมชาติร่วมกับแสงประดิษฐ์

ตาราง 4.1.2e ค่าความสว่างภายในห้องกรณีให้แสงสว่างจากแสงธรรมชาติผ่านบานเกล็ดนอนเอียง 45 องศาและแสงประดิษฐ์

| เวลา | E_B/E_A | ค่าความสว่างที่ตำแหน่งอ้างอิง (ลักซ์) | | | | | |
|-----------|-----------|---|-------|--------|-------|-------|-------|
| | | E_A | E_B | E_C | E_D | E_E | E_F |
| 10:00 | 0.52 | 10,523 | 5,508 | 10,322 | 670 | 642 | 502 |
| 11:00 | 0.45 | 11,611 | 5,257 | 9,200 | 498 | 535 | 415 |
| 12:00 | 0.56 | 9,278 | 5,236 | 9,761 | 618 | 641 | 503 |
| 13:00 | 0.59 | 6,771 | 4,008 | 8,574 | 595 | 593 | 473 |
| 14:00 | 0.52 | 8,583 | 4,461 | 8,869 | 609 | 635 | 502 |
| 15:00 | 0.63 | 5,408 | 3,414 | 7,746 | 536 | 563 | 450 |
| 16:00 | 0.62 | 6,048 | 3,746 | 7,148 | 448 | 484 | 382 |
| 17:00 | 0.42 | 3,276 | 1,374 | 2,254 | 399 | 474 | 346 |
| ค่าเฉลี่ย | 0.54 | 7,687 | 4,125 | 7,984 | 547 | 571 | 447 |

หมายเหตุ : อัตราส่วนห้องฟ้าใช้การประมาณค่าจากแสงกระจายต่อแสงรวม หรือ E_B/E_A



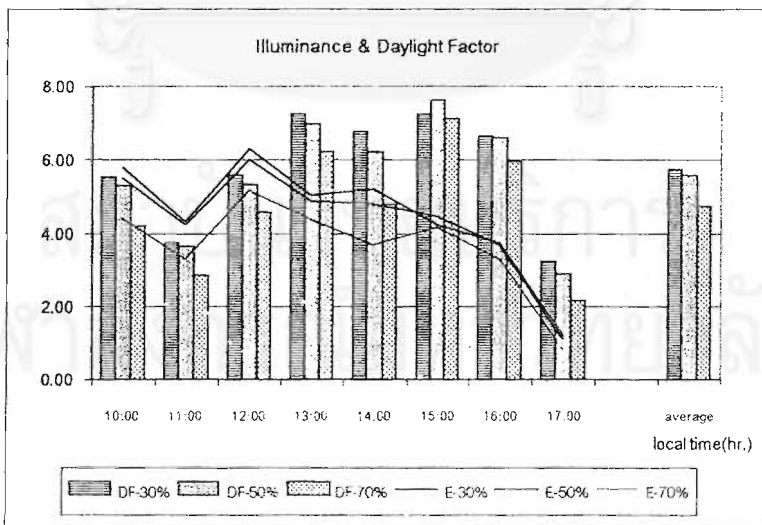
แผนภูมิ 4.1.2e แสดงค่าความสว่างภายในที่จุดอ้างอิงกรณีให้แสงสว่างจากแสงธรรมชาติร่วมกับแสงประดิษฐ์

เมื่อมีบานเกล็ดนอนเอียง 45 องศา 21 ธันวาคม พ.ศ. 2543

ตาราง 4.1.2f เปรียบเทียบค่าความสว่างภายในที่ตำแหน่งอ้างอิงจากการให้แสงสว่างธรรมชาติต่างกัน

| กรณีศึกษา | ความสว่างภายในนอกแนวตั้งต่อแนวนอน | ค่าความสว่างภายในแนวนอน(ลักซ์) | | | |
|--|-----------------------------------|--------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|
| | | ค่าต่ำสุดถึงค่าสูงสุด | ค่าเฉลี่ยที่ 30% ของความลึกห้อง | ค่าเฉลี่ยที่ 50% ของความลึกห้อง | ค่าเฉลี่ยที่ 70% ของความลึกห้อง |
| แสงธรรมชาติ | 1.96 | 332 - 630 | 448 | 432 | 364 |
| แสงธรรมชาติกับแสงประดิษฐ์ | 1.94 | 327 - 891 | 668 | 722 | 580 |
| แสงธรรมชาติกับแสงประดิษฐ์ (มีบานเกร็ดนอนเอียง 45 องศา) | 1.93 | 346 - 670 | 547 | 571 | 447 |

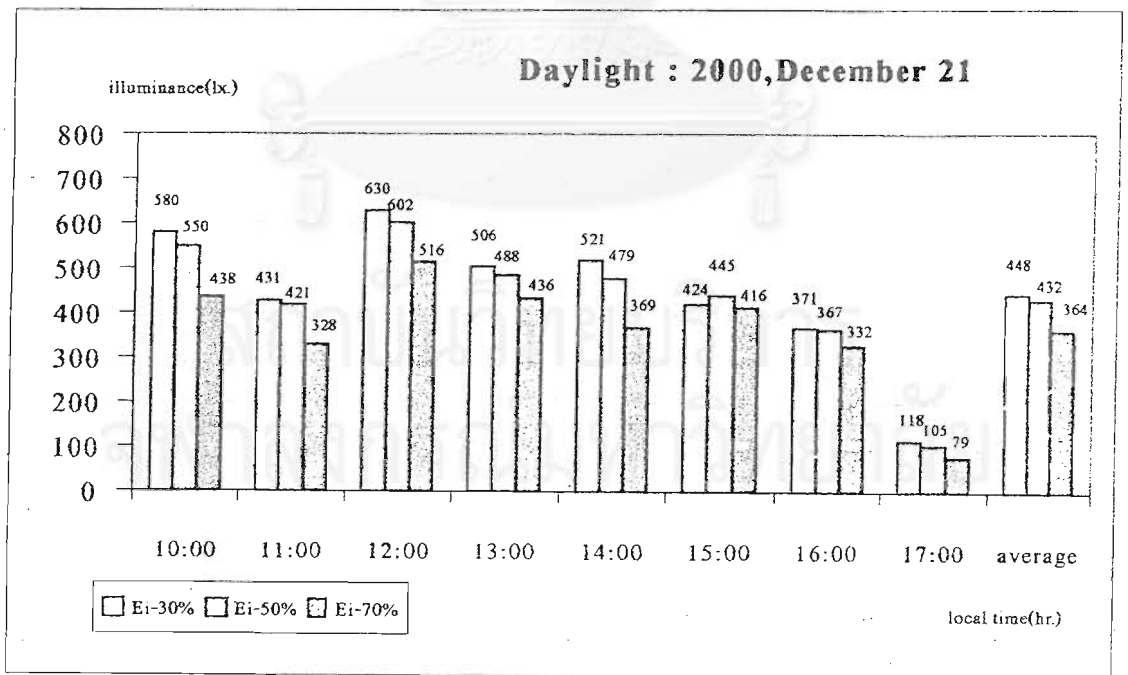
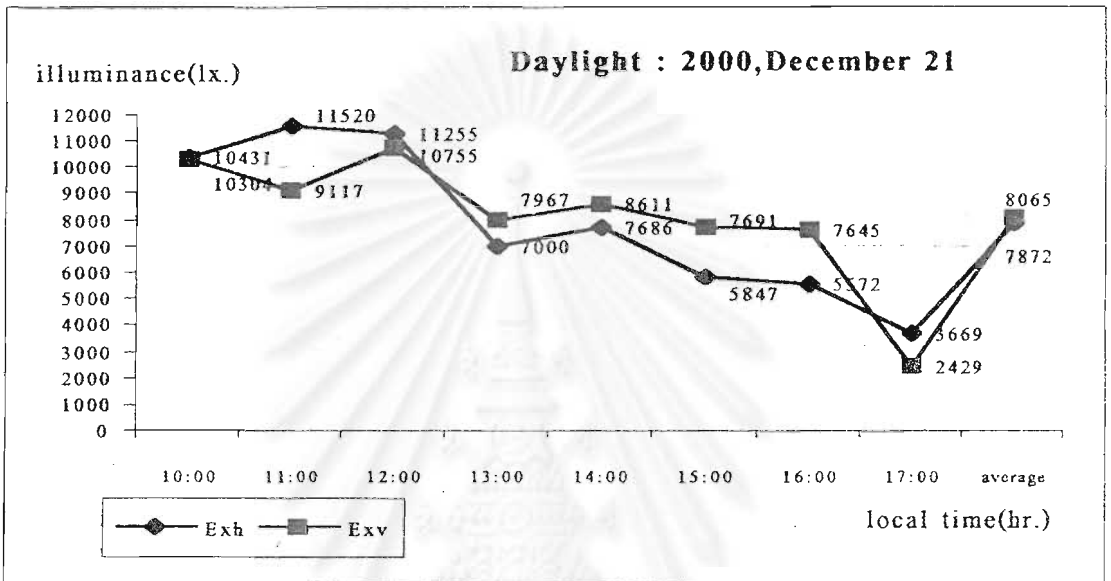
จากตาราง 4.1.2f พบว่าในกรณีที่ให้แสงสว่างธรรมชาติผ่านช่องเปิดด้านทิศเหนือ ในช่วงเวลา 10:00 -16:00 น. ค่าความสว่างภายในนอกแนวตั้งมีค่าโดยเฉลี่ยเป็น 1.93 -1.96 เท่าของค่าความสว่างภายในแนวนอน และค่าความสว่างที่ระยะ 30%,50%,70% ของความลึกห้องหรือ 1.2,2.0 และ2.8 เมตรจากศูนย์กลางหน้าต่างมีค่าความสว่างลดลงตามลำดับ ในกรณีที่ให้แสงสว่างธรรมชาติร่วมกับแสงประดิษฐ์เป็นโคมอลูมิเนียมมีครีบสะท้อนแสงซึ่งมีหลอดไฟฟลูออเรสเซนต์ขนาด 36 วัตต์ จำนวน 3 หลอด ติดตั้งบนเพดานที่ระยะ 50%ของความลึกห้อง พบว่าทำให้ค่าความสว่างที่ระยะ 50% ของความลึกห้องมีค่าความสว่างมากกว่าที่ระยะ 30%ของความลึกห้องและที่ระยะ 70%ของความลึกห้องมีค่าความสว่างต่ำสุด



แผนภูมิ 4.1.2f การเปรียบเทียบค่าความสว่างภายในที่จุดอ้างอิงและการคำนวณวิธีองค์ประกอบแสงธรรมชาติ

กรณีให้แสงสว่างจากแสงธรรมชาติ 21 ธันวาคม พ.ศ.2543

เมื่อพิจารณาแผนภูมิดังกล่าว พบว่าค่าความสว่างภายในที่ตำแหน่งอ้างอิงจากการอ่านค่าของเครื่องมือวัดแสงสว่างตามช่วงเวลาทุก 1 ชม. นั้นเมื่อนำมาคำนวณเป็นค่าองค์ประกอบแสงธรรมชาติในช่วงเวลา 10:00 -17:00 น. มีค่าองค์ประกอบแสงธรรมชาติไม่คงที่ในช่วงเวลาต่างๆ เนื่องจากตัวแปรสภาพท้องฟ้าภายนอก และตำแหน่งดวงอาทิตย์มีความเปลี่ยนแปลงตลอดเวลา



แผนภูมิ 4.1.2g เปรียบเทียบค่าความสว่างภายนอกแนวนอนและแนวตั้ง 21 ธันวาคมพ.ศ.2543 (บน)
 ค่าความสว่างภายในที่จุดอ้างอิง กรณีให้แสงสว่างจากแสงธรรมชาติ 21 ธันวาคม พ.ศ. 2543(ล่าง)

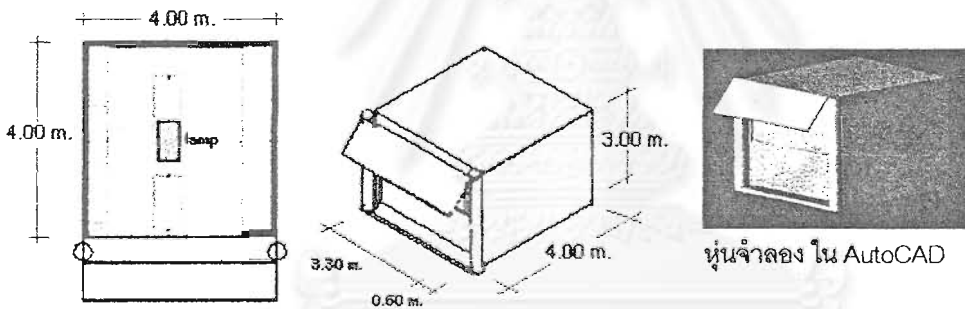
4.2 การจำลองสภาพการให้แสงสว่างโดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์

การจำลองสภาพรูปแบบช่องเปิดเพื่อศึกษาแสงธรรมชาติผ่านช่องเปิดของผนังอาคารโดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ในการศึกษาวิจัยครั้งนี้ มีรายละเอียดขั้นตอนดังนี้

4.2.1 จำลองสภาพอาคารตัวอย่างและการให้แสงสว่างธรรมชาติ

4.2.1.1 จำลองสภาพรูปแบบเรขาคณิตของอาคารตัวอย่าง

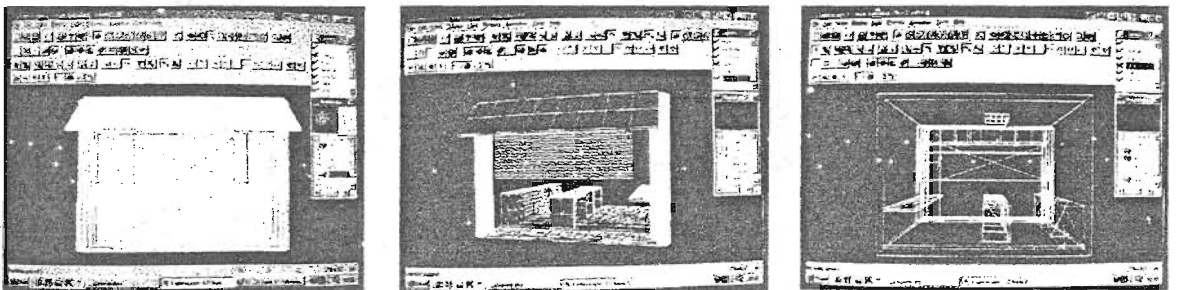
สร้างหุ่นจำลอง 3 มิติโดยใช้โปรแกรม AutoCAD 2000 โดยกำหนดรูปทรงเรขาคณิตที่มีรายละเอียดขนาดและระยะทางอย่างถูกต้องจะทำให้ผลลัพธ์การให้แสงถูกต้องเมื่อนำเข้ามาคำนวณโดยโปรแกรม Lightscape 3.2 ซึ่งไม่สามารถเปลี่ยนแปลงรูปทรงเรขาคณิตที่นำเข้ามาได้



รูป 4.2.1 หุ่นจำลอง 3 มิติที่ใช้ศึกษาการจำลองสภาพการให้แสงสว่าง





4.2.1.2 จำลองสภาพการให้แสงสว่างผ่านช่องเปิดอาคารตัวอย่าง

เป็นขั้นตอนหลังจากการนำรูปทรงเรขาคณิตที่กำหนดเข้าสู่ โปรแกรม Lightscape 3.2 โดยกำหนดขนาด 1:1 จากนั้นกำหนดข้อมูลตัวแปร ได้แก่ สร้างพื้นผิวภายใน คุณสมบัติของวัสดุ เช่น ค่าการสะท้อนแสงของวัสดุที่บดแสง, ค่าการส่องผ่านแสงของกระจก เป็นต้น



รูป 4.2.1 จำลองสภาพการให้แสงธรรมชาติผ่านช่องเปิดของอาคารตัวอย่าง

ตาราง 4.2.1a คุณสมบัติวัสดุทางกายภาพ สี ลักษณะพื้นผิวขององค์ประกอบภายในอาคารตัวอย่าง

| Layer CAD | Ceiling | Floor | Light fixture | Structure | Table | Wall | Window |
|---------------------|---------------|--|--|---------------|--|------------|--|
| <i>Physic</i> | | | | | | | |
| Template | Ideal diffuse | Fabric | Metal | Ideal diffuse | Wood | Paint flat | Glass |
| Transparency | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.88 |
| Shininess | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| Refractive index | 1 | 1 | 1 | 1 | 1.0 | 1 | 1.5 |
| Reflectance scale | 0.70 | 0.10 | 1 | 0.70 | 0.40 | 0.9 | 0.07 |
| Color bleed scale | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| Average Reflectance | 0.70 | 0.10 | 0.85 | 0.70 | 0.36 | 0.90 | 0.07 |
| Maximum Reflectance | 0.70 | 0.10 | 1 | 0.70 | 0.40 | 0.90 | 0.07 |
| <i>Color</i> | | | | | | | |
| H | 0 | 193.33 | 240 | 0 | 30.55 | 0 | 198.86 |
| S | 0 | 0.04 | 0.01 | 0 | 0.24 | 0 | 0.27 |
| V | 1 | 0.97 | 0.85 | 1 | 0.92 | 1 | 1 |
| <i>Texture</i> | | | | | | | |
| Texture | - |  |  | - |  | - |  |

โปรแกรมคอมพิวเตอร์จะประมาณค่าด้วยการคำนวณการส่องสว่างจากการจำลอง โดมท้องฟ้าที่มีรัศมีไม่สิ้นสุดไปยังหน้าต่างเป็นแสงกระจายมายังจุดใดๆที่มองเห็นท้องฟ้าเพื่อดูผลค่า ความสว่างภายในเท่านั้น ผู้ใช้สามารถกำหนดค่าแสงอาทิตย์ตรงและทิศทางของความเข้มแสงหรือถูก คำนวณโดยโปรแกรมเมื่อให้ข้อมูลที่ตั้งของการจำลองสภาพ, เวลา, สภาพท้องฟ้าซึ่งเป็นจำนวนเมฆปกคลุมท้องฟ้าและค่าอัตราส่วนท้องฟ้าได้

สำหรับการจำลองสภาพครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ในการเปรียบเทียบผลค่าความสว่างภายในจากการจำลองสภาพการให้แสงสว่างด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์กับการวัดค่าความสว่างภายในอาคารตัวอย่างครั้งที่ 2 ในวันที่ 21 ธันวาคม พ.ศ.2543 ตามเวลา 10:00-17:00 น. ทุก1ชั่วโมง จึง กำหนดตัวแปรสภาพท้องฟ้าเมฆบางส่วนที่มีค่าอัตราส่วนท้องฟ้าเท่ากับ 0.5 โดยกำหนดข้อมูลตำแหน่ง ดวงอาทิตย์ในเดือนธันวาคม พ.ศ.2542 และค่าความสว่างจากดวงอาทิตย์ที่ตกกระทบพื้นผิวแนวตั้งใน ทิศเหนือจากค่าเฉลี่ยความสว่างรายปี พ.ศ.2542 (ดูรายละเอียดในตาราง 3.1.2 b และ 3.1.2 d)

4.2.2 เปรียบเทียบผลการประมาณค่าความสว่างภายในอาคารตัวอย่าง

ทำการเปรียบเทียบผลค่าความสว่างภายในจากการจำลองสภาพการให้แสงสว่างธรรมชาติผ่านช่องเปิดอาคารตัวอย่าง ดังต่อไปนี้

ตาราง 4.2.2 ผลค่าความสว่างภายในจากการจำลองสภาพการให้แสงสว่างธรรมชาติผ่านช่องเปิดอาคารตัวอย่าง

| local time | Sun position | | | Computer calculation | | | Measurement 21-Dec-00 | | |
|---------------|----------------------|---------------------|-------------------------|----------------------|------------------|------------------|--------------------------|-----------------|-----------------|
| | altitude (degree) | azimute (degree) | sun illuminance (lx) | Ec - 30% (lx) | Ec - 50% (lx) | Ec - 70% (lx) | Em- 30% (lx) | Em- 50% (lx) | Em- 70% (lx) |
| 10:00 | -42 | 40 | 20,127 | 599 | 360 | 381 | 580 | 550 | 438 |
| 11:00 | -26 | 48 | 22,140 | 668 | 481 | 293 | 433 | 422 | 335 |
| 12:00 | -6 | 52 | 22,140 | 622 | 622 | 467 | 630 | 602 | 516 |
| 13:00 | 16 | 51 | 23,146 | 681 | 503 | 417 | 506 | 488 | 436 |
| 14:00 | 35 | 44 | 22,140 | 511 | 412 | 373 | 521 | 479 | 369 |
| 15:00 | 48 | 35 | 19,121 | 435 | 453 | 372 | 459 | 445 | 416 |
| 16:00 | 56 | 23 | 17,108 | 345 | 233 | 145 | 371 | 367 | 332 |
| 17:00 | 63 | 11 | 6,038 | 144 | 99 | 77 | 118 | 105 | 79 |

หมายเหตุ :

Ec - 30% คือ ค่าความสว่างจากการคำนวณโดยคอมพิวเตอร์บนพื้นผิวอ้างอิงที่ระยะ 30% ความลึกห้อง

Ec - 50% คือ ค่าความสว่างจากการคำนวณโดยคอมพิวเตอร์บนพื้นผิวอ้างอิงที่ระยะ 50% ความลึกห้อง

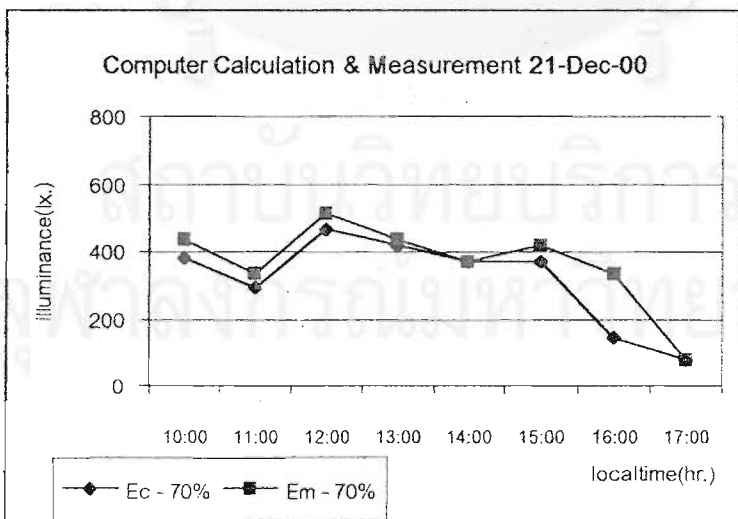
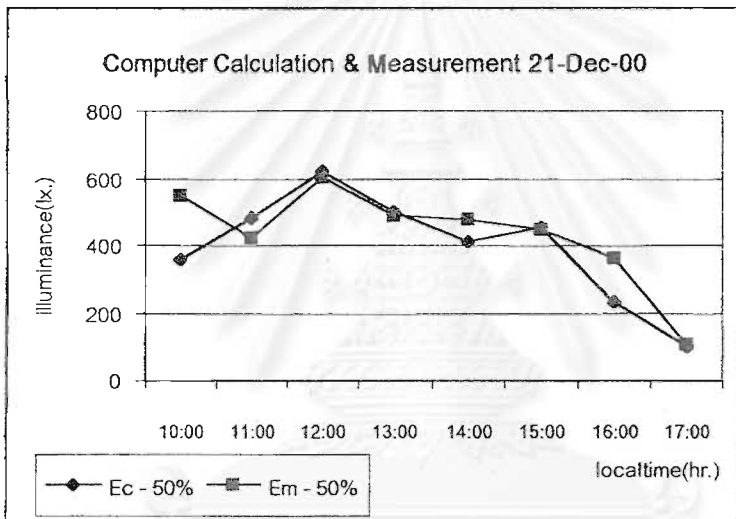
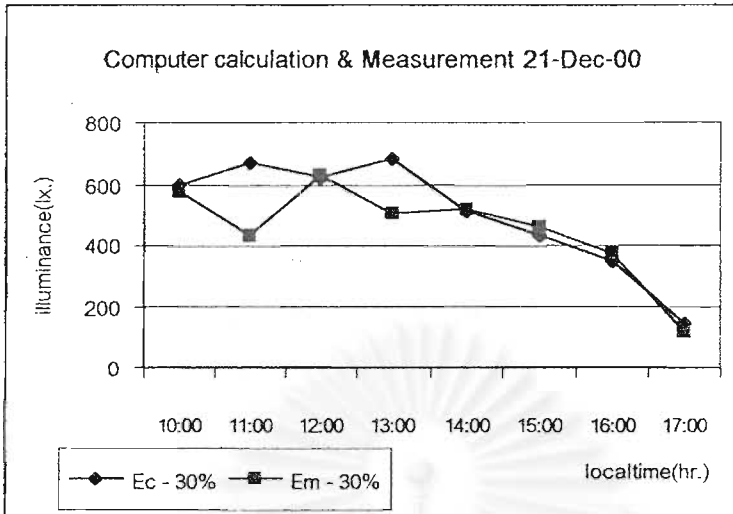
Ec - 70% คือ ค่าความสว่างจากการคำนวณโดยคอมพิวเตอร์บนพื้นผิวอ้างอิงที่ระยะ 70% ความลึกห้อง

Em - 30% คือ ค่าความสว่างจากเครื่องมือวัดแสงสว่างบนพื้นผิวอ้างอิงที่ระยะ 30% ความลึกห้อง

Em - 50% คือ ค่าความสว่างจากเครื่องมือวัดแสงสว่างบนพื้นผิวอ้างอิงที่ระยะ 50% ความลึกห้อง

Em - 70% คือ ค่าความสว่างจากเครื่องมือวัดแสงสว่างบนพื้นผิวอ้างอิงที่ระยะ 70% ความลึกห้อง

จากตารางและแผนภูมิ 4.2.2 สามารถสรุปได้ว่าผลการประมาณค่าความสว่างภายในอาคารตัวอย่างจากการจำลองสภาพการให้แสงสว่างธรรมชาติผ่านช่องเปิดทิศเหนือมีค่าใกล้เคียงกัน และค่าความสว่างบนพื้นผิวอ้างอิงมีแนวโน้มไปในทิศทางเดียวกันเป็นส่วนใหญ่ ดังนั้นการประมาณค่าความสว่างภายในด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ Lightscape 3.2 จึงสามารถเชื่อถือได้ อย่างไรก็ตาม ความคลาดเคลื่อนที่เกิดขึ้นเป็นผลจากการใส่ข้อมูลตัวแปรที่ได้จากข้อมูลค่าตำแหน่งดวงอาทิตย์ในเดือนธันวาคมและข้อมูลค่าเฉลี่ยรายชั่วโมงของค่าความสว่างแนวตั้งทิศเหนือในสภาพท้องฟ้าเมฆบางส่วนปีพ.ศ. 2542 ส่วนการตรวจสอบค่าความสว่างภายในทำในวันที่ 21 ธันวาคม พ.ศ.2543



แผนภูมิ 4.2.2 การเปรียบเทียบผลค่าความสว่างภายในจากการจำลองสภาพด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์กับการวัดค่าความสว่างภายในอาคารตัวอย่าง

บทที่ 5

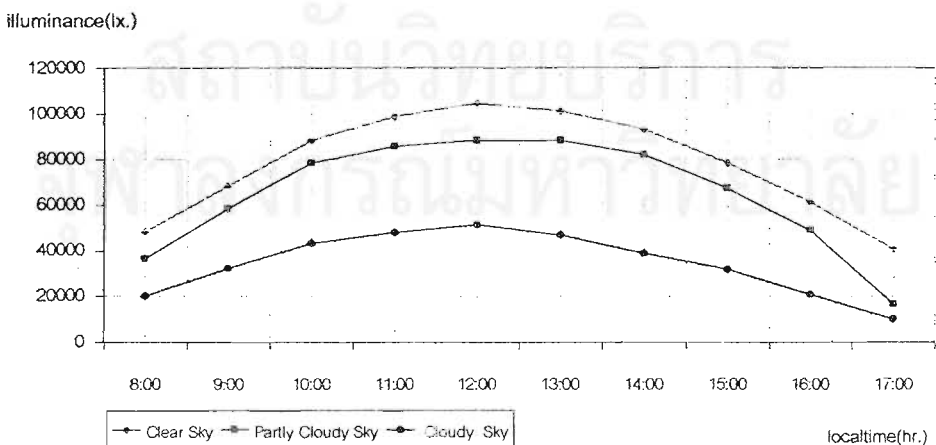
การศึกษาอิทธิพลของรูปแบบช่องเปิดในการนำแสงธรรมชาติมาใช้ในสำนักงาน

จากการประมาณค่าความสว่างภายในห้องจำลองสภาพโดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ สามารถประเมินผลของรูปแบบช่องเปิดที่ใช้เป็นกรณีศึกษาของการวิจัยครั้งนี้โดยพิจารณาเฉพาะในเชิงปริมาณ ดังรายละเอียดต่อไปนี้

5.1 ประเมินผลของรูปแบบช่องเปิดในเชิงการนำแสงธรรมชาติเข้ามาในอาคาร

ในการวิจัยครั้งนี้ได้ประเมินผลของรูปแบบช่องเปิดในเชิงการนำแสงธรรมชาติเข้ามาใช้ประโยชน์ในสำนักงานจากค่าความสว่างบนพื้นผิวอ้างอิงซึ่งสูงจากระดับพื้นห้อง 0.75 เมตร และระยะทางที่แสงธรรมชาติเข้ามาภายในห้องมาตรฐานขนาด $9 \times 9 \times 3.6$ เมตร จากการจำลองสภาพด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ให้แสงธรรมชาติผ่านอุปกรณ์บังแดดของรูปแบบช่องเปิดกระจกโพลติไลทอนา 6 มม. ตามสภาพท้องฟ้าทั้ง 3 ประเภท เมื่อกำหนดค่าอัตราส่วนท้องฟ้าจากค่าเฉลี่ยรายปี พ.ศ.2542 ของสภาพท้องฟ้าแจ่มใส ท้องฟ้าเมฆบางส่วน ท้องฟ้าเมฆเต็มท้องฟ้าเท่ากับ 0.2, 0.5 และ 0.95 ตามลำดับ โดยพิจารณา 2 กรณี คือ ผลของรูปแบบช่องเปิดในทิศเหนือและทิศใต้ (ดูภาคผนวก ข.)

Year average of Global illuminance:Exh 1999



แผนภูมิ 5.1.1 a ค่าเฉลี่ยรายปีของความสว่างภายนอกแนวนอนในสภาพท้องฟ้า 3 ประเภท พ.ศ. 2542

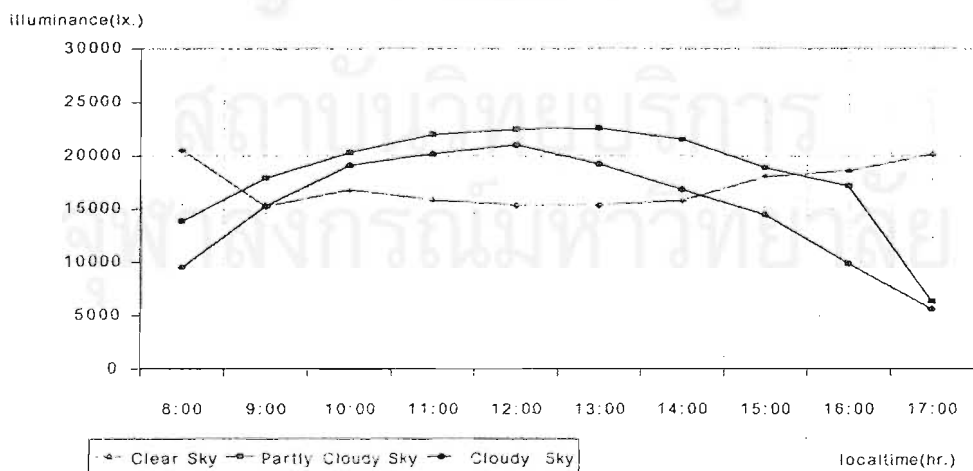
5.1.1 ผลของรูปแบบช่องเปิดทิศเหนือในเชิงการนำแสงธรรมชาติเข้ามาในอาคาร

ผลของรูปแบบช่องเปิดทิศเหนือจากการจำลองสภาพด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ จะพิจารณาตัวแปรตามเมื่อกำหนดตัวแปรอิสระและควบคุม ดังนี้

ตาราง 5.1.1a การกำหนดตัวแปรเพื่อศึกษาผลของรูปแบบช่องเปิดทิศเหนือในเชิงการนำแสงธรรมชาติ

| ตัวแปรตาม | ตัวแปรอิสระ | ตัวแปรควบคุม | หมายเหตุ |
|-----------------------------------|---------------------|--------------------------------|--|
| ค่าความสว่างภายในบนพื้นผิวอ้างอิง | สัดส่วนพื้นที่กระจก | ชนิดกระจก | กระจกโพลติไล หนา 6 ม.ม. คุณสมบัติด้านแสง(visible rays) สะท้อน 7% ,ส่งผ่าน 88% คุณสมบัติด้านความร้อน(solar energy) สะท้อน 7% ,ส่งผ่าน 80% ,ดูดกลืน 13% U-value = 5.83 ,SC = 0.96 |
| | | ความสว่างภายนอกแนวตั้งทิศเหนือ | ค่าเฉลี่ยรายชั่วโมงของปี พ.ศ. 2542 (ตาราง 3.1.2 d-f หรือ แผนภูมิ 5.1.1 b) |
| | | ตำแหน่งดวงอาทิตย์ | ค่าเฉลี่ยรายชั่วโมงของปี พ.ศ. 2542 (ตาราง 3.1.2 c) |
| | | สภาพท้องฟ้า | ค่าอัตราส่วนท้องฟ้า (0.2,0.5 ,0.95) |
| | | องค์ประกอบภายใน | ห้องมาตรฐาน (ตาราง 3.2.2a,4.2.1a) |

Year average of North illuminance:Exv 1999



แผนภูมิ 5.1.1 b ค่าเฉลี่ยรายปีของความสว่างภายนอกแนวตั้งในสภาพท้องฟ้า 3 ประเภท ทิศเหนือ พ.ศ. 2542

5.1.1.1 ค่าความสว่างบนพื้นผิวอ้างอิงของรูปแบบช่องเปิดในทิศเหนือ


แสดงผลค่าความสว่างภายในจากการจำลองสภาพการให้แสงสว่างธรรมชาติภายนอก (แผนภูมิ 5.1.1b) ผ่านรูปแบบช่องเปิดที่มีสัดส่วนพื้นที่กระจกต่างกันซึ่งมีการออกแบบอุปกรณ์บังแดดพื้นฐานทิศเหนือเพื่อลดอิทธิพลการแผ่รังสีจากดวงอาทิตย์จำนวน 6 ชั่วโมงในช่วงเวลา 09:00 น. - 15:00 น. ดังตาราง 5.1.1b - m ซึ่งผลค่าสถิติของความสว่างภายในจะพิจารณาจาก

ค่ามากที่สุด(max) คือ ค่าความสว่างบนพื้นผิวอ้างอิงที่สูงที่สุด(ลักซ์)


ค่าเฉลี่ย(average)คือ ค่าความสว่างบนพื้นผิวอ้างอิงทั้งหมดโดยเฉลี่ย(ลักซ์)

อัตราส่วนค่ามากที่สุดต่อค่าเฉลี่ย(max/avg.) คือ ค่าคงที่ซึ่งแสดงถึงการกระจายความสว่างบนพื้นผิวอ้างอิง โดยค่า 1 (max \leq avg.) หมายถึงการกระจายความสว่างบนพื้นผิวอย่างสม่ำเสมอ ค่าสูงขึ้น(max > avg.) หมายถึงการกระจายความสว่างบนพื้นผิวอย่างไม่สม่ำเสมอมากขึ้น กล่าวคือมีความสว่างแตกต่างกันมากเมื่อเปรียบเทียบกับบนพื้นผิวอ้างอิงทั้งหมด

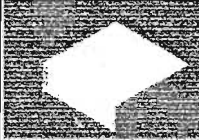
ตาราง 5.1.1b ความสว่างภายในของรูปแบบช่องเปิดต่อเนื่อง 70% ทิศเหนือ(ไม่มีอุปกรณ์บังแดด)

|  | ผลค่าสถิติของความสว่างภายในบนพื้นผิวอ้างอิงทั้งหมด | | | | | | | | | | |
|---|--|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | | 8:00 | 9:00 | 10:00 | 11:00 | 12:00 | 13:00 | 14:00 | 15:00 | 16:00 | 17:00 |
| Clear Sky | Max(lx.) | 1751 | 2252 | 2516 | 2704 | 2791 | 2768 | 2652 | 2448 | 2121 | 1693 |
| | Average(lx.) | 308 | 321 | 359 | 385 | 398 | 395 | 378 | 349 | 302 | 241 |
| | Max/Avg. | 5.7 | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 |
| Partly Cloudy Sky | Max(lx.) | 2978 | 4341 | 5504 | 6350 | 6795 | 6668 | 6099 | 5177 | 4023 | 2369 |
| | Average(lx.) | 518 | 793 | 1006 | 1161 | 1242 | 1219 | 1115 | 947 | 703 | 434 |
| | Max/Avg. | 5.8 | 5.5 | 5.5 | 5.5 | 5.5 | 5.5 | 5.5 | 5.5 | 5.7 | 5.5 |
| Cloudy Sky | Max(lx.) | 1396 | 2119 | 2677 | 3085 | 3308 | 3245 | 2965 | 2517 | 1867 | 1169 |
| | Average(lx.) | 242 | 369 | 467 | 537 | 576 | 564 | 517 | 439 | 326 | 204 |
| | Max/Avg. | 5.8 | 5.7 | 5.7 | 5.7 | 5.7 | 5.8 | 5.7 | 5.7 | 5.7 | 5.7 |

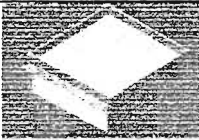
ตาราง 5.1.1c ความสว่างภายในของรูปแบบช่องเปิดต่อเนื่อง 70% ทิศเหนือ(มีอุปกรณ์บังแดด)

|  | ผลค่าสถิติของความสว่างภายในบนพื้นผิวอ้างอิงทั้งหมด | | | | | | | | | | |
|--|--|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | | 8:00 | 9:00 | 10:00 | 11:00 | 12:00 | 13:00 | 14:00 | 15:00 | 16:00 | 17:00 |
| Clear Sky | Max(lx.) | 932 | 1351 | 1510 | 1622 | 1675 | 1661 | 1591 | 1469 | 1273 | 1016 |
| | Average(lx.) | 182 | 158 | 177 | 190 | 196 | 195 | 186 | 172 | 149 | 119 |
| | Max/Avg. | 5.1 | 8.5 | 8.5 | 8.5 | 8.5 | 8.5 | 8.5 | 8.5 | 8.5 | 8.5 |
| Partly Cloudy Sky | Max(lx.) | 1585 | 2428 | 3078 | 3551 | 3801 | 3730 | 3411 | 2896 | 2141 | 1325 |
| | Average(lx.) | 310 | 481 | 610 | 703 | 753 | 739 | 676 | 574 | 418 | 262 |
| | Max/Avg. | 5.1 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5.1 | 5.1 |
| Cloudy Sky | Max(lx.) | 724 | 1101 | 1388 | 1596 | 1707 | 1675 | 1534 | 1311 | 972 | 610 |
| | Average(lx.) | 138 | 209 | 265 | 305 | 327 | 320 | 293 | 248 | 185 | 115 |
| | Max/Avg. | 5.3 | 5.3 | 5.2 | 5.2 | 5.2 | 5.2 | 5.2 | 5.3 | 5.3 | 5.3 |


ตาราง 5.1.1d ความสว่างภายในของรูปแบบช่องเปิดต่อเนื่อง 60% ทิศเหนือ(ไม่มีอุปกรณ์บังแดด)

|  | ผลค่าสถิติของความสว่างภายในบนพื้นผิวอ้างอิงทั้งหมด | | | | | | | | | | |
|--|--|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | | 8:00 | 9:00 | 10:00 | 11:00 | 12:00 | 13:00 | 14:00 | 15:00 | 16:00 | 17:00 |
| Clear Sky | Max(lx.) | 1465 | 1612 | 1801 | 1935 | 1997 | 1981 | 1898 | 1752 | 1518 | 1346 |
| | Average(lx.) | 209 | 206 | 280 | 301 | 311 | 308 | 295 | 273 | 236 | 192 |
| | Max/Avg. | 7 | 6.4 | 6.4 | 6.4 | 6.4 | 6.4 | 6.4 | 6.4 | 6.4 | 7 |
| Partly Cloudy Sky | Max(lx.) | 2368 | 3627 | 4599 | 5305 | 5678 | 5571 | 5096 | 4186 | 3199 | 1915 |
| | Average(lx.) | 408 | 621 | 785 | 904 | 968 | 950 | 868 | 742 | 548 | 344 |
| | Max/Avg. | 5.8 | 5.8 | 5.9 | 5.9 | 5.9 | 5.9 | 5.9 | 5.6 | 5.8 | 5.6 |
| Cloudy Sky | Max(lx.) | 1107 | 1685 | 2139 | 2448 | 2618 | 2568 | 2363 | 2006 | 1488 | 927 |
| | Average(lx.) | 190 | 288 | 365 | 419 | 448 | 439 | 403 | 342 | 254 | 159 |
| | Max/Avg. | 5.8 | 5.9 | 5.9 | 5.8 | 5.8 | 5.8 | 5.9 | 5.9 | 5.9 | 5.8 |


ตาราง 5.1.1e ความสว่างภายในของรูปแบบช่องเปิดต่อเนื่อง 60% ทิศเหนือ(มีอุปกรณ์บังแดด)

|  | ผลค่าสถิติของความสว่างภายในบนพื้นผิวอ้างอิงทั้งหมด | | | | | | | | | | |
|---|--|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | | 8:00 | 9:00 | 10:00 | 11:00 | 12:00 | 13:00 | 14:00 | 15:00 | 16:00 | 17:00 |
| Clear Sky | Max(lx.) | 1026 | 1254 | 1400 | 1505 | 1553 | 1541 | 1476 | 1363 | 1181 | 942 |
| | Average(lx.) | 108 | 134 | 150 | 161 | 166 | 165 | 158 | 146 | 126 | 99 |
| | Max/Avg. | 9.5 | 9.4 | 9.4 | 9.4 | 9.4 | 9.4 | 9.4 | 9.4 | 9.4 | 9.5 |
| Partly Cloudy Sky | Max(lx.) | 1337 | 1989 | 2522 | 2824 | 3114 | 3055 | 2712 | 2372 | 1702 | 1053 |
| | Average(lx.) | 253 | 391 | 493 | 568 | 609 | 597 | 546 | 464 | 344 | 213 |
| | Max/Avg. | 5.3 | 5.1 | 5.1 | 5 | 5.1 | 5.1 | 5 | 5.1 | 4.9 | 4.9 |
| Cloudy Sky | Max(lx.) | 609 | 914 | 1158 | 1337 | 1424 | 1403 | 1291 | 1098 | 808 | 509 |
| | Average(lx.) | 113 | 171 | 217 | 250 | 267 | 262 | 240 | 204 | 192 | 95 |
| | Max/Avg. | 5.4 | 5.3 | 5.3 | 5.4 | 5.3 | 5.3 | 5.4 | 5.4 | 5.3 | 5.4 |

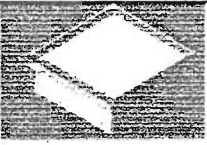
ตาราง 5.1.1f ความสว่างภายในของรูปแบบช่องเปิดไม่ต่อเนื่อง 3 ช่อง 60% ทิศเหนือ(มีอุปกรณ์บังแดด)

|  | ผลค่าสถิติของความสว่างภายในบนพื้นผิวอ้างอิง | | | | | | | | | | |
|--|---|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | | 8:00 | 9:00 | 10:00 | 11:00 | 12:00 | 13:00 | 14:00 | 15:00 | 16:00 | 17:00 |
| Clear Sky | Max(lx.) | 700 | 856 | 956 | 1028 | 1061 | 1052 | 1008 | 930 | 806 | 643 |
| | Average(lx.) | 67 | 82 | 92 | 99 | 102 | 101 | 97 | 89 | 77 | 62 |
| | Max/Avg. | 10.4 | 10.4 | 10.4 | 10.4 | 10.4 | 10.4 | 10.4 | 10.4 | 10.4 | 10.4 |
| Partly Cloudy Sky | Max(lx.) | 1216 | 1956 | 2363 | 2862 | 3063 | 3005 | 2618 | 2334 | 1643 | 1068 |
| | Average(lx.) | 157 | 243 | 314 | 363 | 385 | 377 | 345 | 295 | 215 | 132 |
| | Max/Avg. | 7.8 | 8.1 | 7.5 | 7.9 | 8 | 8 | 7.6 | 7.9 | 7.6 | 8.1 |
| Cloudy Sky | Max(lx.) | 582 | 892 | 1138 | 1299 | 1380 | 1354 | 1258 | 1055 | 783 | 489 |
| | Average(lx.) | 71 | 108 | 135 | 156 | 168 | 164 | 151 | 129 | 95 | 60 |
| | Max/Avg. | 8.2 | 8.2 | 8.4 | 8.3 | 8.2 | 8.2 | 8.3 | 8.2 | 8.2 | 8.2 |


ตาราง 5.1.1g ความสว่างภายในของรูปแบบช่องเปิดต่อเนื่อง 50% ทิศเหนือ(ไม่มีอุปกรณ์บังแดด)

|  | ผลค่าสถิติของความสว่างภายในบนพื้นผิวอ้างอิงทั้งหมด | | | | | | | | | | |
|--|--|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | | 8:00 | 9:00 | 10:00 | 11:00 | 12:00 | 13:00 | 14:00 | 15:00 | 16:00 | 17:00 |
| Clear Sky | Max(lx.) | 2219 | 2853 | 3187 | 3426 | 3536 | 3507 | 3360 | 3102 | 2687 | 2144 |
| | Average(lx.) | 379 | 399 | 446 | 479 | 495 | 491 | 470 | 434 | 376 | 300 |
| | Max/Avg. | 5.9 | 7.1 | 7.1 | 7.1 | 7.1 | 7.1 | 7.1 | 7.1 | 7.1 | 7.1 |
| Partly Cloudy Sky | Max(lx.) | 3772 | 5778 | 7327 | 8044 | 8608 | 8447 | 8119 | 6892 | 5096 | 3000 |
| | Average(lx.) | 637 | 980 | 1242 | 1439 | 1540 | 1511 | 1377 | 1169 | 864 | 535 |
| | Max/Avg. | 5.9 | 5.9 | 5.9 | 5.6 | 5.6 | 5.6 | 5.9 | 5.9 | 5.9 | 5.6 |
| Cloudy Sky | Max(lx.) | 1764 | 2678 | 3407 | 3909 | 4181 | 4101 | 3757 | 3203 | 2365 | 1477 |
| | Average(lx.) | 299 | 454 | 577 | 666 | 712 | 698 | 635 | 542 | 401 | 251 |
| | Max/Avg. | 5.9 | 5.9 | 5.9 | 5.9 | 5.9 | 5.9 | 5.9 | 5.9 | 5.9 | 5.9 |


ตาราง 5.1.1h ความสว่างภายในของรูปแบบช่องเปิดต่อเนื่อง 50% ทิศเหนือ(มีอุปกรณ์บังแดด)

|  | ผลค่าสถิติของความสว่างภายในบนพื้นผิวอ้างอิงทั้งหมด | | | | | | | | | | |
|---|--|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | | 8:00 | 9:00 | 10:00 | 11:00 | 12:00 | 13:00 | 14:00 | 15:00 | 16:00 | 17:00 |
| Clear Sky | Max(lx.) | 1634 | 1997 | 2231 | 2398 | 2475 | 2455 | 2352 | 2171 | 1881 | 1501 |
| | Average(lx.) | 193 | 236 | 264 | 283 | 293 | 290 | 278 | 257 | 222 | 177 |
| | Max/Avg. | 8.5 | 8.5 | 8.5 | 8.5 | 8.5 | 8.5 | 8.5 | 8.5 | 8.5 | 8.5 |
| Partly Cloudy Sky | Max(lx.) | 2251 | 3448 | 4372 | 5044 | 5398 | 5297 | 4845 | 4113 | 3041 | 1882 |
| | Average(lx.) | 437 | 665 | 844 | 966 | 1034 | 1015 | 940 | 794 | 588 | 364 |
| | Max/Avg. | 5.2 | 5.2 | 5.2 | 5.2 | 5.2 | 5.2 | 5.2 | 5.2 | 5.2 | 5.2 |
| Cloudy Sky | Max(lx.) | 1080 | 1643 | 2104 | 2401 | 2588 | 2539 | 2308 | 1963 | 1451 | 910 |
| | Average(lx.) | 196 | 298 | 376 | 434 | 461 | 452 | 418 | 354 | 263 | 165 |
| | Max/Avg. | 5.5 | 5.5 | 5.6 | 5.5 | 5.6 | 5.6 | 5.5 | 5.5 | 5.5 | 5.5 |

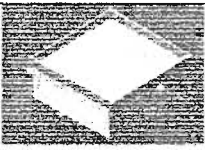
ตาราง 5.1.1i ความสว่างภายในของรูปแบบช่องเปิดไม่ต่อเนื่อง 2 ช่อง 50% ทิศเหนือ(มีอุปกรณ์บังแดด)

|  | ผลค่าสถิติของความสว่างภายในบนพื้นผิวอ้างอิงทั้งหมด | | | | | | | | | | |
|--|--|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | | 8:00 | 9:00 | 10:00 | 11:00 | 12:00 | 13:00 | 14:00 | 15:00 | 16:00 | 17:00 |
| Clear Sky | Max(lx.) | 1401 | 1712 | 1912 | 2055 | 2121 | 2104 | 2016 | 1861 | 1612 | 1287 |
| | Average(lx.) | 152 | 186 | 208 | 224 | 231 | 229 | 219 | 203 | 175 | 140 |
| | Max/Avg. | 9.2 | 9.2 | 9.2 | 9.2 | 9.2 | 9.2 | 9.2 | 9.2 | 9.2 | 9.2 |
| Partly Cloudy Sky | Max(lx.) | 1886 | 2982 | 3782 | 4226 | 4669 | 4581 | 4060 | 3446 | 2630 | 1627 |
| | Average(lx.) | 340 | 530 | 661 | 779 | 826 | 810 | 738 | 637 | 468 | 291 |
| | Max/Avg. | 5.5 | 5.6 | 5.7 | 5.4 | 5.7 | 5.7 | 5.5 | 5.4 | 5.6 | 5.6 |
| Cloudy Sky | Max(lx.) | 971 | 1432 | 1814 | 2085 | 2221 | 1995 | 1995 | 1698 | 1265 | 786 |
| | Average(lx.) | 172 | 236 | 298 | 343 | 366 | 330 | 330 | 282 | 208 | 130 |
| | Max/Avg. | 5.6 | 6.1 | 6.1 | 6.1 | 6.1 | 6 | 6.1 | 6.1 | 6.1 | 6.1 |

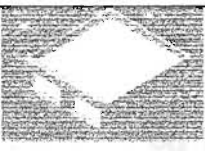
ตาราง 5.1.1j ความสว่างภายในของรูปแบบช่องเปิดต่อเนื่อง 40% ทิศเหนือ(ไม่มีอุปกรณ์บังแดด)

|  | ผลค่าสถิติของความสว่างภายในบนพื้นผิวอ้างอิงทั้งหมด | | | | | | | | | | |
|--|--|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | | 8:00 | 9:00 | 10:00 | 11:00 | 12:00 | 13:00 | 14:00 | 15:00 | 16:00 | 17:00 |
| Clear Sky | Max(lx.) | 1659 | 2027 | 2264 | 2419 | 2512 | 2492 | 2387 | 2204 | 1909 | 1524 |
| | Average(lx.) | 237 | 290 | 324 | 346 | 359 | 356 | 341 | 315 | 273 | 218 |
| | Max/Avg. | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 |
| Partly Cloudy Sky | Max(lx.) | 2257 | 3531 | 4384 | 5058 | 5413 | 5312 | 4858 | 4124 | 3049 | 1927 |
| | Average(lx.) | 451 | 692 | 881 | 1017 | 1088 | 1068 | 977 | 830 | 612 | 378 |
| | Max/Avg. | 5 | 5.1 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5.1 |
| Cloudy Sky | Max(lx.) | 1061 | 1669 | 2113 | 2430 | 2615 | 2550 | 2335 | 2016 | 1470 | 891 |
| | Average(lx.) | 210 | 322 | 408 | 469 | 504 | 493 | 452 | 384 | 284 | 177 |
| | Max/Avg. | 5 | 5.2 | 5.2 | 5.2 | 5.2 | 5.2 | 5.2 | 5.3 | 5.2 | 5 |

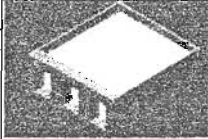
ตาราง 5.1.1k ความสว่างภายในของรูปแบบช่องเปิดต่อเนื่อง 40% ทิศเหนือ(มีอุปกรณ์บังแดด)

|  | ผลค่าสถิติของความสว่างภายในบนพื้นผิวอ้างอิงทั้งหมด | | | | | | | | | | |
|---|--|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | | 8:00 | 9:00 | 10:00 | 11:00 | 12:00 | 13:00 | 14:00 | 15:00 | 16:00 | 17:00 |
| Clear Sky | Max(lx.) | 1106 | 1351 | 1510 | 1613 | 1675 | 1661 | 1591 | 1469 | 1273 | 1016 |
| | Average(lx.) | 148 | 181 | 202 | 216 | 224 | 222 | 213 | 196 | 170 | 136 |
| | Max/Avg. | 7.5 | 7.5 | 7.5 | 7.5 | 7.5 | 7.5 | 7.5 | 7.5 | 7.5 | 7.5 |
| Partly Cloudy Sky | Max(lx.) | 1393 | 2207 | 2705 | 3121 | 3340 | 3277 | 2998 | 2545 | 1946 | 1124 |
| | Average(lx.) | 315 | 490 | 617 | 712 | 762 | 748 | 684 | 579 | 428 | 259 |
| | Max/Avg. | 4.4 | 4.5 | 4.4 | 4.4 | 4.4 | 4.4 | 4.4 | 4.4 | 4.5 | 4.3 |
| Cloudy Sky | Max(lx.) | 602 | 910 | 1153 | 1447 | 1540 | 1503 | 1377 | 1159 | 817 | 502 |
| | Average(lx.) | 141 | 215 | 272 | 314 | 334 | 329 | 301 | 255 | 189 | 118 |
| | Max/Avg. | 4.3 | 4.2 | 4.2 | 4.6 | 4.6 | 4.6 | 4.6 | 4.5 | 4.3 | 4.3 |

ตาราง 5.1.1l ความสว่างภายในของรูปแบบช่องเปิดไม่ต่อเนื่อง 2 ช่อง 40% ทิศเหนือ(มีอุปกรณ์บังแดด)

|  | ผลค่าสถิติของความสว่างภายในบนพื้นผิวอ้างอิงทั้งหมด | | | | | | | | | | |
|--|--|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | | 8:00 | 9:00 | 10:00 | 11:00 | 12:00 | 13:00 | 14:00 | 15:00 | 16:00 | 17:00 |
| Clear Sky | Max(lx.) | 1167 | 1427 | 1594 | 1713 | 1768 | 1754 | 1680 | 1551 | 1343 | 1072 |
| | Average(lx.) | 155 | 189 | 211 | 227 | 234 | 233 | 223 | 206 | 178 | 142 |
| | Max/Avg. | 7.5 | 7.5 | 7.5 | 7.5 | 7.5 | 7.5 | 7.5 | 7.5 | 7.5 | 7.5 |
| Partly Cloudy Sky | Max(lx.) | 1399 | 2237 | 2718 | 3272 | 3502 | 3436 | 3012 | 2668 | 1973 | 1170 |
| | Average(lx.) | 318 | 494 | 624 | 718 | 776 | 757 | 701 | 590 | 428 | 265 |
| | Max/Avg. | 4.4 | 4.5 | 4.4 | 4.6 | 4.5 | 4.5 | 4.3 | 4.5 | 4.6 | 4.4 |
| Cloudy Sky | Max(lx.) | 603 | 924 | 1264 | 1480 | 1574 | 1553 | 1423 | 1174 | 816 | 506 |
| | Average(lx.) | 143 | 220 | 276 | 316 | 341 | 333 | 307 | 259 | 192 | 120 |
| | Max/Avg. | 4.2 | 4.2 | 4.6 | 4.7 | 4.6 | 4.7 | 4.6 | 4.5 | 4.2 | 4.2 |

ตาราง 5.1.1m ความสว่างภายในของรูปแบบช่องเปิดไม้ต่อเนื่อง 3 ช่อง 40% ทิศเหนือ(มีอุปกรณ์บังแดด)











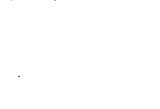

|  | ผลค่าสถิติของความสว่างภายในบนพื้นผิวอ้างอิงทั้งหมด | | | | | | | | | | |
|--|--|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | | 8:00 | 9:00 | 10:00 | 11:00 | 12:00 | 13:00 | 14:00 | 15:00 | 16:00 | 17:00 |
| Clear Sky | Max(lx.) | 680 | 856 | 956 | 1028 | 1061 | 1052 | 1008 | 930 | 806 | 643 |
| | Average(lx.) | 99 | 89 | 100 | 107 | 110 | 110 | 105 | 97 | 84 | 67 |
| | Max/Avg. | 6.9 | 9.6 | 9.6 | 9.6 | 9.6 | 9.6 | 9.6 | 9.6 | 9.6 | 9.6 |
| Partly Cloudy Sky | Max(lx.) | 1156 | 1678 | 2127 | 2590 | 2772 | 2577 | 2357 | 2001 | 1479 | 915 |
| | Average(lx.) | 169 | 264 | 332 | 387 | 417 | 396 | 364 | 312 | 226 | 144 |
| | Max/Avg. | 6.9 | 6 | 6.4 | 6.7 | 6.6 | 6.5 | 6.5 | 6.4 | 6.5 | 6.4 |
| Cloudy Sky | Max(lx.) | 542 | 824 | 1044 | 1183 | 1265 | 1260 | 1137 | 982 | 717 | 448 |
| | Average(lx.) | 77 | 117 | 146 | 168 | 180 | 177 | 161 | 139 | 103 | 65 |
| | Max/Avg. | 7 | 7.1 | 7.2 | 7 | 7 | 7.1 | 7.1 | 7.1 | 7 | 6.9 |

เมื่อพิจารณาผลตัวแปรของอุปกรณ์บังแดดพื้นฐานทิศเหนือซึ่งมีลักษณะเป็นอุปกรณ์บังแดดแนวนอน 1 ระดับ จากการเปรียบเทียบรูปแบบช่องเปิดหน้าต่างต่อเนื่องทิศใต้ที่มีสัดส่วนพื้นที่กระจกเท่ากันระหว่างมีอุปกรณ์บังแดดกับไม่มีอุปกรณ์บังแดด พบว่า อิทธิพลของอุปกรณ์บังแดดดังกล่าวส่งผลให้ค่าความสว่างภายในบนพื้นผิวอ้างอิงทั้งหมดมีค่าลดต่ำลงในทุกสภาพท้องฟ้าโดยทำให้ค่ามากที่สุดมีค่าลดต่ำลง 20%-50%, ค่าเฉลี่ยมีค่าลดต่ำลง 30%-50%

สำหรับอัตราส่วนค่ามากที่สุดต่อค่าเฉลี่ย(max/avg.) พบว่ารูปแบบช่องเปิดในทิศเหนือที่ไม่มีอุปกรณ์บังแดด เวลา 08:00 น.-17:00น. ในแต่ละสภาพท้องฟ้าจะมีค่า max/avg. คงที่หรือแตกต่างกันน้อยมากกล่าวคือมีการกระจายแสงธรรมชาติเข้าไปภายในห้องอย่างสม่ำเสมอเวลา 08:00 น.-17:00น. ต่อมาเมื่อมีการออกแบบอุปกรณ์บังแดดให้กับหน้าต่างกระจกพบว่า เวลา 09:00 น.-16:00น. ค่า max/avg. จะมีค่าเพิ่มสูงขึ้นในสภาพท้องฟ้าแจ่มใสแต่มีค่าลดต่ำลงในสภาพท้องฟ้าเมฆบางส่วนและสภาพท้องฟ้าเมฆเต็มท้องฟ้า กล่าวคือ ในสภาพท้องฟ้าแจ่มใสนั้นการออกแบบอุปกรณ์บังแดดแนวนอน 1 ระดับเหนือช่องกระจกจะส่งผลทำให้เกิดความแปรปรวนของค่าความสว่างภายในบนพื้นผิวอ้างอิงทั้งหมดเพิ่มสูงขึ้น เนื่องจากความแตกต่างของค่าความสว่างภายในบนพื้นผิวอ้างอิงระหว่างบริเวณริมหน้าต่างกับบริเวณที่ห่างจากริมหน้าต่างเข้าไปตามความลึกห้องที่เพิ่มมากขึ้น อย่างไรก็ตามในสภาพท้องฟ้าเมฆบางส่วนและสภาพท้องฟ้าเมฆเต็มท้องฟ้าการสะท้อนรังสีกระจายจากภายนอกจะส่งผลให้มีการกระจายแสงธรรมชาติเข้าไปภายในห้องอย่างสม่ำเสมอเพิ่มสูงขึ้น

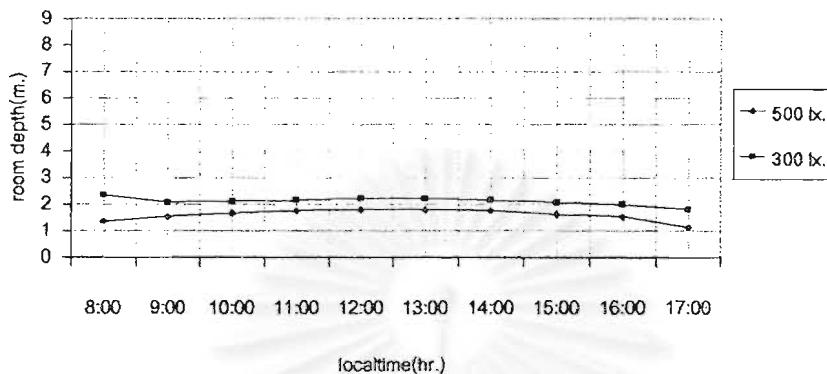
5.1.1.2 ระยะเวลาที่แสงธรรมชาติเข้ามาภายในจากผลของรูปแบบช่องเปิดทิศเหนือ

จากการประมาณค่าความสว่างภายในบนพื้นผิวอ้างอิงด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ เพื่อศึกษาผลของรูปแบบช่องเปิดในทิศเหนือ โดยแยกพิจารณาตามสัดส่วนพื้นที่กระจก 70%, 60%, 50% และ 40% ที่มีกรอบแบบอุปกรณ์บังแดดพื้นฐานเพื่อลดอิทธิพลการแผ่รังสีจากดวงอาทิตย์ในช่วงเวลา 09:00น.-16:00 น ตามสภาพท้องฟ้าทั้ง 3 ประเภท เมื่อกำหนดค่าความสว่างบนพื้นผิวอ้างอิงที่ต้องการ 500 ลักซ์ จะสามารถหาระยะทางที่แสงธรรมชาติเข้ามาเนื่องจากรูปแบบช่องเปิดในทิศเหนือโดยวัดระยะทางจากขอบหน้าต่างผนังด้านในเข้ามาภายในห้องมาตรฐาน นำมาแสดงผลที่เกิดขึ้นเป็นค่าเฉลี่ยรายปี ในช่วงเวลาทำงาน 08:00น.-17:00 น ดังตาราง 5.1.1k และแผนภูมิ 5.1.1c-j ตาราง 5.1.1k ค่าเฉลี่ยรายปีของระยะทางที่แสงธรรมชาติเข้ามาภายในห้องมาตรฐานจากอิทธิพลของรูปแบบช่องเปิดทิศเหนือที่ใช้เป็นกรณีศึกษา

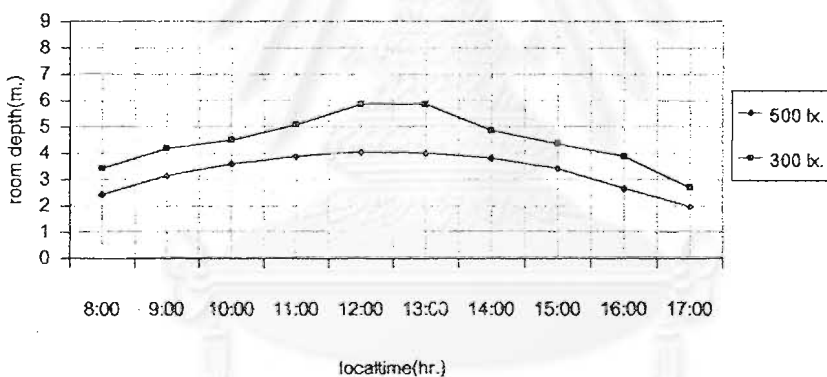
| รูปแบบช่องเปิดทิศเหนือ | สภาพท้องฟ้า | ค่าเฉลี่ยรายปีของระยะทางที่แสงธรรมชาติเข้ามาภายในห้องมาตรฐาน(เมตร) | | | | | | | | | | |
|------------------------|---|--|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-----|
| | | 08:00 | 09:00 | 10:00 | 11:00 | 12:00 | 13:00 | 14:00 | 15:00 | 16:00 | 17:00 | |
| S1- 70 |  | แจ่มใส | 1.4 | 1.5 | 1.7 | 1.8 | 1.8 | 1.8 | 1.8 | 1.6 | 1.5 | 1.1 |
| |  | เมฆบางส่วน | 2.4 | 3.2 | 3.6 | 3.9 | 4.1 | 4.0 | 3.8 | 3.4 | 2.7 | 2.0 |
| |  | เมฆเต็มท้องฟ้า | 0 | 1.7 | 2.1 | 2.4 | 2.4 | 2.4 | 2.3 | 2.0 | 1.4 | 0 |
| S1- 60 |  | แจ่มใส | 0 | 1.3 | 1.4 | 1.5 | 1.6 | 1.6 | 1.5 | 1.4 | 1.2 | 0 |
| |  | เมฆบางส่วน | 2.0 | 2.7 | 3.4 | 3.5 | 3.7 | 3.7 | 3.5 | 3.2 | 2.6 | 1.7 |
| |  | เมฆเต็มท้องฟ้า | 0 | 1.4 | 1.8 | 2.0 | 2.2 | 2.1 | 2.0 | 1.7 | 1.0 | 0 |
| P3- 60 |  | แจ่มใส | 0 | 1.0 | 1.3 | 1.4 | 1.4 | 1.4 | 1.4 | 1.2 | 0.9 | 0 |
| |  | เมฆบางส่วน | 1.8 | 2.3 | 2.5 | 3.2 | 3.0 | 3.5 | 3.5 | 2.5 | 2.3 | 1.3 |
| |  | เมฆเต็มท้องฟ้า | 0 | 0 | 1.4 | 1.7 | 1.8 | 1.8 | 1.6 | 1.3 | 0 | 0 |
| S1- 50 |  | แจ่มใส | 1.9 | 2.1 | 2.3 | 2.3 | 2.4 | 2.4 | 2.3 | 2.3 | 2.2 | 1.8 |
| |  | เมฆบางส่วน | 3.0 | 3.8 | 4.2 | 4.4 | 4.5 | 4.4 | 4.3 | 4.0 | 3.6 | 2.7 |
| |  | เมฆเต็มท้องฟ้า | 1.7 | 2.3 | 2.6 | 2.8 | 3.0 | 2.9 | 2.7 | 2.5 | 2.2 | 1.3 |
| P2- 50 | | แจ่มใส | 1.0 | 2.4 | 1.9 | 2.0 | 2.1 | 2.1 | 2.0 | 1.8 | 1.4 | 0 |
| | | เมฆบางส่วน | 2.3 | 3.6 | 4.1 | 4.3 | 4.3 | 4.3 | 4.4 | 4.0 | 3.2 | 2.2 |
| | | เมฆเต็มท้องฟ้า | 0 | 2.5 | 2.2 | 2.4 | 2.5 | 2.3 | 2.3 | 2.0 | 1.3 | 0 |
| S1- 40 | | แจ่มใส | 1.9 | 2.3 | 2.3 | 2.4 | 2.5 | 2.5 | 2.4 | 2.3 | 2.2 | 1.7 |
| | | เมฆบางส่วน | 2.7 | 3.4 | 4.0 | 4.1 | 4.2 | 4.2 | 4.1 | 3.8 | 3.3 | 2.3 |
| | | เมฆเต็มท้องฟ้า | 1.2 | 2.0 | 2.3 | 2.5 | 2.6 | 2.6 | 2.5 | 2.3 | 1.8 | 0 |
| P2- 40 | | แจ่มใส | 1.3 | 2.1 | 2.4 | 2.7 | 2.7 | 2.7 | 2.6 | 2.4 | 1.9 | 0.9 |
| | | เมฆบางส่วน | 2.3 | 3.2 | 3.9 | 4.2 | 4.3 | 4.3 | 4.1 | 3.8 | 2.9 | 1.8 |
| | | เมฆเต็มท้องฟ้า | 0 | 1.0 | 1.7 | 2.2 | 2.3 | 2.3 | 2.1 | 1.6 | 0 | 0 |
| P3- 40 | | แจ่มใส | 0 | 1.2 | 1.4 | 1.6 | 1.7 | 1.7 | 1.6 | 1.4 | 1.1 | 0 |
| | | เมฆบางส่วน | 1.3 | 2.2 | 2.5 | 3.2 | 2.7 | 2.5 | 2.4 | 2.3 | 1.8 | 0 |
| | | เมฆเต็มท้องฟ้า | 0 | 0 | 1.1 | 1.4 | 1.5 | 1.4 | 1.4 | 0.9 | 0 | 0 |

หมายเหตุ: S1 คือ หน้าต่างต่อเนื่อง, P2 คือ หน้าต่างไม่ต่อเนื่อง 2 ช่อง, P3 คือ หน้าต่างไม่ต่อเนื่อง 3 ช่อง

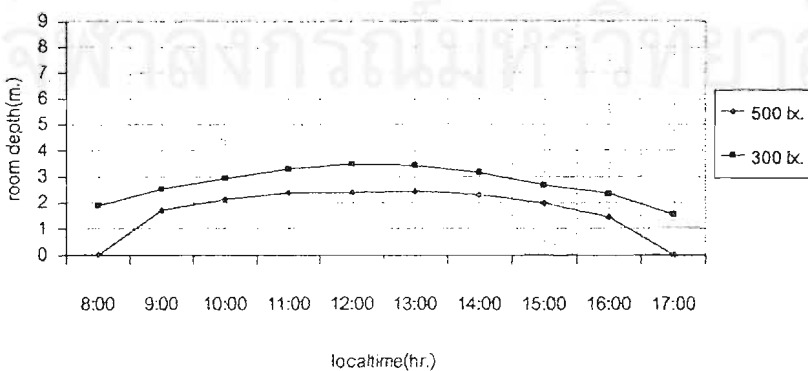
S1-70 north :Clear sky



S1-70 north :Partly Cloudy sky

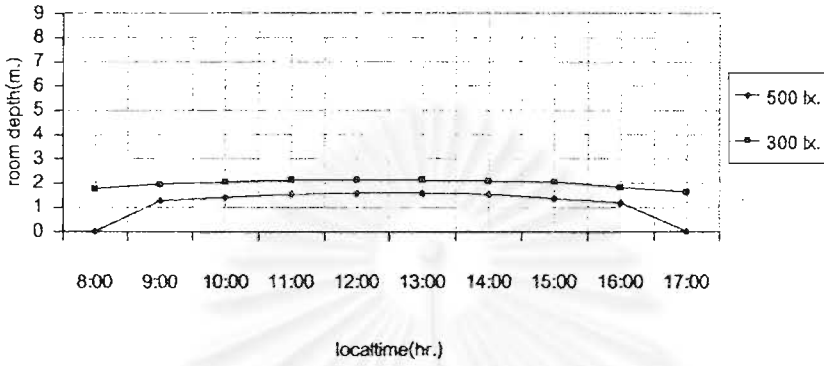


S1-70 north:Cloudy sky

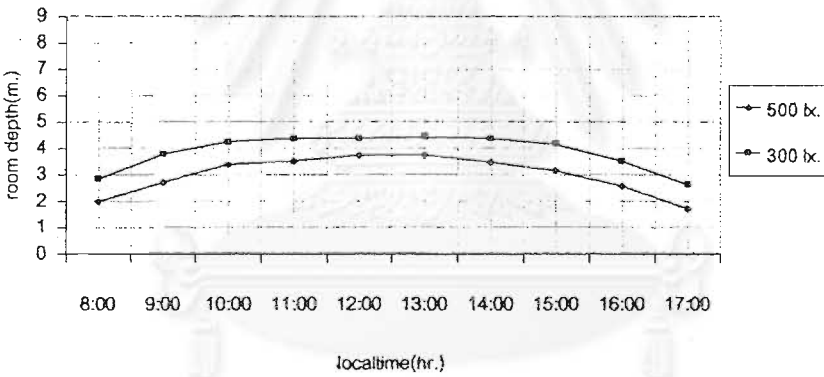


แผนภูมิ 5.1.1.c ระยะทางที่แสงธรรมชาติเข้ามาภายในจากผลของรูปแบบช่องเปิดต่อเนื่อง 70% ทิศเหนือ

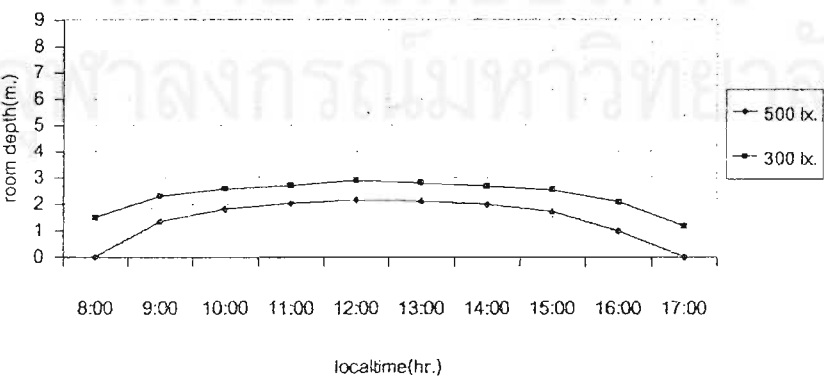
S1-60 north:Clear sky



S1-60 north:Partly Cloudy sky

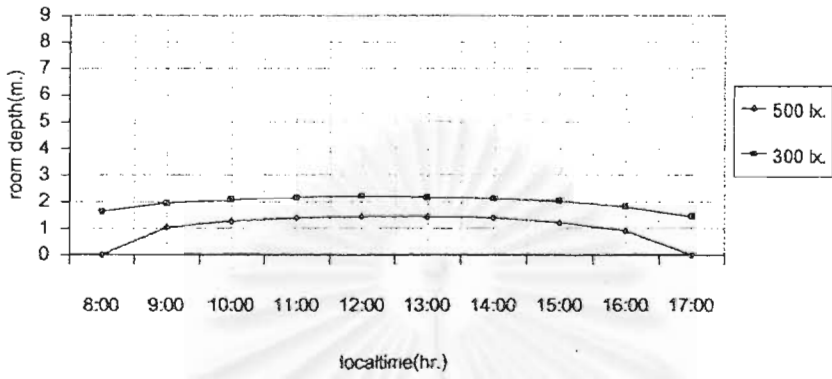


S1-60 north:Cloudy sky

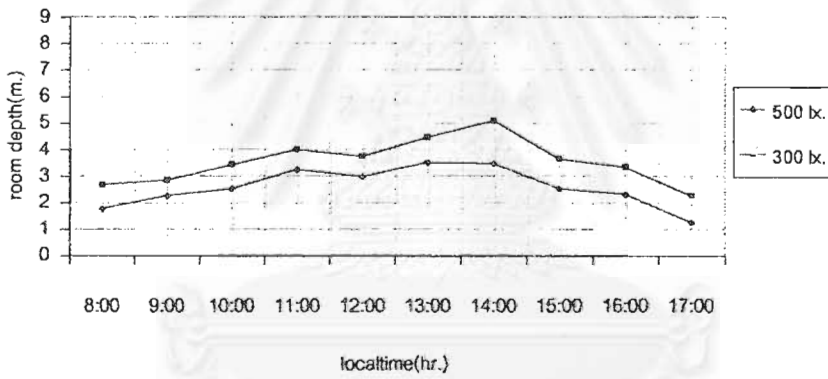


แผนภูมิ 5.1.1.d ระยะทางที่แสงธรรมชาติเข้ามาภายในจากผลของรูปแบบช่องเปิดต่อเนื่อง 60% ทิศเหนือ

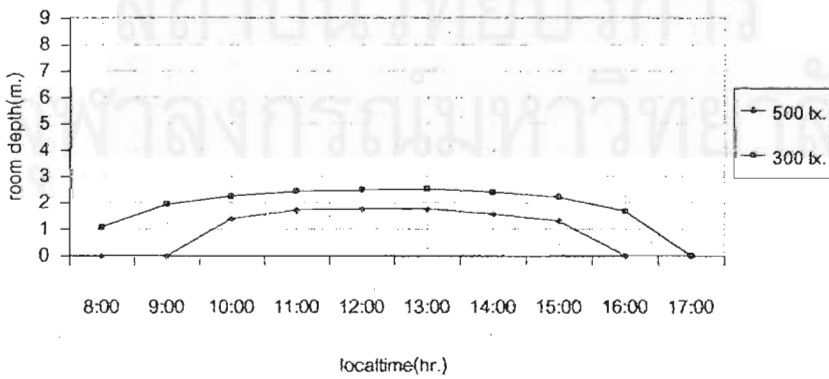
P3-60 north:Clear sky



P3-60 north:Partly Cloudy sky

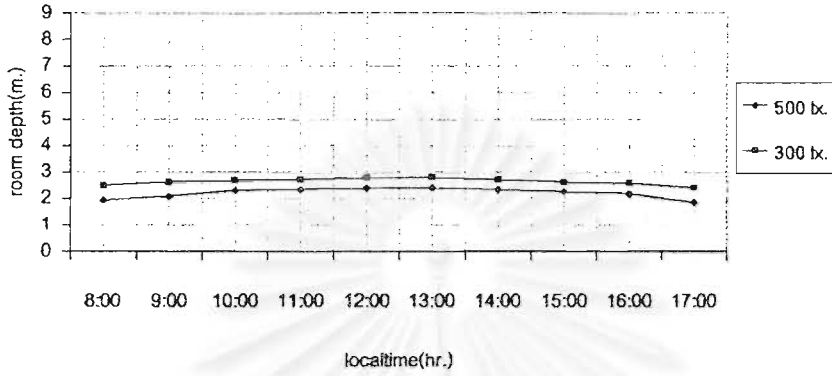


P3-60 north:Cloudy sky

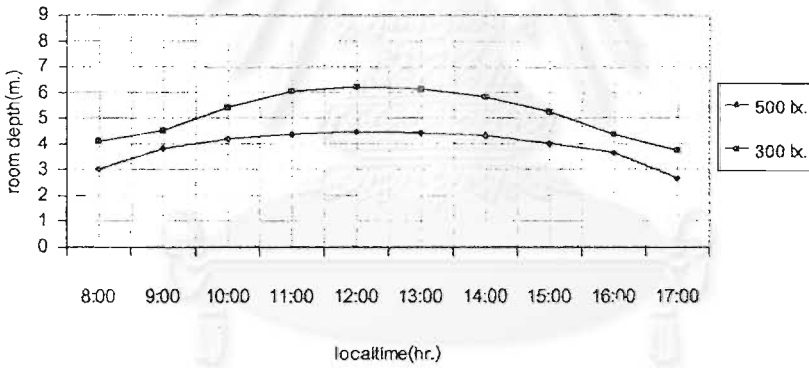


แผนภูมิ 5.1.1.e ระยะทางที่แสงธรรมชาติเข้ามาภายในจากผลของรูปแบบช่องเปิดไม่ต่อเนื่อง 3 ช่อง 60% ทิศเหนือ

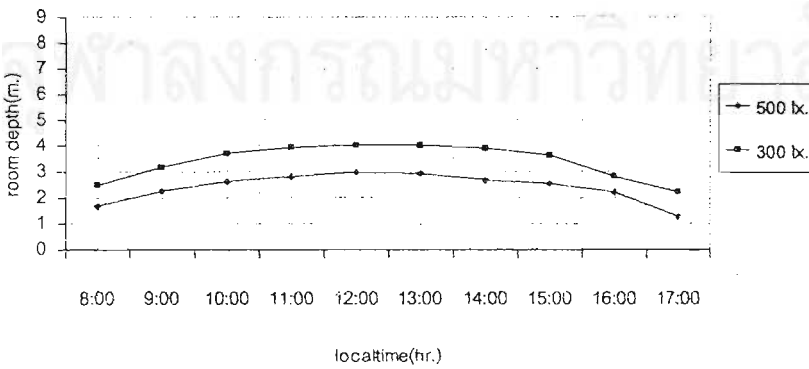
S1-50 north:Clear sky



S1-50 north:Partly Cloudy sky

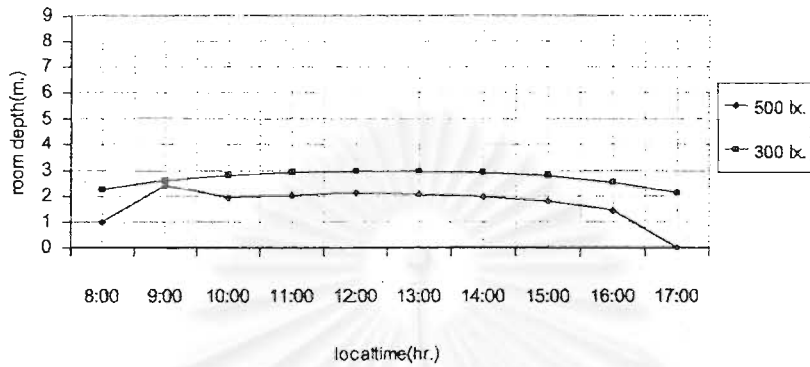


S1-50 north:Cloudy sky

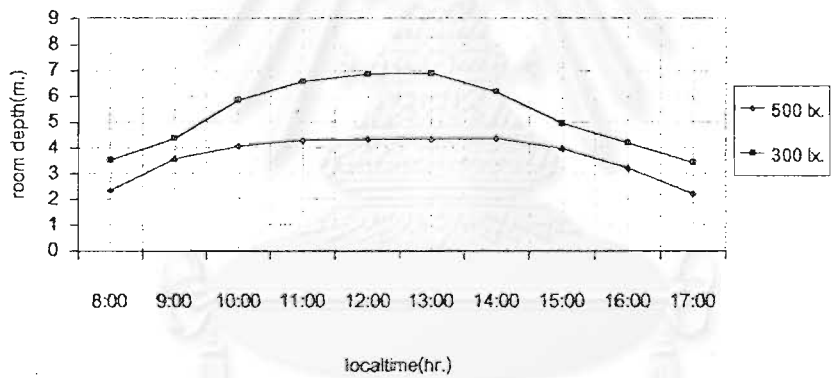


แผนภูมิ 5.1.1.f ระยะทางที่แสงธรรมชาติเข้ามาภายในจากผลของรูปแบบช่องเปิดต่อเนื่อง 50% ทิศเหนือ

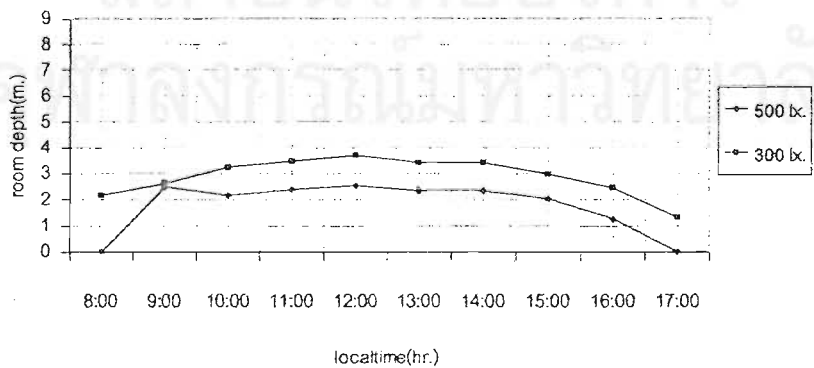
P2-50 north:Clear sky



P2-50 north:Partly Cloudy sky

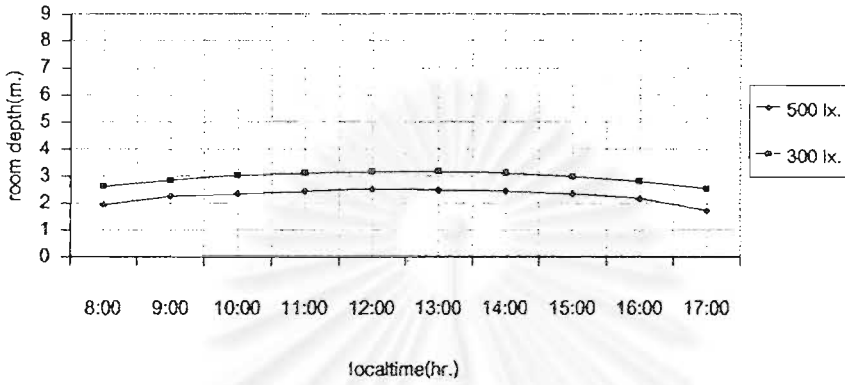


P2-50 north:Cloudy sky

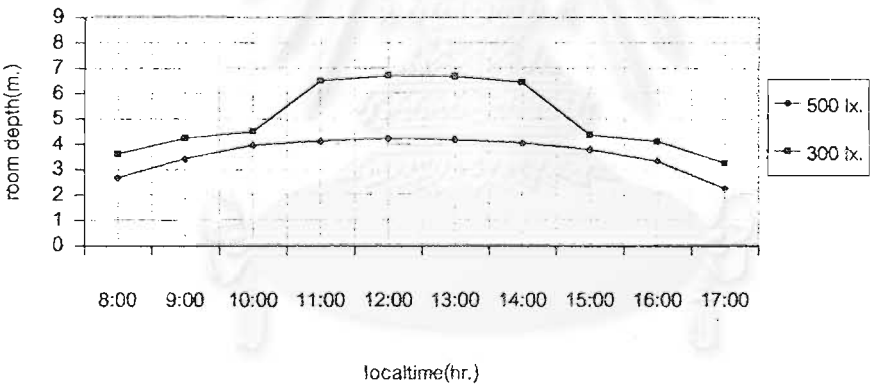


แผนภูมิ 5.1.1.g ระยะทางที่แสงธรรมชาติเข้ามาภายในจากผลของรูปแบบช่องเปิดไม้ต่อเนื่อง 2 ช่อง 50% ทิศเหนือ

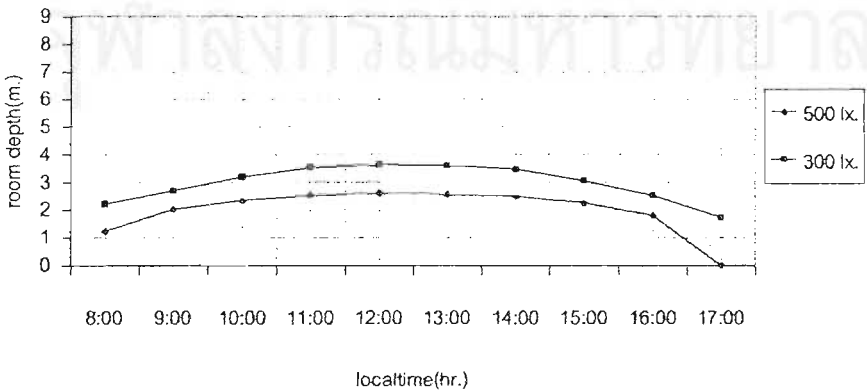
S1-40 north:Clear sky



S1-40 north:Partly Cloudy sky

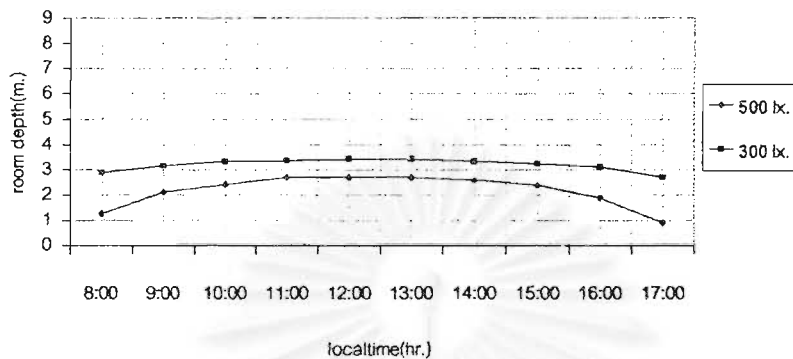


S1-40 north:Cloudy sky

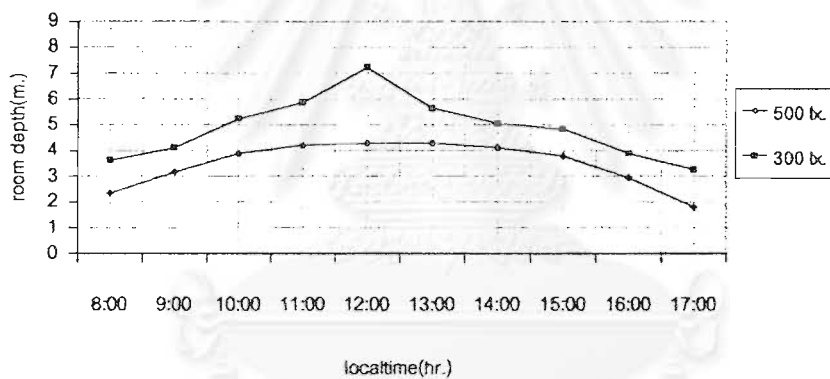


แผนภูมิ 5.1.1.ก ระยะทางที่แสงธรรมชาติเข้ามาภายในจากผลของรูปแบบช่องเปิดต่อเนื่อง 40% ทิศเหนือ

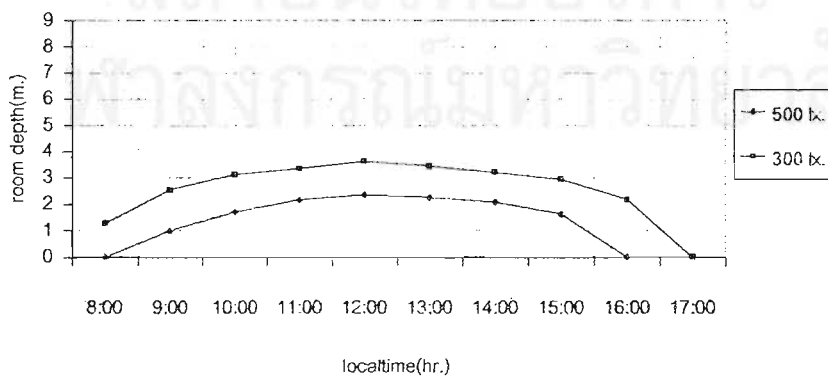
P2-40 north:Clear sky



P2-40 north:Partly Cloudy sky

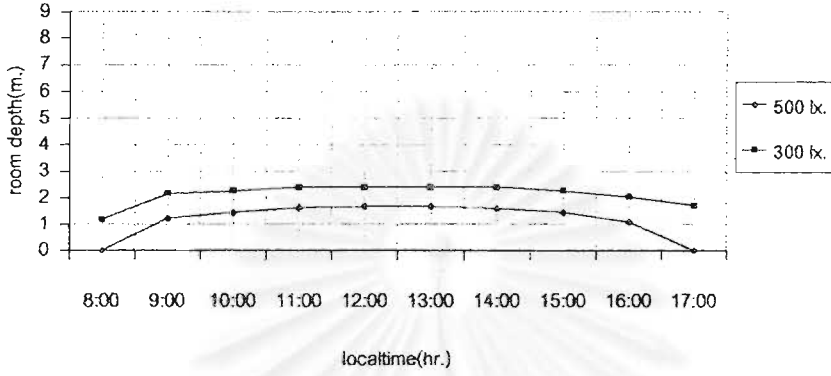


P2-40 north:Cloudy sky

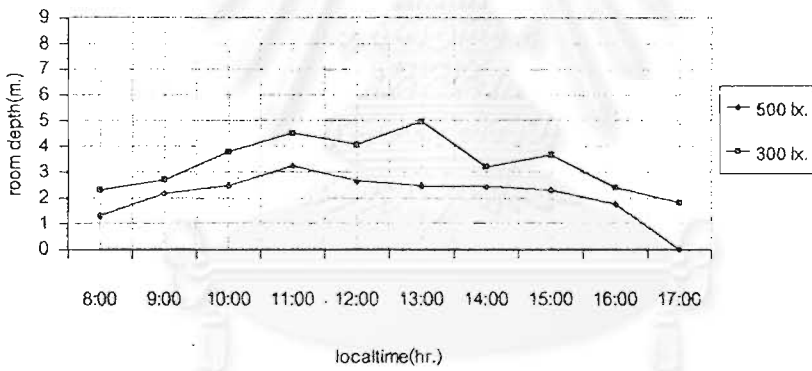


แผนภูมิ 5.1.1.1: ระยะทางที่แสงธรรมชาติเข้ามาภายในจากผลของรูปแบบช่องเปิดไม่ต่อเนื่อง 2 ช่อง 40% ทิศเหนือ

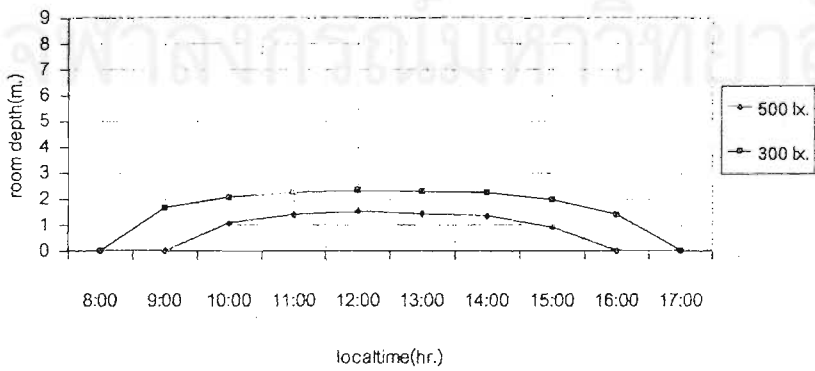
P3-40 north:Clear sky



P3-40 north:Partly Cloudy sky



P3-40 north:Cloudy sky



แผนภูมิ 5.1.1.j ระยะทางที่แสงธรรมชาติเข้ามาภายในจากผลของรูปแบบช่องเปิดไม้ต่อเนื่อง 3 ช่อง 40% ทิศเหนือ

การพิจารณาอิทธิพลของตัวแปรรูปแบบช่องเปิดทิศเหนือที่มีผลต่อปริมาณแสงธรรมชาติภายในห้องบนพื้นผิวอ้างอิงซึ่งสูงจากระดับพื้น 0.75 ม. ได้แก่ ชนิดหน้าต่าง, สัดส่วนพื้นที่กระจก, ความสูงหน้าต่างและระยะเว้นช่องหน้าต่าง จากการจำลองสภาพการให้แสงสว่างผ่านรูปแบบช่องเปิดหน้าต่างกระจกใส 1 ด้าน ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์สามารถสรุปผลได้ดังนี้

ตาราง 5.1.1o อิทธิพลของตัวแปรรูปแบบช่องเปิดทิศเหนือที่มีผลต่อปริมาณแสงธรรมชาติภายใน

| ตัวแปรรูปแบบช่องเปิดทิศเหนือ | | | | | | | | | ระยะทางที่แสงธรรมชาติเข้ามาภายในห้อง เวลา 08:00น.-17:00 น | | |
|------------------------------|----------------|-----------------|-------------------------------|---------------------------------|--------------------------------------|-------------------|-------------------|-----------------|---|----------------|----------------|
| ระดับกระจก (%) | ความกว้าง (ม.) | ความสูงทวม (ม.) | ความสูงเหนือระดับอ้างอิง (ม.) | ความสูงต่ำกว่าระดับอ้างอิง (ม.) | ระยะเว้นช่องเปิดกนกมีมแคด แวนอน (ม.) | จำนวนช่องหน้าต่าง | ระยะกั้นช่อง (ม.) | ระยะกั้นช่องทวม | น้อยที่สุด (ม.) | มากที่สุด (ม.) | ค่าเฉลี่ย (ม.) |
| 70% | 8.4 | 2.7 | 1.95 | 0.75 | 1.1 | 1 | - | - | 2 | 4.1 | 3.31 |
| 60% | 8.1 | 2.4 | 1.95 | 0.45 | 1 | 1 | - | - | 1.7 | 3.7 | 3 |
| | 2.4 | 2.7 | 1.95 | 0.75 | 1.1 | 3 | 0.6 | 1/4 | 1.3 | 3.5 | 2.59 |
| 50% | 7.8 | 2.1 | 1.95 | 0.15 | 0.8 | 1 | - | - | 2.7 | 4.5 | 3.89 |
| | 3.9 | 2.1 | 1.95 | 0.15 | 0.8 | 2 | 0.6 | 1/6.5 | 2.2 | 4.4 | 3.67 |
| 40% | 7.2 | 1.8 | 1.8 | - | 0.7 | 1 | - | - | 2.3 | 4.2 | 3.61 |
| | 3.6 | 1.8 | 1.8 | - | 0.7 | 2 | 0.9 | 1/4 | 1.8 | 4.3 | 3.48 |
| | 1.8 | 2.4 | 1.95 | 0.45 | 1 | 3 | 1.2 | 2/3 | 0 | 3.2 | 2.09 |

หมายเหตุ : พิจารณาในสภาพท้องฟ้าเมฆบางส่วนที่มีค่าอัตราส่วนท้องฟ้าเท่ากับ 0.5 ด้วยการจำลองสภาพการให้แสงธรรมชาติผ่านช่องเปิดหน้าต่างต่อเนื่องที่เป็นกระจกใสหนา 6 มิลลิเมตร โดยระยะทางที่แสงธรรมชาติเข้ามาภายในพิจารณาจากระยะที่ค่าความสว่างภายในบนพื้นผิวอ้างอิงของห้องมาตรฐานมีค่าสูงกว่าหรือเท่ากับ 500 ลักซ์

(1) ตัวแปรชนิดหน้าต่าง เมื่อสัดส่วนพื้นที่กระจกเท่ากันพบว่ารูปแบบช่องเปิดทิศเหนือชนิดหน้าต่างต่อเนื่องมีระยะทางที่แสงธรรมชาติเข้ามาภายในห้องบนพื้นผิวอ้างอิงมากที่สุด รองลงมาคือหน้าต่างไม่ต่อเนื่อง 2 ช่อง และหน้าต่างไม่ต่อเนื่อง 3 ช่องตามลำดับ

(2) ตัวแปรสัดส่วนพื้นที่กระจกแตกต่างกัน คือ 70%,60%,50% และ 40% เมื่อพิจารณาชนิดหน้าต่างต่อเนื่องทิศเหนือในสภาพท้องฟ้าเมฆบางส่วน พบว่าสัดส่วนพื้นที่กระจก 50% มีระยะทางที่แสงธรรมชาติเข้ามามากที่สุด 4.5 ม. รองลงมาคือสัดส่วนพื้นที่กระจก 40%,70%,60% ซึ่งมีระยะทางที่แสงธรรมชาติเข้ามามากที่สุดคือ 4.2,4.1,3.7 ม. ตามลำดับ จึงสรุปได้ว่าระยะทางที่แสงธรรมชาติเข้ามาภายในบนพื้นผิวอ้างอิงไม่ได้แปรผันตรงตามตัวแปรสัดส่วนพื้นที่กระจกของรูปแบบช่องเปิดทิศเหนือที่ใช้เป็นกรณีศึกษาครั้งนี้

(3) ตัวแปรความสูงหน้าต่างจากระดับพื้นผิวอ้างอิงซึ่งสูงจากระดับพื้น 0.75 ม. การวิจัยครั้งนี้กำหนดความสูงหน้าต่างแนวดิ่ง(90องศา)โดยวัดความสูงรวมจากระดับขอบล่างคานลงมาถึงระดับพื้นเป็น 2.7,2.4,2.1 และ 1.8 ม. จากตาราง 5.1.1o เมื่อเปรียบเทียบรูปแบบช่องเปิดทิศเหนือที่มีความสูงหน้าต่างแตกต่างกัน คือ 2.7,2.4 และ 2.1 ม. แต่มีความสูงหน้าต่างส่วนที่เหนือกว่าระดับอ้างอิง 1.95 ม. เท่ากันพบว่า ความสูงหน้าต่าง 2.1 ม.จะส่งผลให้มีระยะทางที่แสงธรรมชาติเข้ามาภายในบนพื้นผิวอ้างอิงมากที่สุดเนื่องจากมีระยะยื่นของอุปกรณ์บังแดดแนวนอนน้อยกว่าความสูงหน้าต่าง 2.7 และ 2.4 ม. โดยความสูงหน้าต่างส่วนที่ต่ำกว่าระดับอ้างอิงจากรูปแบบช่องเปิดทิศเหนือที่ใช้เป็นกรณีศึกษาครั้งนี้ ไม่มีผลทำให้ระยะทางที่แสงธรรมชาติเข้ามาภายในบนพื้นผิวอ้างอิงเพิ่มมากขึ้น

(4) ตัวแปรระยะเว้นช่องหน้าต่าง การวิจัยครั้งนี้กำหนดระยะเว้นช่องหน้าต่างของรูปแบบช่องเปิดหน้าต่างไม่ต่อเนื่องเป็น 0.6,0.9 และ 1.2 ม. จากตาราง 5.1.1o เมื่อพิจารณารูปแบบช่องเปิดทิศเหนือที่มีสัดส่วนพื้นที่กระจกเท่ากัน และมีความสูงหน้าต่างเท่ากัน แต่มีความกว้างหน้าต่างและระยะเว้นช่องหน้าต่างแตกต่างกัน มีผลต่อปริมาณแสงธรรมชาติภายในดังนี้

สัดส่วนพื้นที่กระจกเท่ากัน 50% และมีความสูงหน้าต่างเท่ากัน 2.1 ม. พบว่าการออกแบบลดความกว้างหน้าต่างลง 1/2 และเพิ่มระยะเว้นช่องหน้าต่างมากขึ้นจากศูนย์เป็น 0.6 ม. ทำให้ค่าเฉลี่ยของระยะทางที่แสงธรรมชาติเข้ามาภายในบนพื้นผิวอ้างอิงของห้องมาตรฐานลดต่ำลง 0.2 เมตร

สัดส่วนพื้นที่กระจกเท่ากัน 40% และมีความสูงหน้าต่างเท่ากัน 1.8 ม. พบว่า การออกแบบลดความกว้างหน้าต่างลง 1/2 และเพิ่มระยะเว้นช่องหน้าต่างมากขึ้นจากศูนย์เป็น 0.9 ม. ทำให้ค่าเฉลี่ยของระยะทางที่แสงธรรมชาติเข้ามาภายในบนพื้นผิวอ้างอิงของห้องมาตรฐานลดต่ำลง 0.1 เมตร

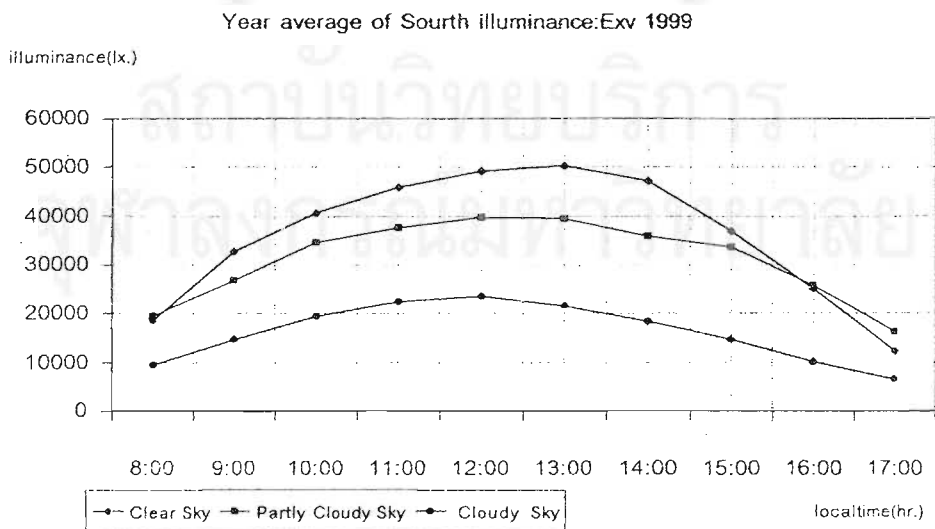
สรุปได้ว่าจากกรณีศึกษารูปแบบช่องเปิดทิศเหนือ เมื่อสัดส่วนพื้นที่กระจกและความสูงหน้าต่างเท่ากันนั้นการเว้นช่องหน้าต่างทำให้มีส่วนผนังที่บดบังระหว่างพื้นที่กระจกซึ่งจะส่งผลทำให้ค่าเฉลี่ยของระยะทางที่แสงธรรมชาติเข้ามาภายในบนพื้นผิวอ้างอิงของห้องมาตรฐานของสภาพท้องฟ้าเมฆบางส่วนซึ่งมีค่าอัตราส่วนท้องฟ้าเท่ากับ 0.5 ในช่วงเวลาทำงาน 08:00 น.-17:00 น.ลดต่ำลงเพียงเล็กน้อย ประมาณ 0.1 - 0.2 ม.

5.1.2 ผลของรูปแบบช่องเปิดทิศใต้ในเชิงการนำแสงธรรมชาติเข้ามาในอาคาร

ผลของรูปแบบช่องเปิดทิศใต้จากการจำลองสภาพด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ จะพิจารณาคิวแปรตามเมื่อกำหนดตัวแปรอิสระและควบคุม ดังนี้

ตาราง 5.1.2a การกำหนดตัวแปรเพื่อศึกษาผลของรูปแบบช่องเปิดทิศใต้ในเชิงการนำแสงธรรมชาติ

| ตัวแปรตาม | ตัวแปรอิสระ | ตัวแปรควบคุม | หมายเหตุ |
|-----------------------------------|---------------------|------------------------------|---|
| ค่าความสว่างภายในบนพื้นผิวอ้างอิง | สัดส่วนพื้นที่กระจก | ชนิดกระจก | กระจกโฟลตไลต์ หน้า 6 มม. คุณสมบัติด้านแสง(visible rays) สะท้อน 7% ,ส่งผ่าน 88% คุณสมบัติด้านความร้อน(solar energy) สะท้อน 7% ,ส่งผ่าน 80% ,ดูดกลืน 13% U-value = 5.83 ,SC = 0.96 |
| | | ความสว่างภายนอกแนวตั้งทิศใต้ | ค่าเฉลี่ยรายชั่วโมงของปี พ.ศ. 2542 (ตาราง 3.1.2 d-f หรือ แผนภูมิ 5.1.2a) |
| | | ตำแหน่งดวงอาทิตย์ | ค่าเฉลี่ยรายชั่วโมงของปี พ.ศ. 2542 (ตาราง 3.1.2 c) |
| | | สภาพท้องฟ้า | ค่าอัตราส่วนท้องฟ้า (0,2,0,5 ,0,95) |
| | | องค์ประกอบภายใน | ห้องมาตรฐาน (ตาราง 3.2.2a,4.2.1a) |



แผนภูมิ 5.1.2 a ค่าเฉลี่ยรายปีของความสว่างภายนอกแนวตั้งในสภาพท้องฟ้า 3 ประเภท ทิศใต้ พ.ศ. 2542

5.1.2.1 ค่าความสว่างบนพื้นผิวอ้างอิงของรูปแบบช่องเปิดในทิศใต้

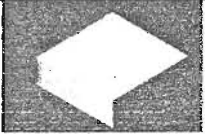
แสดงผลค่าความสว่างภายในจากการจำลองสภาพการให้แสงสว่างธรรมชาติภายนอก (แผนภูมิ 5.1.2a) ผ่านรูปแบบช่องเปิดที่มีสัดส่วนพื้นที่ที่กระจกต่างกันซึ่งมีการออกแบบอุปกรณ์บังแดดพื้นฐานทิศใต้เพื่อลดอิทธิพลการแผ่รังสีจากดวงอาทิตย์จำนวน 6 ชั่วโมงในช่วงเวลา 09:00 น.-15:00 น. ดังตาราง 5.1.2 b - ก ซึ่งผลค่าสถิติของความสว่างภายในจะพิจารณาจาก

ค่ามากที่สุด(max) คือ ค่าความสว่างบนพื้นผิวอ้างอิงที่สูงที่สุด(ลักซ์)


ค่าเฉลี่ย(average)คือ ค่าความสว่างบนพื้นผิวอ้างอิงทั้งหมดโดยเฉลี่ย(ลักซ์)

อัตราส่วนค่ามากที่สุดต่อค่าเฉลี่ย(max/avg.) คือ ค่าคงที่ซึ่งแสดงถึงการกระจายความสว่างบนพื้นผิวอ้างอิง โดยค่า 1 ($max \leq avg.$) หมายถึงการกระจายความสว่างบนพื้นผิวอย่างสม่ำเสมอ ค่าสูงขึ้น($max > avg.$) หมายถึงการกระจายความสว่างบนพื้นผิวอย่างไม่สม่ำเสมอมากขึ้น กล่าวคือมีความสว่างแตกต่างกันมากเมื่อเปรียบเทียบบนพื้นผิวอ้างอิงทั้งหมด

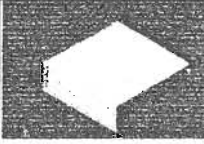
ตาราง 5.1.2b ความสว่างภายในของรูปแบบช่องเปิดต่อเนื่อง 70% ทิศใต้ (ไม่มีอุปกรณ์บังแดด)

|  | ผลค่าสถิติของความสว่างภายในบนพื้นผิวอ้างอิงทั้งหมด | | | | | | | | | | |
|---|--|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | | 8:00 | 9:00 | 10:00 | 11:00 | 12:00 | 13:00 | 14:00 | 15:00 | 16:00 | 17:00 |
| Clear Sky | Max(lx.) | 5598 | 12069 | 17406 | 22273 | 25035 | 25020 | 21856 | 15452 | 8835 | 3957 |
| | Average(lx.) | 368 | 524 | 657 | 766 | 832 | 828 | 752 | 612 | 460 | 343 |
| | Max/Avg. | 15.2 | 23.2 | 26.5 | 29.1 | 30.1 | 30.2 | 29.1 | 25.3 | 19.2 | 11.5 |
| Partly Cloudy Sky | Max(lx.) | 7035 | 13039 | 19058 | 24022 | 26596 | 25656 | 21893 | 17574 | 11243 | 6877 |
| | Average(lx.) | 699 | 1102 | 1448 | 1712 | 1854 | 1812 | 1623 | 1351 | 968 | 1256 |
| | Max/Avg. | 10.1 | 11.8 | 13.2 | 14 | 14.3 | 14.2 | 13.5 | 13 | 11.6 | 5.5 |
| Cloudy Sky | Max(lx.) | 3578 | 6873 | 10146 | 12914 | 14721 | 13576 | 10840 | 8210 | 4830 | 2535 |
| | Average(lx.) | 328 | 521 | 690 | 814 | 900 | 859 | 759 | 626 | 445 | 280 |
| | Max/Avg. | 10.9 | 13.2 | 14.7 | 15.9 | 16.5 | 15.8 | 14.3 | 13.1 | 10.9 | 9 |

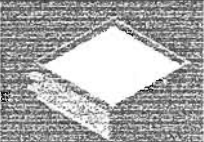
ตาราง 5.1.2c ความสว่างภายในของรูปแบบช่องเปิดต่อเนื่อง 70% ทิศใต้ (มีอุปกรณ์บังแดด)

|  | ผลค่าสถิติของความสว่างภายในบนพื้นผิวอ้างอิงทั้งหมด | | | | | | | | | | |
|--|--|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | | 8:00 | 9:00 | 10:00 | 11:00 | 12:00 | 13:00 | 14:00 | 15:00 | 16:00 | 17:00 |
| Clear Sky | Max(lx.) | 3264 | 856 | 586 | 1028 | 1061 | 1053 | 1008 | 930 | 806 | 1813 |
| | Average(lx.) | 63 | 75 | 75 | 90 | 93 | 92 | 88 | 82 | 71 | 59 |
| | Max/Avg. | 51.8 | 11.4 | 3.3 | 11.4 | 11.4 | 11.4 | 11.4 | 11.4 | 11.4 | 11.4 |
| Partly Cloudy Sky | Max(lx.) | 3810 | 1212 | 1536 | 1772 | 1897 | 1861 | 1702 | 1445 | 986 | 2875 |
| | Average(lx.) | 228 | 349 | 443 | 498 | 533 | 553 | 490 | 416 | 302 | 186 |
| | Max/Avg. | 16.7 | 3.5 | 3.5 | 3.6 | 3.6 | 3.6 | 3.5 | 3.5 | 3.3 | 15.5 |
| Cloudy Sky | Max(lx.) | 1976 | 403 | 502 | 587 | 628 | 616 | 564 | 487 | 356 | 1193 |
| | Average(lx.) | 93 | 142 | 180 | 207 | 223 | 217 | 201 | 169 | 125 | 79 |
| | Max/Avg. | 21.3 | 2.8 | 2.8 | 2.8 | 2.8 | 2.8 | 2.8 | 2.9 | 2.8 | 15.1 |


ตาราง 5.1.2d ความสว่างภายในของรูปแบบช่องเปิดต่อเนื่อง 60% ทิศใต้ (ไม่มีอุปกรณ์บังแดด)

|  | ผลค่าสถิติของความสว่างภายในบนพื้นผิวอ้างอิงทั้งหมด | | | | | | | | | | |
|--|--|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | | 8:00 | 9:00 | 10:00 | 11:00 | 12:00 | 13:00 | 14:00 | 15:00 | 16:00 | 17:00 |
| Clear Sky | Max(Ix.) | 5598 | 12069 | 17406 | 22273 | 25035 | 25020 | 21856 | 15452 | 8835 | 3743 |
| | Average(Ix.) | 361 | 517 | 642 | 749 | 813 | 809 | 735 | 598 | 451 | 336 |
| | Max/Avg. | 15.5 | 23.3 | 27.1 | 29.7 | 30.8 | 30.9 | 29.7 | 25.8 | 19.6 | 11.1 |
| Partly Cloudy Sky | Max(Ix.) | 7095 | 13225 | 19295 | 24022 | 26596 | 25656 | 22155 | 17796 | 11407 | 5469 |
| | Average(Ix.) | 686 | 1084 | 1419 | 1674 | 1812 | 1772 | 1590 | 1324 | 949 | 588 |
| | Max/Avg. | 10.3 | 12.2 | 13.6 | 14.4 | 14.7 | 14.5 | 13.9 | 13.4 | 12 | 9.3 |
| Cloudy Sky | Max(Ix.) | 3578 | 6867 | 10161 | 12810 | 14721 | 13576 | 10849 | 8196 | 4830 | 2541 |
| | Average(Ix.) | 321 | 512 | 675 | 789 | 871 | 842 | 743 | 613 | 436 | 273 |
| | Max/Avg. | 11.1 | 13.4 | 15.1 | 16.2 | 16.9 | 16.1 | 14.6 | 13.4 | 11.1 | 9.3 |

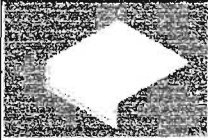
ตาราง 5.1.2e ความสว่างภายในของรูปแบบช่องเปิดต่อเนื่อง 60% ทิศใต้ (มีอุปกรณ์บังแดด)

|  | ผลค่าสถิติของความสว่างภายในบนพื้นผิวอ้างอิงทั้งหมด | | | | | | | | | | |
|---|--|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | | 8:00 | 9:00 | 10:00 | 11:00 | 12:00 | 13:00 | 14:00 | 15:00 | 16:00 | 17:00 |
| Clear Sky | Max(Ix.) | 3264 | 856 | 956 | 1028 | 1061 | 1052 | 1008 | 930 | 806 | 1813 |
| | Average(Ix.) | 60 | 72 | 80 | 86 | 89 | 88 | 84 | 78 | 67 | 56 |
| | Max/Avg. | 54.2 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 32.1 |
| Partly Cloudy Sky | Max(Ix.) | 4053 | 1212 | 1536 | 1772 | 1897 | 1861 | 1702 | 1445 | 1069 | 3027 |
| | Average(Ix.) | 222 | 337 | 427 | 490 | 525 | 515 | 474 | 402 | 298 | 184 |
| | Max/Avg. | 18.2 | 3.6 | 3.6 | 3.6 | 3.6 | 3.6 | 3.6 | 3.6 | 3.6 | 16.5 |
| Cloudy Sky | Max(Ix.) | 2117 | 391 | 495 | 569 | 608 | 917 | 547 | 465 | 345 | 1249 |
| | Average(Ix.) | 106 | 138 | 174 | 204 | 218 | 254 | 193 | 165 | 124 | 81 |
| | Max/Avg. | 19.9 | 2.8 | 2.8 | 2.8 | 2.8 | 3.6 | 2.8 | 2.8 | 2.8 | 15.5 |


ตาราง 5.1.2f ความสว่างภายในของรูปแบบช่องเปิดไม่ต่อเนื่อง 3 ช่อง 60% ทิศใต้ (มีอุปกรณ์บังแดด)

|  | ผลค่าสถิติของความสว่างภายในบนพื้นผิวอ้างอิง | | | | | | | | | | |
|--|---|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | | 8:00 | 9:00 | 10:00 | 11:00 | 12:00 | 13:00 | 14:00 | 15:00 | 16:00 | 17:00 |
| Clear Sky | Max(Ix.) | 700 | 306 | 637 | 685 | 707 | 701 | 672 | 620 | 806 | 643 |
| | Average(Ix.) | 47 | 100 | 56 | 60 | 62 | 61 | 59 | 54 | 54 | 43 |
| | Max/Avg. | 14.9 | 3.1 | 11.5 | 11.5 | 11.5 | 11.5 | 11.5 | 11.5 | 11.5 | 14.9 |
| Partly Cloudy Sky | Max(Ix.) | 426 | 652 | 827 | 954 | 1021 | 1002 | 917 | 778 | 575 | 305 |
| | Average(Ix.) | 130 | 205 | 252 | 296 | 320 | 310 | 281 | 246 | 176 | 113 |
| | Max/Avg. | 3.3 | 3.2 | 3.3 | 3.2 | 3.2 | 3.2 | 3.3 | 3.2 | 3.3 | 2.7 |
| Cloudy Sky | Max(Ix.) | 143 | 223 | 298 | 361 | 367 | 341 | 312 | 266 | 197 | 127 |
| | Average(Ix.) | 56 | 88 | 109 | 127 | 133 | 133 | 120 | 104 | 76 | 48 |
| | Max/Avg. | 2.5 | 2.5 | 2.7 | 2.8 | 2.8 | 2.6 | 2.6 | 2.6 | 2.6 | 2.7 |


ตาราง 5.1.2g ความสว่างภายในของรูปแบบช่องเปิดต่อเนื่อง 50% ทิศใต้ (ไม่มีอุปกรณ์บังแดด)

|  | ผลค่าสถิติของความสว่างภายในบนพื้นผิวอ้างอิงทั้งหมด | | | | | | | | | | |
|--|--|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | | 8:00 | 9:00 | 10:00 | 11:00 | 12:00 | 13:00 | 14:00 | 15:00 | 16:00 | 17:00 |
| Clear Sky | Max(lx.) | 5598 | 12069 | 17406 | 22273 | 25035 | 25123 | 21955 | 15544 | 8913 | 4020 |
| | Average(lx.) | 362 | 514 | 644 | 751 | 815 | 811 | 736 | 600 | 452 | 337 |
| | Max/Avg. | 15.4 | 23.5 | 27 | 29.7 | 30.7 | 31 | 29.8 | 25.9 | 19.7 | 11.9 |
| Partly Cloudy Sky | Max(lx.) | 7217 | 13319 | 19413 | 24022 | 26596 | 26596 | 22286 | 17908 | 11490 | 5570 |
| | Average(lx.) | 679 | 1076 | 1413 | 1655 | 1793 | 1793 | 1584 | 1319 | 942 | 583 |
| | Max/Avg. | 10.6 | 12.4 | 13.7 | 14.5 | 14.8 | 14.8 | 14.1 | 13.6 | 12.2 | 9.6 |
| Cloudy Sky | Max(lx.) | 3582 | 6873 | 10153 | 12819 | 14721 | 13567 | 10858 | 8210 | 4824 | 2538 |
| | Average(lx.) | 318 | 506 | 670 | 783 | 867 | 836 | 738 | 609 | 432 | 272 |
| | Max/Avg. | 11.3 | 13.6 | 15.2 | 16.4 | 17 | 16.2 | 14.7 | 13.5 | 11.2 | 9.3 |

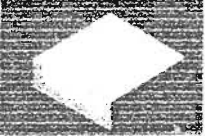
ตาราง 5.1.2h ความสว่างภายในของรูปแบบช่องเปิดต่อเนื่อง 50% ทิศใต้ (มีอุปกรณ์บังแดด)

|  | ผลค่าสถิติของความสว่างภายในบนพื้นผิวอ้างอิงทั้งหมด | | | | | | | | | | |
|---|--|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | | 8:00 | 9:00 | 10:00 | 11:00 | 12:00 | 13:00 | 14:00 | 15:00 | 16:00 | 17:00 |
| Clear Sky | Max(lx.) | 3497 | 898 | 1003 | 1078 | 1113 | 1104 | 1057 | 976 | 846 | 2242 |
| | Average(lx.) | 63 | 75 | 84 | 90 | 93 | 92 | 88 | 81 | 70 | 59 |
| | Max/Avg. | 55.7 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 3.8 |
| Partly Cloudy Sky | Max(lx.) | 4114 | 1212 | 1536 | 2045 | 2188 | 2148 | 1702 | 1445 | 1151 | 3078 |
| | Average(lx.) | 234 | 355 | 450 | 512 | 548 | 538 | 499 | 424 | 311 | 198 |
| | Max/Avg. | 17.6 | 3.4 | 3.4 | 4 | 4 | 4 | 3.4 | 3.4 | 3.7 | 15.6 |
| Cloudy Sky | Max(lx.) | 2147 | 514 | 659 | 740 | 811 | 796 | 720 | 620 | 454 | 1323 |
| | Average(lx.) | 115 | 145 | 182 | 210 | 223 | 219 | 201 | 171 | 127 | 84 |
| | Max/Avg. | 18.7 | 3.5 | 3.6 | 3.5 | 3.6 | 3.6 | 3.6 | 3.6 | 3.6 | 15.8 |


ตาราง 5.1.2i ความสว่างภายในของรูปแบบช่องเปิดไม่ต่อเนื่อง 2 ช่อง 50% ทิศใต้ (มีอุปกรณ์บังแดด)

|  | ผลค่าสถิติของความสว่างภายในบนพื้นผิวอ้างอิงทั้งหมด | | | | | | | | | | |
|--|--|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | | 8:00 | 9:00 | 10:00 | 11:00 | 12:00 | 13:00 | 14:00 | 15:00 | 16:00 | 17:00 |
| Clear Sky | Max(lx.) | 700 | 856 | 956 | 1028 | 1061 | 1052 | 1008 | 930 | 806 | 643 |
| | Average(lx.) | 47 | 58 | 64 | 69 | 71 | 71 | 68 | 63 | 54 | 43 |
| | Max/Avg. | 14.8 | 14.8 | 14.8 | 14.8 | 14.8 | 14.8 | 14.8 | 14.8 | 14.8 | 14.8 |
| Partly Cloudy Sky | Max(lx.) | 730 | 1025 | 1300 | 1636 | 1751 | 1718 | 1571 | 1334 | 904 | 559 |
| | Average(lx.) | 174 | 267 | 343 | 381 | 418 | 417 | 364 | 318 | 235 | 142 |
| | Max/Avg. | 4.2 | 3.8 | 3.8 | 4.3 | 4.2 | 4.1 | 4.3 | 4.2 | 3.8 | 3.9 |
| Cloudy Sky | Max(lx.) | 277 | 428 | 518 | 623 | 657 | 644 | 616 | 509 | 378 | 233 |
| | Average(lx.) | 71 | 107 | 136 | 158 | 171 | 165 | 149 | 128 | 95 | 62 |
| | Max/Avg. | 3.9 | 4 | 3.8 | 3.9 | 3.8 | 3.9 | 4.1 | 4 | 4 | 3.8 |


ตาราง 5.1.2j ความสว่างภายในของรูปแบบช่องเปิดต่อเนื่อง 40% ทิศใต้ (ไม่มีอุปกรณ์บังแดด)

|  | ผลค่าสถิติของความสว่างภายในบนพื้นผิวอ้างอิงทั้งหมด | | | | | | | | | | |
|--|--|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | | 8:00 | 9:00 | 10:00 | 11:00 | 12:00 | 13:00 | 14:00 | 15:00 | 16:00 | 17:00 |
| Clear Sky | Max(lx.) | 4981 | 11498 | 16769 | 21588 | 24328 | 24318 | 21184 | 14832 | 8297 | 3529 |
| | Average(lx.) | 371 | 472 | 588 | 696 | 752 | 743 | 674 | 547 | 411 | 304 |
| | Max/Avg. | 13.4 | 24.4 | 28.5 | 31 | 32.3 | 32.7 | 31.4 | 27.1 | 20.2 | 11.6 |
| Partly Cloudy Sky | Max(lx.) | 6122 | 11827 | 17522 | 21841 | 24262 | 23366 | 20191 | 16129 | 10174 | 4706 |
| | Average(lx.) | 608 | 973 | 1275 | 1509 | 1631 | 1590 | 1430 | 1190 | 847 | 522 |
| | Max/Avg. | 10.1 | 12.2 | 13.7 | 14.5 | 14.9 | 14.7 | 14.1 | 13.6 | 12 | 9 |
| Cloudy Sky | Max(lx.) | 3162 | 6241 | 9353 | 12011 | 13736 | 12610 | 9964 | 7450 | 4271 | 2186 |
| | Average(lx.) | 286 | 459 | 605 | 719 | 785 | 755 | 667 | 549 | 390 | 244 |
| | Max/Avg. | 11.1 | 13.6 | 15.5 | 16.7 | 17.5 | 16.7 | 14.9 | 13.6 | 10.9 | 9 |


ตาราง 5.1.2k ความสว่างภายในของรูปแบบช่องเปิดต่อเนื่อง 40% ทิศใต้ (มีอุปกรณ์บังแดด)

|  | ผลค่าสถิติของความสว่างภายในบนพื้นผิวอ้างอิงทั้งหมด | | | | | | | | | | |
|---|--|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | | 8:00 | 9:00 | 10:00 | 11:00 | 12:00 | 13:00 | 14:00 | 15:00 | 16:00 | 17:00 |
| Clear Sky | Max(lx.) | 700 | 856 | 956 | 1028 | 1061 | 1052 | 1008 | 930 | 806 | 643 |
| | Average(lx.) | 58 | 71 | 79 | 85 | 88 | 87 | 84 | 77 | 67 | 53 |
| | Max/Avg. | 12.1 | 12.1 | 12.1 | 12.1 | 12.1 | 12.1 | 12.1 | 12.1 | 12.1 | 12.1 |
| Partly Cloudy Sky | Max(lx.) | 730 | 1118 | 1418 | 1636 | 1751 | 1718 | 1571 | 1334 | 986 | 661 |
| | Average(lx.) | 221 | 341 | 433 | 495 | 530 | 520 | 479 | 407 | 304 | 190 |
| | Max/Avg. | 3.3 | 3.3 | 3.3 | 3.3 | 3.3 | 3.3 | 3.3 | 3.3 | 3.2 | 3.5 |
| Cloudy Sky | Max(lx.) | 394 | 477 | 612 | 695 | 753 | 739 | 668 | 566 | 422 | 263 |
| | Average(lx.) | 109 | 142 | 176 | 206 | 214 | 210 | 197 | 163 | 126 | 77 |
| | Max/Avg. | 3.6 | 3.4 | 3.5 | 3.4 | 3.5 | 3.5 | 3.4 | 3.5 | 3.3 | 3.4 |

ตาราง 5.1.2l ความสว่างภายในของรูปแบบช่องเปิดไม่ต่อเนื่อง 2 ช่อง 40% ทิศใต้ (มีอุปกรณ์บังแดด)

|  | ผลค่าสถิติของความสว่างภายในบนพื้นผิวอ้างอิงทั้งหมด | | | | | | | | | | |
|--|--|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | | 8:00 | 9:00 | 10:00 | 11:00 | 12:00 | 13:00 | 14:00 | 15:00 | 16:00 | 17:00 |
| Clear Sky | Max(lx.) | 467 | 571 | 637 | 685 | 707 | 701 | 672 | 620 | 537 | 429 |
| | Average(lx.) | 53 | 65 | 73 | 78 | 81 | 80 | 77 | 71 | 62 | 49 |
| | Max/Avg. | 8.7 | 8.7 | 8.7 | 8.7 | 8.7 | 8.7 | 8.7 | 8.7 | 8.7 | 8.7 |
| Partly Cloudy Sky | Max(lx.) | 548 | 839 | 1182 | 1227 | 1313 | 1289 | 1310 | 1000 | 740 | 509 |
| | Average(lx.) | 175 | 269 | 333 | 390 | 419 | 405 | 368 | 310 | 232 | 146 |
| | Max/Avg. | 3.1 | 3.1 | 3.5 | 3.1 | 3.1 | 3.2 | 3.6 | 3.2 | 3.2 | 3.5 |
| Cloudy Sky | Max(lx.) | 249 | 366 | 487 | 542 | 589 | 568 | 529 | 443 | 345 | 185 |
| | Average(lx.) | 73 | 109 | 141 | 161 | 168 | 168 | 154 | 131 | 95 | 56 |
| | Max/Avg. | 3.4 | 3.3 | 3.5 | 3.4 | 3.5 | 3.4 | 3.4 | 3.4 | 3.6 | 3.3 |

ตาราง 5.1.2m ความสว่างภายในของรูปแบบช่องเปิดไม่ต่อเนื่อง 3 ช่อง 40% ทิศใต้ (มีอุปกรณ์บังแดด)

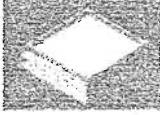






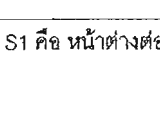

|  | ผลค่าสถิติของความสว่างภายในบนพื้นผิวอ้างอิงทั้งหมด | | | | | | | | | | |
|--|--|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|
| | 8:00 | 9:00 | 10:00 | 11:00 | 12:00 | 13:00 | 14:00 | 15:00 | 16:00 | 17:00 | |
| Clear Sky | Max(lx.) | 467 | 571 | 637 | 685 | 707 | 701 | 672 | 620 | 537 | 429 |
| | Average(lx.) | 18 | 34 | 38 | 41 | 43 | 42 | 41 | 37 | 32 | 26 |
| | Max/Avg. | 16.6 | 16.6 | 16.6 | 16.6 | 16.6 | 16.6 | 16.6 | 16.6 | 16.6 | 16.6 |
| Partly Cloudy Sky | Max(lx.) | 365 | 559 | 709 | 818 | 875 | 859 | 786 | 667 | 493 | 305 |
| | Average(lx.) | 88 | 139 | 179 | 204 | 218 | 222 | 204 | 167 | 114 | 77 |
| | Max/Avg. | 4.2 | 4 | 4 | 4 | 4 | 3.9 | 3.9 | 4 | 4.3 | 4 |
| Cloudy Sky | Max(lx.) | 182 | 198 | 251 | 271 | 309 | 284 | 278 | 214 | 164 | 109 |
| | Average(lx.) | 43 | 58 | 77 | 86 | 92 | 90 | 81 | 69 | 53 | 33 |
| | Max/Avg. | 4.3 | 3.4 | 3.3 | 3.2 | 3.4 | 3.2 | 3.4 | 3.1 | 3.1 | 3.4 |

เมื่อพิจารณาผลตัวแปรของอุปกรณ์บังแดดพื้นฐานทิศใต้ซึ่งมีลักษณะเป็นอุปกรณ์บังแดดแนวนอน 2 ระดับ จากการเปรียบเทียบรูปแบบช่องเปิดหน้าต่างต่อเนื่องทิศใต้ที่มีสัดส่วนพื้นที่กระจกเท่ากันระหว่างมีอุปกรณ์บังแดดกับไม่มีอุปกรณ์บังแดด พบว่า อิทธิพลของอุปกรณ์บังแดดดังกล่าวส่งผลให้ค่าความสว่างภายในบนพื้นผิวอ้างอิงทั้งหมดมีค่าลดต่ำลงในทุกสภาพท้องฟ้าโดยทำให้ค่ามากที่สุดมีค่าลดลง 90%-95% และค่าเฉลี่ยมีค่าลดลง 60%-90%

สำหรับอัตราส่วนค่ามากที่สุดต่อค่าเฉลี่ย(max/avg.) พบว่ารูปแบบช่องเปิดในทิศใต้ที่ไม่มีอุปกรณ์บังแดด เวลา 08:00 น.-17:00น. ในแต่ละสภาพท้องฟ้าจะมีค่า max/avg. ไม่คงที่หรือแตกต่างกันกล่าวคือมีการกระจายแสงธรรมชาติเข้าไปภายในห้องไม่สม่ำเสมอเวลา 08:00 น.-17:00น. ต่อมาเมื่อมีการออกแบบอุปกรณ์บังแดดแนวนอน 2 ระดับให้กับหน้าต่างกระจก 09:00 น.-16:00น. พบว่าอุปกรณ์บังแดดจะทำให้ลดความแตกต่างของค่า max/avg. ลงในช่วงเวลา 09:00 น.-16:00น. กล่าวคือ การออกแบบอุปกรณ์บังแดดแนวนอน 2 ระดับจะส่งผลทำให้ความแปรปรวนของค่าความสว่างภายในบนพื้นผิวอ้างอิงทั้งหมดลดลงในทุกสภาพท้องฟ้า หรือลดความแตกต่างของค่าความสว่างภายในบนพื้นผิวอ้างอิงระหว่างบริเวณริมหน้าต่างกับบริเวณที่ห่างจากริมหน้าต่างเข้าไปตามความลึกห้องที่เพิ่มมากขึ้นเนื่องจากการสะท้อนรังสีกระจายจากภายนอกเพิ่มมากขึ้นจึงส่งผลทำให้มีการกระจายแสงธรรมชาติเข้าไปภายในห้องอย่างสม่ำเสมอเพิ่มสูงขึ้น

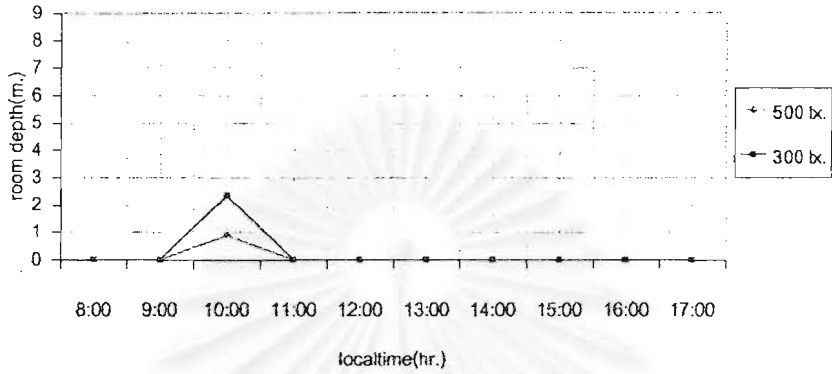
5.1.2.2 ระยะเวลาที่แสงธรรมชาติเข้ามาภายในจากผลของรูปแบบช่องเปิดทิศใต้

จากการประมาณค่าความสว่างภายในบนพื้นผิวอ้างอิงด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ เพื่อศึกษาผลของรูปแบบช่องเปิดในทิศใต้ โดยแยกพิจารณาตามสัดส่วนพื้นที่กระจก 70%,60%,50% และ 40% ที่มีการออกแบบอุปกรณ์บังแดดพื้นฐาน เมื่อกำหนดค่าความสว่างบนพื้นผิวอ้างอิงที่ต้องการ 500 ลักซ์ จะสามารถหาระยะทางที่แสงธรรมชาติเข้ามาเนื่องจากรูปแบบช่องเปิดในทิศใต้โดยวัดระยะทางจากขอบหน้าต่างผนังด้านในเข้ามาภายในห้องมาตรฐาน นำมาแสดงผลที่เกิดขึ้นเป็นค่าเฉลี่ยรายปี ในเวลาทำงาน 08:00น.-17:00 น ตามสภาพท้องฟ้าทั้ง 3 ประเภทดังตาราง 5.1.2n และแผนภูมิ 5.1.2b - i ตาราง 5.1.2n ค่าเฉลี่ยรายปีของระยะเวลาที่แสงธรรมชาติเข้ามาภายในห้องมาตรฐานจากอิทธิพลของรูปแบบช่องเปิดทิศใต้ที่ใช้เป็นกรณีศึกษา

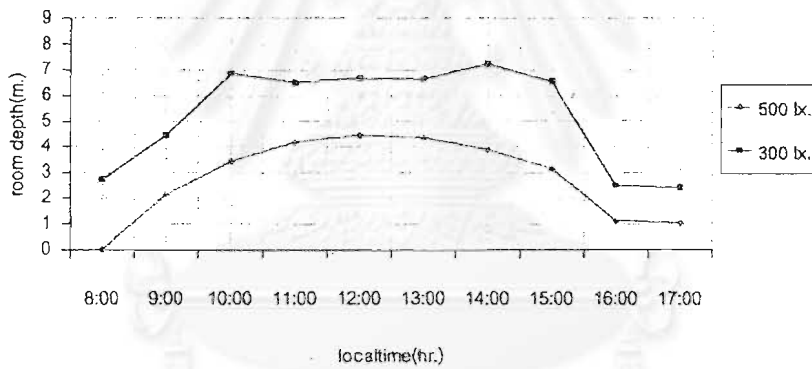
| รูปแบบช่องเปิดทิศใต้ | สภาพท้องฟ้า | ค่าเฉลี่ยรายปีของ ระยะเวลาที่แสงธรรมชาติเข้ามาภายในห้องมาตรฐาน (เมตร) | | | | | | | | | | |
|----------------------|---|---|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|---|
| | | 08:00 | 09:00 | 10:00 | 11:00 | 12:00 | 13:00 | 14:00 | 15:00 | 16:00 | 17:00 | |
| S1- 70 |  | 0 | 0 | 0.9 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| |  | 0 | 2.1 | 3.4 | 4.1 | 4.4 | 4.3 | 3.9 | 3.1 | 1.1 | 1 | |
| |  | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| S1- 60 |  | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| |  | 0 | 0 | 2.3 | 3.9 | 4.1 | 4 | 2.5 | 2.2 | 1.4 | 0 | |
| |  | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| P3- 60 |  | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| |  | 0 | 1.4 | 2.3 | 1.8 | 3.4 | 1.9 | 1.8 | 1.1 | 0 | 0 | |
| |  | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| S1- 50 | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | | 1.7 | 3.2 | 4.1 | 4.2 | 4.7 | 4.5 | 4.4 | 3.8 | 2.7 | 0 | |
| | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| P2- 50 | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | | 0 | 0 | 3.1 | 0 | 0 | 0 | 1.8 | 0 | 0 | 0 | |
| | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| S1- 40 | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | | 1.8 | 3 | 3.5 | 3.8 | 3.9 | 3.9 | 3.7 | 3.4 | 3.1 | 2.7 | |
| | | 0 | 0 | 1.2 | 1.8 | 2 | 1.9 | 1.6 | 0.9 | 0 | 0 | |
| P2- 40 | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | | 0 | 2.9 | 3.2 | 3.3 | 3.2 | 3.6 | 3 | 3.3 | 0 | 0 | |
| | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| P3- 40 | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

หมายเหตุ: S1 คือ หน้าต่างต่อเนื่อง, P2 คือ หน้าต่างไม่ต่อเนื่อง 2 ช่อง, P3 คือ หน้าต่างไม่ต่อเนื่อง 3 ช่อง

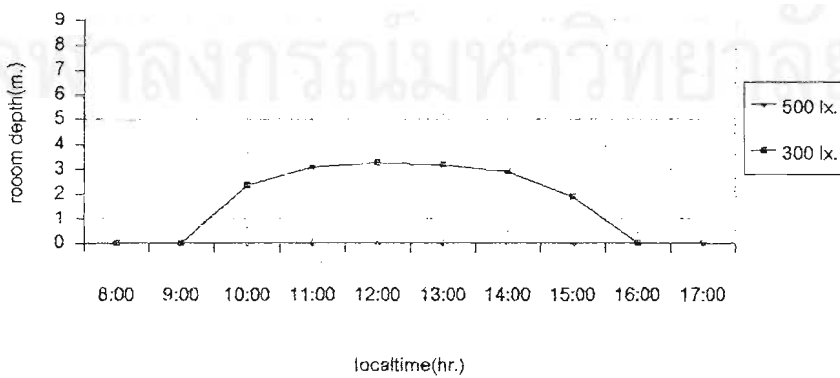
S1-70 south:Clear sky



S1-70 south:Partly Cloudy sky

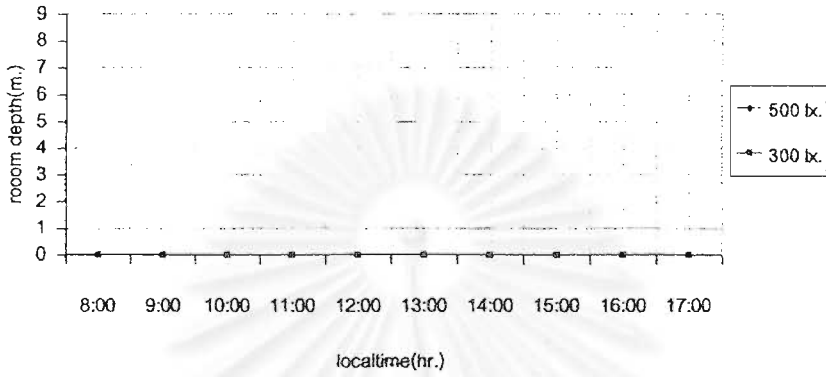


S1-70 south:Cloudy sky

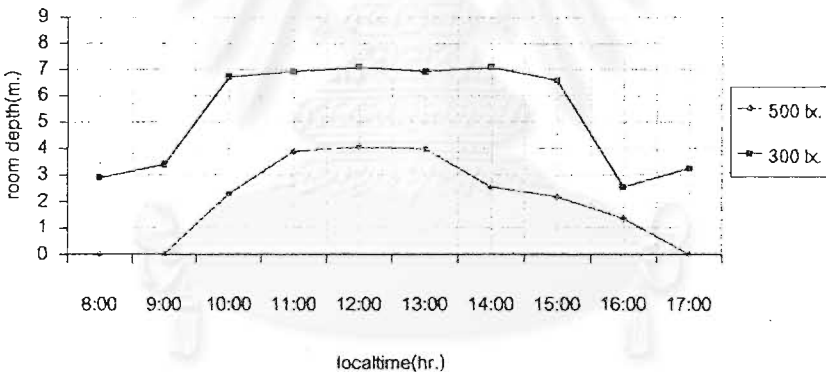


แผนภูมิ 5.1.2.b ระยะทางที่แสงธรรมชาติเข้ามาภายในจากผลของรูปแบบช่องเปิดต่อเนื่อง 70% ทิศใต้

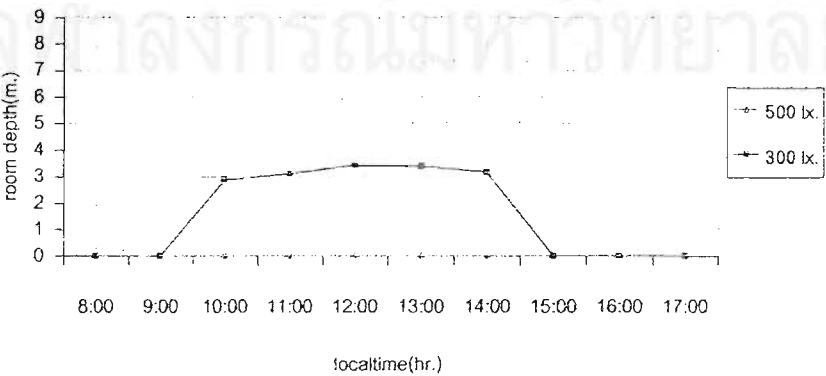
S1-60 south:Clear sky



S1-60 south:Partly Cloudy sky

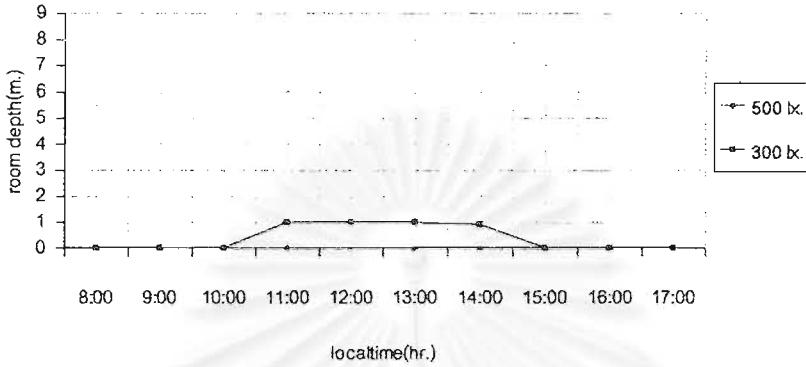


S1-60 south:Cloudy sky

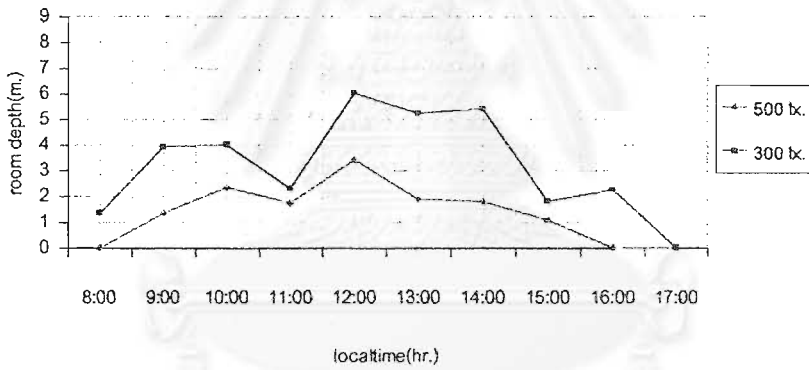


แผนภูมิ 5.1.2.c ระยะทางที่แสงธรรมชาติเข้ามาภายในจากผลของรูปแบบช่องเปิดต่อเนื่อง 60% ทิศใต้

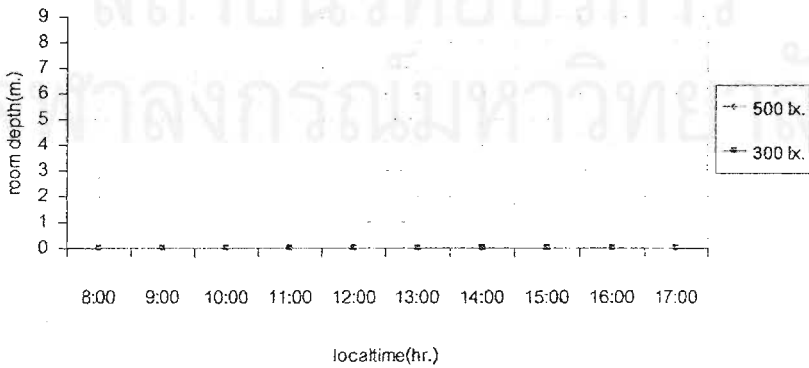
P3-60 south:Clear sky



P3-60 south:Partly Cloudy sky

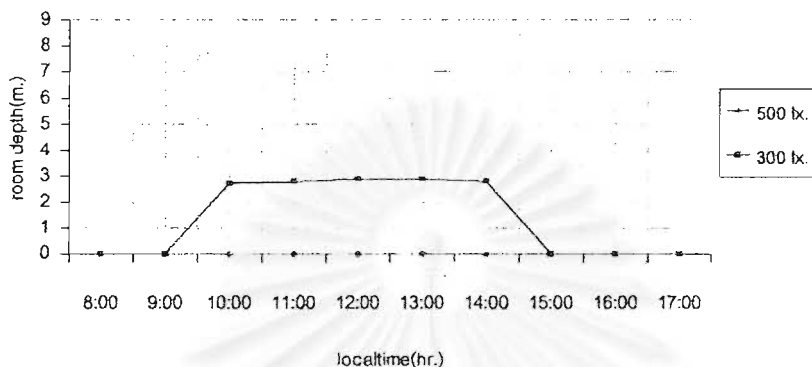


P3-60 south:Cloudy sky

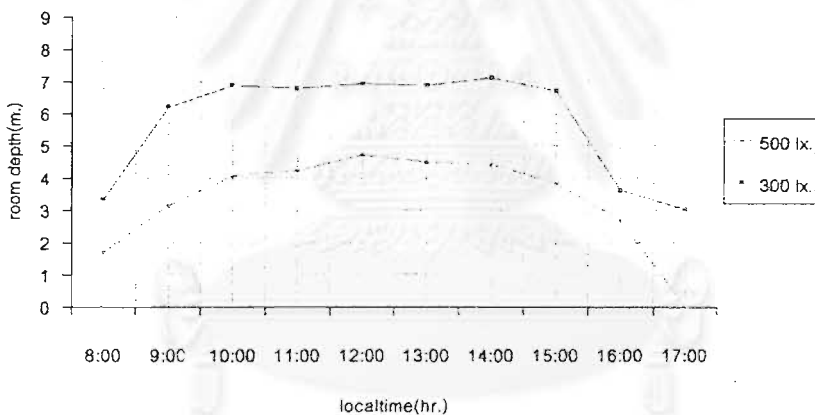


แผนภูมิ 5.1.2.d ระยะทางที่แสงธรรมชาติเข้ามาภายในจากผลของรูปแบบช่องเปิดไม่ต่อเนื่อง 3 ช่อง 60% ทิศใต้

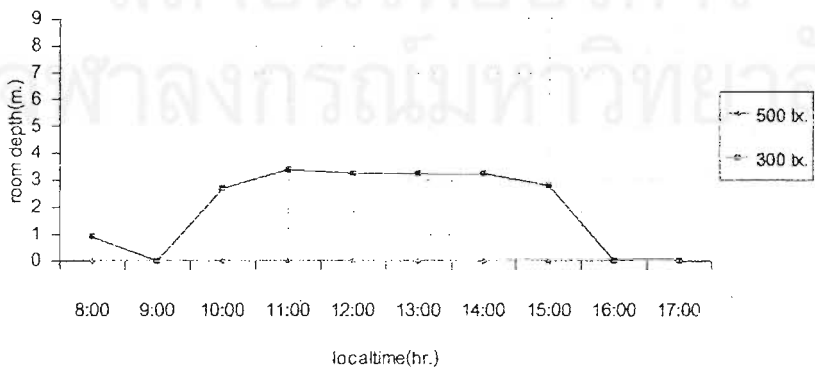
S1-50 south:Clear sky



S1-50 south:Partly Cloudy sky

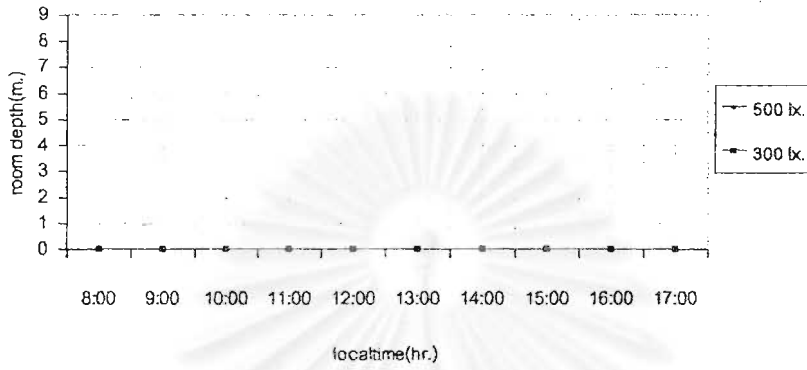


S1-50 south:Cloudy sky

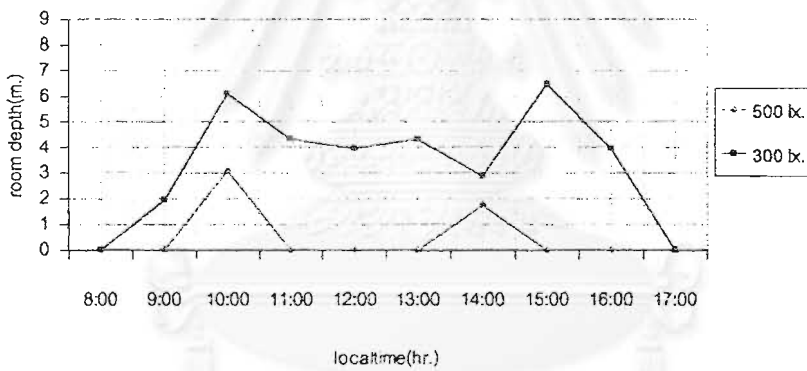


แผนภูมิ 5.1.2.e ระยะทางที่แสงธรรมชาติเข้ามาภายในจากผลของรูปแบบช่องเปิดต่อเนื่อง 50% ที่คิดได้

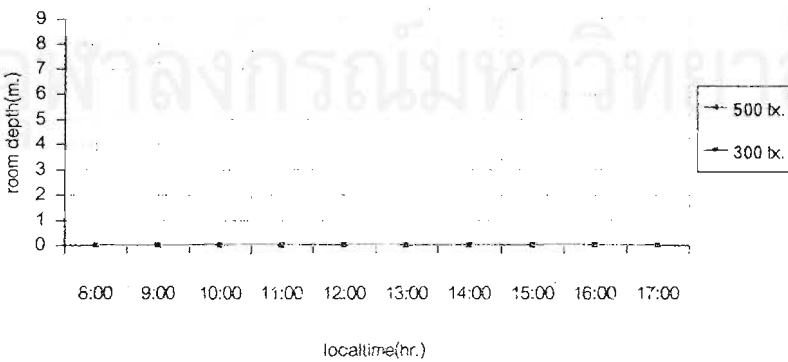
P2-50 south:Clear sky



P2-50 south:Partly Cloudy sky

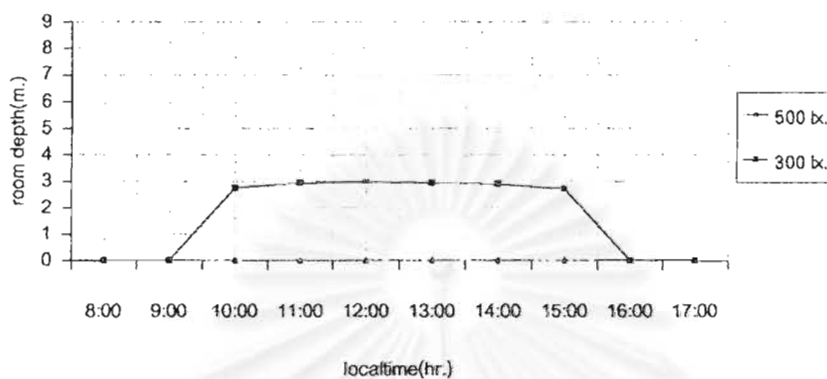


P2-50 south:Cloudy sky

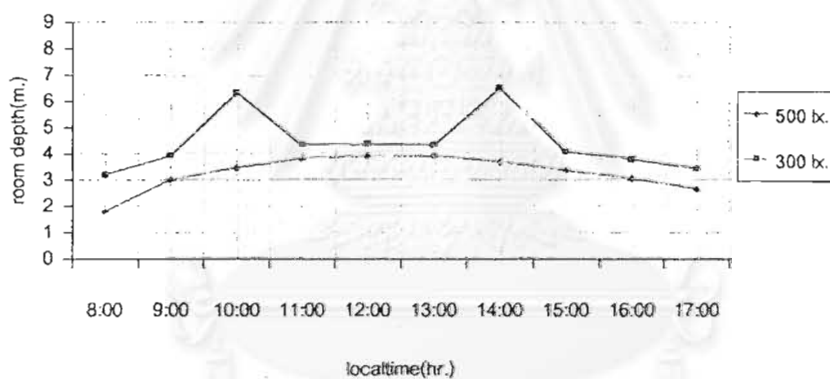


แผนภูมิ 5.1.2.f ระยะทางที่แสงธรรมชาติเข้ามาภายในจากผลของรูปแบบช่องเปิดไม่ต่อเนื่อง 2 ช่อง 50% ที่ใช้ได้

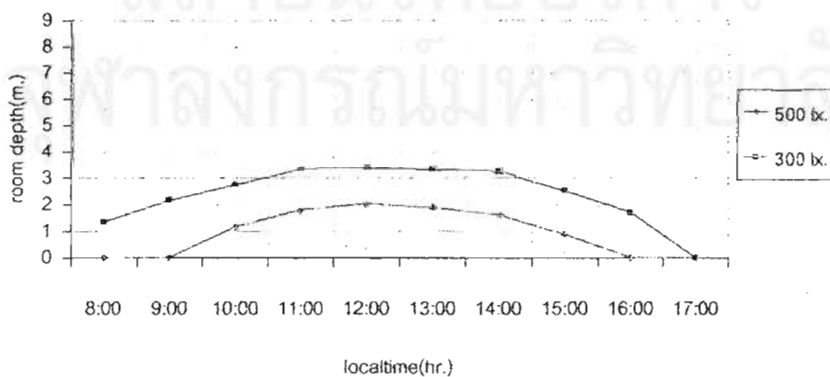
S1-40 south:Clear sky



S1-40 south:Partly Cloudy sky

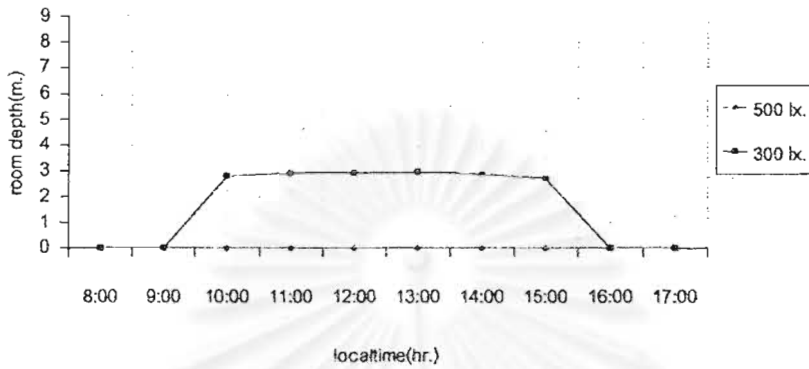


S1-40 south:Cloudy sky

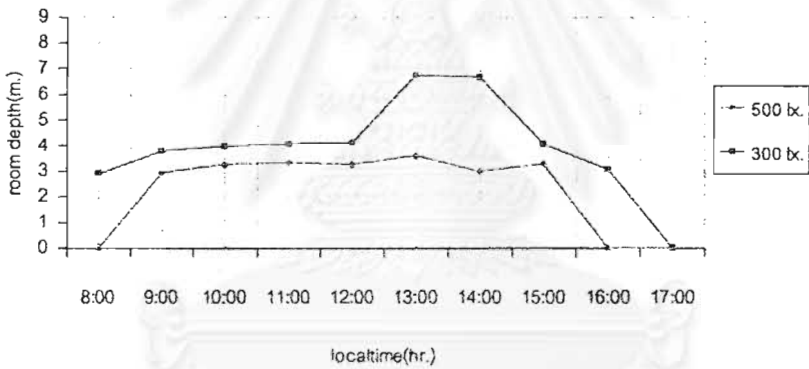


แผนภูมิ 5.1.2.g ระยะทางที่แสงธรรมชาติเข้ามาภายในจากผลของรูปแบบช่องเปิดต่อเนื่อง 40% ทิศใต้

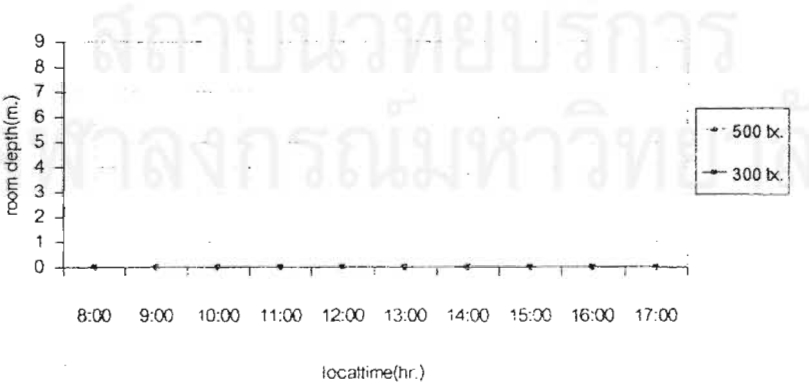
P2-40 south:Clear sky



P2-40 south:Partly Cloudy sky

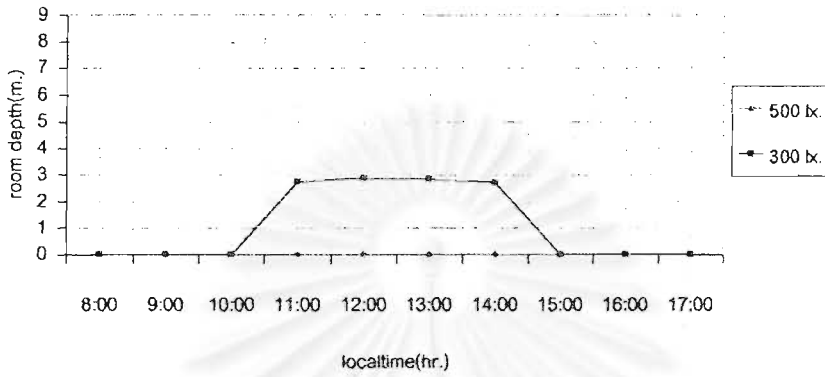


P2-40 south:Cloudy sky

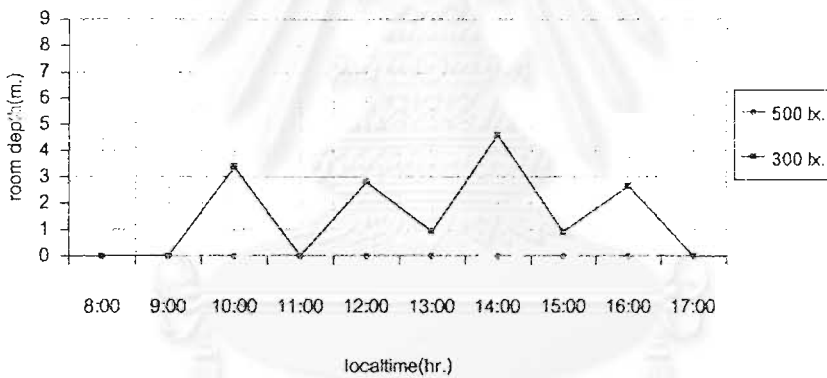


แผนภูมิ 5.1.2.ก ระยะทางที่แสงธรรมชาติเข้ามาภายในจากผลของรูปแบบช่องเปิดไม้ต่อเนื่อง 2 ช่อง 40% ทิศใต้

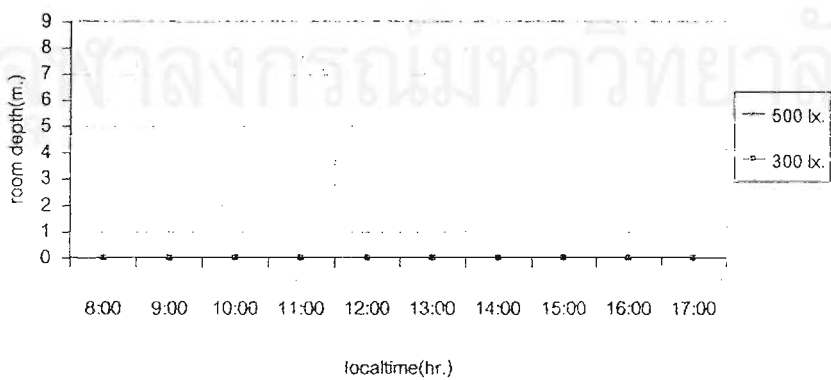
P3-40 south:Clear sky



P3-40 south:Partly Cloudy sky



P3-40 south:Cloudy sky



แผนภูมิ 5.1.2.i ระยะทางที่แสงธรรมชาติเข้ามาภายในจากผลของรูปแบบช่องเปิดไม้ต่อเนื่อง 3 ช่อง 40% ทิศใต้

การพิจารณาอิทธิพลของตัวแปรรูปแบบช่องเปิดทิศใต้ที่มีผลต่อปริมาณแสงธรรมชาติภายในห้องบนพื้นผิวอ้างอิงซึ่งสูงจากระดับพื้น 0.75 ม. ได้แก่ ชนิดหน้าต่าง, สัดส่วนพื้นที่กระจก, ความสูงหน้าต่างและระยะเว้นช่องหน้าต่าง จากการจำลองสภาพการให้แสงสว่างผ่านรูปแบบช่องเปิดหน้าต่างกระจกใส 1 ด้าน ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์สามารถสรุปผลได้ดังนี้

ตาราง 5.1.2o อิทธิพลของตัวแปรรูปแบบช่องเปิดทิศใต้ที่มีผลต่อปริมาณแสงธรรมชาติภายใน

| ตัวแปรรูปแบบช่องเปิดทิศใต้ | | | | | | | | | ระยะทางที่แสงธรรมชาติเข้ามาภายในห้อง เวลา 08:00น.-17:00 น | | |
|----------------------------|----------------|-----------------|-------------------------------|---------------------------------|-------------------------------------|-------------------|-------------------|------------------------|---|----------------|----------------|
| พื้นที่กระจก (%) | ความกว้าง (ม.) | ความสูงรวม (ม.) | ความสูงเหนือระดับอ้างอิง (ม.) | ความสูงต่ำกว่าระดับอ้างอิง (ม.) | ระยะชั้นของอุปกรณ์บังแดดภายนอก (ม.) | จำนวนช่องหน้าต่าง | ระยะคั่นช่อง (ม.) | ระยะคั่นช่อง/ความกว้าง | น้อยที่สุด (ม.) | มากที่สุด (ม.) | ค่าเฉลี่ย (ม.) |
| 70% | 8.4 | 2.7 | 1.95 | 0.75 | 1.3 | 1 | - | - | 1 | 4.4 | 2.74 |
| 60% | 8.1 | 2.4 | 1.95 | 0.45 | 1.2 | 1 | - | - | 0 | 4.1 | 2.04 |
| | 2.4 | 2.7 | 1.95 | 0.75 | 1.3 | 3 | 0.6 | 1/4 | 0 | 3.4 | 1.37 |
| 50% | 7.8 | 2.1 | 1.95 | 0.15 | 1.1 | 1 | - | - | 0 | 4.7 | 3.33 |
| | 3.9 | 2.1 | 1.95 | 0.15 | 1.1 | 2 | 0.6 | 1/6.5 | 0 | 3.1 | 0.49 |
| 40% | 7.2 | 1.8 | 1.8 | - | 0.9 | 1 | - | - | 1.8 | 3.9 | 3.28 |
| | 3.6 | 1.8 | 1.8 | - | 0.9 | 2 | 0.9 | 1/4 | 0 | 3.6 | 2.25 |
| | 1.8 | 2.4 | 1.95 | 0.45 | 1.2 | 3 | 1.2 | 2/3 | 0 | 0 | 0 |

หมายเหตุ : พิจารณาในสภาพห้องฟ้าเมฆบางส่วนที่มีค่าอัตราส่วนท้องฟ้าเท่ากับ 0.5 ด้วยผลการจำลองสภาพการให้แสงธรรมชาติผ่านช่องเปิดหน้าต่างต่อเนื่องที่เป็นกระจกโพลติไลติก 6 มิลลิเมตร โดยระยะทางที่แสงธรรมชาติเข้ามาภายในพิจารณาจากระยะที่ค่าความสว่างภายในบนพื้นผิวอ้างอิงของห้องมาตรฐานมีค่าสูงกว่าหรือเท่ากับ 500 ลักซ์

(1) ตัวแปรชนิดหน้าต่าง เมื่อสัดส่วนพื้นที่กระจกเท่ากันพบว่ารูปแบบช่องเปิดทิศใต้ชนิดหน้าต่างต่อเนื่องมีระยะทางที่แสงธรรมชาติเข้ามาภายในห้องบนพื้นผิวอ้างอิงมากที่สุด รองลงมาคือหน้าต่างไม่ต่อเนื่อง 2 ช่อง และหน้าต่างไม่ต่อเนื่อง 3 ช่องตามลำดับ

(2) ตัวแปรสัดส่วนพื้นที่กระจกแตกต่างกัน คือ 70%,60%,50% และ 40% เมื่อพิจารณาชนิดหน้าต่างต่อเนื่องทิศใต้ในสภาพท้องฟ้าเมฆบางส่วน พบว่า สัดส่วนพื้นที่กระจก 50% มีระยะทางที่แสงธรรมชาติเข้ามาภายในห้องมาตรฐานมากที่สุด 4.7 ม. รองลงมาคือสัดส่วนพื้นที่กระจก 70%,60%,40% ซึ่งมีระยะทางที่แสงธรรมชาติเข้ามาภายในห้องมาตรฐานมากที่สุด คือ 4.4,4.1 และ 3.9 ม. ตามลำดับ ดังนั้นสามารถสรุปได้ว่าระยะทางที่แสงธรรมชาติเข้ามาภายในไม่ได้แปรผันตรงตามตัวแปรสัดส่วนพื้นที่กระจกของรูปแบบช่องเปิดทิศใต้ที่ใช้เป็นกรณีศึกษาครั้งนี้

(3) ตัวแปรความสูงหน้าต่างจากระดับพื้นผิวอ้างอิงซึ่งสูงจากระดับพื้น 0.75 ม. การวิจัยครั้งนี้กำหนดความสูงหน้าต่างแนวตั้ง(90องศา)โดยวัดความสูงรวมจากระดับขอบล่างคานลงมาถึงระดับพื้นเป็น 2.7,2.4,2.1 และ 1.8 ม. จากตาราง 5.1.2o เมื่อเปรียบเทียบรูปแบบช่องเปิดหน้าต่างชนิดเดียวกันทิศใต้ที่มีความสูงหน้าต่างแตกต่างกัน คือ 2.7,2.4 และ 2.1 ม. แต่มีความสูงหน้าต่างส่วนที่เหนือกว่าระดับอ้างอิง 1.95 ม. เท่ากันพบว่า ความสูงหน้าต่าง 2.1 ม.ซึ่งมีระยะยื่นของอุปกรณ์บังแดดแนวอนน้อยกว่าความสูงหน้าต่าง 2.7 และ 2.4 ม. จะส่งผลให้มีระยะทางที่แสงธรรมชาติเข้ามาภายในบนพื้นผิวอ้างอิงมากที่สุด คือ 4.7 ม.สำหรับหน้าต่างต่อเนื่อง และ 3.9 ม.สำหรับหน้าต่างไม่ต่อเนื่อง โดยความสูงหน้าต่างส่วนที่ต่ำกว่าระดับอ้างอิงของรูปแบบช่องเปิดทิศใต้ที่ใช้เป็นกรณีศึกษาครั้งนี้ไม่มีผลทำให้ระยะทางที่แสงธรรมชาติเข้ามาภายในบนพื้นผิวอ้างอิงเพิ่มมากขึ้น

(4) ตัวแปรระยะเว้นช่องหน้าต่าง การวิจัยครั้งนี้กำหนดระยะเว้นช่องหน้าต่างของรูปแบบช่องเปิดหน้าต่างไม่ต่อเนื่องเป็น 0.6,0.9 และ 1.2 ม. จากตาราง 5.1.2o เมื่อพิจารณารูปแบบช่องเปิดทิศใต้ที่มีสัดส่วนพื้นที่กระจกเท่ากัน และมีความสูงหน้าต่างเท่ากัน แต่มีความกว้างหน้าต่างและระยะเว้นช่องหน้าต่างแตกต่างกัน มีผลต่อปริมาณแสงธรรมชาติภายในดังนี้

สัดส่วนพื้นที่กระจกเท่ากัน 50% และมีความสูงหน้าต่างเท่ากัน 2.1 ม. พบว่าการออกแบบลดความกว้างหน้าต่างลง 1/2 และเพิ่มระยะเว้นช่องหน้าต่างมากขึ้นจากศูนย์เป็น 0.6 ม. ทำให้ค่าเฉลี่ยของระยะทางที่แสงธรรมชาติเข้ามาภายในบนพื้นผิวอ้างอิงของห้องมาตรฐานลดต่ำลง 2.84 เมตร

สัดส่วนพื้นที่กระจกเท่ากัน 40% และมีความสูงหน้าต่างเท่ากัน 1.8 ม. พบว่า การออกแบบลดความกว้างหน้าต่างลง 1/2 และเพิ่มระยะเว้นช่องหน้าต่างมากขึ้นจากศูนย์เป็น 0.9 ม. ทำให้ค่าเฉลี่ยของระยะทางที่แสงธรรมชาติเข้ามาภายในบนพื้นผิวอ้างอิงของห้องมาตรฐานลดต่ำลง 1.03 เมตร

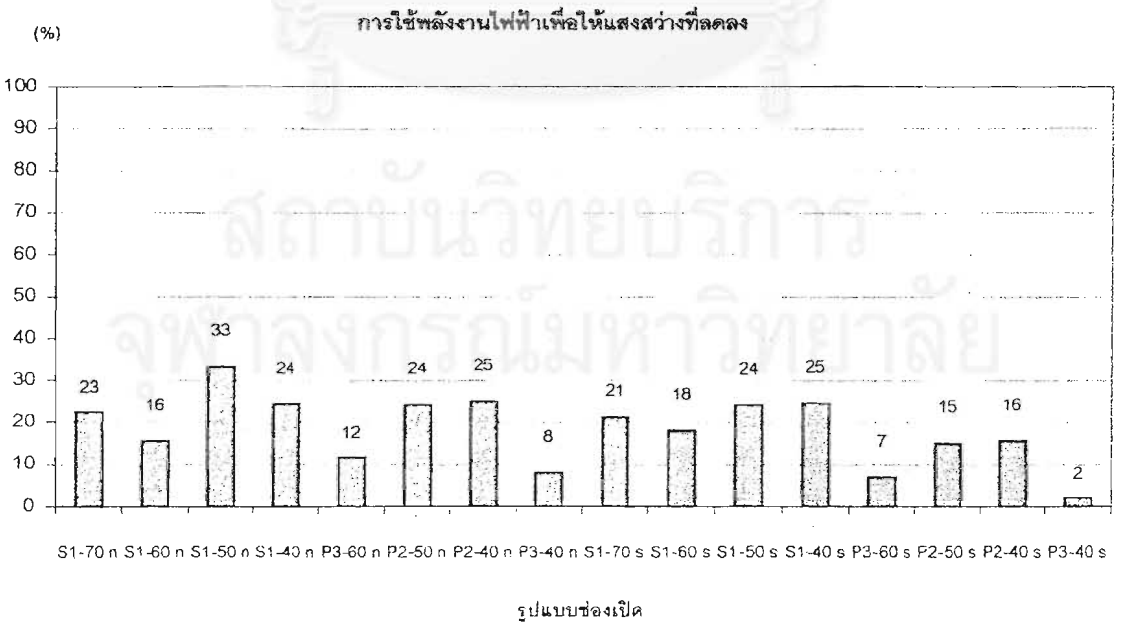
สรุปได้ว่าจากกรณีศึกษารูปแบบช่องเปิดทิศใต้ เมื่อสัดส่วนพื้นที่กระจกและความสูงหน้าต่างเท่ากันนั้นการเว้นช่องหน้าต่างทำให้มีส่วนผนังที่บดบังแสงระหว่างพื้นที่กระจกของรูปแบบช่องเปิดทิศใต้จะส่งผลทำให้ค่าเฉลี่ยของระยะทางที่แสงธรรมชาติเข้ามาภายในบนพื้นผิวอ้างอิงของห้องมาตรฐานของสภาพห้องฟ้าเมฆบางส่วนซึ่งมีค่าอัตราส่วนท้องฟ้าเท่ากับ 0.5 ในช่วงเวลาทำงาน 08:00 น.-17:00 น.ลดต่ำลงประมาณ 1 - 3 ม.

5.2 ประเมินผลของรูปแบบช่องเปิดในเชิงการอนุรักษ์พลังงาน

เมื่อมีการให้แสงธรรมชาติผ่านรูปแบบช่องเปิดจะประเมินการใช้พลังงานไฟฟ้าเพื่อให้แสงสว่างและเพื่อทำความเย็นภายในห้องมาตรฐานจากผลการจำลองสภาพการให้แสงธรรมชาติของรูปแบบช่องเปิดที่ใช้เป็นกรณีศึกษาด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ ด้วยการเปรียบเทียบผลการใช้พลังงานไฟฟ้ารายปีจากห้องมาตรฐานกรณีที่ผนังไม่มีช่องเปิดให้แสงธรรมชาติเข้ามาจึงต้องใช้ไฟฟ้าแสงประดิษฐ์ส่องสว่างภายในเป็นเวลา 8 ชั่วโมงต่อวันในช่วงเวลา 08:00-12:00น.และ 13:00-17:00 น. เพื่อนำมาพิจารณาความสามารถลดพลังงานไฟฟ้าแสงประดิษฐ์เมื่อมีการนำแสงธรรมชาติเข้ามาภายใน ถ้ากำหนดให้ 1 ปีมีวันทำงานทั้งหมด 240 วัน สามารถประมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าได้ดังนี้

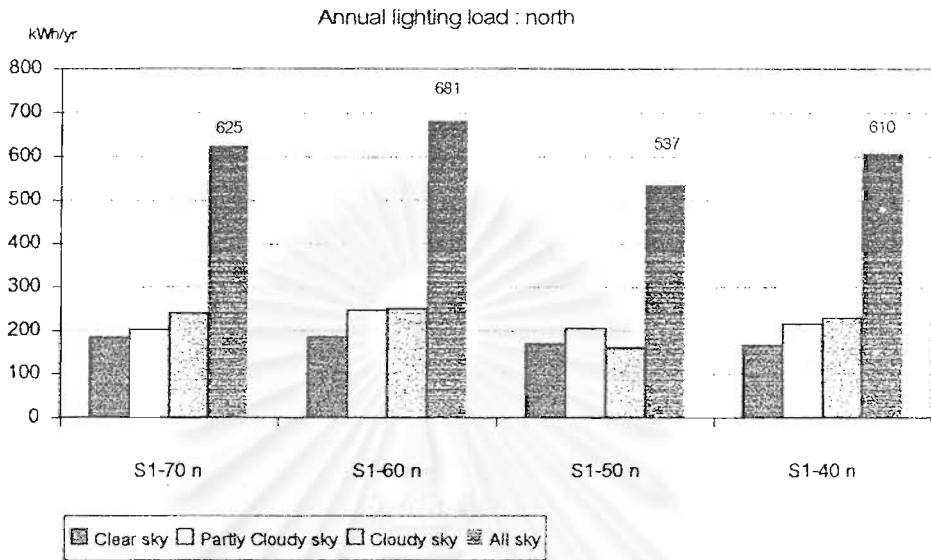
5.2.1 การใช้พลังงานไฟฟ้าเพื่อให้แสงสว่าง

การใช้พลังงานไฟฟ้าเพื่อให้แสงสว่างของแต่ละรูปแบบช่องเปิดที่มีการติดตั้งสวิตช์ควบคุมการปิด-เปิดดวงโคมในแต่ละเขตพื้นที่ตามรูปแบบการควบคุมการให้แสงสว่างที่กำหนด (ดูตาราง 3.4.2) โดยแยกพิจารณาผลของรูปแบบช่องเปิดทิศเหนือและทิศใต้

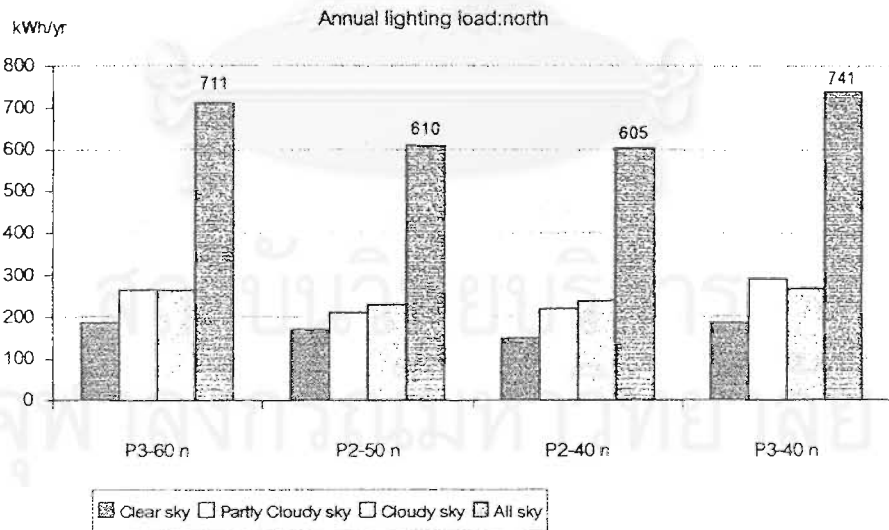


แผนภูมิ 5.2.1a ความสามารถในการลดพลังงานไฟฟ้ารายปีเพื่อทำแสงสว่างของรูปแบบช่องเปิดที่ใช้เป็นกรณีศึกษา

5.2.1.1 การใช้พลังงานไฟฟ้าเพื่อให้แสงสว่างของรูปแบบช่องเปิดทิศเหนือ

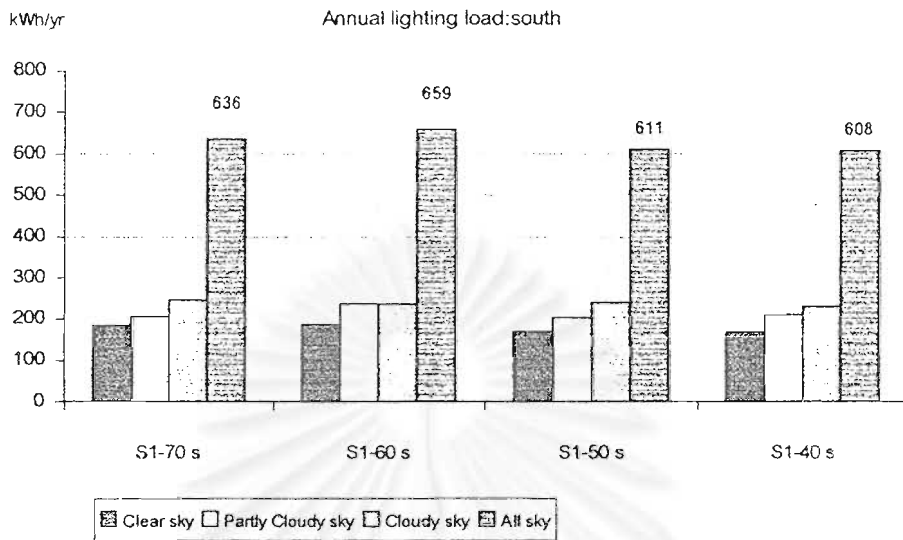


แผนภูมิ 5.2.1b เปรียบเทียบการใช้พลังงานไฟฟ้ารายปีเพื่อให้แสงสว่างของรูปแบบช่องเปิดต่อเนื่อง ทิศเหนือ

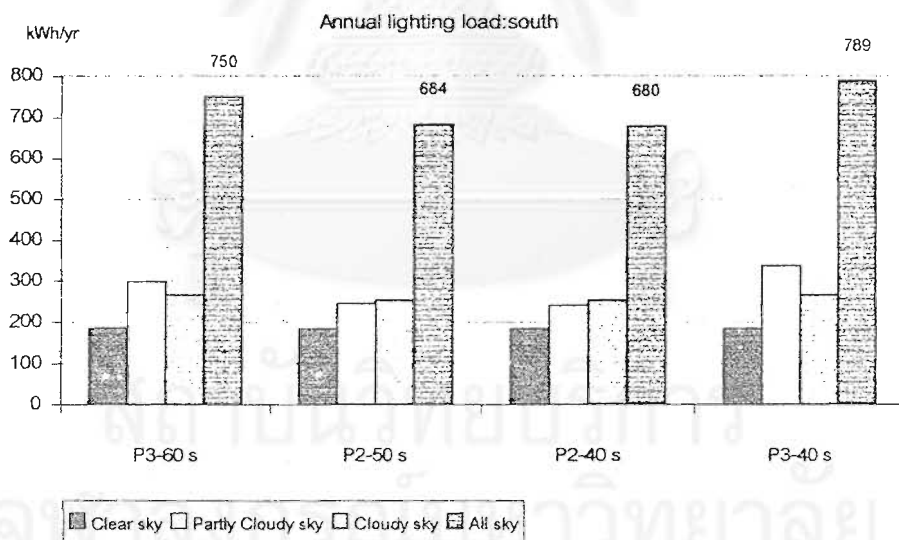


แผนภูมิ 5.2.1c เปรียบเทียบการใช้พลังงานไฟฟ้ารายปีเพื่อให้แสงสว่างของรูปแบบช่องเปิดไม่ต่อเนื่อง ทิศเหนือ

5.2.1.2 การใช้พลังงานไฟฟ้าเพื่อให้แสงสว่างของรูปแบบช่องเปิดทิศใต้



แผนภูมิ 5.2.1d เปรียบเทียบการใช้พลังงานไฟฟ้ารายปีเพื่อให้แสงสว่างของรูปแบบช่องเปิดต่อเนื่อง ทิศใต้



แผนภูมิ 5.2.1e เปรียบเทียบการใช้พลังงานไฟฟ้ารายปีเพื่อให้แสงสว่างของรูปแบบช่องเปิดไม่ต่อเนื่อง ทิศใต้

จากแผนภูมิ 5.2.1a - e แสดงผลเปรียบเทียบการใช้พลังงานไฟฟ้ารายปีเพื่อให้แสงสว่างของรูปแบบช่องเปิดที่มีอุปกรณ์บังแดดทิศเหนือและทิศใต้ที่เป็นกรณีศึกษา สามารถสรุปได้ว่า

(1) หน้าต่างชนิดเดียวกันทิศเหนือที่มีสัดส่วนพื้นที่กระจกแตกต่างกัน คือ 70%,60%,50% และ40% พบว่าหน้าต่างต่อเนื่อง 50% และหน้าต่างไม่ต่อเนื่อง 2 ช่อง 40% จะมีการใช้พลังงานไฟฟ้ารายปีเพื่อให้แสงสว่างน้อยที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับหน้าต่างชนิดเดียวกัน โดยลดการใช้พลังงานไฟฟ้าแสงสว่างลง 33% และ 25% ตามลำดับ

(2) หน้าต่างชนิดเดียวกันทิศใต้ที่มีสัดส่วนพื้นที่กระจกแตกต่างกัน คือ70%,60%,50% และ 40% พบว่าชนิดหน้าต่างต่อเนื่อง 40% และ 50% จะมีการใช้พลังงานไฟฟ้ารายปีเพื่อให้แสงสว่างน้อยที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับหน้าต่างชนิดเดียวกัน โดยลดการใช้พลังงานไฟฟ้าแสงสว่างลง 25% และ 24% ตามลำดับ

(3) เมื่อหน้าต่างที่มีสัดส่วนพื้นที่กระจกเท่ากันในทิศเหนือและใต้ พบว่ารูปแบบช่องเปิดหน้าต่างต่อเนื่องจะมีการใช้พลังงานไฟฟ้ารายปีเพื่อให้แสงสว่างน้อยกว่าหน้าต่างไม่ต่อเนื่อง

5.2.2 การใช้พลังงานไฟฟ้าเพื่อความเย็น

ในกรณีที่ห้องมาตรฐานมีการใช้เครื่องปรับอากาศเพื่อความเย็น สามารถคำนวณการใช้พลังงานไฟฟ้าเพื่อความเย็นเมื่อมีอัตราพลังงานความร้อนที่ผ่านช่องเปิดหน้าต่างกระจกเข้ามาภายในและความร้อนจากหลอดไฟแสงสว่างภายในห้องมาตรฐาน โดยกำหนดให้มีการใช้เครื่องปรับอากาศในเวลาดำเนินการ คือ 08:00-12:00 น.และ 13:00- 17:00 น. เท่านั้น

$$\text{Energy} = \text{Load} / \text{COP.}$$

สมการ 5.2.2a

เมื่อ Energy คือ พลังงานไฟฟ้าเพื่อใช้ทำงาน (kWh)

Load คือ อัตราพลังงานที่ใช้ในช่วงระยะเวลาหนึ่ง (Btu/h)

Coefficient of Performance: COP. คือ อัตราส่วนความสามารถทำความเย็นต่อกำลังงานที่ใช้ขับเคลื่อนคอมเพรสเซอร์ (1 ตันของการทำความเย็น =12,000 บีทียูต่อชั่วโมง)

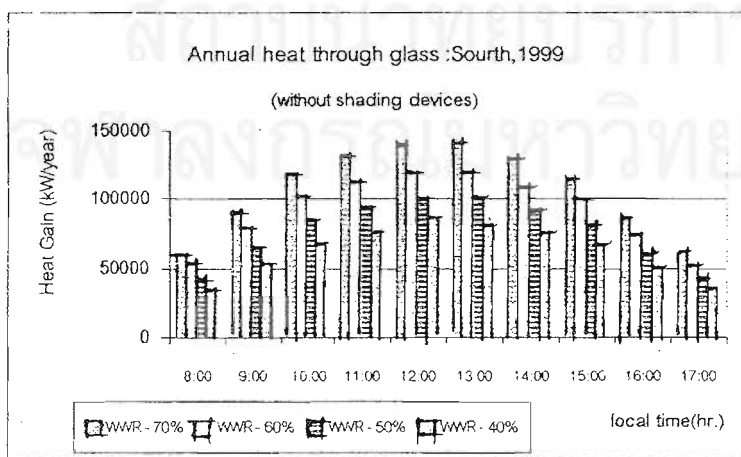
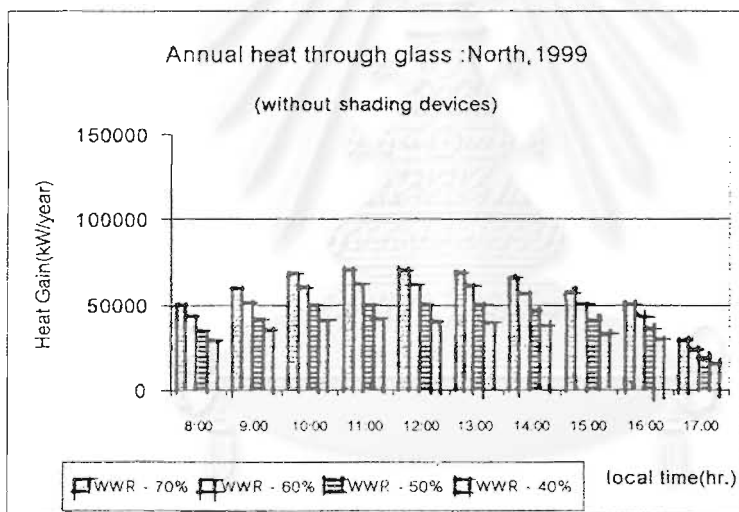
5.2.2.1 อัตราความร้อนผ่านกระจก

จากการสมมุติให้มีการป้องกันการถ่ายเทความร้อนผ่านผนังที่ด้านบนนอกไม่ให้เข้ามาภายในห้องได้อย่างสมบูรณ์ การประมาณค่าอัตราพลังงานความร้อนที่ผ่านหน้าต่างกระจกเข้ามาภายในของการวิจัยครั้งนี้คำนวณจากสมการสมมูลย์ความร้อนของกระจก โดยใช้ข้อมูลจากค่าสถิติรายชั่วโมงของปีจากการแผ่รังสีดวงอาทิตย์ภายนอกที่ตกกระทบพื้นผิวแนวตั้ง(90 องศา)ในทิศเหนือและทิศใต้

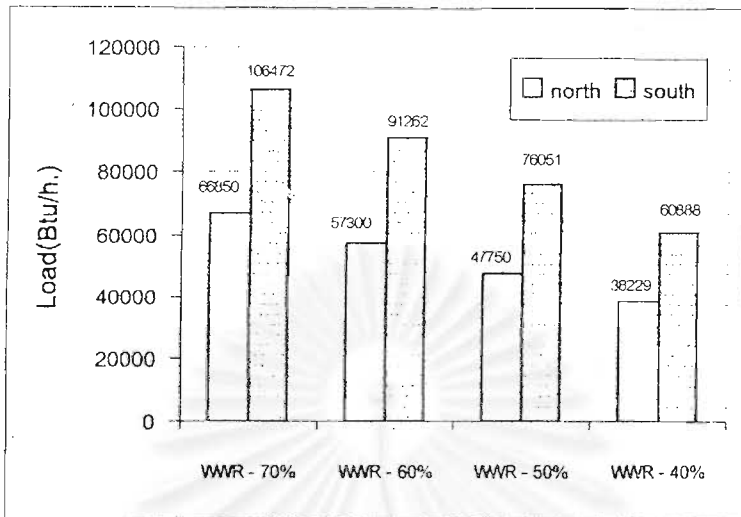
พ.ศ.2542 และให้ข้อมูลค่าสถิติรายชั่วโมงของปีของอุณหภูมิอากาศภายนอก พ.ศ.2542 ที่สถานีตรวจอากาศกรุงเทพ(ดูภาคผนวก) เนื่องจากเป็นข้อมูลที่ทำกรตรวจวัดได้จริงในประเทศไทยทั้งหมด โดยนำมาใช้พิจารณาการถ่ายเทความร้อนผ่านกระจกเข้ามาจากอุณหภูมิแตกต่างกันระหว่างภายนอกและภายในเมื่อกำหนดให้มีการควบคุมอุณหภูมิอากาศภายในห้องมาตรฐานเท่ากับ 25 องศาเซลเซียส

การคำนวณการใช้ภาระทำความเย็น(cooling load) จากอัตราความร้อนผ่านกระจก (ปีที่อยู่ต่อชั่วโมง)ภายในห้องมาตรฐานกำหนดตัวแปรควบคุม ดังนี้

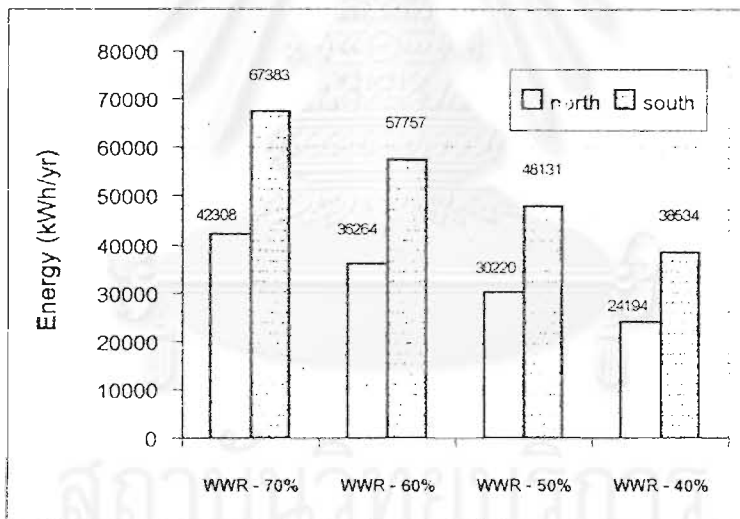
- อุณหภูมิอากาศภายใน = 25 องศาเซลเซียส
- EER = 10.6 (มาตรฐานปรับอากาศเบอร์ 5)
- COP. = 3.1
- เวลาที่มีการปรับอากาศ = 8 ชั่วโมง/วัน (วันทำงาน 240 วันต่อปี)
- พื้นที่ปรับอากาศ = 81 ตารางเมตร



แผนภูมิ 5.2.2a ปริมาณความร้อนผ่านกระจกรายปีของรูปแบบช่องเปิดต่อเนื่องไม่มีอุปกรณ์บังแดดทิศเหนือและทิศใต้



แผนภูมิ 5.2.2b เปรียบเทียบภาระการทำความเย็นของรูปแบบช่องเปิดที่มีอุปกรณ์บังแดด ทิศเหนือและทิศใต้



แผนภูมิ 5.2.2c เปรียบเทียบการใช้พลังงานไฟฟ้าของรูปแบบช่องเปิดที่มีอุปกรณ์บังแดด ทิศเหนือและทิศใต้

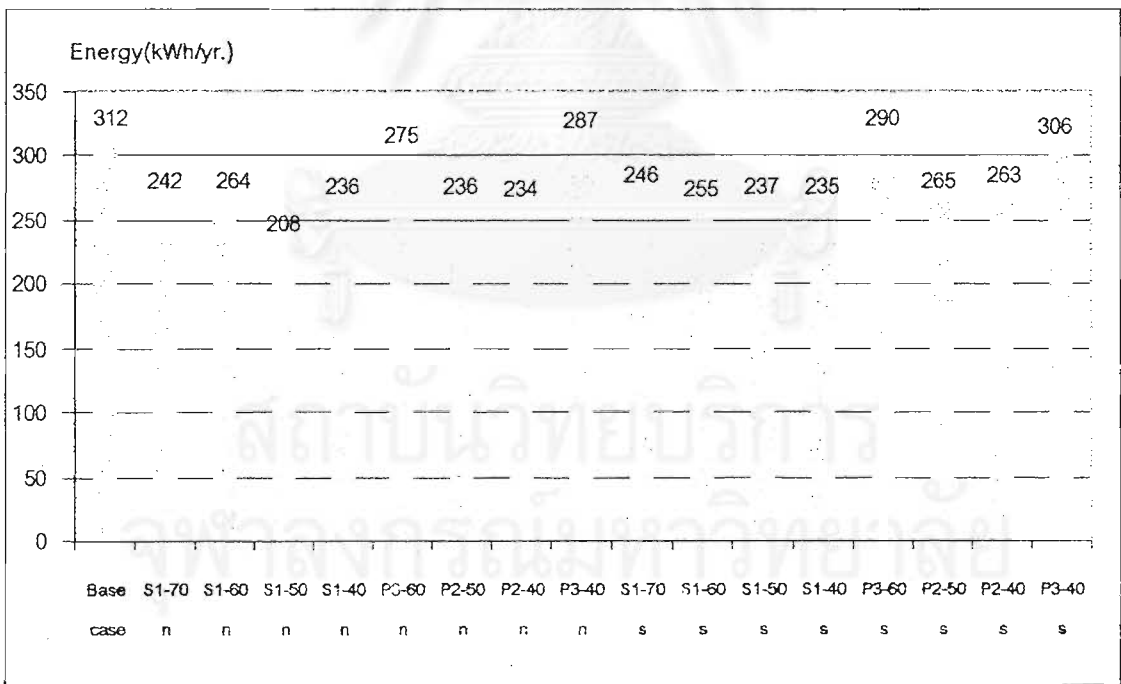
จากแผนภูมิ 5.2.2a - c เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบการใช้พลังงานไฟฟ้ารายปีเพื่อทำความเย็นที่เกิดจากปริมาณความร้อนผ่านกระจกของรูปแบบช่องเปิด สามารถสรุปได้ดังนี้

- (1) ปริมาณความร้อนที่ผ่านกระจกของรูปแบบช่องเปิดต่อเนื่องไม่มีอุปกรณ์บังแดดในทิศเหนือและทิศใต้ พบว่า ทิศใต้มีค่าปริมาณความร้อนที่ผ่านกระจกสูงกว่าทิศเหนือ และเมื่อสัดส่วนพื้นที่กระจกเท่ากัน การใช้พลังงานไฟฟ้ารายปีเพื่อทำความเย็นที่เกิดจากปริมาณความร้อนผ่านกระจกในทิศใต้ค่าสูงกว่าทิศเหนือ โดยทิศเหนือมีภาระทำความเย็นต่ำกว่าทิศใต้ 37%

(2) เมื่อสัดส่วนพื้นที่กระจกแตกต่างกัน รูปแบบช่องเปิดที่มีอุปกรณ์บังแดดในทิศเหนือและทิศใต้ที่มีสัดส่วนพื้นที่กระจกมากกว่าจะส่งผลให้มีการใช้พลังงานไฟฟ้ารายปีเพื่อทำความเย็นที่เกิดจากปริมาณความร้อนผ่านกระจกสูงกว่า จากการวิจัยครั้งนี้พบว่า การเพิ่มพื้นที่กระจกทิศเหนือขึ้น 10% จะส่งผลให้ภาระทำความเย็นเพิ่มขึ้นประมาณ 9,550 บีทียูต่อชั่วโมง และการเพิ่มพื้นที่กระจกทิศใต้ขึ้น 10% จะส่งผลให้ภาระทำความเย็นเพิ่มขึ้นประมาณ 15,200 บีทียูต่อชั่วโมง

5.2.2.1 ความร้อนจากหลอดไฟ

ความร้อนจากหลอดไฟในพื้นที่ห้องมาตรฐานที่เกิดขึ้นจากการเปิดหลอดไฟและความร้อนจากบัลลาสต์เพื่อให้แสงสว่างในช่วงเวลาที่มีการเปิดใช้งานของดวงโคมเท่านั้นโดยไม่รวมความร้อนที่เกิดขึ้นหลังจากการปิดหลอดไฟ พบว่าการให้แสงสว่างธรรมชาติร่วมกับแสงประดิษฐ์โดยการควบคุมการปิด-เปิดโคมไฟจากการวิจัยครั้งนี้จะส่งผลให้มีการใช้พลังงานไฟฟ้าเฉลี่ยรายปีจากภาระทำความเย็นจากหลอดไฟใกล้เคียงกันซึ่งลดลงจากการใช้แสงประดิษฐ์ในการส่องสว่างเพียงอย่างเดียว 312 กิโลวัตต์ชั่วโมงต่อปี โดยมีค่าระหว่าง 208 - 306 กิโลวัตต์ชั่วโมงต่อปี



แผนภูมิ 5.2.2e เปรียบเทียบการใช้พลังงานไฟฟ้ารายปีเพื่อทำความเย็นที่เกิดจากหลอดไฟของรูปแบบช่องเปิดที่มีอุปกรณ์บังแดดทิศเหนือและทิศใต้ที่ใช้เป็นกรณีศึกษา

5.3 เปรียบเทียบประสิทธิภาพของรูปแบบช่องเปิด

การเปรียบเทียบประสิทธิภาพของรูปแบบช่องเปิดโดยแยกพิจารณา 2 กรณี หลักคือ กรณีอาคารสำนักงานไม่ปรับอากาศและกรณีอาคารสำนักงานปรับอากาศ

5.3.1 กรณีอาคารสำนักงานไม่ปรับอากาศ

เปรียบเทียบการใช้พลังงานไฟฟ้ารายปีของรูปแบบช่องเปิด กรณีที่ไม่มีหน้าต่างกระจกซึ่งจะมีการใช้พลังงานในการให้แสงสว่างเท่ากับ 806.76 กิโลวัตต์ - ชั่วโมงต่อปี เท่านั้น สามารถสรุปได้ว่าการนำแสงธรรมชาติมาใช้ในการให้แสงสว่างในอาคารที่ไม่ปรับอากาศจะช่วยลดพลังงานไฟฟ้าลง 2 - 33% โดยรูปแบบช่องเปิดต่อเนื่องและไม่ต่อเนื่อง 2 ช่องมีอุปกรณ์บังแดดในทิศเหนือและทิศใต้ ซึ่งมีสัดส่วนพื้นที่กระจก 40%-50% มีประสิทธิภาพในการลดการใช้พลังงานไฟฟ้าแสงสว่างเนื่องจากมีอัตราส่วนพื้นที่แสงธรรมชาติบนพื้นผิวอ้างอิงต่อพื้นที่ห้องมาตรฐาน(Daylighting area)มากกว่ารูปแบบช่องเปิดอื่นๆที่ใช้เป็นกรณีศึกษา (ดูแผนภูมิ 6.2.1e)

ตาราง 5.3.1 เปรียบเทียบประสิทธิภาพของรูปแบบช่องเปิดรายปี กรณีอาคารสำนักงานไม่ปรับอากาศ

| WWR (%) | รูปแบบช่องเปิด | | | อัตราส่วนพื้นที่แสงธรรมชาติต่อพื้นที่ห้องเฉลี่ยรายชั่วโมง (%) | | การใช้พลังงานไฟฟ้ารายปีเพื่อให้แสงสว่าง (กิโลวัตต์ - ชั่วโมงต่อปี) | |
|---------|----------------|----|----|---|--------|--|--------|
| | S1 | P2 | P3 | ทิศเหนือ | ทิศใต้ | ทิศเหนือ | ทิศใต้ |
| 0 | | | | 0 | 0 | 807 | 807 |
| 70 | ● | | | 32.9 | 17.1 | 625 | 636 |
| 60 | ● | | ● | 28.4 | 12.3 | 680 | 659 |
| | | | | 22.3 | 8.3 | 711 | 750 |
| 50 | ● | | | 41.7 | 20.4 | 537 | 611 |
| | | | | 35.7 | 3 | 610 | 584 |
| 40 | ● | | | 38.3 | 24.3 | 610 | 607 |
| | | | | 34.2 | 13.8 | 605 | 680 |
| | | | | 20 | 0 | 741 | 790 |

หมายเหตุ: WWR คือ สัดส่วนพื้นที่กระจกต่อพื้นที่ผนังด้านที่พิจารณา

S1 คือ หน้าต่างต่อเนื่องมีอุปกรณ์บังแดด

P2 คือ หน้าต่างไม่ต่อเนื่อง 2 ช่อง มีอุปกรณ์บังแดด

P3 คือ หน้าต่างไม่ต่อเนื่อง 2 ช่อง มีอุปกรณ์บังแดด

5.3.2 กรณีอาคารสำนักงานปรับอากาศ

เปรียบเทียบการใช้พลังงานไฟฟ้ารายปีของรูปแบบช่องเปิด กรณีที่ไม่มีหน้าต่างกระจกซึ่งจะมีการใช้พลังงานในการให้แสงสว่างเท่ากับ 806.76 กิโลวัตต์ - ชั่วโมงต่อปี และใช้พลังงานในการทำ ความเย็นที่เกิดจากการเปิดดวงโคมเท่ากับ 312 กิโลวัตต์ - ชั่วโมงต่อปี สามารถสรุปได้ว่าการนำแสง ธรรมชาติมาใช้ให้แสงสว่างในอาคารที่ปรับอากาศจะช่วยลดพลังงานไฟฟ้าลง 2 - 33% แต่ต้องเพิ่ม พลังงานไฟฟ้าเพื่อทำความเย็นสูงขึ้นซึ่งผลที่เกิดขึ้นส่วนใหญ่มาจากปริมาณความร้อนผ่านพื้นที่กระจก เข้ามา โดยถ้าสัดส่วนพื้นที่กระจกเท่ากันในทิศเดียวกัน จะต้องเพิ่มพลังงานไฟฟ้าเพื่อทำความเย็นใกล้เคียงกัน (ดูแผนภูมิ 5.3.2) แต่ถ้าสัดส่วนพื้นที่กระจกเท่ากันในทิศต่างกันพบว่าการใช้พลังงานไฟฟ้าเพื่อ ทำความเย็นภายในห้องมาตรฐานทิศเหนือน้อยกว่าทิศใต้ 37%

ตาราง 5.3.2 เปรียบเทียบประสิทธิภาพของรูปแบบช่องเปิดรายปี กรณีอาคารสำนักงานปรับอากาศ

| WWR (%) | รูปแบบช่องเปิด | | | อัตราส่วนพื้นที่แสงธรรมชาติต่อพื้นที่ห้องเฉลี่ยรายชั่วโมง (%) | | การใช้พลังงานไฟฟ้ารายปี(กิโลวัตต์ - ชั่วโมงต่อปี) | | | | | |
|---------|----------------|----|----|---|--------|---|--------|-----------------|--------|--------|--------|
| | | | | | | เพื่อให้แสงสว่าง | | เพื่อทำความเย็น | | | |
| | S1 | P2 | P3 | ทิศเหนือ | ทิศใต้ | ทิศเหนือ | ทิศใต้ | ทิศเหนือ | ทิศใต้ | | |
| 0 | | | | 0 | 0 | 807 | 807 | 312 | 312 | | |
| 70 | ● | | | 32.9 | 17.1 | 625 | 636 | 42,550 | 67,629 | | |
| 60 | ● | | ● | 28.4 | 12.3 | 680 | 659 | 36,528 | 58,012 | | |
| | | | | | | 22.3 | 8.3 | 711 | 750 | 36,539 | 58,047 |
| 50 | ● | | | 41.7 | 20.4 | 537 | 611 | 30,428 | 48,368 | | |
| | | | | | ● | 35.7 | 3 | 610 | 684 | 30,456 | 48,396 |
| 40 | ● | | | 38.3 | 24.3 | 610 | 607 | 24,430 | 38,769 | | |
| | | | | | ● | 34.2 | 13.8 | 605 | 680 | 24,428 | 38,797 |
| | | | | | ○ | 20 | 0 | 741 | 790 | 24,481 | 38,840 |

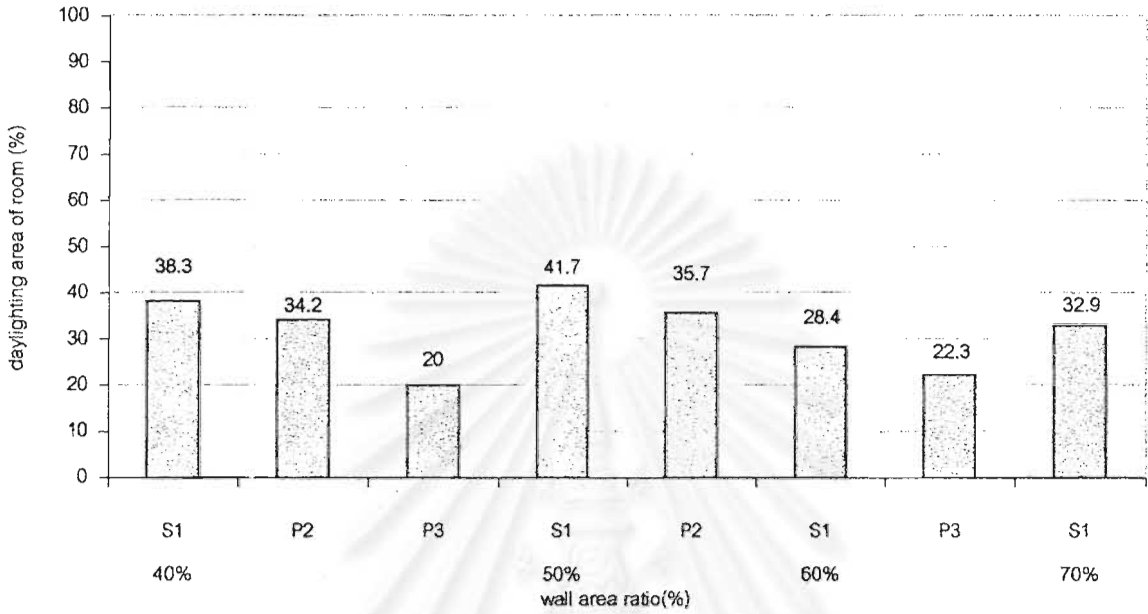
หมายเหตุ: WWR คือ สัดส่วนพื้นที่กระจกต่อพื้นที่ผนังด้านที่พิจารณา

S1 คือ หน้าต่างต่อเนื่องมีอุปกรณบังแดด

P2 คือ หน้าต่างไม่ต่อเนื่อง 2 ช่อง มีอุปกรณบังแดด

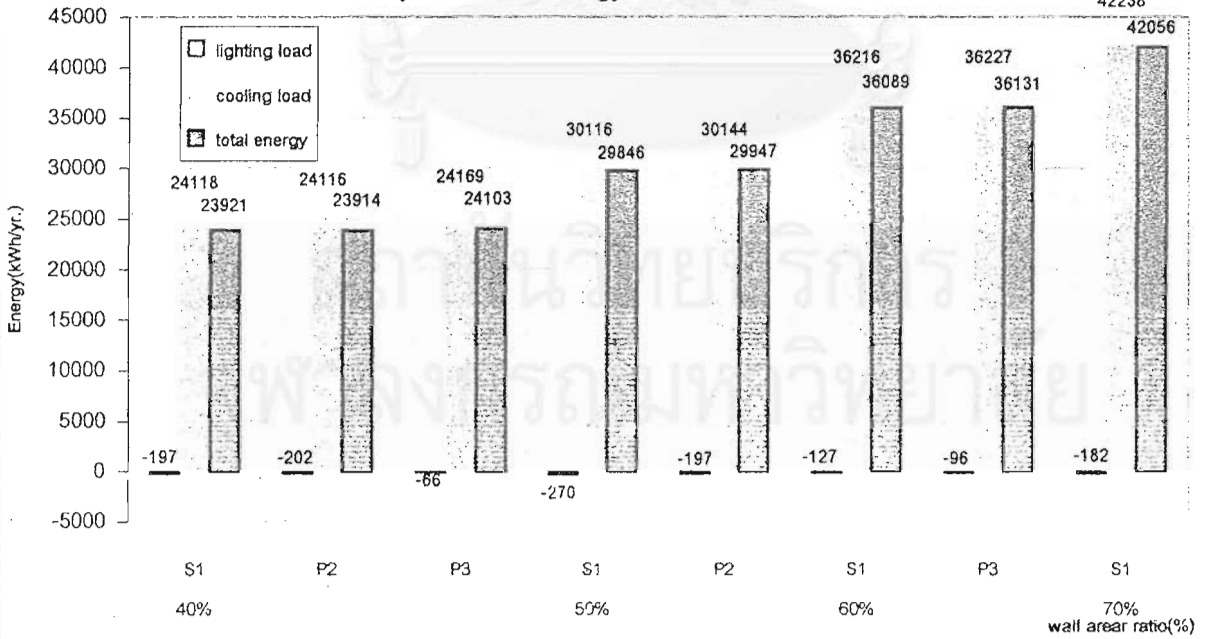
P3 คือ หน้าต่างไม่ต่อเนื่อง 2 ช่อง มีอุปกรณบังแดด

Summary of Daylighting area : north side fenestration



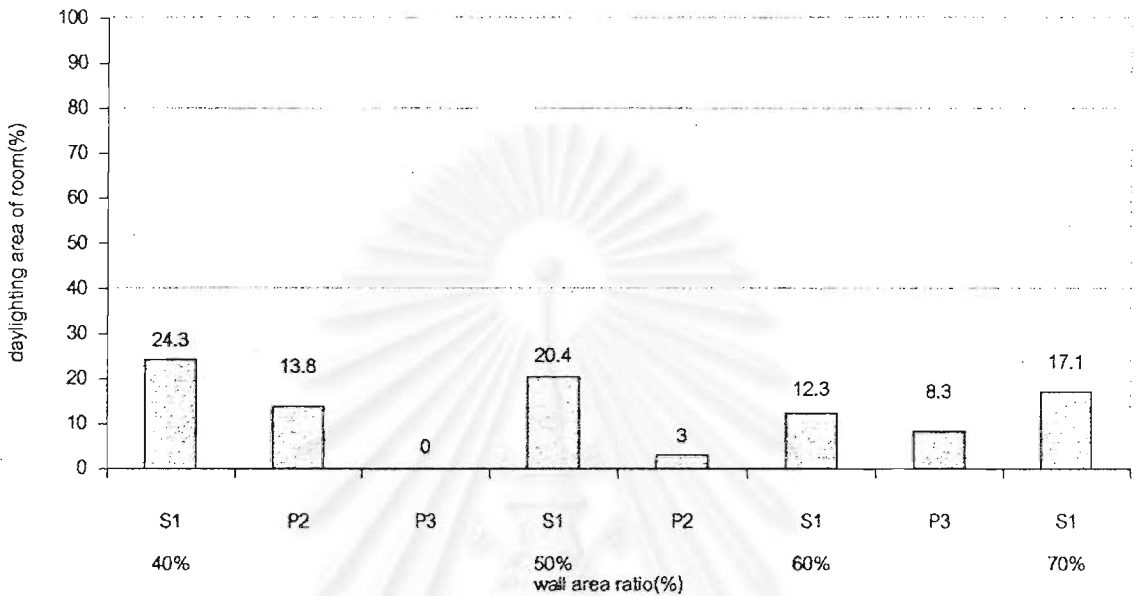
แผนภูมิ 5.3.2a แสดงอิทธิพลของรูปแบบช่องเปิดทิศเหนือที่มีผลต่อพื้นที่แสงธรรมชาติภายในห้องมาตรฐาน

Summary of Annual Energy : north side fenestration



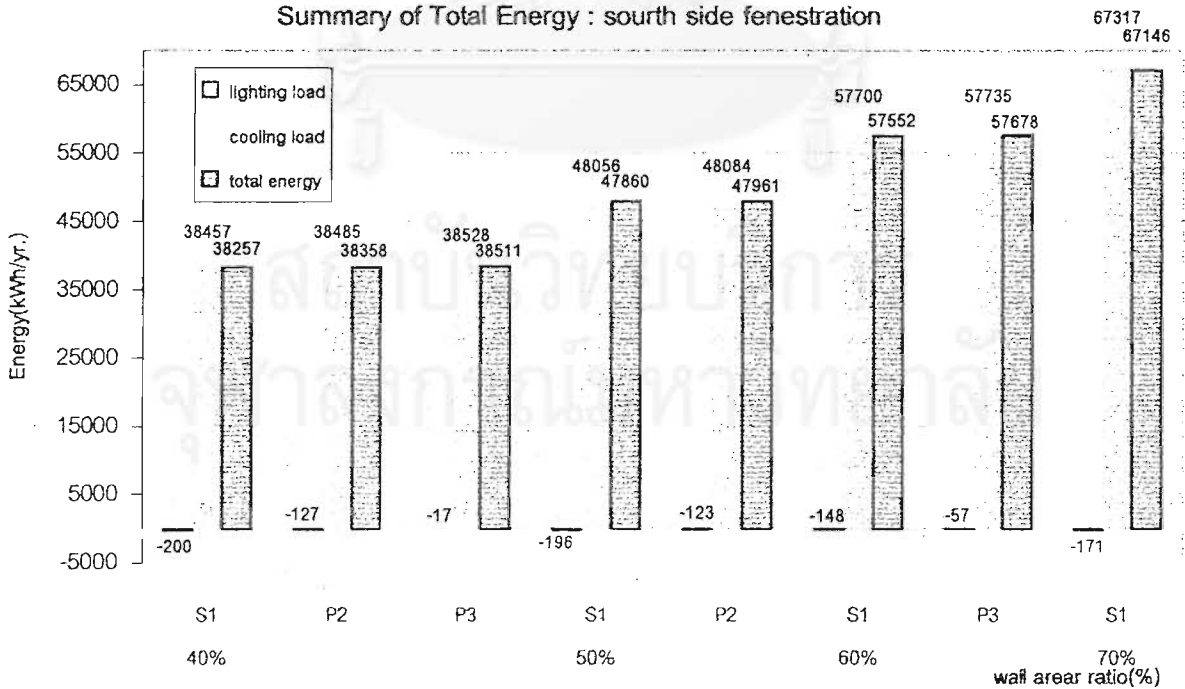
แผนภูมิ 5.3.2b แสดงอิทธิพลของรูปแบบช่องเปิดทิศเหนือที่มีต่อการใช้พลังงานไฟฟ้าภายในห้องมาตรฐาน

Summary of daylighting aera : south side fenestration



แผนภูมิ 5.3.2c แสดงอิทธิพลของรูปแบบช่องเปิดทิศใต้ที่มีต่อพื้นที่แสงธรรมชาติภายในห้องมาตรฐาน

Summary of Total Energy : south side fenestration



แผนภูมิ 5.3.2d แสดงอิทธิพลของรูปแบบช่องเปิดทิศใต้ที่มีต่อการใช้พลังงานไฟฟ้าภายในห้องมาตรฐาน

บทที่ 6

การสรุปผลและเสนอแนวทางออกแบบ

จากวัตถุประสงค์ของการศึกษาวิจัยครั้งนี้เพื่อศึกษาตัวแปรรูปแบบช่องเปิดด้านข้างของผนังอาคารที่มีอิทธิพลต่อการนำแสงธรรมชาติเชิงปริมาณเข้ามาในอาคารและมีอิทธิพลต่อการอนุรักษ์พลังงาน ด้วยการจำลองสภาพการให้แสงสว่างภายนอกจากข้อมูลค่าเฉลี่ยรายปี พ.ศ. 2542 ของความสว่างภายนอกแนวตั้งตามสภาพท้องฟ้า 3 ประเภทและมุมแสดงตำแหน่งดวงอาทิตย์ที่มีผลต่อการให้แสงธรรมชาติผ่านรูปแบบช่องเปิดหน้าต่างกระจกโพลติไลทอนา 6 มิลลิเมตร แนวตั้ง(90 องศา) 1 ด้านของผนังห้องมาตรฐานซึ่งกำหนดขนาด กว้าง 9 เมตร ลึก 9 เมตร สูง 3.6 เมตร โดยมีระดับความสูงฝ้าเพดาน 2.7 เมตร มีพื้นผิวอ้างอิงซึ่งเป็นระนาบโต๊ะทำงานสูงจากระดับพื้น 0.75 เมตร และกำหนดตัวแปรองค์ประกอบภายในคือค่าการสะท้อนแสงของวัสดุที่บ่งชี้ที่ใช้เป็น เสา ,คาน, เพดาน,ผนัง,พื้น และโต๊ะทำงานให้มีค่าคงที่เพื่อนำมาเป็นตัวแปรควบคุมในการศึกษาเปรียบเทียบปริมาณแสงธรรมชาติภายในห้องมาตรฐานจากผลค่าความสว่างภายในบนพื้นผิวอ้างอิงที่เกิดจากอิทธิพลของตัวแปรรูปแบบช่องเปิดที่ใช้เป็นกรณีศึกษา ดังต่อไปนี้

6.1 สรุปผลอิทธิพลตัวแปรรูปแบบช่องเปิดด้านข้างของผนังอาคาร

จากการวิเคราะห์หาอิทธิพลของตัวแปรสภาพท้องฟ้าที่มีผลต่อปริมาณแสงธรรมชาติภายในห้องจากระยะทางที่มีค่าความสว่างภายในบนพื้นผิวอ้างอิงมากกว่าหรือเท่ากับ 500 ลักซ์ ในช่วงเวลา 08:00 น.-17:00น. เมื่อมีการออกแบบอุปกรณ์บังแดดให้รูปแบบช่องเปิดทิศเหนือและทิศใต้แล้ว ผลจากการจำลองสภาพการให้แสงสว่างด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์พบว่าในสภาพท้องฟ้าเมฆบางส่วนจะมีระยะทางที่แสงธรรมชาติเข้ามาบนพื้นผิวอ้างอิงภายในห้องมาตรฐานมากที่สุด รองลงมาคือสภาพท้องฟ้าเมฆเต็มท้องฟ้าและสภาพท้องฟ้าแจ่มใสตามลำดับ และจากข้อมูลค่าความสว่างภายนอกปี พ.ศ. 2542 ที่มีความถี่ในการบันทึกผลทุก 5 นาทีพบว่าตลอดปี พ.ศ.2542 มีสภาพท้องฟ้าเมฆบางส่วน 44% รองลงมาคือสภาพท้องฟ้าเมฆเต็มท้องฟ้า 33% และสภาพท้องฟ้าแจ่มใส 23% ตามลำดับ

เมื่อเปรียบเทียบกับรูปแบบช่องเปิดชนิดหน้าต่างเดียวกันที่มีสัดส่วนพื้นที่กระจกเท่ากัน ในทิศต่างกัน พบว่าทิศเหนือให้ประสิทธิภาพในเชิงการนำแสงธรรมชาติและในเชิงอนุรักษ์พลังงานมากกว่าทิศใต้ โดยเฉพาะกรณีสำนักงานปรับอากาศซึ่งมีการใช้พลังงานไฟฟ้าจากภาวะทำความเย็นที่เกิดจากปริมาณความร้อนผ่านหน้าต่างกระจกเข้ามา จากการประมาณค่าการใช้พลังงานไฟฟ้าทั้งหมดที่เกิดจากอิทธิพลของรูปแบบช่องเปิดทิศเหนือพบว่ามีการใช้พลังงานไฟฟ้ารายปีต่ำกว่ารูปแบบช่องเปิดทิศใต้ 37%

6.1.1 ตัวแปรรูปแบบช่องเปิดด้านข้างที่มีอิทธิพลต่อการนำแสงธรรมชาติเชิงเข้ามาในอาคาร

ตัวแปรรูปแบบช่องเปิดด้านข้างที่มีอิทธิพลต่อการนำแสงธรรมชาติเชิงปริมาณในการศึกษาวิจัยครั้งนี้ ได้แก่ ชนิดหน้าต่าง, ความสูงหน้าต่าง, ระยะเว้นช่องระหว่างหน้าต่าง

(1) สรุปผลตัวแปรชนิดหน้าต่าง จากการเปรียบเทียบรูปแบบช่องเปิดที่มีสัดส่วนพื้นที่กระจกเท่ากัน พบว่าชนิดหน้าต่างต่อเนื่องจะส่งผลให้ปริมาณแสงธรรมชาติบนพื้นผิวอ้างอิงเข้ามาได้ลึกและอัตราส่วนพื้นที่แสงธรรมชาติต่อพื้นที่ห้องมากกว่าชนิดหน้าต่างไม่ต่อเนื่อง

(2) ตัวแปรความสูงหน้าต่างจะมีผลต่อระยะทางที่แสงธรรมชาติเข้ามาภายในห้อง โดยต้องพิจารณาส่วนของหน้าต่างที่สูงกว่าระดับอ้างอิงและส่วนของหน้าต่างที่ต่ำกว่าระดับอ้างอิง จากผลค่าความสว่างจากการจำลองสภาพการให้แสงธรรมชาติด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ของการวิจัยครั้งนี้ สรุปได้ว่า เมื่อมีส่วนของหน้าต่างที่สูงกว่าระดับอ้างอิงเท่ากัน คือ 1.95 เมตร โดยมีส่วนของหน้าต่างที่ต่ำกว่าระดับอ้างอิงเพิ่มขึ้นเป็น 0.15, 0.45, และ 0.75 เมตร จึงทำให้ความสูงหน้าต่างรวมเพิ่มสูงขึ้น ซึ่งจะส่งผลให้อุปกรณ์บังแดดบนผนังมีระยะยื่นเพิ่มขึ้นจึงทำให้ค่าความสว่างภายในและระยะทางที่แสงธรรมชาติเข้ามาบนพื้นผิวอ้างอิงภายในห้องลดลง

(3) พิจารณาตัวแปรระยะเว้นช่องระหว่างหน้าต่างในการวิจัยครั้งนี้ มีระยะ 0.6, 0.9 และ 1.2 เมตร จากกรณีศึกษารูปแบบช่องเปิดที่มีสัดส่วนพื้นที่กระจกและความสูงหน้าต่างเท่ากันแต่มีความกว้างหน้าต่างแตกต่างกัน พบว่าระยะเว้นช่องระหว่างหน้าต่าง ซึ่งเป็นผนังทึบแสงระหว่างพื้นที่กระจกมีผลต่อค่าความสว่างภายในและระยะทางที่แสงธรรมชาติเข้ามาบนพื้นผิวอ้างอิงภายในห้อง โดยระยะเว้นช่องระหว่างหน้าต่างที่เพิ่มขึ้นของรูปแบบช่องเปิดทิศเหนือมีผลทำให้ค่าความสว่างภายในบนพื้นผิวอ้างอิงลดลงน้อยกว่ารูปแบบช่องเปิดทิศใต้

6.1.2 ตัวแปรรูปแบบช่องเปิดด้านข้างที่มีอิทธิพลต่อการอนุรักษ์พลังงาน

ตัวแปรรูปแบบช่องเปิดด้านข้างที่มีอิทธิพลต่อการอนุรักษ์พลังงานของอาคาร ได้แก่ สัดส่วนพื้นที่กระจก, ชนิดหน้าต่างและความสูงหน้าต่าง

(1) ตัวแปรสัดส่วนพื้นที่กระจกที่มีประสิทธิภาพจากกรณีศึกษาการให้แสงธรรมชาติผ่านหน้าต่างกระจกโพลติไล หนา 6 มม. ซึ่งมีตัวแปรสัดส่วนพื้นที่กระจก คือ 40%, 50%, 60%, 70% ในวิจัยครั้งนี้พบว่าสัดส่วนพื้นที่กระจกที่มีประสิทธิภาพมากที่สุด ในการนำแสงธรรมชาติมาใช้ในอาคารสำนักงาน คือ 40% - 50% จากการวิจัยครั้งนี้พบว่า การเพิ่มสัดส่วนพื้นที่กระจกมากขึ้น 10% จะส่งผลความร้อนที่ผ่านหน้าต่างกระจกเข้ามามากขึ้น 9,550 บีทียูต่อชั่วโมงในทิศเหนือ และ 15,200 บีทียูต่อชั่วโมงในทิศใต้ กล่าวคือ ถ้า 1 ตันความเย็นของเครื่องปรับอากาศเท่ากับ 12,000 บีทียูต่อชั่วโมง จะมีการใช้พลังงานไฟฟ้าจากเครื่องปรับอากาศเพื่อทำความเย็นจากความร้อนที่ผ่านหน้าต่างกระจกเข้ามาทุก 1 ชั่วโมงโดยประมาณ 0.80 ตัน ในทิศเหนือ และ 1.27 ตัน ในทิศใต้

(2) ชนิดหน้าต่างและความสูงหน้าต่างมีผลต่อปริมาณแสงธรรมชาติภายในบนพื้นผิวอ้างอิง ดังนั้นปริมาณการให้แสงประดิษฐ์จากโคมไฟที่ลดลงร่วมกับการให้แสงสว่างธรรมชาติจะมีผลต่อการใช้พลังงานไฟฟ้าแสงสว่างลดลง จากการวิจัยครั้งนี้พบว่า รูปแบบช่องเปิด 50% ชนิดหน้าต่างต่อเนื่องซึ่งมีความสูง 2.1 เมตร จากความสูงฝ้าเพดาน 2.7 เมตร มีประสิทธิภาพในการลดพลังงานไฟฟ้าแสงสว่างลงมากที่สุด

6.1.3 การออกแบบรูปแบบช่องเปิดด้านข้างเพื่อการนำแสงธรรมชาติมาใช้ในสำนักงาน

การใช้ประโยชน์จากแสงธรรมชาติอย่างถูกวิธี จะต้องพิจารณาทั้งในเชิงการนำแสงธรรมชาติ และในเชิงการอนุรักษ์พลังงาน จากการวิเคราะห์อิทธิพลของรูปแบบช่องเปิดสามารถสรุปการออกแบบรูปแบบช่องเปิดที่มีประสิทธิภาพได้ดังนี้

(1) เมื่อรูปแบบช่องเปิดที่มีสัดส่วนพื้นที่กระจกเท่ากัน การออกแบบชนิดหน้าต่างต่อเนื่องจะส่งผลให้ปริมาณแสงธรรมชาติบนพื้นผิวอ้างอิงเข้ามาได้ลึกและอัตราส่วนพื้นที่แสงธรรมชาติต่อพื้นที่ห้องมากกว่าชนิดหน้าต่างไม่ต่อเนื่อง

(2) การออกแบบสัดส่วนพื้นที่กระจกที่มีประสิทธิภาพจากกรณีศึกษาการให้แสงธรรมชาติผ่านหน้าต่างกระจกโพลติไล หนา 6 มม. ซึ่งมีตัวแปรสัดส่วนพื้นที่กระจก คือ 40%,50%,60%,70% ในวิจัยครั้งนี้พบว่าสัดส่วนพื้นที่กระจกที่มีประสิทธิภาพมากที่สุด ในการนำแสงธรรมชาติมาใช้ในอาคารสำนักงาน คือ 40% - 50% เนื่องจากการเพิ่มสัดส่วนพื้นที่กระจกมากขึ้นจะส่งผลให้มีการใช้พลังงานไฟฟ้าเพื่อทำความเย็นจากความร้อนที่เข้ามามากขึ้น ในขณะที่พื้นที่กระจกที่เพิ่มมากขึ้นจากการเพิ่มความสูงหน้าต่างในส่วนที่มีระดับต่ำกว่าระดับพื้นผิวอ้างอิงจะไม่ส่งผลให้ค่าความสว่างภายในบนพื้นผิวอ้างอิงจากการให้แสงธรรมชาติเพิ่มสูงขึ้น

(3) การออกแบบความสูงหน้าต่างจะมีผลกระทบต่อระยะทางที่แสงธรรมชาติเข้ามาภายในห้องโดยต้องพิจารณาความสูงหน้าต่างที่เหนือระดับพื้นผิวอ้างอิงและความสูงหน้าต่างที่ต่ำกว่าระดับพื้นผิวอ้างอิง จากผลค่าความสว่างจากการจำลองสภาพการให้แสงธรรมชาติด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ของการวิจัยครั้งนี้สรุปได้ว่า เมื่อมีความสูงหน้าต่างที่เหนือระดับพื้นผิวอ้างอิงเท่ากันแต่มีความสูงหน้าต่างที่ต่ำกว่าระดับพื้นผิวอ้างอิงต่างกัน พบว่าถ้าความสูงหน้าต่างที่ต่ำกว่าระดับพื้นผิวอ้างอิงมีค่าเพิ่มขึ้นทำให้ความสูงหน้าต่างรวมเพิ่มสูงขึ้น ซึ่งจะส่งผลให้มีระยะยื่นของอุปกรณ์บังแดดแนวนอนเพิ่มขึ้น มีผลทำให้ค่าความสว่างภายในและระยะทางที่แสงธรรมชาติเข้ามาบนพื้นผิวอ้างอิงภายในห้องลดต่ำลง

(4) การออกแบบอุปกรณ์บังแดดรูปแบบช่องเปิดทิศใต้เป็นอุปกรณ์บังแดดแนวนอน 2 ระดับจะช่วยเพิ่มการสะท้อนแสงธรรมชาติเข้าสู่ภายในมากขึ้นในสภาพท้องฟ้าเมฆบางส่วนจึงทำให้ค่าความสว่างภายในบนพื้นผิวอ้างอิงมีความสม่ำเสมอมากขึ้นและลดการใช้พลังงานไฟฟ้าในการให้แสงสว่างลง แต่ในสภาพท้องฟ้าแจ่มใสซึ่งมีการสะท้อนแสงจากภายนอกน้อยกว่าสภาพท้องฟ้าอื่นๆและสภาพท้องฟ้าเมฆเต็มท้องฟ้าซึ่งมีค่าความสว่างภายนอกน้อยกว่าสภาพท้องฟ้าอื่นๆนั้น ระยะยื่นของอุปกรณ์บังแดดแนวนอนจะส่งผลให้ค่าความสว่างลดต่ำลงมากทำให้มีระยะทางที่แสงธรรมชาติเข้ามาบนพื้นผิวอ้างอิงลดน้อยลงด้วย (ดูตาราง 6.1.1)

ดังนั้นจากการวิจัยครั้งนี้สรุปว่า การออกแบบรูปแบบช่องเปิดที่มีประสิทธิภาพในเชิงปริมาณ คือ รูปแบบช่องเปิดชนิดหน้าต่างต่อเนื่องด้านทิศเหนือ ที่มีสัดส่วนพื้นที่กระจก 40%-50% โดยออกแบบให้มีส่วนของหน้าต่างที่สูงกว่าระดับอ้างอิงเพิ่มขึ้นและไม่จำเป็นต้องมีส่วนของหน้าต่างที่ต่ำกว่าระดับอ้างอิงเนื่องจากไม่ทำให้ปริมาณแสงธรรมชาติบนพื้นผิวอ้างอิงเพิ่มขึ้นและเข้ามาได้ลึกมากขึ้น เพราะการเพิ่มสัดส่วนพื้นที่กระจกเนื่องมาจากการมีส่วนของหน้าต่างที่ต่ำกว่าระดับอ้างอิงจะส่งผลทำให้ความร้อนเข้ามาเพิ่มขึ้น

ตาราง 6.1.1 อิทธิพลของตัวแปรรูปแบบช่องเปิดด้านทิศเหนือและทิศใต้ที่มีผลต่อปริมาณแสงธรรมชาติภายในบนพื้นผิวอ้างอิง

| กรณีศึกษา | ตัวแปรรูปแบบช่องเปิด | | | | | | | | ระยะแสงธรรมชาติเข้ามาบนพื้นผิวอ้างอิง | | การใช้พลังงานไฟฟ้ารายปี (กิโลวัตต์ชั่วโมงต่อปี) | | |
|-----------|----------------------|------------------|-------------------|----------------|------------------|-----------------|------------|------------|---------------------------------------|--------------|---|-------------|------------|
| | ทิศ | พื้นที่กระจก (%) | จำนวนช่องหน้าต่าง | ความกว้าง (ม.) | ระยะกันช่อง (ม.) | ความสูงรวม (ม.) | h_1 (ม.) | h_2 (ม.) | X (ม.) | น้อยมาก (ม.) | ค่าเฉลี่ย (ม.) | ให้แสงสว่าง | ทำความเย็น |
| เหนือ | 70% | 1 | 8.4 | - | 2.7 | 1.95 | 0.75 | 1.1 | 2-4.1 | 3.31 | 625 | 42,550 | 43,125 |
| | 60% | 1 | 8.1 | - | 2.4 | 1.95 | 0.45 | 1 | 1.7-3.7 | 3 | 680 | 36,528 | 37,208 |
| | | 3 | 2.4 | 0.6 | 2.7 | 1.95 | 0.75 | 1.1 | 1.3-3.5 | 2.59 | 711 | 36,539 | 37,250 |
| | 50% | 1 | 7.8 | - | 2.1 | 1.95 | 0.15 | 0.8 | 2.7-4.5 | 3.89 | 537 | 30,428 | 30,965 |
| | | 2 | 3.9 | 0.6 | 2.1 | 1.95 | 0.15 | 0.8 | 2.2-4.4 | 3.67 | 610 | 30,456 | 31,066 |
| | 40% | 1 | 7.2 | - | 1.8 | 1.8 | - | 0.7 | 2.3-4.2 | 3.61 | 610 | 24,430 | 25,040 |
| | | 2 | 3.6 | 0.9 | 1.8 | 1.8 | - | 0.7 | 1.8-3.2 | 3.48 | 605 | 24,428 | 25,033 |
| | | 3 | 1.8 | 1.2 | 2.4 | 1.95 | 0.45 | 1 | 0-3.2 | 2.09 | 741 | 24,481 | 25,222 |
| ใต้ | 70% | 1 | 8.4 | - | 2.7 | 1.95 | 0.75 | 1.3 | 1-4.4 | 2.74 | 636 | 67,629 | 68,265 |
| | 60% | 1 | 8.1 | - | 2.4 | 1.95 | 0.45 | 1.2 | 0-4.1 | 2.04 | 659 | 58,012 | 58,671 |
| | | 3 | 2.4 | 0.6 | 2.7 | 1.95 | 0.75 | 1.3 | 0-3.4 | 1.37 | 750 | 58,047 | 58,797 |
| | 50% | 1 | 7.8 | - | 2.1 | 1.95 | 0.15 | 1.1 | 0-4.7 | 3.33 | 611 | 48,368 | 48,979 |
| | | 2 | 3.9 | 0.6 | 2.1 | 1.95 | 0.15 | 1.1 | 0-3.1 | 0.49 | 684 | 48,396 | 49,080 |
| | 40% | 1 | 7.2 | - | 1.8 | 1.8 | - | 0.9 | 1.8-3.9 | 3.28 | 607 | 38,769 | 39,376 |
| | | 2 | 3.6 | 0.9 | 1.8 | 1.8 | - | 0.9 | 0-3.6 | 2.25 | 680 | 38,797 | 39,477 |
| | | 3 | 1.8 | 1.2 | 2.4 | 1.95 | 0.45 | 1.2 | 0 | 0 | 790 | 38,840 | 39,630 |

- หมายเหตุ : 1. พิจารณาในสภาพห้องฟ้าเมฆบางส่วนที่มีค่าอัตราส่วนท้องฟ้าเท่ากับ 0.5 ด้วยการจำลองสภาพการให้แสงธรรมชาติผ่านช่องเปิดหน้าต่างต่อเนื่องที่เป็นกระจกโพลติไลต์หนา 6 มิลลิเมตร โดยระยะทางที่แสงธรรมชาติเข้ามาภายในพิจารณาจากระยะที่ค่าความสว่างภายในบนพื้นผิวอ้างอิงของห้องมาตรฐานมีค่าสูงกว่าหรือเท่ากับ 500 ลักซ์ ในเวลา 08:00น.-17:00 น
2. คำนวณการใช้พลังงานไฟฟ้ารายปี โดยกำหนด 1 ปีมีวันทำงาน 240 วันในเวลการทำงาน 08:00น.-12:00 น 13:00น.-17:00 น พลังงานไฟฟ้าทำความเย็นของเครื่องปรับอากาศเกิดจากความร้อนผ่านกระจกเข้ามา (วิสัยสมมูลย์ความร้อนของกระจก) และความร้อนจากโคมไฟ เมื่อ COP = 3.1 , อุณหภูมิภายในห้อง 25 องศาเซลเซียส และการใช้พลังงานไฟฟ้าจากระบบควบคุมการเปิด-ปิดโคมไฟรวมกับการให้แสงธรรมชาติเมื่อกำหนดค่าความสว่างบนพื้นผิวอ้างอิงไม่น้อยกว่า 500 ลักซ์
3. h_1 คือ ส่วนของหน้าต่างที่สูงกว่าระดับอ้างอิง
 h_2 คือ ส่วนของหน้าต่างที่ต่ำกว่าระดับอ้างอิง
X คือ ระยะยื่นของอุปกรณ์บังแดดแนวนอน

6.2 ข้อเสนอแนะ

การนำวิธีการจำลองสภาพการให้แสงสว่างธรรมชาติด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ช่วยให้สะดวกต่อการวิเคราะห์หาค่าความสว่างภายใน และสามารถเชื่อมโยงกับโปรแกรมคอมพิวเตอร์ AutoCAD ที่นิยมใช้ในการเขียนแบบทั่วไปได้ โดยผู้ทำวิจัยได้ปรับปรุงวิธีการกำหนดตัวแปรเพื่อจำลองสภาพค่าความสว่างภายนอก ตำแหน่งดวงอาทิตย์ และสภาพท้องฟ้าให้ใกล้เคียงกับสภาพที่เกิดขึ้นจริงของปี พ.ศ. 2542 ดังนั้นการวิเคราะห์และประเมินผลรูปแบบช่องเปิดครั้งนี้จึงมีข้อจำกัดจากการใช้ข้อมูลใน พ.ศ. 2542 เท่านั้น ผลสรุปของการศึกษารูปแบบช่องเปิดนี้จึงยังไม่สมบูรณ์ถ้านำไปใช้ประเมินผลของรูปแบบช่องเปิดเดียวกันนี้ภายใต้สภาพท้องฟ้าจริงที่มีความเปลี่ยนแปลงตลอดเวลาโดยมีค่าตัวแปรแตกต่างกันไปจากกรณีศึกษาในครั้งนี้

การศึกษาตัวแปรของรูปแบบช่องเปิดครั้งนี้ เช่น ความสูงหน้าต่าง ,ระยะเว้นช่องระหว่างหน้าต่าง ที่นำมาเป็นกรณีศึกษามีจำนวนน้อยจึงทำให้การวิเคราะห์และสรุปผลตัวแปรอาจมีความคลาดเคลื่อน โดยผลสรุปการวิจัยครั้งนี้ได้จากการจำลองสภาพแสงธรรมชาติผ่านรูปแบบช่องเปิดหน้าต่างกระจกแนวตั้งซึ่งเป็นกระจกโพลติสที่มีคุณสมบัติการส่งผ่านแสงธรรมชาติสูง 88% และมีค่าการส่งผ่านความร้อนสูง 80% เนื่องจากต้องการเน้นผลปริมาณแสงธรรมชาติเพื่อการส่งสว่างภายในอาคาร ไม่ได้ทำการศึกษาศิลปะตัวแปรชนิดกระจกซึ่งมีคุณสมบัติแตกต่างกัน เช่น กระจกสะท้อนแสง,กระจกหลายชั้น ดังนั้นการเลือกใช้ชนิดกระจกขึ้นอยู่กับคุณสมบัติของกระจกที่เหมาะสมกับการใช้งานของอาคาร ถ้าเป็นอาคารปรับอากาศการใช้พลังงานส่วนใหญ่ของอาคารขึ้นอยู่กับภาระการทำความเย็นจากผลรูปแบบช่องเปิดหน้าต่างกระจกที่มีสัดส่วนพื้นที่กระจกมากและคุณสมบัติทางความร้อนของกระจก โดยเลือกชนิดกระจกที่มีค่าการส่งผ่านความร้อนต่ำ,การดูดกลืนความร้อนต่ำ และค่าการสะท้อนความร้อนสูง เป็นต้น

นอกจากนี้การศึกษาวิจัยครั้งนี้มีระยะเวลาจำกัดจึงไม่ได้ศึกษาผลการให้แสงธรรมชาติผ่านรูปแบบช่องเปิดในเชิงคุณภาพ ผลสรุปของการวิจัยครั้งนี้จึงพิจารณาเฉพาะในเชิงปริมาณเท่านั้นดังนั้นในการทำวิจัยต่อไปจึงควรศึกษาผลการให้แสงธรรมชาติในเชิงคุณภาพเพื่อนำมาประเมินผลของรูปแบบช่องเปิดในการนำแสงธรรมชาติที่สมบูรณ์มากยิ่งขึ้น เนื่องจากแสงธรรมชาติมีประสิทธิภาพมากกว่าการส่งสว่างจากหลอดไฟแสงประดิษฐ์ในเชิงคุณภาพ เช่น การมองเห็น ความถูกต้องของสี และเป็นพลังงานที่ไม่จำกัดสามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้โดยไม่ต้องเสียค่าใช้จ่าย

รายการอ้างอิง

ภาษาไทย

งานบริการข้อมูล ฝ่ายอากาศประจำวัน. **อุณหภูมิอากาศรายชั่วโมง พ.ศ.2542** (ข้อมูลเผยแพร่).

กรุงเทพฯ:กรมอุตุนิยมวิทยา,2544.

เฉลิมเดช เฉลิมลาภอักษร. กลยุทธ์การควบคุมและการใช้พลังงานในระบบแสงสว่างอย่างมีประสิทธิภาพ

พ. วารสารพลังงาน ปีที่7 ฉบับที่32(มกราคม-มีนาคม 2539) : 25-26.

ชำนาญ ห่อเกียรติ,รศ.ดร. .ความส่องสว่างเพื่อการทำงาน. **แนวทางประหยัดพลังงานไฟฟ้าแสงสว่าง.สมาคมไฟฟ้าแสงสว่างแห่งประเทศไทย,2542**

ชำนาญ ห่อเกียรติ,รศ.ดร. .เทคนิคการส่องสว่าง. จำนวน 2,000 เล่ม.พิมพ์ครั้งที่1.กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์,2540.

ธีระยุทธ นัยนุ่น. **การออกแบบสร้างระบบจำลองเพื่อศึกษาการใช้แสงธรรมชาติในอาคาร.**

ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีการจัดการพลังงาน คณะพลังงานและวัสดุ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี,2540

ประกรณ์ เมฆจำเจริญ. **การใช้คอมพิวเตอร์ในการคำนวณและวิเคราะห์การส่องสว่างภายใน**

อาคาร.ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย,2532

ศูนย์อนุรักษ์พลังงานแห่งประเทศไทย. **ระบบควบคุมปิด-เปิดไฟฟ้าแสงสว่าง** (เอกสารเผยแพร่).

กรุงเทพฯ:กรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน,2542.

สำนักกำกับและอนุรักษ์พลังงาน. **คู่มือการอนุรักษ์พลังงานในอาคาร.**จำนวน 3,000 เล่ม.พิมพ์ครั้งที่

2,กรุงเทพฯ:มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์,2538.

สิงห์ทอง พัฒนเศรษฐานนท์. ผศ. **สัมภาษณ์**, 1 กันยายน 2543.

สุรพงษ์ จิระรัตนานนท์.ศ.ดร. **สัมภาษณ์**, 10 สิงหาคม 2543.

ภาษาอังกฤษ

America Society of Heating,Refrigerating and Air Conditioning Engineers.1997 ASHRAE Handbook Fundamentals. SI Edition.1997

Autodesk. Lightscape Visualization System Version 3 for Windows NT and Windows95:

User's Guide. California: Lightscape Technologies, 1996.

Autodesk. Lightscape Visualization System Version 3 for Windows NT and Windows95:

Getting Started. California: Lightscape Technologies, 1996.

- Benjamin, Stein. **Mechanical and electrical equipment for building**. 8th ed. USA: John Wiley & Sons, 1992.
- Chaiwiwatworakul, Pipat. **Development of a method for calculation of daylight through windows**. The degree of Master of Engineering Energy program School of Environment Resource and Development Asian Institute of Technology, 1998.
- Chen,Kao. **Energy effective industrial illuminating systems**. USA: the Fairmont Press,1994
- Evans, Benjamin. **Daylight in Architecture**. New York: McGraw-Hill
- Givoni,Baruch. **Windows in Buildings. Handbook of architectural technology**. New York: Van Nostrand Reinhold,1991
- Lenchner,Norbert_ **Heating, cooling, lighting: design methods for architects**_ USA: John Wiley&Sons,1991
- Mark S.REA,Ph.D.. **Lighting Handbook**. New York: the Illuminating Engineering Society of North America, 1993.
- Moor, Fuller. **Concepts and practice of architectural Daylighting**. New York: Van Nostrand Reinhold, 1991.
- Olgay,Victor. **design with climate**. 4th. New Jersey: Princeton University Press, 1973
- Prakobranichkul,Intouch . **Application of the lumen method for Daylighting in Thailand**. The degree of Master of Engineering Energy program School of Environment Resource and Development Asian Institute of Technology,1994.
- Robbins, Claude L. **Daylighting: design and analysis**. New York: Van Nostrand Reinhold, 1986.
- Sorcar,Prafulla C. **Architectural lighting for commercial interiors**. USA: John Wiley&Sons, 1987
- Surapong, C. Dr. **Daylighting for Building in Tropic III: Daylighting Measurement and Calculation of daylight in building interior**. Pathum Thani, Thailand: AIT Center, Asian Institute of Technology. November 12,1999
- Szokolay ,SV. **Solar energy and building**. London: the architecture press
- V.D.P. Satri. **Daylight for interior Lighting and Luminous Efficacy**. 2nd Lux Pacifica: Lighting Conference in conjunction with Asia Pacific Light' 93. Bangkok, Thailand: The Queen Sirikit National Convention Center.November 10-13,1993

ภาคผนวก ก.

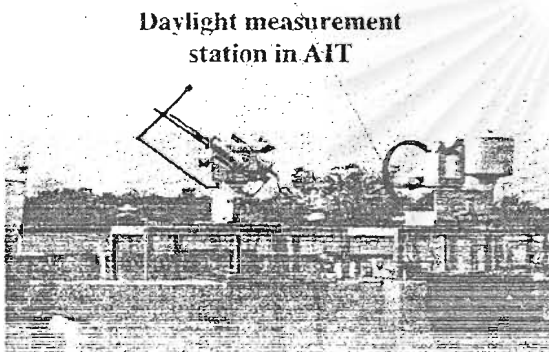
- ข้อมูลค่าเฉลี่ยรายเดือนของความสว่างภายนอกและค่าเฉลี่ยรายเดือนของรังสีดวงอาทิตย์ พ.ศ. 2542
- ข้อมูลค่าเฉลี่ยรายเดือนของอุณหภูมิอากาศภายนอก พ.ศ. 2542



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ข้อมูลค่าเฉลี่ยรายเดือนของความสว่างภายนอกและค่าเฉลี่ยรายเดือนของรังสีดวงอาทิตย์ พ.ศ. 2542

โครงการวิจัยแสงธรรมชาติได้ทำการตรวจวัดปริมาณแสงธรรมชาติและค่าพลังงานรังสีดวงอาทิตย์ตลอดปี พ.ศ.2542 โดยใช้อุปกรณ์คอมพิวเตอร์บันทึกผลค่าความสว่างที่ตกกระทบพื้นผิวของเครื่องรับสัญญาณชนิดไวแสงเพื่อวัดปริมาณแสงธรรมชาติมีรายละเอียดดังนี้



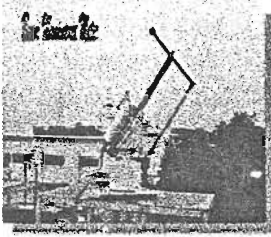
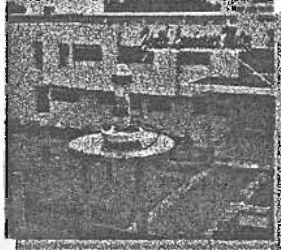

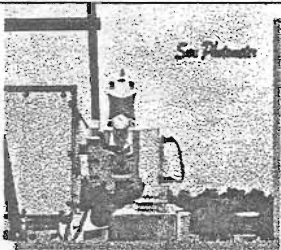
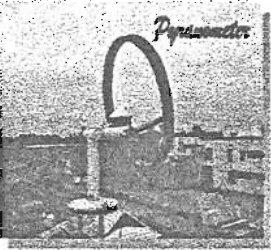
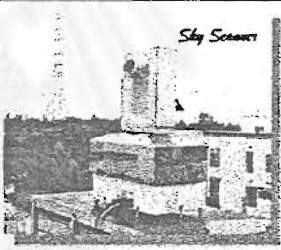


สถานีติดตั้งอุปกรณ์

ที่ตั้ง : บนหลังคาอาคารโปรแกรมพลังงาน สถาบันเทคโนโลยีแห่งเอเชีย จ.ปทุมธานี (ละติจูดที่ 14.08 องศาเหนือ และลองจิจูดที่ 100.62 องศาตะวันออก ความสูงเหนือระดับน้ำทะเล 14 เมตร)

รูป ก.1 แสดงการติดตั้งอุปกรณ์เพื่อทดลองวัดปริมาณแสงธรรมชาติและค่าพลังงานรังสีดวงอาทิตย์
ที่มา: Energy program, Daylighting for Building in the Tropic3 : AIT, 1999

การติดตั้งอุปกรณ์เพื่อวัดปริมาณแสงธรรมชาติที่ตกกระทบแนวนอน ได้แก่ แสงที่ตกกระทบแนวนอนทั้งหมด(global illuminance), แสงกระจายจากท้องฟ้า(diffuse illuminance) รังสีดวงอาทิตย์(radiation), และแสงธรรมชาติที่ตกกระทบแนวตั้งใน 4 ทิศ รวมถึงระดับความเข้มของแสงสว่างท้องฟ้า(sky luminance)

ตาราง ก.1 อุปกรณ์ตรวจวัดปริมาณแสงธรรมชาติและค่าพลังงานรังสีดวงอาทิตย์

| ชื่ออุปกรณ์ | จุดประสงค์ | ชื่ออุปกรณ์ | จุดประสงค์ |
|--|---|--|---|
|  <p>Beam illuminance sensor</p> | วัดความสว่างของแสงอาทิตย์ตรง ซึ่งวัดค่าความสว่างที่ตกกระทบพื้นผิวจากแสงอาทิตย์ตรงโดยใช้เครื่องบอกทิศทางในการติดตามตำแหน่งดวงอาทิตย์ |  <p>zenith luminance sensor</p> | วัดระดับความเข้มแสงสว่างที่จุดสูงสุดของเครื่องท้องฟ้า |
|  <p>illuminance sensor</p> | วัดความสว่างแสงที่ตกกระทบระนาบนอนทั้งหมด |  <p>Sun photometer</p> | วัดระดับความเข้มแสงเปรียบเทียบความเข้มสัมพัทธ์ของแสงเพื่อใช้วัดความขุ่นของบรรยากาศ (atmosphere turbidity) |
|  <p>Pyranometer</p> | ไพราโนมิเตอร์และแถบบังเงาเพื่อวัดความสว่างแสงกระจายจากท้องฟ้าที่ตกกระทบระนาบนอน |  <p>Sky scanner</p> | ระดับความเข้มของแสงสว่างท้องฟ้า (sky luminance) และการกระจายของรังสี (radiance distribution) เป็นอุปกรณ์ที่ถูกออกแบบเพื่อวัดค่าความสว่างและรังสีในโดมท้องฟ้าที่ 145 จุด |
|  <p>illuminance sensor</p> | วัดความสว่างแสงในทิศเหนือ, ทิศตะวันออก, ทิศใต้และทิศตะวันตกที่ตกกระทบระนาบตั้ง |  <p>Sun tracker (Pyrheliometer)</p> | ระบบติดตามตำแหน่งดวงอาทิตย์อัตโนมัติในการวัดแสงอาทิตย์ตรง เพื่อบอกตำแหน่งแก่ไพราโนมิเตอร์ |

ที่มา : Energy program. Daylighting for Building in the Tropic3: daylight measurements and calculation of daylighting in building interior. AIT; 1999. pp 2-4

: www.aiaa.or.th/daylightingguide.html

ข้อมูลค่าเฉลี่ยรายเดือนของอุณหภูมิอากาศภายนอก พ.ศ. 2542

ฝ่ายอากาศประจำถิ่น กองภูมิอากาศ กรมอุตุนิยมวิทยา ได้ทำการตรวจวัดอุณหภูมิอากาศภายนอกที่สถานีกรุงเทพฯ ปี พ.ศ.2542 มีรายละเอียดค่าเฉลี่ยรายชั่วโมงของแต่ละเดือนต่างๆดังนี้

Station: BANGKOK METROPOLIS

January 1999

Dry bulb temperature (Celsius)

| Day | 0100 | 0200 | 0300 | 0400 | 0500 | 0600 | 0700 | 0800 | 0900 | 1000 | 1100 | 1200 | 1300 | 1400 | 1500 | 1600 | 1700 | 1800 | 1900 | 2000 | 2100 | 2200 | 2300 | 2400 | Mean |
|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 1 | 26.8 | 25.4 | 26.2 | 25.8 | 25.5 | 25.2 | 24.9 | 25.0 | 26.8 | 28.5 | 30.5 | 31.7 | 32.6 | 32.2 | 33.1 | 32.5 | 31.5 | 30.4 | 29.8 | 29.1 | 28.0 | 27.7 | 27.1 | 26.5 | 28.5 |
| 2 | 26.0 | 25.7 | 25.4 | 25.0 | 25.0 | 24.9 | 25.7 | 27.5 | 29.8 | 30.8 | 31.0 | 32.2 | 32.2 | 32.8 | 33.1 | 31.8 | 30.2 | 29.0 | 27.8 | 27.4 | 27.0 | 26.8 | 26.3 | 26.3 | 28.3 |
| 3 | 27.0 | 26.0 | 26.0 | 24.5 | 24.0 | 23.8 | 23.0 | 23.4 | 26.3 | 27.7 | 29.0 | 30.3 | 31.5 | 31.6 | 32.0 | 31.3 | 30.6 | 29.6 | 28.3 | 27.4 | 27.1 | 26.4 | 26.1 | 25.6 | 27.4 |
| 4 | 25.6 | 24.8 | 24.2 | 23.6 | 23.0 | 22.4 | 22.2 | 23.0 | 25.5 | 27.8 | 29.1 | 30.3 | 31.5 | 31.1 | 31.9 | 32.1 | 30.3 | 28.7 | 27.7 | 26.9 | 26.0 | 25.3 | 25.0 | 23.9 | 26.8 |
| 5 | 23.0 | 22.7 | 22.4 | 22.1 | 21.8 | 21.6 | 21.5 | 22.9 | 25.4 | 26.6 | 28.5 | 29.5 | 29.8 | 30.8 | 31.0 | 30.6 | 29.6 | 28.5 | 27.5 | 26.0 | 25.1 | 24.5 | 24.3 | 24.6 | 25.8 |
| 6 | 24.0 | 23.3 | 22.9 | 22.0 | 21.5 | 21.0 | 21.1 | 22.8 | 24.6 | 26.5 | 27.3 | 29.5 | 33.3 | 31.0 | 30.7 | 29.4 | 28.4 | 27.4 | 25.5 | 24.5 | 24.5 | 24.2 | 33.1 | 23.0 | 25.9 |
| 7 | 22.4 | 22.3 | 22.0 | 21.8 | 21.7 | 21.0 | 21.1 | 21.6 | 23.0 | 27.5 | 29.0 | 29.5 | 29.8 | 30.6 | 30.7 | 30.5 | 29.4 | 28.1 | 26.5 | 26.0 | 25.5 | 25.0 | 24.5 | 24.2 | 25.6 |
| 8 | 23.8 | 23.8 | 23.8 | 23.8 | 23.4 | 23.0 | 22.6 | 23.3 | 24.2 | 28.0 | 27.0 | 28.2 | 29.6 | 30.4 | 30.5 | 30.0 | 29.2 | 28.2 | 27.1 | 26.5 | 26.0 | 25.6 | 25.4 | 25.0 | 26.2 |
| 9 | 24.1 | 23.9 | 23.7 | 23.5 | 23.5 | 23.1 | 23.0 | 23.3 | 26.5 | 27.8 | 28.9 | 31.1 | 31.8 | 31.4 | 30.7 | 30.8 | 29.8 | 29.1 | 27.5 | 27.0 | 26.6 | 26.9 | 26.5 | 25.9 | 26.9 |
| 10 | 25.7 | 25.1 | 24.6 | 24.3 | 24.0 | 23.5 | 24.4 | 25.3 | 27.2 | 28.0 | 29.0 | 30.7 | 32.0 | 31.6 | 31.5 | 32.0 | 31.0 | 29.7 | 28.6 | 27.9 | 27.1 | 26.5 | 26.0 | 26.7 | 27.6 |
| 11 | 26.0 | 25.7 | 25.4 | 25.0 | 25.0 | 24.6 | 24.1 | 24.6 | 26.2 | 29.0 | 30.1 | 31.7 | 30.2 | 32.0 | 31.0 | 30.1 | 30.9 | 30.0 | 28.7 | 28.4 | 28.6 | 28.0 | 27.1 | 26.7 | 27.9 |
| 12 | 25.6 | 25.2 | 24.7 | 24.7 | 24.5 | 24.4 | 24.2 | 24.8 | 27.2 | 27.7 | 28.7 | 30.5 | 30.2 | 30.1 | 29.9 | 28.4 | 27.0 | 26.0 | 25.0 | 24.9 | 23.8 | 23.1 | 23.0 | 23.0 | 26.1 |
| 13 | 23.1 | 22.9 | 22.6 | 22.4 | 22.2 | 22.1 | 22.2 | 22.5 | 23.8 | 24.4 | 26.3 | 27.0 | 26.9 | 28.4 | 29.0 | 29.0 | 28.4 | 28.0 | 27.0 | 26.5 | 26.4 | 26.0 | 25.8 | 25.5 | 25.4 |
| 14 | 25.2 | 24.9 | 24.6 | 24.2 | 23.9 | 23.6 | 23.5 | 24.1 | 25.0 | 25.7 | 27.4 | 27.7 | 29.2 | 29.5 | 29.5 | 29.4 | 28.6 | 28.3 | 27.6 | 27.2 | 21.6 | 26.5 | 26.3 | 25.7 | 26.2 |
| 15 | 25.6 | 25.4 | 25.0 | 24.6 | 24.7 | 24.8 | 24.7 | 25.0 | 29.5 | 30.7 | 30.4 | 30.5 | 31.0 | 31.5 | 33.0 | 32.3 | 31.6 | 30.6 | 29.9 | 29.5 | 29.1 | 29.3 | 28.0 | 27.4 | 28.5 |
| 16 | 26.6 | 26.2 | 25.8 | 25.5 | 25.0 | 24.4 | 24.1 | 24.1 | 24.3 | 26.8 | 28.5 | 29.5 | 30.8 | 30.5 | 31.0 | 31.5 | 30.5 | 29.5 | 28.1 | 26.5 | 26.3 | 25.8 | 25.8 | 25.7 | 27.2 |
| 17 | 24.7 | 24.5 | 23.5 | 23.4 | 23.9 | 22.5 | 22.0 | 22.8 | 25.2 | 27.5 | 29.0 | 30.5 | 31.8 | 32.5 | 32.6 | 32.4 | 31.6 | 30.5 | 29.1 | 28.0 | 27.4 | 27.0 | 26.7 | 26.4 | 27.3 |
| 18 | 26.0 | 25.5 | 25.0 | 24.5 | 24.0 | 23.4 | 23.2 | 24.6 | 27.1 | 28.1 | 30.6 | 32.1 | 32.8 | 33.3 | 33.7 | 33.5 | 32.1 | 30.4 | 29.5 | 28.8 | 27.9 | 27.5 | 26.6 | 26.2 | 28.2 |
| 19 | 25.9 | 25.5 | 25.1 | 24.8 | 24.4 | 23.9 | 24.0 | 26.5 | 28.0 | 30.6 | 32.9 | 33.4 | 33.8 | 35.0 | 34.4 | 34.3 | 33.1 | 31.7 | 30.3 | 30.0 | 29.2 | 29.2 | 28.9 | 28.0 | 29.3 |
| 20 | 27.5 | 27.0 | 26.5 | 26.0 | 25.5 | 25.0 | 25.1 | 26.6 | 29.6 | 37.8 | 32.9 | 33.6 | 34.2 | 35.0 | 35.5 | 34.7 | 34.3 | 32.5 | 30.7 | 29.8 | 29.0 | 28.6 | 28.6 | 28.5 | 30.2 |
| 21 | 28.2 | 27.8 | 27.5 | 26.2 | 26.1 | 25.7 | 25.0 | 25.0 | 28.0 | 28.5 | 30.3 | 31.8 | 32.5 | 32.6 | 33.1 | 33.1 | 31.8 | 31.0 | 30.0 | 29.4 | 29.0 | 28.6 | 28.1 | 27.3 | 29.0 |
| 22 | 27.3 | 26.6 | 26.2 | 25.6 | 25.2 | 24.8 | 25.0 | 26.8 | 29.1 | 30.6 | 32.0 | 33.0 | 34.0 | 34.9 | 34.0 | 34.1 | 34.0 | 32.0 | 30.6 | 29.9 | 29.4 | 29.2 | 29.8 | 28.4 | 29.6 |
| 23 | 27.9 | 27.3 | 26.7 | 26.0 | 25.6 | 25.6 | 25.3 | 26.1 | 29.3 | 31.0 | 33.5 | 34.9 | 35.5 | 35.2 | 35.5 | 35.0 | 34.7 | 33.5 | 37.6 | 31.0 | 30.0 | 29.0 | 28.5 | 28.2 | 30.5 |
| 24 | 27.5 | 27.2 | 26.5 | 26.8 | 26.3 | 25.5 | 25.5 | 25.7 | 29.7 | 31.5 | 33.8 | 36.0 | 35.8 | 36.6 | 37.6 | 36.7 | 35.6 | 33.9 | 31.6 | 29.6 | 28.8 | 28.5 | 28.1 | 28.0 | 30.5 |
| 25 | 27.0 | 27.8 | 27.6 | 27.5 | 27.4 | 27.3 | 27.4 | 28.2 | 28.3 | 29.3 | 31.9 | 33.0 | 32.8 | 33.6 | 34.5 | 33.7 | 31.9 | 31.1 | 29.7 | 28.7 | 28.5 | 28.2 | 28.0 | 27.7 | 29.6 |
| 26 | 27.6 | 27.4 | 27.2 | 27.0 | 26.6 | 26.6 | 26.6 | 27.0 | 27.9 | 28.6 | 29.9 | 31.3 | 32.1 | 33.1 | 32.4 | 32.0 | 30.3 | 29.3 | 28.4 | 28.0 | 27.6 | 27.5 | 27.1 | 27.1 | 28.7 |
| 27 | 27.0 | 27.0 | 26.9 | 26.8 | 26.7 | 26.6 | 26.6 | 27.1 | 28.2 | 29.1 | 30.0 | 30.5 | 31.7 | 32.0 | 33.1 | 32.9 | 31.2 | 30.0 | 28.9 | 28.1 | 27.8 | 27.6 | 27.5 | 27.3 | 28.8 |
| 28 | 27.1 | 27.1 | 27.1 | 27.1 | 27.0 | 26.8 | 26.8 | 27.5 | 28.4 | 29.3 | 31.0 | 30.8 | 30.3 | 31.0 | 31.3 | 31.2 | 29.5 | 29.0 | 28.0 | 27.7 | 27.3 | 27.0 | 27.2 | 27.2 | 28.4 |
| 29 | 27.1 | 27.1 | 27.1 | 27.0 | 27.0 | 26.8 | 26.9 | 26.7 | 27.8 | 29.2 | 29.5 | 31.6 | 25.5 | 27.8 | 31.2 | 31.4 | 31.0 | 30.1 | 29.1 | 24.4 | 24.5 | 24.3 | 24.3 | 24.4 | 27.6 |
| 30 | 24.6 | 24.7 | 24.8 | 24.9 | 25.0 | 24.7 | 24.9 | 25.1 | 26.4 | 28.0 | 26.6 | 24.8 | 25.5 | 26.9 | 27.7 | 28.0 | 27.6 | 27.3 | 26.9 | 26.6 | 26.4 | 26.1 | 26.1 | 25.7 | 26.1 |
| 31 | 25.5 | 25.5 | 25.4 | 25.3 | 25.2 | 25.0 | 25.1 | 26.5 | 28.0 | 29.0 | 29.0 | 28.5 | 29.6 | 30.4 | 31.7 | 31.9 | 30.0 | 28.9 | 27.6 | 27.1 | 26.9 | 26.6 | 26.6 | 26.5 | 27.6 |
| Mean | 25.9 | 25.5 | 25.2 | 24.9 | 24.7 | 24.3 | 24.2 | 25.0 | 26.9 | 28.7 | 29.8 | 30.8 | 31.3 | 31.8 | 32.1 | 31.9 | 30.9 | 29.8 | 28.8 | 27.7 | 27.1 | 26.9 | 26.8 | 26.2 | 27.8 |

Station: BANGKOK METROPOLIS

February 1999

Dry bulb temperature (Celsius) □ F

| Day | 0100 | 0200 | 0300 | 0400 | 0500 | 0600 | 0700 | 0800 | 0900 | 1000 | 1100 | 1200 | 1300 | 1400 | 1500 | 1600 | 1700 | 1800 | 1900 | 2000 | 2100 | 2200 | 2300 | 2400 | Mean |
|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 1 | 26.2 | 26.0 | 25.8 | 25.5 | 25.0 | 24.9 | 24.6 | 26.1 | 27.8 | 30.3 | 30.2 | 32.0 | 32.3 | 32.7 | 32.4 | 32.4 | 32.0 | 30.0 | 29.0 | 28.0 | 27.5 | 27.2 | 27.2 | 27.1 | 28.4 |
| 2 | 27.0 | 26.9 | 26.8 | 26.7 | 26.6 | 26.4 | 26.0 | 26.6 | 29.5 | 31.1 | 32.4 | 34.1 | 34.5 | 35.4 | 35.0 | 34.4 | 33.2 | 32.0 | 31.0 | 30.0 | 29.7 | 29.6 | 29.4 | 27.0 | 30.1 |
| 3 | 26.6 | 25.9 | 25.4 | 24.5 | 24.3 | 24.3 | 24.4 | 24.6 | 23.7 | 23.1 | 23.1 | 23.5 | 25.0 | 26.0 | 26.2 | 26.5 | 26.4 | 25.6 | 25.0 | 24.5 | 23.8 | 24.0 | 24.0 | 24.0 | 24.8 |
| 4 | 23.8 | 23.5 | 23.1 | 23.0 | 22.5 | 22.3 | 22.5 | 22.5 | 23.8 | 24.9 | 26.4 | 28.1 | 28.6 | 29.6 | 30.1 | 30.0 | 29.4 | 28.3 | 27.5 | 26.5 | 25.5 | 24.6 | 24.4 | 24.2 | 25.6 |
| 5 | 24.0 | 23.4 | 22.8 | 22.0 | 21.4 | 20.6 | 20.0 | 21.0 | 23.1 | 24.8 | 26.0 | 27.6 | 28.3 | 29.1 | 29.4 | 30.0 | 28.5 | 27.5 | 26.4 | 24.9 | 25.0 | 24.5 | 23.6 | 22.6 | 24.9 |
| 6 | 22.3 | 22.0 | 21.8 | 21.6 | 21.0 | 20.4 | 19.6 | 22.1 | 24.2 | 26.4 | 28.3 | 29.1 | 30.3 | 30.5 | 30.8 | 31.0 | 30.1 | 29.3 | 27.8 | 27.0 | 26.5 | 25.5 | 25.0 | 24.5 | 25.7 |
| 7 | 24.3 | 23.8 | 23.2 | 22.5 | 22.0 | 21.5 | 21.1 | 22.0 | 25.0 | 26.5 | 29.0 | 30.6 | 30.8 | 32.0 | 31.8 | 31.4 | 31.3 | 29.8 | 28.6 | 27.2 | 26.2 | 25.9 | 26.0 | 25.2 | 26.6 |
| 8 | 24.6 | 24.2 | 23.7 | 23.4 | 23.2 | 22.9 | 23.0 | 25.2 | 26.7 | 27.8 | 28.4 | 29.5 | 31.2 | 32.0 | 32.3 | 32.3 | 31.5 | 30.8 | 29.5 | 28.1 | 27.2 | 26.8 | 26.4 | 25.8 | 27.3 |
| 9 | 25.5 | 25.2 | 25.2 | 25.2 | 25.0 | 23.4 | 23.0 | 23.6 | 26.0 | 27.6 | 28.9 | 30.1 | 30.5 | 31.5 | 32.1 | 32.0 | 31.4 | 30.4 | 29.0 | 28.0 | 27.5 | 27.0 | 26.2 | 25.4 | 27.5 |
| 10 | 24.6 | 24.2 | 23.8 | 23.3 | 23.1 | 22.9 | 22.7 | 23.7 | 26.4 | 29.2 | 31.0 | 31.8 | 32.7 | 33.8 | 33.4 | 33.6 | 33.1 | 32.0 | 30.5 | 28.6 | 27.7 | 27.0 | 26.5 | 26.2 | 28.0 |
| 11 | 27.0 | 26.5 | 26.2 | 25.0 | 24.3 | 24.2 | 24.2 | 24.6 | 30.2 | 31.5 | 33.4 | 33.9 | 34.0 | 34.8 | 34.8 | 34.9 | 34.6 | 33.5 | 31.7 | 30.7 | 31.5 | 30.5 | 29.8 | 29.4 | 30.0 |
| 12 | 29.4 | 29.0 | 28.5 | 28.0 | 27.7 | 27.5 | 27.5 | 27.9 | 27.8 | 27.6 | 27.0 | 28.5 | 29.9 | 30.3 | 30.4 | 29.9 | 29.5 | 29.3 | 28.6 | 28.3 | 27.4 | 27.1 | 27.0 | 26.9 | 28.4 |
| 13 | 26.8 | 26.7 | 26.7 | 26.6 | 26.4 | 26.3 | 26.4 | 27.4 | 28.0 | 29.8 | 31.0 | 32.0 | 32.9 | 33.0 | 33.8 | 33.0 | 32.8 | 32.0 | 31.0 | 29.2 | 28.4 | 28.6 | 28.5 | 27.3 | 29.4 |
| 14 | 26.9 | 26.8 | 26.7 | 26.5 | 26.0 | 26.0 | 26.1 | 27.0 | 29.1 | 30.1 | 30.4 | 32.4 | 32.5 | 32.6 | 33.0 | 32.4 | 32.0 | 32.0 | 29.0 | 28.0 | 27.5 | 27.2 | 27.1 | 26.7 | 28.9 |
| 15 | 26.5 | 26.3 | 26.0 | 25.7 | 25.5 | 25.5 | 25.4 | 26.9 | 27.9 | 28.8 | 30.2 | 31.5 | 32.4 | 32.6 | 33.2 | 33.5 | 32.6 | 32.0 | 30.8 | 29.1 | 28.4 | 28.4 | 28.5 | 27.5 | 29.0 |
| 16 | 27.4 | 27.0 | 26.5 | 26.0 | 25.8 | 25.6 | 25.8 | 27.5 | 28.7 | 29.5 | 31.5 | 32.0 | 33.0 | 33.6 | 34.4 | 33.7 | 33.4 | 32.2 | 30.8 | 29.4 | 28.9 | 28.2 | 28.0 | 27.5 | 29.4 |
| 17 | 27.2 | 27.0 | 26.5 | 26.5 | 26.4 | 26.3 | 26.0 | 26.7 | 28.8 | 31.2 | 32.5 | 33.2 | 33.0 | 34.0 | 33.6 | 33.1 | 32.5 | 31.2 | 29.4 | 28.1 | 27.6 | 27.5 | 27.2 | 27.0 | 29.3 |
| 18 | 27.0 | 26.7 | 26.6 | 26.5 | 26.4 | 26.2 | 26.1 | 27.1 | 28.6 | 30.6 | 31.5 | 31.9 | 32.0 | 32.2 | 32.1 | 31.6 | 30.8 | 29.5 | 28.5 | 28.0 | 27.8 | 27.4 | 27.3 | 27.1 | 28.7 |
| 19 | 27.0 | 26.8 | 26.6 | 26.5 | 26.4 | 26.5 | 26.6 | 27.8 | 29.0 | 29.5 | 30.6 | 31.3 | 31.9 | 32.7 | 32.5 | 32.9 | 31.5 | 30.0 | 29.0 | 28.3 | 28.0 | 27.7 | 27.3 | 27.6 | 28.9 |
| 20 | 27.6 | 27.2 | 27.1 | 27.0 | 26.9 | 26.5 | 26.2 | 26.0 | 27.8 | 29.0 | 30.1 | 31.2 | 31.9 | 33.1 | 33.3 | 33.4 | 32.6 | 31.6 | 30.0 | 28.5 | 28.0 | 27.6 | 27.2 | 26.2 | 29.0 |
| 21 | 26.1 | 25.8 | 25.6 | 25.3 | 25.1 | 25.2 | 25.0 | 26.1 | 27.5 | 28.6 | 29.9 | 31.3 | 32.3 | 33.1 | 33.6 | 33.6 | 33.5 | 32.6 | 30.9 | 29.6 | 28.9 | 28.2 | 28.0 | 27.9 | 28.9 |
| 22 | 27.9 | 27.8 | 27.7 | 27.5 | 27.2 | 26.9 | 26.6 | 26.8 | 27.2 | 28.2 | 29.9 | 32.8 | 32.6 | 33.5 | 34.0 | 34.0 | 33.1 | 32.4 | 30.8 | 29.3 | 28.9 | 28.2 | 27.7 | 27.5 | 29.5 |
| 23 | 26.9 | 26.1 | 26.0 | 25.5 | 25.7 | 25.5 | 25.5 | 26.4 | 29.0 | 30.2 | 31.6 | 32.6 | 33.0 | 33.4 | 32.6 | 33.2 | 32.6 | 30.5 | 29.1 | 28.4 | 28.0 | 27.9 | 27.7 | 27.5 | 29.0 |
| 24 | 27.1 | 26.8 | 26.6 | 26.4 | 26.2 | 25.9 | 26.1 | 28.0 | 28.8 | 30.0 | 31.3 | 31.7 | 32.8 | 32.9 | 32.7 | 32.6 | 31.5 | 30.4 | 29.0 | 28.0 | 27.9 | 27.8 | 27.5 | 27.3 | 29.0 |
| 25 | 27.1 | 27.0 | 27.0 | 26.9 | 26.8 | 26.7 | 26.6 | 27.9 | 29.5 | 30.2 | 31.3 | 31.6 | 32.5 | 33.0 | 33.0 | 32.7 | 31.5 | 29.9 | 28.8 | 28.5 | 28.2 | 28.1 | 27.7 | 27.7 | 29.2 |
| 26 | 27.6 | 27.4 | 27.3 | 27.5 | 27.6 | 27.3 | 27.2 | 27.6 | 29.1 | 31.0 | 32.2 | 33.0 | 33.5 | 33.5 | 33.6 | 33.2 | 31.8 | 30.2 | 29.5 | 28.9 | 28.7 | 28.5 | 28.4 | 28.0 | 29.7 |
| 27 | 28.0 | 27.2 | 27.6 | 27.5 | 27.4 | 27.2 | 27.5 | 28.5 | 30.0 | 31.5 | 32.5 | 33.5 | 34.5 | 34.2 | 34.5 | 33.5 | 33.0 | 31.8 | 30.3 | 29.2 | 29.0 | 28.6 | 28.4 | 28.2 | 30.2 |
| 28 | 28.0 | 27.9 | 27.7 | 27.5 | 27.5 | 26.9 | 26.5 | 27.0 | 29.7 | 30.6 | 31.3 | 32.5 | 32.8 | 33.3 | 34.9 | 34.5 | 33.8 | 32.1 | 30.8 | 29.5 | 28.9 | 28.6 | 28.3 | 28.1 | 29.9 |
| Mean | 26.4 | 26.1 | 25.8 | 25.6 | 25.3 | 25.1 | 24.9 | 25.9 | 27.6 | 28.9 | 30.1 | 31.2 | 31.8 | 32.4 | 32.6 | 32.5 | 31.8 | 30.7 | 29.4 | 28.3 | 27.8 | 27.4 | 27.2 | 26.7 | 28.4 |

Station: BANGKOK METROPOLIS

March 1999

Dry bulb temperature (Celsius)

| Day | 0100 | 0200 | 0300 | 0400 | 0500 | 0600 | 0700 | 0800 | 0900 | 1000 | 1100 | 1200 | 1300 | 1400 | 1500 | 1600 | 1700 | 1800 | 1900 | 2000 | 2100 | 2200 | 2300 | 2400 | Mean |
|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 1 | 27.8 | 27.6 | 27.4 | 27.0 | 26.7 | 26.4 | 26.6 | 27.7 | 29.0 | 30.4 | 31.5 | 33.1 | 34.0 | 34.2 | 34.5 | 35.2 | 34.6 | 33.1 | 32.3 | 31.0 | 30.1 | 29.6 | 29.0 | 28.5 | 30.3 |
| 2 | 28.2 | 28.0 | 27.5 | 27.0 | 27.0 | 27.0 | 27.0 | 28.3 | 31.0 | 31.6 | 34.6 | 34.0 | 33.3 | 33.2 | 34.7 | 34.7 | 33.7 | 32.0 | 30.6 | 29.7 | 29.5 | 29.2 | 28.8 | 28.7 | 30.4 |
| 3 | 28.4 | 28.2 | 28.0 | 28.0 | 27.7 | 27.5 | 27.5 | 28.2 | 29.2 | 29.6 | 32.0 | 33.0 | 33.0 | 33.3 | 33.2 | 32.5 | 32.3 | 30.7 | 29.6 | 29.0 | 28.0 | 28.7 | 28.5 | 28.2 | 29.8 |
| 4 | 28.1 | 28.0 | 27.5 | 27.5 | 27.2 | 27.3 | 27.0 | 27.2 | 29.2 | 30.3 | 31.6 | 32.6 | 32.5 | 33.4 | 33.7 | 33.1 | 31.5 | 29.7 | 29.0 | 28.4 | 28.3 | 28.4 | 28.3 | 28.0 | 29.5 |
| 5 | 28.0 | 27.8 | 27.7 | 27.6 | 27.5 | 27.3 | 27.5 | 28.5 | 28.7 | 30.5 | 31.8 | 33.0 | 33.5 | 33.3 | 33.5 | 33.0 | 32.1 | 30.5 | 29.2 | 28.7 | 28.4 | 28.3 | 28.0 | 28.0 | 29.7 |
| 6 | 27.8 | 27.7 | 27.5 | 27.5 | 27.3 | 27.3 | 27.2 | 27.8 | 29.5 | 31.5 | 33.5 | 33.7 | 34.0 | 34.7 | 33.9 | 33.0 | 32.4 | 31.0 | 29.5 | 28.8 | 28.6 | 28.5 | 28.3 | 28.2 | 30.0 |
| 7 | 28.0 | 28.0 | 27.7 | 27.7 | 27.6 | 27.6 | 21.5 | 28.1 | 30.3 | 32.1 | 34.0 | 34.3 | 35.4 | 36.1 | 37.6 | 37.2 | 36.5 | 33.9 | 32.0 | 30.6 | 29.8 | 29.5 | 29.1 | 29.0 | 31.0 |
| 8 | 28.5 | 28.3 | 28.1 | 27.9 | 25.6 | 24.5 | 23.8 | 27.5 | 28.7 | 31.2 | 32.7 | 34.0 | 35.0 | 35.5 | 36.3 | 36.7 | 35.7 | 33.3 | 30.5 | 29.2 | 28.5 | 28.3 | 28.2 | 28.0 | 30.3 |
| 9 | 27.7 | 27.2 | 26.7 | 26.0 | 25.2 | 23.7 | 24.0 | 25.8 | 28.0 | 29.7 | 31.6 | 34.0 | 34.7 | 36.1 | 37.4 | 35.8 | 34.2 | 32.5 | 30.1 | 28.6 | 27.5 | 27.2 | 27.0 | 27.1 | 29.5 |
| 10 | 26.8 | 26.3 | 26.4 | 26.5 | 26.3 | 25.7 | 25.9 | 26.6 | 29.0 | 31.9 | 33.4 | 34.9 | 35.5 | 36.2 | 36.0 | 35.0 | 34.8 | 32.7 | 30.6 | 29.5 | 29.1 | 29.1 | 28.9 | 28.5 | 30.2 |
| 11 | 28.4 | 28.3 | 28.1 | 28.0 | 27.8 | 27.6 | 27.6 | 29.1 | 31.1 | 33.0 | 34.1 | 35.2 | 35.4 | 35.5 | 35.9 | 35.8 | 35.0 | 33.4 | 31.5 | 30.1 | 29.7 | 29.5 | 29.2 | 29.0 | 31.2 |
| 12 | 28.9 | 28.5 | 28.4 | 28.3 | 28.1 | 28.0 | 28.0 | 30.0 | 31.7 | 33.4 | 34.0 | 35.0 | 34.7 | 35.4 | 35.7 | 35.0 | 34.7 | 33.0 | 31.2 | 30.5 | 30.0 | 29.8 | 29.5 | 29.3 | 31.3 |
| 13 | 28.8 | 28.6 | 28.5 | 28.1 | 28.2 | 28.3 | 28.5 | 29.4 | 31.8 | 33.3 | 33.9 | 34.4 | 34.5 | 34.9 | 35.4 | 34.8 | 33.5 | 31.6 | 30.5 | 29.7 | 29.5 | 29.3 | 29.0 | 28.8 | 31.0 |
| 14 | 28.6 | 28.5 | 28.4 | 28.3 | 28.3 | 28.3 | 28.4 | 29.6 | 31.3 | 32.6 | 33.7 | 35.0 | 36.0 | 35.1 | 35.5 | 35.1 | 34.2 | 32.4 | 30.5 | 30.0 | 29.6 | 29.4 | 29.0 | 28.9 | 31.1 |
| 15 | 28.8 | 28.6 | 28.5 | 28.4 | 28.3 | 28.5 | 28.6 | 29.4 | 30.7 | 31.3 | 32.5 | 33.4 | 34.2 | 34.1 | 34.4 | 34.6 | 33.6 | 32.0 | 30.4 | 29.6 | 29.4 | 29.1 | 29.0 | 28.4 | 30.7 |
| 16 | 28.6 | 28.5 | 28.4 | 28.3 | 28.2 | 28.2 | 28.4 | 29.4 | 31.5 | 32.2 | 33.0 | 33.7 | 34.4 | 34.5 | 34.9 | 35.2 | 33.6 | 32.3 | 30.6 | 29.8 | 29.5 | 29.2 | 29.0 | 28.8 | 30.8 |
| 17 | 28.7 | 28.6 | 28.5 | 28.4 | 28.2 | 28.0 | 28.4 | 29.9 | 31.3 | 32.7 | 33.4 | 33.6 | 34.0 | 34.5 | 34.6 | 34.1 | 33.5 | 31.9 | 30.2 | 29.5 | 29.2 | 29.0 | 28.9 | 28.9 | 30.8 |
| 18 | 28.6 | 28.5 | 28.4 | 28.2 | 28.1 | 28.1 | 28.1 | 30.1 | 30.2 | 33.0 | 33.6 | 34.0 | 35.1 | 34.8 | 35.2 | 35.2 | 33.2 | 31.5 | 30.4 | 29.6 | 29.2 | 29.0 | 28.8 | 28.9 | 30.8 |
| 19 | 28.8 | 28.6 | 28.5 | 28.2 | 27.9 | 27.8 | 27.9 | 28.2 | 30.8 | 32.8 | 34.6 | 36.0 | 36.7 | 37.1 | 37.2 | 36.9 | 34.3 | 32.4 | 30.5 | 29.6 | 29.1 | 29.0 | 28.8 | 28.7 | 31.3 |
| 20 | 28.5 | 28.4 | 28.3 | 28.0 | 27.8 | 27.3 | 26.7 | 29.1 | 30.7 | 32.7 | 34.4 | 34.3 | 34.6 | 35.3 | 35.4 | 36.0 | 34.9 | 32.5 | 30.7 | 29.9 | 29.8 | 29.3 | 29.0 | 28.7 | 30.9 |
| 21 | 28.4 | 28.3 | 28.3 | 28.2 | 28.1 | 28.0 | 28.0 | 29.6 | 30.2 | 32.0 | 33.0 | 35.8 | 37.0 | 36.4 | 37.0 | 37.0 | 36.0 | 34.1 | 32.1 | 31.2 | 30.2 | 30.0 | 29.8 | 29.1 | 31.6 |
| 22 | 29.0 | 28.9 | 28.8 | 28.6 | 28.5 | 28.4 | 28.6 | 29.5 | 31.2 | 32.8 | 34.1 | 35.5 | 36.1 | 36.1 | 36.6 | 35.5 | 34.0 | 32.6 | 27.4 | 26.5 | 27.1 | 27.5 | 27.4 | 27.2 | 30.7 |
| 23 | 27.0 | 26.9 | 26.8 | 26.6 | 26.5 | 26.4 | 26.6 | 28.0 | 31.2 | 32.4 | 33.4 | 34.1 | 34.1 | 32.5 | 34.0 | 33.0 | 32.1 | 30.7 | 29.8 | 29.2 | 29.0 | 29.0 | 29.0 | 28.9 | 29.9 |
| 24 | 28.7 | 28.4 | 29.2 | 27.9 | 27.6 | 27.6 | 28.0 | 28.9 | 29.5 | 29.9 | 32.4 | 33.8 | 34.1 | 34.5 | 33.5 | 33.1 | 32.5 | 31.2 | 29.8 | 29.5 | 29.2 | 29.0 | 28.9 | 28.5 | 30.2 |
| 25 | 28.5 | 28.3 | 28.1 | 28.0 | 27.8 | 27.9 | 27.5 | 28.5 | 30.6 | 32.5 | 32.6 | 31.3 | 30.9 | 30.5 | 31.3 | 32.0 | 30.3 | 30.1 | 29.2 | 28.5 | 28.4 | 28.3 | 28.2 | 28.2 | 29.5 |
| 26 | 28.0 | 27.9 | 27.8 | 27.7 | 27.6 | 27.3 | 27.8 | 29.9 | 31.1 | 30.7 | 33.4 | 33.7 | 35.2 | 34.5 | 34.7 | 35.0 | 34.6 | 33.0 | 31.1 | 30.2 | 29.6 | 29.3 | 29.1 | 29.0 | 30.8 |
| 27 | 28.9 | 28.6 | 28.5 | 28.5 | 28.2 | 28.1 | 28.2 | 29.3 | 30.8 | 32.3 | 34.5 | 34.7 | 35.4 | 35.9 | 36.9 | 35.2 | 34.2 | 33.0 | 31.0 | 30.5 | 30.0 | 29.8 | 29.6 | 29.3 | 31.3 |
| 28 | 29.0 | 28.9 | 28.8 | 28.6 | 28.5 | 28.3 | 28.6 | 29.0 | 32.0 | 32.4 | 34.4 | 34.2 | 35.5 | 35.8 | 35.6 | 35.5 | 34.3 | 32.0 | 30.8 | 30.2 | 30.0 | 29.9 | 29.9 | 29.6 | 31.3 |
| 29 | 29.6 | 29.4 | 29.3 | 28.9 | 26.5 | 25.4 | 24.1 | 24.6 | 24.9 | 24.8 | 25.0 | 25.3 | 25.6 | 26.5 | 27.5 | 28.0 | 28.1 | 27.8 | 27.1 | 26.9 | 26.5 | 26.3 | 26.2 | 26.1 | 26.7 |
| 30 | 26.0 | 25.8 | 25.7 | 25.6 | 25.5 | 25.4 | 25.6 | 27.4 | 28.6 | 31.2 | 32.4 | 33.7 | 34.1 | 34.7 | 31.6 | 29.5 | 27.6 | 28.0 | 27.7 | 27.5 | 27.6 | 27.0 | 27.3 | 27.1 | 28.4 |
| 31 | 27.1 | 26.8 | 26.5 | 26.3 | 26.7 | 25.8 | 26.0 | 27.6 | 30.3 | 31.3 | 33.0 | 34.1 | 33.8 | 34.7 | 34.1 | 33.9 | 32.8 | 31.8 | 30.4 | 29.7 | 29.5 | 29.3 | 29.1 | 29.0 | 30.0 |
| Mean | 28.3 | 28.1 | 27.9 | 27.7 | 27.4 | 27.2 | 27.0 | 28.5 | 30.1 | 31.6 | 33.0 | 33.8 | 34.3 | 34.5 | 34.8 | 34.4 | 33.4 | 31.8 | 30.2 | 29.4 | 29.0 | 28.9 | 28.7 | 28.5 | 30.4 |

Station: BANGKOK METROPOLIS

April 1999

Dry bulb temperature (Celsius)

| Day | 0100 | 0200 | 0300 | 0400 | 0500 | 0600 | 0700 | 0800 | 0900 | 1000 | 1100 | 1200 | 1300 | 1400 | 1500 | 1600 | 1700 | 1800 | 1900 | 2000 | 2100 | 2200 | 2300 | 2400 | Mean |
|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 1 | 28.8 | 28.5 | 28.3 | 28.1 | 27.9 | 27.6 | 28.0 | 30.0 | 31.3 | 32.8 | 33.8 | 33.6 | 34.1 | 35.1 | 35.0 | 35.0 | 33.5 | 32.0 | 30.6 | 30.0 | 29.6 | 29.5 | 29.2 | 29.0 | 30.9 |
| 2 | 28.6 | 28.5 | 28.4 | 28.3 | 28.1 | 28.0 | 28.0 | 29.4 | 32.0 | 33.5 | 33.6 | 34.2 | 35.5 | 35.0 | 35.3 | 35.3 | 34.0 | 31.8 | 30.7 | 30.3 | 30.0 | 30.0 | 29.7 | 29.4 | 31.2 |
| 3 | 29.3 | 29.1 | 29.0 | 29.0 | 28.7 | 28.6 | 28.7 | 29.6 | 32.3 | 33.7 | 34.9 | 34.5 | 34.8 | 35.0 | 35.5 | 34.9 | 32.5 | 31.0 | 30.6 | 30.4 | 30.4 | 30.2 | 30.0 | 29.8 | 31.4 |
| 4 | 29.7 | 29.6 | 29.4 | 29.3 | 29.0 | 28.7 | 28.8 | 29.5 | 31.5 | 32.5 | 33.8 | 34.8 | 34.7 | 34.8 | 35.3 | 35.2 | 34.0 | 33.2 | 31.4 | 30.8 | 30.5 | 30.5 | 30.1 | 30.0 | 31.5 |
| 5 | 30.0 | 29.5 | 28.8 | 28.5 | 28.0 | 27.8 | 27.5 | 27.8 | 29.2 | 31.6 | 31.7 | 31.7 | 31.9 | 31.9 | 31.0 | 31.9 | 32.1 | 30.1 | 29.2 | 28.7 | 28.6 | 28.8 | 28.8 | 28.7 | 29.7 |
| 6 | 28.6 | 28.2 | 27.8 | 27.3 | 26.8 | 26.3 | 25.4 | 24.7 | 24.7 | 25.3 | 25.5 | 26.1 | 27.0 | 29.1 | 30.3 | 30.7 | 30.5 | 29.0 | 28.6 | 28.3 | 27.6 | 23.7 | 23.9 | 23.9 | 27.1 |
| 7 | 23.9 | 24.0 | 24.2 | 24.4 | 24.4 | 24.6 | 24.9 | 25.9 | 27.9 | 29.9 | 31.8 | 33.1 | 33.0 | 33.1 | 33.4 | 33.1 | 32.0 | 28.4 | 28.1 | 28.0 | 27.6 | 27.6 | 27.5 | 27.4 | 28.3 |
| 8 | 27.3 | 27.2 | 27.2 | 27.1 | 27.0 | 26.8 | 26.6 | 26.1 | 26.0 | 26.5 | 27.3 | 28.9 | 31.1 | 31.6 | 31.4 | 32.3 | 32.2 | 29.5 | 28.8 | 28.4 | 28.5 | 28.5 | 28.5 | 28.5 | 28.5 |
| 9 | 28.1 | 27.7 | 27.4 | 27.0 | 27.0 | 26.7 | 27.0 | 28.5 | 29.5 | 31.8 | 32.2 | 33.4 | 34.5 | 34.6 | 34.4 | 34.6 | 34.1 | 32.7 | 31.4 | 30.5 | 30.1 | 29.7 | 27.3 | 26.9 | 30.3 |
| 10 | 26.7 | 26.3 | 26.2 | 26.1 | 26.0 | 26.1 | 26.4 | 27.3 | 31.0 | 32.6 | 33.4 | 33.7 | 35.0 | 35.0 | 35.2 | 34.2 | 33.9 | 32.3 | 31.2 | 30.6 | 30.4 | 29.0 | 28.1 | 27.9 | 30.2 |
| 11 | 27.8 | 27.6 | 27.5 | 27.2 | 27.0 | 26.7 | 27.1 | 27.7 | 29.3 | 31.5 | 31.6 | 32.2 | 32.5 | 32.9 | 32.6 | 32.2 | 31.1 | 30.6 | 30.0 | 29.6 | 29.6 | 29.4 | 28.9 | 27.5 | 29.6 |
| 12 | 27.5 | 27.0 | 26.8 | 26.5 | 26.4 | 26.5 | 26.6 | 27.6 | 29.6 | 31.5 | 32.5 | 32.9 | 33.1 | 33.0 | 31.9 | 31.1 | 31.0 | 30.0 | 29.6 | 29.8 | 29.1 | 28.4 | 28.7 | 28.8 | 29.4 |
| 13 | 28.6 | 28.6 | 28.5 | 28.5 | 28.4 | 28.5 | 28.5 | 29.5 | 30.8 | 31.2 | 31.8 | 32.4 | 32.0 | 31.4 | 31.0 | 30.6 | 30.4 | 29.7 | 29.6 | 29.5 | 25.6 | 25.6 | 25.9 | 26.5 | 29.3 |
| 14 | 27.0 | 27.0 | 26.9 | 26.9 | 27.0 | 27.4 | 27.6 | 29.0 | 30.0 | 31.6 | 31.4 | 31.4 | 32.1 | 31.7 | 32.3 | 31.6 | 30.2 | 29.8 | 27.7 | 27.8 | 28.8 | 26.6 | 26.8 | 26.8 | 28.9 |
| 15 | 27.0 | 26.5 | 26.3 | 26.6 | 26.2 | 26.2 | 26.2 | 27.4 | 29.8 | 30.9 | 31.5 | 32.4 | 33.7 | 32.5 | 30.5 | 30.0 | 30.0 | 30.0 | 29.4 | 29.2 | 29.0 | 29.0 | 28.7 | 28.5 | 29.1 |
| 16 | 28.0 | 28.0 | 27.3 | 26.6 | 26.5 | 25.9 | 25.7 | 26.7 | 27.7 | 29.8 | 30.6 | 31.4 | 32.5 | 32.7 | 32.0 | 31.4 | 31.9 | 30.7 | 30.2 | 29.6 | 29.5 | 29.1 | 29.0 | 28.9 | 29.2 |
| 17 | 28.6 | 28.5 | 28.3 | 28.1 | 27.9 | 27.7 | 27.6 | 29.5 | 30.8 | 31.7 | 32.9 | 33.5 | 34.5 | 34.5 | 34.7 | 35.1 | 34.3 | 33.4 | 32.0 | 31.2 | 30.5 | 30.2 | 30.1 | 30.0 | 31.1 |
| 18 | 29.9 | 29.8 | 29.2 | 29.0 | 29.0 | 28.6 | 28.7 | 29.5 | 31.4 | 32.4 | 33.5 | 34.5 | 34.5 | 34.8 | 35.5 | 35.8 | 34.2 | 32.4 | 31.0 | 29.5 | 29.5 | 29.0 | 28.8 | 28.7 | 31.2 |
| 19 | 28.2 | 28.0 | 27.8 | 27.6 | 27.5 | 27.5 | 28.0 | 29.5 | 31.2 | 31.7 | 32.6 | 34.1 | 33.9 | 34.5 | 35.6 | 35.1 | 34.3 | 32.7 | 32.0 | 31.6 | 31.0 | 30.5 | 30.2 | 30.0 | 31.0 |
| 20 | 29.9 | 29.4 | 29.0 | 28.6 | 28.4 | 28.1 | 28.8 | 30.8 | 32.2 | 33.0 | 34.5 | 33.6 | 34.7 | 34.0 | 34.6 | 34.1 | 33.4 | 32.7 | 32.0 | 31.2 | 30.6 | 29.9 | 29.3 | 28.8 | 31.3 |
| 21 | 28.5 | 28.7 | 29.0 | 28.0 | 27.6 | 27.5 | 27.8 | 28.8 | 31.1 | 32.6 | 31.6 | 31.4 | 31.9 | 33.2 | 34.0 | 35.1 | 34.8 | 33.9 | 32.6 | 31.8 | 29.4 | 27.8 | 27.5 | 27.5 | 30.5 |
| 22 | 27.7 | 27.8 | 27.8 | 27.9 | 27.6 | 27.4 | 28.0 | 29.9 | 30.6 | 31.5 | 31.4 | 32.3 | 33.4 | 33.0 | 33.1 | 33.2 | 32.4 | 31.0 | 30.4 | 30.1 | 26.9 | 25.6 | 25.9 | 26.0 | 29.6 |
| 23 | 26.0 | 26.2 | 26.2 | 26.1 | 26.1 | 26.0 | 26.3 | 28.0 | 30.0 | 30.8 | 31.4 | 31.9 | 33.1 | 32.5 | 30.3 | 29.8 | 29.7 | 29.4 | 28.1 | 27.9 | 27.5 | 27.5 | 27.6 | 27.6 | 28.6 |
| 24 | 27.6 | 27.6 | 27.0 | 26.6 | 26.4 | 26.2 | 26.6 | 28.0 | 29.8 | 30.5 | 31.3 | 32.0 | 33.0 | 33.1 | 32.5 | 32.7 | 32.0 | 31.5 | 30.6 | 30.0 | 29.4 | 29.0 | 28.5 | 28.1 | 29.6 |
| 25 | 27.9 | 27.6 | 27.3 | 27.0 | 26.9 | 26.8 | 27.5 | 28.9 | 30.4 | 31.5 | 32.9 | 33.2 | 34.0 | 33.7 | 34.4 | 31.1 | 32.4 | 30.5 | 29.6 | 29.5 | 29.4 | 29.0 | 28.7 | 28.5 | 29.9 |
| 26 | 28.0 | 27.4 | 27.1 | 26.8 | 26.6 | 26.4 | 27.2 | 29.6 | 31.0 | 32.5 | 33.1 | 33.8 | 34.4 | 34.1 | 34.2 | 34.4 | 34.0 | 33.0 | 31.6 | 31.0 | 30.5 | 30.4 | 30.2 | 30.1 | 30.7 |
| 27 | 30.0 | 29.7 | 29.4 | 29.0 | 28.8 | 28.6 | 28.6 | 27.3 | 26.7 | 25.0 | 24.9 | 26.1 | 29.0 | 30.4 | 31.9 | 32.4 | 31.5 | 30.6 | 29.8 | 29.2 | 28.6 | 28.6 | 26.9 | 26.4 | 28.7 |
| 28 | 26.4 | 26.3 | 25.5 | 25.1 | 25.4 | 24.8 | 25.4 | 27.0 | 28.2 | 29.8 | 31.0 | 31.0 | 32.5 | 33.0 | 32.5 | 30.1 | 28.0 | 27.1 | 27.1 | 27.5 | 26.1 | 26.0 | 25.5 | 25.3 | 27.8 |
| 29 | 24.9 | 25.1 | 25.8 | 25.7 | 25.5 | 25.4 | 26.1 | 27.4 | 29.4 | 29.0 | 30.2 | 30.3 | 30.5 | 30.2 | 30.4 | 30.0 | 29.5 | 26.8 | 25.2 | 24.5 | 24.7 | 24.7 | 24.6 | 27.2 | |
| 30 | 24.6 | 24.6 | 24.7 | 24.8 | 24.7 | 24.7 | 25.1 | 26.1 | 27.5 | 29.2 | 29.2 | 27.8 | 29.1 | 31.2 | 31.3 | 30.9 | 29.6 | 29.6 | 29.1 | 29.0 | 28.6 | 26.0 | 25.6 | 25.6 | 27.4 |
| Mean | 27.8 | 27.7 | 27.5 | 27.3 | 27.1 | 26.9 | 27.1 | 28.3 | 29.7 | 30.9 | 31.6 | 32.1 | 32.9 | 33.1 | 33.1 | 32.8 | 32.1 | 30.9 | 30.0 | 29.5 | 28.8 | 28.3 | 28.0 | 27.9 | 29.6 |

Station: BANGKOK METROPOLIS

May 1999

Dry bulb temperature (Celsius)

| Day | 0100 | 0200 | 0300 | 0400 | 0500 | 0600 | 0700 | 0800 | 0900 | 1000 | 1100 | 1200 | 1300 | 1400 | 1500 | 1600 | 1700 | 1800 | 1900 | 2000 | 2100 | 2200 | 2300 | 2400 | Mean |
|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 1 | 25.9 | 26.2 | 26.1 | 26.0 | 25.8 | 25.6 | 25.6 | 25.5 | 26.2 | 28.6 | 29.6 | 30.2 | 29.5 | 28.6 | 28.4 | 28.8 | 28.7 | 28.3 | 27.5 | 27.2 | 27.2 | 27.0 | 26.9 | 26.8 | 27.3 |
| 2 | 26.5 | 26.5 | 25.5 | 25.4 | 25.3 | 25.7 | 26.3 | 27.5 | 29.3 | 30.6 | 31.7 | 30.7 | 25.3 | 26.1 | 26.7 | 27.1 | 27.3 | 27.0 | 27.4 | 27.2 | 26.6 | 25.0 | 25.0 | 25.0 | 26.9 |
| 3 | 25.0 | 25.0 | 25.0 | 24.7 | 25.0 | 25.2 | 26.0 | 27.5 | 30.3 | 31.1 | 31.9 | 32.1 | 32.5 | 32.2 | 31.4 | 30.2 | 29.6 | 29.2 | 28.9 | 27.0 | 26.4 | 26.1 | 26.1 | 26.1 | 28.1 |
| 4 | 26.1 | 26.2 | 26.3 | 26.5 | 26.1 | 25.8 | 27.0 | 28.1 | 29.5 | 30.7 | 31.1 | 31.8 | 31.9 | 33.5 | 33.7 | 32.8 | 32.0 | 31.0 | 30.0 | 29.4 | 29.5 | 24.2 | 24.0 | 24.0 | 28.8 |
| 5 | 24.0 | 23.9 | 23.6 | 23.7 | 23.9 | 23.7 | 24.0 | 24.5 | 25.7 | 28.8 | 29.7 | 29.0 | 27.8 | 29.0 | 29.4 | 31.2 | 28.8 | 28.5 | 27.5 | 27.0 | 26.9 | 26.5 | 25.7 | 25.6 | 26.6 |
| 6 | 24.2 | 25.3 | 25.6 | 25.6 | 25.5 | 25.6 | 26.0 | 28.1 | 30.0 | 31.4 | 32.7 | 33.1 | 33.7 | 33.5 | 33.4 | 34.3 | 33.0 | 31.6 | 27.7 | 27.6 | 27.8 | 28.0 | 28.0 | 28.1 | 29.2 |
| 7 | 28.1 | 27.9 | 27.8 | 27.6 | 27.0 | 27.0 | 28.4 | 29.5 | 30.7 | 31.4 | 31.2 | 32.2 | 32.3 | 32.5 | 33.0 | 32.5 | 31.5 | 26.4 | 26.6 | 27.0 | 27.5 | 27.7 | 27.8 | 27.8 | 29.2 |
| 8 | 27.8 | 27.7 | 27.5 | 27.2 | 27.0 | 26.5 | 26.9 | 27.8 | 29.3 | 31.1 | 32.0 | 32.4 | 32.9 | 33.0 | 32.3 | 32.6 | 32.2 | 30.9 | 30.1 | 30.0 | 27.0 | 26.2 | 26.0 | 25.8 | 29.3 |
| 9 | 25.6 | 26.0 | 25.9 | 25.7 | 25.7 | 26.0 | 26.4 | 28.8 | 30.8 | 31.0 | 31.8 | 31.6 | 33.0 | 33.1 | 33.5 | 33.4 | 32.6 | 31.6 | 30.5 | 30.0 | 29.8 | 29.5 | 28.2 | 28.1 | 29.5 |
| 10 | 28.0 | 27.9 | 28.0 | 28.0 | 27.8 | 27.5 | 26.0 | 26.6 | 28.1 | 29.1 | 30.4 | 30.9 | 30.7 | 31.4 | 32.0 | 31.9 | 30.9 | 27.8 | 28.0 | 27.1 | 26.6 | 25.4 | 25.0 | 25.0 | 28.3 |
| 11 | 25.0 | 25.0 | 25.0 | 25.0 | 25.5 | 26.0 | 26.6 | 27.1 | 28.0 | 30.0 | 32.0 | 29.7 | 28.0 | 31.0 | 33.0 | 31.3 | 28.3 | 28.6 | 28.5 | 28.5 | 28.5 | 28.2 | 28.0 | 27.5 | 28.1 |
| 12 | 27.5 | 27.3 | 25.8 | 24.6 | 24.8 | 25.0 | 25.1 | 25.3 | 27.1 | 28.9 | 31.0 | 32.3 | 31.3 | 30.9 | 29.6 | 29.1 | 29.2 | 28.8 | 28.3 | 28.1 | 28.5 | 28.4 | 28.2 | 27.9 | 28.0 |
| 13 | 27.5 | 26.8 | 25.3 | 25.0 | 24.7 | 25.0 | 25.7 | 26.6 | 27.3 | 28.2 | 29.2 | 26.9 | 27.0 | 27.4 | 27.7 | 28.4 | 28.8 | 28.5 | 28.0 | 27.5 | 27.0 | 26.8 | 26.6 | 26.5 | 27.0 |
| 14 | 26.1 | 25.9 | 26.0 | 25.7 | 25.5 | 25.6 | 25.9 | 27.1 | 29.0 | 31.0 | 30.5 | 28.8 | 29.6 | 31.4 | 32.3 | 32.3 | 31.5 | 30.5 | 29.1 | 28.6 | 28.5 | 28.4 | 28.3 | 28.2 | 28.6 |
| 15 | 28.1 | 27.8 | 27.4 | 27.1 | 26.8 | 26.6 | 27.1 | 28.1 | 30.8 | 27.4 | 30.8 | 31.6 | 32.3 | 32.6 | 32.5 | 33.5 | 33.3 | 32.5 | 30.0 | 29.5 | 29.1 | 29.0 | 29.0 | 28.9 | 29.7 |
| 16 | 28.7 | 28.5 | 25.5 | 24.9 | 24.7 | 24.6 | 25.9 | 27.0 | 27.5 | 29.7 | 31.7 | 32.2 | 31.6 | 31.9 | 31.6 | 31.7 | 31.8 | 30.6 | 29.5 | 29.0 | 28.8 | 28.6 | 28.6 | 28.3 | 28.9 |
| 17 | 28.2 | 28.2 | 28.0 | 27.7 | 27.6 | 27.4 | 27.8 | 29.2 | 29.8 | 30.4 | 30.5 | 30.5 | 30.6 | 31.1 | 30.6 | 30.4 | 30.4 | 30.1 | 29.6 | 29.1 | 28.9 | 28.5 | 28.2 | 28.2 | 29.2 |
| 18 | 28.1 | 27.9 | 27.7 | 27.6 | 27.5 | 27.1 | 27.5 | 28.6 | 30.6 | 31.9 | 32.9 | 33.3 | 32.7 | 33.9 | 33.6 | 33.0 | 32.9 | 31.6 | 30.7 | 30.4 | 29.5 | 29.5 | 29.3 | 29.0 | 30.3 |
| 19 | 28.8 | 27.8 | 27.7 | 27.6 | 27.5 | 27.2 | 28.1 | 29.2 | 29.9 | 30.9 | 32.3 | 32.8 | 33.6 | 33.6 | 33.0 | 28.0 | 25.6 | 26.7 | 27.8 | 28.2 | 27.0 | 26.6 | 26.6 | 26.7 | 28.9 |
| 20 | 26.4 | 26.0 | 25.6 | 25.4 | 25.3 | 25.3 | 26.0 | 27.0 | 30.0 | 31.5 | 30.8 | 31.4 | 31.0 | 27.2 | 26.5 | 26.2 | 27.0 | 27.2 | 26.7 | 26.7 | 26.6 | 26.7 | 26.7 | 26.7 | 27.3 |
| 21 | 26.6 | 25.2 | 25.0 | 24.8 | 24.7 | 24.7 | 25.3 | 26.6 | 27.6 | 28.6 | 30.1 | 30.0 | 29.9 | 28.0 | 28.3 | 28.6 | 29.0 | 28.8 | 28.5 | 27.6 | 27.3 | 27.1 | 27.0 | 26.5 | 27.3 |
| 22 | 27.0 | 26.9 | 26.8 | 26.9 | 26.6 | 26.3 | 27.5 | 29.3 | 30.0 | 30.6 | 32.1 | 31.6 | 31.4 | 31.7 | 31.5 | 30.9 | 30.0 | 29.5 | 29.1 | 24.5 | 24.6 | 25.0 | 25.1 | 25.4 | 28.3 |
| 23 | 25.8 | 25.5 | 25.6 | 25.6 | 26.2 | 26.1 | 26.8 | 28.0 | 28.8 | 29.7 | 30.6 | 32.0 | 32.5 | 31.8 | 32.1 | 30.6 | 26.3 | 26.5 | 26.5 | 26.7 | 26.8 | 27.0 | 27.5 | 27.5 | 28.0 |
| 24 | 27.2 | 27.1 | 27.0 | 26.8 | 26.7 | 26.7 | 27.2 | 28.5 | 30.0 | 31.0 | 31.8 | 31.6 | 31.5 | 31.1 | 31.1 | 32.4 | 31.5 | 30.1 | 28.9 | 28.2 | 28.0 | 28.0 | 28.1 | 28.0 | 29.1 |
| 25 | 28.0 | 27.9 | 27.8 | 27.6 | 27.5 | 27.5 | 27.9 | 29.5 | 30.0 | 31.8 | 32.3 | 32.8 | 31.5 | 31.3 | 31.2 | 31.1 | 31.0 | 30.6 | 29.8 | 29.6 | 28.5 | 27.2 | 26.6 | 26.8 | 29.4 |
| 26 | 26.8 | 26.7 | 26.6 | 26.6 | 26.6 | 26.4 | 27.5 | 30.7 | 31.6 | 30.7 | 31.2 | 32.5 | 31.5 | 31.0 | 31.0 | 30.6 | 30.0 | 29.5 | 29.0 | 29.0 | 28.8 | 29.0 | 28.6 | 29.2 | |
| 27 | 28.4 | 27.9 | 27.5 | 27.2 | 27.2 | 27.0 | 27.0 | 28.3 | 29.7 | 31.1 | 31.8 | 33.1 | 33.3 | 33.5 | 33.0 | 32.0 | 28.9 | 28.8 | 28.5 | 28.8 | 28.7 | 28.8 | 28.4 | 29.5 | |
| 28 | 28.8 | 28.3 | 27.9 | 27.5 | 27.2 | 26.8 | 27.5 | 29.0 | 30.0 | 31.1 | 31.1 | 32.6 | 32.6 | 33.6 | 34.0 | 33.0 | 32.4 | 31.4 | 30.6 | 30.0 | 30.0 | 29.9 | 29.7 | 29.5 | 30.2 |
| 29 | 29.2 | 28.8 | 28.4 | 28.0 | 27.6 | 27.4 | 27.5 | 28.8 | 31.9 | 32.0 | 31.7 | 32.6 | 32.2 | 31.8 | 31.9 | 32.2 | 31.0 | 30.6 | 26.5 | 26.4 | 26.8 | 27.1 | 27.5 | 28.0 | 29.4 |
| 30 | 28.0 | 27.5 | 27.1 | 26.7 | 26.6 | 26.5 | 27.0 | 28.6 | 31.0 | 31.4 | 30.9 | 31.0 | 31.0 | 31.0 | 30.8 | 31.1 | 30.8 | 30.0 | 29.5 | 29.4 | 29.5 | 29.6 | 29.3 | 29.0 | 29.3 |
| 31 | 29.0 | 28.5 | 28.0 | 27.7 | 27.5 | 27.3 | 28.0 | 29.8 | 31.2 | 31.9 | 32.0 | 32.4 | 32.0 | 32.6 | 32.1 | 31.7 | 31.9 | 26.5 | 25.7 | 26.1 | 26.4 | 26.8 | 26.6 | 26.6 | 29.1 |
| Mean | 27.1 | 26.9 | 26.5 | 26.3 | 26.2 | 26.2 | 26.7 | 27.9 | 29.4 | 30.5 | 31.2 | 31.4 | 31.2 | 31.3 | 31.3 | 31.1 | 30.3 | 29.4 | 28.6 | 28.1 | 27.8 | 27.5 | 27.3 | 27.2 | 28.6 |

Station: BANGKOK METROPOLIS

June 1999

Dry bulb temperature (Celsius)

| Day | 0100 | 0200 | 0300 | 0400 | 0500 | 0600 | 0700 | 0800 | 0900 | 1000 | 1100 | 1200 | 1300 | 1400 | 1500 | 1600 | 1700 | 1800 | 1900 | 2000 | 2100 | 2200 | 2300 | 2400 | Mean |
|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 1 | 26.5 | 26.4 | 26.4 | 26.2 | 26.5 | 26.5 | 27.1 | 28.0 | 30.0 | 30.7 | 32.2 | 31.8 | 31.8 | 32.5 | 32.5 | 31.5 | 31.9 | 29.5 | 26.3 | 26.0 | 26.3 | 26.5 | 26.6 | 26.5 | 28.6 |
| 2 | 26.5 | 26.5 | 26.5 | 26.4 | 26.5 | 26.8 | 27.7 | 28.8 | 29.8 | 30.5 | 31.2 | 30.5 | 30.7 | 31.2 | 31.0 | 30.8 | 32.2 | 30.6 | 29.6 | 29.5 | 29.3 | 29.0 | 28.6 | 28.5 | 29.1 |
| 3 | 28.1 | 27.8 | 27.7 | 27.7 | 27.5 | 27.5 | 28.2 | 29.8 | 30.3 | 31.2 | 30.7 | 32.5 | 30.4 | 30.6 | 31.9 | 31.5 | 30.0 | 29.5 | 29.3 | 29.2 | 29.0 | 29.0 | 28.8 | 28.6 | 29.5 |
| 4 | 28.4 | 28.0 | 27.5 | 27.0 | 27.0 | 27.2 | 27.8 | 28.5 | 30.0 | 31.4 | 31.6 | 31.8 | 31.6 | 30.9 | 31.1 | 27.8 | 26.9 | 26.4 | 27.0 | 27.4 | 27.1 | 27.4 | 27.4 | 27.3 | 28.5 |
| 5 | 27.2 | 27.1 | 27.1 | 27.0 | 27.0 | 27.4 | 27.6 | 28.5 | 29.2 | 30.4 | 30.9 | 29.3 | 28.8 | 31.1 | 31.5 | 31.9 | 32.0 | 31.1 | 30.2 | 29.5 | 28.9 | 28.5 | 28.4 | 28.2 | 29.1 |
| 6 | 28.0 | 27.8 | 27.6 | 27.4 | 27.1 | 26.7 | 27.5 | 28.6 | 30.2 | 30.1 | 31.5 | 32.2 | 32.3 | 32.0 | 32.1 | 32.0 | 30.5 | 29.8 | 25.6 | 26.1 | 26.4 | 26.7 | 27.0 | 27.0 | 28.8 |
| 7 | 27.0 | 27.0 | 27.1 | 27.1 | 27.0 | 26.9 | 27.5 | 28.9 | 28.8 | 28.6 | 29.2 | 30.4 | 31.5 | 31.3 | 31.5 | 31.0 | 30.0 | 29.7 | 28.8 | 29.0 | 29.0 | 29.0 | 28.6 | 28.4 | 28.9 |
| 8 | 28.0 | 27.5 | 27.3 | 27.2 | 27.5 | 27.7 | 28.2 | 29.2 | 29.4 | 29.6 | 30.8 | 31.1 | 31.6 | 30.5 | 31.1 | 30.2 | 29.2 | 29.0 | 29.0 | 28.9 | 28.7 | 29.0 | 28.6 | 28.4 | 29.1 |
| 9 | 28.2 | 28.1 | 27.8 | 27.6 | 27.5 | 27.6 | 28.2 | 29.0 | 29.7 | 30.4 | 31.1 | 31.9 | 31.6 | 31.4 | 31.0 | 30.4 | 28.0 | 27.0 | 27.0 | 27.1 | 27.4 | 27.1 | 27.2 | 27.2 | 28.7 |
| 10 | 27.1 | 27.0 | 26.9 | 27.0 | 27.0 | 27.1 | 27.8 | 28.6 | 29.5 | 31.4 | 31.4 | 31.4 | 30.3 | 29.6 | 29.2 | 29.5 | 29.1 | 27.6 | 27.4 | 27.3 | 27.0 | 27.1 | 27.1 | 27.0 | 28.4 |
| 11 | 26.8 | 26.5 | 26.3 | 26.2 | 26.1 | 26.5 | 27.0 | 28.2 | 29.4 | 30.3 | 30.7 | 30.9 | 30.4 | 30.5 | 29.9 | 30.6 | 29.4 | 29.1 | 28.8 | 28.4 | 28.1 | 27.9 | 28.1 | 27.9 | 28.5 |
| 12 | 27.7 | 26.4 | 27.3 | 27.2 | 26.9 | 26.6 | 27.0 | 28.0 | 28.2 | 30.4 | 31.6 | 31.9 | 32.4 | 32.0 | 32.7 | 31.7 | 31.5 | 26.5 | 26.0 | 26.0 | 26.3 | 26.5 | 26.7 | 27.0 | 28.6 |
| 13 | 26.9 | 27.0 | 26.8 | 26.6 | 26.5 | 26.5 | 26.7 | 29.0 | 29.8 | 31.2 | 31.7 | 31.8 | 31.6 | 31.8 | 31.7 | 33.0 | 31.2 | 28.4 | 27.3 | 26.0 | 25.6 | 24.5 | 24.9 | 25.0 | 28.4 |
| 14 | 25.2 | 25.2 | 25.4 | 25.7 | 25.6 | 25.5 | 26.3 | 27.6 | 28.1 | 30.0 | 31.5 | 32.2 | 33.4 | 32.8 | 32.9 | 32.7 | 32.4 | 30.7 | 29.5 | 29.2 | 29.0 | 29.1 | 29.0 | 29.1 | 29.1 |
| 15 | 28.9 | 28.4 | 28.0 | 27.4 | 27.1 | 26.7 | 27.5 | 29.9 | 31.2 | 31.6 | 31.6 | 31.0 | 31.2 | 30.8 | 29.8 | 30.2 | 30.3 | 29.5 | 26.7 | 26.5 | 26.5 | 27.0 | 27.2 | 27.4 | 28.9 |
| 16 | 27.4 | 27.2 | 27.0 | 26.7 | 27.2 | 27.0 | 27.2 | 28.2 | 29.3 | 30.9 | 31.8 | 31.4 | 32.1 | 31.8 | 31.7 | 31.7 | 32.0 | 31.7 | 30.7 | 30.2 | 30.0 | 29.2 | 28.9 | 28.5 | 29.6 |
| 17 | 28.3 | 28.1 | 27.8 | 27.5 | 27.4 | 27.3 | 27.6 | 28.6 | 29.8 | 30.2 | 30.3 | 30.5 | 30.9 | 30.5 | 30.6 | 30.6 | 30.1 | 30.0 | 29.6 | 29.5 | 29.3 | 29.1 | 28.8 | 28.5 | 29.2 |
| 18 | 28.3 | 28.1 | 28.0 | 27.8 | 27.6 | 27.3 | 27.7 | 28.5 | 29.0 | 30.0 | 31.3 | 31.9 | 32.2 | 32.5 | 33.2 | 33.1 | 32.3 | 31.0 | 29.6 | 29.5 | 27.0 | 25.8 | 26.0 | 26.0 | 29.3 |
| 19 | 26.0 | 25.7 | 25.8 | 25.7 | 26.3 | 26.7 | 26.7 | 27.2 | 28.6 | 30.0 | 30.9 | 31.0 | 31.4 | 31.5 | 31.6 | 31.6 | 31.4 | 30.5 | 29.8 | 29.2 | 29.0 | 28.7 | 28.5 | 28.3 | 28.8 |
| 20 | 28.0 | 27.5 | 27.0 | 26.5 | 25.9 | 25.5 | 26.0 | 28.1 | 29.7 | 31.4 | 31.5 | 31.8 | 31.3 | 31.6 | 32.4 | 32.2 | 31.4 | 30.1 | 29.2 | 29.0 | 28.8 | 29.0 | 27.5 | 27.0 | 29.1 |
| 21 | 26.6 | 26.4 | 26.2 | 26.4 | 25.7 | 25.5 | 26.5 | 28.1 | 28.8 | 29.6 | 30.4 | 30.7 | 31.5 | 31.5 | 31.4 | 30.0 | 30.0 | 29.5 | 29.1 | 28.4 | 27.8 | 28.0 | 28.0 | 27.9 | 28.5 |
| 22 | 27.7 | 27.4 | 27.1 | 26.9 | 26.7 | 26.6 | 27.2 | 29.1 | 29.4 | 30.5 | 31.1 | 32.0 | 32.0 | 32.5 | 32.1 | 32.6 | 32.7 | 31.2 | 30.0 | 29.2 | 28.2 | 28.7 | 28.6 | 28.7 | 29.5 |
| 23 | 28.6 | 28.0 | 27.8 | 27.0 | 28.1 | 26.6 | 25.6 | 27.2 | 28.9 | 30.8 | 32.0 | 33.0 | 32.4 | 32.2 | 33.2 | 32.7 | 31.9 | 31.0 | 30.4 | 29.7 | 29.5 | 29.2 | 28.9 | 28.6 | 29.7 |
| 24 | 28.6 | 28.6 | 28.5 | 28.5 | 28.0 | 27.3 | 28.5 | 29.9 | 30.8 | 30.8 | 31.3 | 31.2 | 31.8 | 32.0 | 31.7 | 31.5 | 31.2 | 30.7 | 28.6 | 27.2 | 27.2 | 27.4 | 27.5 | 27.3 | 29.4 |
| 25 | 27.3 | 27.2 | 27.1 | 27.1 | 27.0 | 27.0 | 28.1 | 29.8 | 31.1 | 31.6 | 32.5 | 33.0 | 32.9 | 32.9 | 33.1 | 32.0 | 30.5 | 29.9 | 29.2 | 29.4 | 29.2 | 29.0 | 28.8 | 28.7 | 29.7 |
| 26 | 28.5 | 28.0 | 27.5 | 27.0 | 26.5 | 26.4 | 28.1 | 28.8 | 31.8 | 31.6 | 32.2 | 32.0 | 31.6 | 33.5 | 34.3 | 33.0 | 25.4 | 24.6 | 25.8 | 26.5 | 27.7 | 28.5 | 28.6 | 28.5 | 29.0 |
| 27 | 28.5 | 28.3 | 28.1 | 27.9 | 27.6 | 27.2 | 27.6 | 28.9 | 30.5 | 31.8 | 31.7 | 32.5 | 33.6 | 33.4 | 31.6 | 31.0 | 30.5 | 30.0 | 29.6 | 29.4 | 29.1 | 28.8 | 28.5 | 28.3 | 29.8 |
| 28 | 28.2 | 28.1 | 28.2 | 28.2 | 28.1 | 28.0 | 28.3 | 28.6 | 30.7 | 32.0 | 32.5 | 33.6 | 34.0 | 33.9 | 28.2 | 28.4 | 30.8 | 27.1 | 26.5 | 26.6 | 26.7 | 26.9 | 27.2 | 27.1 | 29.1 |
| 29 | 27.0 | 27.0 | 27.0 | 27.0 | 26.9 | 27.1 | 28.0 | 29.4 | 30.7 | 31.2 | 31.8 | 32.3 | 34.1 | 34.2 | 34.9 | 34.9 | 34.5 | 31.9 | 30.6 | 30.2 | 29.7 | 29.8 | 29.6 | 28.8 | 30.4 |
| 30 | 28.1 | 27.9 | 27.7 | 27.5 | 27.6 | 27.2 | 28.2 | 29.9 | 31.0 | 32.0 | 32.5 | 33.0 | 33.4 | 33.9 | 34.4 | 34.5 | 34.7 | 32.6 | 32.4 | 32.1 | 31.5 | 30.9 | 30.4 | 29.6 | 31.0 |
| Mean | 27.6 | 27.3 | 27.2 | 27.0 | 26.9 | 26.9 | 27.4 | 28.6 | 29.8 | 30.7 | 31.4 | 31.7 | 31.8 | 31.9 | 31.8 | 31.5 | 30.9 | 29.6 | 28.7 | 28.4 | 28.2 | 28.1 | 28.0 | 27.8 | 29.1 |

Station: BANGKOK METROPOLIS

June 1999

Dry bulb temperature (Celsius)

| Day | 0100 | 0200 | 0300 | 0400 | 0500 | 0600 | 0700 | 0800 | 0900 | 1000 | 1100 | 1200 | 1300 | 1400 | 1500 | 1600 | 1700 | 1800 | 1900 | 2000 | 2100 | 2200 | 2300 | 2400 | Mean |
|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 1 | 26.5 | 26.4 | 26.4 | 26.2 | 26.5 | 26.5 | 27.1 | 28.0 | 30.0 | 30.7 | 32.2 | 31.8 | 31.8 | 32.5 | 32.5 | 31.5 | 31.9 | 29.5 | 26.3 | 26.0 | 26.3 | 26.5 | 26.6 | 26.5 | 28.6 |
| 2 | 26.5 | 26.5 | 26.5 | 26.4 | 26.5 | 26.8 | 27.7 | 28.8 | 29.8 | 30.5 | 31.2 | 30.5 | 30.7 | 31.2 | 31.0 | 30.8 | 32.2 | 30.6 | 29.6 | 29.5 | 29.3 | 29.0 | 28.6 | 28.5 | 29.1 |
| 3 | 28.1 | 27.8 | 27.7 | 27.7 | 27.5 | 27.5 | 28.2 | 29.8 | 30.3 | 31.2 | 30.7 | 32.5 | 30.4 | 30.6 | 31.9 | 31.5 | 30.0 | 29.5 | 29.3 | 29.2 | 29.0 | 29.0 | 28.8 | 28.6 | 29.5 |
| 4 | 28.4 | 28.0 | 27.5 | 27.0 | 27.0 | 27.2 | 27.8 | 28.5 | 30.0 | 31.4 | 31.6 | 31.8 | 31.6 | 30.9 | 31.1 | 27.8 | 26.9 | 26.4 | 27.0 | 27.4 | 27.1 | 27.4 | 27.4 | 27.3 | 28.5 |
| 5 | 27.2 | 27.1 | 27.1 | 27.0 | 27.0 | 27.4 | 27.6 | 28.5 | 29.2 | 30.4 | 30.9 | 29.3 | 28.8 | 31.1 | 31.5 | 31.9 | 32.0 | 31.1 | 30.2 | 29.5 | 28.9 | 28.5 | 28.4 | 28.2 | 29.1 |
| 6 | 28.0 | 27.8 | 27.6 | 27.4 | 27.1 | 26.7 | 27.5 | 28.6 | 30.2 | 30.1 | 31.5 | 32.2 | 32.3 | 32.0 | 32.1 | 32.0 | 30.5 | 29.8 | 25.6 | 26.1 | 26.4 | 26.7 | 27.0 | 27.0 | 28.8 |
| 7 | 27.0 | 27.0 | 27.1 | 27.1 | 27.0 | 26.9 | 27.5 | 28.9 | 28.8 | 28.6 | 29.2 | 30.4 | 31.5 | 31.3 | 31.5 | 31.0 | 30.0 | 29.7 | 28.8 | 29.0 | 29.0 | 29.0 | 28.6 | 28.4 | 28.9 |
| 8 | 28.0 | 27.5 | 27.3 | 27.2 | 27.5 | 27.7 | 28.2 | 29.2 | 29.4 | 29.6 | 30.8 | 31.1 | 31.6 | 30.5 | 31.1 | 30.2 | 29.2 | 29.0 | 29.0 | 28.9 | 28.7 | 29.0 | 28.6 | 28.4 | 29.1 |
| 9 | 28.2 | 28.1 | 27.8 | 27.6 | 27.5 | 27.6 | 28.2 | 29.0 | 29.7 | 30.4 | 31.1 | 31.9 | 31.6 | 31.4 | 31.0 | 30.4 | 28.0 | 27.0 | 27.0 | 27.1 | 27.4 | 27.1 | 27.2 | 27.2 | 28.7 |
| 10 | 27.1 | 27.0 | 26.9 | 27.0 | 27.0 | 27.1 | 27.8 | 28.6 | 29.5 | 31.4 | 31.4 | 31.4 | 30.3 | 29.6 | 29.2 | 29.5 | 29.1 | 27.6 | 27.4 | 27.3 | 27.0 | 27.1 | 27.1 | 27.0 | 28.4 |
| 11 | 26.8 | 26.5 | 26.3 | 26.2 | 26.1 | 26.5 | 27.0 | 28.2 | 29.4 | 30.3 | 30.7 | 30.9 | 30.4 | 30.5 | 29.9 | 30.6 | 29.4 | 29.1 | 28.8 | 28.4 | 28.1 | 27.9 | 28.1 | 27.9 | 28.5 |
| 12 | 27.7 | 26.4 | 27.3 | 27.2 | 26.9 | 26.6 | 27.0 | 28.0 | 29.2 | 30.4 | 31.6 | 31.9 | 32.4 | 32.0 | 32.7 | 31.7 | 31.5 | 26.5 | 26.0 | 26.0 | 26.3 | 26.5 | 26.7 | 27.0 | 28.6 |
| 13 | 26.9 | 27.0 | 26.8 | 26.6 | 26.5 | 26.5 | 26.7 | 29.0 | 29.8 | 31.2 | 31.7 | 31.8 | 31.6 | 31.8 | 31.7 | 33.0 | 31.2 | 28.4 | 27.3 | 26.0 | 25.6 | 24.5 | 24.9 | 25.0 | 28.4 |
| 14 | 25.2 | 25.2 | 25.4 | 25.7 | 25.6 | 25.5 | 26.3 | 27.6 | 29.1 | 30.0 | 31.5 | 32.2 | 33.4 | 32.8 | 32.9 | 32.7 | 32.4 | 30.7 | 29.5 | 29.2 | 29.0 | 29.1 | 29.0 | 29.1 | 29.1 |
| 15 | 28.9 | 28.4 | 28.0 | 27.4 | 27.1 | 26.7 | 27.5 | 29.9 | 31.2 | 31.6 | 31.6 | 31.0 | 31.2 | 30.8 | 29.8 | 30.2 | 30.3 | 29.5 | 26.7 | 26.5 | 26.5 | 27.0 | 27.2 | 27.4 | 28.9 |
| 16 | 27.4 | 27.2 | 27.0 | 26.7 | 27.2 | 27.0 | 27.2 | 28.2 | 29.3 | 30.9 | 31.8 | 31.4 | 32.1 | 31.8 | 31.7 | 31.7 | 32.0 | 31.7 | 30.7 | 30.2 | 30.0 | 29.2 | 28.9 | 28.5 | 29.6 |
| 17 | 28.3 | 28.1 | 27.8 | 27.5 | 27.4 | 27.3 | 27.6 | 28.6 | 29.8 | 30.2 | 30.3 | 30.5 | 30.9 | 30.5 | 30.6 | 30.6 | 30.1 | 30.0 | 29.6 | 29.5 | 29.3 | 29.1 | 28.8 | 28.5 | 29.2 |
| 18 | 28.3 | 28.1 | 28.0 | 27.8 | 27.6 | 27.3 | 27.7 | 28.5 | 29.0 | 30.0 | 31.3 | 31.9 | 32.2 | 32.5 | 33.2 | 33.1 | 32.3 | 31.0 | 29.6 | 29.5 | 27.0 | 25.8 | 26.0 | 26.0 | 29.3 |
| 19 | 26.0 | 25.7 | 25.8 | 25.7 | 26.3 | 26.7 | 26.7 | 27.2 | 28.6 | 30.0 | 30.9 | 31.0 | 31.4 | 31.5 | 31.6 | 31.6 | 31.4 | 30.5 | 29.8 | 29.2 | 29.0 | 28.7 | 28.5 | 28.3 | 28.8 |
| 20 | 28.0 | 27.5 | 27.0 | 26.5 | 25.9 | 25.5 | 26.0 | 28.1 | 29.7 | 31.4 | 31.5 | 31.8 | 31.3 | 31.5 | 32.4 | 32.2 | 31.4 | 30.1 | 29.2 | 29.0 | 28.8 | 29.0 | 27.5 | 27.0 | 29.1 |
| 21 | 26.6 | 26.4 | 26.2 | 26.4 | 25.7 | 25.5 | 26.5 | 28.1 | 28.8 | 29.6 | 30.4 | 30.7 | 31.5 | 31.5 | 31.4 | 30.0 | 30.0 | 29.5 | 29.1 | 28.4 | 27.8 | 28.0 | 28.0 | 27.9 | 28.5 |
| 22 | 27.7 | 27.4 | 27.1 | 26.9 | 26.7 | 26.6 | 27.2 | 29.1 | 29.4 | 30.5 | 31.1 | 32.0 | 32.0 | 32.5 | 32.1 | 32.6 | 32.7 | 31.2 | 30.0 | 29.2 | 28.2 | 28.7 | 28.6 | 28.7 | 29.5 |
| 23 | 28.6 | 28.0 | 27.8 | 27.0 | 26.1 | 26.6 | 25.6 | 27.2 | 29.9 | 30.8 | 32.0 | 33.0 | 32.4 | 32.2 | 33.2 | 32.7 | 31.9 | 31.0 | 30.4 | 29.7 | 29.5 | 29.2 | 28.9 | 28.6 | 29.7 |
| 24 | 28.6 | 28.6 | 28.5 | 28.5 | 28.0 | 27.3 | 28.5 | 29.9 | 30.8 | 30.8 | 31.3 | 31.2 | 31.8 | 32.0 | 31.7 | 31.5 | 31.2 | 30.7 | 28.6 | 27.2 | 27.2 | 27.4 | 27.5 | 27.3 | 29.4 |
| 25 | 27.3 | 27.2 | 27.1 | 27.1 | 27.1 | 27.0 | 27.0 | 28.1 | 29.8 | 31.1 | 31.6 | 32.5 | 33.0 | 32.9 | 32.9 | 33.1 | 32.0 | 30.5 | 29.9 | 29.2 | 29.4 | 29.2 | 29.0 | 28.8 | 29.7 |
| 26 | 28.5 | 28.0 | 27.5 | 27.0 | 26.5 | 26.4 | 28.1 | 28.8 | 31.8 | 31.6 | 32.2 | 32.0 | 31.6 | 33.5 | 34.3 | 33.0 | 25.4 | 24.6 | 25.8 | 26.5 | 27.7 | 28.5 | 28.6 | 28.5 | 29.0 |
| 27 | 28.5 | 28.3 | 28.1 | 27.9 | 27.6 | 27.2 | 27.6 | 28.9 | 30.5 | 31.8 | 31.7 | 32.5 | 33.6 | 33.4 | 31.6 | 31.0 | 30.5 | 30.0 | 29.6 | 29.4 | 29.1 | 28.8 | 28.5 | 28.3 | 29.8 |
| 28 | 28.2 | 28.1 | 28.2 | 28.2 | 28.1 | 28.0 | 28.3 | 28.6 | 30.7 | 32.0 | 32.5 | 33.6 | 34.0 | 33.9 | 28.2 | 28.4 | 30.8 | 27.1 | 26.5 | 26.6 | 26.7 | 26.9 | 27.2 | 27.1 | 29.1 |
| 29 | 27.0 | 27.0 | 27.0 | 27.0 | 26.9 | 27.1 | 28.0 | 29.4 | 30.7 | 31.2 | 31.8 | 32.3 | 34.1 | 34.2 | 34.9 | 34.9 | 34.5 | 31.9 | 30.6 | 30.2 | 29.7 | 29.8 | 29.6 | 28.8 | 30.4 |
| 30 | 28.1 | 27.9 | 27.7 | 27.5 | 27.6 | 27.2 | 28.2 | 29.9 | 31.0 | 32.0 | 32.5 | 33.0 | 33.4 | 33.9 | 34.4 | 34.5 | 34.7 | 32.6 | 32.4 | 32.1 | 31.5 | 30.9 | 30.4 | 29.6 | 31.0 |
| Mean | 27.6 | 27.3 | 27.2 | 27.0 | 26.9 | 26.9 | 27.4 | 28.6 | 29.8 | 30.7 | 31.4 | 31.7 | 31.8 | 31.9 | 31.8 | 31.5 | 30.9 | 29.6 | 28.7 | 28.4 | 28.2 | 28.1 | 28.0 | 27.8 | 29.1 |

Station: BANGKOK METROPOLIS

July 1999

Dry bulb temperature (Celsius)

| Day | 0100 | 0200 | 0300 | 0400 | 0500 | 0600 | 0700 | 0800 | 0900 | 1000 | 1100 | 1200 | 1300 | 1400 | 1500 | 1600 | 1700 | 1800 | 1900 | 2000 | 2100 | 2200 | 2300 | 2400 | Mean |
|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 1 | 29.0 | 28.7 | 28.4 | 28.0 | 27.8 | 27.7 | 28.1 | 28.9 | 30.0 | 31.2 | 32.0 | 32.8 | 32.9 | 33.4 | 32.7 | 32.0 | 31.6 | 31.0 | 30.0 | 29.7 | 29.9 | 30.0 | 29.4 | 28.7 | 30.2 |
| 2 | 28.5 | 28.0 | 27.8 | 27.7 | 27.5 | 27.0 | 27.6 | 28.6 | 30.3 | 31.4 | 31.6 | 32.3 | 32.5 | 33.3 | 33.8 | 33.5 | 33.5 | 31.4 | 30.4 | 30.0 | 29.6 | 29.6 | 29.5 | 29.2 | 30.2 |
| 3 | 28.7 | 28.0 | 27.7 | 27.5 | 27.1 | 26.8 | 27.5 | 28.7 | 29.8 | 31.4 | 31.9 | 32.4 | 33.1 | 32.5 | 33.1 | 33.0 | 32.6 | 31.6 | 30.0 | 29.6 | 29.5 | 29.4 | 29.2 | 29.0 | 30.0 |
| 4 | 28.8 | 28.5 | 28.3 | 28.0 | 27.5 | 27.2 | 27.5 | 28.7 | 30.5 | 31.8 | 32.2 | 32.5 | 32.5 | 33.2 | 32.4 | 32.0 | 29.8 | 29.6 | 29.2 | 29.0 | 29.0 | 29.0 | 28.8 | 28.9 | 29.8 |
| 5 | 28.7 | 28.4 | 28.0 | 27.8 | 27.5 | 27.2 | 27.4 | 29.1 | 31.5 | 31.8 | 33.1 | 31.9 | 31.6 | 31.9 | 31.5 | 32.6 | 30.8 | 30.0 | 29.6 | 28.7 | 27.8 | 28.0 | 28.0 | 28.0 | 29.6 |
| 6 | 27.8 | 27.8 | 27.7 | 26.5 | 26.0 | 25.5 | 26.2 | 28.0 | 28.9 | 30.0 | 31.0 | 32.0 | 32.4 | 32.0 | 32.0 | 32.1 | 31.7 | 31.0 | 30.0 | 29.2 | 25.5 | 25.5 | 26.0 | 26.0 | 28.8 |
| 7 | 26.0 | 26.3 | 26.2 | 26.2 | 26.0 | 25.8 | 26.5 | 28.4 | 31.0 | 32.0 | 31.8 | 32.7 | 34.0 | 33.5 | 32.3 | 30.5 | 32.0 | 31.5 | 30.9 | 29.9 | 29.6 | 29.4 | 29.3 | 29.0 | 29.6 |
| 8 | 29.0 | 28.7 | 28.4 | 28.1 | 27.8 | 27.6 | 27.6 | 29.5 | 30.5 | 31.5 | 32.4 | 33.3 | 34.1 | 34.5 | 34.2 | 34.2 | 34.5 | 33.6 | 31.7 | 30.6 | 30.0 | 29.8 | 29.5 | 29.2 | 30.8 |
| 9 | 29.0 | 29.2 | 29.0 | 28.6 | 28.5 | 28.1 | 28.0 | 28.7 | 31.5 | 31.5 | 32.7 | 33.5 | 33.7 | 34.1 | 34.1 | 33.7 | 30.8 | 28.2 | 28.2 | 28.5 | 28.6 | 28.3 | 28.4 | 28.6 | 30.1 |
| 10 | 28.2 | 28.0 | 27.8 | 27.6 | 27.3 | 27.1 | 28.5 | 29.9 | 31.1 | 31.5 | 32.0 | 33.9 | 33.1 | 33.0 | 33.9 | 33.9 | 33.0 | 33.3 | 32.0 | 31.1 | 30.3 | 29.6 | 29.2 | 28.7 | 30.6 |
| 11 | 28.2 | 28.0 | 27.7 | 27.5 | 27.2 | 27.0 | 27.4 | 29.0 | 31.1 | 32.3 | 32.1 | 32.9 | 32.9 | 33.2 | 33.0 | 31.8 | 28.4 | 26.6 | 26.9 | 27.4 | 28.0 | 28.5 | 28.5 | - | 29.4 |
| 12 | 28.2 | 27.7 | 27.3 | 27.1 | 26.7 | 26.3 | 27.8 | 30.0 | 30.6 | 31.0 | 32.0 | 32.5 | 32.4 | 32.5 | 33.3 | 32.6 | 32.9 | 32.1 | 31.2 | 30.5 | 30.0 | 29.5 | 29.0 | 28.7 | 30.1 |
| 13 | 28.4 | 28.1 | 27.7 | 27.4 | 27.2 | 27.1 | 27.8 | 29.0 | 30.5 | 30.5 | 29.5 | 30.0 | 29.3 | 29.6 | 29.7 | 30.0 | 30.1 | 29.6 | 28.5 | 28.0 | 27.9 | 27.6 | 27.5 | 27.2 | 28.7 |
| 14 | 27.1 | 27.0 | 27.2 | 27.2 | 27.1 | 27.2 | 28.0 | 29.0 | 30.0 | 30.7 | 30.9 | 31.9 | 33.0 | 32.9 | 32.3 | 31.5 | 32.3 | 31.0 | 30.2 | 29.8 | 29.6 | 30.0 | 29.6 | 29.0 | 29.8 |
| 15 | 29.0 | 28.6 | 28.4 | 28.2 | 28.0 | 27.7 | 29.0 | 30.2 | 31.2 | 32.0 | 32.0 | 31.8 | 31.9 | 32.8 | 29.5 | 31.0 | 30.0 | 29.6 | 26.8 | 27.3 | 28.0 | 28.4 | 28.4 | 28.5 | 29.5 |
| 16 | 28.1 | 27.9 | 27.7 | 27.5 | 27.3 | 27.3 | 28.1 | 29.9 | 30.7 | 32.5 | 32.5 | 32.6 | 32.2 | 32.4 | 33.8 | 33.5 | 32.6 | 31.3 | 30.0 | 29.5 | 29.5 | 29.5 | 29.5 | 29.4 | 30.2 |
| 17 | 29.0 | 28.5 | 28.3 | 28.0 | 28.1 | 28.0 | 28.6 | 30.1 | 31.1 | 31.8 | 32.9 | 32.6 | 34.1 | 34.0 | 34.5 | 33.9 | 33.2 | 31.4 | 30.4 | 30.0 | 29.9 | 29.7 | 29.5 | 29.5 | 30.7 |
| 18 | 29.5 | 29.0 | 28.5 | 28.0 | 27.8 | 27.5 | 27.6 | 29.6 | 31.3 | 32.1 | 34.0 | 33.6 | 34.5 | 34.6 | 33.8 | 32.5 | 33.1 | 30.3 | 30.4 | 30.0 | 29.9 | 29.6 | 29.6 | 29.5 | 30.7 |
| 19 | 29.5 | 28.3 | 28.1 | 27.9 | 27.6 | 27.3 | 28.0 | 28.5 | 29.8 | 32.2 | 34.0 | 33.6 | 33.0 | 34.0 | 34.0 | 33.4 | 31.0 | 30.3 | 29.6 | 29.3 | 29.0 | 29.2 | 29.3 | 26.6 | 30.1 |
| 20 | 24.6 | 24.4 | 24.5 | 35.0 | 25.1 | 25.2 | 25.8 | 27.1 | 30.3 | 31.5 | 31.8 | 32.3 | 33.5 | 33.5 | 33.8 | 33.3 | 32.9 | 31.0 | 29.8 | 29.6 | 29.6 | 25.8 | 25.5 | 25.7 | 29.2 |
| 21 | 25.6 | 25.8 | 26.0 | 26.2 | 26.0 | 25.8 | 27.0 | 30.3 | 31.0 | 31.5 | 32.0 | 32.4 | 32.5 | 32.5 | 33.0 | 33.4 | 32.6 | 31.1 | 29.8 | 29.5 | 29.2 | 27.5 | 27.4 | 27.8 | 29.4 |
| 22 | 28.3 | 28.1 | 27.8 | 27.5 | 27.4 | 27.4 | 27.8 | 29.9 | 30.4 | 32.4 | 32.7 | 33.5 | 32.2 | 31.8 | 32.5 | 31.8 | 31.6 | 26.0 | 26.0 | 26.6 | 27.1 | 27.8 | 28.1 | 28.2 | 29.3 |
| 23 | 28.2 | 27.8 | 27.5 | 27.1 | 27.0 | 26.8 | 27.1 | 29.3 | 30.5 | 30.5 | 31.5 | 31.6 | 32.2 | 33.0 | 33.9 | 34.4 | 33.9 | 32.7 | 31.6 | 31.5 | 30.3 | 30.2 | 29.6 | 29.1 | 30.3 |
| 24 | 28.8 | 28.6 | 28.4 | 28.0 | 27.8 | 27.5 | 28.0 | 29.6 | 30.4 | 30.1 | 31.7 | 31.1 | 31.1 | 31.0 | 30.6 | 30.6 | 30.4 | 30.1 | 29.9 | 29.6 | 29.4 | 29.5 | 29.1 | 28.7 | 29.6 |
| 25 | 28.6 | 28.1 | 27.6 | 27.0 | 26.4 | 26.1 | 26.3 | 27.4 | 28.4 | 29.2 | 29.4 | 30.2 | 30.1 | 28.7 | 29.6 | 28.7 | 27.4 | 26.9 | 26.7 | 26.5 | 26.5 | 26.6 | 26.7 | 26.9 | 27.8 |
| 26 | 27.0 | 27.2 | 27.3 | 27.6 | 27.7 | 27.5 | 27.7 | 27.8 | 28.3 | 29.0 | 29.2 | 29.9 | 30.9 | 31.1 | 31.0 | 31.0 | 30.0 | 29.4 | 29.0 | 28.9 | 28.9 | 29.0 | 29.2 | 29.0 | 28.9 |
| 27 | 28.7 | 28.6 | 28.5 | 28.3 | 28.2 | 28.0 | 28.0 | 28.6 | 30.0 | 31.5 | 31.5 | 32.3 | 32.5 | 31.7 | 32.1 | 32.8 | 31.5 | 30.7 | 30.1 | 27.7 | 27.0 | 27.4 | 27.4 | 27.5 | 29.6 |
| 28 | 27.4 | 27.5 | 27.5 | 27.6 | 27.8 | 27.8 | 27.9 | 29.0 | 30.0 | 31.3 | 31.7 | 32.0 | 31.7 | 32.4 | 33.0 | 33.4 | 33.0 | 27.0 | 27.3 | 28.2 | 28.4 | 28.5 | 28.6 | 28.7 | 29.5 |
| 29 | 28.4 | 28.0 | 28.0 | 28.0 | 27.7 | 27.5 | 28.1 | 29.0 | 30.5 | 31.0 | 31.5 | 32.3 | 32.2 | 30.5 | 31.0 | 31.8 | 31.5 | 30.7 | 30.0 | 29.5 | 29.4 | 29.3 | 29.2 | 29.1 | 29.8 |
| 30 | 29.1 | 28.7 | 28.5 | 28.1 | 27.7 | 27.3 | 27.8 | 28.9 | 29.7 | 30.6 | 31.4 | 31.9 | 31.9 | 31.4 | 30.5 | 28.6 | 27.0 | 26.9 | 26.9 | 27.0 | 26.9 | 26.6 | 26.5 | 26.6 | 28.6 |
| 31 | 26.7 | 26.7 | 26.6 | 26.5 | 26.3 | 26.0 | 26.2 | 27.1 | 28.0 | 28.5 | 30.4 | 31.3 | 31.4 | 31.3 | 31.0 | 25.7 | 25.8 | 26.5 | 26.8 | 26.8 | 27.0 | 27.0 | 27.8 | 27.6 | 27.7 |
| Mean | 28.1 | 27.9 | 27.7 | 27.8 | 27.3 | 27.0 | 27.6 | 29.0 | 30.3 | 31.2 | 31.8 | 32.2 | 32.4 | 32.5 | 32.4 | 32.0 | 31.3 | 30.1 | 29.4 | 29.0 | 28.8 | 28.6 | 28.5 | 28.3 | 29.6 |

Station: BANGKOK METROPOLIS

August 1999

Dry bulb temperature (Celsius)

| Day | 0100 | 0200 | 0300 | 0400 | 0500 | 0600 | 0700 | 0800 | 0900 | 1000 | 1100 | 1200 | 1300 | 1400 | 1500 | 1600 | 1700 | 1800 | 1900 | 2000 | 2100 | 2200 | 2300 | 2400 | Mean |
|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 1 | 27.0 | 26.8 | 26.2 | 26.0 | 26.0 | 26.1 | 26.3 | 27.2 | 29.3 | 30.1 | 31.0 | 30.3 | 30.8 | 28.6 | 29.1 | 28.7 | 28.3 | 28.4 | 28.1 | 28.0 | 27.9 | 27.9 | 27.9 | 27.6 | 28.1 |
| 2 | 27.5 | 27.5 | 27.4 | 27.4 | 27.0 | 26.8 | 26.8 | 27.6 | 28.1 | 28.8 | 30.0 | 29.5 | 30.0 | 30.6 | 29.9 | 30.0 | 26.6 | 26.0 | 25.6 | 25.6 | 25.7 | 26.0 | 26.3 | 26.4 | 27.6 |
| 3 | 26.4 | 26.5 | 26.5 | 26.4 | 26.3 | 26.3 | 26.5 | 27.2 | 28.3 | 28.5 | 30.1 | 30.6 | 31.6 | 31.3 | 31.5 | 29.5 | 29.2 | 26.5 | 27.0 | 27.7 | 27.6 | 27.6 | 27.4 | 27.1 | 28.1 |
| 4 | 27.1 | 26.9 | 26.8 | 26.7 | 26.9 | 26.1 | 26.1 | 27.1 | 26.4 | 29.1 | 30.1 | 30.3 | 30.6 | 30.8 | 30.9 | 30.1 | 30.3 | 29.8 | 29.2 | 28.6 | 28.0 | 27.8 | 27.5 | 27.2 | 28.4 |
| 5 | 27.0 | 26.5 | 26.6 | 26.4 | 26.4 | 26.4 | 27.1 | 26.5 | 28.0 | 29.1 | 30.3 | 31.6 | 30.8 | 30.5 | 29.6 | 29.6 | 29.2 | 29.0 | 28.6 | 26.5 | 28.5 | 28.2 | 28.2 | 28.1 | 28.4 |
| 6 | 28.1 | 28.0 | 27.9 | 27.9 | 27.8 | 27.7 | 27.9 | 28.4 | 28.1 | 25.6 | 25.5 | 25.6 | 26.0 | 27.3 | 27.7 | 28.5 | 28.3 | 27.8 | 27.5 | 27.1 | 27.1 | 27.2 | 27.2 | 27.2 | 27.4 |
| 7 | 27.0 | 27.0 | 26.5 | 26.5 | 26.6 | 26.6 | 27.0 | 27.8 | 30.2 | 31.8 | 32.0 | 31.9 | 31.6 | 31.5 | 31.5 | 29.5 | 30.0 | 28.7 | 28.5 | 28.4 | 28.1 | 28.2 | 28.2 | 28.1 | 28.9 |
| 8 | 28.0 | 27.9 | 27.7 | 27.5 | 27.4 | 27.4 | 27.5 | 28.5 | 29.9 | 31.5 | 31.5 | 32.2 | 32.2 | 32.4 | 32.5 | 32.1 | 31.1 | 30.5 | 29.6 | 29.2 | 29.1 | 29.1 | 29.0 | 28.9 | 29.7 |
| 9 | 28.9 | 28.5 | 28.0 | 27.7 | 27.2 | 26.6 | 27.3 | 29.5 | 30.4 | 31.6 | 31.6 | 32.4 | 32.2 | 32.5 | 32.5 | 33.0 | 32.5 | 30.0 | 25.5 | 25.8 | 25.8 | 26.1 | 26.2 | 26.2 | 29.1 |
| 10 | 26.5 | 26.8 | 26.9 | 27.2 | 26.8 | 26.9 | 27.2 | 27.7 | 29.8 | 31.0 | 32.1 | 32.5 | 32.7 | 33.0 | 33.3 | 33.2 | 32.8 | 30.2 | 29.3 | 29.4 | 29.3 | 29.3 | 29.0 | 28.8 | 29.7 |
| 11 | 28.6 | 28.4 | 28.3 | 27.8 | 26.6 | 26.2 | 26.9 | 28.0 | 28.8 | 29.5 | 30.6 | 31.4 | 31.0 | 32.0 | 30.6 | 31.1 | 30.6 | 30.0 | 29.5 | 29.0 | 28.6 | 28.4 | 28.2 | 28.1 | 29.1 |
| 12 | 27.9 | 27.7 | 27.5 | 27.2 | 27.1 | 27.1 | 27.5 | 28.5 | 28.6 | 29.2 | 28.0 | 29.3 | 31.4 | 30.5 | 30.2 | 30.4 | 30.2 | 30.4 | 29.2 | 28.6 | 28.2 | 28.0 | 27.7 | 27.5 | 28.7 |
| 13 | 27.5 | 27.0 | 26.6 | 26.3 | 26.6 | 26.2 | 26.6 | 28.3 | 31.0 | 31.1 | 32.0 | 32.4 | 32.6 | 32.3 | 32.2 | 31.9 | 31.7 | 30.3 | 29.4 | 28.9 | 28.6 | 28.5 | 28.6 | 28.6 | 29.4 |
| 14 | 28.3 | 27.7 | 27.5 | 27.3 | 26.9 | 26.5 | 27.5 | 30.2 | 30.8 | 31.5 | 32.3 | 31.8 | 31.5 | 32.0 | 31.6 | 31.8 | 31.8 | 30.5 | 29.0 | 29.0 | 29.0 | 28.9 | 28.7 | 28.6 | 29.6 |
| 15 | 28.5 | 28.2 | 27.9 | 27.4 | 27.1 | 26.7 | 27.0 | 29.5 | 31.1 | 32.4 | 31.8 | 32.7 | 33.5 | 33.5 | 34.3 | 32.5 | 31.5 | 29.8 | 29.0 | 29.1 | 29.0 | 28.5 | 28.4 | 28.2 | 29.9 |
| 16 | 28.2 | 27.7 | 27.2 | 27.0 | 26.6 | 26.5 | 27.1 | 28.1 | 30.5 | 32.3 | 33.0 | 33.3 | 34.1 | 33.4 | 31.7 | 32.1 | 32.0 | 31.6 | 30.7 | 24.6 | 24.3 | 24.5 | 25.0 | 25.0 | 29.0 |
| 17 | 24.9 | 25.0 | 25.0 | 24.9 | 24.6 | 24.2 | 25.6 | 27.6 | 29.0 | 30.6 | 31.3 | 32.0 | 31.1 | 27.0 | 27.8 | 31.0 | 32.0 | 32.0 | 31.0 | 27.0 | 27.0 | 26.5 | 27.0 | 27.2 | 28.0 |
| 18 | 27.0 | 26.8 | 26.6 | 26.5 | 26.7 | 26.5 | 26.5 | 27.2 | 29.0 | 29.9 | 31.5 | 32.4 | 33.0 | 33.8 | 34.0 | 34.2 | 33.5 | 33.0 | 31.8 | 30.3 | 27.0 | 26.0 | 26.0 | 26.4 | 29.4 |
| 19 | 26.7 | 27.0 | 27.3 | 27.3 | 27.2 | 27.0 | 27.0 | 28.0 | 30.1 | 31.5 | 32.5 | 33.4 | 34.6 | 33.5 | 32.2 | 33.0 | 31.7 | 30.8 | 30.6 | 30.1 | 29.8 | 29.7 | 29.5 | 29.3 | 30.0 |
| 20 | 29.0 | 28.2 | 25.0 | 24.9 | 24.7 | 24.8 | 25.5 | 26.5 | 28.0 | 29.2 | 29.8 | 31.4 | 31.4 | 31.7 | 32.0 | 32.0 | 31.5 | 30.9 | 30.0 | 29.4 | 29.2 | 28.7 | 28.2 | 27.8 | 28.7 |
| 21 | 27.3 | 27.1 | 26.9 | 26.7 | 26.5 | 26.2 | 26.6 | 28.2 | 29.7 | 31.0 | 32.1 | 33.1 | 33.5 | 33.5 | 33.8 | 32.9 | 32.0 | 31.2 | 30.3 | 29.6 | 29.6 | 29.5 | 29.3 | 29.1 | 29.8 |
| 22 | 29.0 | 28.8 | 28.6 | 28.4 | 28.2 | 27.9 | 28.4 | 29.1 | 29.7 | 31.8 | 33.2 | 33.7 | 34.2 | 34.6 | 35.0 | 34.5 | 33.7 | 32.6 | 31.1 | 30.4 | 30.0 | 29.8 | 29.5 | 29.2 | 30.9 |
| 23 | 29.0 | 28.8 | 28.5 | 28.4 | 28.0 | 28.0 | 28.5 | 29.3 | 30.0 | 30.9 | 31.4 | 31.9 | 32.5 | 32.4 | 30.6 | 32.5 | 31.5 | 30.5 | 29.8 | 29.5 | 27.5 | 27.9 | 27.9 | 27.6 | 29.7 |
| 24 | 27.4 | 27.2 | 27.0 | 26.9 | 26.6 | 26.3 | 26.0 | 26.7 | 27.5 | 28.2 | 28.5 | 31.0 | 31.8 | 32.0 | 31.5 | 30.6 | 29.9 | 29.5 | 29.2 | 28.0 | 26.0 | 26.2 | 26.5 | 26.5 | 28.2 |
| 25 | 26.6 | 26.6 | 26.5 | 26.5 | 26.5 | 26.5 | 26.7 | 28.0 | 30.9 | 30.5 | 31.8 | 31.2 | 30.7 | 30.6 | 30.5 | 30.4 | 30.3 | 29.8 | 29.5 | 29.0 | 28.8 | 28.6 | 28.7 | 28.3 | 28.9 |
| 26 | 28.2 | 27.8 | 27.5 | 27.2 | 26.6 | 26.0 | 26.4 | 28.5 | 30.0 | 31.4 | 32.0 | 32.5 | 33.1 | 33.0 | 34.1 | 32.9 | 31.4 | 30.6 | 30.0 | 28.1 | 27.6 | 27.1 | 27.1 | 27.0 | 29.4 |
| 27 | 27.0 | 26.9 | 26.8 | 26.7 | 26.8 | 26.5 | 26.6 | 27.6 | 28.6 | 30.5 | 32.0 | 32.0 | 33.0 | 31.8 | 31.0 | 30.4 | 31.1 | 30.7 | 30.2 | 27.3 | 27.0 | 26.1 | 25.8 | 26.0 | 28.7 |
| 28 | 26.1 | 25.6 | 25.6 | 25.5 | 25.2 | 25.0 | 25.1 | 26.0 | 27.2 | 28.6 | 30.0 | 31.0 | 31.1 | 30.5 | 30.0 | 29.9 | 29.4 | 29.0 | 28.6 | 28.1 | 27.7 | 27.5 | 27.4 | 27.2 | 27.8 |
| 29 | 27.0 | 26.9 | 26.7 | 26.5 | 26.5 | 26.5 | 26.4 | 27.3 | 28.4 | 30.6 | 30.5 | 30.5 | 31.1 | 31.5 | 31.1 | 31.1 | 30.8 | 30.1 | 29.5 | 28.9 | 24.9 | 24.5 | 24.5 | 24.6 | 28.2 |
| 30 | 24.6 | 24.5 | 24.4 | 24.3 | 24.3 | 24.4 | 24.8 | 25.5 | 27.2 | 29.1 | 27.0 | 29.6 | 30.0 | 30.4 | 31.8 | 31.6 | 31.5 | 30.5 | 29.7 | 29.0 | 28.6 | 28.8 | 28.5 | 27.6 | 27.8 |
| 31 | 27.6 | 26.5 | 26.0 | 25.2 | 25.4 | 25.2 | 25.4 | 27.2 | 30.3 | 30.5 | 31.1 | 31.3 | 32.1 | 31.7 | 32.4 | 32.9 | 30.5 | 30.0 | 28.8 | 28.7 | 28.8 | 25.5 | 25.4 | 25.3 | 28.5 |
| Mean | 27.4 | 27.2 | 26.9 | 26.7 | 26.6 | 26.4 | 26.7 | 27.8 | 29.3 | 30.2 | 30.9 | 31.4 | 31.8 | 31.6 | 31.5 | 31.4 | 30.9 | 30.0 | 29.2 | 28.4 | 27.9 | 27.6 | 27.6 | 27.4 | 28.9 |

Station: BANGKOK METROPOLIS

September 1999
Dry bulb temperature (Celsius)

| Day | 0100 | 0200 | 0300 | 0400 | 0500 | 0600 | 0700 | 0800 | 0900 | 1000 | 1100 | 1200 | 1300 | 1400 | 1500 | 1600 | 1700 | 1800 | 1900 | 2000 | 2100 | 2200 | 2300 | 2400 | Mean |
|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 1 | 25.6 | 25.5 | 25.4 | 25.2 | 25.0 | 24.7 | 25.4 | 27.4 | 29.5 | 29.5 | 30.5 | 30.0 | 31.5 | 31.2 | 32.0 | 31.7 | 31.1 | 29.0 | 27.8 | 27.6 | 28.1 | 28.1 | 28.0 | 27.7 | 28.2 |
| 2 | 27.4 | 27.0 | 26.8 | 26.5 | 26.2 | 26.1 | 26.5 | 27.5 | 30.0 | 31.1 | 31.3 | 31.5 | 31.5 | 31.2 | 31.0 | 31.1 | 31.2 | 30.5 | 28.5 | 26.0 | 25.8 | 25.6 | 25.8 | 25.7 | 28.4 |
| 3 | 25.8 | 25.9 | 26.0 | 26.2 | 25.8 | 25.7 | 26.5 | 28.5 | 30.1 | 30.0 | 31.5 | 32.4 | 32.4 | 32.8 | 34.1 | 33.3 | 32.5 | 31.2 | 30.3 | 29.5 | 29.4 | 29.0 | 28.9 | 28.8 | 29.4 |
| 4 | 28.7 | 28.3 | 27.9 | 27.6 | 27.4 | 27.2 | 27.1 | 28.1 | 30.0 | 31.0 | 31.5 | 32.5 | 32.3 | 33.7 | 34.0 | 32.9 | 33.1 | 31.0 | 30.5 | 30.0 | 29.5 | 29.0 | 29.1 | 28.3 | 30.0 |
| 5 | 27.5 | 27.9 | 28.2 | 27.6 | 27.5 | 27.3 | 27.0 | 28.0 | 30.0 | 30.5 | 32.2 | 23.4 | 34.0 | 35.0 | 32.5 | 29.8 | 30.0 | 29.8 | 28.5 | 28.5 | 28.0 | 27.5 | 27.1 | 29.0 | |
| 6 | 27.0 | 25.2 | 24.8 | 24.6 | 24.6 | 24.5 | 24.6 | 25.0 | 28.6 | 29.3 | 30.9 | 31.2 | 28.8 | 26.6 | 26.1 | 26.4 | 26.5 | 25.4 | 25.4 | 25.3 | 25.5 | 25.5 | 25.5 | 25.6 | 26.4 |
| 7 | 25.5 | 25.4 | 25.4 | 25.5 | 25.3 | 25.0 | 25.3 | 27.2 | 28.2 | 29.1 | 28.6 | 28.2 | 27.2 | 26.9 | 27.0 | 29.9 | 29.5 | 28.5 | 26.6 | 25.4 | 25.1 | 25.1 | 25.1 | 25.2 | 26.7 |
| 8 | 25.1 | 24.9 | 24.8 | 24.6 | 24.6 | 24.6 | 24.6 | 26.0 | 28.5 | 30.0 | 31.0 | 31.0 | 31.2 | 31.4 | 32.5 | 31.3 | 30.8 | 29.7 | 28.8 | 28.5 | 28.2 | 28.0 | 27.7 | 27.6 | 28.1 |
| 9 | 27.0 | 26.8 | 26.5 | 26.0 | 25.4 | 25.3 | 25.2 | 26.7 | 29.6 | 31.4 | 32.6 | 33.6 | 32.9 | 33.9 | 33.7 | 32.5 | 32.2 | 30.3 | 29.7 | 29.5 | 29.5 | 29.1 | 29.0 | 28.5 | 29.5 |
| 10 | 27.4 | 26.8 | 26.5 | 26.2 | 25.8 | 25.6 | 26.6 | 27.8 | 29.0 | 30.6 | 31.5 | 32.5 | 33.4 | 32.8 | 32.6 | 32.5 | 31.4 | 30.5 | 29.5 | 29.0 | 26.2 | 26.0 | 26.1 | 26.2 | 28.9 |
| 11 | 26.5 | 26.5 | 26.6 | 26.6 | 26.1 | 26.2 | 26.4 | 27.0 | 30.0 | 31.1 | 31.1 | 31.5 | 31.8 | 32.5 | 31.5 | 30.3 | 29.6 | 29.4 | 29.0 | 25.4 | 25.0 | 25.0 | 25.0 | 25.0 | 28.1 |
| 12 | 25.0 | 25.0 | 25.0 | 25.0 | 25.0 | 25.0 | 25.1 | 25.5 | 26.8 | 28.4 | 29.5 | 30.1 | 30.8 | 29.9 | 29.5 | 29.9 | 26.2 | 25.9 | 25.7 | 25.4 | 25.5 | 25.8 | 25.6 | 25.6 | 26.7 |
| 13 | 25.5 | 25.4 | 25.3 | 25.4 | 25.5 | 25.3 | 25.8 | 27.4 | 29.0 | 30.6 | 31.6 | 32.2 | 32.4 | 33.0 | 32.5 | 33.5 | 32.5 | 32.2 | 31.5 | 28.6 | 26.8 | 26.9 | 27.0 | 27.2 | 28.9 |
| 14 | 27.4 | 27.0 | 26.6 | 26.0 | 25.6 | 26.5 | 26.5 | 28.0 | 30.0 | 30.8 | 31.9 | 32.5 | 32.3 | 33.3 | 33.3 | 33.8 | 33.0 | 31.1 | 30.4 | 28.0 | 27.0 | 28.0 | 28.2 | 28.0 | 29.4 |
| 15 | 27.4 | 27.2 | 26.9 | 26.6 | 26.5 | 26.4 | 26.7 | 28.4 | 31.1 | 32.0 | 31.5 | 32.8 | 32.1 | 32.2 | 33.0 | 31.7 | 28.6 | 29.3 | 29.3 | 28.9 | 28.8 | 28.6 | 28.3 | 28.0 | 29.3 |
| 16 | 27.6 | 27.4 | 27.3 | 27.2 | 26.8 | 26.7 | 27.7 | 28.9 | 29.2 | 30.8 | 31.6 | 32.0 | 32.0 | 32.2 | 32.4 | 31.0 | 30.4 | 30.0 | 29.5 | 29.5 | 29.2 | 29.0 | 28.2 | 28.2 | 29.4 |
| 17 | 28.0 | 27.5 | 27.2 | 27.1 | 27.1 | 27.0 | 27.3 | 28.2 | 29.8 | 31.5 | 31.5 | 31.6 | 31.8 | 31.9 | 32.0 | 32.1 | 31.1 | 30.4 | 29.6 | 29.0 | 29.3 | 29.0 | 28.7 | 28.4 | 29.5 |
| 18 | 28.1 | 27.8 | 27.4 | 27.0 | 27.0 | 26.5 | 26.6 | 28.5 | 31.7 | 32.0 | 37.5 | 33.8 | 33.6 | 33.5 | 34.0 | 33.3 | 28.3 | 26.0 | 26.5 | 26.3 | 26.6 | 27.1 | 27.1 | 27.1 | 29.3 |
| 19 | 27.0 | 26.9 | 26.8 | 26.7 | 26.5 | 26.4 | 26.6 | 28.4 | 30.7 | 31.1 | 31.8 | 32.6 | 33.4 | 33.5 | 33.4 | 33.4 | 32.9 | 31.6 | 30.9 | 30.4 | 30.0 | 29.8 | 28.6 | 27.5 | 29.9 |
| 20 | 26.7 | 27.0 | 27.1 | 27.3 | 27.3 | 27.3 | 27.4 | 28.5 | 30.6 | 30.9 | 31.6 | 32.8 | 32.5 | 33.2 | 33.2 | 34.0 | 32.1 | 30.4 | 29.7 | 29.5 | 29.1 | 29.1 | 29.2 | 29.2 | 29.8 |
| 21 | 29.1 | 29.0 | 28.5 | 28.0 | 27.5 | 26.1 | 26.0 | 26.0 | 28.0 | 30.1 | 32.9 | 33.0 | 32.0 | 23.9 | 25.0 | 25.8 | 27.4 | 27.6 | 27.5 | 27.6 | 27.6 | 27.6 | 28.1 | 28.0 | 28.0 |
| 22 | 27.7 | 27.6 | 27.5 | 27.5 | 27.3 | 27.1 | 27.3 | 28.4 | 29.8 | 31.0 | 32.1 | 32.9 | 31.9 | 30.8 | 30.1 | 29.6 | 29.4 | 29.1 | 29.1 | 29.1 | 29.0 | 29.0 | 28.6 | 28.4 | 29.2 |
| 23 | 28.1 | 27.9 | 27.6 | 27.3 | 27.1 | 26.9 | 27.0 | 28.0 | 30.0 | 31.6 | 32.9 | 32.4 | 32.0 | 29.1 | 28.0 | 29.3 | 30.8 | 30.2 | 29.6 | 29.2 | 29.0 | 25.7 | 25.8 | 25.4 | 28.8 |
| 24 | 25.5 | 25.2 | 25.4 | 26.0 | 26.0 | 26.2 | 26.4 | 27.6 | 29.9 | 30.8 | 31.1 | 31.5 | 30.1 | 32.2 | 33.0 | 31.0 | 26.6 | 25.5 | 25.7 | 26.0 | 25.9 | 26.0 | 26.0 | 25.7 | 27.7 |
| 25 | 25.8 | 25.7 | 25.5 | 25.6 | 25.3 | 25.0 | 25.7 | 27.4 | 29.0 | 30.5 | 31.9 | 31.9 | 29.0 | 28.9 | 30.4 | 31.0 | 26.5 | 26.1 | 26.1 | 26.2 | 26.2 | 26.2 | 26.3 | 26.4 | 27.4 |
| 26 | 26.6 | 26.4 | 26.2 | 26.2 | 26.1 | 26.0 | 26.4 | 27.8 | 31.0 | 31.0 | 31.6 | 33.1 | 33.0 | 32.6 | 31.3 | 30.1 | 29.6 | 29.0 | 28.5 | 28.2 | 27.9 | 27.6 | 27.5 | 27.4 | 28.8 |
| 27 | 27.3 | 27.0 | 26.8 | 26.6 | 26.3 | 26.1 | 26.7 | 28.0 | 29.2 | 30.2 | 32.5 | 32.2 | 32.5 | 31.4 | 27.8 | 27.3 | 28.2 | 28.2 | 27.7 | 27.6 | 28.0 | 26.8 | 26.6 | 26.7 | 28.2 |
| 28 | 26.5 | 26.4 | 26.3 | 26.5 | 26.0 | 25.7 | 25.5 | 26.2 | 29.0 | 30.1 | 30.0 | 30.9 | 31.8 | 31.6 | 31.1 | 30.6 | 30.5 | 29.3 | 28.5 | 28.0 | 28.0 | 27.9 | 27.6 | 27.3 | 28.4 |
| 29 | 26.9 | 26.5 | 26.0 | 25.6 | 25.5 | 25.4 | 25.6 | 27.1 | 28.0 | 30.0 | 30.9 | 31.5 | 31.7 | 31.4 | 32.2 | 32.7 | 29.8 | 28.5 | 28.3 | 27.4 | 26.2 | 26.0 | 25.9 | 26.0 | 28.1 |
| 30 | 26.0 | 26.0 | 26.0 | 26.0 | 26.0 | 25.6 | 26.0 | 26.7 | 29.4 | 30.9 | 32.5 | 32.5 | 32.7 | 33.1 | 32.2 | 32.6 | 29.8 | 27.5 | 27.5 | 27.4 | 27.6 | 27.5 | 27.0 | 27.0 | 28.6 |
| Mean | 26.9 | 26.6 | 26.5 | 26.3 | 26.1 | 26.0 | 26.3 | 27.5 | 29.5 | 30.6 | 31.7 | 31.7 | 31.8 | 31.5 | 31.4 | 31.1 | 30.1 | 29.1 | 28.5 | 27.9 | 27.6 | 27.4 | 27.3 | 27.1 | 28.6 |

Station: BANGKOK METROPOLIS

October 1999

Dry bulb temperature (Celsius)

| Day | 0100 | 0200 | 0300 | 0400 | 0500 | 0600 | 0700 | 0800 | 0900 | 1000 | 1100 | 1200 | 1300 | 1400 | 1500 | 1600 | 1700 | 1800 | 1900 | 2000 | 2100 | 2200 | 2300 | 2400 | Mean |
|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 1 | 27.1 | 27.0 | 24.3 | 24.0 | 24.0 | 23.9 | 23.9 | 24.5 | 25.0 | 26.0 | 27.0 | 28.5 | 28.5 | 29.0 | 30.0 | 29.8 | 27.9 | - | 25.0 | 25.4 | 25.5 | 25.8 | 25.8 | 25.8 | 26.2 |
| 2 | 25.7 | 25.5 | 25.5 | 25.0 | 25.1 | 25.1 | 25.5 | 26.4 | 29.2 | 31.2 | 31.2 | 32.2 | 31.9 | 32.4 | 33.4 | 32.0 | 31.5 | 30.5 | 29.5 | 28.5 | 28.5 | 27.6 | 27.2 | 27.2 | 28.7 |
| 3 | 26.7 | 26.5 | 26.3 | 26.0 | 26.0 | 25.9 | 26.2 | 26.9 | 29.5 | 29.9 | 31.8 | 31.6 | 32.0 | 27.5 | 24.3 | 24.4 | 22.6 | 23.2 | 23.5 | 23.9 | 23.9 | 24.0 | 24.0 | 24.0 | 26.3 |
| 4 | 24.0 | 24.0 | 23.9 | 23.9 | 23.8 | 23.7 | 24.8 | 25.6 | 27.1 | 28.8 | 29.9 | 31.0 | 32.0 | 31.3 | 31.7 | 32.6 | 31.6 | 30.8 | 29.9 | 29.4 | 28.8 | 28.2 | 28.0 | 27.5 | 28.0 |
| 5 | 27.6 | 27.2 | 26.8 | 26.4 | 26.2 | 26.1 | 26.7 | 27.9 | 30.2 | 31.6 | 32.7 | 33.3 | 34.5 | 30.2 | 29.5 | 29.2 | 28.8 | 28.4 | 28.0 | 28.0 | 28.0 | 27.5 | 27.3 | 27.0 | 28.7 |
| 6 | 26.6 | 26.5 | 26.3 | 26.2 | 26.0 | 25.7 | 26.0 | 27.3 | 30.0 | 31.5 | 33.2 | 34.1 | 34.5 | 34.3 | - | 30.5 | 30.6 | 31.0 | 30.0 | 29.6 | 30.0 | 29.4 | 29.2 | 29.1 | 29.5 |
| 7 | 28.6 | 28.4 | 28.2 | 28.0 | 27.6 | 27.2 | 27.5 | 26.0 | 27.3 | 29.8 | 30.8 | 32.2 | 32.1 | 33.0 | 33.5 | 33.5 | 31.9 | 31.1 | 30.7 | 28.8 | 27.4 | 27.4 | 27.1 | 27.2 | 29.4 |
| 8 | 27.2 | 27.1 | 27.0 | 25.0 | 24.8 | 25.0 | 25.2 | 26.5 | 28.8 | 30.9 | 31.4 | 32.0 | 32.7 | 33.6 | 34.9 | 34.6 | 33.1 | 31.8 | 30.5 | 29.9 | 29.2 | 29.0 | 28.5 | 28.0 | 29.4 |
| 9 | 28.0 | 27.9 | 27.9 | 27.7 | 27.6 | 27.8 | 27.9 | 29.5 | 30.6 | 30.6 | 33.0 | 30.5 | 29.9 | 28.5 | 28.9 | 30.5 | 30.6 | 30.1 | 29.5 | 29.2 | 29.2 | 29.2 | 29.0 | 28.9 | 29.3 |
| 10 | 27.4 | 27.0 | 26.9 | 26.0 | 25.6 | 25.8 | 26.4 | 28.5 | 29.5 | 31.2 | 31.5 | 31.5 | 33.0 | 34.0 | 34.0 | 33.7 | 32.5 | 31.3 | 30.2 | 29.8 | 29.6 | 29.6 | 29.2 | 27.9 | 29.7 |
| 11 | 26.5 | 26.5 | 26.5 | 26.4 | 26.3 | 26.2 | 26.3 | 28.3 | 29.5 | 30.1 | 30.6 | 31.8 | 32.8 | 33.0 | 33.3 | 32.1 | 31.0 | 30.0 | 29.5 | 29.4 | 29.4 | 29.2 | 28.5 | - | 29.3 |
| 12 | 27.4 | 27.1 | 26.9 | 26.6 | 26.3 | 26.4 | 26.6 | 29.2 | 31.1 | 31.9 | 33.2 | 33.4 | 33.5 | 33.9 | 33.3 | 32.3 | 31.9 | 31.3 | 29.4 | 26.3 | 26.3 | 26.2 | 26.5 | 26.8 | 29.3 |
| 13 | 26.8 | 26.7 | 26.8 | 27.0 | 26.8 | 26.5 | 26.9 | 28.3 | 29.6 | 31.2 | 32.0 | 32.1 | 32.4 | 31.6 | 31.2 | 29.9 | 30.2 | 24.3 | 24.5 | 24.9 | 25.5 | 26.0 | 26.1 | 26.3 | 28.1 |
| 14 | 26.5 | 26.0 | 25.5 | 25.3 | 25.1 | 25.1 | 25.5 | 26.0 | 27.3 | 28.8 | 30.8 | 30.3 | 31.2 | 31.5 | 31.4 | 31.4 | 31.1 | 30.5 | 26.2 | 25.1 | 25.3 | 25.2 | 24.8 | 25.0 | 27.5 |
| 15 | 24.8 | 24.8 | 24.7 | 24.8 | 24.5 | 24.2 | 25.3 | 26.2 | 26.8 | 29.7 | 29.5 | 30.3 | 32.0 | 32.0 | 31.2 | 30.5 | 28.7 | 28.7 | 28.5 | 26.0 | 25.2 | 25.6 | 24.9 | 24.6 | 27.2 |
| 16 | 24.5 | 24.6 | 24.7 | 24.8 | 24.7 | 24.8 | 25.0 | 25.7 | 27.2 | 29.6 | 29.4 | 29.5 | 25.0 | 25.4 | 27.3 | 28.4 | 28.0 | 27.6 | 27.2 | 26.9 | 27.0 | 27.4 | 25.5 | 25.5 | 26.5 |
| 17 | 25.4 | 25.3 | 25.2 | 25.0 | 25.0 | 25.1 | 25.6 | 26.5 | 27.1 | 29.5 | 31.0 | 31.2 | 30.9 | 29.5 | 26.4 | 25.5 | 25.0 | 25.2 | 25.5 | 24.5 | 24.9 | 25.0 | 25.2 | 25.3 | 26.5 |
| 18 | 25.2 | 25.2 | 25.3 | 25.2 | 25.1 | 24.8 | 25.4 | 28.2 | 28.4 | 29.8 | 30.9 | 30.5 | 32.0 | 31.9 | 31.7 | 31.6 | 30.7 | 30.0 | 29.6 | 29.2 | 29.0 | 28.1 | 27.5 | 27.1 | 28.4 |
| 19 | 26.9 | 26.8 | 26.5 | 26.3 | 26.0 | 25.6 | 25.5 | 26.4 | 28.2 | 29.8 | 30.1 | 30.8 | 31.5 | 30.8 | 31.0 | 30.5 | 30.2 | 29.5 | 28.4 | 28.0 | 27.5 | 27.4 | 26.8 | 26.2 | 28.2 |
| 20 | 25.4 | 25.1 | 24.7 | 24.3 | 24.0 | 24.5 | 25.1 | 26.1 | 27.4 | 29.1 | 29.8 | 29.6 | 29.5 | 30.5 | 30.6 | 29.5 | 29.0 | 28.2 | 27.9 | 27.5 | 27.0 | 26.4 | 25.9 | 25.3 | 27.2 |
| 21 | 25.1 | 24.6 | 24.3 | 24.0 | 23.7 | 23.5 | 23.9 | 25.9 | 27.0 | 28.3 | 29.5 | 30.2 | 31.5 | 30.6 | 30.3 | 29.7 | 29.5 | 29.0 | 28.0 | 27.5 | 27.5 | 27.0 | 26.9 | 26.7 | 27.3 |
| 22 | 26.5 | 26.0 | 25.7 | 25.5 | 25.2 | 25.0 | 25.2 | 26.6 | 28.6 | 30.0 | 29.7 | 30.6 | 31.5 | 31.5 | 31.6 | 30.6 | 30.3 | 29.5 | 29.2 | 28.8 | 28.4 | 28.4 | 28.1 | 27.8 | 28.3 |
| 23 | 27.5 | 27.2 | 26.8 | 26.5 | 26.4 | 26.1 | 26.1 | 27.8 | 29.2 | 30.6 | 31.2 | 31.8 | 32.5 | 33.3 | 32.7 | 32.1 | 31.8 | 31.2 | 30.8 | 30.5 | 30.4 | 30.2 | 30.0 | 29.5 | 29.7 |
| 24 | 29.0 | 28.8 | 28.5 | 28.3 | 28.0 | 27.1 | 27.1 | 27.3 | 27.6 | 28.3 | 28.6 | 29.4 | 29.5 | 28.6 | 28.6 | 28.9 | 28.7 | 28.5 | 27.9 | 26.0 | 25.2 | 25.4 | 25.0 | 25.0 | 27.7 |
| 25 | 25.0 | 25.0 | 24.9 | 25.0 | 24.9 | 24.7 | 25.3 | 25.2 | 25.3 | 25.4 | 25.1 | 25.0 | 25.0 | 25.1 | 25.4 | 26.0 | 26.3 | 26.4 | 26.1 | 25.8 | 25.6 | 25.3 | 25.2 | 25.0 | 25.3 |
| 26 | 24.8 | 24.6 | 24.5 | 24.5 | 24.4 | 24.4 | 24.4 | 24.7 | 24.7 | 25.2 | 25.5 | 26.0 | 27.5 | 27.7 | 28.0 | 28.2 | 27.4 | 27.0 | 25.4 | 25.2 | 25.0 | 25.0 | 25.3 | 24.8 | 25.6 |
| 27 | 24.6 | 24.7 | 24.7 | 24.6 | 24.5 | 24.5 | 25.0 | 25.5 | 28.8 | 28.6 | 30.4 | 30.5 | 31.4 | 30.7 | 31.6 | 31.3 | 30.3 | 29.1 | 28.3 | 28.0 | 27.8 | 27.6 | 27.5 | 26.4 | 27.8 |
| 28 | 26.4 | 26.1 | 25.9 | 25.7 | 25.3 | 25.0 | 26.0 | 28.2 | 29.7 | 31.0 | 30.8 | 31.8 | 32.0 | 31.5 | 32.3 | 32.0 | 30.6 | 29.6 | 28.8 | 28.2 | 28.3 | 28.2 | 28.1 | 27.6 | 28.7 |
| 29 | 27.3 | 27.5 | 27.2 | 25.7 | 25.2 | 25.3 | 25.1 | 27.0 | 29.0 | 30.5 | 31.0 | 31.0 | 30.0 | 31.4 | 32.0 | 31.5 | 29.9 | 29.1 | 28.2 | 28.0 | 28.0 | 27.8 | 27.7 | 27.6 | 28.5 |
| 30 | 27.4 | 27.0 | 26.6 | 26.2 | 25.9 | 25.6 | 25.8 | 26.5 | 28.0 | 29.4 | 31.3 | 30.9 | 30.3 | 30.0 | 29.0 | 29.1 | 29.1 | 28.6 | 28.4 | 28.3 | 28.2 | 28.2 | 28.5 | 28.0 | 28.2 |
| 31 | 27.3 | 27.0 | 26.8 | 26.5 | 25.8 | 25.4 | 25.6 | 27.4 | 28.2 | 29.6 | 31.1 | 31.6 | 32.4 | 31.7 | 31.3 | 29.0 | 28.0 | 28.1 | 27.6 | 27.2 | 26.0 | 26.0 | 26.0 | 26.2 | 28.0 |
| Mean | 26.4 | 26.2 | 26.0 | 25.7 | 25.5 | 25.4 | 25.7 | 26.8 | 28.3 | 29.6 | 30.5 | 30.8 | 31.1 | 30.8 | 30.7 | 30.4 | 29.6 | 29.0 | 28.1 | 27.5 | 27.3 | 27.2 | 26.9 | 26.6 | 28.0 |

Station: BANGKOK METROPOLIS

November 1999

Dry bulb temperature (Celsius)

| Day | 0100 | 0200 | 0300 | 0400 | 0500 | 0600 | 0700 | 0800 | 0900 | 1000 | 1100 | 1200 | 1300 | 1400 | 1500 | 1600 | 1700 | 1800 | 1900 | 2000 | 2100 | 2200 | 2300 | 2400 | Mean |
|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 1 | 24.2 | 24.5 | 24.8 | 24.7 | 24.6 | 24.5 | 24.9 | 25.8 | 27.5 | 28.0 | 29.0 | 31.0 | 31.1 | 31.5 | 31.6 | 29.8 | 29.7 | 25.2 | 25.5 | 25.5 | 25.5 | 25.4 | 24.2 | 24.2 | 26.8 |
| 2 | 24.2 | 24.5 | 24.8 | 24.7 | 24.7 | 23.8 | 24.0 | 24.5 | 24.5 | 25.1 | 24.5 | 24.7 | 26.4 | 25.7 | 24.4 | 24.0 | 23.5 | 23.7 | 23.9 | 24.0 | 23.6 | 23.0 | 22.6 | 22.7 | 24.2 |
| 3 | 22.8 | 23.0 | 23.0 | 23.0 | 22.5 | 22.7 | 23.0 | 23.0 | 24.8 | 25.5 | 25.6 | 26.2 | 26.7 | 26.1 | 24.6 | 23.8 | 22.8 | 22.5 | 22.5 | 22.6 | 22.4 | 22.4 | 22.4 | 22.6 | 23.6 |
| 4 | 22.7 | 22.3 | 22.0 | 21.8 | 21.6 | 21.8 | 21.8 | 22.6 | 23.3 | 24.6 | 25.5 | 26.4 | 27.6 | 27.7 | 27.0 | 27.0 | 26.7 | 26.0 | 25.8 | 25.5 | 25.2 | 25.0 | 25.0 | 25.0 | 24.6 |
| 5 | 25.0 | 24.8 | 24.6 | 24.5 | 24.5 | 24.0 | 24.0 | 24.4 | 25.4 | 26.5 | 28.0 | 28.7 | 29.0 | 28.5 | 28.7 | 28.7 | 28.4 | 27.8 | 27.0 | 26.5 | 25.7 | 25.4 | 25.3 | 25.0 | 26.3 |
| 6 | 24.8 | 24.8 | 24.7 | 24.7 | 24.2 | 23.2 | 24.6 | 26.0 | 28.0 | 28.9 | 30.0 | 30.6 | 31.4 | 31.5 | 31.6 | 30.5 | 29.8 | 28.2 | 27.2 | 26.3 | 26.0 | 25.8 | 25.6 | 25.6 | 27.3 |
| 7 | 25.5 | 25.4 | 25.3 | 25.2 | 25.2 | 25.1 | 25.1 | 27.6 | 29.0 | 30.2 | 30.4 | 30.1 | 30.0 | 29.7 | 29.5 | 29.1 | 29.0 | 28.5 | 28.2 | 27.5 | 27.0 | 26.6 | 26.1 | 26.1 | 27.6 |
| 8 | 26.0 | 25.6 | 25.2 | 24.9 | 24.6 | 24.2 | 25.0 | 27.6 | 29.2 | 30.4 | 29.8 | 30.5 | 30.8 | 30.5 | 30.3 | 30.0 | 29.9 | 29.2 | 28.2 | 28.0 | 27.3 | 26.6 | 26.5 | 26.1 | 27.8 |
| 9 | 26.0 | 26.1 | 26.1 | 26.0 | 25.8 | 25.7 | 26.0 | 27.3 | 29.2 | 30.2 | 31.0 | 32.0 | 32.0 | 31.7 | 32.0 | 32.3 | 31.0 | 30.2 | 29.8 | 29.0 | 29.3 | 29.0 | 28.8 | 28.1 | 28.9 |
| 10 | 27.6 | 27.6 | 27.6 | 27.5 | 27.5 | 27.2 | 27.0 | 26.3 | 27.9 | 30.0 | 31.0 | 32.5 | 32.3 | 32.8 | 33.5 | 33.1 | 30.5 | 24.5 | 28.8 | 28.6 | 28.4 | 27.0 | 24.6 | 24.5 | 28.7 |
| 11 | 24.6 | 24.2 | 24.5 | 24.5 | 24.5 | 24.5 | 25.0 | 27.1 | 29.0 | 30.8 | 32.1 | 32.7 | 32.3 | 33.0 | 30.0 | 31.5 | 31.3 | 30.2 | 29.5 | 29.1 | 28.7 | 28.6 | 28.4 | 28.2 | 28.5 |
| 12 | 27.7 | 27.5 | 27.1 | 26.8 | 26.6 | 26.4 | 27.3 | 28.4 | 30.0 | 30.4 | 32.3 | 32.6 | 32.6 | 31.6 | 28.1 | 29.2 | 30.1 | 29.6 | 29.3 | 29.0 | 28.7 | 28.6 | 28.2 | 27.9 | 29.0 |
| 13 | 27.6 | 27.4 | 27.2 | 27.0 | 26.9 | 26.6 | 26.6 | 28.1 | 30.4 | 31.5 | 32.7 | 33.0 | 29.5 | 24.2 | 25.2 | 25.2 | 25.0 | 25.4 | 25.7 | 25.8 | 25.6 | 25.6 | 25.5 | 25.2 | 27.2 |
| 14 | 25.2 | 24.9 | 24.9 | 24.9 | 24.6 | 24.4 | 25.2 | 26.8 | 28.0 | 29.7 | 31.5 | 32.5 | 32.5 | 33.3 | 32.2 | 32.0 | 27.6 | 27.1 | 27.0 | 27.2 | 27.0 | 27.5 | 27.5 | 27.0 | 27.9 |
| 15 | 26.9 | 26.5 | 26.3 | 26.0 | 25.7 | 25.7 | 26.0 | 27.8 | 30.2 | 31.0 | 30.7 | 31.4 | 32.8 | 33.1 | 33.0 | 33.4 | 32.5 | 31.2 | 30.1 | 30.3 | 29.5 | 28.6 | 28.2 | 27.7 | 29.4 |
| 16 | 27.1 | 26.5 | 26.2 | 25.9 | 25.5 | 25.1 | 25.6 | 27.4 | 29.8 | 30.7 | 32.0 | 32.6 | 32.6 | 33.7 | 33.2 | 32.4 | 31.1 | 30.5 | 29.8 | 29.5 | 29.0 | 28.2 | 28.0 | 27.6 | 29.2 |
| 17 | 27.0 | 27.0 | 26.9 | 26.9 | 26.7 | 26.5 | 26.6 | 27.1 | 28.4 | 29.5 | 30.0 | 29.8 | 30.6 | 30.9 | 30.9 | 29.2 | 29.2 | 29.0 | 28.5 | 27.6 | 28.0 | 27.1 | 26.6 | 26.2 | 28.2 |
| 18 | 25.6 | 25.2 | 24.9 | 24.6 | 24.2 | 23.3 | 23.9 | 26.0 | 27.0 | 28.0 | 29.2 | 30.0 | 30.0 | 31.0 | 31.0 | 30.2 | 29.0 | 28.0 | 27.5 | 27.2 | 27.0 | 26.7 | 26.0 | 25.5 | 27.1 |
| 19 | 25.5 | 24.3 | 24.5 | 24.0 | 23.5 | 23.5 | 23.5 | 24.5 | 27.4 | 29.0 | 29.7 | 29.6 | 30.5 | 30.5 | 31.0 | 30.4 | 29.4 | 28.7 | 27.9 | 27.5 | 26.8 | 26.8 | 26.2 | 25.5 | 27.1 |
| 20 | 25.0 | 24.4 | 24.0 | 23.6 | 23.5 | 23.0 | 23.5 | 24.5 | 26.5 | 27.4 | 28.4 | 29.5 | 29.2 | 30.0 | 30.4 | 30.4 | 29.3 | 28.0 | 27.5 | 26.9 | 26.5 | 26.0 | 25.5 | 25.0 | 26.6 |
| 21 | 24.5 | 24.5 | 24.0 | 23.0 | 23.3 | 23.0 | 22.7 | 23.4 | 26.2 | 27.5 | 29.5 | 30.0 | 30.4 | 30.0 | 30.0 | 29.8 | 28.6 | 27.9 | 27.4 | 26.6 | 26.5 | 26.2 | 25.6 | 25.2 | 26.5 |
| 22 | 24.6 | 24.3 | 24.0 | 23.6 | 23.5 | 22.8 | 23.4 | 24.6 | 26.2 | 27.7 | 28.7 | 29.8 | 30.3 | 31.2 | 30.5 | 29.6 | 29.0 | 28.0 | 27.6 | 27.5 | 27.1 | 27.0 | 26.5 | 26.2 | 26.8 |
| 23 | 26.0 | 25.7 | 25.4 | 25.1 | 25.0 | 25.0 | 25.4 | 27.4 | 28.1 | 28.1 | 28.8 | 29.0 | 28.8 | 29.6 | 30.1 | 29.6 | 28.4 | 27.9 | 27.2 | 27.0 | 26.9 | 26.5 | 26.2 | 27.2 | |
| 24 | 26.1 | 26.0 | 25.9 | 25.8 | 25.7 | 25.2 | 26.5 | 27.9 | 28.7 | 30.0 | 32.2 | 32.7 | 33.4 | 33.7 | 34.0 | 33.2 | 31.5 | 30.8 | 30.0 | 29.8 | 29.1 | 28.8 | 28.2 | 27.8 | 29.3 |
| 25 | 28.0 | 27.8 | 27.6 | 27.6 | 27.5 | 27.0 | 27.5 | 28.2 | 30.5 | 31.4 | 32.0 | 32.5 | 34.0 | 33.5 | 33.5 | 31.5 | 30.5 | 28.8 | 28.5 | 28.5 | 28.6 | 29.1 | 28.5 | 28.2 | 29.6 |
| 26 | 27.9 | 27.7 | 27.5 | 27.2 | 27.4 | 26.4 | 27.2 | 28.5 | 30.5 | 30.0 | 32.3 | 33.1 | 34.1 | 34.3 | 32.6 | 33.0 | 32.1 | 31.4 | 30.2 | 30.0 | 29.5 | 29.1 | 28.7 | 28.6 | 30.0 |
| 27 | 28.4 | 27.8 | 27.2 | 26.4 | 26.3 | 26.2 | 26.3 | 28.4 | 30.1 | 32.1 | 33.0 | 33.4 | 34.0 | 34.2 | 33.7 | 33.8 | 32.5 | 31.0 | 30.5 | 30.0 | 29.5 | 29.1 | 28.7 | 28.5 | 30.0 |
| 28 | 27.7 | 27.3 | 27.0 | 26.5 | 26.1 | 25.7 | 26.8 | 29.4 | 30.6 | 31.6 | 32.7 | 33.4 | 34.0 | 34.5 | 34.5 | 34.0 | 32.9 | 32.1 | 31.4 | 31.0 | 30.6 | 30.0 | 29.6 | 29.1 | 30.4 |
| 29 | 28.6 | 28.3 | 27.9 | 27.6 | 27.0 | 26.4 | 26.5 | 27.9 | 28.7 | 29.9 | 29.3 | 31.0 | 31.3 | 31.8 | 31.6 | 31.0 | 30.1 | 30.0 | 29.6 | 28.4 | 29.1 | 28.5 | 27.9 | 27.0 | 29.0 |
| 30 | 26.5 | 26.0 | 25.4 | 24.4 | 23.8 | 23.2 | 23.7 | 24.9 | 26.4 | 27.4 | 27.9 | 28.8 | 29.6 | 29.5 | 29.9 | 30.0 | 28.8 | 28.0 | 27.6 | 26.9 | 26.3 | 25.5 | 25.0 | 24.5 | 26.7 |
| Mean | 26.0 | 25.7 | 25.6 | 25.3 | 25.1 | 24.7 | 25.1 | 26.4 | 28.0 | 29.1 | 30.0 | 30.7 | 31.0 | 31.0 | 30.6 | 30.3 | 29.4 | 28.3 | 28.0 | 27.7 | 27.4 | 27.0 | 26.5 | 26.2 | 27.7 |

Station: BANGKOK METROPOLIS

December 1999

Dry bulb temperature (Celsius)

| Day | 0100 | 0200 | 0300 | 0400 | 0500 | 0600 | 0700 | 0800 | 0900 | 1000 | 1100 | 1200 | 1300 | 1400 | 1500 | 1600 | 1700 | 1800 | 1900 | 2000 | 2100 | 2200 | 2300 | 2400 | Mean |
|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 1 | 23.9 | 23.8 | 23.6 | 23.4 | 22.9 | 22.5 | 22.1 | 23.0 | 24.5 | 26.1 | 27.4 | 28.1 | 28.6 | 29.5 | 29.5 | 29.3 | 28.4 | 27.9 | 27.2 | 26.8 | 26.1 | 25.6 | 25.1 | 24.9 | 25.8 |
| 2 | 24.5 | 23.5 | 23.0 | 22.7 | 22.3 | 21.9 | 22.2 | 23.6 | 25.4 | 27.0 | 27.5 | 28.8 | 29.1 | 29.5 | 29.4 | 29.6 | 29.1 | 28.6 | 28.0 | 26.9 | 26.2 | 25.9 | 25.5 | 25.0 | 26.1 |
| 3 | 24.5 | 24.2 | 23.9 | 23.5 | 23.3 | 23.0 | 23.4 | 24.4 | 25.9 | 26.8 | 27.6 | 28.2 | 28.6 | 28.2 | 27.5 | 27.6 | 27.0 | 25.2 | 25.0 | 24.6 | 24.6 | 24.5 | 24.3 | 24.0 | 25.4 |
| 4 | 24.1 | 23.9 | 23.9 | 23.5 | 22.8 | 22.2 | 22.9 | 23.4 | 23.8 | 24.5 | 26.2 | 26.4 | 27.0 | 26.9 | 26.8 | 27.3 | 26.5 | 26.1 | 26.0 | 25.8 | 25.5 | 25.4 | 25.0 | 24.8 | 25.0 |
| 5 | 24.7 | 24.5 | 24.3 | 24.1 | 24.1 | 24.0 | 24.0 | 24.6 | 26.1 | 27.0 | 28.5 | 28.8 | 29.3 | 29.6 | 28.7 | 26.2 | 26.1 | 25.9 | 25.9 | 25.7 | 25.7 | 26.0 | 25.5 | 25.0 | 26.0 |
| 6 | 24.8 | 24.7 | 24.6 | 24.5 | 24.2 | 23.9 | 24.3 | 24.5 | 25.5 | 26.5 | 27.1 | 27.6 | 27.1 | 26.7 | 27.0 | 27.6 | 27.4 | 26.6 | 26.1 | 25.5 | 25.1 | 24.5 | 24.4 | 24.2 | 25.6 |
| 7 | 23.9 | 23.8 | 23.7 | 23.6 | 23.4 | 23.1 | 23.1 | 23.7 | 24.5 | 25.3 | 26.3 | 27.5 | 28.8 | 28.4 | 29.1 | 28.0 | 27.6 | 26.4 | 25.9 | 25.4 | 25.3 | 24.8 | 24.6 | 24.5 | 25.4 |
| 8 | 24.0 | 23.7 | 23.4 | 23.1 | 22.6 | 22.3 | 22.2 | 24.0 | 24.4 | 26.0 | 26.5 | 27.4 | 28.7 | 29.5 | 29.2 | 28.7 | 28.0 | 27.0 | 26.2 | 26.3 | 26.4 | 25.4 | 24.8 | 24.0 | 25.6 |
| 9 | 23.5 | 23.0 | 22.7 | 22.0 | 21.9 | 21.2 | 21.0 | 21.6 | 23.8 | 25.0 | 26.5 | 26.3 | 26.7 | 28.1 | 28.0 | 28.2 | 27.4 | 26.5 | 25.9 | 25.3 | 24.6 | 24.0 | 23.1 | 23.2 | 24.6 |
| 10 | 22.3 | 22.0 | 21.6 | 21.3 | 20.5 | 19.9 | 20.1 | 21.8 | 23.9 | 24.9 | 25.1 | 15.0 | 25.9 | 26.7 | 27.4 | 26.8 | 26.2 | 25.4 | 24.5 | 24.4 | 23.7 | 23.5 | 23.5 | 22.9 | 23.3 |
| 11 | 22.8 | 22.6 | 22.5 | 22.5 | 22.3 | 22.1 | 22.0 | 22.5 | 23.6 | 24.5 | 26.1 | 26.8 | 27.3 | 28.6 | 29.6 | 28.7 | 27.3 | 26.4 | 26.0 | 25.9 | 25.6 | 25.2 | 25.3 | 25.2 | 25.1 |
| 12 | 24.4 | 24.2 | 24.0 | 23.7 | 23.3 | 23.0 | 23.4 | 23.0 | 24.7 | 25.5 | 26.8 | 29.0 | 30.1 | 30.1 | 28.5 | 28.7 | 28.0 | 27.2 | 26.8 | 26.5 | 26.4 | 26.2 | 25.2 | 25.0 | 26.0 |
| 13 | 24.5 | 24.4 | 24.0 | 24.0 | 23.8 | 23.7 | 23.8 | 24.0 | 24.7 | 26.0 | 28.0 | 29.5 | 30.5 | 29.7 | 29.8 | 29.5 | 29.1 | 28.2 | 27.8 | 27.1 | 26.9 | 26.6 | 26.5 | 26.2 | 26.6 |
| 14 | 25.9 | 25.5 | 25.1 | 24.5 | 24.0 | 23.5 | 24.2 | 25.1 | 26.1 | 27.1 | 27.4 | 28.6 | 28.6 | 28.7 | 29.0 | 29.0 | 28.4 | 27.9 | 27.4 | 27.0 | 26.9 | 26.4 | 26.0 | 25.5 | 26.6 |
| 15 | 25.0 | 24.7 | 24.3 | 23.9 | 23.6 | 23.3 | 23.0 | 23.5 | 25.3 | 26.6 | 28.0 | 28.8 | 30.6 | 30.5 | 30.0 | 30.7 | 29.4 | 28.7 | 27.6 | 26.7 | 26.0 | 26.0 | 25.7 | 25.2 | 26.5 |
| 16 | 24.5 | 24.0 | 23.8 | 23.5 | 23.0 | 22.6 | 22.8 | 24.2 | 26.0 | 27.8 | 28.7 | 29.5 | 30.0 | 30.2 | 30.9 | 30.5 | 29.2 | 28.3 | 27.5 | 27.0 | 26.6 | 26.6 | 26.1 | 25.6 | 26.6 |
| 17 | 25.4 | 24.8 | 24.2 | 23.6 | 23.0 | 22.8 | 22.8 | 24.0 | 26.8 | 28.2 | 29.4 | 30.4 | 30.4 | 31.4 | 32.0 | 31.4 | 30.1 | 29.3 | 29.1 | 29.0 | 28.8 | 28.0 | 27.4 | 27.3 | 27.5 |
| 18 | 26.8 | 26.3 | 26.0 | 25.5 | 24.6 | 24.2 | 24.5 | 26.5 | 27.5 | 28.4 | 29.1 | 29.9 | 30.0 | 31.0 | 30.5 | 30.3 | 29.5 | 28.5 | 28.0 | 27.0 | 26.2 | 26.0 | 25.3 | 24.8 | 27.4 |
| 19 | 24.2 | 23.6 | 23.0 | 22.6 | 22.1 | 21.5 | 21.3 | 22.1 | 24.7 | 25.5 | 27.5 | 27.7 | 29.3 | 29.0 | 28.9 | 29.5 | 28.0 | 27.3 | 26.6 | 26.2 | 25.6 | 24.7 | 23.7 | 23.4 | 25.3 |
| 20 | 23.3 | 22.8 | 22.0 | 21.4 | 21.0 | 20.5 | 20.8 | 20.8 | 22.6 | 24.3 | 25.0 | 26.5 | 27.5 | 28.0 | 27.7 | 27.6 | 27.4 | 26.5 | 25.0 | 25.1 | 24.0 | 23.3 | 22.3 | 21.9 | 24.1 |
| 21 | 21.2 | 21.1 | 20.6 | 20.2 | 20.0 | 19.5 | 19.0 | 19.3 | 22.1 | 23.0 | 24.5 | 26.0 | 26.8 | 26.5 | 27.2 | 27.2 | 26.4 | 25.3 | 24.7 | 24.5 | 23.7 | 22.2 | 21.9 | 21.5 | 23.1 |
| 22 | 21.0 | 20.1 | 19.5 | 19.1 | 18.8 | 17.4 | 17.2 | 18.0 | 19.0 | 20.1 | 21.9 | 23.7 | 24.4 | 25.9 | 25.4 | 25.5 | 24.5 | 23.7 | 22.4 | 21.2 | 20.6 | 20.1 | 19.5 | 19.0 | 21.2 |
| 23 | 18.3 | 17.5 | 16.7 | 16.2 | 15.8 | 15.5 | 14.9 | 15.3 | 18.2 | 19.7 | 20.4 | 22.0 | 23.0 | 22.8 | 22.8 | 23.5 | 23.0 | 21.7 | 21.0 | 20.5 | 19.7 | 19.0 | 18.4 | 18.0 | 19.3 |
| 24 | 17.5 | 16.8 | 16.5 | 15.4 | 14.9 | 14.3 | 14.8 | 16.1 | 17.0 | 18.5 | 20.0 | 21.1 | 22.5 | 23.1 | 23.0 | 23.4 | 22.0 | 21.2 | 20.2 | 18.9 | 18.0 | 17.8 | 17.1 | 17.0 | 18.6 |
| 25 | 16.6 | 15.7 | 15.5 | 15.0 | 14.6 | 14.1 | 13.6 | 14.2 | 16.8 | 19.4 | 20.2 | 21.5 | 22.4 | 23.5 | 24.2 | 23.6 | 22.9 | 21.5 | 20.5 | 20.1 | 19.5 | 18.5 | 18.1 | 17.4 | 18.7 |
| 26 | 17.2 | 17.2 | 17.0 | 16.0 | 15.1 | 14.0 | 14.1 | 16.2 | 18.1 | 19.9 | 21.3 | 23.4 | 23.8 | 24.4 | 24.9 | 25.1 | 24.0 | 22.4 | 20.9 | 20.6 | 19.2 | 19.5 | 18.9 | 18.2 | 19.6 |
| 27 | 17.4 | 17.3 | 17.2 | 17.0 | 16.6 | 16.2 | 15.8 | 16.6 | 19.5 | 21.1 | 24.0 | 25.0 | 24.2 | 26.8 | 27.0 | 27.0 | 26.0 | 24.1 | 23.1 | 22.0 | 21.0 | 20.9 | 19.6 | 19.1 | 21.0 |
| 28 | 18.2 | 18.1 | 18.1 | 17.9 | 17.5 | 17.2 | 17.7 | 19.1 | 20.8 | 23.0 | 24.8 | 26.2 | 26.8 | 27.3 | 28.0 | 27.4 | 26.5 | 25.5 | 24.5 | 24.3 | 23.5 | 23.5 | 23.1 | 22.9 | 22.6 |
| 29 | 22.5 | 22.3 | 22.0 | 21.6 | 21.5 | 21.3 | 21.2 | 21.8 | 23.5 | 24.0 | 26.7 | 28.4 | 28.8 | 29.3 | 30.6 | 29.5 | 27.7 | 26.4 | 25.8 | 25.5 | 25.4 | 24.8 | 24.2 | 23.7 | 24.9 |
| 30 | 23.5 | 23.0 | 22.5 | 22.2 | 21.6 | 21.4 | 21.6 | 22.2 | 24.2 | 26.6 | 28.8 | 30.3 | 31.4 | 32.1 | 31.5 | 31.2 | 30.0 | 28.9 | 27.6 | 27.0 | 27.0 | 26.4 | 26.1 | 25.2 | 26.3 |
| 31 | 25.4 | 25.0 | 24.7 | 24.3 | 24.0 | 23.5 | 23.4 | 24.4 | 26.6 | 30.0 | 31.3 | 32.0 | 33.0 | 34.5 | 32.4 | 32.4 | 32.2 | 31.0 | 28.8 | 28.2 | 27.0 | 26.5 | 26.2 | 26.2 | 28.0 |
| Mean | 22.8 | 22.4 | 22.1 | 21.7 | 21.3 | 20.8 | 20.9 | 21.7 | 23.4 | 24.8 | 26.1 | 26.8 | 27.8 | 28.3 | 28.3 | 28.1 | 27.3 | 26.3 | 25.5 | 25.1 | 24.5 | 24.1 | 23.6 | 23.3 | 24.5 |

ภาคผนวก ข.

- ข้อมูลอุปกรณ์ไฟฟ้าแสงสว่างที่ใช้ในการคำนวณ
- ผลค่าความสว่างภายในบนพื้นผิวอ้างอิงของรูปแบบช่องเปิดจากการจำลองสภาพด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์
- แผนภูมิความสัมพันธ์ของตัวแปรองค์ประกอบภายนอกในสภาพห้องฟ้าเมฆบางส่วน
จากสมการถดถอย



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ข้อมูลอุปกรณ์ไฟฟ้าแสงสว่างที่ใช้ในการคำนวณ

LMPM LUSOPLAST RECESS PRISMATIC ACRYLIC DIFFUSER

APPLICATIONS

- OFFICE BUILDINGS
- COMMERCIAL BUILDINGS
- SCHOOLS
- OTHER INDOOR APPLICATIONS WHERE LOW GLARE, WIDE LIGHT DISTRIBUTION AND ENERGY EFFICIENCY ARE REQUIRED.

SPECIFICATION FEATURES

HOUSING

- DEFORMED 60 MM. COLO-BRILED STEEL
- RIVET JOINTS WITH PHOSPHATE PRE-TREATMENT TO ENSURE SUPERIOR PAINT ADHESION AND RUST RESISTANCE.
- FINISHED WITH HIGH GLOSSY, BAREL WHITE POLYESTER POWDER.
- ROTARY SPRING LOCKED LAMPHOLE AND STABILISER HOLDER.
- PURE Purity ALUMINIUM REFLECTOR TO PROVIDE OVERALL REFLECTANCE OF 80%.

LOUVER

- BRUSH FINISH WITH HIGH Purity ANODIZED ALUMINIUM FOR LONGEVITY.
- CYRINDRICAL TREE PROFILES FOR TRANSVERSEAL

INSTALLATION

- AVAILABLE IN RECESSED TRIM OR CONCEAL GRATING.

ORDERING DATA

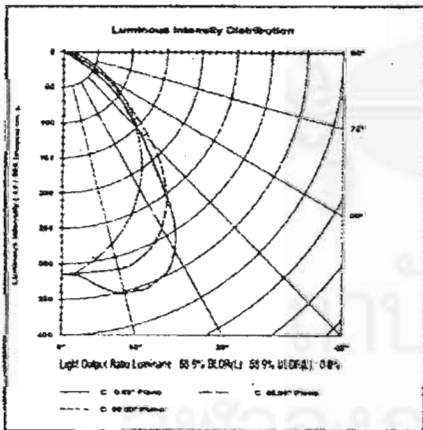
| CATALOG NO. | TYPE | DIMENSION (mm.) | | | | | | REMARKS |
|---------------|-------|-----------------|------|-----|-----|----|--|---------|
| | | L1 | L2 | W1 | W2 | H | | |
| LMPM1-340/R/M | 3x18W | 610 | 305 | 530 | 595 | 90 | | |
| LMPM1-360/R/M | 2x36W | 1130 | 1195 | 240 | 295 | 90 | | |
| LMPM2-340/R/M | 2x36W | 720 | 1195 | 530 | 595 | 90 | | |

Watt Loss & High Power Factor

For Fluorescent Lamp



LMPM2 - 340/R/M



IESNA Coefficient of Utilisation Table - Zonal Cavity Method.

Spacing Criterion C 0° is 1.37 : 1 C 90° is 1.28 : 1
 %C = 20%

| Beam Angle | 80 | 80 | 80 | 80 | 70 | 70 | 70 | 70 | 50 | 50 | 50 | 30 | 30 | 30 | 10 | 10 | 10 | 0 |
|------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| 0 | 82 | 82 | 82 | 82 | 80 | 80 | 80 | 80 | 77 | 77 | 77 | 74 | 74 | 74 | 71 | 71 | 71 | 69 |
| 1 | 77 | 74 | 72 | 69 | 75 | 73 | 70 | 68 | 70 | 68 | 66 | 67 | 66 | 64 | 65 | 63 | 62 | 61 |
| 2 | 71 | 66 | 62 | 59 | 69 | 65 | 61 | 58 | 63 | 60 | 57 | 60 | 58 | 56 | 58 | 56 | 55 | 53 |
| 3 | 66 | 59 | 55 | 51 | 64 | 58 | 54 | 50 | 56 | 53 | 50 | 55 | 51 | 49 | 53 | 50 | 48 | 47 |
| 4 | 61 | 54 | 48 | 44 | 59 | 53 | 48 | 44 | 51 | 47 | 43 | 50 | 46 | 43 | 48 | 45 | 42 | 41 |
| 5 | 56 | 49 | 43 | 39 | 55 | 48 | 43 | 39 | 46 | 42 | 38 | 45 | 41 | 38 | 44 | 40 | 38 | 36 |
| 6 | 52 | 44 | 39 | 35 | 51 | 44 | 38 | 34 | 42 | 38 | 34 | 41 | 37 | 34 | 40 | 37 | 34 | 32 |
| 7 | 49 | 40 | 35 | 31 | 48 | 40 | 35 | 31 | 39 | 34 | 31 | 38 | 34 | 30 | 37 | 33 | 30 | 29 |
| 8 | 46 | 37 | 32 | 28 | 45 | 37 | 31 | 28 | 36 | 31 | 28 | 35 | 34 | 28 | 34 | 30 | 27 | 26 |
| 9 | 43 | 34 | 29 | 25 | 42 | 34 | 29 | 25 | 33 | 28 | 25 | 32 | 28 | 25 | 32 | 28 | 25 | 24 |
| 10 | 40 | 32 | 27 | 23 | 39 | 31 | 26 | 23 | 31 | 26 | 23 | 30 | 26 | 23 | 29 | 26 | 23 | 22 |

ที่มา: เอกสารเผยแพร่ข้อมูลผลิตภัณฑ์ บริษัท Lighting & Equipment, 2543

S1-70 north (without Shading Devices)

| Local time | WP | Clear Sky | | | | | Partly Cloudy Sky | | | | | Cloudy Sky | | | | |
|------------|-----|-----------|------|------|------|------|-------------------|------|------|------|------|------------|------|------|------|------|
| | | R5 | R4 | R3 | R2 | R1 | R5 | R4 | R3 | R2 | R1 | R5 | R4 | R3 | R2 | R1 |
| 8:00 | 10% | 786 | 1069 | 1083 | 1074 | 857 | 1310 | 1800 | 1848 | 1824 | 1461 | 669 | 888 | 903 | 891 | 712 |
| | 30% | 231 | 317 | 338 | 322 | 239 | 373 | 536 | 573 | 539 | 464 | 184 | 254 | 275 | 261 | 192 |
| | 50% | 97 | 184 | 162 | 139 | 99 | 149 | 195 | 259 | 255 | 126 | 74 | 95 | 104 | 95 | 69 |
| | 70% | 68 | 83 | 109 | 90 | 56 | 113 | 143 | 142 | 144 | 119 | 41 | 47 | 50 | 49 | 36 |
| | 90% | 28 | 69 | 69 | 32 | 20 | 89 | 94 | 94 | 58 | 69 | 25 | 29 | 33 | 27 | 22 |
| 9:00 | 10% | 995 | 1351 | 1351 | 1343 | 1032 | 2001 | 2794 | 2817 | 2789 | 2182 | 1016 | 1348 | 1376 | 1358 | 1081 |
| | 30% | 225 | 450 | 470 | 369 | 291 | 654 | 838 | 895 | 760 | 628 | 279 | 385 | 416 | 385 | 290 |
| | 50% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 283 | 358 | 392 | 376 | 309 | 112 | 144 | 157 | 150 | 111 |
| | 70% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 166 | 221 | 221 | 200 | 147 | 63 | 71 | 72 | 77 | 67 |
| | 90% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 11 | 99 | 148 | 148 | 142 | 38 | 44 | 51 | 42 | 39 |
| 10:00 | 10% | 1111 | 1510 | 1509 | 1500 | 1153 | 2580 | 3557 | 3575 | 3533 | 2826 | 1284 | 1712 | 1747 | 1714 | 1364 |
| | 30% | 252 | 503 | 525 | 413 | 325 | 736 | 1062 | 1131 | 1083 | 805 | 357 | 484 | 529 | 496 | 367 |
| | 50% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 481 | 460 | 496 | 458 | 353 | 142 | 183 | 196 | 189 | 145 |
| | 70% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 206 | 271 | 280 | 253 | 187 | 79 | 90 | 93 | 92 | 77 |
| | 90% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 13 | 126 | 187 | 187 | 180 | 48 | 56 | 68 | 56 | 42 |
| 11:00 | 10% | 1194 | 1623 | 1621 | 1613 | 1239 | 2977 | 4104 | 4124 | 4075 | 3260 | 1477 | 1964 | 2006 | 1975 | 1588 |
| | 30% | 270 | 541 | 564 | 443 | 350 | 849 | 1226 | 1304 | 1250 | 928 | 398 | 564 | 619 | 563 | 411 |
| | 50% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 555 | 531 | 573 | 529 | 407 | 167 | 210 | 229 | 214 | 165 |
| | 70% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 237 | 313 | 323 | 292 | 215 | 91 | 104 | 109 | 113 | 92 |
| | 90% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 15 | 145 | 216 | 216 | 207 | 55 | 64 | 64 | 63 | 54 |
| 12:00 | 10% | 1233 | 1675 | 1674 | 1664 | 1279 | 3186 | 4391 | 4413 | 4361 | 3489 | 1580 | 2100 | 2151 | 2126 | 1690 |
| | 30% | 279 | 558 | 583 | 458 | 361 | 909 | 1312 | 1396 | 1338 | 994 | 426 | 604 | 662 | 613 | 450 |
| | 50% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 594 | 568 | 613 | 566 | 436 | 178 | 224 | 245 | 229 | 187 |
| | 70% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 254 | 335 | 346 | 312 | 230 | 98 | 111 | 117 | 121 | 99 |
| | 90% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 17 | 156 | 231 | 231 | 222 | 59 | 70 | 70 | 67 | 58 |
| 13:00 | 10% | 1223 | 1661 | 1660 | 1651 | 1269 | 3126 | 4309 | 4331 | 4280 | 3424 | 1550 | 2060 | 2115 | 2068 | 1662 |
| | 30% | 277 | 554 | 578 | 454 | 358 | 892 | 1287 | 1370 | 1313 | 975 | 418 | 592 | 649 | 602 | 441 |
| | 50% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 583 | 558 | 601 | 555 | 428 | 175 | 220 | 239 | 225 | 184 |
| | 70% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 249 | 329 | 339 | 306 | 226 | 96 | 109 | 114 | 119 | 97 |
| | 90% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 16 | 153 | 227 | 227 | 218 | 58 | 68 | 67 | 66 | 57 |
| 14:00 | 10% | 1171 | 1591 | 1590 | 1582 | 1215 | 2859 | 3942 | 3961 | 3915 | 3132 | 1420 | 1887 | 1928 | 1905 | 1526 |
| | 30% | 265 | 530 | 554 | 435 | 343 | 816 | 1177 | 1253 | 1201 | 892 | 383 | 542 | 595 | 541 | 395 |
| | 50% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 533 | 510 | 550 | 508 | 391 | 160 | 201 | 219 | 206 | 164 |
| | 70% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 228 | 301 | 310 | 280 | 207 | 88 | 100 | 108 | 109 | 69 |
| | 90% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 15 | 140 | 207 | 208 | 199 | 53 | 62 | 62 | 60 | 52 |
| 15:00 | 10% | 1081 | 1469 | 1468 | 1460 | 1122 | 2427 | 3346 | 3363 | 3323 | 2658 | 1207 | 1609 | 1640 | 1609 | 1283 |
| | 30% | 245 | 490 | 511 | 402 | 317 | 692 | 999 | 1064 | 1019 | 757 | 336 | 495 | 497 | 466 | 345 |
| | 50% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 653 | 633 | 667 | 631 | 332 | 134 | 172 | 188 | 177 | 143 |
| | 70% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 293 | 355 | 363 | 338 | 176 | 75 | 85 | 87 | 88 | 72 |
| | 90% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 13 | 119 | 176 | 176 | 169 | 45 | 53 | 55 | 50 | 42 |
| 16:00 | 10% | 937 | 1273 | 1272 | 1265 | 972 | 1775 | 2387 | 2487 | 2431 | 1969 | 899 | 1191 | 1220 | 1192 | 953 |
| | 30% | 212 | 424 | 443 | 348 | 274 | 501 | 768 | 800 | 755 | 583 | 246 | 350 | 371 | 344 | 260 |
| | 50% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 162 | 316 | 352 | 367 | 293 | 99 | 127 | 139 | 127 | 104 |
| | 70% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 130 | 199 | 195 | 199 | 192 | 55 | 63 | 74 | 67 | 51 |
| | 90% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 9 | 88 | 130 | 130 | 155 | 33 | 39 | 41 | 32 | 28 |
| 17:00 | 10% | 748 | 1016 | 1015 | 1010 | 776 | 1113 | 1506 | 1551 | 1526 | 1199 | 565 | 746 | 760 | 748 | 596 |
| | 30% | 169 | 339 | 353 | 278 | 219 | 330 | 427 | 475 | 486 | 335 | 154 | 216 | 240 | 219 | 161 |
| | 50% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 136 | 238 | 240 | 197 | 196 | 62 | 80 | 87 | 82 | 60 |
| | 70% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 785 | 127 | 90 | 115 | 101 | 35 | 39 | 43 | 42 | 31 |
| | 90% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 45 | 81 | 79 | 35 | 44 | 21 | 25 | 26 | 21 | 16 |



การจัดเรียงหน้า
ที่ต้นฉบับมีบางหน้า
ขาดหายไป

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

S1-50 north (without Shading Devices)

| Local time | WP | Clear Sky | | | | | Partly Cloudy Sky | | | | | Cloudy Sky | | | | |
|------------|-----|-----------|------|------|------|------|-------------------|------|------|------|------|------------|------|------|------|------|
| | | R5 | R4 | R3 | R2 | R1 | R5 | R4 | R3 | R2 | R1 | R5 | R4 | R3 | R2 | R1 |
| 8:00 | 10% | 947 | 1329 | 1352 | 1340 | 963 | 1575 | 2250 | 2311 | 2282 | 1666 | 787 | 1115 | 1144 | 1119 | 808 |
| | 30% | 303 | 401 | 435 | 411 | 309 | 428 | 625 | 700 | 611 | 504 | 227 | 318 | 342 | 319 | 222 |
| | 50% | 165 | 205 | 206 | 175 | 107 | 275 | 287 | 358 | 343 | 298 | 94 | 124 | 127 | 117 | 83 |
| | 70% | 79 | 104 | 133 | 86 | 77 | 122 | 177 | 178 | 156 | 178 | 51 | 54 | 68 | 58 | 47 |
| | 90% | 39 | 50 | 68 | 72 | 54 | 9 | 82 | 11 | 116 | 28 | 31 | 39 | 37 | 34 | 24 |
| 9:00 | 10% | 1386 | 1712 | 1755 | 1833 | 1372 | 2550 | 3497 | 3569 | 3486 | 2531 | 1193 | 1694 | 1740 | 1696 | 1224 |
| | 30% | 285 | 606 | 571 | 563 | 389 | 650 | 1023 | 1155 | 1051 | 724 | 343 | 476 | 517 | 481 | 334 |
| | 50% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 280 | 445 | 473 | 356 | 260 | 143 | 188 | 194 | 183 | 143 |
| | 70% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 186 | 280 | 273 | 260 | 270 | 77 | 83 | 87 | 84 | 70 |
| | 90% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 13 | 126 | 71 | 139 | 153 | 47 | 59 | 56 | 50 | 43 |
| 10:00 | 10% | 1549 | 1912 | 1961 | 2048 | 1533 | 3233 | 4434 | 4525 | 4420 | 3209 | 1520 | 2139 | 2211 | 2149 | 1546 |
| | 30% | 319 | 677 | 637 | 629 | 412 | 824 | 1297 | 1464 | 1333 | 918 | 413 | 607 | 667 | 621 | 436 |
| | 50% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 355 | 565 | 600 | 451 | 330 | 177 | 237 | 243 | 228 | 174 |
| | 70% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 236 | 355 | 346 | 329 | 342 | 98 | 105 | 112 | 114 | 97 |
| | 90% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 17 | 160 | 90 | 176 | 194 | 60 | 76 | 71 | 66 | 58 |
| 11:00 | 10% | 1665 | 2055 | 2107 | 2201 | 1648 | 3683 | 4974 | 5199 | 5104 | 3560 | 1761 | 2456 | 2541 | 2492 | 1789 |
| | 30% | 343 | 728 | 685 | 676 | 443 | 1181 | 1608 | 1719 | 1532 | 1067 | 475 | 710 | 759 | 703 | 490 |
| | 50% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 635 | 661 | 722 | 583 | 467 | 200 | 271 | 283 | 254 | 214 |
| | 70% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 369 | 406 | 394 | 375 | 341 | 113 | 120 | 143 | 148 | 116 |
| | 90% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 20 | 184 | 98 | 282 | 68 | 68 | 86 | 94 | 83 | 66 |
| 12:00 | 10% | 1718 | 2121 | 2175 | 2271 | 1701 | 3941 | 5323 | 5564 | 5462 | 3809 | 1884 | 2628 | 2714 | 2652 | 1914 |
| | 30% | 354 | 751 | 707 | 698 | 457 | 1264 | 1720 | 1840 | 1639 | 1141 | 508 | 765 | 812 | 764 | 524 |
| | 50% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 679 | 707 | 772 | 624 | 500 | 214 | 290 | 302 | 272 | 229 |
| | 70% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 395 | 434 | 422 | 401 | 364 | 120 | 128 | 153 | 159 | 124 |
| | 90% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 21 | 197 | 105 | 302 | 73 | 73 | 92 | 91 | 73 | 66 |
| 13:00 | 10% | 1704 | 2104 | 2157 | 2253 | 1687 | 3867 | 5223 | 5460 | 5360 | 3738 | 1848 | 2578 | 2662 | 2602 | 1877 |
| | 30% | 351 | 745 | 701 | 692 | 453 | 1241 | 1688 | 1805 | 1608 | 1120 | 499 | 751 | 796 | 749 | 514 |
| | 50% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 667 | 694 | 758 | 612 | 490 | 210 | 284 | 296 | 267 | 224 |
| | 70% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 388 | 426 | 414 | 394 | 358 | 118 | 126 | 150 | 156 | 121 |
| | 90% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 21 | 193 | 103 | 296 | 72 | 72 | 90 | 89 | 72 | 64 |
| 14:00 | 10% | 1633 | 2016 | 2067 | 2158 | 1616 | 3583 | 4914 | 5015 | 4898 | 3556 | 1670 | 2364 | 2440 | 2380 | 1718 |
| | 30% | 336 | 714 | 672 | 663 | 434 | 913 | 1437 | 1623 | 1477 | 1017 | 469 | 673 | 723 | 676 | 477 |
| | 50% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 393 | 626 | 665 | 500 | 366 | 196 | 264 | 271 | 253 | 190 |
| | 70% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 262 | 393 | 383 | 365 | 379 | 108 | 115 | 127 | 117 | 94 |
| | 90% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 19 | 177 | 100 | 195 | 214 | 66 | 83 | 90 | 63 | 47 |
| 15:00 | 10% | 1507 | 1861 | 1908 | 1993 | 1492 | 3041 | 4171 | 4257 | 4158 | 3018 | 1429 | 2011 | 2087 | 2020 | 1454 |
| | 30% | 310 | 659 | 620 | 612 | 401 | 775 | 1220 | 1378 | 1254 | 864 | 388 | 571 | 627 | 583 | 410 |
| | 50% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 333 | 531 | 564 | 425 | 310 | 167 | 223 | 231 | 214 | 164 |
| | 70% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 222 | 333 | 325 | 310 | 322 | 92 | 98 | 106 | 108 | 92 |
| | 90% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 16 | 150 | 85 | 166 | 182 | 56 | 70 | 66 | 62 | 55 |
| 16:00 | 10% | 1306 | 1612 | 1653 | 1726 | 1292 | 2249 | 3064 | 3147 | 3074 | 2232 | 1054 | 1496 | 1538 | 1508 | 1075 |
| | 30% | 269 | 571 | 537 | 530 | 347 | 573 | 902 | 1019 | 927 | 638 | 303 | 420 | 457 | 425 | 297 |
| | 50% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 247 | 393 | 417 | 314 | 230 | 126 | 167 | 170 | 158 | 120 |
| | 70% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 164 | 247 | 241 | 229 | 238 | 68 | 72 | 90 | 75 | 56 |
| | 90% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 12 | 111 | 63 | 123 | 135 | 42 | 52 | 47 | 44 | 32 |
| 17:00 | 10% | 1042 | 1287 | 1319 | 1378 | 1031 | 1309 | 1878 | 1939 | 1930 | 1330 | 661 | 934 | 959 | 938 | 673 |
| | 30% | 214 | 456 | 429 | 423 | 277 | 355 | 551 | 609 | 591 | 449 | 191 | 266 | 287 | 271 | 190 |
| | 50% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 155 | 217 | 294 | 243 | 138 | 79 | 104 | 107 | 95 | 74 |
| | 70% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 138 | 150 | 113 | 115 | 106 | 43 | 45 | 52 | 49 | 36 |
| | 90% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 55 | 57 | 104 | 99 | 100 | 26 | 33 | 34 | 25 | 23 |

S1-40 north (without Shading Devices)

| Local time | WP | Clear Sky | | | | | Partly Cloudy Sky | | | | | Cloudy Sky | | | | |
|------------|-----|-----------|------|------|------|-----|-------------------|------|------|------|------|------------|------|------|------|------|
| | | R5 | R4 | R3 | R2 | R1 | R5 | R4 | R3 | R2 | R1 | R5 | R4 | R3 | R2 | R1 |
| 8:00 | 10% | 538 | 1069 | 1168 | 1013 | 644 | 778 | 1680 | 1783 | 1728 | 992 | 409 | 839 | 873 | 841 | 477 |
| | 30% | 179 | 302 | 477 | 189 | 154 | 287 | 511 | 557 | 516 | 317 | 147 | 234 | 262 | 240 | 151 |
| | 50% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 138 | 162 | 260 | 185 | 177 | 64 | 89 | 97 | 86 | 61 |
| | 70% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 103 | 142 | 143 | 107 | 125 | 34 | 38 | 44 | 40 | 33 |
| | 90% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 45 | 96 | 20 | 73 | 48 | 23 | 26 | 27 | 21 | 20 |
| 9:00 | 10% | 657 | 1306 | 1427 | 1238 | 788 | 1395 | 2658 | 2757 | 2645 | 1497 | 620 | 1273 | 1337 | 1285 | 732 |
| | 30% | 219 | 369 | 583 | 231 | 188 | 464 | 779 | 830 | 788 | 493 | 223 | 355 | 400 | 364 | 237 |
| | 50% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 216 | 370 | 385 | 419 | 262 | 98 | 135 | 148 | 130 | 92 |
| | 70% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 147 | 154 | 221 | 181 | 137 | 52 | 58 | 73 | 66 | 51 |
| | 90% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 11 | 118 | 53 | 84 | 74 | 35 | 39 | 39 | 31 | 30 |
| 10:00 | 10% | 734 | 1459 | 1594 | 1383 | 880 | 1769 | 3342 | 3433 | 3350 | 1927 | 791 | 1620 | 1687 | 1633 | 916 |
| | 30% | 244 | 412 | 652 | 258 | 210 | 588 | 969 | 1087 | 961 | 670 | 279 | 444 | 506 | 465 | 293 |
| | 50% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 274 | 475 | 526 | 502 | 348 | 124 | 189 | 187 | 166 | 124 |
| | 70% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 187 | 200 | 230 | 173 | 215 | 66 | 74 | 95 | 79 | 57 |
| | 90% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 13 | 94 | 132 | 192 | 97 | 45 | 49 | 49 | 49 | 36 |
| 11:00 | 10% | 785 | 1559 | 1703 | 1478 | 940 | 2041 | 3856 | 3960 | 3865 | 2223 | 909 | 1881 | 1938 | 1871 | 1054 |
| | 30% | 261 | 441 | 696 | 276 | 225 | 678 | 1118 | 1253 | 1109 | 773 | 321 | 518 | 592 | 549 | 345 |
| | 50% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 315 | 548 | 606 | 579 | 402 | 137 | 198 | 215 | 184 | 127 |
| | 70% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 215 | 231 | 285 | 199 | 248 | 76 | 86 | 103 | 87 | 74 |
| | 90% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 15 | 109 | 152 | 222 | 112 | 51 | 57 | 63 | 54 | 43 |
| 12:00 | 10% | 815 | 1619 | 1769 | 1534 | 976 | 2184 | 4126 | 4238 | 4136 | 2379 | 978 | 1978 | 2075 | 1987 | 1144 |
| | 30% | 271 | 458 | 723 | 286 | 233 | 726 | 1197 | 1341 | 1187 | 827 | 332 | 552 | 613 | 566 | 368 |
| | 50% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 338 | 586 | 649 | 619 | 430 | 153 | 209 | 229 | 206 | 154 |
| | 70% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 230 | 247 | 284 | 213 | 265 | 81 | 92 | 103 | 103 | 87 |
| | 90% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 17 | 116 | 163 | 238 | 119 | 55 | 61 | 64 | 63 | 55 |
| 13:00 | 10% | 808 | 1605 | 1754 | 1522 | 968 | 2143 | 4049 | 4159 | 4058 | 2334 | 954 | 1946 | 2038 | 1974 | 1119 |
| | 30% | 269 | 454 | 717 | 284 | 231 | 712 | 1174 | 1316 | 1165 | 812 | 337 | 557 | 606 | 555 | 358 |
| | 50% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 332 | 575 | 637 | 608 | 422 | 144 | 205 | 225 | 190 | 149 |
| | 70% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 226 | 242 | 276 | 209 | 260 | 79 | 89 | 112 | 97 | 72 |
| | 90% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 16 | 114 | 160 | 233 | 117 | 54 | 59 | 66 | 56 | 41 |
| 14:00 | 10% | 774 | 1538 | 1681 | 1458 | 928 | 1961 | 3704 | 3804 | 3712 | 2135 | 874 | 1790 | 1875 | 1799 | 1017 |
| | 30% | 257 | 435 | 687 | 272 | 222 | 651 | 1074 | 1204 | 1065 | 742 | 308 | 491 | 559 | 505 | 323 |
| | 50% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 304 | 526 | 582 | 556 | 386 | 137 | 189 | 205 | 188 | 133 |
| | 70% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 207 | 222 | 255 | 192 | 238 | 73 | 82 | 103 | 93 | 68 |
| | 90% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 15 | 104 | 146 | 213 | 107 | 49 | 55 | 55 | 55 | 40 |
| 15:00 | 10% | 715 | 1420 | 1551 | 1346 | 856 | 1664 | 3144 | 3229 | 3151 | 1813 | 738 | 1526 | 1596 | 1535 | 870 |
| | 30% | 238 | 402 | 634 | 251 | 205 | 557 | 929 | 1016 | 986 | 630 | 266 | 422 | 478 | 436 | 278 |
| | 50% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 258 | 441 | 494 | 342 | 327 | 117 | 158 | 176 | 154 | 119 |
| | 70% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 176 | 188 | 216 | 163 | 202 | 62 | 70 | 74 | 74 | 58 |
| | 90% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 13 | 88 | 176 | 181 | 54 | 42 | 46 | 46 | 42 | 40 |
| 16:00 | 10% | 619 | 1230 | 1344 | 1166 | 742 | 1231 | 2312 | 2454 | 2267 | 1325 | 559 | 1126 | 1181 | 1137 | 643 |
| | 30% | 206 | 348 | 549 | 218 | 177 | 409 | 674 | 768 | 632 | 483 | 197 | 315 | 353 | 335 | 208 |
| | 50% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 191 | 332 | 339 | 257 | 202 | 87 | 119 | 130 | 116 | 78 |
| | 70% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 130 | 136 | 144 | 183 | 95 | 46 | 52 | 58 | 59 | 44 |
| | 90% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 9 | 75 | 47 | 125 | 72 | 31 | 35 | 39 | 34 | 277 |
| 17:00 | 10% | 494 | 982 | 1073 | 931 | 592 | 669 | 1423 | 1525 | 1425 | 829 | 347 | 703 | 739 | 709 | 404 |
| | 30% | 164 | 278 | 438 | 174 | 141 | 268 | 431 | 474 | 422 | 294 | 127 | 195 | 228 | 204 | 129 |
| | 50% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 134 | 232 | 230 | 194 | 138 | 54 | 74 | 82 | 70 | 56 |
| | 70% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 90 | 117 | 148 | 111 | 68 | 29 | 32 | 39 | 36 | 26 |
| | 90% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 44 | 56 | 76 | 64 | 23 | 19 | 21 | 21 | 20 | 16 |

S1-70 north (with Shading Devices)

| Local time | WP | Clear Sky | | | | | Partly Cloudy Sky | | | | | Cloudy Sky | | | | |
|------------|-----|-----------|-----|-----|------|-----|-------------------|------|------|------|------|------------|------|------|------|-----|
| | | R5 | R4 | R3 | R2 | R1 | R5 | R4 | R3 | R2 | R1 | R5 | R4 | R3 | R2 | R1 |
| 8:00 | 10% | 472 | 559 | 596 | 566 | 475 | 802 | 992 | 1032 | 1007 | 820 | 352 | 454 | 463 | 452 | 376 |
| | 30% | 152 | 203 | 234 | 204 | 159 | 234 | 326 | 397 | 319 | 236 | 110 | 155 | 164 | 161 | 117 |
| | 50% | 84 | 111 | 87 | 92 | 67 | 143 | 189 | 153 | 162 | 97 | 52 | 64 | 70 | 70 | 52 |
| | 70% | 67 | 85 | 85 | 68 | 43 | 88 | 141 | 122 | 103 | 87 | 31 | 39 | 35 | 34 | 29 |
| | 90% | 17 | 54 | 27 | 40 | 18 | 6 | 55 | 94 | 10 | 0 | 18 | 26 | 29 | 24 | 18 |
| 9:00 | 10% | 572 | 674 | 753 | 901 | 623 | 1162 | 1431 | 1570 | 1440 | 1253 | 532 | 690 | 696 | 692 | 567 |
| | 30% | 144 | 44 | 45 | 144 | 78 | 351 | 609 | 596 | 587 | 454 | 162 | 236 | 248 | 240 | 183 |
| | 50% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 221 | 261 | 227 | 222 | 219 | 80 | 98 | 106 | 109 | 29 |
| | 70% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 85 | 173 | 211 | 221 | 138 | 47 | 60 | 59 | 58 | 46 |
| | 90% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 10 | 128 | 147 | 138 | 76 | 27 | 39 | 39 | 30 | 24 |
| 10:00 | 10% | 639 | 753 | 841 | 1006 | 696 | 1469 | 1861 | 1879 | 1869 | 1546 | 674 | 871 | 881 | 862 | 715 |
| | 30% | 161 | 49 | 50 | 161 | 87 | 445 | 692 | 705 | 774 | 599 | 206 | 292 | 325 | 297 | 223 |
| | 50% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 280 | 339 | 291 | 355 | 274 | 101 | 124 | 134 | 137 | 100 |
| | 70% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 108 | 213 | 233 | 280 | 190 | 60 | 75 | 75 | 77 | 66 |
| | 90% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 13 | 187 | 187 | 121 | 101 | 35 | 50 | 46 | 48 | 34 |
| 11:00 | 10% | 686 | 810 | 904 | 1082 | 748 | 1695 | 2147 | 2168 | 2156 | 1784 | 775 | 1012 | 1018 | 1018 | 827 |
| | 30% | 173 | 53 | 54 | 173 | 94 | 513 | 799 | 814 | 893 | 691 | 237 | 337 | 374 | 348 | 258 |
| | 50% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 323 | 391 | 335 | 409 | 316 | 116 | 142 | 155 | 157 | 121 |
| | 70% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 124 | 246 | 269 | 323 | 219 | 69 | 86 | 95 | 89 | 65 |
| | 90% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 15 | 215 | 215 | 139 | 117 | 40 | 57 | 60 | 54 | 43 |
| 12:00 | 10% | 708 | 836 | 933 | 116 | 772 | 1814 | 2297 | 2320 | 2307 | 1909 | 829 | 1082 | 1089 | 1089 | 885 |
| | 30% | 179 | 54 | 56 | 179 | 97 | 549 | 855 | 871 | 956 | 739 | 254 | 360 | 400 | 372 | 276 |
| | 50% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 346 | 418 | 359 | 438 | 338 | 124 | 152 | 165 | 168 | 129 |
| | 70% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 133 | 263 | 288 | 346 | 234 | 74 | 92 | 101 | 95 | 70 |
| | 90% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 16 | 230 | 230 | 149 | 125 | 43 | 61 | 64 | 58 | 46 |
| 13:00 | 10% | 703 | 829 | 925 | 1107 | 766 | 1780 | 2254 | 2277 | 2264 | 1873 | 813 | 1062 | 1069 | 1068 | 868 |
| | 30% | 117 | 54 | 55 | 177 | 96 | 539 | 839 | 854 | 938 | 726 | 249 | 353 | 392 | 365 | 270 |
| | 50% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 339 | 410 | 352 | 430 | 332 | 122 | 149 | 162 | 165 | 127 |
| | 70% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 131 | 258 | 282 | 339 | 230 | 72 | 90 | 99 | 94 | 68 |
| | 90% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 16 | 226 | 226 | 146 | 123 | 42 | 60 | 63 | 57 | 45 |
| 14:00 | 10% | 673 | 794 | 886 | 1061 | 734 | 1628 | 2062 | 2082 | 2071 | 1714 | 745 | 962 | 973 | 975 | 790 |
| | 30% | 170 | 52 | 53 | 170 | 92 | 493 | 767 | 781 | 858 | 664 | 228 | 323 | 359 | 328 | 247 |
| | 50% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 310 | 375 | 322 | 393 | 303 | 112 | 137 | 149 | 151 | 110 |
| | 70% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 119 | 236 | 258 | 310 | 210 | 66 | 83 | 87 | 85 | 73 |
| | 90% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 14 | 207 | 207 | 134 | 112 | 38 | 55 | 51 | 53 | 38 |
| 15:00 | 10% | 621 | 733 | 818 | 979 | 677 | 1382 | 1750 | 1768 | 1758 | 1455 | 634 | 814 | 820 | 826 | 681 |
| | 30% | 157 | 48 | 49 | 157 | 85 | 418 | 651 | 663 | 728 | 563 | 194 | 276 | 289 | 280 | 208 |
| | 50% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 263 | 318 | 274 | 334 | 258 | 95 | 117 | 126 | 116 | 98 |
| | 70% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 101 | 201 | 219 | 263 | 178 | 56 | 70 | 77 | 67 | 48 |
| | 90% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 12 | 176 | 176 | 114 | 95 | 33 | 46 | 49 | 39 | 35 |
| 16:00 | 10% | 538 | 635 | 709 | 848 | 587 | 1082 | 1343 | 1362 | 1237 | 1073 | 474 | 610 | 613 | 613 | 505 |
| | 30% | 136 | 41 | 42 | 136 | 74 | 321 | 515 | 478 | 491 | 365 | 148 | 206 | 223 | 215 | 158 |
| | 50% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 195 | 195 | 204 | 233 | 150 | 70 | 86 | 94 | 92 | 69 |
| | 70% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 75 | 163 | 159 | 78 | 132 | 42 | 53 | 55 | 54 | 41 |
| | 90% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 9 | 69 | 128 | 74 | 2 | 24 | 34 | 34 | 25 | 23 |
| 17:00 | 10% | 430 | 507 | 566 | 677 | 468 | 653 | 810 | 781 | 860 | 642 | 296 | 385 | 385 | 387 | 307 |
| | 30% | 108 | 33 | 34 | 108 | 59 | 193 | 334 | 307 | 329 | 202 | 92 | 129 | 142 | 134 | 98 |
| | 50% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 110 | 156 | 122 | 120 | 117 | 44 | 54 | 59 | 57 | 45 |
| | 70% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 81 | 120 | 104 | 103 | 58 | 26 | 33 | 31 | 32 | 24 |
| | 90% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 30 | 58 | 77 | 36 | 44 | 15 | 21 | 21 | 17 | 14 |

S1-60 north (with Shading Devices)

| Local time | WP | Clear Sky | | | | | Partly Cloudy Sky | | | | | Cloudy Sky | | | | |
|------------|-----|-----------|-----|-----|-----|-----|-------------------|------|------|------|------|------------|-----|-----|-----|-----|
| | | R5 | R4 | R3 | R2 | R1 | R5 | R4 | R3 | R2 | R1 | R5 | R4 | R3 | R2 | R1 |
| 8:00 | 10% | 402 | 586 | 485 | 626 | 403 | 585 | 813 | 782 | 654 | 605 | 270 | 384 | 389 | 386 | 292 |
| | 30% | 94 | 94 | 94 | 101 | 94 | 178 | 322 | 316 | 281 | 224 | 87 | 131 | 140 | 131 | 93 |
| | 50% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 112 | 151 | 120 | 131 | 76 | 42 | 53 | 53 | 52 | 40 |
| | 70% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 77 | 111 | 98 | 109 | 69 | 24 | 28 | 36 | 27 | 25 |
| | 90% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 28 | 69 | 37 | 42 | 20 | 14 | 20 | 20 | 19 | 15 |
| 9:00 | 10% | 440 | 716 | 593 | 626 | 455 | 836 | 1278 | 1228 | 1228 | 943 | 409 | 578 | 589 | 574 | 449 |
| | 30% | 115 | 0 | 79 | 115 | 52 | 377 | 505 | 497 | 464 | 363 | 133 | 198 | 211 | 200 | 140 |
| | 50% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 175 | 184 | 176 | 228 | 118 | 64 | 81 | 81 | 82 | 61 |
| | 70% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 97 | 164 | 168 | 132 | 165 | 37 | 41 | 49 | 48 | 36 |
| | 90% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 8 | 43 | 42 | 105 | 109 | 22 | 31 | 31 | 24 | 21 |
| 10:00 | 10% | 492 | 800 | 663 | 700 | 508 | 1137 | 1568 | 1555 | 1483 | 1135 | 520 | 737 | 736 | 732 | 569 |
| | 30% | 128 | 0 | 88 | 128 | 59 | 460 | 599 | 656 | 567 | 422 | 170 | 243 | 267 | 244 | 171 |
| | 50% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 164 | 223 | 249 | 224 | 179 | 81 | 104 | 104 | 96 | 83 |
| | 70% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 211 | 151 | 192 | 223 | 177 | 47 | 53 | 64 | 50 | 48 |
| | 90% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 11 | 43 | 124 | 148 | 103 | 28 | 40 | 42 | 39 | 27 |
| 11:00 | 10% | 528 | 860 | 712 | 752 | 546 | 1312 | 1783 | 1826 | 1827 | 1353 | 597 | 842 | 847 | 844 | 649 |
| | 30% | 138 | 0 | 95 | 138 | 63 | 531 | 688 | 691 | 786 | 524 | 185 | 277 | 301 | 288 | 200 |
| | 50% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 189 | 257 | 278 | 337 | 216 | 94 | 119 | 119 | 119 | 89 |
| | 70% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 244 | 174 | 200 | 245 | 204 | 54 | 61 | 69 | 67 | 49 |
| | 90% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 12 | 48 | 171 | 160 | 97 | 32 | 45 | 42 | 39 | 29 |
| 12:00 | 10% | 545 | 888 | 735 | 776 | 564 | 1396 | 1905 | 1997 | 2046 | 1426 | 639 | 900 | 908 | 902 | 701 |
| | 30% | 142 | 0 | 98 | 142 | 65 | 492 | 738 | 809 | 730 | 590 | 198 | 296 | 323 | 308 | 221 |
| | 50% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 272 | 300 | 276 | 285 | 237 | 100 | 127 | 127 | 127 | 102 |
| | 70% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 261 | 257 | 219 | 262 | 91 | 58 | 65 | 63 | 74 | 58 |
| | 90% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 13 | 30 | 153 | 176 | 39 | 34 | 48 | 48 | 48 | 36 |
| 13:00 | 10% | 541 | 881 | 729 | 770 | 559 | 1370 | 1869 | 1959 | 2008 | 1400 | 627 | 883 | 889 | 888 | 681 |
| | 30% | 141 | 0 | 97 | 141 | 64 | 482 | 724 | 794 | 717 | 579 | 194 | 291 | 316 | 302 | 209 |
| | 50% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 267 | 295 | 270 | 280 | 233 | 98 | 125 | 125 | 125 | 92 |
| | 70% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 256 | 252 | 215 | 257 | 89 | 57 | 63 | 75 | 73 | 61 |
| | 90% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 13 | 29 | 150 | 173 | 38 | 33 | 48 | 47 | 44 | 33 |
| 14:00 | 10% | 518 | 844 | 698 | 737 | 536 | 1260 | 1713 | 1754 | 1754 | 1299 | 574 | 809 | 814 | 816 | 624 |
| | 30% | 135 | 0 | 93 | 135 | 62 | 510 | 661 | 664 | 755 | 503 | 178 | 267 | 290 | 277 | 192 |
| | 50% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 181 | 247 | 267 | 324 | 207 | 90 | 114 | 114 | 115 | 85 |
| | 70% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 234 | 167 | 193 | 235 | 196 | 52 | 58 | 63 | 69 | 55 |
| | 90% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 12 | 46 | 164 | 153 | 93 | 31 | 44 | 46 | 39 | 29 |
| 15:00 | 10% | 478 | 779 | 645 | 681 | 494 | 1125 | 1465 | 1476 | 1599 | 1151 | 489 | 692 | 703 | 692 | 537 |
| | 30% | 125 | 0 | 86 | 125 | 57 | 384 | 554 | 589 | 560 | 334 | 160 | 229 | 254 | 230 | 168 |
| | 50% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 208 | 209 | 225 | 210 | 209 | 77 | 96 | 96 | 94 | 75 |
| | 70% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 199 | 142 | 140 | 135 | 110 | 44 | 49 | 64 | 48 | 42 |
| | 90% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 10 | 42 | 116 | 121 | 134 | 26 | 37 | 39 | 32 | 25 |
| 16:00 | 10% | 414 | 675 | 559 | 590 | 428 | 737 | 1127 | 1093 | 1057 | 830 | 361 | 510 | 519 | 512 | 396 |
| | 30% | 108 | 0 | 74 | 108 | 49 | 333 | 446 | 445 | 395 | 287 | 117 | 175 | 186 | 176 | 125 |
| | 50% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 155 | 162 | 155 | 203 | 141 | 57 | 72 | 72 | 72 | 54 |
| | 70% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 85 | 145 | 148 | 117 | 145 | 33 | 37 | 45 | 42 | 32 |
| | 90% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 7 | 38 | 37 | 92 | 96 | 19 | 27 | 27 | 21 | 19 |
| 17:00 | 10% | 370 | 538 | 445 | 575 | 370 | 488 | 653 | 670 | 712 | 528 | 226 | 326 | 328 | 320 | 245 |
| | 30% | 86 | 86 | 86 | 92 | 86 | 149 | 258 | 282 | 259 | 182 | 73 | 110 | 115 | 111 | 79 |
| | 50% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 94 | 126 | 100 | 119 | 86 | 35 | 45 | 45 | 44 | 34 |
| | 70% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 65 | 94 | 93 | 96 | 67 | 20 | 23 | 26 | 26 | 19 |
| | 90% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 24 | 47 | 30 | 37 | 25 | 12 | 17 | 17 | 13 | 11 |

S1-50 north (with Shading Devices)

| Local time | WP | Clear Sky | | | | | Partly Cloudy Sky | | | | | Cloudy Sky | | | | |
|------------|-----|-----------|------|------|------|-----|-------------------|------|------|------|------|------------|------|------|------|------|
| | | R5 | R4 | R3 | R2 | R1 | R5 | R4 | R3 | R2 | R1 | R5 | R4 | R3 | R2 | R1 |
| 8:00 | 10% | 447 | 934 | 915 | 925 | 530 | 962 | 1387 | 1387 | 1429 | 1041 | 485 | 673 | 688 | 680 | 491 |
| | 30% | 241 | 279 | 207 | 372 | 149 | 270 | 532 | 559 | 524 | 377 | 152 | 222 | 245 | 218 | 161 |
| | 50% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 158 | 183 | 206 | 240 | 161 | 75 | 89 | 92 | 97 | 69 |
| | 70% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 173 | 164 | 179 | 152 | 176 | 41 | 46 | 48 | 45 | 40 |
| | 90% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 9 | 43 | 85 | 8 | 68 | 25 | 33 | 35 | 25 | 25 |
| 9:00 | 10% | 546 | 1141 | 1119 | 1131 | 648 | 1529 | 2161 | 2174 | 2149 | 1595 | 725 | 1031 | 1047 | 1051 | 758 |
| | 30% | 295 | 341 | 253 | 455 | 183 | 532 | 823 | 828 | 830 | 541 | 289 | 338 | 358 | 336 | 234 |
| | 50% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 241 | 280 | 305 | 362 | 270 | 115 | 137 | 141 | 135 | 93 |
| | 70% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 266 | 270 | 189 | 273 | 233 | 62 | 70 | 76 | 67 | 55 |
| | 90% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 13 | 30 | 184 | 93 | 174 | 37 | 50 | 53 | 43 | 33 |
| 10:00 | 10% | 610 | 1275 | 1250 | 1263 | 723 | 1939 | 2740 | 2757 | 2725 | 2023 | 922 | 1299 | 1328 | 1310 | 954 |
| | 30% | 329 | 381 | 283 | 508 | 204 | 675 | 1044 | 1050 | 1052 | 686 | 291 | 422 | 455 | 426 | 297 |
| | 50% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 306 | 355 | 396 | 459 | 343 | 145 | 173 | 181 | 186 | 135 |
| | 70% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 337 | 342 | 240 | 347 | 295 | 79 | 88 | 85 | 97 | 69 |
| | 90% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 17 | 38 | 234 | 118 | 220 | 47 | 63 | 71 | 48 | 41 |
| 11:00 | 10% | 656 | 1370 | 1343 | 1358 | 778 | 2344 | 3046 | 3202 | 3318 | 2328 | 1085 | 1504 | 1523 | 1506 | 1093 |
| | 30% | 354 | 409 | 304 | 546 | 219 | 773 | 1343 | 1267 | 1092 | 786 | 330 | 475 | 510 | 481 | 320 |
| | 50% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 353 | 444 | 448 | 529 | 331 | 170 | 199 | 205 | 187 | 166 |
| | 70% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 389 | 277 | 280 | 312 | 383 | 93 | 97 | 99 | 110 | 88 |
| | 90% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 20 | 57 | 233 | 27 | 83 | 54 | 72 | 76 | 66 | 46 |
| 12:00 | 10% | 677 | 1414 | 1387 | 1401 | 802 | 2509 | 3259 | 3427 | 3551 | 2491 | 1161 | 1609 | 1631 | 1588 | 1165 |
| | 30% | 365 | 422 | 314 | 563 | 226 | 827 | 1437 | 1356 | 1169 | 841 | 353 | 508 | 545 | 512 | 354 |
| | 50% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 378 | 472 | 479 | 566 | 354 | 182 | 215 | 217 | 204 | 183 |
| | 70% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 416 | 296 | 300 | 334 | 410 | 99 | 99 | 122 | 126 | 90 |
| | 90% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 21 | 61 | 249 | 29 | 89 | 58 | 77 | 77 | 54 | 46 |
| 13:00 | 10% | 671 | 1403 | 1375 | 1390 | 796 | 2462 | 3198 | 3363 | 3485 | 2444 | 1139 | 1578 | 1600 | 1567 | 1143 |
| | 30% | 362 | 419 | 311 | 559 | 224 | 812 | 1410 | 1331 | 1147 | 825 | 347 | 498 | 535 | 502 | 347 |
| | 50% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 371 | 466 | 471 | 555 | 347 | 178 | 206 | 212 | 200 | 179 |
| | 70% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 408 | 291 | 294 | 328 | 402 | 97 | 97 | 120 | 123 | 89 |
| | 90% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 21 | 60 | 245 | 29 | 87 | 57 | 76 | 76 | 53 | 45 |
| 14:00 | 10% | 643 | 1344 | 1318 | 1332 | 763 | 2149 | 2873 | 3166 | 3126 | 2242 | 1043 | 1446 | 1467 | 1443 | 1040 |
| | 30% | 347 | 401 | 298 | 535 | 215 | 736 | 1157 | 1131 | 1206 | 735 | 318 | 457 | 490 | 463 | 334 |
| | 50% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 390 | 393 | 428 | 509 | 291 | 163 | 191 | 198 | 212 | 158 |
| | 70% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 373 | 379 | 265 | 271 | 255 | 89 | 94 | 116 | 110 | 90 |
| | 90% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 19 | 42 | 259 | 17 | 69 | 52 | 70 | 74 | 63 | 41 |
| 15:00 | 10% | 594 | 1241 | 1216 | 1229 | 704 | 1824 | 2577 | 2594 | 2564 | 1903 | 867 | 1221 | 1248 | 1224 | 898 |
| | 30% | 321 | 370 | 275 | 494 | 199 | 635 | 982 | 988 | 989 | 645 | 274 | 397 | 430 | 406 | 280 |
| | 50% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 288 | 333 | 363 | 432 | 322 | 137 | 162 | 169 | 175 | 137 |
| | 70% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 317 | 321 | 225 | 326 | 277 | 74 | 83 | 80 | 91 | 64 |
| | 90% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 15 | 36 | 220 | 111 | 207 | 44 | 59 | 59 | 45 | 38 |
| 16:00 | 10% | 514 | 1075 | 1054 | 1065 | 610 | 1477 | 1845 | 1987 | 1959 | 1366 | 641 | 914 | 927 | 911 | 673 |
| | 30% | 278 | 321 | 239 | 428 | 172 | 537 | 731 | 756 | 706 | 519 | 202 | 290 | 311 | 293 | 198 |
| | 50% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 245 | 247 | 269 | 247 | 213 | 101 | 121 | 124 | 114 | 84 |
| | 70% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 234 | 222 | 295 | 222 | 161 | 55 | 62 | 73 | 59 | 57 |
| | 90% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 12 | 50 | 117 | 153 | 46 | 33 | 44 | 49 | 39 | 31 |
| 17:00 | 10% | 410 | 858 | 841 | 850 | 487 | 908 | 1161 | 1187 | 1169 | 843 | 403 | 570 | 572 | 573 | 420 |
| | 30% | 222 | 256 | 190 | 342 | 137 | 283 | 442 | 494 | 470 | 311 | 129 | 194 | 202 | 192 | 132 |
| | 50% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 129 | 153 | 158 | 197 | 137 | 63 | 75 | 77 | 72 | 54 |
| | 70% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 95 | 137 | 146 | 115 | 136 | 34 | 38 | 44 | 42 | 35 |
| | 90% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 7 | 38 | 22 | 91 | 95 | 21 | 27 | 27 | 24 | 18 |

S1-40 north (with Shading Devices)

| Local time | WP | Clear Sky | | | | | Partly Cloudy Sky | | | | | Cloudy Sky | | | | |
|------------|-----|-----------|------|------|------|-----|-------------------|------|------|-------|------|------------|------|------|------|-----|
| | | R5 | R4 | R3 | R2 | R1 | R5 | R4 | R3 | R2 | R1 | R5 | R4 | R3 | R2 | R1 |
| 8:00 | 10% | 277 | 673 | 800 | 737 | 326 | 543 | 1136 | 1177 | 1193 | 665 | 251 | 536 | 560 | 537 | 301 |
| | 30% | 179 | 184 | 267 | 193 | 100 | 220 | 381 | 473 | 441 | 246 | 106 | 178 | 194 | 181 | 112 |
| | 50% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 117 | 183 | 145 | 164 | 138 | 50 | 61 | 73 | 65 | 49 |
| | 70% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 83 | 136 | 117 | 127 | 89 | 28 | 32 | 35 | 32 | 31 |
| | 90% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 7 | 45 | 49 | 89 | 42 | 18 | 24 | 24 | 23 | 16 |
| 9:00 | 10% | 338 | 822 | 978 | 901 | 399 | 653 | 1688 | 1729 | 1696 | 945 | 382 | 820 | 845 | 826 | 457 |
| | 30% | 219 | 225 | 326 | 236 | 122 | 425 | 651 | 673 | 560 | 398 | 161 | 252 | 292 | 259 | 162 |
| | 50% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 153 | 221 | 221 | 224 | 221 | 76 | 93 | 111 | 110 | 68 |
| | 70% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 142 | 184 | 179 | 181 | 151 | 43 | 49 | 57 | 58 | 45 |
| | 90% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 11 | 104 | 85 | 19 | 73 | 28 | 37 | 37 | 30 | 23 |
| 10:00 | 10% | 378 | 918 | 1093 | 1006 | 445 | 1081 | 2159 | 2192 | 2142 | 1246 | 495 | 1031 | 1072 | 1048 | 577 |
| | 30% | 244 | 252 | 364 | 263 | 137 | 538 | 882 | 911 | 835 | 543 | 202 | 320 | 369 | 329 | 216 |
| | 50% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 194 | 280 | 304 | 348 | 198 | 97 | 119 | 140 | 129 | 91 |
| | 70% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 180 | 233 | 282 | 184 | 126 | 54 | 62 | 73 | 71 | 62 |
| | 90% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 13 | 121 | 122 | 173 | 45 | 35 | 47 | 44 | 43 | 34 |
| 11:00 | 10% | 404 | 981 | 1167 | 1075 | 476 | 1247 | 2491 | 2529 | 2471 | 1437 | 569 | 1195 | 1220 | 1201 | 671 |
| | 30% | 261 | 269 | 389 | 281 | 146 | 621 | 1018 | 1051 | 964 | 627 | 232 | 365 | 417 | 382 | 236 |
| | 50% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 224 | 323 | 351 | 401 | 228 | 111 | 135 | 161 | 156 | 107 |
| | 70% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 208 | 269 | 326 | 212 | 145 | 62 | 70 | 84 | 78 | 64 |
| | 90% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 15 | 140 | 140 | 200 | 52 | 40 | 54 | 54 | 52 | 40 |
| 12:00 | 10% | 419 | 1019 | 1212 | 1116 | 494 | 1335 | 2666 | 2706 | 2644 | 1538 | 584 | 1271 | 1316 | 1272 | 723 |
| | 30% | 271 | 279 | 404 | 292 | 151 | 655 | 1089 | 1125 | 1031 | 671 | 246 | 398 | 438 | 402 | 261 |
| | 50% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 240 | 346 | 376 | 429 | 244 | 119 | 145 | 172 | 157 | 110 |
| | 70% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 222 | 288 | 349 | 227 | 156 | 67 | 76 | 94 | 75 | 66 |
| | 90% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 17 | 149 | 150 | 214 | 56 | 43 | 57 | 53 | 58 | 39 |
| 13:00 | 10% | 416 | 1010 | 1202 | 1107 | 490 | 1310 | 2616 | 2656 | 2595 | 1509 | 597 | 1251 | 1292 | 1261 | 710 |
| | 30% | 269 | 277 | 401 | 290 | 150 | 652 | 1069 | 1104 | 10119 | 656 | 244 | 384 | 435 | 394 | 257 |
| | 50% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 235 | 339 | 369 | 421 | 239 | 117 | 145 | 170 | 150 | 116 |
| | 70% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 218 | 283 | 342 | 223 | 153 | 65 | 74 | 85 | 89 | 60 |
| | 90% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 16 | 147 | 147 | 210 | 55 | 42 | 56 | 56 | 56 | 42 |
| 14:00 | 10% | 398 | 968 | 1152 | 1061 | 469 | 1196 | 2393 | 2429 | 2373 | 1380 | 547 | 1148 | 1173 | 1147 | 643 |
| | 30% | 257 | 265 | 384 | 278 | 144 | 597 | 978 | 1010 | 926 | 602 | 223 | 351 | 401 | 363 | 231 |
| | 50% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 215 | 310 | 337 | 365 | 219 | 107 | 130 | 154 | 139 | 112 |
| | 70% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 200 | 259 | 313 | 204 | 140 | 60 | 68 | 82 | 73 | 52 |
| | 90% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 15 | 134 | 135 | 192 | 50 | 39 | 52 | 52 | 44 | 38 |
| 15:00 | 10% | 368 | 894 | 1063 | 979 | 433 | 1017 | 2031 | 2048 | 2055 | 1155 | 455 | 966 | 1007 | 978 | 546 |
| | 30% | 238 | 245 | 354 | 256 | 133 | 506 | 743 | 840 | 786 | 494 | 191 | 298 | 339 | 309 | 196 |
| | 50% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 183 | 263 | 263 | 327 | 200 | 91 | 111 | 132 | 117 | 82 |
| | 70% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 170 | 215 | 212 | 229 | 91 | 51 | 58 | 71 | 69 | 52 |
| | 90% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 13 | 114 | 140 | 11 | 0 | 33 | 44 | 43 | 39 | 32 |
| 16:00 | 10% | 319 | 774 | 921 | 848 | 375 | 760 | 1446 | 1555 | 1582 | 907 | 338 | 723 | 745 | 723 | 408 |
| | 30% | 206 | 212 | 307 | 222 | 115 | 292 | 602 | 664 | 577 | 412 | 142 | 232 | 255 | 230 | 146 |
| | 50% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 165 | 195 | 201 | 192 | 189 | 68 | 83 | 98 | 86 | 65 |
| | 70% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 125 | 93 | 157 | 148 | 110 | 38 | 43 | 46 | 49 | 39 |
| | 90% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 9 | 43 | 127 | 61 | 65 | 24 | 32 | 30 | 24 | 22 |
| 17:00 | 10% | 254 | 618 | 735 | 677 | 300 | 433 | 897 | 957 | 958 | 527 | 209 | 450 | 407 | 452 | 254 |
| | 30% | 164 | 169 | 245 | 177 | 92 | 197 | 335 | 369 | 331 | 230 | 89 | 150 | 166 | 151 | 95 |
| | 50% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 80 | 113 | 126 | 120 | 95 | 42 | 52 | 61 | 60 | 39 |
| | 70% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 79 | 109 | 89 | 64 | 68 | 24 | 27 | 33 | 31 | 24 |
| | 90% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 39 | 61 | 40 | 71 | 49 | 15 | 20 | 19 | 19 | 14 |

P3-60 north (with Shading Devices).

| Local time | WP | Clear Sky | | | | | Partly Cloudy Sky | | | | | Cloudy Sky | | | | |
|------------|-----|-----------|-----|-----|-----|----|-------------------|------|------|-----|-----|------------|-----|-----|-----|----|
| | | R5 | R4 | R3 | R2 | R1 | R5 | R4 | R3 | R2 | R1 | R5 | R4 | R3 | R2 | R1 |
| 8:00 | 10% | 457 | 503 | 430 | 216 | 0 | 605 | 629 | 690 | 148 | 0 | 291 | 295 | 320 | 87 | 1 |
| | 30% | 149 | 0 | 103 | 0 | 0 | 240 | 282 | 294 | 106 | 54 | 89 | 126 | 98 | 57 | 13 |
| | 50% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 114 | 62 | 89 | 92 | 2 | 37 | 48 | 48 | 27 | 14 |
| | 70% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 76 | 98 | 65 | 52 | 9 | 21 | 24 | 25 | 18 | 12 |
| | 90% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 2 | 0 | 0 | 59 | 13 | 18 | 17 | 11 | 10 |
| 9:00 | 10% | 559 | 615 | 526 | 265 | 0 | 928 | 954 | 1010 | 273 | 0 | 434 | 456 | 491 | 134 | 1 |
| | 30% | 183 | 0 | 126 | 0 | 0 | 191 | 409 | 317 | 153 | 27 | 133 | 188 | 159 | 83 | 19 |
| | 50% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 146 | 110 | 143 | 69 | 11 | 62 | 79 | 68 | 50 | 20 |
| | 70% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 165 | 95 | 100 | 143 | 79 | 36 | 36 | 33 | 31 | 15 |
| | 90% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 6 | 87 | 124 | 13 | 0 | 22 | 27 | 30 | 17 | 10 |
| 10:00 | 10% | 625 | 687 | 588 | 296 | 0 | 1170 | 1181 | 1295 | 405 | 0 | 550 | 574 | 615 | 163 | 3 |
| | 30% | 204 | 0 | 140 | 0 | 0 | 401 | 479 | 407 | 328 | 77 | 169 | 221 | 188 | 107 | 28 |
| | 50% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 104 | 255 | 147 | 118 | 68 | 73 | 99 | 78 | 63 | 22 |
| | 70% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 118 | 186 | 132 | 111 | 0 | 46 | 60 | 49 | 36 | 14 |
| | 90% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 10 | 75 | 186 | 104 | 68 | 19 | 43 | 25 | 24 | 13 |
| 11:00 | 10% | 671 | 736 | 631 | 318 | 0 | 1300 | 1458 | 1477 | 467 | 0 | 645 | 662 | 710 | 197 | 3 |
| | 30% | 219 | 0 | 151 | 0 | 0 | 545 | 562 | 641 | 285 | 74 | 208 | 267 | 231 | 124 | 32 |
| | 50% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 270 | 273 | 170 | 142 | 87 | 78 | 115 | 90 | 64 | 28 |
| | 70% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 252 | 178 | 143 | 11 | 72 | 60 | 45 | 54 | 43 | 17 |
| | 90% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 117 | 180 | 136 | 118 | 0 | 27 | 49 | 33 | 20 | 17 |
| 12:00 | 10% | 693 | 762 | 652 | 328 | 0 | 1513 | 1458 | 1626 | 432 | 0 | 686 | 705 | 742 | 201 | 5 |
| | 30% | 226 | 0 | 156 | 0 | 0 | 393 | 831 | 559 | 288 | 79 | 217 | 289 | 244 | 131 | 28 |
| | 50% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 171 | 287 | 113 | 165 | 114 | 95 | 114 | 104 | 71 | 25 |
| | 70% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 260 | 190 | 146 | 20 | 6 | 58 | 71 | 51 | 55 | 31 |
| | 90% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 30 | 8 | 52 | 136 | 74 | 39 | 35 | 48 | 18 | 10 |
| 13:00 | 10% | 687 | 756 | 646 | 325 | 0 | 1359 | 1458 | 1596 | 419 | 0 | 673 | 691 | 728 | 190 | 5 |
| | 30% | 224 | 0 | 154 | 0 | 0 | 559 | 680 | 662 | 346 | 50 | 213 | 282 | 248 | 129 | 28 |
| | 50% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 284 | 367 | 295 | 172 | 92 | 93 | 112 | 103 | 70 | 24 |
| | 70% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 276 | 286 | 143 | 19 | 72 | 57 | 70 | 59 | 32 | 24 |
| | 90% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 9 | 16 | 105 | 0 | 6 | 38 | 34 | 42 | 19 | 20 |
| 14:00 | 10% | 658 | 724 | 619 | 312 | 0 | 1298 | 1283 | 1464 | 388 | 0 | 620 | 622 | 679 | 176 | 1 |
| | 30% | 215 | 0 | 148 | 0 | 0 | 444 | 699 | 598 | 393 | 0 | 182 | 264 | 218 | 126 | 23 |
| | 50% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 280 | 264 | 369 | 131 | 28 | 85 | 110 | 94 | 68 | 21 |
| | 70% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 200 | 156 | 182 | 112 | 0 | 53 | 58 | 54 | 49 | 22 |
| | 90% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 29 | 168 | 47 | 9 | 0 | 28 | 42 | 30 | 28 | 20 |
| 15:00 | 10% | 608 | 668 | 572 | 283 | 0 | 1106 | 1111 | 1218 | 322 | 0 | 525 | 541 | 567 | 153 | 2 |
| | 30% | 199 | 0 | 137 | 0 | 0 | 461 | 523 | 417 | 328 | 22 | 156 | 217 | 190 | 109 | 25 |
| | 50% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 165 | 273 | 213 | 212 | 14 | 74 | 94 | 81 | 56 | 19 |
| | 70% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 110 | 142 | 175 | 178 | 47 | 45 | 46 | 48 | 36 | 12 |
| | 90% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 9 | 0 | 0 | 110 | 56 | 35 | 30 | 27 | 20 | 12 |
| 16:00 | 10% | 526 | 579 | 485 | 249 | 0 | 821 | 809 | 888 | 206 | 0 | 389 | 400 | 428 | 114 | 3 |
| | 30% | 172 | 0 | 118 | 0 | 0 | 293 | 354 | 385 | 231 | 33 | 113 | 161 | 138 | 73 | 18 |
| | 50% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 165 | 165 | 152 | 91 | 82 | 50 | 80 | 60 | 31 | 17 |
| | 70% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 103 | 95 | 57 | 71 | 3 | 26 | 40 | 35 | 27 | 17 |
| | 90% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 40 | 0 | 69 | 6 | 4 | 19 | 25 | 25 | 16 | 11 |
| 17:00 | 10% | 420 | 462 | 395 | 199 | 0 | 504 | 488 | 568 | 127 | 0 | 246 | 257 | 270 | 71 | 2 |
| | 30% | 137 | 0 | 94 | 0 | 0 | 216 | 246 | 215 | 97 | 8 | 77 | 102 | 87 | 51 | 11 |
| | 50% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 104 | 61 | 104 | 62 | 40 | 29 | 37 | 34 | 21 | 13 |
| | 70% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 64 | 77 | 42 | 51 | 15 | 19 | 20 | 16 | 21 | 7 |
| | 90% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 96 | 49 | 17 | 29 | 11 | 12 | 14 | 11 | 9 |

P2-50 north (with Shading Devices)

| Local time | WP | Clear Sky | | | | | Partly Cloudy Sky | | | | | Cloudy Sky | | | | |
|------------|-----|-----------|------|-----|------|------|-------------------|------|------|------|------|------------|------|-----|------|------|
| | | R5 | R4 | R3 | R2 | R1 | R5 | R4 | R3 | R2 | R1 | R5 | R4 | R3 | R2 | R1 |
| 8:00 | 10% | 476 | 700 | 510 | 700 | 700 | 846 | 1085 | 849 | 1120 | 917 | 436 | 567 | 433 | 546 | 449 |
| | 30% | 149 | 233 | 233 | 227 | 188 | 301 | 397 | 411 | 438 | 303 | 146 | 205 | 244 | 211 | 137 |
| | 50% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 157 | 182 | 182 | 173 | 122 | 45 | 92 | 92 | 113 | 54 |
| | 70% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 102 | 122 | 105 | 118 | 108 | 35 | 61 | 63 | 69 | 52 |
| | 90% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 109 | 50 | 122 | 61 | 31 | 10 | 31 | 32 | 39 | 6 |
| 9:00 | 10% | 582 | 856 | 624 | 856 | 856 | 1301 | 1774 | 1365 | 1763 | 1422 | 642 | 835 | 644 | 813 | 689 |
| | 30% | 183 | 285 | 285 | 278 | 230 | 516 | 572 | 684 | 619 | 541 | 205 | 263 | 280 | 266 | 204 |
| | 50% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 222 | 220 | 280 | 256 | 221 | 85 | 107 | 128 | 96 | 89 |
| | 70% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 167 | 218 | 216 | 213 | 140 | 46 | 70 | 60 | 59 | 50 |
| | 90% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 174 | 120 | 151 | 105 | 3 | 35 | 32 | 49 | 31 | 33 |
| 10:00 | 10% | 650 | 956 | 697 | 956 | 956 | 1639 | 2067 | 1610 | 2076 | 1803 | 815 | 1044 | 804 | 1037 | 858 |
| | 30% | 204 | 319 | 319 | 310 | 256 | 682 | 679 | 945 | 715 | 606 | 250 | 332 | 368 | 328 | 262 |
| | 50% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 242 | 354 | 344 | 250 | 236 | 111 | 148 | 147 | 147 | 104 |
| | 70% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 219 | 273 | 297 | 245 | 195 | 67 | 80 | 83 | 75 | 61 |
| | 90% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 18 | 202 | 80 | 103 | 164 | 44 | 43 | 58 | 40 | 37 |
| 11:00 | 10% | 699 | 1028 | 749 | 1028 | 1028 | 1828 | 2405 | 1978 | 2506 | 2186 | 939 | 1205 | 926 | 1193 | 998 |
| | 30% | 219 | 343 | 343 | 334 | 276 | 586 | 981 | 946 | 899 | 686 | 295 | 385 | 405 | 386 | 316 |
| | 50% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 344 | 459 | 431 | 379 | 335 | 112 | 154 | 179 | 147 | 127 |
| | 70% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 271 | 389 | 337 | 390 | 261 | 85 | 87 | 100 | 88 | 75 |
| | 90% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 138 | 179 | 179 | 37 | 204 | 49 | 50 | 67 | 60 | 53 |
| 12:00 | 10% | 722 | 1061 | 773 | 1061 | 1061 | 2158 | 2647 | 2116 | 2708 | 2159 | 1015 | 1291 | 985 | 1279 | 1063 |
| | 30% | 226 | 354 | 354 | 344 | 285 | 770 | 1009 | 1053 | 962 | 799 | 300 | 394 | 444 | 414 | 302 |
| | 50% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 263 | 295 | 436 | 514 | 431 | 140 | 178 | 188 | 182 | 154 |
| | 70% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 292 | 294 | 365 | 281 | 250 | 75 | 88 | 86 | 103 | 74 |
| | 90% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 145 | 0 | 154 | 31 | 141 | 43 | 50 | 68 | 67 | 43 |
| 13:00 | 10% | 716 | 1052 | 766 | 1052 | 1052 | 2201 | 2504 | 2093 | 2702 | 2093 | 907 | 1152 | 897 | 1154 | 950 |
| | 30% | 224 | 351 | 351 | 342 | 282 | 829 | 671 | 1179 | 1002 | 662 | 279 | 352 | 394 | 374 | 300 |
| | 50% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 174 | 379 | 427 | 426 | 286 | 109 | 168 | 177 | 172 | 128 |
| | 70% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 266 | 409 | 412 | 297 | 226 | 67 | 84 | 97 | 84 | 68 |
| | 90% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 11 | 90 | 86 | 267 | 144 | 37 | 65 | 68 | 47 | 41 |
| 14:00 | 10% | 686 | 1008 | 734 | 1008 | 1008 | 1883 | 2422 | 1849 | 2300 | 1873 | 907 | 1152 | 897 | 1154 | 950 |
| | 30% | 215 | 336 | 336 | 327 | 270 | 674 | 804 | 943 | 870 | 747 | 279 | 362 | 394 | 374 | 300 |
| | 50% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 273 | 379 | 463 | 386 | 260 | 109 | 168 | 177 | 172 | 128 |
| | 70% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 151 | 276 | 293 | 150 | 71 | 67 | 84 | 97 | 84 | 68 |
| | 90% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 121 | 15 | 93 | 133 | 4 | 37 | 65 | 68 | 47 | 41 |
| 15:00 | 10% | 633 | 930 | 678 | 930 | 930 | 1566 | 2022 | 1705 | 2048 | 1616 | 779 | 984 | 769 | 975 | 810 |
| | 30% | 199 | 310 | 310 | 302 | 250 | 658 | 773 | 874 | 735 | 592 | 239 | 319 | 331 | 312 | 252 |
| | 50% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 212 | 307 | 333 | 238 | 266 | 120 | 152 | 152 | 125 | 104 |
| | 70% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 119 | 281 | 222 | 215 | 163 | 60 | 85 | 91 | 75 | 67 |
| | 90% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 4 | 186 | 82 | 205 | 58 | 34 | 45 | 48 | 45 | 36 |
| 16:00 | 10% | 548 | 806 | 587 | 806 | 806 | 1144 | 1511 | 1158 | 1482 | 1254 | 568 | 737 | 558 | 723 | 608 |
| | 30% | 172 | 269 | 269 | 262 | 216 | 438 | 582 | 591 | 526 | 437 | 184 | 230 | 257 | 233 | 184 |
| | 50% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 156 | 216 | 247 | 190 | 164 | 83 | 107 | 122 | 90 | 80 |
| | 70% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 169 | 167 | 188 | 158 | 155 | 48 | 61 | 65 | 56 | 48 |
| | 90% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3 | 8 | 31 | 162 | 159 | 25 | 33 | 38 | 33 | 24 |
| 17:00 | 10% | 438 | 643 | 469 | 643 | 643 | 731 | 966 | 739 | 893 | 778 | 351 | 454 | 345 | 449 | 374 |
| | 30% | 137 | 214 | 214 | 209 | 173 | 280 | 352 | 405 | 338 | 242 | 115 | 144 | 160 | 146 | 117 |
| | 50% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 100 | 112 | 153 | 150 | 150 | 53 | 67 | 76 | 55 | 48 |
| | 70% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 86 | 85 | 133 | 118 | 89 | 28 | 32 | 41 | 28 | 27 |
| | 90% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 91 | 51 | 50 | 101 | 76 | 14 | 18 | 21 | 22 | 17 |

P2-40 north (with Shading Devices)

| Local time | WP | Clear Sky | | | | | Partly Cloudy Sky | | | | | Cloudy Sky | | | | |
|------------|-----|-----------|-----|-----|------|------|-------------------|------|------|------|------|------------|------|-----|------|------|
| | | R5 | R4 | R3 | R2 | R1 | R5 | R4 | R3 | R2 | R1 | R5 | R4 | R3 | R2 | R1 |
| 8:00 | 10% | 574 | 665 | 548 | 816 | 700 | 844 | 1095 | 760 | 1179 | 884 | 409 | 546 | 334 | 539 | 437 |
| | 30% | 233 | 197 | 336 | 372 | 188 | 316 | 407 | 431 | 366 | 263 | 135 | 174 | 177 | 179 | 142 |
| | 50% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 122 | 177 | 176 | 154 | 127 | 62 | 69 | 81 | 65 | 58 |
| | 70% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 137 | 61 | 124 | 70 | 63 | 32 | 33 | 43 | 43 | 34 |
| | 90% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 56 | 16 | 86 | 62 | 3 | 19 | 19 | 30 | 20 | 21 |
| 9:00 | 10% | 701 | 812 | 669 | 998 | 856 | 1254 | 1644 | 1104 | 1634 | 1312 | 613 | 818 | 510 | 822 | 664 |
| | 30% | 285 | 240 | 411 | 455 | 230 | 512 | 577 | 600 | 623 | 511 | 201 | 264 | 282 | 265 | 212 |
| | 50% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 177 | 186 | 220 | 270 | 266 | 88 | 104 | 127 | 106 | 75 |
| | 70% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 159 | 129 | 226 | 173 | 93 | 43 | 68 | 57 | 59 | 53 |
| | 90% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 179 | 156 | 89 | 93 | 137 | 37 | 44 | 38 | 43 | 33 |
| 10:00 | 10% | 783 | 908 | 748 | 115 | 956 | 1639 | 2204 | 1356 | 2240 | 1696 | 789 | 1027 | 651 | 1040 | 839 |
| | 30% | 319 | 268 | 459 | 508 | 256 | 546 | 749 | 756 | 720 | 655 | 249 | 323 | 332 | 332 | 269 |
| | 50% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 213 | 267 | 353 | 244 | 246 | 110 | 146 | 147 | 127 | 121 |
| | 70% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 335 | 223 | 242 | 135 | 209 | 69 | 72 | 83 | 73 | 49 |
| | 90% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 8 | 83 | 152 | 15 | 160 | 26 | 44 | 51 | 46 | 43 |
| 11:00 | 10% | 842 | 975 | 804 | 1198 | 1028 | 1892 | 2385 | 1578 | 2468 | 2056 | 894 | 1190 | 751 | 1176 | 978 |
| | 30% | 343 | 288 | 493 | 546 | 276 | 658 | 940 | 932 | 895 | 742 | 292 | 370 | 382 | 385 | 300 |
| | 50% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 273 | 307 | 409 | 398 | 274 | 120 | 174 | 161 | 146 | 130 |
| | 70% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 239 | 329 | 269 | 281 | 268 | 67 | 76 | 92 | 77 | 58 |
| | 90% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 10 | 225 | 55 | 145 | 58 | 41 | 58 | 54 | 56 | 46 |
| 12:00 | 10% | 869 | 957 | 804 | 1198 | 1028 | 2171 | 2653 | 1800 | 2823 | 2279 | 962 | 1268 | 798 | 1271 | 1032 |
| | 30% | 343 | 288 | 493 | 546 | 276 | 800 | 888 | 970 | 827 | 809 | 321 | 393 | 424 | 396 | 336 |
| | 50% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 499 | 332 | 438 | 313 | 371 | 125 | 155 | 181 | 148 | 152 |
| | 70% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 281 | 287 | 377 | 273 | 292 | 87 | 105 | 93 | 95 | 75 |
| | 90% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 282 | 10 | 236 | 146 | 68 | 45 | 67 | 63 | 53 | 41 |
| 13:00 | 10% | 862 | 999 | 823 | 1227 | 1052 | 2058 | 2670 | 1691 | 2724 | 2010 | 938 | 1248 | 788 | 1234 | 1017 |
| | 30% | 351 | 295 | 505 | 559 | 282 | 741 | 1008 | 1048 | 1036 | 654 | 306 | 389 | 400 | 402 | 314 |
| | 50% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 345 | 364 | 416 | 397 | 286 | 125 | 183 | 169 | 153 | 136 |
| | 70% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 156 | 419 | 233 | 286 | 286 | 70 | 81 | 98 | 98 | 61 |
| | 90% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 142 | 106 | 273 | 29 | 5 | 43 | 61 | 57 | 53 | 50 |
| 14:00 | 10% | 825 | 957 | 788 | 1175 | 1008 | 1811 | 2311 | 1568 | 2375 | 1879 | 866 | 1149 | 733 | 1149 | 930 |
| | 30% | 336 | 283 | 484 | 535 | 270 | 561 | 891 | 922 | 828 | 664 | 281 | 379 | 370 | 361 | 284 |
| | 50% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 262 | 298 | 381 | 373 | 343 | 103 | 146 | 147 | 151 | 120 |
| | 70% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 233 | 252 | 137 | 261 | 248 | 57 | 87 | 75 | 87 | 77 |
| | 90% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 133 | 176 | 56 | 252 | 131 | 51 | 49 | 49 | 55 | 44 |
| 15:00 | 10% | 762 | 883 | 728 | 1085 | 930 | 1589 | 2039 | 1391 | 1940 | 1621 | 745 | 979 | 613 | 961 | 785 |
| | 30% | 318 | 261 | 447 | 494 | 250 | 672 | 717 | 744 | 841 | 646 | 241 | 305 | 328 | 310 | 252 |
| | 50% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 222 | 404 | 333 | 239 | 232 | 106 | 136 | 124 | 140 | 97 |
| | 70% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 215 | 268 | 217 | 214 | 205 | 60 | 66 | 76 | 69 | 58 |
| | 90% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 192 | 31 | 40 | 207 | 51 | 32 | 44 | 48 | 48 | 34 |
| 16:00 | 10% | 660 | 765 | 630 | 940 | 806 | 1134 | 1508 | 989 | 1637 | 1243 | 547 | 741 | 450 | 718 | 586 |
| | 30% | 269 | 226 | 367 | 428 | 216 | 413 | 503 | 546 | 495 | 389 | 181 | 235 | 239 | 240 | 187 |
| | 50% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 165 | 166 | 173 | 245 | 182 | 79 | 84 | 93 | 101 | 74 |
| | 70% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 138 | 167 | 184 | 149 | 104 | 38 | 54 | 62 | 48 | 40 |
| | 90% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 73 | 59 | 26 | 22 | 159 | 27 | 36 | 28 | 25 | 31 |
| 17:00 | 10% | 527 | 611 | 503 | 750 | 643 | 705 | 943 | 622 | 873 | 794 | 342 | 454 | 280 | 447 | 366 |
| | 30% | 214 | 181 | 309 | 342 | 173 | 230 | 350 | 376 | 329 | 272 | 110 | 148 | 157 | 149 | 119 |
| | 50% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 101 | 145 | 148 | 105 | 86 | 40 | 54 | 62 | 67 | 44 |
| | 70% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 90 | 97 | 85 | 70 | 90 | 26 | 31 | 27 | 33 | 25 |
| | 90% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 52 | 2 | 33 | 96 | 75 | 18 | 21 | 24 | 23 | 14 |

P3-40 north (with Shading Devices)

| Local time | WP | Clear Sky | | | | | Partly Cloudy Sky | | | | | Cloudy Sky | | | | |
|------------|-----|-----------|-----|-----|-----|-----|-------------------|-----|------|-----|------|------------|-----|-----|-----|-----|
| | | R5 | R4 | R3 | R2 | R1 | R5 | R4 | R3 | R2 | R1 | R5 | R4 | R3 | R2 | R1 |
| 8:00 | 10% | 319 | 225 | 334 | 156 | 323 | 537 | 359 | 587 | 315 | 564 | 251 | 162 | 285 | 144 | 262 |
| | 30% | 119 | 118 | 118 | 138 | 95 | 150 | 204 | 217 | 223 | 201 | 69 | 95 | 90 | 87 | 71 |
| | 50% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 26 | 96 | 47 | 53 | 59 | 33 | 41 | 48 | 42 | 32 |
| | 70% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 61 | 94 | 115 | 61 | 40 | 15 | 21 | 25 | 20 | 21 |
| | 90% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 31 | 31 | 59 | 32 | 47 | 13 | 15 | 18 | 11 | 10 |
| 9:00 | 10% | 427 | 384 | 571 | 296 | 494 | 784 | 610 | 963 | 480 | 846 | 375 | 253 | 426 | 222 | 393 |
| | 30% | 0 | 0 | 183 | 0 | 84 | 249 | 332 | 298 | 301 | 251 | 105 | 136 | 141 | 134 | 111 |
| | 50% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 156 | 114 | 150 | 100 | 127 | 50 | 61 | 72 | 65 | 49 |
| | 70% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 87 | 174 | 108 | 13 | 96 | 18 | 33 | 44 | 35 | 21 |
| | 90% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 86 | 91 | 64 | 13 | 5 | 21 | 20 | 28 | 25 | 16 |
| 10:00 | 10% | 477 | 429 | 637 | 330 | 562 | 1049 | 638 | 1100 | 549 | 1031 | 475 | 347 | 540 | 268 | 500 |
| | 30% | 0 | 0 | 204 | 0 | 93 | 358 | 390 | 416 | 360 | 367 | 131 | 165 | 169 | 175 | 137 |
| | 50% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 124 | 161 | 236 | 125 | 197 | 54 | 72 | 92 | 77 | 62 |
| | 70% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 151 | 161 | 200 | 198 | 109 | 41 | 41 | 56 | 37 | 33 |
| | 90% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 7 | 0 | 24 | 110 | 24 | 29 | 28 | 26 | 23 |
| 11:00 | 10% | 513 | 461 | 685 | 355 | 593 | 1158 | 872 | 1295 | 760 | 1201 | 555 | 371 | 612 | 310 | 577 |
| | 30% | 0 | 0 | 219 | 0 | 100 | 455 | 511 | 582 | 451 | 316 | 147 | 196 | 198 | 194 | 158 |
| | 50% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 207 | 127 | 304 | 362 | 206 | 65 | 98 | 97 | 105 | 57 |
| | 70% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 242 | 185 | 140 | 146 | 79 | 46 | 51 | 49 | 41 | 36 |
| | 90% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 222 | 178 | 119 | 0 | 16 | 37 | 45 | 35 | 28 |
| 12:00 | 10% | 529 | 476 | 707 | 367 | 612 | 1289 | 940 | 1385 | 548 | 1352 | 588 | 404 | 661 | 328 | 615 |
| | 30% | 0 | 0 | 226 | 0 | 104 | 406 | 488 | 472 | 527 | 464 | 164 | 203 | 214 | 211 | 170 |
| | 50% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 175 | 242 | 256 | 146 | 191 | 71 | 97 | 105 | 98 | 76 |
| | 70% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 11 | 149 | 181 | 282 | 89 | 47 | 50 | 61 | 53 | 49 |
| | 90% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 279 | 41 | 146 | 10 | 136 | 17 | 43 | 34 | 29 | 17 |
| 13:00 | 10% | 525 | 472 | 701 | 364 | 607 | 1210 | 872 | 1360 | 666 | 1332 | 577 | 398 | 640 | 320 | 593 |
| | 30% | 0 | 0 | 224 | 0 | 103 | 430 | 470 | 383 | 440 | 443 | 165 | 201 | 205 | 207 | 162 |
| | 50% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 33 | 187 | 332 | 76 | 97 | 75 | 94 | 84 | 89 | 89 |
| | 70% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 265 | 154 | 238 | 143 | 154 | 29 | 68 | 51 | 52 | 39 |
| | 90% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 132 | 135 | 48 | 134 | 0 | 23 | 47 | 30 | 38 | 25 |
| 14:00 | 10% | 503 | 452 | 672 | 348 | 581 | 1042 | 726 | 1264 | 603 | 1184 | 516 | 368 | 597 | 302 | 552 |
| | 30% | 0 | 0 | 215 | 0 | 98 | 346 | 378 | 367 | 546 | 393 | 149 | 196 | 197 | 187 | 149 |
| | 50% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 165 | 365 | 152 | 207 | 264 | 57 | 93 | 78 | 98 | 71 |
| | 70% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 140 | 148 | 249 | 243 | 60 | 43 | 40 | 44 | 58 | 31 |
| | 90% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 131 | 93 | 132 | 0 | 23 | 31 | 26 | 30 | 23 |
| 15:00 | 10% | 464 | 418 | 620 | 322 | 537 | 939 | 766 | 1000 | 624 | 1030 | 446 | 323 | 500 | 258 | 471 |
| | 30% | 0 | 0 | 199 | 0 | 91 | 392 | 234 | 358 | 399 | 258 | 133 | 154 | 166 | 159 | 122 |
| | 50% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 85 | 196 | 255 | 225 | 134 | 61 | 78 | 86 | 80 | 66 |
| | 70% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 205 | 130 | 134 | 119 | 111 | 36 | 42 | 41 | 33 | 29 |
| | 90% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 5 | 105 | 14 | 60 | 24 | 30 | 37 | 20 | 27 |
| 16:00 | 10% | 402 | 362 | 537 | 279 | 465 | 695 | 456 | 740 | 376 | 740 | 332 | 238 | 371 | 192 | 345 |
| | 30% | 0 | 0 | 172 | 0 | 79 | 236 | 292 | 226 | 225 | 276 | 90 | 123 | 122 | 122 | 101 |
| | 50% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 16 | 99 | 151 | 75 | 49 | 42 | 54 | 59 | 54 | 45 |
| | 70% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 146 | 103 | 154 | 158 | 69 | 27 | 35 | 30 | 31 | 27 |
| | 90% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 2 | 82 | 3 | 18 | 17 | 22 | 21 | 16 |
| 17:00 | 10% | 321 | 289 | 429 | 222 | 371 | 430 | 297 | 442 | 275 | 510 | 206 | 139 | 241 | 117 | 219 |
| | 30% | 0 | 0 | 137 | 0 | 63 | 117 | 187 | 169 | 187 | 135 | 59 | 76 | 81 | 75 | 58 |
| | 50% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 11 | 100 | 147 | 66 | 63 | 27 | 34 | 45 | 35 | 25 |
| | 70% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 26 | 92 | 51 | 51 | 82 | 19 | 20 | 20 | 21 | 17 |
| | 90% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 44 | 43 | 42 | 5 | 51 | 12 | 12 | 17 | 14 | 7 |

S1-70 south (without Shading Devices)

| Local time | WP | Clear Sky | | | | | Partly Cloudy Sky | | | | | Cloudy Sky | | | | |
|------------|-----|-----------|------|------|------|------|-------------------|------|------|------|------|------------|------|------|------|------|
| | | R1 | R2 | R3 | R4 | R5 | R1 | R2 | R3 | R4 | R5 | R1 | R2 | R3 | R4 | R5 |
| 8:00 | 90% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 34 | 92 | 40 | 78 | 79 | 28 | 34 | 40 | 34 | 29 |
| | 70% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 142 | 175 | 203 | 184 | 155 | 45 | 64 | 67 | 66 | 53 |
| | 50% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 260 | 293 | 369 | 310 | 285 | 93 | 129 | 140 | 130 | 99 |
| | 30% | 615 | 685 | 708 | 610 | 361 | 510 | 704 | 786 | 739 | 519 | 255 | 350 | 376 | 363 | 258 |
| | 10% | 1641 | 2005 | 2026 | 2010 | 1778 | 1941 | 2467 | 2520 | 2461 | 2003 | 957 | 1220 | 1255 | 1223 | 973 |
| 9:00 | 90% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 140 | 227 | 188 | 166 | 163 | 48 | 54 | 59 | 56 | 47 |
| | 70% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 197 | 263 | 247 | 257 | 270 | 74 | 103 | 106 | 96 | 75 |
| | 50% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 407 | 551 | 587 | 530 | 353 | 147 | 188 | 212 | 196 | 154 |
| | 30% | 522 | 581 | 601 | 518 | 307 | 782 | 1125 | 1140 | 1151 | 786 | 375 | 528 | 565 | 532 | 388 |
| | 10% | 1394 | 1702 | 1721 | 1707 | 1510 | 2973 | 3770 | 3793 | 3688 | 3026 | 1456 | 1838 | 1893 | 1860 | 1482 |
| 10:00 | 90% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 178 | 288 | 238 | 210 | 207 | 67 | 80 | 76 | 74 | 56 |
| | 70% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 249 | 334 | 313 | 326 | 342 | 103 | 114 | 134 | 115 | 107 |
| | 50% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 516 | 698 | 745 | 672 | 448 | 173 | 240 | 268 | 245 | 192 |
| | 30% | 583 | 650 | 671 | 579 | 342 | 991 | 1427 | 1445 | 1460 | 997 | 475 | 676 | 722 | 696 | 480 |
| | 10% | 1557 | 1901 | 1922 | 1906 | 1687 | 3769 | 4780 | 4809 | 4676 | 3839 | 1844 | 2347 | 2391 | 2338 | 1867 |
| 11:00 | 90% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 256 | 205 | 273 | 254 | 318 | 63 | 78 | 71 | 86 | 72 |
| | 70% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 312 | 325 | 408 | 354 | 395 | 118 | 132 | 159 | 139 | 102 |
| | 50% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 595 | 767 | 848 | 634 | 494 | 199 | 275 | 309 | 282 | 227 |
| | 30% | 627 | 698 | 722 | 622 | 368 | 1144 | 1646 | 1798 | 1758 | 1280 | 546 | 777 | 831 | 778 | 581 |
| | 10% | 1673 | 2044 | 2066 | 2049 | 1813 | 4349 | 5515 | 5661 | 5569 | 4432 | 2121 | 2698 | 2749 | 2698 | 2154 |
| 12:00 | 90% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 274 | 219 | 292 | 271 | 340 | 77 | 95 | 95 | 86 | 66 |
| | 70% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 334 | 348 | 436 | 379 | 422 | 115 | 151 | 164 | 144 | 117 |
| | 50% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 637 | 842 | 907 | 679 | 529 | 213 | 299 | 331 | 318 | 238 |
| | 30% | 647 | 720 | 745 | 642 | 380 | 1224 | 1762 | 1914 | 1861 | 1370 | 584 | 826 | 913 | 832 | 598 |
| | 10% | 1727 | 2109 | 2132 | 2115 | 1871 | 4654 | 5902 | 6058 | 5960 | 4743 | 2269 | 2883 | 2908 | 2887 | 2305 |
| 13:00 | 90% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 269 | 215 | 286 | 266 | 334 | 75 | 94 | 94 | 85 | 64 |
| | 70% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 328 | 342 | 428 | 372 | 414 | 113 | 148 | 161 | 141 | 115 |
| | 50% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 625 | 826 | 890 | 666 | 519 | 208 | 293 | 325 | 312 | 233 |
| | 30% | 642 | 715 | 739 | 637 | 377 | 1201 | 1729 | 1878 | 1846 | 1344 | 573 | 810 | 895 | 816 | 586 |
| | 10% | 1713 | 2092 | 2115 | 2098 | 1856 | 4567 | 5791 | 5944 | 5848 | 4654 | 2225 | 2828 | 2853 | 2832 | 2261 |
| 14:00 | 90% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 197 | 319 | 264 | 233 | 230 | 73 | 81 | 82 | 72 | 69 |
| | 70% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 276 | 370 | 347 | 361 | 379 | 113 | 127 | 153 | 134 | 107 |
| | 50% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 571 | 774 | 825 | 745 | 497 | 191 | 265 | 297 | 271 | 214 |
| | 30% | 615 | 685 | 708 | 610 | 361 | 1098 | 1581 | 1652 | 1618 | 1105 | 525 | 747 | 798 | 734 | 534 |
| | 10% | 1641 | 2005 | 2026 | 2010 | 1778 | 4177 | 5297 | 5329 | 5182 | 4254 | 2038 | 2593 | 2642 | 2602 | 2074 |
| 15:00 | 90% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 167 | 271 | 224 | 198 | 195 | 69 | 71 | 66 | 58 | 59 |
| | 70% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 235 | 314 | 295 | 306 | 322 | 96 | 107 | 135 | 114 | 100 |
| | 50% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 485 | 657 | 700 | 632 | 422 | 162 | 225 | 252 | 230 | 182 |
| | 30% | 567 | 632 | 653 | 564 | 333 | 932 | 1342 | 1390 | 1373 | 936 | 447 | 635 | 671 | 640 | 463 |
| | 10% | 1515 | 1851 | 1871 | 1855 | 1641 | 3546 | 4497 | 4524 | 4399 | 3611 | 1734 | 2206 | 2249 | 2201 | 1752 |
| 16:00 | 90% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 124 | 200 | 165 | 146 | 124 | 45 | 48 | 54 | 53 | 42 |
| | 70% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 173 | 240 | 218 | 226 | 238 | 68 | 93 | 86 | 87 | 70 |
| | 50% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 359 | 486 | 518 | 468 | 312 | 129 | 180 | 188 | 172 | 137 |
| | 30% | 491 | 548 | 566 | 488 | 289 | 669 | 993 | 1095 | 1015 | 693 | 331 | 467 | 498 | 470 | 342 |
| | 10% | 1312 | 1603 | 1620 | 1607 | 1422 | 2622 | 3325 | 3345 | 3252 | 2670 | 1286 | 1624 | 1672 | 1643 | 1309 |
| 17:00 | 90% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 175 | 284 | 235 | 207 | 204 | 25 | 27 | 29 | 33 | 25 |
| | 70% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 246 | 330 | 309 | 321 | 337 | 42 | 51 | 56 | 51 | 46 |
| | 50% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 509 | 689 | 734 | 663 | 442 | 77 | 107 | 117 | 105 | 82 |
| | 30% | 392 | 437 | 452 | 390 | 230 | 978 | 1406 | 1426 | 1440 | 963 | 214 | 294 | 316 | 296 | 217 |
| | 10% | 1047 | 1280 | 1293 | 1283 | 1135 | 3718 | 4715 | 4745 | 4612 | 3767 | 803 | 1023 | 1053 | 1021 | 815 |

S1-60 south (without Shading Devices)

| Local time | WP | Clear Sky | | | | | Partly Cloudy Sky | | | | | Cloudy Sky | | | | |
|------------|-----|-----------|------|------|------|------|-------------------|------|------|------|------|------------|------|------|------|------|
| | | R1 | R2 | R3 | R4 | R5 | R1 | R2 | R3 | R4 | R5 | R1 | R2 | R3 | R4 | R5 |
| 8:00 | 90% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 97 | 91 | 115 | 53 | 66 | 28 | 31 | 40 | 32 | 26 |
| | 70% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 157 | 150 | 182 | 172 | 142 | 45 | 62 | 67 | 66 | 53 |
| | 50% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 216 | 329 | 348 | 304 | 247 | 92 | 128 | 135 | 129 | 91 |
| | 30% | 425 | 476 | 469 | 424 | 233 | 499 | 744 | 792 | 670 | 551 | 243 | 344 | 372 | 360 | 245 |
| | 10% | 936 | 1393 | 1408 | 1396 | 1081 | 1727 | 2437 | 2577 | 2468 | 1836 | 885 | 1214 | 1254 | 1216 | 905 |
| 9:00 | 90% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 134 | 94 | 176 | 199 | 101 | 46 | 54 | 55 | 56 | 44 |
| | 70% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 272 | 272 | 280 | 233 | 172 | 69 | 96 | 106 | 93 | 73 |
| | 50% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 332 | 429 | 543 | 417 | 348 | 139 | 181 | 206 | 189 | 152 |
| | 30% | 519 | 581 | 573 | 518 | 285 | 754 | 1122 | 1303 | 1127 | 843 | 356 | 522 | 564 | 527 | 372 |
| | 10% | 1144 | 1702 | 1721 | 1707 | 1321 | 2545 | 3734 | 3947 | 3810 | 2817 | 1346 | 1835 | 1893 | 1850 | 1379 |
| 10:00 | 90% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 170 | 119 | 224 | 252 | 128 | 70 | 70 | 62 | 62 | 59 |
| | 70% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 345 | 345 | 356 | 296 | 218 | 98 | 113 | 133 | 122 | 98 |
| | 50% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 421 | 544 | 689 | 528 | 441 | 168 | 233 | 261 | 244 | 182 |
| | 30% | 580 | 650 | 640 | 579 | 319 | 969 | 1423 | 1652 | 1429 | 1070 | 452 | 667 | 706 | 671 | 471 |
| | 10% | 1278 | 1902 | 1922 | 1906 | 1475 | 3354 | 4734 | 5005 | 4831 | 3572 | 1704 | 2332 | 2385 | 2339 | 1751 |
| 11:00 | 90% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 196 | 281 | 194 | 273 | 206 | 72 | 73 | 88 | 80 | 59 |
| | 70% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 398 | 409 | 407 | 350 | 363 | 101 | 135 | 146 | 133 | 107 |
| | 50% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 485 | 628 | 795 | 596 | 508 | 191 | 274 | 297 | 275 | 205 |
| | 30% | 623 | 698 | 688 | 622 | 343 | 1118 | 1641 | 1905 | 1656 | 1070 | 514 | 752 | 828 | 771 | 535 |
| | 10% | 1373 | 2044 | 2066 | 2049 | 1586 | 3859 | 5462 | 5774 | 5566 | 4078 | 1941 | 2660 | 2692 | 2664 | 1991 |
| 12:00 | 90% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 210 | 300 | 208 | 292 | 220 | 77 | 95 | 95 | 86 | 63 |
| | 70% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 426 | 438 | 435 | 374 | 388 | 109 | 145 | 158 | 143 | 115 |
| | 50% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 519 | 672 | 850 | 638 | 543 | 206 | 296 | 321 | 304 | 223 |
| | 30% | 643 | 720 | 710 | 642 | 354 | 1196 | 1756 | 2039 | 1772 | 1145 | 555 | 812 | 895 | 815 | 578 |
| | 10% | 1417 | 2109 | 2132 | 2115 | 1637 | 4141 | 5845 | 6179 | 5957 | 4365 | 2096 | 2873 | 2906 | 2877 | 2150 |
| 13:00 | 90% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 206 | 295 | 204 | 286 | 216 | 75 | 94 | 94 | 85 | 62 |
| | 70% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 418 | 430 | 427 | 367 | 381 | 107 | 142 | 155 | 141 | 113 |
| | 50% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 509 | 659 | 835 | 626 | 533 | 203 | 291 | 315 | 297 | 217 |
| | 30% | 638 | 715 | 704 | 637 | 351 | 1174 | 1723 | 2001 | 1739 | 1124 | 545 | 796 | 878 | 798 | 567 |
| | 10% | 1406 | 2092 | 2115 | 2098 | 1623 | 4063 | 5736 | 6064 | 5845 | 4283 | 2056 | 2818 | 2851 | 2822 | 2109 |
| 14:00 | 90% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 188 | 132 | 248 | 280 | 142 | 70 | 70 | 85 | 77 | 57 |
| | 70% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 382 | 382 | 394 | 328 | 241 | 98 | 130 | 142 | 129 | 104 |
| | 50% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 456 | 603 | 763 | 585 | 489 | 186 | 266 | 289 | 267 | 199 |
| | 30% | 611 | 685 | 675 | 610 | 336 | 1074 | 1576 | 1830 | 1584 | 1185 | 499 | 729 | 803 | 748 | 519 |
| | 10% | 1347 | 2005 | 2026 | 2010 | 1555 | 3717 | 5246 | 5546 | 5354 | 3959 | 1883 | 2581 | 2611 | 2585 | 1932 |
| 15:00 | 90% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 160 | 112 | 210 | 237 | 120 | 60 | 59 | 68 | 60 | 60 |
| | 70% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 325 | 324 | 334 | 278 | 205 | 83 | 118 | 116 | 118 | 81 |
| | 50% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 396 | 512 | 648 | 497 | 415 | 170 | 227 | 245 | 216 | 162 |
| | 30% | 564 | 632 | 623 | 564 | 310 | 911 | 1338 | 1554 | 1345 | 1006 | 424 | 622 | 677 | 629 | 428 |
| | 10% | 1243 | 1851 | 1871 | 1855 | 1436 | 3155 | 4453 | 4708 | 4545 | 3360 | 1602 | 2185 | 2235 | 2187 | 1641 |
| 16:00 | 90% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 118 | 83 | 156 | 176 | 89 | 39 | 54 | 54 | 53 | 40 |
| | 70% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 240 | 240 | 247 | 206 | 151 | 71 | 85 | 86 | 82 | 64 |
| | 50% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 292 | 379 | 479 | 367 | 307 | 120 | 167 | 182 | 167 | 129 |
| | 30% | 489 | 548 | 540 | 488 | 269 | 674 | 989 | 1149 | 994 | 744 | 315 | 461 | 497 | 466 | 329 |
| | 10% | 1077 | 1600 | 1620 | 1607 | 1244 | 2333 | 3293 | 3481 | 3380 | 2485 | 1189 | 1621 | 1672 | 1634 | 1218 |
| 17:00 | 90% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 87 | 78 | 108 | 65 | 63 | 24 | 29 | 31 | 32 | 24 |
| | 70% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 111 | 123 | 153 | 153 | 88 | 41 | 52 | 55 | 50 | 44 |
| | 50% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 181 | 275 | 296 | 226 | 206 | 75 | 98 | 114 | 101 | 76 |
| | 30% | 390 | 437 | 431 | 390 | 214 | 417 | 591 | 657 | 634 | 460 | 202 | 288 | 308 | 293 | 208 |
| | 10% | 860 | 1280 | 1293 | 1283 | 993 | 1443 | 2037 | 2154 | 2063 | 1535 | 742 | 1015 | 1038 | 1023 | 760 |

S1-50 south (without Shading Devices)

| Local time | WP | Clear Sky | | | | | Partly Cloudy Sky | | | | | Cloudy Sky | | | | |
|------------|-----|-----------|------|------|------|------|-------------------|------|------|------|------|------------|------|------|------|------|
| | | R1 | R2 | R3 | R4 | R5 | R1 | R2 | R3 | R4 | R5 | R1 | R2 | R3 | R4 | R5 |
| 8:00 | 90% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 14 | 106 | 94 | 56 | 109 | 29 | 40 | 32 | 32 | 30 |
| | 70% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 138 | 158 | 183 | 174 | 139 | 47 | 60 | 64 | 69 | 46 |
| | 50% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 319 | 365 | 283 | 360 | 188 | 93 | 117 | 136 | 119 | 91 |
| | 30% | 440 | 374 | 683 | 467 | 251 | 503 | 711 | 794 | 719 | 499 | 230 | 345 | 372 | 352 | 246 |
| | 10% | 961 | 1500 | 1593 | 1385 | 941 | 1666 | 2461 | 2577 | 2449 | 1856 | 830 | 1200 | 1234 | 1210 | 921 |
| 9:00 | 90% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 181 | 154 | 209 | 39 | 156 | 43 | 57 | 49 | 50 | 41 |
| | 70% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 227 | 222 | 276 | 246 | 172 | 73 | 89 | 103 | 93 | 75 |
| | 50% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 289 | 535 | 375 | 565 | 255 | 132 | 193 | 200 | 187 | 138 |
| | 30% | 538 | 457 | 835 | 571 | 307 | 753 | 1086 | 1303 | 1060 | 813 | 354 | 520 | 578 | 524 | 375 |
| | 10% | 1174 | 1833 | 1947 | 1692 | 1150 | 2536 | 3778 | 3786 | 3744 | 2782 | 1264 | 1840 | 1886 | 1840 | 1370 |
| 10:00 | 90% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 230 | 195 | 265 | 49 | 197 | 51 | 69 | 76 | 61 | 59 |
| | 70% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 287 | 282 | 350 | 312 | 218 | 86 | 114 | 131 | 116 | 93 |
| | 50% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 366 | 678 | 475 | 716 | 323 | 178 | 229 | 274 | 244 | 171 |
| | 30% | 601 | 511 | 933 | 637 | 342 | 955 | 1377 | 1653 | 1344 | 1031 | 431 | 642 | 703 | 664 | 463 |
| | 10% | 1312 | 2048 | 2175 | 1891 | 1284 | 3215 | 4790 | 4801 | 4747 | 3527 | 1587 | 2316 | 2377 | 2335 | 1756 |
| 11:00 | 90% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 94 | 170 | 283 | 235 | 159 | 54 | 69 | 84 | 78 | 64 |
| | 70% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 322 | 284 | 425 | 360 | 201 | 102 | 134 | 147 | 127 | 108 |
| | 50% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 422 | 782 | 548 | 839 | 534 | 195 | 261 | 304 | 267 | 202 |
| | 30% | 646 | 549 | 1002 | 685 | 368 | 1102 | 1589 | 1877 | 1761 | 1285 | 511 | 748 | 814 | 767 | 546 |
| | 10% | 1410 | 2201 | 2338 | 2032 | 1380 | 3709 | 5527 | 5539 | 5477 | 4069 | 1803 | 2656 | 2716 | 2656 | 1991 |
| 12:00 | 90% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 100 | 182 | 303 | 251 | 170 | 67 | 89 | 89 | 88 | 84 |
| | 70% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 344 | 304 | 455 | 385 | 216 | 117 | 150 | 155 | 139 | 111 |
| | 50% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 452 | 837 | 594 | 939 | 572 | 200 | 286 | 326 | 301 | 232 |
| | 30% | 656 | 567 | 1034 | 707 | 380 | 1179 | 1701 | 2023 | 1772 | 1273 | 550 | 795 | 866 | 811 | 578 |
| | 10% | 1455 | 2271 | 2413 | 2097 | 1425 | 3969 | 5914 | 5927 | 5861 | 4355 | 1977 | 2864 | 2919 | 2863 | 2159 |
| 13:00 | 90% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 99 | 179 | 298 | 247 | 167 | 75 | 71 | 84 | 92 | 69 |
| | 70% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 338 | 296 | 447 | 378 | 211 | 108 | 144 | 152 | 132 | 114 |
| | 50% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 443 | 821 | 583 | 921 | 561 | 206 | 277 | 322 | 287 | 237 |
| | 30% | 661 | 562 | 1026 | 701 | 377 | 1157 | 1669 | 1986 | 1739 | 1249 | 542 | 784 | 844 | 803 | 567 |
| | 10% | 1443 | 2253 | 2394 | 2080 | 1413 | 3895 | 5804 | 5816 | 5752 | 4273 | 1910 | 2802 | 2866 | 2809 | 2111 |
| 14:00 | 90% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 254 | 216 | 294 | 54 | 219 | 57 | 76 | 81 | 75 | 60 |
| | 70% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 319 | 313 | 388 | 345 | 242 | 92 | 124 | 151 | 121 | 104 |
| | 50% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 406 | 751 | 527 | 794 | 358 | 190 | 263 | 289 | 271 | 193 |
| | 30% | 633 | 539 | 983 | 672 | 361 | 1059 | 1526 | 1831 | 1489 | 1142 | 475 | 717 | 788 | 732 | 525 |
| | 10% | 1383 | 2158 | 2293 | 1993 | 1354 | 3563 | 5308 | 5320 | 5261 | 3909 | 1763 | 2568 | 2635 | 2577 | 1970 |
| 15:00 | 90% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 216 | 184 | 250 | 46 | 185 | 48 | 65 | 71 | 57 | 55 |
| | 70% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 270 | 265 | 330 | 293 | 205 | 81 | 107 | 123 | 109 | 88 |
| | 50% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 344 | 638 | 447 | 674 | 304 | 167 | 215 | 257 | 234 | 165 |
| | 30% | 584 | 497 | 907 | 620 | 333 | 699 | 1296 | 1554 | 1264 | 970 | 405 | 603 | 672 | 629 | 453 |
| | 10% | 1277 | 1992 | 2117 | 1840 | 1250 | 3024 | 4506 | 4516 | 4466 | 3318 | 1492 | 2177 | 2228 | 2208 | 1651 |
| 16:00 | 90% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 137 | 143 | 164 | 176 | 96 | 37 | 42 | 57 | 51 | 42 |
| | 70% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 171 | 164 | 247 | 232 | 166 | 63 | 84 | 91 | 27 | 63 |
| | 50% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 280 | 416 | 396 | 439 | 263 | 124 | 170 | 182 | 167 | 122 |
| | 30% | 507 | 431 | 786 | 537 | 289 | 679 | 1034 | 1073 | 990 | 694 | 304 | 457 | 489 | 453 | 316 |
| | 10% | 1106 | 1726 | 1834 | 1594 | 1083 | 2251 | 3287 | 3407 | 3331 | 2363 | 1131 | 1624 | 1654 | 1633 | 1208 |
| 17:00 | 90% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 51 | 89 | 94 | 51 | 85 | 24 | 32 | 29 | 28 | 24 |
| | 70% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 107 | 123 | 120 | 128 | 126 | 41 | 49 | 49 | 50 | 43 |
| | 50% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 153 | 240 | 219 | 257 | 173 | 80 | 107 | 117 | 101 | 74 |
| | 30% | 404 | 344 | 627 | 429 | 230 | 411 | 595 | 660 | 632 | 415 | 194 | 286 | 311 | 294 | 205 |
| | 10% | 883 | 1378 | 1464 | 1272 | 864 | 1433 | 2081 | 2063 | 2061 | 1475 | 688 | 1007 | 1040 | 1013 | 754 |

S1-40 south (without Shading Devices)

| Local time | WP | Clear Sky | | | | | Partly Cloudy Sky | | | | | Cloudy Sky | | | | |
|------------|-----|-----------|------|------|------|------|-------------------|------|------|------|------|------------|------|------|------|------|
| | | R1 | R2 | R3 | R4 | R5 | R1 | R2 | R3 | R4 | R5 | R1 | R2 | R3 | R4 | R5 |
| 8:00 | 90% | 14 | 36 | 4 | 58 | 33 | 91 | 76 | 92 | 130 | 111 | 29 | 32 | 28 | 32 | 28 |
| | 70% | 87 | 56 | 73 | 95 | 72 | 136 | 183 | 202 | 137 | 142 | 43 | 58 | 56 | 59 | 41 |
| | 50% | 107 | 167 | 211 | 151 | 155 | 203 | 304 | 359 | 274 | 263 | 76 | 119 | 131 | 113 | 85 |
| | 30% | 257 | 402 | 435 | 407 | 263 | 335 | 707 | 742 | 641 | 458 | 200 | 323 | 362 | 332 | 205 |
| | 10% | 640 | 1398 | 1415 | 1407 | 790 | 1009 | 2343 | 2503 | 2287 | 1268 | 580 | 1152 | 1193 | 1149 | 617 |
| 9:00 | 90% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 134 | 163 | 83 | 160 | 140 | 41 | 53 | 49 | 45 | 46 |
| | 70% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 198 | 280 | 193 | 274 | 175 | 62 | 88 | 89 | 86 | 64 |
| | 50% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 238 | 422 | 558 | 393 | 280 | 114 | 179 | 198 | 170 | 130 |
| | 30% | 288 | 426 | 571 | 395 | 278 | 513 | 1080 | 1148 | 1053 | 659 | 299 | 493 | 547 | 485 | 307 |
| | 10% | 858 | 1572 | 1721 | 1707 | 952 | 1668 | 3510 | 3685 | 3595 | 1969 | 883 | 1738 | 1805 | 1745 | 930 |
| 10:00 | 90% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 170 | 206 | 106 | 203 | 177 | 46 | 59 | 63 | 57 | 59 |
| | 70% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 251 | 355 | 244 | 348 | 222 | 88 | 111 | 113 | 109 | 80 |
| | 50% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 302 | 535 | 708 | 498 | 355 | 158 | 226 | 251 | 214 | 158 |
| | 30% | 322 | 476 | 637 | 442 | 311 | 650 | 1369 | 1456 | 1336 | 836 | 379 | 625 | 690 | 608 | 390 |
| | 10% | 959 | 1756 | 1922 | 1906 | 1064 | 2115 | 4450 | 4672 | 4558 | 2496 | 1118 | 2201 | 2287 | 2226 | 1186 |
| 11:00 | 90% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 77 | 240 | 273 | 254 | 114 | 65 | 68 | 77 | 64 | 64 |
| | 70% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 369 | 409 | 282 | 393 | 228 | 104 | 112 | 135 | 122 | 102 |
| | 50% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 349 | 602 | 845 | 516 | 409 | 170 | 241 | 289 | 254 | 188 |
| | 30% | 346 | 511 | 665 | 475 | 334 | 750 | 1579 | 1665 | 1450 | 964 | 435 | 717 | 798 | 728 | 441 |
| | 10% | 1031 | 1887 | 2066 | 2049 | 1143 | 2440 | 5134 | 5417 | 5350 | 2705 | 1286 | 2544 | 2635 | 2537 | 1361 |
| 12:00 | 90% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 82 | 257 | 292 | 271 | 121 | 67 | 86 | 80 | 81 | 56 |
| | 70% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 395 | 438 | 302 | 421 | 244 | 111 | 120 | 145 | 131 | 109 |
| | 50% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 373 | 644 | 905 | 552 | 438 | 182 | 257 | 309 | 271 | 201 |
| | 30% | 357 | 528 | 707 | 490 | 345 | 803 | 1690 | 1782 | 1552 | 1032 | 466 | 767 | 854 | 779 | 472 |
| | 10% | 1064 | 1948 | 2132 | 2115 | 1180 | 2611 | 5494 | 5797 | 5725 | 2895 | 1376 | 2722 | 2819 | 2714 | 1456 |
| 13:00 | 90% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 81 | 252 | 286 | 266 | 119 | 68 | 71 | 81 | 67 | 68 |
| | 70% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 388 | 430 | 296 | 413 | 239 | 109 | 118 | 142 | 128 | 107 |
| | 50% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 366 | 632 | 888 | 542 | 430 | 178 | 252 | 303 | 266 | 197 |
| | 30% | 354 | 523 | 701 | 486 | 342 | 786 | 1658 | 1749 | 1522 | 1013 | 457 | 753 | 838 | 764 | 463 |
| | 10% | 1055 | 1932 | 2115 | 2098 | 1171 | 2562 | 5392 | 5689 | 5618 | 2841 | 1349 | 2670 | 2765 | 2662 | 1426 |
| 14:00 | 90% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 189 | 229 | 117 | 225 | 197 | 59 | 69 | 74 | 66 | 57 |
| | 70% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 278 | 393 | 271 | 385 | 246 | 100 | 109 | 130 | 118 | 98 |
| | 50% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 335 | 593 | 784 | 552 | 393 | 163 | 231 | 277 | 244 | 180 |
| | 30% | 339 | 501 | 672 | 465 | 328 | 721 | 1517 | 1614 | 1480 | 926 | 418 | 690 | 765 | 689 | 426 |
| | 10% | 1011 | 1851 | 2026 | 2010 | 1121 | 2343 | 4932 | 5177 | 5051 | 2766 | 1236 | 2445 | 2532 | 2439 | 1323 |
| 15:00 | 90% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 160 | 194 | 99 | 191 | 167 | 47 | 58 | 59 | 54 | 55 |
| | 70% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 236 | 333 | 230 | 327 | 209 | 83 | 104 | 106 | 102 | 76 |
| | 50% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 284 | 503 | 666 | 469 | 333 | 147 | 213 | 236 | 201 | 148 |
| | 30% | 313 | 463 | 620 | 430 | 303 | 612 | 1288 | 1370 | 1256 | 786 | 356 | 587 | 648 | 571 | 366 |
| | 10% | 933 | 1709 | 1871 | 1855 | 1035 | 1989 | 4186 | 4395 | 4288 | 2348 | 1051 | 2069 | 2150 | 2093 | 1115 |
| 16:00 | 90% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 118 | 144 | 87 | 135 | 124 | 39 | 41 | 47 | 43 | 39 |
| | 70% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 174 | 247 | 170 | 242 | 170 | 62 | 81 | 79 | 78 | 50 |
| | 50% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 210 | 363 | 459 | 321 | 247 | 102 | 160 | 176 | 156 | 118 |
| | 30% | 271 | 401 | 537 | 372 | 262 | 452 | 952 | 1012 | 878 | 628 | 264 | 436 | 487 | 442 | 274 |
| | 10% | 808 | 1480 | 1620 | 1607 | 897 | 1471 | 3095 | 3258 | 3060 | 1732 | 780 | 1535 | 1603 | 1539 | 827 |
| 17:00 | 90% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 84 | 101 | 68 | 55 | 102 | 24 | 27 | 27 | 28 | 22 |
| | 70% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 84 | 117 | 135 | 147 | 85 | 37 | 44 | 49 | 53 | 40 |
| | 50% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 170 | 270 | 301 | 262 | 158 | 65 | 97 | 110 | 92 | 73 |
| | 30% | 216 | 320 | 429 | 297 | 209 | 280 | 567 | 621 | 576 | 351 | 157 | 273 | 312 | 280 | 175 |
| | 10% | 645 | 1181 | 1293 | 1283 | 716 | 910 | 1965 | 1976 | 1934 | 1107 | 487 | 962 | 999 | 962 | 523 |

S1-70 south (with Shading Devices)

| Local time | WP | Clear Sky | | | | | Partly Cloudy Sky | | | | | Cloudy Sky | | | | |
|------------|-----|-----------|-----|-----|-----|-----|-------------------|------|-----|------|-----|------------|-----|-----|-----|-----|
| | | R1 | R2 | R3 | R4 | R5 | R1 | R2 | R3 | R4 | R5 | R1 | R2 | R3 | R4 | R5 |
| 8:00 | 90% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 31 | 101 | 91 | 25 | 122 | 19 | 27 | 28 | 26 | 20 |
| | 70% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 92 | 183 | 124 | 126 | 105 | 40 | 47 | 44 | 55 | 37 |
| | 50% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 159 | 236 | 192 | 183 | 142 | 64 | 68 | 79 | 71 | 54 |
| | 30% | 17 | 17 | 17 | 17 | 17 | 84 | 257 | 306 | 350 | 259 | 100 | 145 | 154 | 144 | 98 |
| | 10% | 190 | 119 | 66 | 130 | 105 | 365 | 544 | 357 | 288 | 346 | 164 | 197 | 205 | 199 | 167 |
| 9:00 | 90% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 53 | 157 | 180 | 60 | 47 | 38 | 37 | 46 | 35 | 36 |
| | 70% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 231 | 203 | 275 | 261 | 172 | 52 | 72 | 66 | 72 | 50 |
| | 50% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 213 | 315 | 294 | 364 | 217 | 93 | 100 | 120 | 108 | 86 |
| | 30% | 21 | 21 | 21 | 21 | 21 | 529 | 380 | 461 | 319 | 212 | 156 | 221 | 225 | 222 | 159 |
| | 10% | 233 | 145 | 81 | 159 | 129 | 577 | 771 | 577 | 737 | 614 | 249 | 298 | 287 | 261 | 269 |
| 10:00 | 90% | 70 | 37 | 73 | 67 | 32 | 67 | 199 | 228 | 76 | 59 | 46 | 55 | 57 | 57 | 40 |
| | 70% | 84 | 128 | 114 | 123 | 76 | 293 | 258 | 348 | 330 | 218 | 64 | 84 | 87 | 94 | 70 |
| | 50% | 128 | 149 | 157 | 163 | 107 | 271 | 399 | 373 | 461 | 275 | 120 | 145 | 152 | 138 | 107 |
| | 30% | 67 | 251 | 243 | 188 | 79 | 671 | 481 | 584 | 404 | 269 | 191 | 280 | 287 | 275 | 198 |
| | 10% | 293 | 296 | 500 | 343 | 295 | 731 | 978 | 732 | 934 | 778 | 314 | 361 | 324 | 336 | 260 |
| 11:00 | 90% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 69 | 205 | 143 | 204 | 46 | 48 | 66 | 69 | 68 | 58 |
| | 70% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 338 | 371 | 321 | 311 | 340 | 70 | 103 | 114 | 88 | 73 |
| | 50% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 312 | 460 | 450 | 495 | 409 | 138 | 162 | 176 | 164 | 143 |
| | 30% | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 | 774 | 555 | 703 | 689 | 349 | 220 | 319 | 335 | 317 | 228 |
| | 10% | 279 | 174 | 97 | 190 | 155 | 844 | 1128 | 863 | 774 | 930 | 359 | 408 | 368 | 406 | 333 |
| 12:00 | 90% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 73 | 220 | 153 | 219 | 49 | 53 | 63 | 64 | 76 | 52 |
| | 70% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 362 | 397 | 344 | 333 | 364 | 81 | 131 | 104 | 89 | 94 |
| | 50% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 334 | 492 | 482 | 529 | 438 | 160 | 173 | 188 | 181 | 153 |
| | 30% | 26 | 26 | 26 | 26 | 26 | 829 | 594 | 752 | 737 | 373 | 235 | 341 | 358 | 339 | 244 |
| | 10% | 288 | 180 | 100 | 197 | 160 | 903 | 1207 | 923 | 828 | 995 | 384 | 437 | 394 | 437 | 306 |
| 13:00 | 90% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 72 | 216 | 150 | 215 | 48 | 58 | 62 | 65 | 68 | 46 |
| | 70% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 355 | 390 | 338 | 327 | 357 | 74 | 94 | 99 | 100 | 73 |
| | 50% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 328 | 483 | 473 | 519 | 430 | 155 | 170 | 185 | 175 | 150 |
| | 30% | 26 | 26 | 26 | 26 | 26 | 813 | 583 | 738 | 724 | 366 | 231 | 335 | 351 | 333 | 239 |
| | 10% | 286 | 178 | 99 | 195 | 153 | 886 | 1185 | 906 | 812 | 977 | 377 | 428 | 386 | 411 | 300 |
| 14:00 | 90% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 74 | 220 | 253 | 84 | 65 | 45 | 63 | 61 | 69 | 47 |
| | 70% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 325 | 286 | 386 | 366 | 241 | 71 | 94 | 99 | 83 | 76 |
| | 50% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 300 | 442 | 413 | 511 | 305 | 132 | 156 | 169 | 161 | 137 |
| | 30% | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 | 744 | 533 | 647 | 448 | 298 | 211 | 307 | 322 | 314 | 218 |
| | 10% | 274 | 171 | 95 | 187 | 152 | 810 | 1084 | 811 | 1035 | 862 | 345 | 392 | 354 | 366 | 335 |
| 15:00 | 90% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 63 | 187 | 215 | 71 | 55 | 46 | 45 | 55 | 55 | 36 |
| | 70% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 276 | 243 | 328 | 311 | 205 | 62 | 86 | 79 | 85 | 57 |
| | 50% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 255 | 375 | 351 | 434 | 259 | 110 | 115 | 142 | 128 | 107 |
| | 30% | 23 | 23 | 23 | 23 | 23 | 631 | 453 | 549 | 380 | 253 | 186 | 264 | 271 | 262 | 203 |
| | 10% | 253 | 158 | 88 | 172 | 140 | 688 | 920 | 663 | 878 | 732 | 291 | 339 | 343 | 316 | 270 |
| 16:00 | 90% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 46 | 138 | 46 | 123 | 144 | 34 | 33 | 41 | 34 | 34 |
| | 70% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 204 | 179 | 197 | 217 | 157 | 46 | 64 | 59 | 63 | 46 |
| | 50% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 188 | 277 | 271 | 282 | 213 | 82 | 88 | 106 | 95 | 76 |
| | 30% | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 467 | 335 | 265 | 322 | 378 | 138 | 195 | 199 | 196 | 141 |
| | 10% | 219 | 137 | 76 | 149 | 121 | 509 | 680 | 532 | 480 | 417 | 220 | 268 | 255 | 231 | 238 |
| 17:00 | 90% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 73 | 68 | 100 | 74 | 59 | 16 | 23 | 24 | 22 | 17 |
| | 70% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 86 | 140 | 137 | 131 | 110 | 34 | 40 | 37 | 46 | 31 |
| | 50% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 133 | 166 | 163 | 156 | 153 | 54 | 57 | 66 | 60 | 45 |
| | 30% | 16 | 16 | 16 | 16 | 16 | 70 | 269 | 249 | 174 | 120 | 84 | 122 | 129 | 121 | 82 |
| | 10% | 175 | 109 | 61 | 119 | 97 | 305 | 310 | 520 | 357 | 337 | 138 | 165 | 172 | 167 | 140 |

S1-60 south (with Shading Devices)

| Local time | WP | Clear Sky | | | | | Partly Cloudy Sky | | | | | Cloudy Sky | | | | |
|------------|-----|-----------|-----|-----|-----|-----|-------------------|-----|-----|-----|-----|------------|-----|-----|-----|-----|
| | | R1 | R2 | R3 | R4 | R5 | R1 | R2 | R3 | R4 | R5 | R1 | R2 | R3 | R4 | R5 |
| 8:00 | 90% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 65 | 91 | 33 | 83 | 46 | 26 | 14 | 39 | 32 | 28 |
| | 70% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 159 | 124 | 146 | 163 | 120 | 44 | 81 | 73 | 84 | 51 |
| | 50% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 93 | 177 | 186 | 183 | 119 | 49 | 111 | 93 | 97 | 80 |
| | 30% | 44 | 17 | 17 | 5 | 233 | 290 | 344 | 327 | 410 | 229 | 103 | 167 | 168 | 167 | 97 |
| | 10% | 14 | 139 | 2 | 222 | 11 | 263 | 313 | 274 | 359 | 205 | 99 | 188 | 157 | 198 | 122 |
| 9:00 | 90% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 99 | 140 | 130 | 186 | 32 | 33 | 42 | 45 | 37 | 38 |
| | 70% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 243 | 190 | 279 | 274 | 158 | 46 | 79 | 74 | 59 | 52 |
| | 50% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 143 | 276 | 271 | 271 | 134 | 92 | 103 | 119 | 107 | 79 |
| | 30% | 54 | 21 | 21 | 6 | 285 | 444 | 487 | 328 | 603 | 428 | 154 | 228 | 235 | 218 | 152 |
| | 10% | 17 | 170 | 2 | 271 | 13 | 402 | 614 | 627 | 566 | 389 | 169 | 224 | 207 | 233 | 173 |
| 10:00 | 90% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 126 | 177 | 165 | 236 | 40 | 45 | 60 | 56 | 48 | 45 |
| | 70% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 308 | 240 | 354 | 348 | 200 | 67 | 72 | 89 | 79 | 59 |
| | 50% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 181 | 350 | 343 | 344 | 169 | 117 | 132 | 152 | 130 | 102 |
| | 30% | 60 | 24 | 24 | 7 | 319 | 563 | 617 | 416 | 764 | 542 | 195 | 282 | 318 | 289 | 211 |
| | 10% | 19 | 190 | 233 | 303 | 14 | 510 | 778 | 795 | 717 | 493 | 213 | 290 | 285 | 299 | 217 |
| 11:00 | 90% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 146 | 205 | 143 | 155 | 113 | 45 | 68 | 53 | 56 | 57 |
| | 70% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 356 | 279 | 368 | 353 | 227 | 80 | 87 | 117 | 109 | 67 |
| | 50% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 209 | 394 | 381 | 341 | 389 | 131 | 158 | 174 | 164 | 119 |
| | 30% | 65 | 25 | 25 | 7 | 343 | 649 | 764 | 719 | 730 | 346 | 239 | 339 | 336 | 336 | 214 |
| | 10% | 21 | 204 | 250 | 326 | 16 | 989 | 823 | 720 | 706 | 567 | 245 | 322 | 309 | 351 | 264 |
| 12:00 | 90% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 156 | 220 | 153 | 166 | 121 | 51 | 68 | 66 | 72 | 52 |
| | 70% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 381 | 298 | 394 | 378 | 243 | 98 | 108 | 92 | 108 | 66 |
| | 50% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 223 | 422 | 407 | 365 | 417 | 145 | 169 | 186 | 171 | 125 |
| | 30% | 67 | 26 | 26 | 7 | 354 | 695 | 817 | 769 | 781 | 370 | 254 | 363 | 379 | 374 | 238 |
| | 10% | 21 | 210 | 3 | 336 | 16 | 630 | 880 | 771 | 755 | 607 | 263 | 342 | 348 | 356 | 264 |
| 13:00 | 90% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 153 | 216 | 150 | 163 | 119 | 75 | 106 | 133 | 112 | 59 |
| | 70% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 374 | 293 | 386 | 371 | 239 | 184 | 143 | 211 | 142 | 73 |
| | 50% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 219 | 414 | 400 | 359 | 409 | 108 | 211 | 212 | 181 | 118 |
| | 30% | 66 | 26 | 26 | 7 | 351 | 682 | 802 | 755 | 766 | 363 | 336 | 368 | 349 | 365 | 271 |
| | 10% | 21 | 209 | 3 | 333 | 16 | 618 | 864 | 756 | 741 | 596 | 304 | 464 | 314 | 350 | 307 |
| 14:00 | 90% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 140 | 196 | 183 | 262 | 44 | 46 | 59 | 69 | 55 | 40 |
| | 70% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 342 | 266 | 392 | 385 | 222 | 73 | 90 | 101 | 81 | 62 |
| | 50% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 201 | 387 | 380 | 381 | 188 | 129 | 146 | 168 | 143 | 115 |
| | 30% | 64 | 25 | 25 | 7 | 336 | 623 | 684 | 461 | 847 | 601 | 216 | 311 | 352 | 320 | 230 |
| | 10% | 20 | 200 | 2 | 319 | 15 | 565 | 662 | 881 | 795 | 546 | 236 | 328 | 307 | 330 | 250 |
| 15:00 | 90% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 119 | 167 | 155 | 222 | 38 | 36 | 49 | 56 | 45 | 34 |
| | 70% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 290 | 226 | 333 | 327 | 188 | 61 | 73 | 88 | 71 | 71 |
| | 50% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 170 | 329 | 323 | 324 | 159 | 110 | 124 | 143 | 124 | 95 |
| | 30% | 59 | 23 | 23 | 6 | 310 | 529 | 581 | 391 | 719 | 510 | 184 | 265 | 280 | 269 | 195 |
| | 10% | 19 | 184 | 2 | 295 | 14 | 480 | 732 | 748 | 675 | 464 | 201 | 276 | 263 | 264 | 200 |
| 16:00 | 90% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 88 | 123 | 115 | 135 | 42 | 26 | 34 | 32 | 31 | 28 |
| | 70% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 215 | 167 | 246 | 242 | 172 | 51 | 55 | 69 | 54 | 48 |
| | 50% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 126 | 243 | 239 | 235 | 195 | 80 | 109 | 106 | 96 | 74 |
| | 30% | 51 | 20 | 20 | 6 | 269 | 391 | 429 | 282 | 467 | 293 | 135 | 211 | 206 | 194 | 151 |
| | 10% | 16 | 160 | 2 | 255 | 12 | 355 | 541 | 568 | 518 | 349 | 148 | 228 | 293 | 235 | 149 |
| 17:00 | 90% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 19 | 64 | 68 | 0 | 42 | 16 | 21 | 23 | 20 | 16 |
| | 70% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 118 | 105 | 119 | 145 | 99 | 31 | 42 | 31 | 41 | 28 |
| | 50% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 78 | 148 | 148 | 131 | 130 | 52 | 57 | 66 | 59 | 50 |
| | 30% | 41 | 16 | 16 | 4 | 214 | 242 | 262 | 378 | 169 | 193 | 85 | 131 | 139 | 123 | 81 |
| | 10% | 13 | 128 | 2 | 204 | 10 | 220 | 297 | 362 | 253 | 240 | 145 | 190 | 193 | 189 | 145 |

S1-50 south (with Shading Devices)

| Local time | WP | Clear Sky | | | | | Partly Cloudy Sky | | | | | Cloudy Sky | | | | |
|------------|-----|-----------|-----|-----|-----|-----|-------------------|------|------|-----|-----|------------|-----|-----|-----|-----|
| | | R1 | R2 | R3 | R4 | R5 | R1 | R2 | R3 | R4 | R5 | R1 | R2 | R3 | R4 | R5 |
| 8:00 | 90% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 68 | 62 | 66 | 105 | 61 | 44 | 0 | 18 | 43 | 19 |
| | 70% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 145 | 132 | 163 | 126 | 139 | 58 | 55 | 81 | 75 | 64 |
| | 50% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 165 | 127 | 81 | 86 | 77 | 56 | 61 | 64 | 59 | 43 |
| | 30% | 46 | 17 | 220 | 77 | 233 | 220 | 373 | 420 | 385 | 155 | 125 | 190 | 183 | 194 | 113 |
| | 10% | 0 | 107 | 0 | 4 | 2 | 422 | 484 | 556 | 374 | 227 | 161 | 170 | 302 | 286 | 135 |
| 9:00 | 90% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 103 | 94 | 110 | 103 | 124 | 28 | 44 | 39 | 37 | 27 |
| | 70% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 131 | 229 | 306 | 119 | 166 | 51 | 70 | 81 | 70 | 63 |
| | 50% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 134 | 245 | 344 | 194 | 280 | 78 | 93 | 108 | 95 | 78 |
| | 30% | 57 | 21 | 269 | 95 | 285 | 294 | 610 | 547 | 582 | 511 | 154 | 245 | 250 | 246 | 158 |
| | 10% | 0 | 131 | 0 | 5 | 3 | 544 | 528 | 829 | 681 | 599 | 208 | 302 | 294 | 298 | 217 |
| 10:00 | 90% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 131 | 119 | 139 | 130 | 157 | 36 | 45 | 44 | 54 | 40 |
| | 70% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 166 | 290 | 388 | 150 | 211 | 76 | 95 | 86 | 83 | 64 |
| | 50% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 169 | 310 | 437 | 246 | 355 | 97 | 123 | 137 | 127 | 90 |
| | 30% | 63 | 24 | 300 | 106 | 319 | 373 | 774 | 694 | 738 | 647 | 192 | 285 | 306 | 288 | 198 |
| | 10% | 0 | 146 | 0 | 6 | 4 | 689 | 669 | 1051 | 863 | 759 | 235 | 377 | 381 | 378 | 269 |
| 11:00 | 90% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 77 | 171 | 151 | 223 | 46 | 51 | 55 | 58 | 58 | 40 |
| | 70% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 289 | 317 | 368 | 393 | 185 | 65 | 93 | 99 | 88 | 72 |
| | 50% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 196 | 218 | 481 | 437 | 243 | 102 | 147 | 159 | 151 | 105 |
| | 30% | 68 | 25 | 323 | 114 | 343 | 431 | 823 | 597 | 616 | 419 | 183 | 342 | 382 | 340 | 257 |
| | 10% | 0 | 157 | 0 | 7 | 4 | 795 | 1275 | 669 | 883 | 734 | 286 | 403 | 444 | 437 | 319 |
| 12:00 | 90% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 82 | 183 | 161 | 239 | 50 | 39 | 54 | 62 | 57 | 59 |
| | 70% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 309 | 338 | 394 | 421 | 198 | 75 | 94 | 106 | 120 | 112 |
| | 50% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 209 | 234 | 514 | 468 | 260 | 107 | 150 | 143 | 160 | 112 |
| | 30% | 70 | 26 | 333 | 117 | 354 | 461 | 881 | 639 | 659 | 449 | 230 | 346 | 371 | 378 | 262 |
| | 10% | 0 | 162 | 0 | 7 | 4 | 851 | 1365 | 716 | 945 | 785 | 312 | 462 | 441 | 466 | 318 |
| 13:00 | 90% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 81 | 180 | 158 | 234 | 49 | 39 | 53 | 61 | 56 | 58 |
| | 70% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 304 | 333 | 386 | 413 | 195 | 74 | 92 | 104 | 117 | 81 |
| | 50% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 205 | 229 | 505 | 458 | 255 | 105 | 147 | 141 | 157 | 110 |
| | 30% | 70 | 26 | 330 | 116 | 351 | 452 | 864 | 627 | 647 | 440 | 226 | 340 | 364 | 370 | 257 |
| | 10% | 0 | 160 | 0 | 7 | 4 | 835 | 1339 | 703 | 927 | 771 | 306 | 453 | 432 | 457 | 312 |
| 14:00 | 90% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 145 | 132 | 154 | 144 | 174 | 43 | 62 | 52 | 51 | 49 |
| | 70% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 184 | 321 | 430 | 167 | 234 | 64 | 91 | 96 | 96 | 76 |
| | 50% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 188 | 344 | 484 | 272 | 383 | 115 | 127 | 160 | 127 | 106 |
| | 30% | 67 | 25 | 316 | 111 | 336 | 414 | 857 | 789 | 818 | 717 | 222 | 342 | 365 | 349 | 222 |
| | 10% | 0 | 154 | 0 | 6 | 4 | 764 | 742 | 1165 | 956 | 841 | 294 | 423 | 396 | 421 | 349 |
| 15:00 | 90% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 123 | 112 | 131 | 122 | 148 | 39 | 43 | 46 | 36 | 38 |
| | 70% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 156 | 273 | 365 | 142 | 199 | 58 | 71 | 83 | 79 | 57 |
| | 50% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 159 | 292 | 411 | 231 | 333 | 91 | 117 | 130 | 122 | 101 |
| | 30% | 62 | 23 | 292 | 103 | 310 | 351 | 728 | 652 | 694 | 609 | 183 | 271 | 313 | 270 | 199 |
| | 10% | 0 | 142 | 0 | 6 | 4 | 648 | 630 | 989 | 812 | 714 | 221 | 355 | 358 | 355 | 253 |
| 16:00 | 90% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 51 | 102 | 82 | 78 | 96 | 24 | 31 | 39 | 34 | 30 |
| | 70% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 214 | 191 | 195 | 185 | 112 | 43 | 57 | 59 | 60 | 52 |
| | 50% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 92 | 142 | 106 | 190 | 168 | 60 | 80 | 95 | 104 | 68 |
| | 30% | 53 | 20 | 253 | 89 | 269 | 349 | 544 | 506 | 480 | 452 | 131 | 209 | 224 | 219 | 139 |
| | 10% | 0 | 129 | 0 | 5 | 3 | 570 | 627 | 835 | 491 | 578 | 167 | 261 | 264 | 279 | 198 |
| 17:00 | 90% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 79 | 64 | 54 | 65 | 61 | 17 | 25 | 20 | 21 | 16 |
| | 70% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 88 | 151 | 137 | 165 | 105 | 28 | 34 | 40 | 38 | 33 |
| | 50% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 104 | 149 | 113 | 91 | 148 | 40 | 57 | 60 | 63 | 48 |
| | 30% | 43 | 16 | 202 | 71 | 214 | 195 | 358 | 349 | 296 | 208 | 83 | 113 | 124 | 138 | 97 |
| | 10% | 0 | 98 | 0 | 4 | 2 | 344 | 338 | 445 | 473 | 237 | 104 | 180 | 228 | 220 | 118 |

S1-40 south (with Shading Devices)

| Local time | WP | Clear Sky | | | | | Partly Cloudy Sky | | | | | Cloudy Sky | | | | |
|------------|-----|-----------|-----|-----|-----|-----|-------------------|------|------|------|-----|------------|-----|-----|-----|-----|
| | | R1 | R2 | R3 | R4 | R5 | R1 | R2 | R3 | R4 | R5 | R1 | R2 | R3 | R4 | R5 |
| 8:00 | 90% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 28 | 76 | 115 | 69 | 81 | 8 | 32 | 40 | 61 | 21 |
| | 70% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 136 | 139 | 121 | 137 | 84 | 46 | 65 | 52 | 46 | 30 |
| | 50% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 94 | 109 | 103 | 96 | 45 | 67 | 40 | 34 | 89 | 44 |
| | 30% | 44 | 242 | 233 | 178 | 90 | 231 | 427 | 387 | 437 | 230 | 118 | 180 | 229 | 188 | 161 |
| | 10% | 231 | 217 | 219 | 386 | 89 | 276 | 571 | 617 | 608 | 383 | 137 | 289 | 327 | 282 | 172 |
| 9:00 | 90% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 93 | 117 | 51 | 139 | 124 | 31 | 42 | 39 | 33 | 23 |
| | 70% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 208 | 203 | 246 | 212 | 113 | 52 | 63 | 70 | 60 | 44 |
| | 50% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 143 | 130 | 177 | 321 | 193 | 88 | 132 | 80 | 98 | 78 |
| | 30% | 54 | 296 | 285 | 218 | 110 | 384 | 628 | 562 | 536 | 292 | 149 | 231 | 251 | 220 | 131 |
| | 10% | 283 | 266 | 268 | 472 | 109 | 422 | 927 | 936 | 953 | 531 | 203 | 406 | 420 | 415 | 205 |
| 10:00 | 90% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 118 | 149 | 65 | 177 | 158 | 35 | 39 | 48 | 52 | 43 |
| | 70% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 264 | 258 | 312 | 269 | 143 | 68 | 71 | 79 | 76 | 54 |
| | 50% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 182 | 165 | 225 | 407 | 245 | 101 | 114 | 97 | 97 | 77 |
| | 30% | 60 | 331 | 319 | 243 | 123 | 486 | 796 | 713 | 680 | 370 | 187 | 304 | 315 | 289 | 188 |
| | 10% | 316 | 297 | 299 | 527 | 122 | 535 | 1176 | 1187 | 1208 | 673 | 258 | 484 | 529 | 493 | 260 |
| 11:00 | 90% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 137 | 136 | 212 | 87 | 136 | 36 | 41 | 69 | 48 | 45 |
| | 70% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 305 | 359 | 276 | 368 | 257 | 58 | 91 | 105 | 99 | 70 |
| | 50% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 247 | 305 | 227 | 409 | 246 | 116 | 144 | 116 | 176 | 92 |
| | 30% | 65 | 356 | 343 | 261 | 132 | 518 | 818 | 967 | 689 | 593 | 215 | 320 | 401 | 349 | 226 |
| | 10% | 340 | 319 | 322 | 566 | 131 | 618 | 1296 | 1470 | 1420 | 594 | 296 | 583 | 602 | 586 | 301 |
| 12:00 | 90% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 147 | 146 | 227 | 93 | 146 | 48 | 42 | 48 | 55 | 36 |
| | 70% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 326 | 304 | 296 | 394 | 275 | 68 | 85 | 100 | 80 | 70 |
| | 50% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 264 | 424 | 242 | 438 | 264 | 124 | 147 | 121 | 160 | 108 |
| | 30% | 67 | 367 | 354 | 270 | 137 | 554 | 875 | 1035 | 737 | 635 | 230 | 357 | 413 | 347 | 230 |
| | 10% | 351 | 329 | 332 | 585 | 135 | 661 | 1387 | 1574 | 1519 | 636 | 317 | 605 | 635 | 625 | 317 |
| 13:00 | 90% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 144 | 143 | 223 | 91 | 143 | 47 | 41 | 47 | 54 | 35 |
| | 70% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 320 | 377 | 290 | 387 | 270 | 66 | 84 | 98 | 79 | 68 |
| | 50% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 259 | 416 | 238 | 430 | 259 | 122 | 144 | 119 | 157 | 106 |
| | 30% | 66 | 364 | 351 | 268 | 136 | 544 | 858 | 1015 | 724 | 623 | 225 | 350 | 405 | 341 | 226 |
| | 10% | 348 | 327 | 329 | 580 | 134 | 649 | 1361 | 1544 | 1491 | 624 | 311 | 593 | 623 | 613 | 311 |
| 14:00 | 90% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 130 | 165 | 72 | 197 | 175 | 48 | 48 | 55 | 56 | 42 |
| | 70% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 293 | 286 | 346 | 299 | 158 | 55 | 86 | 95 | 79 | 60 |
| | 50% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 201 | 183 | 249 | 451 | 271 | 112 | 127 | 120 | 173 | 105 |
| | 30% | 64 | 349 | 336 | 256 | 130 | 539 | 882 | 790 | 753 | 410 | 206 | 307 | 386 | 331 | 204 |
| | 10% | 333 | 313 | 315 | 556 | 129 | 593 | 1303 | 1316 | 1338 | 746 | 285 | 560 | 579 | 563 | 292 |
| 15:00 | 90% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 111 | 140 | 61 | 167 | 148 | 35 | 39 | 37 | 36 | 30 |
| | 70% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 249 | 243 | 293 | 253 | 134 | 54 | 59 | 67 | 66 | 53 |
| | 50% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 171 | 155 | 211 | 383 | 230 | 96 | 108 | 93 | 105 | 85 |
| | 30% | 59 | 322 | 310 | 231 | 120 | 457 | 749 | 671 | 639 | 348 | 175 | 275 | 292 | 283 | 174 |
| | 10% | 308 | 289 | 291 | 513 | 119 | 504 | 1106 | 1117 | 1136 | 633 | 242 | 477 | 498 | 458 | 254 |
| 16:00 | 90% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 37 | 103 | 50 | 125 | 103 | 27 | 37 | 35 | 31 | 26 |
| | 70% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 184 | 161 | 165 | 151 | 105 | 46 | 56 | 62 | 53 | 42 |
| | 50% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 126 | 166 | 105 | 147 | 138 | 78 | 118 | 66 | 68 | 73 |
| | 30% | 51 | 279 | 269 | 205 | 104 | 286 | 605 | 598 | 513 | 300 | 131 | 203 | 221 | 201 | 121 |
| | 10% | 266 | 266 | 250 | 444 | 103 | 372 | 822 | 974 | 856 | 510 | 180 | 359 | 371 | 367 | 178 |
| 17:00 | 90% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 6 | 64 | 33 | 72 | 45 | 14 | 19 | 25 | 21 | 16 |
| | 70% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 68 | 136 | 69 | 118 | 87 | 26 | 31 | 35 | 29 | 22 |
| | 50% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 76 | 96 | 63 | 153 | 132 | 48 | 54 | 42 | 48 | 37 |
| | 30% | 41 | 223 | 214 | 164 | 83 | 209 | 319 | 492 | 384 | 221 | 72 | 128 | 144 | 127 | 87 |
| | 10% | 213 | 200 | 201 | 355 | 82 | 230 | 505 | 564 | 509 | 302 | 113 | 226 | 231 | 220 | 116 |

P3-60 south (with Shading Devices)

| Local time | WP | Clear Sky | | | | | Partly Cloudy Sky | | | | | Cloudy Sky | | | | |
|------------|-----|-----------|-----|-----|-----|-----|-------------------|-----|-----|-----|-----|------------|-----|-----|-----|-----|
| | | R1 | R2 | R3 | R4 | R5 | R1 | R2 | R3 | R4 | R5 | R1 | R2 | R3 | R4 | R5 |
| 8:00 | 90% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 61 | 30 | 56 | 69 | 28 | 16 | 18 | 23 | 20 | 13 |
| | 70% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 85 | 114 | 102 | 113 | 82 | 26 | 28 | 34 | 29 | 21 |
| | 50% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 51 | 122 | 177 | 164 | 115 | 32 | 50 | 50 | 44 | 34 |
| | 30% | 15 | 9 | 15 | 5 | 17 | 102 | 187 | 169 | 153 | 69 | 69 | 88 | 90 | 85 | 70 |
| | 10% | 34 | 356 | 233 | 169 | 171 | 311 | 216 | 351 | 306 | 243 | 89 | 99 | 102 | 102 | 95 |
| 9:00 | 90% | 24 | 5 | 27 | 45 | 49 | 41 | 24 | 47 | 13 | 31 | 28 | 31 | 35 | 27 | 22 |
| | 70% | 65 | 96 | 72 | 75 | 73 | 145 | 150 | 184 | 110 | 62 | 42 | 55 | 46 | 36 | 39 |
| | 50% | 48 | 90 | 124 | 130 | 62 | 104 | 123 | 280 | 197 | 154 | 58 | 67 | 76 | 66 | 46 |
| | 30% | 58 | 141 | 174 | 145 | 100 | 322 | 283 | 359 | 301 | 19 | 111 | 126 | 130 | 132 | 98 |
| | 10% | 218 | 156 | 252 | 156 | 233 | 470 | 278 | 543 | 270 | 368 | 151 | 148 | 169 | 147 | 146 |
| 10:00 | 90% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 91 | 81 | 59 | 144 | 118 | 27 | 37 | 31 | 42 | 31 |
| | 70% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 76 | 203 | 274 | 180 | 191 | 43 | 63 | 60 | 53 | 51 |
| | 50% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 132 | 269 | 243 | 347 | 268 | 58 | 97 | 96 | 98 | 68 |
| | 30% | 85 | 50 | 21 | 7 | 24 | 250 | 305 | 453 | 357 | 229 | 123 | 160 | 172 | 173 | 126 |
| | 10% | 260 | 165 | 287 | 98 | 115 | 588 | 243 | 667 | 343 | 543 | 184 | 217 | 205 | 196 | 221 |
| 11:00 | 90% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 60 | 68 | 122 | 118 | 68 | 26 | 45 | 45 | 42 | 34 |
| | 70% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 179 | 252 | 268 | 237 | 63 | 49 | 66 | 9 | 69 | 47 |
| | 50% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 259 | 481 | 173 | 369 | 225 | 82 | 102 | 119 | 104 | 75 |
| | 30% | 92 | 53 | 23 | 7 | 25 | 75 | 352 | 173 | 369 | 225 | 147 | 202 | 199 | 202 | 146 |
| | 10% | 279 | 177 | 309 | 106 | 123 | 655 | 481 | 785 | 512 | 530 | 231 | 237 | 279 | 232 | 248 |
| 12:00 | 90% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 137 | 145 | 73 | 126 | 48 | 25 | 48 | 48 | 45 | 38 |
| | 70% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 192 | 172 | 282 | 198 | 164 | 53 | 76 | 78 | 68 | 54 |
| | 50% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 350 | 220 | 431 | 292 | 308 | 72 | 112 | 110 | 97 | 95 |
| | 30% | 95 | 55 | 23 | 7 | 26 | 438 | 443 | 545 | 491 | 295 | 142 | 223 | 210 | 210 | 161 |
| | 10% | 288 | 183 | 318 | 109 | 127 | 720 | 633 | 841 | 619 | 726 | 271 | 264 | 255 | 259 | 235 |
| 13:00 | 90% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 49 | 109 | 150 | 163 | 47 | 36 | 147 | 38 | 49 | 38 |
| | 70% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 265 | 286 | 123 | 169 | 143 | 46 | 78 | 82 | 71 | 55 |
| | 50% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 206 | 190 | 428 | 233 | 304 | 83 | 99 | 107 | 117 | 82 |
| | 30% | 94 | 55 | 23 | 7 | 26 | 286 | 445 | 202 | 437 | 456 | 157 | 232 | 198 | 220 | 175 |
| | 10% | 286 | 181 | 316 | 108 | 126 | 839 | 517 | 838 | 424 | 800 | 225 | 254 | 275 | 247 | 253 |
| 14:00 | 90% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 8 | 132 | 179 | 113 | 109 | 35 | 33 | 32 | 41 | 27 |
| | 70% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 90 | 326 | 221 | 215 | 191 | 45 | 73 | 67 | 67 | 51 |
| | 50% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 82 | 203 | 392 | 267 | 339 | 71 | 100 | 106 | 108 | 82 |
| | 30% | 90 | 52 | 22 | 7 | 25 | 170 | 393 | 344 | 487 | 267 | 134 | 189 | 168 | 176 | 149 |
| | 10% | 274 | 174 | 303 | 104 | 121 | 644 | 333 | 653 | 398 | 649 | 268 | 206 | 261 | 259 | 206 |
| 15:00 | 90% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 48 | 222 | 216 | 136 | 19 | 29 | 32 | 41 | 36 | 24 |
| | 70% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 142 | 196 | 154 | 127 | 128 | 44 | 58 | 64 | 53 | 52 |
| | 50% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 225 | 225 | 100 | 189 | 272 | 67 | 65 | 98 | 92 | 61 |
| | 30% | 83 | 48 | 21 | 6 | 23 | 29 | 366 | 58 | 381 | 82 | 127 | 166 | 156 | 149 | 123 |
| | 10% | 253 | 160 | 279 | 96 | 112 | 549 | 429 | 549 | 550 | 551 | 162 | 197 | 214 | 187 | 207 |
| 16:00 | 90% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 4 | 82 | 41 | 52 | 24 | 14 | 26 | 27 | 28 | 18 |
| | 70% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 82 | 103 | 164 | 126 | 53 | 32 | 45 | 44 | 45 | 30 |
| | 50% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 166 | 173 | 253 | 247 | 116 | 67 | 65 | 98 | 92 | 61 |
| | 30% | 17 | 10 | 18 | 6 | 20 | 50 | 247 | 238 | 283 | 195 | 127 | 166 | 156 | 149 | 123 |
| | 10% | 39 | 410 | 268 | 194 | 196 | 410 | 291 | 481 | 220 | 407 | 162 | 197 | 214 | 187 | 207 |
| 17:00 | 90% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 8 | 3 | 5 | 62 | 13 | 12 | 15 | 13 | 17 | 11 |
| | 70% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 40 | 68 | 68 | 66 | 34 | 19 | 22 | 26 | 29 | 19 |
| | 50% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 75 | 91 | 99 | 104 | 115 | 25 | 39 | 42 | 35 | 30 |
| | 30% | 14 | 8 | 14 | 4 | 16 | 154 | 142 | 156 | 118 | 71 | 57 | 69 | 72 | 83 | 51 |
| | 10% | 31 | 327 | 214 | 155 | 157 | 250 | 217 | 208 | 254 | 285 | 82 | 88 | 93 | 87 | 77 |

P2-50 south (with Shading Devices)

| Local time | WP | Clear Sky | | | | | Partly Cloudy Sky | | | | | Cloudy Sky | | | | |
|------------|-----|-----------|-----|----|-----|-----|-------------------|-----|-----|-----|-----|------------|-----|-----|-----|-----|
| | | R1 | R2 | R3 | R4 | R5 | R1 | R2 | R3 | R4 | R5 | R1 | R2 | R3 | R4 | R5 |
| 8:00 | 90% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3 | 61 | 64 | 66 | 41 | 16 | 19 | 27 | 24 | 15 |
| | 70% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 69 | 110 | 184 | 117 | 115 | 25 | 35 | 38 | 37 | 30 |
| | 50% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 80 | 62 | 122 | 92 | 119 | 37 | 44 | 66 | 46 | 42 |
| | 30% | 233 | 225 | 0 | 233 | 233 | 212 | 286 | 298 | 256 | 189 | 98 | 113 | 106 | 103 | 84 |
| | 10% | 28 | 8 | 0 | 0 | 0 | 254 | 364 | 200 | 348 | 383 | 116 | 149 | 84 | 153 | 121 |
| 9:00 | 90% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 134 | 70 | 52 | 47 | 62 | 26 | 30 | 33 | 24 | 25 |
| | 70% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 133 | 140 | 270 | 163 | 171 | 45 | 44 | 58 | 57 | 35 |
| | 50% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 95 | 224 | 113 | 177 | 180 | 59 | 76 | 87 | 73 | 53 |
| | 30% | 285 | 275 | 0 | 285 | 285 | 310 | 297 | 232 | 312 | 407 | 145 | 164 | 200 | 172 | 128 |
| | 10% | 34 | 10 | 0 | 0 | 0 | 564 | 607 | 403 | 527 | 549 | 180 | 218 | 153 | 210 | 173 |
| 10:00 | 90% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 22 | 147 | 217 | 134 | 79 | 35 | 49 | 39 | 40 | 31 |
| | 70% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 293 | 250 | 308 | 239 | 202 | 52 | 66 | 68 | 63 | 53 |
| | 50% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 155 | 145 | 194 | 192 | 135 | 80 | 94 | 99 | 103 | 89 |
| | 30% | 319 | 307 | 0 | 319 | 319 | 384 | 490 | 595 | 439 | 554 | 162 | 205 | 236 | 240 | 180 |
| | 10% | 38 | 11 | 0 | 0 | 0 | 524 | 761 | 364 | 762 | 448 | 242 | 275 | 208 | 264 | 207 |
| 11:00 | 90% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 188 | 68 | 197 | 235 | 158 | 41 | 36 | 51 | 34 | 38 |
| | 70% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 249 | 262 | 404 | 248 | 215 | 75 | 65 | 90 | 80 | 65 |
| | 50% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 162 | 276 | 243 | 38 | 191 | 87 | 113 | 20 | 97 | 99 |
| | 30% | 343 | 330 | 0 | 343 | 343 | 419 | 682 | 479 | 563 | 423 | 202 | 242 | 290 | 244 | 186 |
| | 10% | 41 | 12 | 0 | 0 | 0 | 682 | 753 | 326 | 662 | 726 | 279 | 304 | 195 | 315 | 282 |
| 12:00 | 90% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 9 | 219 | 69 | 292 | 0 | 41 | 51 | 65 | 47 | 45 |
| | 70% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 246 | 292 | 250 | 344 | 137 | 69 | 93 | 81 | 84 | 66 |
| | 50% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 74 | 253 | 248 | 292 | 216 | 89 | 115 | 137 | 101 | 96 |
| | 30% | 354 | 341 | 0 | 354 | 354 | 443 | 597 | 435 | 572 | 452 | 220 | 272 | 294 | 284 | 214 |
| | 10% | 42 | 12 | 0 | 0 | 0 | 630 | 745 | 374 | 724 | 865 | 242 | 330 | 218 | 333 | 285 |
| 13:00 | 90% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 143 | 107 | 136 | 124 | 143 | 29 | 52 | 57 | 66 | 26 |
| | 70% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 223 | 307 | 424 | 223 | 201 | 73 | 93 | 82 | 73 | 60 |
| | 50% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 245 | 343 | 293 | 207 | 212 | 100 | 113 | 133 | 105 | 101 |
| | 30% | 351 | 336 | 0 | 351 | 351 | 473 | 710 | 744 | 524 | 547 | 213 | 263 | 287 | 269 | 226 |
| | 10% | 42 | 12 | 0 | 0 | 0 | 696 | 740 | 690 | 735 | 846 | 285 | 332 | 232 | 311 | 276 |
| 14:00 | 90% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 246 | 150 | 190 | 150 | 196 | 42 | 43 | 47 | 48 | 37 |
| | 70% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 181 | 321 | 234 | 165 | 239 | 64 | 72 | 81 | 65 | 63 |
| | 50% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 134 | 262 | 156 | 77 | 209 | 73 | 97 | 124 | 109 | 82 |
| | 30% | 336 | 324 | 0 | 336 | 336 | 511 | 474 | 318 | 572 | 486 | 184 | 234 | 247 | 232 | 192 |
| | 10% | 40 | 12 | 0 | 0 | 0 | 744 | 668 | 672 | 835 | 577 | 245 | 293 | 199 | 302 | 247 |
| 15:00 | 90% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 7 | 84 | 111 | 111 | 0 | 33 | 44 | 32 | 36 | 33 |
| | 70% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 257 | 132 | 326 | 151 | 124 | 51 | 60 | 78 | 65 | 50 |
| | 50% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 38 | 241 | 283 | 135 | 119 | 67 | 79 | 93 | 98 | 80 |
| | 30% | 310 | 299 | 0 | 310 | 310 | 447 | 469 | 401 | 438 | 447 | 143 | 199 | 224 | 222 | 167 |
| | 10% | 37 | 11 | 0 | 0 | 0 | 673 | 774 | 283 | 713 | 487 | 216 | 252 | 176 | 247 | 222 |
| 16:00 | 90% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 51 | 67 | 110 | 53 | 82 | 24 | 30 | 30 | 32 | 22 |
| | 70% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 116 | 179 | 194 | 117 | 142 | 38 | 44 | 58 | 54 | 30 |
| | 50% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 100 | 209 | 233 | 168 | 82 | 53 | 64 | 84 | 68 | 49 |
| | 30% | 269 | 259 | 0 | 269 | 269 | 264 | 375 | 469 | 272 | 259 | 123 | 152 | 154 | 156 | 121 |
| | 10% | 32 | 9 | 0 | 0 | 0 | 360 | 497 | 231 | 402 | 311 | 170 | 192 | 137 | 186 | 156 |
| 17:00 | 90% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 76 | 44 | 50 | 33 | 28 | 13 | 17 | 17 | 18 | 14 |
| | 70% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 82 | 88 | 101 | 94 | 71 | 23 | 28 | 32 | 30 | 29 |
| | 50% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 98 | 31 | 61 | 105 | 71 | 32 | 46 | 49 | 40 | 35 |
| | 30% | 214 | 207 | 0 | 214 | 214 | 143 | 187 | 260 | 196 | 192 | 77 | 94 | 94 | 99 | 76 |
| | 10% | 26 | 7 | 0 | 0 | 0 | 295 | 204 | 254 | 286 | 252 | 94 | 172 | 80 | 170 | 98 |

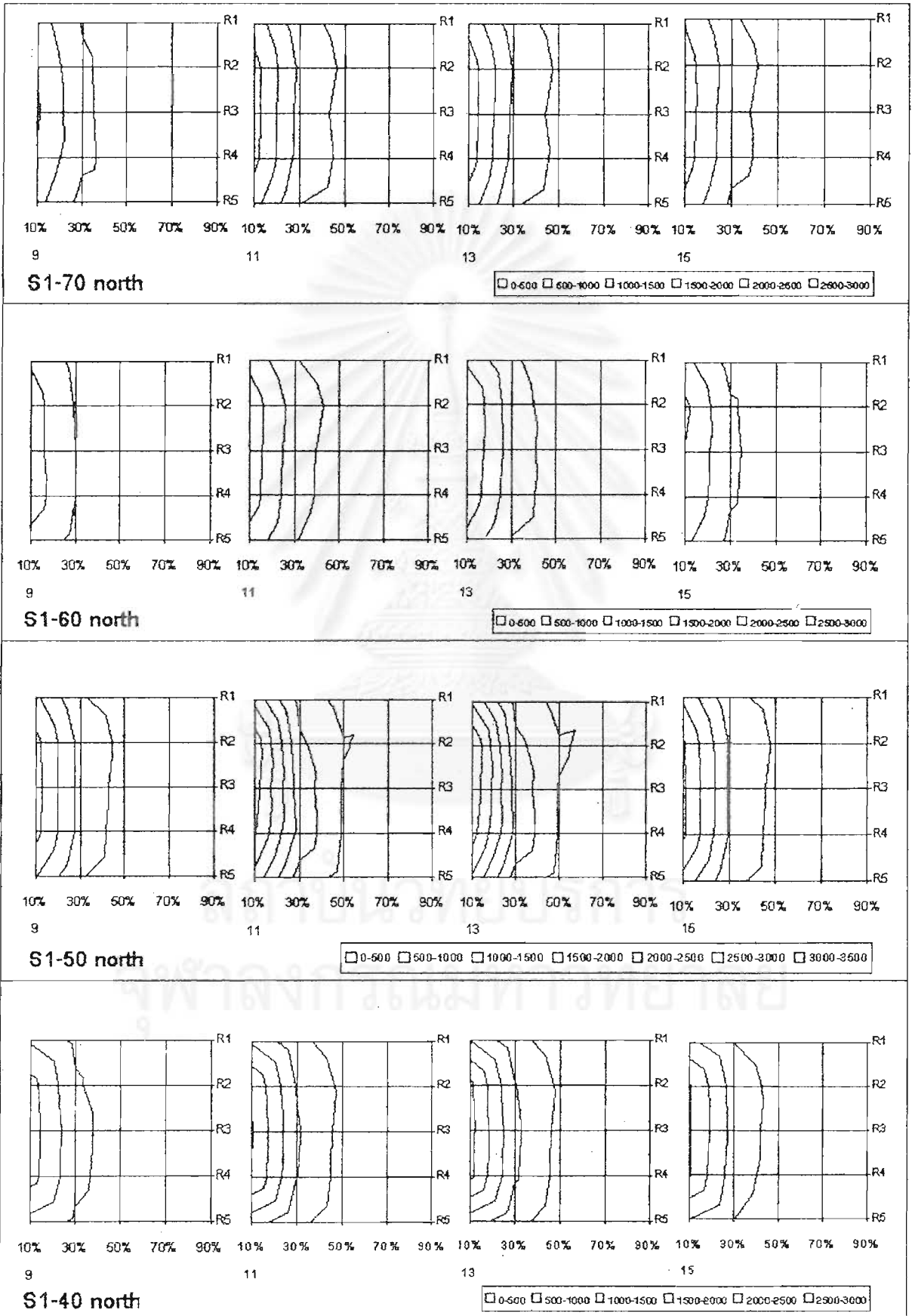
P2-40 south (with Shading Devices)

| Local time | WP | Clear Sky | | | | | Partly Cloudy Sky | | | | | Cloudy Sky | | | | |
|------------|-----|-----------|-----|-----|-----|-----|-------------------|------|-----|------|-----|------------|-----|-----|-----|-----|
| | | R1 | R2 | R3 | R4 | R5 | R1 | R2 | R3 | R4 | R5 | R1 | R2 | R3 | R4 | R5 |
| 8:00 | 90% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 88 | 31 | 6 | 47 | 91 | 18 | 20 | 18 | 19 | 15 |
| | 70% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 61 | 102 | 104 | 90 | 95 | 27 | 39 | 36 | 30 | 33 |
| | 50% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 150 | 54 | 122 | 175 | 102 | 49 | 49 | 48 | 50 | 45 |
| | 30% | 44 | 233 | 232 | 233 | 222 | 250 | 313 | 319 | 303 | 261 | 90 | 117 | 114 | 116 | 91 |
| | 10% | 219 | 451 | 1 | 451 | 367 | 319 | 424 | 248 | 467 | 385 | 153 | 210 | 100 | 194 | 163 |
| 9:00 | 90% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 53 | 47 | 94 | 80 | 16 | 24 | 26 | 25 | 26 | 33 |
| | 70% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 71 | 127 | 186 | 151 | 125 | 42 | 37 | 56 | 48 | 37 |
| | 50% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 112 | 222 | 129 | 199 | 93 | 65 | 96 | 84 | 98 | 60 |
| | 30% | 54 | 285 | 283 | 285 | 271 | 447 | 392 | 554 | 419 | 246 | 138 | 163 | 196 | 168 | 144 |
| | 10% | 268 | 551 | 1 | 551 | 448 | 634 | 650 | 457 | 630 | 646 | 227 | 314 | 166 | 307 | 251 |
| 10:00 | 90% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 67 | 119 | 165 | 107 | 40 | 30 | 36 | 51 | 44 | 27 |
| | 70% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 161 | 252 | 240 | 172 | 108 | 57 | 46 | 76 | 67 | 60 |
| | 50% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 229 | 211 | 133 | 111 | 118 | 82 | 95 | 101 | 116 | 54 |
| | 30% | 60 | 319 | 316 | 319 | 303 | 379 | 531 | 670 | 582 | 369 | 183 | 223 | 238 | 222 | 193 |
| | 10% | 300 | 616 | 1 | 616 | 501 | 592 | 863 | 512 | 931 | 704 | 298 | 393 | 202 | 403 | 332 |
| 11:00 | 90% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 136 | 135 | 136 | 87 | 136 | 29 | 45 | 31 | 51 | 34 |
| | 70% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 166 | 181 | 263 | 176 | 210 | 60 | 62 | 72 | 66 | 48 |
| | 50% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 290 | 168 | 177 | 371 | 282 | 93 | 101 | 128 | 155 | 83 |
| | 30% | 65 | 343 | 340 | 343 | 326 | 538 | 623 | 679 | 560 | 497 | 216 | 259 | 275 | 254 | 209 |
| | 10% | 322 | 662 | 1 | 662 | 538 | 707 | 1026 | 660 | 1041 | 901 | 338 | 479 | 237 | 424 | 353 |
| 12:00 | 90% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 82 | 146 | 161 | 126 | 145 | 38 | 54 | 48 | 41 | 50 |
| | 70% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 170 | 253 | 283 | 274 | 211 | 65 | 80 | 87 | 62 | 60 |
| | 50% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 274 | 202 | 218 | 270 | 157 | 90 | 91 | 127 | 149 | 88 |
| | 30% | 67 | 354 | 351 | 354 | 336 | 478 | 743 | 616 | 656 | 524 | 215 | 254 | 273 | 266 | 196 |
| | 10% | 332 | 683 | 1 | 683 | 556 | 994 | 1234 | 721 | 1024 | 859 | 403 | 499 | 263 | 460 | 372 |
| 13:00 | 90% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 18 | 214 | 80 | 162 | 48 | 31 | 47 | 33 | 54 | 36 |
| | 70% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 63 | 145 | 394 | 247 | 178 | 63 | 65 | 76 | 70 | 51 |
| | 50% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 102 | 357 | 287 | 174 | 191 | 97 | 106 | 134 | 163 | 87 |
| | 30% | 66 | 351 | 348 | 351 | 333 | 534 | 639 | 717 | 725 | 387 | 226 | 272 | 289 | 266 | 219 |
| | 10% | 330 | 677 | 1 | 677 | 551 | 969 | 1078 | 708 | 1195 | 941 | 355 | 503 | 249 | 445 | 370 |
| 14:00 | 90% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 132 | 176 | 190 | 207 | 88 | 21 | 45 | 54 | 55 | 32 |
| | 70% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 151 | 262 | 334 | 203 | 203 | 57 | 69 | 81 | 74 | 60 |
| | 50% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 147 | 161 | 248 | 134 | 184 | 90 | 94 | 126 | 97 | 102 |
| | 30% | 64 | 336 | 333 | 336 | 319 | 427 | 581 | 536 | 531 | 408 | 207 | 240 | 258 | 218 | 191 |
| | 10% | 316 | 649 | 1 | 649 | 528 | 794 | 988 | 656 | 964 | 696 | 352 | 427 | 208 | 409 | 362 |
| 15:00 | 90% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 111 | 83 | 68 | 71 | 38 | 37 | 30 | 46 | 28 | 31 |
| | 70% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 138 | 183 | 159 | 124 | 143 | 57 | 55 | 61 | 59 | 57 |
| | 50% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 157 | 178 | 201 | 116 | 98 | 75 | 62 | 119 | 82 | 72 |
| | 30% | 59 | 310 | 308 | 310 | 296 | 547 | 466 | 640 | 455 | 474 | 180 | 219 | 197 | 210 | 174 |
| | 10% | 292 | 599 | 1 | 599 | 487 | 668 | 832 | 641 | 730 | 670 | 289 | 352 | 182 | 358 | 297 |
| 16:00 | 90% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 19 | 62 | 77 | 82 | 28 | 20 | 30 | 29 | 26 | 16 |
| | 70% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 108 | 147 | 117 | 106 | 110 | 42 | 47 | 48 | 39 | 36 |
| | 50% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 159 | 164 | 165 | 69 | 112 | 56 | 62 | 70 | 73 | 47 |
| | 30% | 51 | 269 | 267 | 269 | 255 | 284 | 431 | 329 | 338 | 202 | 112 | 146 | 148 | 145 | 118 |
| | 10% | 253 | 519 | 1 | 519 | 422 | 297 | 696 | 338 | 600 | 547 | 205 | 282 | 146 | 274 | 216 |
| 17:00 | 90% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 54 | 76 | 38 | 29 | 9 | 14 | 20 | 20 | 17 | 15 |
| | 70% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 44 | 105 | 53 | 99 | 62 | 23 | 30 | 27 | 28 | 20 |
| | 50% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 53 | 57 | 107 | 71 | 86 | 32 | 38 | 28 | 40 | 45 |
| | 30% | 41 | 214 | 213 | 214 | 204 | 159 | 216 | 258 | 304 | 136 | 86 | 86 | 97 | 91 | 73 |
| | 10% | 202 | 414 | 1 | 414 | 337 | 354 | 357 | 255 | 404 | 305 | 78 | 107 | 90 | 166 | 78 |

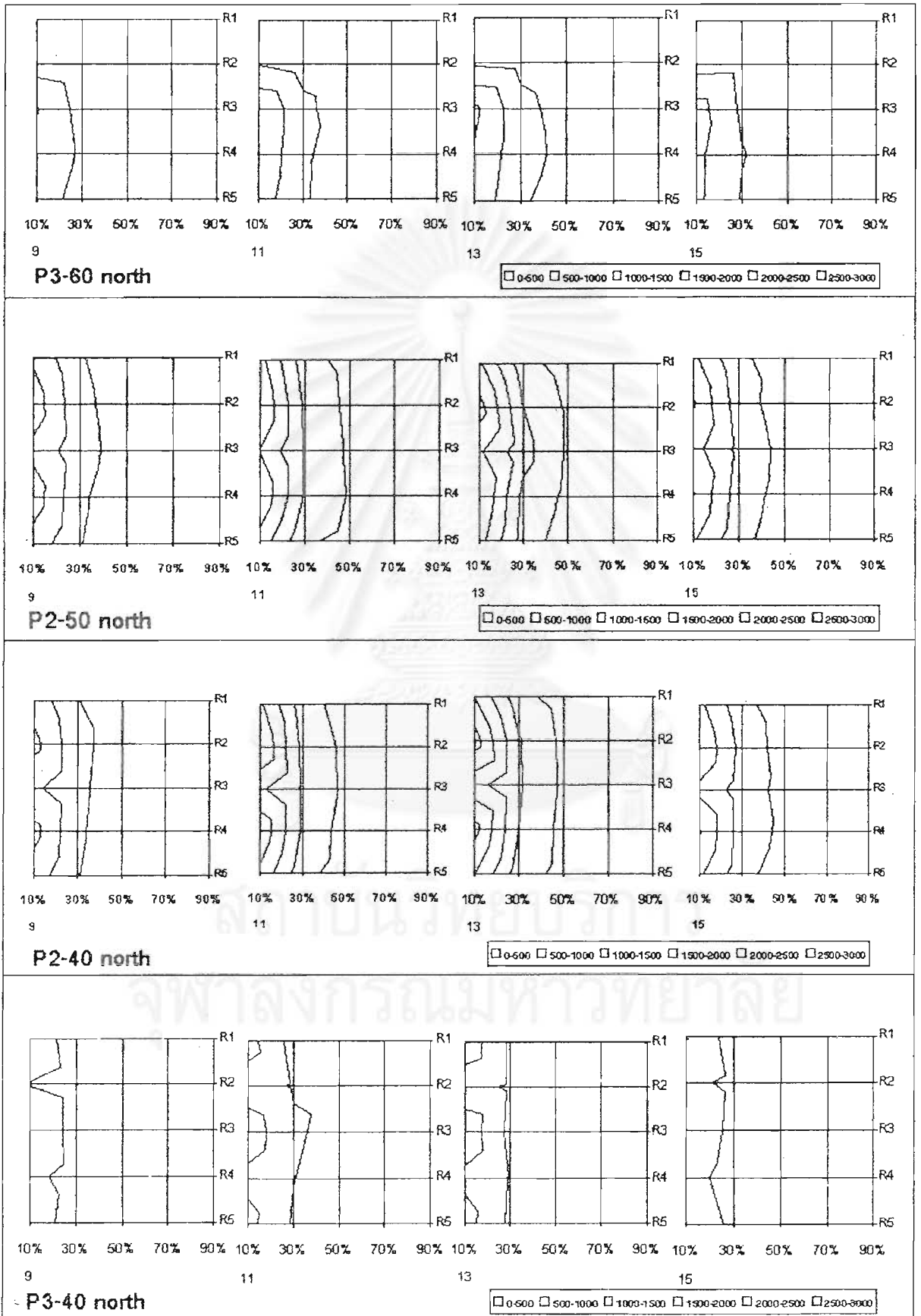
P3-40 south (with Shading Devices)

| Local time | WP | Clear Sky | | | | | Partly Cloudy Sky | | | | | Cloudy Sky | | | | |
|------------|-----|-----------|----|-----|----|----|-------------------|-----|-----|-----|-----|------------|-----|-----|-----|-----|
| | | R1 | R2 | R3 | R4 | R5 | R1 | R2 | R3 | R4 | R5 | R1 | R2 | R3 | R4 | R5 |
| 8:00 | 90% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 38 | 65 | 23 | 46 | 0 | 16 | 14 | 12 | 19 | 20 |
| | 70% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 38 | 103 | 60 | 64 | 37 | 29 | 13 | 60 | 47 | 34 |
| | 50% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 134 | 116 | 117 | 118 | 62 | 30 | 22 | 32 | 42 | 29 |
| | 30% | 17 | 9 | 210 | 5 | 6 | 122 | 91 | 226 | 180 | 119 | 48 | 81 | 60 | 46 | 52 |
| | 10% | 0 | 24 | 14 | 0 | 16 | 130 | 61 | 69 | 51 | 188 | 69 | 88 | 64 | 32 | 91 |
| 9:00 | 90% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 47 | 47 | 51 | 31 | 14 | 24 | 14 | 20 | 18 |
| | 70% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 93 | 93 | 39 | 105 | 131 | 30 | 28 | 19 | 28 | 28 |
| | 50% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 38 | 161 | 170 | 148 | 173 | 33 | 49 | 45 | 52 | 39 |
| | 30% | 21 | 11 | 257 | 6 | 7 | 176 | 144 | 192 | 251 | 156 | 68 | 81 | 104 | 104 | 78 |
| | 10% | 0 | 30 | 17 | 0 | 20 | 200 | 145 | 187 | 248 | 193 | 124 | 71 | 118 | 52 | 131 |
| 10:00 | 90% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 119 | 118 | 102 | 20 | 22 | 33 | 34 | 24 | 20 |
| | 70% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 109 | 123 | 118 | 137 | 28 | 26 | 52 | 29 | 45 | 38 |
| | 50% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 22 | 184 | 246 | 157 | 93 | 49 | 64 | 79 | 68 | 48 |
| | 30% | 24 | 12 | 287 | 7 | 8 | 236 | 133 | 334 | 229 | 273 | 98 | 126 | 111 | 117 | 102 |
| | 10% | 0 | 33 | 20 | 0 | 22 | 361 | 278 | 186 | 204 | 222 | 164 | 56 | 144 | 68 | 170 |
| 11:00 | 90% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 8 | 34 | 61 | 68 | 91 | 21 | 32 | 15 | 16 | 21 |
| | 70% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 83 | 136 | 136 | 139 | 92 | 33 | 50 | 42 | 47 | 32 |
| | 50% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 123 | 144 | 125 | 328 | 156 | 62 | 87 | 90 | 71 | 58 |
| | 30% | 25 | 13 | 309 | 7 | 9 | 266 | 288 | 159 | 199 | 150 | 12 | 132 | 145 | 126 | 122 |
| | 10% | 0 | 35 | 21 | 0 | 23 | 273 | 203 | 201 | 322 | 255 | 191 | 85 | 134 | 67 | 192 |
| 12:00 | 90% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 73 | 109 | 8 | 126 | 0 | 27 | 31 | 32 | 30 | 21 |
| | 70% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 134 | 197 | 198 | 161 | 96 | 40 | 53 | 58 | 37 | 27 |
| | 50% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 242 | 218 | 130 | 334 | 70 | 62 | 89 | 79 | 80 | 62 |
| | 30% | 26 | 13 | 319 | 7 | 9 | 168 | 191 | 303 | 202 | 299 | 133 | 144 | 125 | 153 | 132 |
| | 10% | 0 | 37 | 22 | 0 | 24 | 442 | 151 | 448 | 97 | 390 | 137 | 82 | 184 | 80 | 135 |
| 13:00 | 90% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 18 | 72 | 143 | 72 | 24 | 22 | 33 | 16 | 16 | 23 |
| | 70% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 143 | 143 | 149 | 91 | 140 | 35 | 52 | 44 | 49 | 34 |
| | 50% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 125 | 328 | 227 | 247 | 171 | 65 | 91 | 94 | 74 | 61 |
| | 30% | 26 | 13 | 316 | 7 | 9 | 172 | 224 | 168 | 303 | 242 | 117 | 139 | 152 | 132 | 127 |
| | 10% | 0 | 36 | 21 | 0 | 24 | 297 | 90 | 304 | 163 | 429 | 200 | 89 | 141 | 71 | 201 |
| 14:00 | 90% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 8 | 65 | 73 | 47 | 110 | 21 | 30 | 40 | 24 | 14 |
| | 70% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 148 | 131 | 175 | 191 | 214 | 36 | 50 | 44 | 57 | 25 |
| | 50% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 143 | 217 | 314 | 106 | 112 | 64 | 66 | 87 | 68 | 64 |
| | 30% | 25 | 13 | 303 | 7 | 8 | 165 | 306 | 388 | 276 | 229 | 111 | 130 | 114 | 123 | 109 |
| | 10% | 0 | 35 | 21 | 0 | 23 | 273 | 144 | 200 | 206 | 402 | 125 | 51 | 177 | 70 | 122 |
| 15:00 | 90% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 153 | 110 | 60 | 55 | 0 | 22 | 21 | 24 | 25 | 21 |
| | 70% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 166 | 115 | 122 | 51 | 30 | 31 | 35 | 36 | 29 |
| | 50% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 98 | 210 | 283 | 198 | 58 | 42 | 61 | 53 | 61 | 54 |
| | 30% | 23 | 12 | 280 | 6 | 8 | 98 | 210 | 283 | 198 | 58 | 78 | 107 | 103 | 93 | 93 |
| | 10% | 0 | 32 | 19 | 0 | 21 | 239 | 138 | 307 | 41 | 236 | 161 | 66 | 114 | 71 | 147 |
| 16:00 | 90% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 60 | 11 | 26 | 31 | 15 | 13 | 20 | 20 | 12 | 17 |
| | 70% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 17 | 98 | 136 | 44 | 54 | 18 | 25 | 26 | 32 | 24 |
| | 50% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 115 | 114 | 33 | 180 | 67 | 33 | 45 | 60 | 37 | 39 |
| | 30% | 20 | 10 | 242 | 6 | 7 | 159 | 167 | 305 | 116 | 238 | 64 | 70 | 89 | 87 | 70 |
| | 10% | 0 | 28 | 16 | 0 | 18 | 228 | 156 | 196 | 77 | 256 | 122 | 38 | 109 | 51 | 114 |
| 17:00 | 90% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 28 | 6 | 1 | 51 | 15 | 7 | 13 | 12 | 8 | 9 |
| | 70% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 21 | 51 | 68 | 80 | 23 | 10 | 14 | 17 | 17 | 16 |
| | 50% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 105 | 101 | 102 | 54 | 58 | 24 | 30 | 28 | 26 | 22 |
| | 30% | 16 | 8 | 193 | 4 | 5 | 115 | 100 | 81 | 69 | 108 | 36 | 54 | 53 | 50 | 41 |
| | 10% | 0 | 22 | 13 | 0 | 15 | 112 | 80 | 110 | 70 | 150 | 72 | 39 | 98 | 44 | 77 |

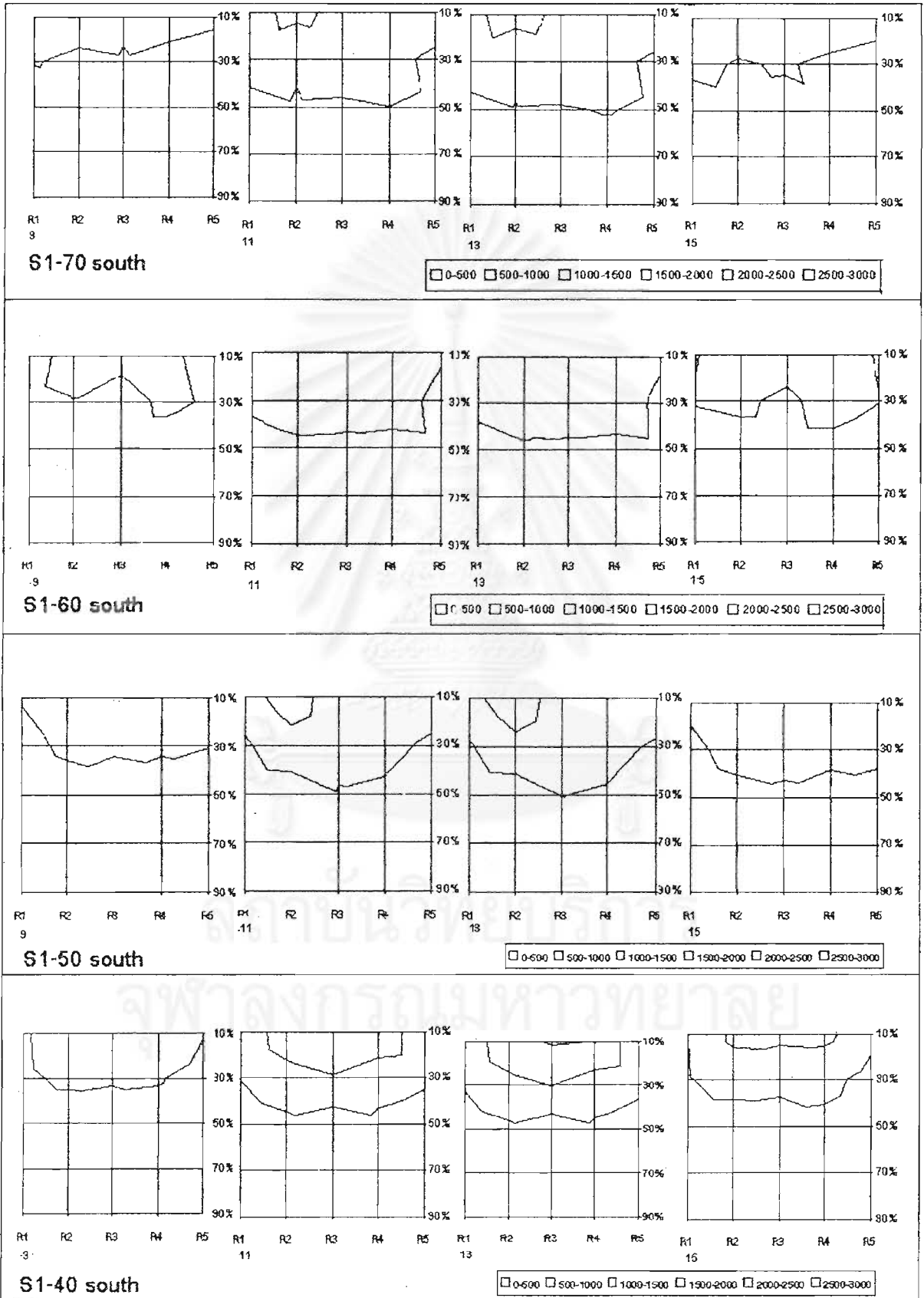
ผลค่าความสว่าง(ลักซ์)ของรูปแบบช่องเปิดต่อเนื่อง ทิศเหนือ



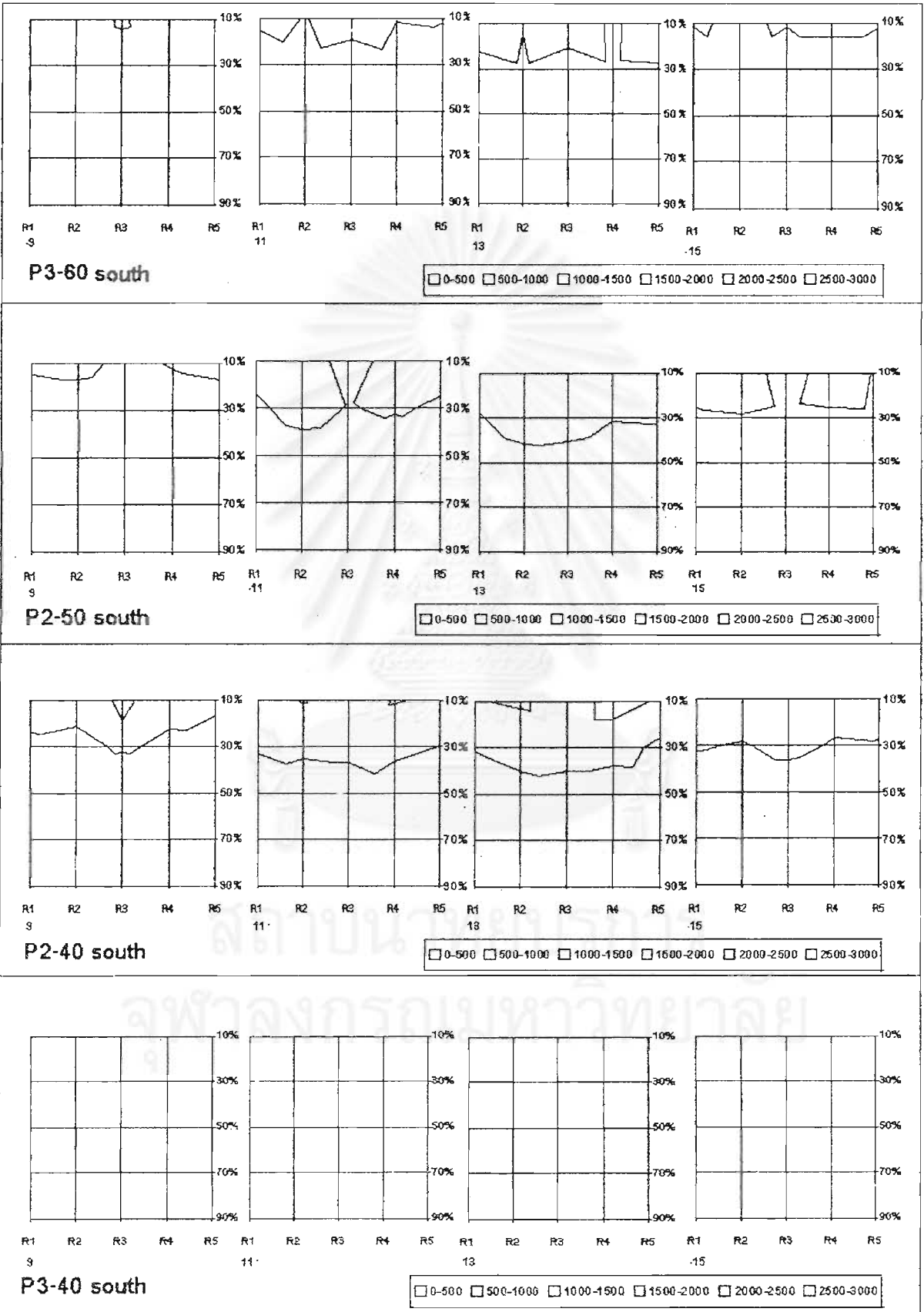
ผลค่าความสว่าง(ลักซ์)ของรูปแบบช่องเปิดไม้ต่อเนื่อง ทิศเหนือ

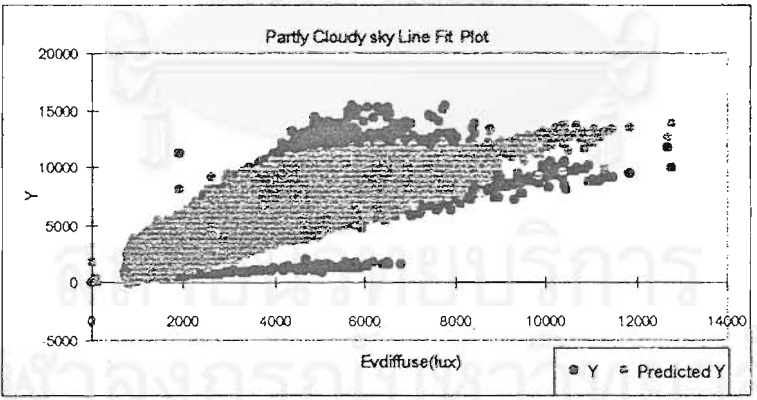
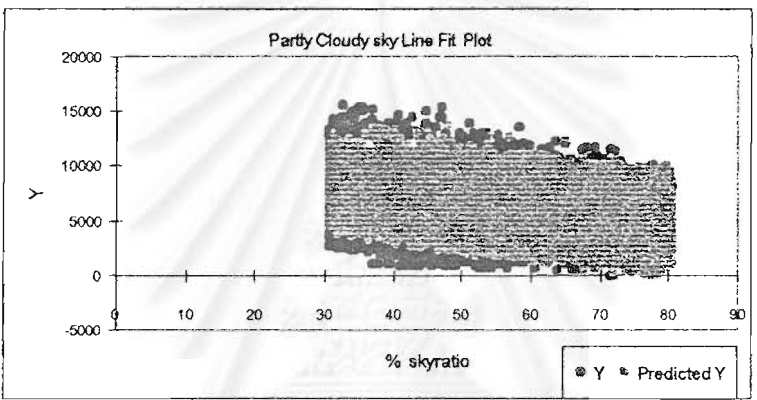
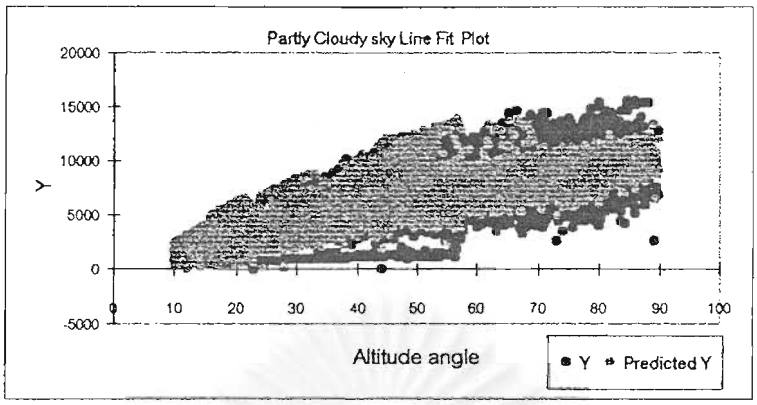


ผลค่าความสว่าง(ลักซ์)ของรูปแบบช่องเปิดต่อเนื่อง ทิศใต้



ผลค่าความสว่าง(ลักซ์)ของรูปแบบช่องเปิดไม้ต่อเนื่อง ทิศใต้





ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นางสาวพิรุฬห์รัตน์ บุรีประเสริฐ เกิดวันที่ 25 มกราคม พ.ศ. 2515 ที่โรงพยาบาล
กรุงเทพคริสเตียน กรุงเทพมหานคร

สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรี คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ สาขา
สถาปัตยกรรม จากสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ในปีการศึกษา 2540
และเข้าศึกษาต่อในระดับปริญญาโท สาขาสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์
มหาวิทยาลัย เมื่อ พ.ศ. 2542



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย