



การศึกษารูปแบบของแผงบังแดดแบบฉลุต่อประสิทธิภาพในการใช้แสงธรรมชาติและความสบายทาง

สายตา

โดย

นางสาวพินุท สุวภาพ



วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรสถาปัตยกรรมศาสตรมหาบัณฑิต  
สาขาวิชาสถาปัตยกรรม แผน ก แบบ ก 2 การอนุรักษ์พลังงานในอาคาร(วิจัยสถาปัตยกรรม) ระดับ

ปริญญาามหาบัณฑิต

ภาควิชาสถาปัตยกรรม

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร

ปีการศึกษา 2560

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร

การศึกษารูปแบบของแผงบังแดดแบบฉลุต่อประสิทธิภาพในการใช้แสงธรรมชาติและ  
ความสบายทางสายตา



โดย  
นางสาวพินุท สุวภาพ

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรสถาปัตยกรรมศาสตรมหาบัณฑิต  
สาขาวิชาสถาปัตยกรรม แผน ก แบบ ก 2 การอนุรักษ์พลังงานในอาคาร(วิจัยสถาปัตยกรรม) ระดับ

ปริญญาโทมหาบัณฑิต

ภาควิชาสถาปัตยกรรม

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร

ปีการศึกษา 2560

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร

INVESTIGATION OF EXTERNAL PERFORATED SUNSHADE FOR DAYLIGHTING  
EFFICIENCY AND VISUAL COMFORT



A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements  
for Master of Architecture (Architecture)  
Department of Architecture  
Graduate School, Silpakorn University  
Academic Year 2017  
Copyright of Graduate School, Silpakorn University

หัวข้อ การศึกษารูปแบบของแผงบังแดดแบบฉลุดูต่อประสิทธิภาพในการใช้  
แสงธรรมชาติและความสบายทางสายตา  
โดย พิณท สุวภาพ  
สาขาวิชา สถาปัตยกรรม แผน ก แบบ ก 2 การอนุรักษ์พลังงานในอาคาร  
(วิจัยสถาปัตยกรรม) ระดับปริญญาโท  
อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ชาริณี รามสูต

---

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร ได้รับพิจารณาอนุมัติให้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา  
ตามหลักสูตรสถาปัตยกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

..... คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย  
(รองศาสตราจารย์ ดร.จุไรรัตน์ นันทานิช)

พิจารณาเห็นชอบโดย

..... ประธานกรรมการ  
(รองศาสตราจารย์ มาลินี ศรีสุวรรณ )

..... อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก  
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ชาริณี รามสูต )

..... ผู้ทรงคุณวุฒิภายนอก  
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. นวลวรรณ ทวยเจริญ )

57054225 : สถาปัตยกรรม แผน ก แบบ ก 2 การอนุรักษ์พลังงานในอาคาร(วิจัยสถาปัตยกรรม)  
ระดับปริญญาโท

คำสำคัญ : แฉงบังแดดแบบฉลุลู, แฉงบาดตา, แฉงบาดตาจากแฉงธรรมชาติ, ความสบายทางสายตา,  
แฉงธรรมชาติ

นางสาว พิณุฑ สุวภาพ: การศึกษารูปแบบของแฉงบังแดดแบบฉลุลูต่อประสิทธิภาพในการใช้  
แฉงธรรมชาติและความสะดวกสบายทางสายตา อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ : ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ธา  
ริณี รามสูต

ปัจจุบันมีการใช้แฉงบังแดดเพื่อช่วยลดความร้อนและการประหยัดพลังงาน จึงได้  
ทำการศึกษาวิจัยเพื่อหาปัจจัยที่เหมาะสมเพื่อให้ได้แฉงธรรมชาติที่พอเพียงต่อการใช้งานในอาคาร  
สำนักงาน และความสะดวกสบายทางสายตา โดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ คือ Ecotect, Radiance และ  
Daysim ในการจำลองผลเพื่อศึกษาสภาพแฉงสว่าง โดยกำหนดให้อาคารสำนักงานมีช่องแฉงทางทิศ  
ใต้ และทำการศึกษาแฉงบังแดดแบบฉลุลู เพื่อเปรียบเทียบ 3 ปัจจัย คือ อัตราส่วนช่องเปิด ขนาดของ  
ช่องฉลุลู และ ระยะห่างระหว่างแฉงบังแดดและอาคาร ทำการเปรียบเทียบที่ละตัวแปร

จากการศึกษาแฉงบาดตาด้วยดัชนีชี้วัด DGP และ ASE1000lx,250hr. และปริมาณแฉง  
ธรรมชาติ ด้วยดัชนีชี้วัด DF และ sDA300/50% พบว่า ปัจจัยด้านอัตราส่วนช่องเปิดนั้น เมื่อมี  
อัตราส่วนช่องเปิดเพิ่มขึ้น จะทำให้เกิดแฉงบาดตา และมีแฉงสว่างเข้าสู่อาคารเพิ่มขึ้น ปัจจัยด้าน  
ขนาดช่องฉลุลูพบว่า ไม่มีความสอดคล้องต่อการเกิดแฉงบาดตาและปริมาณมีแฉงสว่างที่เข้าสู่อาคาร  
และในส่วนระยะห่างของแฉงบังแดด พบว่าที่ระยะห่างเพิ่มขึ้นมีโอกาสเกิดแฉงบาดตามากขึ้น โดยที่  
ระยะ 0.40 และ 0.60 ม. มีผลใกล้เคียงกัน ส่วนที่ระยะห่าง 1.00 ม. มีโอกาสเกิดแฉงบาดตาเพิ่ม  
สูงขึ้นมาก เนื่องแฉงสะท้อนและแฉงตรงที่ส่องผ่านช่องว่างระหว่างแฉงบังแดดและอาคาร ปริมาณ  
ความสว่างพบว่าระยะห่างที่เพิ่มขึ้น ทำให้ความสว่างเพิ่มขึ้นด้วยเช่นกัน

โดยแฉงบังแดดที่แนะนำคือ อัตราส่วนช่องเปิด 30% ที่มีค่า sDA300/50% ถึง 93%  
ของพื้นที่ ซึ่งเพียงพอต่อการใช้งาน ทั้งนี้ยังพบว่าที่ระยะห่างจากช่องเปิดที่ระยะ 0 - 2.5 เมตร มีค่า  
ความส่องสว่างมากกว่า 1,000 ลักซ์ 250 ชั่วโมงการทำงานบนพื้นผิวการทำงาน ซึ่งสอดคล้องกับค่า  
DGP ที่บริเวณนี้จะมีค่าสูงในช่วงเดือนพฤศจิกายน - มกราคม ที่ดวงอาทิตย์อยู่ทางทิศใต้ จึงควร  
ระมัดระวังในการใช้งานพื้นที่นี้ หรือพิจารณาแนวทางอื่นในการลดแฉงบาดตาในช่วงเวลาดังกล่าว

57054225 : Major (Architecture)

Keyword : Perforated Sunshade, Glare, Glare from daylighting, Visual Comfort, Daylighting

MISS PINUT SUWAPAP : INVESTIGATION OF EXTERNAL PERFORATED SUNSHADE FOR DAYLIGHTING EFFICIENCY AND VISUAL COMFORT THESIS ADVISOR : ASSISTANT PROFESSOR THARINEE RAMASOOT, Ph.D.

The study of glare index, DGP and ASE1000lx, 250hr and the natural light with DF and sDA300/50% found that the increase of open area ratio cause of increase glare and the illuminance. The hole size of sunshade have not effect to change of glare and the illuminance. The distance of sunshade , the increase of the distance is the cause of increase Glare. At 0.40 and 0.60 meter hadn't more effect but at 1.00 meter had glare more because of the reflect and direct light pass through space between shading and building.

The study of glare index, DGP and ASE1000lx, 250hr and the natural light with DF and sDA300/50% found that the increase of open area ratio cause of increase glare and the illuminance. The hole size of sunshade have not effect to change of glare and the illuminance. The distance of sunshade , the increase of the distance is the cause of increase Glare. At 0.40 and 0.60 meter hadn't more effect but at 1.00 meter had glare more because of the reflect and direct light pass through space between shading and building.

From this Study has advice to use the perforated sunshade at 30% open area ratio that has sDA300/50% at 93% of room area, which is sufficient for working space. This study also found the area around 0 to 2.5 meters from the window have the illuminance on the workplane more than 1000 lux, 250 occupied hours per year. This corresponds to the DGP value where the position is high during November to January where the sun is move to the south. Be careful when using this space. Or consider other approaches to reduce the glare during that time.

## กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี ผู้วิจัยต้องขอขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ธาริณี งามสุต อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์เป็นอย่างสูง ซึ่งได้สละเวลาให้คำปรึกษา คำแนะนำ ความรู้ คอยสนับสนุนและให้ความช่วยเหลือเป็นอย่างดีถึงจนวิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วง

ขอบพระคุณประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ รองศาสตราจารย์ มาลินี ศรีสุวรรณ และกรรมการผู้ทรงคุณวุฒิภายนอก ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. นवलวรรณ ทวยเจริญ ที่กรุณาสละเวลาในการสอบวิทยานิพนธ์รวมทั้งการให้คำแนะนำต่างๆ เพื่อปรับปรุงแก้ไขวิทยานิพนธ์ให้มีความสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น และขอขอบพระคุณคณาจารย์ คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากรทุกท่านที่ช่วยประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้ ทั้งสั่งสอนแนะนำในด้านต่างๆอย่างมากมาย

ขอขอบพระคุณ บริษัทสถาปนิก 49 (เชียงใหม่) จำกัด พี่น้องๆทุกคน ที่คอยให้กำลังใจในการศึกษาและวิจัยนี้

ท้ายนี้ ผู้วิจัยใคร่ขอกราบพระคุณ บิดา มารดา พี่น้องและญาติมิตร ผู้ให้ความช่วยเหลือสนับสนุน และให้กำลังใจในทุกๆด้านเสมอมาตั้งแต่ต้นจนสำเร็จการศึกษา

พินุท สุวภาพ



## สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	จ
กิตติกรรมประกาศ.....	ฉ
สารบัญ.....	ช
สารบัญตาราง.....	ฅ
สารบัญภาพ.....	ท
บทที่ 1 บทนำ.....	1
ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	1
ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ของการวิจัย.....	2
สมมติฐานของการวิจัย.....	2
ขอบเขตของการวิจัย.....	2
ขั้นตอนการวิจัย.....	3
ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	3
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	1
1. คำสำคัญ และนิยาม.....	1
2. แสงสว่างภายในสำนักงาน.....	1
3. แสงธรรมชาติ และดัชนีชี้วัดปริมาณแสงธรรมชาติ (Daylighting and Daylighting Index)....	3
3.1. แสงธรรมชาติ.....	3
3.2. ดัชนีชี้วัดแสงธรรมชาติ.....	3
3.2.1. Daylight Factor (DF).....	3
3.2.2. Daylight Autonomy (DA).....	4



3.2.3. Daylit Area และ Partially Daylit Area .....	4
3.2.4. Spatial Daylight Autonomy (sDA).....	5
3.2.5. Continuous Daylight Autonomy (cDA หรือ DAcon).....	5
3.2.6. Maximum Daylight Autonomy (mDA หรือ DAMax).....	6
3.2.7. Useful Daylight Illuminance (UDI).....	6
3.3. ดัชนีชี้วัดแสงสว่างที่ใช้ในการศึกษา.....	6
4. แสงบาดตา และดัชนีชี้วัดแสงบาดตา (Glare and Glare Index).....	7
4.1. แสงบาดตา (Glare) .....	7
4.2. แสงบาดตาแบบไม่สามารถมองเห็นได้ (Disability Glare).....	7
4.2.1. แสงบาดตาแบบไม่สบายตา (Discomfort Glare).....	8
4.2.2. แสงบาดตาจากแสงตรง (Direct Glare) .....	8
4.2.3. แสงบาดตาจากแสงสะท้อน (Reflected Glare) .....	8
4.3. ดัชนีชี้วัดแสงบาดตา (Glare Index) .....	9
4.3.1. British Glare Index (BGI) .....	9
4.3.2. Daylight Glare Index (DGI) .....	9
4.3.3. CIE Glare Index (CGI).....	10
4.3.4. CIE Unified Glare Rating (UGR).....	10
4.3.5. Discomfort Glare Rating (DGR).....	11
4.3.6. Visual Comfort Probability (VCP) .....	11
4.3.7. Daylight Glare Probability (DGP).....	12
4.3.7. Annual Sunlight Exposure (ASE).....	14
4.4. ดัชนีชี้วัดแสงบาดตาที่ใช้ในการศึกษา.....	14
5. ผนังอาคารชั้นที่สอง (Second Skin Façade).....	16
5.1. แบ่งตามวัสดุผนัง .....	17

5.2. แบ่งตามลักษณะการปฏิบัติการ .....	17
5.3. แบ่งตามลักษณะยุคสมัย .....	17
6. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	18
7. โปรแกรมคอมพิวเตอร์และประเภทของไฟล์ข้อมูลที่ใช้ในการศึกษา.....	22
7.1. Autodesk Ecotect Analysis .....	22
7.2. DaySim.....	23
7.3. Radiance.....	24
7.4. Evalglare.....	26
7.5. Photosphere.....	27
7.6. High dynamic range (HDR) .....	28
บทที่ 3 วิธีการวิจัย .....	30
1. การศึกษานำร่อง .....	30
1.1. การหาค่า DGP และ DF จากหุ่นจำลองในสถานการณ์จริง.....	30
1.2. การหาค่า DGP และ DF จากโปรแกรมคอมพิวเตอร์.....	31
2. การศึกษาเปรียบเทียบผลด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ .....	35
2.1. ตัวแปรในการศึกษา .....	35
2.1.1. ตัวแปรควบคุม.....	35
2.1.2. ตัวแปรต้น .....	35
2.1.3. ตัวแปรตาม.....	36
2.2. ขั้นตอนการศึกษา .....	36
บทที่ 4 ผลวิจัยโดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์และการวิเคราะห์ข้อมูล.....	41
1. ผลการศึกษานำร่อง การเปรียบเทียบระหว่างหุ่นจำลองในสถานการณ์จริง และการจำลองผล ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ .....	41

1.1. การเปรียบเทียบค่า Daylight Glare Index (DGP) ระหว่างหุ่นจำลองในสถานการณ์จริง และการจำลองผลด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ Radiance .....	41
1.2. การเปรียบเทียบค่า Daylighting Factor (DF) ระหว่างหุ่นจำลองในสถานการณ์จริงและการจำลองผลด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ Daysim .....	43
2. การศึกษาเปรียบเทียบแผงบังแดดแบบฉลุ ที่อัตราส่วนช่องเปิด 30%, 45% และ 60% .....	46
2.1. การศึกษาเปรียบเทียบความน่าจะเป็นของแสงบาดตาจากแสงธรรมชาติ (Daylight Glare Probability : DGP) ของแผงบังแดดแบบฉลุที่อัตราส่วนช่องเปิด 30%, 45% และ 60% .....	46
2.1.1. ผลการศึกษาค่า DGP อัตราส่วนช่องเปิด 30%, 45% และ 60% ที่ขนาดช่องฉลุ 0.05 เมตร ระยะห่าง 0.20 เมตร มุมมองหันไปทางทิศใต้ ตำแหน่ง (South) 47	
2.1.2. ผลการศึกษาค่า DGP อัตราส่วนช่องเปิด 30%, 45% และ 60% ที่ขนาดช่องฉลุ 0.05 เมตร ระยะห่าง 0.20 เมตร มุมมองหันไปทางทิศตะวันตก ตำแหน่ง (West).....	51
2.1.3. ผลการศึกษาค่า DGP อัตราส่วนช่องเปิด 30%, 45% และ 60% ที่ขนาดช่องฉลุ 0.05 เมตร ระยะห่าง 0.20 เมตร มุมมองหันไปทางทิศตะวันออก ตำแหน่ง (East) .....	56
2.2. การศึกษาเปรียบเทียบค่า DGP เพื่อแบ่งระดับชั้นความสบายทางสายตา(DGP Limit) ของแผงบังแดดแบบฉลุที่อัตราส่วนช่องเปิด 30%, 45% และ 60%.....	60
2.2.1. ผลการเปรียบเทียบระดับชั้นด้วยค่า DGP (DGP Limit) ที่อัตราส่วนช่องเปิด 30%, 45% และ 60% ตำแหน่ง (South) .....	60
2.2.2. ผลการเปรียบเทียบระดับชั้นด้วยค่า DGP (DGP Limit) ที่อัตราส่วนช่องเปิด 30%, 45% และ 60% ตำแหน่ง (West).....	62
2.2.3. ผลการเปรียบเทียบระดับชั้นด้วยค่า DGP (DGP Limit) ที่อัตราส่วนช่องเปิด 30%, 45% และ 60% ตำแหน่ง (East).....	65
2.3. การศึกษาเปรียบเทียบค่า Daylight Factor(DF) ของแผงบังแดดแบบฉลุที่อัตราส่วนช่องเปิด 30%, 45% และ 60% .....	67

2.4. การศึกษาเปรียบเทียบค่า Daylight Autonomy (DA) และ Spatial Daylight Autonomy (sDA300/50%) ของแผงบังแดดแบบฉลุที่อัตราส่วนช่องเปิด 30%, 45% และ 60% .....	68
2.5. การศึกษาเปรียบเทียบค่า Annual Sunlight Exposure (ASE) ของแผงบังแดดแบบฉลุที่อัตราส่วนช่องเปิด 30%, 45% และ 60%.....	69
3. เปรียบเทียบแผงบังแดดแบบฉลุที่ ขนาดช่องฉลุ 0.05, 0.10 และ 0.15 เมตร (Hole Size) ...	71
3.1. การศึกษาเปรียบเทียบความน่าจะเป็นของแสงบาดตาจากแสงธรรมชาติ (Daylight Glare Probability : DGP) ของแผงบังแดดแบบฉลุที่ขนาดช่องฉลุ0.05, 0.10 และ 0.15 ม. ....	71
3.1.1. ผลการเปรียบเทียบค่า DGP ของแผงบังแดดแบบฉลุ ที่ขนาดช่องฉลุ 0.05 , 0.10 และ 0.15 เมตร ตำแหน่ง (South).....	71
3.1.2. ผลการเปรียบเทียบค่า DGP ของแผงบังแดดแบบฉลุ ขนาดช่องฉลุ 0.05, 0.10 และ 0.15 เมตร มุมมองหันไปทางทิศตะวันตก ตำแหน่ง (West) .....	75
3.1.3. ผลการเปรียบเทียบค่า DGP ของแผงบังแดดแบบฉลุ อัตราส่วนช่องเปิด 30% ขนาดช่องฉลุ 0.05, 0.10 และ 0.15 เมตร ระยะห่าง 0.20 เมตร มุมมองหันไปทางทิศตะวันออก ตำแหน่ง (East).....	79
3.2. การศึกษาเปรียบเทียบค่า DGP เพื่อแบ่งระดับชั้นความสบายทางสายตา(DGP Limit) ของแผงบังแดดแบบฉลุ ที่ขนาดช่องฉลุ 0.05, 0.10 และ 0.15 ม.....	83
3.2.1. ผลการเปรียบเทียบระดับชั้นด้วยค่า DGP (DGP Limit) ที่ขนาดช่องฉลุ 0.05, 0.10 และ 0.15 ม. ตำแหน่ง (South).....	83
3.2.2. ผลการเปรียบเทียบระดับชั้นด้วยค่า DGP (DGP Limit) ที่ขนาดช่องฉลุ 0.05, 0.10 และ 0.15 ม. ตำแหน่ง (West) .....	85
3.2.3. ผลการเปรียบเทียบระดับชั้นด้วยค่า DGP (DGP Limit) ที่ขนาดช่องฉลุ 0.05, 0.10 และ 0.15 ม. ตำแหน่ง (East).....	87
3.3. การศึกษาเปรียบเทียบค่า Daylight Factor (DF) ของแผงบังแดดแบบฉลุที่ขนาดช่องฉลุ 0.05, 0.10 และ 0.15 ม. ....	89

3.4. การศึกษาเปรียบเทียบค่า DA300lx และ sDA300/50%ของแผงบังแดดแบบฉลุที่ขนาดช่องฉลุ 0.05, 0.10 และ 0.15 ม.....	91
3.5. ผลการศึกษาเปรียบเทียบค่า ASE1000,250h ของแผงบังแดดแบบฉลุที่ขนาดช่องฉลุ 0.05, 0.10 และ 0.15 ม. ....	92
4. เปรียบเทียบระยะห่างระหว่างแผงบังแดดแบบฉลุและผนังอาคาร ที่ระยะห่าง 0.20, 0.60 และ 1.00 เมตร ที่ขนาดช่องฉลุ 0.05 เมตร อัตราส่วนช่องเปิดที่ 30% .....	93
4.1. การศึกษาเปรียบเทียบความน่าจะเป็นของแสงบาดตาจากแสงธรรมชาติ (Daylight Glare Probability: DGP) .....	93
4.1.1. ผลการเปรียบเทียบค่า DGP ของแผงบังแดดแบบฉลุ ที่ขนาดช่องฉลุ 0.05 , 0.10 และ 0.15 เมตร ตำแหน่ง (South).....	93
4.1.2. ผลการเปรียบเทียบค่า DGP ของแผงบังแดดแบบฉลุ ที่ระยะห่าง 0.20, 0.60 และ 1.00 เมตร มุมมองหันไปทางทิศตะวันตก ตำแหน่ง (West).....	97
4.1.3. ผลการเปรียบเทียบค่า DGP ของแผงบังแดดแบบฉลุ ที่ระยะห่าง 0.20, 0.60 และ 1.00 เมตร มุมมองหันไปทางทิศตะวันออก ตำแหน่ง (East).....	100
4.2. การศึกษาเปรียบเทียบค่า DGP เพื่อแบ่งระดับชั้นความสบายทางสายตา(DGP Limit) ของแผงบังแดดแบบฉลุ ที่ระยะห่าง 20, 0.60 และ 1.00 เมตร.....	103
4.2.1. ผลการเปรียบเทียบระดับชั้นด้วยค่า DGP (DGP Limit) ที่ขนาดช่องฉลุ 0.05, 0.10 และ 0.15 ม. ตำแหน่ง (South).....	103
4.2.2. ผลการเปรียบเทียบระดับชั้นด้วยค่า DGP (DGP Limit) ที่ระยะห่างแผงบังแดดที่ระยะ 0.20, 0.60 และ 1.00 ม. ตำแหน่ง (West).....	106
4.2.3. ผลการเปรียบเทียบระดับชั้นด้วยค่า DGP (DGP Limit) ที่ขนาดช่องฉลุ 0.05, 0.10 และ 0.15 ม. ตำแหน่ง (East).....	108
4.3. การศึกษาเปรียบเทียบค่า Daylight Factor (DF) ของแผงบังแดดแบบฉลุที่ระยะห่าง 20, 0.60 และ 1.00 เมตร.....	110
4.4. การศึกษาเปรียบเทียบค่า Daylight Autonomy (DA) และ Spatial Daylight Autonomy (sDA300/50%) ของแผงบังแดดแบบฉลุที่ระยะห่าง 20, 0.60 และ 1.00 เมตร .....	111

4.5. การศึกษาเปรียบเทียบค่า Annual Sunlight Exposure (ASE) ของแผงบังแดดแบบฉลุที่ ระยะห่าง 20, 0.60 และ 1.00 เมตร.....	112
บทที่ 5 สรุปผลและข้อเสนอแนะ .....	114
1. สรุปและอภิปรายผล.....	114
1.1. ความสัมพันธ์ของอัตราส่วนช่องเปิดของแผงบังแดดแบบฉลุภายนอก ต่อความสบายทาง สายตาและปริมาณแสงธรรมชาติ .....	114
1.1.1. ความสบายทางสายตา.....	114
1.1.1.1. การศึกษาความน่าจะเป็นของแสงบาดตาจากแสงธรรมชาติ (Daylight Glare Probability, DGP).....	114
1.1.1.2. การศึกษาการจัดระดับชั้นความสบายทางสายตาด้วย DGP Limit.....	116
1.1.1.3. การศึกษา Annual Sunlight Exposure (ASE) .....	116
1.1.2. ปริมาณแสงธรรมชาติ .....	116
1.1.3. ความสัมพันธ์ของปริมาณแสงธรรมชาติ และความสบายทางสายตา .....	117
1.2. ความสัมพันธ์ของขนาดช่องเปิดของแผงบังแดดแบบฉลุภายนอก ต่อความสบายทาง สายตาและปริมาณแสงธรรมชาติ .....	119
1.2.1. ความสบายทางสายตา.....	119
1.2.1.1. การศึกษาความน่าจะเป็นของแสงบาดตาจากแสงธรรมชาติ (Daylight Glare Probability, DGP).....	119
1.2.1.2. การศึกษาการจัดระดับชั้นความสบายทางสายตาด้วย DGP Limit.....	120
1.2.1.3. การศึกษา Annual Sunlight Exposure (ASE) .....	121
1.2.2. ปริมาณแสงธรรมชาติ .....	121
1.3. ความสัมพันธ์ของระยะห่างระหว่างช่องเปิด กับแผงบังแดดแบบฉลุ ต่อความสบายทาง สายตาและปริมาณแสงธรรมชาติ .....	123
1.3.1. ความสบายทางสายตา.....	124
1.3.1.1. การศึกษาความน่าจะเป็นของแสงบาดตาจากแสงธรรมชาติ (Daylight Glare Probability, DGP).....	124

1.3.1.2. การศึกษาการจัดระดับชั้นความสบายทางสายตาด้วย DGP Limit	125
1.3.1.3. การศึกษา Annual Sunlight Exposure (ASE) .....	125
1.3.2. ปริมาณแสงธรรมชาติ .....	125
2. ข้อจำกัดในการวิจัย .....	128
3. ข้อเสนอแนะ .....	128
รายการอ้างอิง .....	129
ภาคผนวก.....	132
ประวัติผู้เขียน.....	144





## สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 1 ความต้องการแสงสว่างของพื้นที่ภายในอาคารเพื่อประกอบกิจกรรมที่สัมพันธ์กับแสงสว่างบนพื้นผิวการทำงาน และแสงบาดตา (International Organization for Standardization, 2002).....	2
ตารางที่ 2 แสดงการเปรียบเทียบดัชนีชี้วัดแสงสว่าง.....	7
ตารางที่ 3 แสดงเกณฑ์การพิจารณา DGP (Wienold, 2009).....	13
ตารางที่ 4 เปรียบเทียบดัชนีชี้วัดแสงบาดตา .....	15
ตารางที่ 5 แสดงรูปแบบการศึกษาทางทิศใต้ ของของ Sherif, Sabry, Gadelhak, Aly (2014) .....	19
ตารางที่ 6 เปรียบเทียบรูปแบบการศึกษาของแต่ละงานวิจัย .....	21
ตารางที่ 7 แสดงการเปรียบเทียบอัตราส่วนช่องเปิดของแผงบังแดด ที่ทำการศึกษา.....	35
ตารางที่ 8 แสดงการเปรียบเทียบขนาดช่องฉลุของแผงบังแดด ที่ทำการศึกษา.....	35
ตารางที่ 9 แสดงค่า DGP ที่ได้จากภาพถ่ายหุ่นจำลองในสถานการณ์จริง ของวันที่ 19 -22 มกราคม 2560 และจากการจำลองผลจากโปรแกรมคอมพิวเตอร์ ที่แผงบังแดดขนาดช่องเปิด 0.15 ม. อัตราส่วนช่องเปิด 30% ระยะห่าง 0.60 ม.....	41
ตารางที่ 10 แสดงผลการวิเคราะห์ด้วยการถดถอย (Regression Analysis) .....	42
ตารางที่ 11 แสดงค่าเฉลี่ย DF ที่ได้จากหุ่นจำลองในสถานการณ์จริงของวันที่ 19 -22 มกราคม 2560 และค่า DF จากการจำลองผลของโปรแกรมคอมพิวเตอร์ ที่แผงบังแดดขนาดช่องเปิด 0.15ม. อัตราส่วนช่องเปิด 30% ระยะห่าง 0.60 ม.....	44
ตารางที่ 12 แสดงผลการวิเคราะห์ด้วยการถดถอย (Regression Analysis) .....	45
ตารางที่ 13 แสดงภาพจากตำแหน่ง (South) ที่อัตราส่วนช่องเปิด 30%, 45% และ 60% ของวันที่ 21 ธันวาคม.....	47
ตารางที่ 14 แสดงภาพ False Color แสดงค่าความสว่าง (luminance) จากตำแหน่ง (South) ที่อัตราส่วนช่องเปิด 30%, 45% และ 60% ของวันที่ 21 ธันวาคม .....	48



ตารางที่ 15 แสดงภาพจากตำแหน่ง (West) ที่อัตราส่วนช่องเปิด 30%, 45% และ 60% วันที่ 21 ธันวาคม .....	51
ตารางที่ 16 แสดงภาพ False Color แสดงค่าความสว่าง (luminance) จากตำแหน่ง (West) ที่อัตราส่วนช่องเปิด 30%, 45% และ 60% วันที่ 21 ธันวาคม .....	52
ตารางที่ 17 แสดงภาพจากตำแหน่ง (East) ที่อัตราส่วนช่องเปิด 30%, 45% และ 60% ของวันที่ 21 ธันวาคม .....	56
ตารางที่ 18 แสดงภาพ False Color แสดงค่าความสว่าง (luminance) จากตำแหน่ง (East) ที่อัตราส่วนช่องเปิด 30%, 45% และ 60% วันที่ 21 ธันวาคม .....	57
ตารางที่ 19 ร้อยละของชั่วโมงทำงานที่มีค่า DGP ต่ำกว่า 0.35, 0.40 และ 0.45 ที่อัตราส่วนช่องเปิด 30%, 45% และ 60% ตำแหน่ง (South) .....	60
ตารางที่ 20 การแบ่งระดับชั้นความสบายทางสายตาด้วยค่า DGP, ค่า DGP สูงสุดของ 95% และค่าเฉลี่ยค่า DGP ของ 5% สูงสุด ที่อัตราส่วนช่องเปิด 30%, 45% และ 60% ตำแหน่ง (South) .....	62
ตารางที่ 21 ร้อยละของชั่วโมงทำงานที่มีค่า DGP ต่ำกว่า 0.35, 0.40 และ 0.45 ที่อัตราส่วนช่องเปิด 30%, 45% และ 60% ตำแหน่ง (West) .....	62
ตารางที่ 22 แสดงการแบ่งระดับชั้นความสบายทางสายตาด้วยค่า DGP, ค่า DGP สูงสุดของ 95% และค่าเฉลี่ยค่า DGP ของ 5% สูงสุด ที่อัตราส่วนช่องเปิด 30%, 45% และ 60% ตำแหน่ง (West) .....	64
ตารางที่ 23 ร้อยละของชั่วโมงทำงานที่มีค่า DGP ต่ำกว่า 0.35, 0.40 และ 0.45 ที่อัตราส่วนช่องเปิด 30%, 45% และ 60% ตำแหน่ง (East) .....	65
ตารางที่ 24 แสดงการแบ่งระดับชั้นความสบายทางสายตาด้วยค่า DGP, ค่า DGP สูงสุดของ 95% และค่าเฉลี่ยค่า DGP ของ 5% สูงสุด ที่อัตราส่วนช่องเปิด 30%, 45% และ 60% ตำแหน่ง (East) .....	66
ตารางที่ 25 เปรียบเทียบค่า Daylight Factor ของแผงบังแดด ที่อัตราส่วนช่องเปิด 30%, 45% และ 60% .....	67
ตารางที่ 26 เปรียบเทียบแสงสว่างที่ DA300lx และ sDA300/50% ของแผงบังแดดแบบฉลุ ที่อัตราส่วนช่องเปิด 30%, 45% และ 60% ระยะห่าง 0.20 ม. ....	68

ตารางที่ 27 เปรียบเทียบค่า ASE1000,250h และค่าเฉลี่ยชั่วโมงทำงานที่มีแสงสว่างบนพื้นผิวการทำงานมากกว่า 1,000 ลักซ์.ของแผงบังแดดแบบฉลุที่อัตราส่วนช่องเปิด 30%, 45% และ 60%....	69
ตารางที่ 28 แสดงภาพจากตำแหน่ง (South) ที่ขนาดช่องฉลุ 0.05 , 0.10 และ 0.15 เมตร วันที่ 21 ธันวาคม .....	71
ตารางที่ 29 แสดงภาพ False Color แสดงค่าความสว่าง (luminance) จากตำแหน่ง (South) ที่ขนาดช่องฉลุ 0.05, 0.10 และ 0.15 เมตร วันที่ 21 ธันวาคม .....	72
ตารางที่ 30 แสดงภาพจากตำแหน่ง (West) ที่ขนาดช่องฉลุ 0.05, 0.10 และ 0.15 เมตร วันที่ 21 ธันวาคม .....	75
ตารางที่ 31 แสดงภาพ False Color แสดงค่าความสว่าง (luminance) จากตำแหน่ง (West) ที่ขนาดช่องฉลุ 0.05, 0.10 และ 0.15 เมตร วันที่ 21 ธันวาคม .....	76
ตารางที่ 32 แสดงภาพจากตำแหน่ง (East) ที่ขนาดช่องฉลุ 0.05, 0.10 และ 0.15 เมตร วันที่ 21 ธันวาคม .....	79
ตารางที่ 33 แสดงภาพ False Color แสดงค่าความสว่าง (luminance) จากตำแหน่ง (East) ที่ขนาดช่องฉลุ 0.05 , 0.10 และ 0.15 เมตร วันที่ 21 ธันวาคม .....	80
ตารางที่ 34 แสดงร้อยละของช่วงเวลาที่มียค่า DGP ต่ำกว่า 0.35 (ระดับชั้น A), 0.40 (ระดับชั้น B) และ 0.45 (ระดับชั้น C) ที่ขนาดช่องฉลุ 0.05, 0.10 และ 0.15 ม. ตำแหน่ง (South).....	83
ตารางที่ 35 แสดงการแบ่งระดับชั้นความสบายทางสายตาด้วยค่า DGP, ค่า DGP สูงสุดของ 95% และ ค่าเฉลี่ยค่า DGP ของ 5%สูงสุด ที่ขนาดช่องฉลุ 0.05, 0.10 และ 0.15 ม. ตำแหน่ง (South). 84	
ตารางที่ 36 แสดงร้อยละของช่วงเวลาที่มียค่า DGP ต่ำกว่า 0.35 (ระดับชั้น A), 0.40 (ระดับชั้น B) และ 0.45 (ระดับชั้น C) ที่ขนาดช่องฉลุ 0.05, 0.10 และ 0.15 ม. ตำแหน่ง (West).....	85
ตารางที่ 37 แสดงการแบ่งระดับชั้นความสบายทางสายตาด้วยค่า DGP, ค่า DGP สูงสุดของ 95% และ ค่าเฉลี่ยค่า DGP ของ 5% สูงสุด ที่ขนาดช่องฉลุ 0.05, 0.10 และ 0.15 ม. ตำแหน่ง (West). 86	
ตารางที่ 38 แสดงร้อยละของช่วงเวลาที่มียค่า DGP ต่ำกว่า 0.35 (ระดับชั้น A), 0.40 (ระดับชั้น B) และ 0.45 (ระดับชั้น C) ที่ขนาดช่องฉลุ 0.05, 0.10 และ 0.15 ม. ตำแหน่ง (East) .....	87
ตารางที่ 39 แสดงการแบ่งระดับชั้นความสบายทางสายตาด้วยค่า DGP, ค่า DGP สูงสุดของ 95% และ ค่าเฉลี่ยค่า DGP ของ 5%สูงสุด ที่ขนาดช่องฉลุ 0.05, 0.10 และ 0.15 ม.ตำแหน่ง (East).....	88

ตารางที่ 40 เปรียบเทียบค่า Daylight Factor ของแผงบังแดดที่ ช่องฉลุนขนาด 0.05, 0.10 และ 0.15 ม. .... 89

ตารางที่ 41 เปรียบเทียบแสงสว่างที่ DA300lx และ sDA300/50% ของแผงบังแดดแบบฉลุ ที่ขนาด ช่องฉลุ 0.05, 0.10 และ 0.15 ม. .... 91

ตารางที่ 42 เปรียบเทียบค่า ASE1000,250h และค่าเฉลี่ยชั่วโมงทำงานที่มีแสงสว่างบนพื้นผิวการ ทำงานมากกว่า 1,000 ลักซ์.ของแผงบังแดดแบบฉลุที่ขนาดช่องฉลุ 0.05, 0.10 และ 0.15 ม. .... 92

ตารางที่ 43 แสดงภาพจากตำแหน่ง (South) ที่ระยะห่างแผงบังแดด 0.20, 0.60 และ 1.00 เมตร วันที่ 21 ธันวาคม ..... 94

ตารางที่ 44 แสดงภาพ False Color แสดงค่าความสว่าง (luminance) จากตำแหน่ง (South) ที่ ระยะห่าง 0.20, 0.60 และ 1.00 ม. วันที่ 21 ธันวาคม..... 95

ตารางที่ 45 แสดงภาพจากตำแหน่ง (West) ระยะห่างแผงบังแดด 0.20, 0.60 และ 1.00 เมตร วันที่ 21 ธันวาคม..... 97

ตารางที่ 46 แสดงภาพ False Color แสดงค่าความสว่าง (luminance) จากตำแหน่ง (West) ระยะห่าง 0.20, 0.60 และ 1.00 ม. วันที่ 21 ธันวาคม..... 98

ตารางที่ 47 แสดงภาพจากตำแหน่ง (East) ที่ระยะห่างแผงบังแดด 0.20, 0.60 และ 1.00 เมตร วันที่ 21 ธันวาคม..... 101

ตารางที่ 48 แสดงภาพ False Color แสดงค่าความสว่าง (luminance) จากตำแหน่ง (East) ที่ ระยะห่าง 0.20, 0.60 และ 1.00 ม. วันที่ 21 ธันวาคม..... 101

ตารางที่ 49 แสดงร้อยละของช่วงเวลาที่ค่า DGP 0.35 (ระดับชั้น A), 0.40 (ระดับชั้น B) และ 0.45 (ระดับชั้น C) ที่ระยะห่างจากผนังอาคาร 0.20, 0.60 และ 1.00 เมตร ..... 103

ตารางที่ 50 แสดงการแบ่งระดับชั้นความสบายทางสายตาด้วยค่า DGP, ค่า DGP สูงสุดของ 95% และ ค่าเฉลี่ยค่า DGP ของ 5%สูงสุด ที่ระยะห่างจากผนังอาคาร 0.20, 0.60 และ 1.00 เมตร .... 105

ตารางที่ 51 แสดงร้อยละของช่วงเวลาที่ค่า DGP 0.35 (ระดับชั้น A), 0.40 (ระดับชั้น B) และ 0.45 (ระดับชั้น C) ที่ระยะห่างจากผนังอาคาร 0.20, 0.60 และ 1.00 เมตร ..... 106

ตารางที่ 52 แสดงการแบ่งระดับชั้นความสบายทางสายตาด้วยค่า DGP, ค่า DGP สูงสุดของ 95% และ ค่าเฉลี่ยค่า DGP ของ 5%สูงสุด ที่ระยะห่าง 0.20, 0.60 และ 1.00 ม. ตำแหน่ง (West)..... 107

ตารางที่ 53 แสดงร้อยละของช่วงเวลาที่ค่า DGP 0.35 (ระดับชั้น A), 0.40 (ระดับชั้น B) และ 0.45 (ระดับชั้น C) ที่ระยะห่างจากผนังอาคาร 0.20, 0.60 และ 1.00 เมตร .....	108
ตารางที่ 54 แสดงการแบ่งระดับชั้นความสบายทางสายตาด้วยค่า DGP, ค่า DGP สูงสุดของ 95% และ ค่าเฉลี่ยค่า DGP ของ 5%สูงสุด ระยะห่าง 0.20, 0.60 และ 1.00 ม. ตำแหน่ง (East) .....	109
ตารางที่ 55 เปรียบเทียบค่า Daylight Factor ของแผงบังแดดที่ระยะห่าง 0.20, 0.60 และ 1.0 ม. ....	110
ตารางที่ 56 เปรียบเทียบแสงสว่างที่ DA300lx และ sDA300/50% ของแผงบังแดดแบบฉลุ ที่ระยะ 0.20, 0.60 และ 1.0 ม.....	111
ตารางที่ 57 เปรียบเทียบค่า ASE1000,250h และค่าเฉลี่ยชั่วโมงทำงานที่มีแสงสว่างบนพื้นผิวการทำงานมากกว่า 1,000 ลักซ์.ของแผงบังแดดแบบฉลุที่ระยะห่าง 0.20, 0.60 และ 1.00 เมตร.....	112
ตารางที่ 58 แสดงผลการศึกษาความสบายทางสายตาและปริมาณแสงธรรมชาติ ที่อัตราส่วนช่องเปิด 30%, 45% และ 60% .....	118
ตารางที่ 59 แสดงผลการศึกษาความสบายทางสายตาและปริมาณแสงธรรมชาติ ที่ช่องฉลุ 0.05, 0.10 และ 0.15 ม. ....	123
ตารางที่ 60 แสดงผลการศึกษาความสบายทางสายตาและปริมาณแสงธรรมชาติ ที่ระยะห่างแผงบังแดด 0.20, 0.60 และ 1.00 ม. ....	127
ตารางที่ 61 แสดงค่า DGP ที่ได้จากภาพถ่ายหุ่นจำลองในสถานการณ์จริง ของวันที่ 19 -22 มกราคม 2560 และจากการจำลองผลจากโปรแกรมคอมพิวเตอร์ ที่แผงบังแดดขนาดช่องเปิด 0.15 ม. อัตราส่วนช่องเปิด 30% ระยะห่าง 0.60 ม.....	133
ตารางที่ 62 แสดงค่าเฉลี่ย DF ที่ได้จากหุ่นจำลองในสถานการณ์จริงของวันที่ 19 -22 มกราคม 2560 และค่า DF จากการจำลองผลของโปรแกรมคอมพิวเตอร์ ที่แผงบังแดดขนาดช่องเปิด 0.15ม. อัตราส่วนช่องเปิด 30% ระยะห่าง 0.60 ม.....	134
ตารางที่ 63 ค่า DGP ที่อัตราส่วน 30%, 45% และ 60% วันที่ 21 เดือน ม.ค. – ธ.ค.....	135
ตารางที่ 64 ค่า DGP ที่ขนาดช่องฉลุ 0.05, 0.10 และ 0.15 วันที่ 21 เดือน ม.ค. – ธ.ค.....	138
ตารางที่ 65 ค่า DGP ที่ระยะห่าง 0.20, 0.60 และ 1.00 ม. วันที่ 21 เดือน ม.ค. – ธ.ค.....	141

## สารบัญภาพ

	หน้า
ภาพที่ 1 แสดงอาคารที่มีลักษณะผนังสองชั้น ในประเทศไทย .....	16
ภาพที่ 2 แสดงรูปแบบห้องที่ทำการศึกษา และผลการศึกษา แสงสว่างที่ส่องผ่านเข้ามาภายในอาคาร .....	20
ภาพที่ 3 แผนผังการทำงานบนโปรแกรม Autodesk Ecotect Analysis 2011.....	22
ภาพที่ 4 การทำงานบนหน้าต่างปฏิบัติของโปรแกรม Autodesk Ecotect Analysis 2011 .....	23
ภาพที่ 6 การทำงานบนหน้าต่างปฏิบัติของโปรแกรม DaySim.....	23
ภาพที่ 6 แผนผังการทำงานบนโปรแกรม DaySim .....	24
ภาพที่ 7 การทำงานบนหน้าต่างปฏิบัติของโปรแกรม Radiance.....	25
ภาพที่ 8 แผนผังการทำงานของโปรแกรม Radiance.....	25
ภาพที่ 9 การทำงานบนหน้าต่างปฏิบัติการ DOS ของโปรแกรม Evalglare .....	26
ภาพที่ 10 แผนผังการทำงานบนโปรแกรม Evalglare.....	26
ภาพที่ 11 หน้าต่างปฏิบัติการของโปรแกรม PhotoSphere .....	27
ภาพที่ 12 แผนผังการทำงานบนโปรแกรม PhotoSphere .....	27
ภาพที่ 13 แผ่นสีขาว เทากลาง ดำ สำหรับการวัดแสง, การวัดค่าด้วย Luminance Meter และการถ่ายภาพ .....	28
ภาพที่ 14 แบบจำลองในสถานการณ์จริง ขนาด 1:10 และการถ่ายภาพจากแบบจำลอง .....	30
ภาพที่ 15 การอ่านค่าความสว่างภายในแบบจำลองด้วย ลักซ์ Meter.....	31
ภาพที่ 16 แสดงภาพถ่ายจากแบบจำลองในสถานการณ์จริงที่มีระดับ Exposure Value ที่แตกต่างกัน.....	31
ภาพที่ 17 ภาพสกุล .hdr ที่ได้จากรวมภาพด้วยโปรแกรม PhotoSphere ตั้งแต่เวลา 08.00 – 17.00 น. ....	32

ภาพที่ 18 ภาพสกุล .pic ที่ได้จากการจำลองด้วยโปรแกรม Radiance ตั้งแต่เวลา 08.00 – 17.00 น. .....	32
ภาพที่ 19 แผนผังขั้นตอนการศึกษานำร่อง เพื่อหาความเที่ยงตรงของโปรแกรม Desktop Radiance โดยการเปรียบเทียบค่า DGP ที่ได้จากแบบจำลองในสถานการณ์จริงและโปรแกรมคอมพิวเตอร์.....	33
ภาพที่ 20 แผนผังขั้นตอนการศึกษานำร่อง เพื่อการหาความเที่ยงตรงของโปรแกรม Daysim โดยการเปรียบเทียบค่า DF ที่ได้จากแบบจำลองในสถานการณ์จริงและโปรแกรมคอมพิวเตอร์.....	34
ภาพที่ 21 ระยะห่างของแผงบังแดดแบบฉลุกับผนังอาคาร ที่ระยะ 0.20, 0.60 และ 1.00 เมตร ....	36
ภาพที่ 22 ผังพื้น และรูปตัดห้องต้นแบบที่ทำการศึกษา .....	37
ภาพที่ 23 ตำแหน่งห้องที่ทำการศึกษาลักษณะการติดตั้งแผงบังแดดแบบฉลุ .....	37
ภาพที่ 24 ผังห้องตำแหน่งมุมมองที่ทำการศึกษา .....	38
ภาพที่ 25 ภาพ HDR ที่ได้จากโปรแกรม Radiance จาก (1) ตำแหน่ง (South). มุมมองหันไปทางทิศใต้ (2) ตำแหน่ง (West). มุมมองหันไปทางทิศตะวันตก (3) มุมมองหันไปทางทิศตะวันออก ตำแหน่ง (East).....	38
ภาพที่ 26 ข้อมูล Simulation parameters ของโปรแกรม Radiance .....	39
ภาพที่ 27 แผนผังขั้นตอนการศึกษาคด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ .....	40
ภาพที่ 28 ตำแหน่งที่นั่งและมุมมอง (1) มุมมองหันไปทางทิศใต้ ตำแหน่ง (South), (2) มุมมองหันไปทางทิศตะวันตก ตำแหน่ง (West), (3) มุมมองหันไปทางทิศตะวันออก ตำแหน่ง (East).....	46
ภาพที่ 29 Sun path Diagram และ แผนภาพจำลองแสดงห้องที่ทำการศึกษาดังตำแหน่งดวงอาทิตย์.....	55



## บทที่ 1

### บทนำ

#### ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

แนวโน้มการออกแบบอาคารสำนักงานในปัจจุบันที่มีความต้องการทัศนียภาพ และช่องแสงที่มาก บวกกับเทคโนโลยีการก่อสร้างที่สามารถเปิดช่องแสงได้กว้างจนถึง ระบบผนังกระจก (Glass Curtain Wall) แต่ก็ทำให้รับความร้อนและแสงธรรมชาติ ซึ่งบางครั้งก็มากเกินไปจนทำให้รบกวนการมองเห็น ทำให้เกิดภาวะไม่สบายทางตา ด้วยเช่นกัน การใช้กระจกฉนวน หรือกระจกตัดแสงก็ยังคงมีราคาสูง ดังนั้นการมีแผงบังแดดจะช่วยลดความร้อนจากดวงอาทิตย์ ป้องกันแสงอาทิตย์ที่เข้าสู่อาคารโดยตรงลดการเกิดภาวะไม่สบายทางสายตารวมทั้งยังช่วยลดการใช้พลังงานภายในอาคารได้อีกด้วย

จากงานวิจัยที่พบในประเทศไทย มีการศึกษาเกี่ยวกับแสงบาดตาของแผงบังแดดแบบฉลุ เช่น การประเมินความสบายตาและความชัดเจนในการมองเห็นของแผงบังแดดฉลุหลาย (ทองงามขำ, 2012) ซึ่งศึกษาเกี่ยวกับความสบายตาและความชัดเจนในการมองเห็นทิวทัศน์ นอกจากนั้นจะเป็นการศึกษาที่มุ่งเน้นเพื่อไปยังการลดการใช้พลังงาน ลดอุณหภูมิภายในอาคาร และยังเป็นการศึกษาแผงบังแดดในแนวตั้งและแนวนอน ขาดการศึกษาแผงบังแดดที่มีลักษณะแบบฉลุ ซึ่งปัจจุบันเป็นที่นิยม และมีอาคารจำนวนมากที่ออกแบบในลักษณะนี้ เช่น อาคาร คิงเพาเวอร์, พัทยา ที่มีการใช้ตะแกรงเหล็กฉลุมาใช้เป็นแผงบังแดดให้กับอาคาร อาคาร Admission and Information Center มหาวิทยาลัยกรุงเทพฯ ที่มีการใช้แผงอลูมิเนียมฉลุหลายมาเป็นแผงบังแดด และอาคารอื่นๆอีกมาก ซึ่งความหลากหลายทั้งการใช้วัสดุ ระยะเว้นว่างระหว่างอาคารและแผงบังแดด รูปแบบและขนาดของช่องฉลุ ปัจจัยต่างเหล่านี้มีผลต่อปริมาณแสงสว่าง และความสบายทางสายตา ที่จะต้องมีการเลือกใช้ให้เหมาะสม

ทั้งรูปแบบของแผงบังแดดแบบฉลุนั้น หากต้องการให้มีแสงสว่างเข้าสู่อาคารมาก จะต้องมียัตราส่วนช่องเปิดมาก ก็ทำให้เกิดภาวะไม่สบายทางสายตาได้ และความร้อนเข้าสู่อาคาร ทำให้ใช้พลังงานรวมในอาคารมาก และแต่หากมียัตราส่วนของช่องเปิดที่ต่ำ ทำให้ปริมาณแสงธรรมชาติที่เข้าสู่อาคารลดลง รวมถึงความผกผันของปริมาณช่องเปิดและปริมาณการใช้พลังงานในอาคาร การศึกษานี้จะช่วยให้นักออกแบบสามารถเลือกใช้แผงบังแดดที่มีลักษณะเหมาะสม สามารถเลือกใช้อัตราส่วนของแผงบังแดดแบบฉลุ รวมทั้งทราบถึงปัจจัยอื่นที่ส่งผลต่อแสงธรรมชาติที่เข้าสู่อาคาร

### ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ของอัตราส่วนช่องเปิด ที่มีผลต่อความสบายทางสายตา และปริมาณแสงธรรมชาติที่เข้าสู่ภายในอาคาร
2. เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ของขนาดช่องเปิดของแผงบังแดดแบบฉลุภายนอกอาคาร ที่มีผลต่อความสบายทางสายตา และปริมาณแสงธรรมชาติที่เข้าสู่ภายในอาคาร
3. เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ของระยะห่างระหว่างแผงบังแดดแบบฉลุกับช่องเปิดที่มีผลต่อความสบายทางสายตา และปริมาณแสงธรรมชาติที่เข้าสู่ภายในอาคาร
4. เพื่อศึกษารูปแบบของแผงบังแดดแบบฉลุที่มีแสงสว่างธรรมชาติที่พอเพียงต่อการใช้งานและมีความสบายทางสายตา เหมาะสมต่อการใช้งานอาคารสำนักงานในประเทศไทย

### สมมติฐานของการวิจัย

1. แผงบังแดดแบบฉลุที่มีอัตราส่วนของช่องเปิด (Open Area Ratio) ที่ต่ำกว่า จะมีค่าการเกิดแสงบาดตาต่ำกว่า แผงบังแดดแบบฉลุที่มีอัตราส่วนของช่องเปิดที่มากกว่า ในขนาดของช่องเปิดที่เท่ากัน
2. แผงบังแดดแบบฉลุที่มีขนาดพื้นที่ของช่องฉลุที่มีขนาดเล็กกว่า จะมีค่าการเกิดแสงบาดตาต่ำกว่าแผงบังแดดแบบฉลุที่มีพื้นที่ช่องฉลุขนาดใหญ่ ในอัตราส่วนของช่องเปิดที่เท่ากัน (Hole Size)
3. ระยะห่างระหว่างแผงบังแดดและผนังอาคารที่ระยะห่างน้อย จะมีความส่องสว่างของแสงธรรมชาติที่มากกว่าแผงบังแดดที่มีระยะห่างจากผนังอาคารมากกว่า แต่มีการเกิดแสงบาดตามากกว่าแผงบังแดดที่มีระยะห่างจากผนังอาคารมากกว่า

### ขอบเขตของการวิจัย

1. ทำการศึกษาแผงบังแดดแบบฉลุ ติดตั้งแบบติดตั้งของภายนอกอาคารสำนักงาน ซึ่งตั้งอยู่ในประเทศไทย โดยทำการศึกษาเมื่อช่องเปิดหันเข้าสู่ด้านทิศใต้
2. ทำการศึกษาปริมาณแสงอาทิตย์ที่เข้าสู่ภายในอาคารโดยผ่านบังแดดแบบฉลุ โดยศึกษาในระนาบพื้นที่ใช้งาน (Work plane)
3. ทำการศึกษาภาวะไม่สบายทางสายตา โดยทำการศึกษาการเกิดแสงบาดตาจากแสงธรรมชาติ
4. ทำการทดสอบด้วยการ Simulation ในวันที่ 21 ของทุกเดือน และกำหนดชั่วโมงการทำงานที่เวลา 8.00 – 17.00 น.



## ขั้นตอนการวิจัย

1. ศึกษาค้นคว้าข้อมูลที่เกี่ยวข้องจากเอกสาร งานวิจัย และสิ่งพิมพ์ต่างๆที่เกี่ยวข้อง
  - 1.1. ศึกษาทฤษฎีและทบทวนวรรณกรรมเกี่ยวกับ การออกแบบและการใช้แสงธรรมชาติในอาคาร, ความไม่สบายทางสายตาและแสงบาดตา, ทฤษฎีและการออกแบบแผงบังแดดและการควบคุมแสงธรรมชาติที่เข้าสู่อาคาร
  - 1.2. ศึกษางานวิจัยในไทย และต่างประเทศเกี่ยวข้องกับแผงบังแดดแบบฉลุ แสงบาดตา และแสงธรรมชาติในสำนักงาน
2. นำข้อมูลที่ได้มาทำการวิเคราะห์ เพื่อศึกษาหาตัวแปรต่างๆที่เกี่ยวข้อง และทำหุ่นจำลองเพื่อทำการศึกษานำร่องเพื่อวิเคราะห์ความแม่นยำในการพยากรณ์ของโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่ใช้ในการศึกษา โดยทำการศึกษาและวิเคราะห์ด้วยสมการทางคณิตศาสตร์ เปรียบเทียบกับผลจากโปรแกรมคอมพิวเตอร์ แล้วจึงทำแบบจำลองด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ โดยศึกษาในรายละเอียดดังต่อไปนี้
  - 2.1. ศึกษาปริมาณแสงสว่างที่เข้าสู่ภายในอาคารโดยผ่านบังแดดแบบฉลุ โดยค่าความส่องสว่างแสงอาทิตย์ที่เข้าสู่ภายในอาคารด้วยตัวชี้วัดต่างๆ เช่น Daylight factor (DF), Daylight Autonomy (DA) และ Spatial Daylight Autonomy (sDA)
  - 2.2. ศึกษาแสงบาดตา โดยทำการศึกษาแสงบาดตาที่ทำให้ไม่สบายตา (Discomfort Glare) โดยศึกษาจากตัวชี้วัดเช่น Daylight Glare Probability (DGP) และ Annual Sunlight Exposure (ASE) โดยแบบจำลองด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์นั้นจะทำการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรมเช่น Ecotect Analysis, Radiance, Daysim และ Evalglare เป็นต้น
3. ศึกษาและวิเคราะห์ผลที่ได้จากการคำนวณ และการจำลองโปรแกรม เพื่อประเมินและสรุปผล

## ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. เพื่อเป็นแนวทางการออกแบบแผงบังแดดแบบฉลุให้ใช้แสงธรรมชาติได้อย่างมีประสิทธิภาพ และลดการเกิดภาวะไม่สบายทางสายตา
2. เพื่อเป็นแนวทางในการออกแบบแสงสว่างในอาคารสำนักงาน โดยใช้แสงธรรมชาติให้เกิดประโยชน์และช่วยลดการใช้พลังงานในอาคาร

## บทที่ 2

### ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

#### 1. คำสำคัญ และนิยาม

**แสงธรรมชาติ (Daylight)** แสงที่ผ่านบรรยากาศมายังพื้นผิวโลก ประกอบด้วยสองส่วน ได้แก่ แสงตรงจากดวงอาทิตย์ หรือแสงแดด (Sunlight) และแสงกระจายจากท้องฟ้า (Skylight) โดยแสงตรงจากดวงอาทิตย์ คือ รังสีดวงอาทิตย์ที่เคลื่อนที่ผ่านบรรยากาศเป็นแนวตรงจากดวงอาทิตย์มายังพื้นผิวโลก ส่วนแสงกระจายจากท้องฟ้า คือรังสีดวงอาทิตย์ที่กระเจิง (Scatter) เมื่อเคลื่อนที่ผ่านโมเลกุลของอากาศ ฝุ่นละอองและเมฆ มีทิศทางไม่แน่นอน โดยส่วนหนึ่งกระจายมาตกกระทบยังพื้นผิวโลก (สมาคมไฟฟ้าแสงสว่างแห่งประเทศไทย, 2016)

**ความสว่าง (Luminance, L)** คือ ปริมาณแสงที่ออกจากพื้นผิวของวัตถุหรือแหล่งกำเนิดแสงที่เข้ามาในทิศทางการมองของผู้สังเกต โดยมีหน่วยเป็น แคนเดลาต่อตารางเมตร ( $\text{cd}/\text{m}^2$ ) (สมาคมไฟฟ้าแสงสว่างแห่งประเทศไทย, 2016)

**ความส่องสว่าง (Illuminance, E)** คือ ปริมาณแสงที่ตกกระทบบนพื้นผิวต่อพื้นที่ 1 ตารางเมตร มีหน่วยเป็น ลูเมนต่อตารางเมตร ( $\text{lm}/\text{m}^2$ ) หรือ ลักซ์ (lux)

**ค่าการสะท้อนแสงของพื้นผิว (Reflectance)** คือ อัตราส่วนของแสงที่สะท้อนออกมาจากพื้นผิวต่อแสงที่ตกกระทบลงบนพื้นผิว มีค่าระหว่าง 0 ถึง 1 (หรือ 0 ถึง 100%) (สมาคมไฟฟ้าแสงสว่างแห่งประเทศไทย, 2016)

**แสงจ้า (Glare)** แสงจ้าเป็นความรู้สึกที่เกิดจากที่ในบริเวณการมอง มีพื้นผิวหรือสิ่งที่มีความสว่างจ้ามากๆ เมื่อเทียบกับพื้นหลัง ซึ่งควรหลีกเลี่ยงเนื่องจากจะทำให้เกิดความเมื่อยตา อาจเกิดความผิดพลาด หรือเกิดอุบัติเหตุได้ แสงจ้าอาจเกิดได้หลายลักษณะทั้งจากแสงไฟฟ้า หรือแสงธรรมชาติ (สมาคมไฟฟ้าแสงสว่างแห่งประเทศไทย, 2016)

#### 2. แสงสว่างภายในสำนักงาน

แสงสว่างภายในสำนักงาน จะต้องเพียงพอต่อการทำงาน เพื่อความปลอดภัย และการทำงานอย่างมีประสิทธิภาพ เนื่องจากความส่องสว่างที่กระจายอยู่โดยรอบมีผลต่อการปรับตัวของดวงตา มีผลต่อความชัดเจนในการมองเห็น ความส่องสว่างที่ดีจะช่วยให้เกิดความคมชัดของภาพ แยกแยะความแตกต่าง และเพิ่มประสิทธิภาพในการมอง ทั้งนี้ควรหลีกเลี่ยงแสงที่หลากหลายใน

มุมมองใดๆที่ส่งผลต่อความสบายทางสายตา แสงสว่างปริมาณมากสามารถทำให้เกิดแสงบาดตา และความแตกต่างของแสงทำให้เกิดความเหนื่อยล้าจากการปรับดวงตาอย่างต่อเนื่อง แสงสว่างที่ต่ำเกินไป และแสงสว่างที่ไม่คมชัด ทำให้เกิดความเบื่อหน่าย และไม่กระตุ้นให้เกิดภาวะการทำงาน และควรให้ความสนใจในการปรับตัวเมื่อเกิดการเคลื่อนย้ายสถานที่ หรือควรต่อเนื่องของแสงในแต่ละพื้นที่

การเปิดรับแสงธรรมชาติส่งผลดีต่อผู้ใช้อาคาร เนื่องจากมนุษย์ต้องการแสงสว่าง การมีช่องเปิดที่สามารถรับรู้ถึงวิวภายนอกทำให้รู้สึกผ่อนคลายโดยเฉพาะอย่างยิ่งภาพของธรรมชาติ การมีหน้าต่างหรือช่องเปิดไม่เพียงพอทำให้เกิดความเบื่อหน่ายที่เป็นสาเหตุของความเครียดได้ (Veitch & Galasiu, 2012)

ตามมาตรฐาน International Organization for Standardization 8995-1:2002 Lighting of work places - Part 1: Indoor ซึ่งว่าด้วยแสงสว่างภายในสถานที่ทำงาน ได้กำหนดช่วงค่าการสะท้อนของพื้นผิวภายในอาคาร ดังนี้

เพดาน	0.6 - 0.9
ผนัง	0.3 - 0.8
พื้นผิวการทำงาน	0.2 - 0.6
พื้น	0.1 - 0.5

และยังได้กำหนดค่าความส่องสว่างบนพื้นผิวการทำงานสำหรับการทำงานในประเภทงานต่างๆไว้ และเพื่อป้องกันการเกิดแสงบาดตา โดยกำหนดระดับค่า UGR สูงสุด หรือเรียกว่า UGR Limits (UGR<sub>L</sub>) ไว้ดังปรากฏในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ความต้องการแสงสว่างของพื้นที่ภายในอาคารเพื่อประกอบกิจกรรมที่สัมพันธ์กับแสงสว่างบนพื้นผิวการทำงาน และแสงบาดตา (International Organization for Standardization, 2002)

ประเภทพื้นที่การใช้งาน	ระดับค่าความส่องสว่าง (ลักซ์)	UGR <sub>L</sub>
ส่วนจัดเก็บเอกสาร, สำเนา, ทางเดิน	300	19
เขียน, พิมพ์ดีด, อ่าน, ประมวลผลข้อมูล	500	19
เขียนแบบ	750	16
Cad workstation	500	19
ห้องประชุม	500	19
ประชาสัมพันธ์	300	22
ห้องเก็บของ	200	25

### 3. แสงธรรมชาติ และดัชนีชี้วัดปริมาณแสงธรรมชาติ (Daylighting and Daylighting Index)

#### 3.1. แสงธรรมชาติ

แสงธรรมชาติ หมายถึง แสงที่มาจากสภาพแวดล้อม ทั้งแสงตรงจากดวงอาทิตย์ แสงสะท้อนจากบรรยากาศ แสงสะท้อนจากพื้นดิน เป็นต้น

แสงธรรมชาติมีระดับที่แตกต่างหลากหลายขึ้นกับองค์ประกอบของสเปกตรัมในเวลา นั้นๆ ประกอบกับสภาพแวดล้อม สภาพภายในอาคาร มีการเปลี่ยนแปลงตามฤดูกาลและรูปแบบของ ช่องแสง ทั้งแสงธรรมชาติมีลักษณะเฉพาะที่ส่องสว่างเฉพาะพื้นที่ใกล้เคียงกับช่องแสง หรือหน้าต่าง ซึ่งเป็นสิ่งเชื่อมต่อสู่พื้นที่ภายนอกเพื่อรับวิวทิวทัศน์ ที่เป็นที่ต้องการของผู้ใช้อาคาร แต่กับต้อง หลีกเลี่ยงระดับแสงสว่างที่แตกต่างกัน ความร้อน และภาวะไม่สบายต่างๆในพื้นที่ทำงานที่เป็นเหตุมา จากแสงและรังสีจากดวงอาทิตย์ ดังนั้นเพื่อการประเมินประสิทธิภาพของแสงธรรมชาติที่เข้าสู่อาคาร รวมถึงการอธิบายสภาพแสงสว่าง จึงมีการวัดปริมาณแสง และมาตรฐานต่างๆเพื่อเป็นเครื่องมือใน การวิเคราะห์ ประกอบการพิจารณาว่าการออกแบบแสงสว่างนั้นเหมาะสมต่อการใช้งานหรือไม่

#### 3.2. ดัชนีชี้วัดแสงธรรมชาติ

โดยเพื่อเป็นการชี้วัดปริมาณแสงธรรมชาติที่ส่องผ่านเข้ามาสู่อาคาร โดยมีหน่วยชี้วัดดังนี้

##### 3.2.1. Daylight Factor (DF)

Daylight Factor (DF) หมายถึง อัตราส่วนของความส่องสว่างภายในต่อภายนอกที่ ช่วงเวลาเดียว ในสภาพที่ท้องฟ้ามีเมฆเต็มท้องฟ้า (Overcast Sky) (New Buildings Institute, 2017) ซึ่งถูกพัฒนาขึ้นที่สหราชอาณาจักร โดยค่า DF สามารถใช้ในการประเมินหาสภาพที่แย่มากที่สุด DF นั้นใช้ในการคำนวณหาจุดใดๆ ภายในห้องนั้นๆ หรือคำนวณหาค่าเฉลี่ยของทั้งห้องก็ได้ และสามารถ แสดงเป็นแผนผังระดับภายในได้

โดยเป็นอัตราส่วน ของค่าความส่องสว่างภายในบนระนาบการทำงานแนวนอนต่อ ค่าความส่องสว่างภายนอกบนระนาบแนว มีค่าอยู่ระหว่าง 0-100 เขียนเป็นสมการได้ดังนี้

$$DF = (E_i \div E_o) \times 100\% \quad (1)$$

เมื่อค่า  $E_i$  คือ ค่าความส่องสว่างภายใน บนแนวระนาบ (ลักซ์)

$E_o$  คือ ค่าความส่องสว่างภายนอก บนแนวระนาบ โดยไม่รวมแสงแดดตรง (ลักซ์)

โดยสามารถประเมินผลค่า DF ได้ ดังนี้

- DF น้อยกว่า 2% ห้องมีตลับหอกใช้แสงธรรมชาติเพียงอย่างเดียว จึงต้องการไฟฟ้าแสงสว่างมาในเวลากลางวัน
- DF 2% - DF 5% มีพื้นที่ได้รับแสงสว่างจากแสงธรรมชาติ แต่ยังต้องการแสงประดิษฐ์เพิ่มเติม มีความเหมาะสมระหว่างแสงธรรมชาติ และการใช้พลังงานรวม
- DF มากกว่า 5% ห้องมีพื้นที่ได้รับแสงสว่างมาก ในช่วงกลางวันต้องการไฟฟ้าแสงสว่างน้อย แต่อาจพบปัญหาอุณหภูมิความร้อนจากหน้าต่างขนาดใหญ่ (Department of the Environment Transport and the Regions, 1998)

ค่า DF นั้นยังเป็นเกณฑ์ในการพิจารณาของ Leadership in Energy and Environmental Design หรือ LEED ซึ่งหน่วยงานในความดูแลของ US Green Building Council โดยในมาตรฐาน LEED New Construction v.2 ได้กำหนดแต้มสำหรับเกณฑ์ทางด้านแสงจากธรรมชาติและวิวไว้ โดยจะได้รับ 1 แต้ม เมื่อมีค่า  $DF \geq 2\%$  ไม่ต่ำกว่า 75% ของพื้นที่

### 3.2.2. Daylight Autonomy (DA)

Daylight Autonomy (DA) เป็นดัชนีชี้วัดแสงธรรมชาติต่อปี ชี้วัดแสงธรรมชาติแบบพลวัต แสดงค่าเป็นร้อยละของชั่วโมงของแสงธรรมชาติในรอบปี โดยให้แต้มในพื้นที่มีค่าระดับความสว่างของแสงมากกว่าที่ระบุไว้ โดยได้รับการนำเสนอโดยสมาคมไฟฟ้าสวิสเซอร์แลนด์ (the Association Suisse des Electriciens) เมื่อปี 1989 และได้รับการปรับปรุงโดย Christoph Reinhart ในช่วงระหว่างปี 2001-2004 การพิจารณาถึงตำแหน่งที่ตั้ง ข้อมูลสภาพอากาศในรอบปี และเป็นข้อมูลที่สามารถนำไปออกแบบเพื่อให้เกิดการประหยัดพลังงานในการให้แสงสว่างได้ โดยผู้ใช้กำหนดความต้องการพื้นฐานในการให้แสงสว่างได้ (New Buildings Institute, 2017)

### 3.2.3. Daylit Area และ Partially Daylit Area

Daylit area และ Partially Daylit Area นั้นมีความเกี่ยวข้องกับ DA โดย IES-LM-83 หรือ กำหนดความหมายของ Daylit ไว้ว่ามีค่า DA บนตำแหน่งนั้นๆ 300 lux มากกว่า 50% ของชั่วโมงการทำงาน ที่เวลา 8.00 - 18.00 หรืออาจเขียนได้ว่า  $DA_{300lux}50\%$

Partially Daylit Area มีค่า DA บนตำแหน่งนั้นๆ 300 lux มากกว่า 50% ของชั่วโมงการทำงาน ที่เวลา 8.00 - 18.00 หรืออาจเขียนได้ว่า  $DA_{300lux}50\%$  ส่วนพื้นที่ซึ่งไม่เข้าเกณฑ์ดังกล่าวจะถูกเรียกว่า Non-Daylit Area ซึ่งเกณฑ์นี้ได้ถูกพัฒนาต่อไปเป็น Spatial Daylight Autonomy ( $sDA_{300lx,50\%}$ ) และ Annual Sunlight Exposure ( $ASE_{1000lx,250h}$ ) ต่อไป



### 3.2.4. Spatial Daylight Autonomy (sDA)

Spatial Daylight Autonomy (sDA) คือ ร้อยละของพื้นที่ที่มีความส่องสว่างถึงระดับที่ต้องการ และมีระยะเวลาตามที่ต้องการ โดยปกติจะกำหนดค่าที่ 300 ลักซ์ มีระยะเวลาที่ 50% ของชั่วโมงทำงาน ตัวชี้วัดนี้แสดงถึงปริมาณของแสงธรรมชาติที่ใช้ประโยชน์ได้ ซึ่งค่า sDA ที่มากขึ้นนี้จะช่วยให้ประหยัดพลังงานแสงสว่างได้ (Protzman, 2013)

โดย LEED ทำการกำหนดมาตรฐานอาคารเพื่อให้เกิดการพัฒนาเทคโนโลยีอาคาร และคำนึงถึงสภาพแวดล้อมและชุมชน ได้กำหนดมาตรฐาน LEED V.4 ซึ่งมีเกณฑ์ความต้องการสำหรับอาคารก่อสร้างใหม่ (New Construction), อาคารที่สร้างเฉพาะเปลือกและพื้นที่ส่วนกลาง (Core and Shell), โรงเรียน, ร้านค้า, คลังสินค้า อาคารประกอบกิจการการให้บริการ (Hospitality) ให้มีความส่องสว่างบนพื้นผิวการทำงานนั้นมีค่า 300 ลักซ์ ไม่น้อยกว่า 50% ของชั่วโมงการทำงาน สามารถเขียนแทนได้ว่า sDA300/50% โดยกำหนดว่า เมื่อมีค่า sDA300/50% ไม่น้อยกว่า 55% ของพื้นที่จะได้ 2 แต้มและ 75% ของพื้นที่จะได้ 3 แต้ม จะต้องทำการคำนวณที่ระดับความสูง 0.76 เมตรจากระดับพื้น และมีระยะตารางพื้นที่การคำนวณขนาดไม่เกินกว่า 0.60 เมตร และแสดงผลการจำลองค่า Annual Sunlight Exposure (ASE) เพื่อพิจารณาควบคู่ไปด้วย โดยกำหนดไว้ที่ความส่องสว่าง 1000 ลักซ์ เป็นเวลาไม่มากกว่า 250 ชั่วโมงทำงาน หรือเขียนแทนด้วย ASE1000,250 นั้นจะต้องมีค่าไม่เกิน 10% ของพื้นที่ (U.S. Green Building Council, 2017)

ซึ่ง DA และ sDA นั้นยังมีความเกี่ยวข้องกับ LM-83 กำหนดความหมายของ Daylit ไว้ว่ามีค่า DA บนตำแหน่งนั้นๆ 300 lux มากกว่า 50% ของชั่วโมงการทำงาน ที่เวลา 8.00 - 18.00

### 3.2.5. Continuous Daylight Autonomy (cDA หรือ DAcon)

Continuous Daylight Autonomy (cDA หรือ DAcon) นำเสนอโดย Z. Rogers หน่วยวัดที่เกิดจากการศึกษาวิจัยห้องเรียน (Rogers, 2006) พัฒนาโดยมีความแตกต่างจาก DA ที่ไม่ให้ความสำคัญ เมื่อความส่องสว่างจากแสงธรรมชาตินั้นต่ำกว่าเกณฑ์ขั้นต่ำสุด เช่น เมื่อมีความต้องการแสงสว่าง 500 ลักซ์ แล้วในช่วงเวลาที่กำหนดมีค่าความส่องสว่างจากแสงธรรมชาติที่ 400 ลักซ์นั้น DA จะไม่ให้คะแนนที่ระดับความสว่างนั้น หรือเขียนได้ว่า  $DA_{500} = 0$  ขณะที่ DAcon จะให้เครดิตที่ 400 ลักซ์/500 ลักซ์ หรือเท่ากับ  $DAcon = 0.8$  ทำให้ DAcon เป็นเกณฑ์ที่มีความยอมรับทุกระดับความสว่าง และสามารถบ่งชี้ถึงความส่องสว่างที่แตกต่างกันในแต่ละพื้นที่ได้ (Jennings, Rubenstein, DiBartolomeo, & Blanc, 2000) และสถานที่ทำงานที่มีระดับแสงธรรมชาติต่ำกว่าปกติหรือที่ 300 หรือ 500 ลักซ์ ที่สำคัญคือหน่วยวัดนี้ยอมรับผลของแสงธรรมชาติที่ผ่านเข้ามาในพื้นที่ ในทุกระดับความสว่าง (Christoph Reinhart, Mardaljevic, & Rogers, 2006)

### 3.2.6. Maximum Daylight Autonomy (mDA หรือ DAm<sub>ax</sub>)

Maximum Daylight Autonomy (mDA หรือ DAm<sub>ax</sub>) แสดงถึงพื้นที่ใช้งานที่ได้แสงธรรมชาติที่มีความสว่างเกินกว่า 10 เท่าของความสว่างที่ต้องการ ซึ่งในการพิจารณาการปรากฏของแสงบาดตาให้สอดคล้องกับ จึงควรรายงานค่า DAm<sub>ax</sub> พร้อมกับ DA<sub>con</sub> เพื่อชี้ให้เห็นสัดส่วนชั่วโมงทำงานที่มีแสงตรงหรือแสงธรรมชาติปริมาณมาก โดยสมมติเงื่อนไขการเกิดแสงบาดตาขึ้นอยู่กับชนิดพื้นที่ DAm<sub>ax</sub> ได้กำหนดให้มีค่าเท่ากับ 10 เท่าของค่าที่ออกแบบไว้ เช่น ห้องปฏิบัติการคอมพิวเตอร์ออกแบบความส่องสว่างไว้ที่ 150 ลักซ์ นั่นคือ DAm<sub>ax</sub> มีค่าเท่ากับ 1500 ลักซ์ เกณฑ์ความต้องการขั้นสูงสุดนี้ให้ความสำคัญกับการวัดแสงตรงจากธรรมชาติที่ปรากฏขึ้นหรือ สภาพที่ทำให้เกิดแสงบาดตา และได้บ่งชี้ถึงความถี่และขนาดความแตกต่างของแสงในพื้นที่ (Rogers, 2006)

### 3.2.7. Useful Daylight Illuminance (UDI)

Useful Daylight Illuminance (UDI) คือ การวัดประสิทธิภาพแสงธรรมชาติแบบพลวัตบนพื้นผิวระนาบการทำงาน โดยกำหนดเป้าหมายที่ระดับความส่องสว่างที่มีประโยชน์ต่อการใช้งาน โดยช่วงที่จะนำมาพิจารณาจะต้องเหมาะสมไม่มืด และไม่สว่างเกินไป (มีค่าต่ำกว่า 100 ลักซ์ และมีค่าสูงกว่า 2000 ลักซ์) ความส่องสว่างแสงธรรมชาติมากเกินไปค่าสูงสุดที่กำหนด จะทำให้เกิดความไม่สบายทางสายตา และความไม่สบายเชิงความร้อน ช่วงที่แนะนำจากรายงานการศึกษาผู้ใช้งานในพื้นที่ได้รับแสงสว่างของสำนักงาน (Nabil & Mardaljevic, 2005) ให้เกณฑ์สูงสุด และต่ำสุด คือ 2000 ลักซ์ และ 100 ลักซ์ ดังนั้นค่า UDI จึงแสดงผลบนสามปัจจัย คือ ร้อยละของเวลาการทำงานตลอดปี ที่ค่าความสว่างจากแสงธรรมชาติที่ใช้ประโยชน์ได้มีค่าระหว่าง 100 - 2000 ลักซ์ และเมื่อมีค่าต่ำหรือสูงกว่านี้จะทำให้เกิดแสงบาดตาได้ (Christoph Reinhart et al., 2006)

## 3.3. ดัชนีชี้วัดแสงสว่างที่ใช้ในการศึกษา

จากการศึกษาดัชนีชี้วัดแสงสว่างต่างๆ พบว่า DF มีข้อจำกัดคือ เป็นสภาพท้องฟ้าเดียว ไม่มีความสอดคล้องกับความเป็นจริงที่มีการเปลี่ยนแปลงตลอดเวลา โดยมีสภาพท้องฟ้าเดียวคือ Overcast Sky และไม่คำนึงถึงแสงตรงจากดวงอาทิตย์

DA เป็นดัชนีที่มีการคำนึงถึงการเปลี่ยนแปลงของดวงอาทิตย์ รวมถึง cDA sDA UDI โดยที่ cDA มีการให้คะแนนในส่วนที่ต่ำกว่าเกณฑ์ แต่ทำให้ยากต่อการเปรียบเทียบผล mDA เป็นเกณฑ์ที่แสงให้เห็นถึงโอกาสการเกิดแสงบาดจากแสงธรรมชาติ และ UDI เนื่องจากมีช่วงของความส่องสว่างที่กว้างจึงทำให้ยากต่อการเปรียบเทียบ ดังนั้นจึงได้เลือกดัชนีชี้วัด DF และ sDA สำหรับการศึกษา เพื่อประเมินได้อย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งทำให้ DA เป็นดัชนีชี้วัดที่เหมาะสมในการนำมา

ศึกษา เนื่องจากอ้างอิงความส่องสว่างต่ำสุดที่ต้องการซึ่งทำให้ง่ายต่อการเปรียบเทียบในสภาพที่แตกต่างกัน (Christoph Reinhart et al., 2006)

ตารางที่ 2 แสดงการเปรียบเทียบดัชนีชี้วัดแสงสว่าง

ดัชนีชี้วัด	หน่วย	สภาพท้องฟ้า	เวลา	พื้นที่	กำหนดความส่องสว่างที่สัมพันธ์กับกิจกรรม	ระดับความส่องสว่าง (ลักซ์)
DF	%ความส่องสว่างภายในต่อภายนอก	Overcast Sky	X	✓	X	-
DA	%	climate data	เวลาการทำงานต่อปี	✓	✓	-
Daylit Area	%ของพื้นที่	climate data	เวลาการทำงานต่อปี	✓	✓	300
sDA	%ของพื้นที่	climate data	เวลาการทำงานต่อปี	✓	✓	300
cDA, DAcon	%ของพื้นที่	climate data	เวลาการทำงานต่อปี	✓	✓	
DAmx	%ของพื้นที่	climate data	เวลาการทำงานต่อปี	✓	✓	10เท่า
UDI	%ของพื้นที่	climate data	เวลาการทำงานต่อปี	✓	✓	100-2000

#### 4. แสงบาดตา และดัชนีชี้วัดแสงบาดตา (Glare and Glare Index)

##### 4.1. แสงบาดตา (Glare)

แสงบาดตา หมายถึง สภาพของวิสัยทัศน์ที่รู้สึกไม่สบาย หรือ ลดทอนความสามารถในการมองเห็นรายละเอียด หรือ วัตถุ ซึ่งเกิดจากการกระจายของแสงสว่างที่ไม่เหมาะสม หรือช่วงของความส่องสว่าง หรือความแตกต่างของแสงสว่างอย่างรุนแรง (International Commission on Illumination, 2014) สามารถเกิดได้จากทั้งแสงธรรมชาติและแสงประดิษฐ์

แสงบาดตาที่เกิดจากธรรมชาติ แบ่งออกได้เป็น 3 ประเภท คือ แสงบาดตาแบบไม่สามารถมองเห็นได้ (Disability Glare), แสงบาดตาแบบทำให้ไม่สบายตา(Discomfort Glare) และแสงบาดตาที่เกิดจากการสะท้อน (Reflected Glare) แสงที่ทำให้ระคายเคือง หรือทำให้รำคาญ แต่ไม่จำเป็นต้องทำให้การมองเห็นลดลง ซึ่งมีดัชนีชี้วัดแสงบาดตาที่ทำให้ไม่สบายตาและการคิดค้นสมการอธิบายและหาค่าแสงบาดตา เพื่อใช้ในการออกแบบให้เกิดความสบายทางสายตา

##### 4.2. แสงบาดตาแบบไม่สามารถมองเห็นได้ (Disability Glare)

แสงบาดตาที่ทำให้ความสามารถมองเห็นวัตถุลดลงโดยไม่จำเป็นต้องเกิดความไม่สบายตา (International Commission on Illumination, 2014) หรือ เป็นผลกระทบจากการกระจายของแสงในดวงตา ทำให้ความชัดเจนในการแปลภาพของจอประสาทตาลดลง และเป็นผลให้ความสามารถในการมองเห็น ระยะในการมอง และความถูกต้องในการมองเห็นลดลง แหล่งกำเนิด



แสงบาดโดยตรงนั้นอาจก่อให้เกิดความไม่สบายด้วยการทำให้เกิดแสงบาดตาแบบไม่สามารถมองเห็นได้ โดยการที่แหล่งกระจายแสงส่งแสงปริมาณมากเข้าสู่ดวงตา (Illuminating Engineering Society of North America, 2010)

#### 4.2.1. แสงบาดตาแบบไม่สบายตา (Discomfort Glare)

แสงบาดตาที่ทำให้ไม่สบายตา โดยไม่จำเป็นต้องทำให้ความสามารถในการมองเห็นลดลง (International Commission on Illumination, 2014) เป็นแสงบาดตาประเภทที่ยังมองเห็นวัตถุได้ แต่เป็นไปด้วยความยากลำบากและไม่สบายตา เพราะมีแสงย้อนเข้าตา เช่น แสงสะท้อนบนหน้าจอคอมพิวเตอร์ มีดัชนีชี้วัดที่เกี่ยวข้อง คือ Unified Glare Rating (UGR), Discomfort Glare Rating (DGR) และ Visual Comfort Probability (VCP)

#### 4.2.2. แสงบาดตาจากแสงตรง (Direct Glare)

แสงบาดตาที่เกิดจากวัตถุที่ให้อสงสว่างในตัวเองนั้นอยู่ในมุมมองของสายตา โดยเฉพาะเมื่ออยู่ใกล้กับจุดที่สายตาเพ่งมอง (International Commission on Illumination, 2014) แสงบาดตาที่เกิดจากค่าความสว่างสูง หรือ แหล่งกำเนิดแสงที่มีการป้องกันไม่เพียงพอในมุมมองนั้น มักเกิดกับพื้นที่สว่าง เช่น ดวงโคม เพดาน และหน้าต่างที่เปิดมุมมองสู่ทิศทางภายนอก แสงบาดตาจากแสงตรงอาจส่งผลกระทบต่อรบกวนความสนใจในการปฏิบัติงานได้ (Illuminating Engineering Society of North America, 2010)

#### 4.2.3. แสงบาดตาจากแสงสะท้อน (Reflected Glare)

แสงบาดตาที่เกิดจากแสงสะท้อน โดยเฉพาะเมื่อภาพสะท้อนปรากฏในระยะใกล้หรือในทิศทางเดียวกันกับวัตถุ (International Commission on Illumination, 2014) แสงบาดตาที่เกิดจากการสะท้อนของแสงที่สว่างมากบนพื้นผิวมันเงาในมุมมองของสายตา (Illuminating Engineering Society of North America, 2010)

### 4.3. ดัชนีชี้วัดแสงบาดตา (Glare Index)

#### 4.3.1. British Glare Index (BGI)

British Glare Index (BGI) ถูกพัฒนาในปี 1950 โดย Petherbridge และ Hopkinson แต่มีข้อจำกัด คือ ใช้ได้กับแหล่งกำเนิดแสงที่มีมุมตันน้อยกว่า 0.027 สเตอเรเดียน จึงเหมาะสมในการวิเคราะห์แสงบาดตาที่เกิดจากแสงประดิษฐ์

BGI มีสมการดังนี้

$$BGI = 10 \log_{10} 0.478 \sum_{i=1}^n \frac{L_s^{1.6} \omega_s^{0.8}}{L_b P^{1.6}} \quad (2)$$

เมื่อค่า

- P** คือ Guth's position index (โดย Guth และ Luckiesh 1949) ค่าการเปลี่ยนแปลงของแสงบาดตาที่ทำให้ไม่สบายตา สัมพันธ์ระหว่างมุม
- $L_s$**  คือ ค่าความส่องสว่างของแหล่งกำเนิดแสง ( $\text{cd/m}^2$ )
- $L_b$**  คือ ค่าเฉลี่ยความส่องสว่างของพื้นหลัง ( $\text{cd/m}^2$ )
- $\omega_s$**  คือ ขนาดของมุมของแหล่งกำเนิดที่มองเห็นด้วยตา (steradian)
- $n$**  คือ จำนวนของแหล่งกำเนิดแสงบาดตา

#### 4.3.2. Daylight Glare Index (DGI)

Daylight Glare Index (DGI) ได้พัฒนามาจาก British Glare Index (BGI) ในปี 1972 โดย Hopkinson ดัชนีชี้วัดนี้สามารถคาดคะเนแสงบาดตาที่มาจากแหล่งกำเนิดแสงขนาดใหญ่ เช่น หน้าต่าง โดยทำการศึกษาจากคอมพิวเตอร์เรนเดอร์ที่มีตัวกรองแสงแบบกระจาย

DGI มีสมการดังนี้

$$DGI = 10 \log_{10} 0.48 \sum_{i=1}^n \frac{L_s^{1.6} \Omega_s^{0.8}}{L_b + 0.07 \omega_s^{0.5} L_s} \quad (3)$$

เมื่อค่า

- $L_s$**  คือ ค่าความส่องสว่างของแหล่งกำเนิดแสง ( $\text{cd/m}^2$ )
- $L_b$**  คือ ค่าเฉลี่ยความส่องสว่างของพื้นหลัง ( $\text{cd/m}^2$ )
- $\omega_s$**  คือ ขนาดของมุมของแหล่งกำเนิดที่มองเห็นด้วยตา (steradian)
- $\Omega_s$**  คือ มุมตันของแหล่งกำเนิด ที่ปรับแก้ไขจากผลกระทบของตำแหน่งผู้สังเกตการณ์ที่สัมพันธ์กับแหล่งกำเนิดในมุมสเตอเรเดียน

จากสมการจะพบว่าเมื่อส่วนพื้นหลังมีความส่องสว่างเพิ่มมากขึ้น จะส่งผลต่อค่า DGI ทำให้ค่า DGI ค่าลดลง แต่พบว่าเมื่อสภาพแวดล้อมมีแสงสว่างมาก ค่า DGI ไม่สามารถรายงานการเกิดแสงบาดตาได้ (McNeil & Burrell, 2016)

### 4.3.3. CIE Glare Index (CGI)

CIE Glare Index (CGI) นำเสนอโดย Einhorn ในปี 1969 และได้รับการยอมรับจาก Commission Internationale de l'Eclairage (CIE) โดยสามารถคำนวณได้ทั้งแสงตรง และ แสงกระจาย

CGI มีสมการดังนี้

$$CGI = 8 \log_{10} 2 \frac{1+(E_d/500)}{E_d+E_i} \sum_{i=1}^n \frac{L_s^2 \omega_s}{P^2} \quad (4)$$

เมื่อค่า

$L_s$  คือ ค่าความส่องสว่างของแหล่งกำเนิดแสง ( $\text{cd}/\text{m}^2$ )

$\omega_s$  คือ ขนาดของมุมของแหล่งกำเนิดที่มองเห็นด้วยตา (steradian)

$P$  คือ Guth's position index (โดย Guth และ Luckiesh 1949) ค่าการเปลี่ยนแปลงของแสงบาดตาที่ทำให้ไม่สบายตา สัมพันธ์ระหว่างมุม

$E_d$  คือ ความสว่างของแสงตรงในแนวตั้ง

$E_i$  คือ ความสว่างของแสงตรงในแนวนอน

$n$  คือ จำนวนของแหล่งกำเนิดแสงบาดตา

### 4.3.4. CIE Unified Glare Rating (UGR)

CIE Unified Glare Rating (UGR) หรือ พิกัดแสงจ้ารวม เป็นเกณฑ์การประเมินค่าแสงบาดตาแบบไม่สบายตา (Discomfort glare) จากแหล่งแสงสว่างที่ทำการติดตั้ง กำหนดโดย CIE เพื่อเป็นมาตรฐานการประเมิน ที่นำเอาค่า CGI มาปรับให้เข้าใจง่ายขึ้น โดยแยกแสงตรง (Direct Illuminance) และแสงกระจาย (Diffuse Illuminance) ที่ไม่จำเป็นออก ค่า UGR นี้ใช้ในการประเมินแสงบาดตาของการให้แสงสว่างภายในอาคาร

UGR มีสมการดังนี้

$$UGR = 8 \log_{10} \frac{0.25}{L_b} \sum_{i=1}^n \frac{L_s^2 \omega_s}{P^2} \quad (5)$$

เมื่อค่า

$L_b$  คือ ความสว่างของพื้นหลัง ( $\text{cd}/\text{m}^2$ )

$L_s$  คือ ความสว่างในส่วนส่องสว่างของแต่ละดวงโคม ในทิศทางที่สังเกตเห็น ( $\text{cd}/\text{m}^2$ )

$\omega_s$  คือ มุมตันของส่วนส่องสว่างของแต่ละดวงโคม ณ ตำแหน่งที่ทำการสังเกตการณ์ (steradian)

$P$  คือ ดัชนีชี้วัดตำแหน่งของ Guth (Guth position index) ของแต่ละดวงโคม ที่สัมพันธ์กับระยะการจัดจากเส้นแนวสายตา

$n$  คือ จำนวนของแหล่งกำเนิดแสงบาดตา

ตามรายงานของ CIE 1995 นั้นค่า UGR ถูกพัฒนาสำหรับแหล่งกำเนิดที่มีขนาดมุมสูงสุดไม่เกิน 0.1 สเตอเรเดียนที่ตำแหน่งสังเกตการณ์ และมีความถูกต้องเมื่อแหล่งกำเนิดแสงมีขนาดปรกติ ที่ขนาดระหว่าง 0.005 ถึง 1.5 ตารางเมตร ทำให้ค่าUGR เหมาะสมสำหรับการวิเคราะห์แสงประดิษฐ์

#### 4.3.5. Discomfort Glare Rating (DGR)

Discomfort Glare Rating (DGR) เป็นการประเมินเชิงตัวเลขของปริมาณแหล่งกำเนิดแสง เช่น โคมไฟในสภาพแวดล้อมที่จะทำให้เกิดความไม่สบายทางสายตา (Illuminating Engineering Society, 2017) โดยมีความสัมพันธ์กับความสว่างพื้นหลัง แหล่งกำเนิดแสง ขนาด และความสว่างของแหล่งกำเนิดแสง

$$DGR = \left( \sum_{i=1}^n M_i \right)^{n^{-0.0914}} \quad (6)$$

โดยที่

$$M = \left( \frac{0.5L_s(20.4\omega_s + 1.52\omega_s^{0.2} - 0.075)}{P * F_v^{0.44}} \right) \quad (7)$$

และ

$$F_v = \left( \frac{L_w\omega_w + L_f\omega_f + L_c\omega_c + L_s\omega_s}{5} \right) \quad (8)$$

เมื่อมีค่า

M คือ ดัชนีความรู้สึกสำหรับแหล่งแสงบาดตา

F<sub>v</sub> คือ ความสว่างเฉลี่ยทั้งหมดในมุมมอง มีหน่วยเป็น cd/m<sup>2</sup>

L คือ ความสว่างเฉลี่ยของผนัง (L<sub>w</sub>), พื้น (L<sub>f</sub>), เพดาน (L<sub>c</sub>) และ แหล่งกำเนิดแสง (L<sub>s</sub>) มีหน่วยเป็น cd/m<sup>2</sup>

ω คือ มุมตัน ณ ตำแหน่งที่ทำการสังเกตการณ์ จากผนัง(ω<sub>w</sub>), พื้น (ω<sub>f</sub>), เพดาน (ω<sub>c</sub>) และแหล่งกำเนิดแสง (ω<sub>s</sub>) มีหน่วยเป็น steradian

#### 4.3.6. Visual Comfort Probability (VCP)

Visual comfort probability (VCP) หรือเป็นที่รู้จักกันในชื่อ Guth Visual Comfort Probability เป็นการเปรียบเทียบด้วยสมการที่มีขนาดใหญ่โดยพัฒนาโดยสมาคมวิศวกรรมแสงสว่างอเมริกาเหนือ (Illuminating Engineering Society of North America, IESNA) โดยดัชนีนี้เหมาะสมสำหรับแสงประดิษฐ์ และใช้ได้เฉพาะกับแหล่งกำเนิดแสงสว่างที่มีขนาดปรกติ โดยค่า VCP เป็นการให้คะแนนของระบบแสงสว่างที่แสดงเป็นเปอร์เซ็นต์ของผู้ที่อยู่ตำแหน่งและมุมมองไปยัง

ทิศทางที่กำหนดไว้ โดยเป็นการคาดการณ์ว่าจำนวนผู้ที่ยอมรับได้ในการเกิดแสงบาดตาแบบไม่สบายตา โดย VCP นั้นมีความสัมพันธ์กับ DGR (Illuminating Engineering Society, 2017)

VCP มีสมการ ดังนี้

$$VCP = 279 - 110 \left[ \log_{10} \sum_{i=1}^n \left( \frac{0.5L_{si}(20.4\omega_{si} + 1.52\omega_{si}^2 - 0.075)}{P \times E_{avg}^{0.44}} \right)^{(n^{-0.0914})} \right] \quad (9)$$

เมื่อค่า  $L_s$  คือ ความสว่างในส่วนส่องสว่างของแต่ละดวงโคม ในทิศทางการสังเกตการณ์ (cd/m<sup>2</sup>)

$\omega_s$  คือ มุมตันของส่วนส่องสว่างของแต่ละดวงโคม ณ ตำแหน่งที่ทำการสังเกตการณ์ (steradian)

$P$  คือ ดัชนีชี้วัดตำแหน่งของ Guth (Guth position index) ของแต่ละดวงโคม ที่สัมพันธ์กับการเคลื่อนที่จากเส้นแนวสายตา

$n$  คือ จำนวนของแหล่งกำเนิดแสงบาดตา

#### 4.3.7. Daylight Glare Probability (DGP)

Daylight Glare Probability (DGP) เป็นหน่วยชี้วัดที่ประมาณการเกิดแสงบาดตาแบบไม่สบายตา (Discomfort Glare) ในพื้นที่ที่มีแสงธรรมชาติเข้าถึง นำเสนอโดย Jan Wienold and Jens Christoffersen ในปี 2005 โดยที่ความน่าจะเป็นของแสงบาดตาจากแสงธรรมชาติ DGP คือ ร้อยละของบุคคลที่ถูกรบกวน จากแสงธรรมชาติ ที่เป็นจุดเกิดแสงบาดตา ในบริเวณที่เป็นพื้นที่ส่องสว่างของสำนักงาน โดยสามารถคำนวณได้จาก

$$DGP = 5.87 \cdot 10^{-5} E_v + 9.18 \cdot 10^{-2} \log \left( 1 + \sum_i \frac{L_s^2 \omega_s}{E_i^{1.87} \cdot P_i^2} \right) + 0.16 \quad (10)$$

เมื่อค่า  $E_v$  คือ ค่าความส่องสว่างในแนวระนาบตั้งที่ระดับสายตา

$L_s$  คือ ความสว่างในส่วนส่องสว่างของแต่ละดวงโคม ในทิศทางการสังเกตการณ์ (cd/m<sup>2</sup>)

$\omega_s$  คือ มุมตันของส่วนส่องสว่างของแต่ละดวงโคม ณ ตำแหน่งที่ทำการสังเกตการณ์ (steradian)

$P_i$  คือ ค่า Position Index ณ จุดที่ทำการสังเกตการณ์

เนื่องจากตัวแปรที่มากทำให้มีการนำเสนอเพื่อปรับสมการให้สะดวกต่อการใช้งาน โดยมีสมการดังนี้

$$DGPs = 6.22 * 10^{-5} E_v + 0.184 \quad (11)$$

เมื่อค่า  $E_v$  คือ ค่าความสว่างในแนวระนาบตั้งที่ระดับสายตา

ซึ่งค่า DGP นี้เป็นหลักการคำนวณสำหรับพื้นที่การทำงานที่มีค่าความแตกต่างของแสงที่ เช่น สำนักงาน ที่มีหน้าต่างขนาดใหญ่ .ซึ่งสามารถประยุกต์ไปใช้ได้หลายกรณี ซึ่งหากคำนวณค่า DGP เต็มรูปแบบจะมีองค์ประกอบอื่นที่ต้องพิจารณาเพิ่ม

ในการศึกษาภาวะไม่สบายทางสายตา และแสงบาดตาจากแสงอาทิตย์นั้น ในแต่ละดัชนีชี้วัดนั้นมีข้อจำกัดต่างๆอยู่ จะต้องเลือกใช้ตัวชี้วัดที่มีความเหมาะสม โดยได้เลือก DGP ที่จะเป็นตัวชี้วัดที่มีประสิทธิภาพ และมีความน่าเชื่อถือ ภายใต้สภาวะของแสงธรรมชาติ DGP มีการตอบสนองต่อแสงอาทิตย์โดยรวมถึง จำนวน หรือขนาดของมุม หรือการสะท้อนของแหล่งกำเนิดแสงได้ ด้วยเหตุนี้ทำให้เมื่อทำการจำลองซ้ำๆประสบความสำเร็จ และเมื่อเทียบผลแล้วโอกาสผิดพลาดต่ำ (Jakubiec & Reinhart, 2010)

เกณฑ์มาตรฐานค่า DGP จากการศึกษาของของ Jan Weinold (2009) ได้ทำการศึกษาและได้เสนอเกณฑ์การพิจารณาระดับชั้นความไม่สบายทางสายตาจากแสงธรรมชาติ (Daylight Glare Comfort Class) โดยพิจารณาค่า DGP และ ค่าเฉลี่ย DGP สูงสุด 5% ของเวลาการทำงาน ไว้ดังนี้

ตารางที่ 3 แสดงเกณฑ์การพิจารณา DGP (Wienold, 2009)

ระดับชั้น	ระดับชั้น A (ระดับดีมาก)	ระดับชั้น B (ระดับดี)	ระดับชั้น C (ระดับที่เหมาะสม)
ความหมาย	95% ของเวลาการทำงานที่ความไม่สบายทางสายตาต่ำกว่าระดับการไม่สามารถรู้สึกได้	95% ของเวลาการทำงานที่ความไม่สบายทางสายตาต่ำกว่าระดับการสังเกตเห็นได้	95% ของเวลาการทำงานที่ความไม่สบายทางสายตาต่ำกว่าระดับการรบกวน
DGP limit	$\leq 0.35$	$\leq 0.40$	$\leq 0.45$
ค่าเฉลี่ย DGP limit สูงสุดในกลุ่ม 5% ของเวลาการทำงาน	0.38	0.42	0.53



### 4.3.7. Annual Sunlight Exposure (ASE)

Annual Sun Exposure (ASE) เป็นมาตรวัดที่อธิบายถึงปริมาณพื้นที่ซึ่งได้รับแสงตรงจากดวงอาทิตย์ ที่จะทำให้เกิดความไม่สบายทางสายตา เช่น แสบตาได้ และเพิ่ม cooling loads

Annual Sunlight Exposure (ASE) คือ ร้อยละของชั่วโมงทำงาน เมื่อระดับค่าแสงจากแสงตรงจากดวงอาทิตย์เพียงอย่างเดียวมีค่าเกินกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้ล่วงหน้า (ปรกติอยู่ที่ 100 ฟุตแคนเดิล หรือ 1,000 ลักซ์) ตัวชี้วัดนี้ บ่งชี้คุณภาพของแสงที่สัมพันธ์กับแสงบาดตาที่เกิดจากแสงตรงจากดวงอาทิตย์ ซึ่งเป็นแสงบาดตาที่เลวร้าย แม้ว่าอาจมีปัญหาจากแสงบาดตาที่เกิดจากท้องฟ้า (Bright Sky) และแสงสะท้อน (Protzman, 2013)

โดยตามเกณฑ์การให้คะแนนของ LEED v.4 กำหนดไว้ที่มีค่าความสว่างมากกว่าหรือเท่ากับ 1000 ลักซ์ มีเวลาเกิน 250 ชั่วโมงทำงาน มีพื้นที่ไม่เกิน 10% ของพื้นที่ โดยทำการคำนวณบนตาราง ที่ตำแหน่งของจุดที่ทำการวัดห่างกันไม่เกิน 2 ตารางฟุต หรือ 0.60 ตารางเมตร โดยทำการคำนวณบนพื้นผิวการทำงานที่ความสูง 30 นิ้ว หรือ 0.76 เมตรจากพื้น โดยรวมถึงวัตถุภายในที่ติดตั้งถาวร แต่ไม่รวมเฟอร์นิเจอร์ที่เคลื่อนย้ายได้หรือฉากกั้น (U.S. Green Building Council, 2017)

### 4.4. ดัชนีชี้วัดแสงบาดตาที่ใช้ในการศึกษา

จากการศึกษาดัชนีชี้วัดแสงบาดตา และเกณฑ์ต่างรวมถึงเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องพบว่าแต่ละดัชนีชี้วัดนั้นมีข้อจำกัดต่างๆอยู่ จะต้องเลือกใช้ตัวชี้วัดที่มีความเหมาะสม โดย DGI และ UGR ควรจะนำมาใช้ในกรณีที่มีบริเวณพื้นที่นั้นไม่ถูกแสงอาทิตย์โดยตรง CGI ชี้วัดความน่าจะเป็นสูงสุดของสภาวะไม่สบายตาของแสงกระจายจากดวงอาทิตย์ VCP มีข้อจำกัดในสภาพภายใต้แสงอาทิตย์ โดยแสดงค่าได้สอดคล้องกับตัวชี้วัดอื่นๆ แต่ VCP ได้รับการพัฒนาเฉพาะเพื่อใช้กับแสงประดิษฐ์จึงไม่แนะนำให้ใช้กับสภาพแสงธรรมชาติ ขณะที่ DGP ที่จะเป็นตัวชี้วัดที่มีประสิทธิภาพและมีความน่าเชื่อถือ ภายใต้สภาวะของแสงธรรมชาติ (Jakubiec & Reinhart, 2010)

DGP ตอบสนองต่อแสงอาทิตย์โดยรวมถึง จำนวน หรือขนาดของมุม หรือการสะท้อนของแหล่งกำเนิดแสงได้ ด้วยเหตุนี้ทำให้เมื่อทำการจำลองต่างๆประสบผล และเมื่อเทียบผลแล้วโอกาสผิดพลาดต่ำ ดังนั้นจึงได้เลือกทำการศึกษาโดยใช้ดัชนีชี้วัด DGP เพื่อศึกษาในมุมมองที่กำหนดและดัชนีชี้วัด ASE เพื่อศึกษาภาพรวมของห้องที่ทำการทดลอง

ตารางที่ 4 เปรียบเทียบดัชนีชี้วัดแสงบาดตา

ดัชนีชี้วัด	คำย่อ	ลักษณะ
British Glare Index	BGI	วิเคราะห์มุมขนาดเล็ก เหมาะสมสำหรับแสงประดิษฐ์ มุมตันน้อยกว่า 0.027 สเตอเรเดียน จึงเหมาะสมในการวิเคราะห์แสงบาดตาที่เกิดจากแสงประดิษฐ์
Daylight Glare Index	DGI	ไม่สามารถประเมินผลได้เมื่อพื้นหลังมีแสงสว่างมาก และไม่เหมาะสม ถ้าพื้นที่นั้นถูกแสงตรงจากดวงอาทิตย์
CIE Glare Index	CGI	พัฒนาขึ้นเพื่อวิเคราะห์แสงประดิษฐ์
CIE Unified Glare Rating	UGR	สำหรับแหล่งกำเนิดที่มีขนาดมุมสูงสุดไม่เกิน 0.1 สเตอเรเดียนที่ตำแหน่งสังเกตการณ์ จึงเหมาะสมสำหรับการวิเคราะห์แสงประดิษฐ์
Discomfort Glare Rating	DGR	ขนาดมุมจำกัด เหมาะสมสำหรับแหล่งกำเนิดแสงประดิษฐ์
Visual Comfort Probability	VCP	ขนาดมุมจำกัด เหมาะสมสำหรับแหล่งกำเนิดแสงประดิษฐ์
Daylight Glare Probability	DGP	ตอบสนองต่อแสงอาทิตย์ รวมถึง จำนวน หรือขนาดของมุม หรือการสะท้อนของแหล่งกำเนิดแสงได้
Annual Sunlight Exposure	ASE	เป็นการวิเคราะห์แสงบนพื้นผิวการทำงานต่อปี โดยยอมรับแสงตรงจากดวงอาทิตย์





## 5. ผนังอาคารชั้นที่สอง (Second Skin Façade)

ในปัจจุบันเพื่อเป็นการลดการใช้พลังงานในอาคารโดยการป้องกันความร้อน และแสงตรงจากดวงอาทิตย์ เรามักจะพบการออกแบบอาคารที่มีลักษณะ Second Skin Façade หรือ Double Skin Façade ซึ่งมีลักษณะของผนัง 2 ชั้น โดยชั้นนอกมีลักษณะเป็นแผงบังแดดให้กับอาคาร ซึ่งจะติดตั้งห่างจากผนังอาคารที่ 0.2 – 4.5 เมตร เพื่อป้องกันอาคารจากสภาพแวดล้อม โดยช่องว่างจะใช้ในการปรับเปลี่ยนความร้อน แสง ลม เสียง มลพิษ และสภาพแวดล้อมรุนแรง อีกทั้งยังสร้างร่มเงา ป้องกันแสงและอากาศที่ปะทะอาคารโดยตรง ควบคุมการความร้อนที่จะสูญเสียและเข้าสู่อาคาร (Houska, 2013) สามารถใช้ได้กับอาคารทั้ง Active และ Passive



ภาพที่ 1 แสดงอาคารที่มีลักษณะผนังสองชั้น ในประเทศไทย

(บน) ศูนย์รับสมัครและบริการข้อมูลมหาวิทยาลัยกรุงเทพ, ที่มา : <http://www.officeat.com/?portfolio=bangkok-university-admission-and-information-center>, accessed on 07032015

(ล่าง) อาคารคิง เพาเวอร์ พัทยา คอมเพล็กซ์, พัทยา, ที่มา : <http://www.4-arch.com/content/king-power-duty-free-pattaya>, accessed on 2506 2015

การแบ่งประเภทผนังอาคารชั้นที่สอง โดยสามารถจำแนกประเภทผนังอาคารชั้นที่สอง ได้หลายรูปแบบตามลักษณะดังนี้

### 5.1. แบ่งตามวัสดุผนัง

โดยแบ่งได้ 4 ชนิด คือ

5.1.1. เกล็ดติดตาย หรือเกล็ดปรับมุม (fixed and operable louvers)

5.1.1. ลวดตาข่าย (woven mesh)

5.1.1. แผ่นผนังฉลุ (perforated panels)

5.1.1. ผนังเขียว หรือ แผงระแนงด้วยพันธุ์ไม้ (green façade screens, vegetated façade screens)

### 5.2. แบ่งตามลักษณะการปฏิบัติการ

5.2.1. Active Second Skin Facades

มีรูปแบบที่หลากหลายแต่มีลักษณะทั่วไปที่ เกล็ดโลหะ ระแนง หรือแผ่นฉลุที่มีกรอบโครงสร้างรองรับ และเชื่อมต่อบระบบคอมพิวเตอร์ทำการควบคุมให้ทำความร้อนหรือลดอุณหภูมิอาคารตามสภาพแวดล้อม โดยแผงบังแดดจะเปิด-ปิดตามการโคจรของดวงอาทิตย์ หรือสภาพอากาศ มีการใช้พลังงานในการควบคุมระบบปฏิบัติการ ระบบนี้เป็นที่นิยมในยุโรป เอเชีย และออสเตรเลีย และเริ่มเข้าสู่อเมริกาเหนือ

5.2.2. Passive Second Skin Facades

มีลักษณะติดตาย หรือกึ่งถาวร โดยใช้ได้ทั้ง ตะข่ายโลหะ, แผ่นฉลุตาย เกล็ดติดตาย หรือการใช้พืชพันธุ์ ที่ต้องการการดูแลรักษาต่ำ ไม่ใช้พลังงานไฟฟ้า หรือระบบกลไกภายใน

### 5.3. แบ่งตามลักษณะยุคสมัย

โดยTerri Meyer Boake ได้แบ่งผนังสองชั้นในภูมิอากาศร้อน ออกเป็น 2 ชนิด ดังนี้

5.3.1. ใช้ในการเป็นแผงบังแดดผนังภายนอกควบคู่ไปกับ ระบบผนังกระจก (Curtain wall system) ทั้งภายนอกและภายใน ถูกแบ่งแยกด้วยช่องอากาศที่มีความกว้าง เพื่อให้เข้าไปทำความสะอาดได้ แผงบังแดดภายนอกมีทั้งแบบติดตาย หรือปรับเปลี่ยนตามสภาวะแวดล้อมได้

5.3.2. ใช้ในลักษณะรูปแบบตามวัฒนธรรมเดิม โดยมีลักษณะเป็นตัวปกป้องอาคารจากสภาพแวดล้อม ลม หรืออากาศภายนอก โดยมีชั้นอากาศที่จะต้องกว้างเพียงพอให้อากาศและความร้อนภายนอกไม่เข้าสู่ภายในได้ ช่องว่างนี้อาจใช้เป็นส่วนหนึ่งของระบบทำความเย็น ในกรณีที่ช่องอากาศไม่ได้เป็นระบบปิด ทำให้มีฝุ่น ทราย ต้องมีการทำความสะอาดอยู่เสมอ ควรมีระหว่าง 1 – 1.5 เมตร จากผนังกระจกเพื่อง่ายต่อการเข้าไปทำความสะอาด

## 6. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

จากการศึกษาของ Christoph F. Reinhart, John Mardaljevic, Zack Rogers ในหัวข้อ Dynamic Daylight Performance Metrics for Sustainable Building Design เป็นการศึกษาเปรียบเทียบดัชนีชี้วัดแสงธรรมชาติต่างๆ โดยได้ศึกษาดัชนีชี้วัดดังต่อไปนี้ Daylight Factor (DF), Daylight Autonomy (DA), Continuous Daylight Autonomy (DAcon), และ Useful Daylight Index (UDI) โดยกำหนดห้องสำหรับทำการทดลองที่ขนาด กว้าง 4 ม. ยาว 8 ม. สูง 4 ม. มีช่องแสงทางทิศใต้ สำนักงานที่มีชั่วโมงการทำงานที่ 8.00 – 17.00 น. ตั้งอยู่ ณ เมืองแวนคูเวอร์, แคนาดา และ เมืองโบลเดอร์ (Boulder) รัฐโคโลราโด สหรัฐอเมริกา โดยทำการเปรียบเทียบรูปแบบแผงบังแดด และม่านบังแสง ที่มีสภาพแตกต่างกันเพื่อศึกษาเปรียบเทียบดัชนีชี้วัดแสงสว่างต่างๆกัน ด้วยโปรแกรมที่อยู่บนฐานของ Radinace

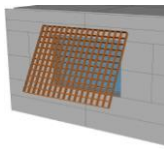
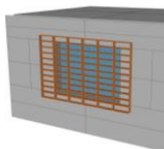
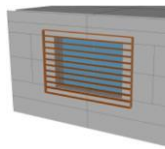
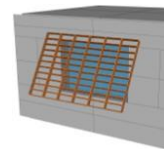
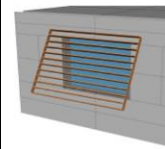
จากงานวิจัยของ Jan Wienold เกี่ยวกับการประเมินผลแสงบาดตาจากแสงธรรมชาติแบบไดนามิก (Dynamic Daylight Glare Evaluation) ซึ่งได้ทำการทดลองด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ RADIANCE เพื่อประเมินดัชนีชี้วัด Daylight Glare Probability (DGP) โดยทำการจำลองห้องตัวอย่างจากห้องทดลองในสถาบันวิจัย Fraunhofer ISE ประเทศเยอรมันนี โดยห้องดังกล่าวมีความกว้าง 3.62 ม. ยาว 4.61 ม. สูง 2.85 ม. มีช่องแสงขนาด 6.63 ตารางเมตร แล้วทำการศึกษาเปรียบเทียบค่า DGP ระหว่าง ไม่มีแผงบังแดด, ม่านม้วนแบบผ้า (Fabric roller blind), และมู่ลี่ (Venetian Blind) โดยทำการคำนวณ DGP ชั่วโมงต่อชั่วโมง เปรียบเทียบกับโปรแกรม Daysim โดยซึ่งจากการศึกษาได้กำหนดเกณฑ์รูปแบบค่า DGP Limits หรือเกณฑ์การประเมินระดับชั้นความสบายทางสายตาโดยใช้ค่า DGP Limits ซึ่งได้กล่าวไปก่อนหน้านี้ในหัวข้อดัชนีชี้วัดแสงบาดตา ซึ่งผลจากการศึกษานี้ได้ถูกใช้เป็นเกณฑ์การศึกษารุ่นต่อไป

จากการศึกษางานวิจัยของ Ahmed, Sabry, Gadelhak (2012) ในหัวข้อ The impact of changing solar screen rotation angle and its opening aspect ratios on Daylight Availability in residential desert buildings เป็นการศึกษาที่เกี่ยวข้องแผงบังแดดแบบฉลุในรูปแบบต่าง ซึ่งมีลักษณะที่พัฒนามาจากลักษณะพื้นถิ่นหรือแผงบังแดดไม้ประกอบที่มีรูปแบบมาจาก Mashrabiya โดยทำการศึกษาห้องภายในอาคารพักอาศัย ที่มีขนาด 5.20x4.30x3.00 ม. ทำการศึกษาด้วยการจำลองด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ จากการศึกษาส่งผลให้ Sherif, Sabry, Rakha (2014) ในหัวข้อ External perforated Solar Screens for daylighting in residential desert buildings: Identification of minimum perforation percentages และการศึกษาของ Sherif, Sabry, Gadelhak, Aly (2014) ในหัวข้อ Balancing the daylighting and energy performance of solar screens in residential desert buildings: Examination of screen axial rotation and opening aspect ratio ทำการศึกษาต่อเนื่อง โดยมีพื้นฐานมาจากการศึกษา

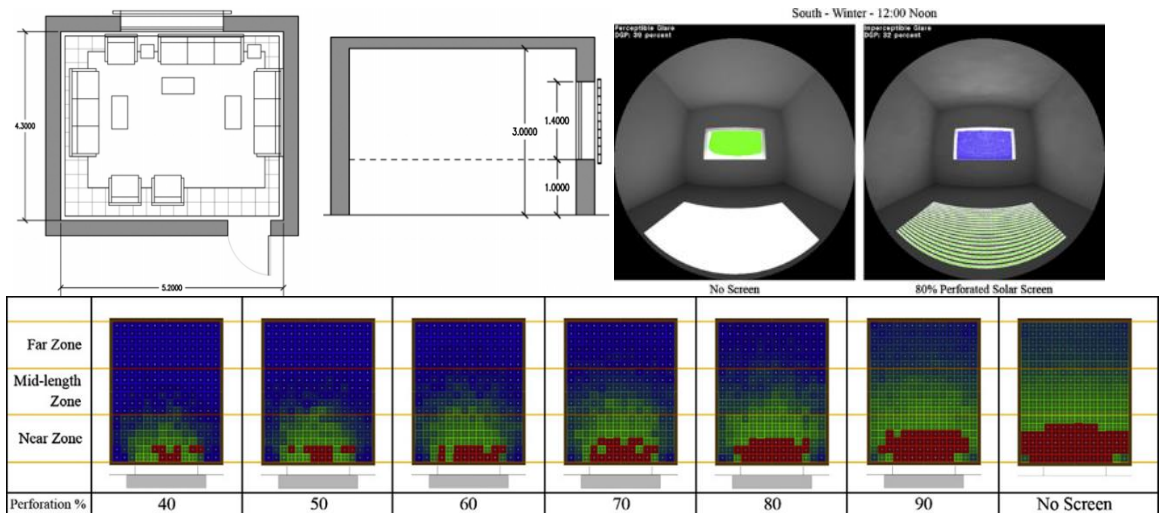
ของ Ahmed, Sabry, Gadelhak (2012) การศึกษานี้ทำการศึกษาในภูมิภาคแบบทะเลทราย กำหนดสถานที่ในประเทศซาอุดีอาระเบีย (Jeddah, Saudi Arabia) ศึกษาช่องเปิด ทิศเหนือ ได้ ตะวันออก และตะวันตกโดยศึกษารูปแบบแผงบังแดดที่มีผลต่อปริมาณแสงสว่าง ความสบายทาง สายตาและพลังงานที่ใช้ในอาคาร จากผลการทดลองความสบายทางสายตาด้วยค่า DGP และปริมาณ แสงสว่างด้วยเกณฑ์ Daylit โดยเมื่อมีสัดส่วนของแผงนอนต่อแนวตั้งมีผลต่อแสงสว่าง และแสงบาด ตา ที่ช่องเปิดทางทิศใต้ที่มีค่า DGP อยู่ในเกณฑ์ไม่สามารถสังเกตเห็นได้ มีค่ามากที่สุดคือ ที่สัดส่วน แนวนอน : แนวตั้ง ที่ 3:1 และมีสัดส่วนของพื้นที่ Daylit มากที่สุด ที่อัตราส่วน 18 : 1 ในส่วนของ

การศึกษาของ Sherif , Sabry, Rakha (2014) นั้นได้กำหนดที่ตั้งไว้ที่ ประเทศ อียิปต์ (El-Kharga City N25.27, E30.31). โดยทำการศึกษาปริมาณแสงสว่างที่อัตราส่วนช่องเปิด ต่างกันโดยใช้เกณฑ์ Daylit ทำการแบ่งพื้นที่โซนภายใน จากการศึกษาพบว่าเมื่ออัตราส่วนช่องเปิด เพิ่มขึ้น ระดับแสงสว่างภายในอาคารเพิ่มมากขึ้น และได้ทำการศึกษาแสงบาดตาด้วยค่า DGP โดย เปรียบเทียบช่องเปิดเมื่อมีแผงบังแดด และไม่มีแผงบังแดด พบว่าแผงบังแดดสามารถลดการเกิดแสง บาดตาได้ และการศึกษาของ Sherif, Sabry, Gadelhak, Aly (2014) นั้นได้ทำการศึกษาช่องเปิด 4 ทิศทาง โดยทำการศึกษาที่ช่องเปิดทิศใต้นั้น ทำการทดสอบความสบายทางสายตาด้วย DGP พบว่าที่ ระยะ 2-3 ม. มีผลของค่าอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้มากกว่าที่ระยะ 1 ม. จากช่องเปิด และรูปแบบที่ลด การใช้พลังงานได้มีประสิทธิภาพสูงสุด คือ แผงบังแดด ที่ระยะสัดส่วนช่องเปิดความกว้างต่อความสูง 18:1 (รูปแบบ C) ดังรูปภาพในตารางที่ 5 และแผงบังแดดนั้นสามารถลดการใช้พลังงานรวมได้ถึง 25% เมื่อเปรียบเทียบกับช่องเปิดที่ไม่มีแผงบังแดด

ตารางที่ 5 แสดงรูปแบบการศึกษาทางทิศใต้ ของของ Sherif, Sabry, Gadelhak, Aly (2014)

	ลักษณะและรูปแบบแผงบังแดดที่ทำการศึกษา ของช่องเปิดทิศใต้				
	Case A	Case B	Case C	Case D	Case E
มุมเอียง ทำมุมกับแนวแกน สัดส่วนแผงบังแดด	30° Horizontal upper axis H:V = 1:1	0° Fixed H:V = 3:1	0° Fixed H:V = 18:1	30° Horizontal upper axis H:V = 3:1	30° Horizontal upper axis H:V = 18:1
					





ภาพที่ 2 แสดงรูปแบบห้องที่ทำการศึกษา และผลการศึกษา แสงสว่างที่ส่องผ่านเข้ามาภายในอาคาร

ทั้งสามการศึกษาที่กล่าวมานี้เป็นแผงบังแดดที่มีความหนา สำหรับผนังชั้นที่สองที่ไม่มีความหนาเพียงพอ เช่น แผ่นโลหะฉลุ (Metal Perforate) นั้นที่อัตราส่วนช่องฉลุ 15% มีอุณหภูมิที่ผิววัสดุสูงกว่า แผงบังแดดที่มีอัตราส่วนช่องเปิด 35% และยังลดอุณหภูมิผนังภายในโดยมีความต่างของอุณหภูมิผนังทั้งสอง โดยเมื่อทำการวัดอุณหภูมิผิวผนังอาคารภายในภายนอกจะต่างกันประมาณ 10°C เมื่อไม่มีแผงบังแดดอุณหภูมิจะต่างกันประมาณ 20 °C โดยที่เมื่อไม่มีแผงบังแดดอุณหภูมิผนังภายนอกมากถึง 45°C และเมื่อมีแผงบังแดด อุณหภูมิอยู่ที่ 35°C (Blanco, Arriaga, Roji, & Cuadrado, 2014) นอกจากนี้ในการออกแบบแผงบังแดดแบบฉลุจำเป็นต้องคำนึงถึงสี วัสดุ และพื้นผิวของแผงบังแดด มีผลต่อการดูดซับรังสีความร้อน ซึ่งอาจส่งความร้อนให้กับผนังอาคารชั้นใน โดยที่วัสดุที่มีผิวสีขาวและมีความมันเงาจะมีอุณหภูมิผิวต่ำกว่าผิวสีดำ และมีผิวด้าน (Blanco, Arriaga et al. 2014) นอกจากนี้วัสดุยังมีผลต่ออุณหภูมิ โดยเหล็กกล้าไนซ์ มีอุณหภูมิสูงกว่าแผ่นอลูมิเนียมอะโนไดซ์และในการเลือกใช้ยังควรคำนึงถึงแสงแยงตา มุมมองความ (Visual Comfort) ของผู้ใช้อาคารด้วย (Freewan 2014)

ซึ่งจากที่กล่าวมาทำให้มีความสนใจในการศึกษาเป็นแผงบังแดดแบบฉลุ ที่มีลักษณะเป็นผนังชั้นที่สองของอาคาร โดยการคำนวณอัตราส่วนช่องเปิดแผงบังแดดแบบฉลุ กรณีสฉลุช่องสี่เหลี่ยมจตุรัส โดยได้นำรูปแบบการศึกษาข้างต้นมาเป็นฐานข้อมูลในการศึกษาต่อไป

ตารางที่ 6 เปรียบเทียบรูปแบบการศึกษาด้านแสงสว่าง

ผู้วิจัย	ปี	ชื่องานวิจัย	ดัชนีชี้วัดปริมาณแสงสว่าง	ดัชนีชี้วัดแสงบาดตา	โปรแกรม	ขนาดห้อง (m x m x สูง)
Christoph F. Reinhart, John Mardaljevic, Zack Rogers	2006	Dynamic Daylight Performance Metrics for Sustainable Building Design	DF, DA, DAcon, DAmax, UDI <sub>L100</sub> , UDI <sub>100-2000</sub> , UDI <sub>2000</sub>	-	CAD, RADIANCE	4.00x8.00x4.00 ม.
Jan Wienold	2009	Dynamic Daylight Glare Evaluation	-	DGP	RADIANCE, DAYSIM, Evalglare	3.62x4.61x2.85 ม.
Christoph F. Reinhart, Jan Wienold	2010	The Daylighting Dashboard - A Simulation-Based Design Analysis For Daylit Spaces	DA500, UDI <sub>L100</sub> , UDI <sub>100-2000</sub> , UDI <sub>2000</sub> , Daylit	DGP	Ecotect, DesignBuilder, EnergyPlus, Radiance, Daysim, Evalglare	4.00x7.00x3.00 ม.
Ahmed Sherif, Hanan Sabry, Mahmoud Gadelhak	2012	The impact of changing solar screen rotation angle and its opening aspect ratios on Daylight Availability in residential desert buildings	Daylit Area	DGP	Diva-for-Rhino, RADIANCE, DAYSIM	5.20x4.30x3.00 ม.
Ahmed Sherif, Hanan Sabry, Tarek Rakha	2012	External perforated Solar Screens for daylighting in residential desert buildings: Identification of minimum perforation percentages	Daylit Area	DGP	Diva-for-Rhino, RADIANCE, Daysim, Evalglare,	5.20x4.30x3.00 ม.
Reinhart J A, Jakubiec and D Ibarra	2013	Definition of a Reference Office For Standardized Evaluations of Dynamic Façade and Lighting Technologies	Daylit Area	-	Radiance based DAYSIM, EnergyPlus, DIVA-for-Rhino	3.60x8.20x2.80 ม.
Ahmed Sherif, Hanan Sabry, Mahmoud Gadelhak, Mohamed Aly	2014	Balancing the daylighting and energy performance of solar screens in residential desert buildings: Examination of screen axial rotation and opening aspect ratio	Daylit Area	DGP	Diva-for-Rhino, EnergyPlus, RADIANCE, DAYSIM	5.20x4.30x3.00 ม.

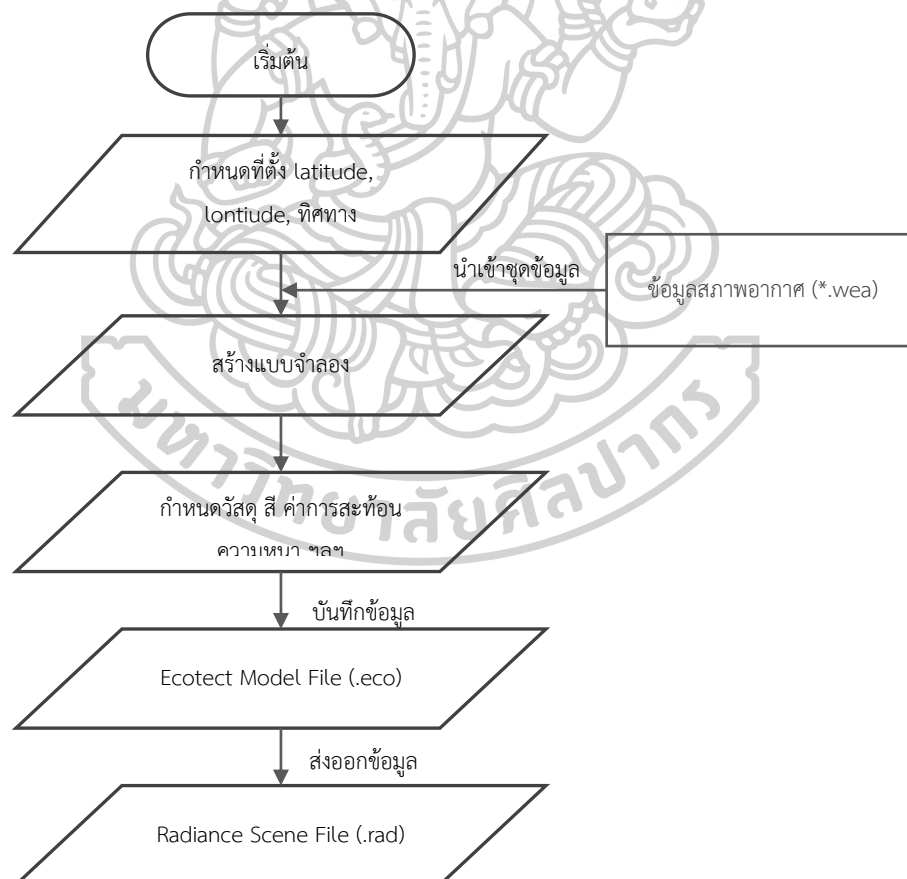


## 7. โปรแกรมคอมพิวเตอร์และประเภทของไฟล์ข้อมูลที่ใช้ในการศึกษา

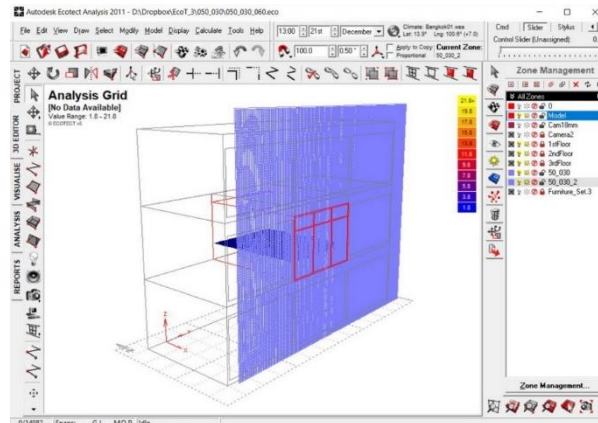
### 7.1. Autodesk Ecotect Analysis

Autodesk Ecotect Analysis เป็นโปรแกรมที่ทำการวิเคราะห์สิ่งแวดล้อมของอาคาร โดยการกำหนดรูปแบบอาคาร วัสดุ ตำแหน่งที่ตั้ง และสภาพอากาศ แล้ววิเคราะห์ข้อมูลเช่น อุณหภูมิ แสงสว่าง และพลังงานที่ใช้ในอาคารได้ ในการศึกษานี้ได้ใช้โปรแกรม Autodesk Ecotect Analysis 2011 เป็นฐานในการนำชุดข้อมูลส่งไปยังโปรแกรมอื่นเพื่อการวิเคราะห์ต่อไป

ซึ่งมีขั้นตอนการทำงานบนโปรแกรม Ecotect โดยการกำหนดตำแหน่งที่ตั้ง Latitude - Longitude และนำเข้าไฟล์ข้อมูลสภาพภูมิอากาศ ซึ่งเป็นไฟล์ \*.wea จากนั้นทำการสร้างแบบจำลอง แล้วทำการกำหนดคุณสมบัติวัสดุเช่น พื้น ผนัง เพดาน ฯลฯ ซึ่งในการกำหนดค่าของวัสดุ (Material) ค่าการสะท้อน โดยกำหนดพื้นที่เพื่อการคำนวณแสงสว่าง ทำการบันทึกไฟล์นามสกุล \*.eco แล้วส่งออกข้อมูล ไปยัง Radiance และ DaySim ด้วยไฟล์สกุล .rad



ภาพที่ 3 แผนผังการทำงานบนโปรแกรม Autodesk Ecotect Analysis 2011

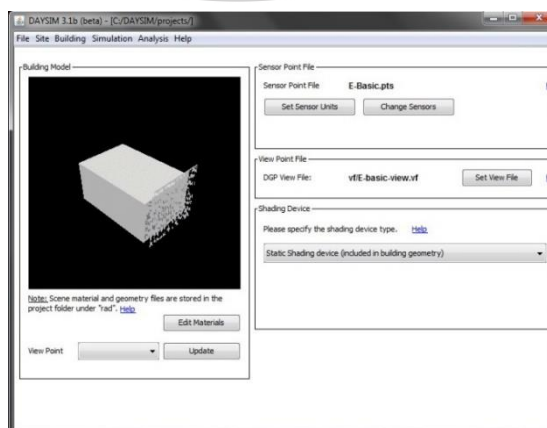


ภาพที่ 4 การทำงานบนหน้าต่างปฏิบัติของโปรแกรม Autodesk Ecotect Analysis 2011

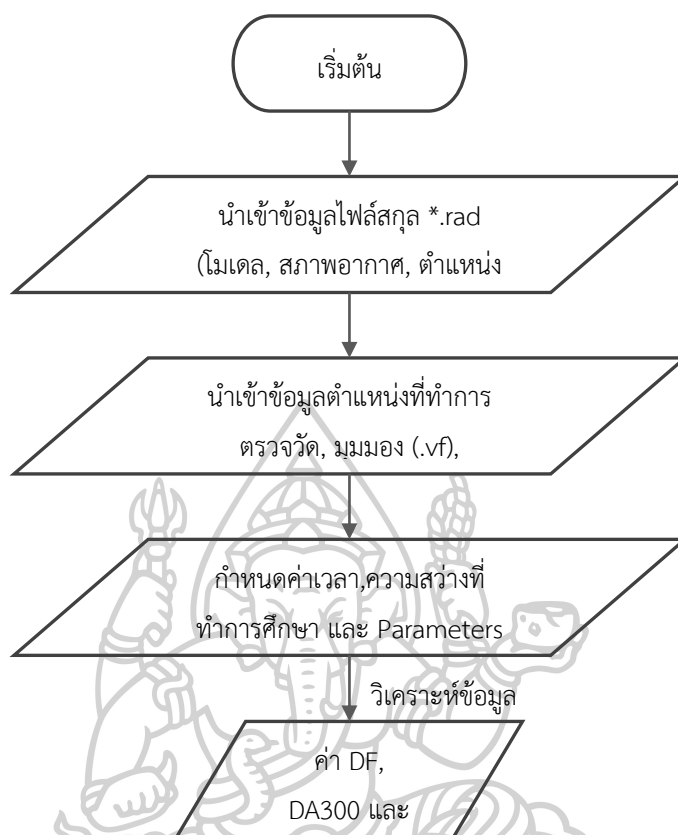
## 7.2. DaySim

พัฒนาโดยความร่วมมือของ Christoph Reinhart ตั้งแต่ปี 1998 และได้รับความร่วมมือในการพัฒนาจาก 4 สถาบัน ได้แก่ Fraunhofer Institute for Solar Energy Systems (ISE), Harvard University, Massachusetts Institute of Technology (MIT) และ National Research Council (NRC) Canada (Reinhart, n.d.)

Daysim เป็นโปรแกรมที่ทำการตรวจสอบข้อมูลบนชุดคำสั่งของโปรแกรม Radiance เพื่อทำการวิเคราะห์ แสงธรรมชาติโดยแสดงผลตามดัชนีชี้วัดแสงธรรมชาติ ที่ได้จากชุดข้อมูลสภาพภูมิอากาศ ผลที่ได้เช่น Daylight Autonomy (DA), Useful Daylight Illuminance (UDI) และพลังงานแสงสว่างที่ใช้ในอาคาร เป็นต้น โดยรุ่นของโปรแกรมที่ใช้ในการศึกษานี้ คือ Daysim 3.1 (Beta) ซึ่งมีขั้นตอนการทำงานบนโปรแกรม Daysim โดยนำเข้าชุดข้อมูลที่ได้จากโปรแกรม Ecotect ในรูปแบบไฟล์ \*.rad ทำการกำหนดตารางชั่วโมงทำงานในรอบปี กำหนดค่าพารามิเตอร์ต่างๆ



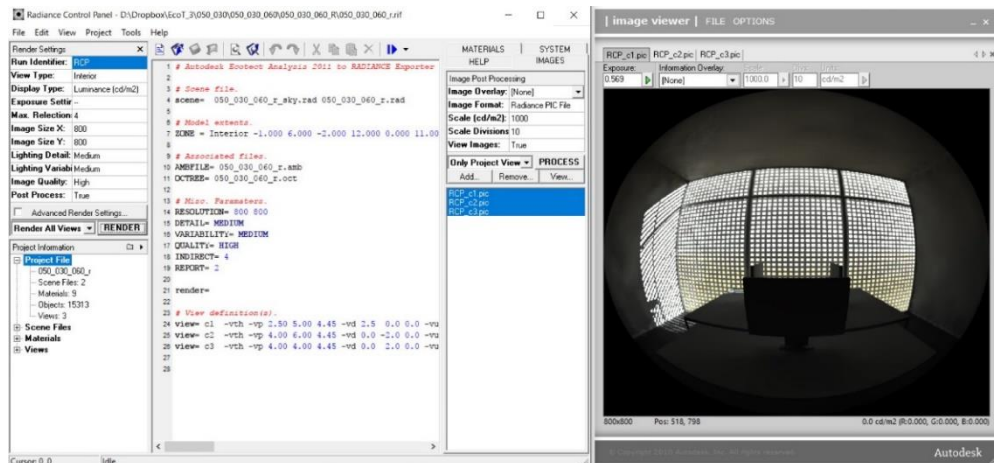
ภาพที่ 5 การทำงานบนหน้าต่างปฏิบัติของโปรแกรม DaySim



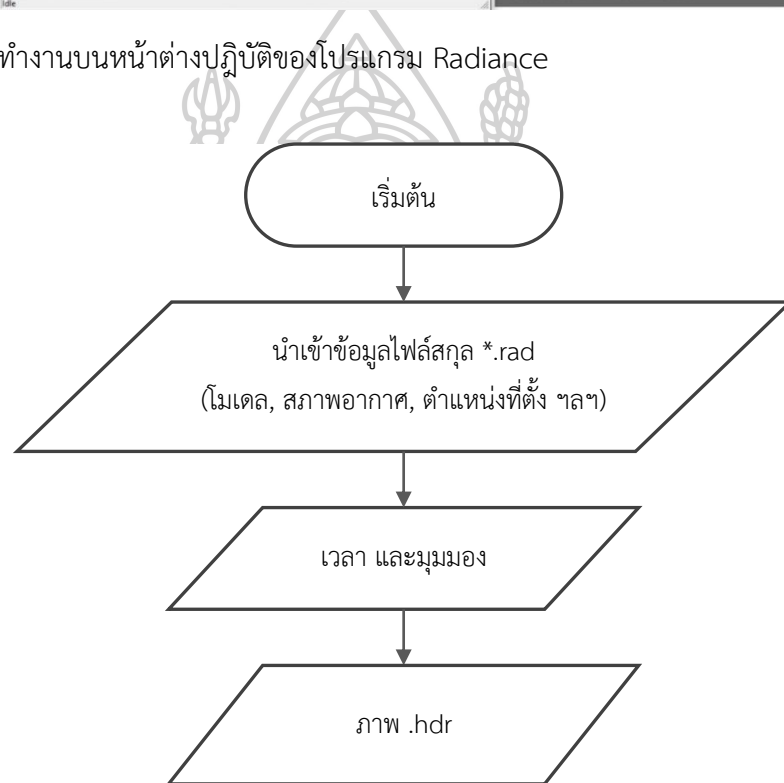
ภาพที่ 6 แผนผังการทำงานบนโปรแกรม DaySim

### 7.3. Radiance

Radiance เป็นโปรแกรมคำนวณการ Ray Tracing ที่ถูกพัฒนาสำหรับระบบปฏิบัติการ UNIX พัฒนาโดยสาขาวิชาเทคโนโลยีอาคาร มหาวิทยาลัยแคลิฟอร์เนีย (The Building technologies departments, The environmental energy technologies division, Lawrence Berkeley National Laboratory, The University Of California) โดยพัฒนาภายใต้การสนับสนุนหลักของ กระทรวงพลังงานสหรัฐอเมริกา (The U.S. Department Of Energy) และ จาก The Swiss Federal Government (Building Technology and Urban Systems Department, 2002) ซึ่งรุ่นโปรแกรมที่ใช้ในการศึกษานี้คือ Desktop Radiance ซึ่งมาได้พัฒนาเพื่อให้ทำงานบนระบบปฏิบัติการ Windows Desktop Radiance V.2.01 ได้รับการพัฒนาจาก Radiance เข้ากับ AutoCAD Release 14 โดย Berkeley Lab ภายใต้การสนับสนุนจาก Pacific Gas Electric Company (PG&E)



ภาพที่ 7 การทำงานบนหน้าต่างปฏิบัติของโปรแกรม Radiance



ภาพที่ 8 แผนผังการทำงานของโปรแกรม Radiance

โดยการนำเข้าสู่ข้อมูล ทำการกำหนดวันและเวลา กำหนดมุมมอง แล้วทำการประมวลผล โดยโปรแกรมจะทำการจำลองภาพที่แสดงค่า Illuminance

#### 7.4. Evalglare

โปรแกรมคำนวณแสงบาดตา โดยทำการคำนวณแสงสว่างจากภาพ .hdr และ .pic โดยการป้อนคำสั่งและทำงานบนหน้าต่าง Command Prompt ทำการคำนวณค่า DGP, DGI, UGR, VCP และ CGI

```

Microsoft Windows [Version 10.0.14393]
(c) 2016 Microsoft Corporation. All rights reserved.

C:\
K:\>evalglare RCP_c1_050030020_0121_08.pic
dgp,dgi,ugr,vcp,cgi,Lveil: 0.298081 22.057816 26.923016 5.717107 30.928699 1120.795654

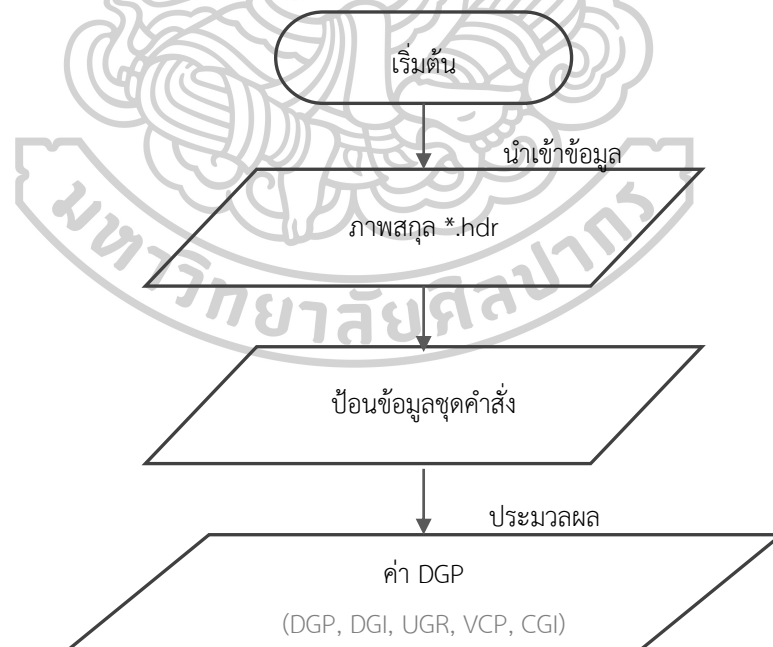
K:\>evalglare RCP_c1_050030020_0121_09.pic
dgp,dgi,ugr,vcp,cgi,Lveil: 0.280855 21.451370 26.213455 3.946877 29.841076 264.536346

K:\>evalglare RCP_c1_050030020_0121_10.pic
dgp,dgi,ugr,vcp,cgi,Lveil: 0.292559 22.184849 27.070230 0.000000 30.836962 535.254944

K:\>

```

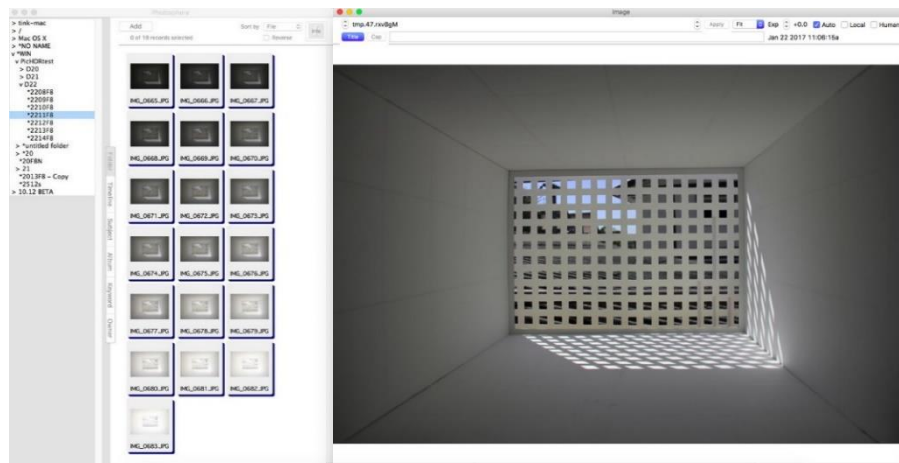
ภาพที่ 9 การทำงานบนหน้าต่างปฏิบัติการ DOS ของโปรแกรม Evalglare



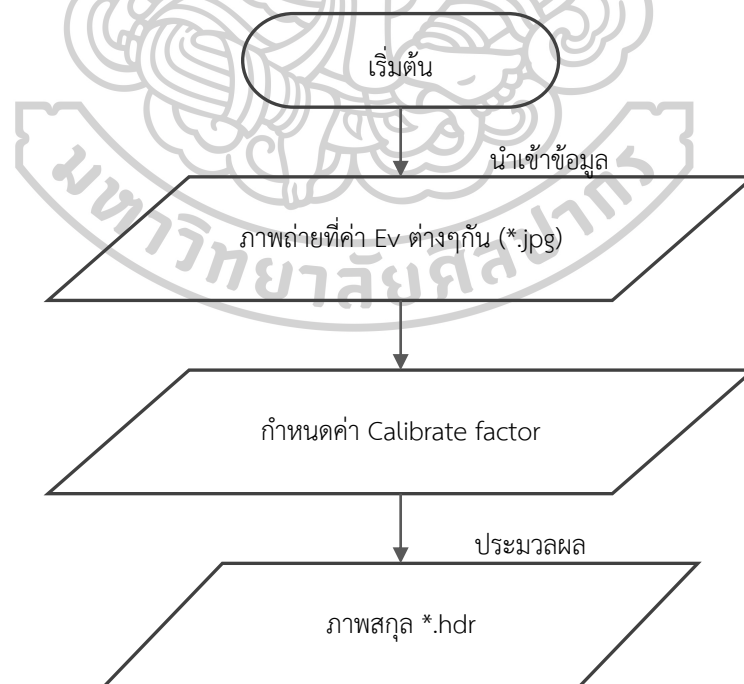
ภาพที่ 10 แผนผังการทำงานบนโปรแกรม Evalglare

## 7.5. Photosphere

Photosphere พัฒนาโดย Gregory J. Ward นักวิจัยใน Lawrence Berkeley National Laboratory และเป็นหนึ่งทีมผู้พัฒนาโปรแกรม Radiance อีกด้วย โดยถูกพัฒนาขึ้นมาในปี 2005 เป็นโปรแกรมที่ทำงานบนระบบปฏิบัติการ Unix และ Mac ให้สามารถสร้างภาพ HDR โดยการรวมภาพถ่ายที่ระดับค่า Exposure Value (Ev) ต่างๆเพื่อสร้างภาพ HDR ซึ่งสามารถระบุค่าความสว่างของจุดภาพได้ โดยไฟล์ที่ได้อยู่ในรูปแบบ Radiance RGBE format



ภาพที่ 11 หน้าต่างปฏิบัติการของโปรแกรม PhotoSphere



ภาพที่ 12 แผนผังการทำงานบนโปรแกรม PhotoSphere



## 7.6. High dynamic range (HDR)

High dynamic range (HDR) เป็นภาพที่บรรจุข้อมูลช่วงความสว่าง (luminance) ที่มีขนาดใหญ่ได้ และเป็นภาพดิจิทัลมาตรฐานที่สามารถแสดงผลในช่วงความสว่างได้ จุดภาพ (pixel) ในภาพ HDR นั้นมาพร้อมกับค่าความสว่างที่สูงหรือต่ำกว่าที่ปรากฏบนจอภาพ เหมือนกับบนกล้องที่ค่า exposure value ของ HDR สามารถปรับเพื่อแสดงช่วงที่แตกต่าง ในทางปรกติกการมองเห็นช่วงการเปลี่ยนแปลงช่วงค่าความสว่างของ HDR โดยตรงนั้นจะแสดงด้วยการสร้างเป็นภาพสีเท็จ (false-color mapping) (Christoph Reinhart, 2014)

การปรับเทียบค่าภาพ HDR จากการศึกษา Daylighting Handbook ของ Christoph Reinhart-และ <http://www.jaloxa.eu/webhdr/calibrate.shtml> ของ Axel Jacobs (London metropolitan University) ได้กล่าวถึงวิธีการปรับเทียบ ซึ่งได้นำมาปรับใช้และดำเนินการตามขั้นตอนดังต่อไปนี้

โดยทำการตั้งค่ากล้องดังนี้

1. ค่าสมดุลแสงขาว (White balance) ตั้งค่าเป็น แสงธรรมชาติ (daylight)
2. ค่าความไวแสง (ISO speed) ที่ 100
3. ทำการตั้งค่ารูรับแสงให้คงที่ ปรับตำแหน่งจุดโฟกัสให้คงที่ (หรือ manual)
4. ทำการถ่ายภาพ ที่ค่าความสว่างของแสง (Ev) ที่ระดับต่างๆกันโดยที่ทำการตั้งค่ารูรับแสง (Aperture) ให้คงที่ แล้วปรับระดับความเร็วของการเปิดปิดช่องรับแสง (Speed shutter)

ภาพที่ค่าความสว่างสูงสุดไม่ควรเป็นสีขาวสว่างทั้งภาพ และภาพที่มีค่าความสว่างต่ำสุดไม่เป็นสีดำตลอดทั้งภาพ และควรทำการถ่ายภาพทั้งหมดให้เสร็จให้เร็วที่สุด ควรถ่ายภาพบริเวณที่มีพื้นที่ผิวสีเทาหรือสีขาวขนาดใหญ่เพื่อให้เกิดความต่อเนื่องของเฉดสี และควรมีพื้นที่ที่มีความสว่างมาก และพื้นที่ที่มีความมืดมาก และควรใช้ขาตั้งกล้องเพื่อให้กล้องอยู่ในตำแหน่งเดียวกัน



ภาพที่ 13 แผ่นสีขาว เทากลาง ดำ สำหรับการวัดแสง, การวัดค่าด้วย Luminance Meter และการถ่ายภาพ

1. ทำการวัดค่าแสงสว่างด้วย Luminance Meter จากตำแหน่งที่ใกล้เคียงกับเลนส์กล้อง ไปยังค่าความสว่างที่ระดับกึ่งกลาง หรือ สีเทากลาง ทำการจดบันทึกค่าที่ได้
2. นำภาพที่ได้มาแปลงให้เป็นภาพ HDR ด้วยโปรแกรม Photosphere นำค่าความสว่างที่ได้มาทำการปรับ
3. เทียบ(Calibrate) กับภาพที่ได้จากโปรแกรม แล้วทำการบันทึกค่าหรือสามารถหาค่าปัจจัยการปรับเทียบ (Calibrate factor) ของกล้องดังกล่าวโดย จะมีค่าดังนี้

$$CF = \text{Luminance Real} / \text{Luminance HDR} \quad (12)$$

เมื่อ Luminance Real คือ ค่าความส่องสว่างที่วัดได้จริง

Luminance HDR คือ ค่าความส่องสว่างที่ได้จากภาพถ่าย



## บทที่ 3

### วิธีการวิจัย

#### 1. การศึกษานำร่อง

การศึกษาเพื่อหาความเที่ยงตรงในการพยากรณ์ของโปรแกรมที่ใช้เป็นเครื่องมือในการศึกษาโดยการเปรียบเทียบผลที่ได้จากหุ่นจำลองในสถานการณ์จริง และผลที่ได้จากการจำลองด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ ซึ่งจะแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ การหาความเที่ยงตรงของโปรแกรม Desktop Radiance โดยการเทียบค่า DGP และการหาความเที่ยงตรงของโปรแกรม Daysim โดยการเปรียบเทียบค่า DF โดยมีขั้นตอนดังต่อไปนี้

##### 1.1. การหาค่า DGP และ DF จากหุ่นจำลองในสถานการณ์จริง

กำหนดให้ห้องมีขนาด 4 x 5 เมตร สูง 2.8 เมตร ช่องแสงทางทิศใต้ แผงบังแดดมีขนาดช่องฉลุ 0.15 เมตร อัตราส่วนช่องเปิดที่ 30% ที่ระยะห่างจากผนัง 0.60 เมตร กำหนดให้วัสดุทั้งหมดเป็นกระดาษสีขาว ทำแบบจำลองที่อัตราส่วน 1:10 ถ่ายภาพที่ระดับ Exposure Value (Ev) ต่างกัน โดยการตั้งค่ารูรับแสง (Aperture) และความเร็วชัตเตอร์ (Speed Shutter) ทำการถ่ายภาพทุกชั่วโมงตั้งแต่ 8.00 -17.00 น. ของวันที่ 19 - 21 มกราคม นำภาพที่ได้มาแปลงเป็นภาพ HDR ด้วยโปรแกรม PhotoSphere ได้ภาพที่นามสกุล .hdr ทำการหาค่า DGP จากภาพด้วยโปรแกรม Evalglare

การหาค่า DF โดยการวัดความสว่างที่ระดับพื้นผิวการทำงาน (ที่ความสูง 0.80 เมตรจากระดับพื้น) ด้วย ลักซ์ Meter ทำการวัดค่าทุกระยะ 0.50 เมตร ที่ระยะ 0.50 – 4.00 เมตรจากหน้าต่าง เป็นจำนวน 8 จุด ทุกชั่วโมงตั้งแต่เวลา 8.00 – 17.00 น. และวัดค่าความสว่างภายนอกแล้วนำมาคำนวณด้วยสมการ แล้วหาค่าเฉลี่ยของแต่ละตำแหน่ง



ภาพที่ 14 แบบจำลองในสถานการณ์จริง ขนาด 1:10 และการถ่ายภาพจากแบบจำลอง

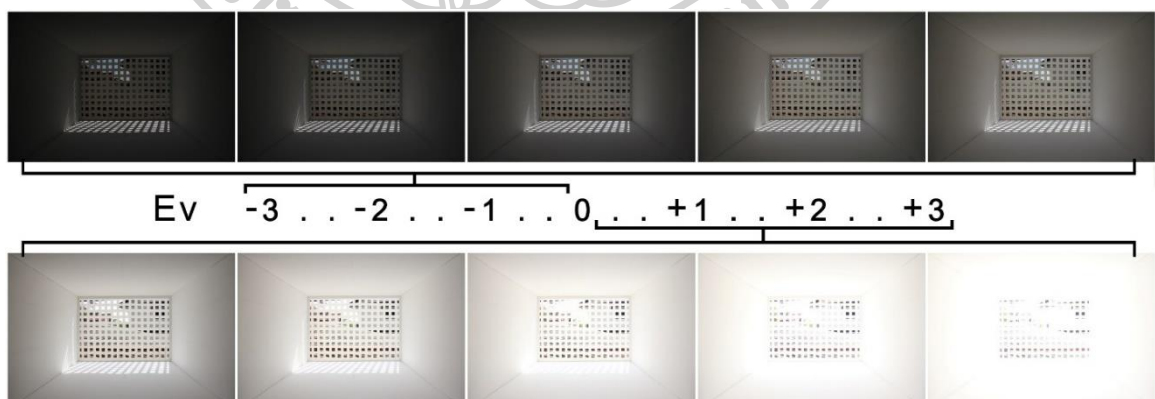


ภาพที่ 15 การอ่านค่าความสว่างภายในแบบจำลองด้วย ลักซ์ Meter

## 1.2. การหาค่า DGP และ DF จากโปรแกรมคอมพิวเตอร์

ทำการจำลองห้องตัวอย่างด้วยโปรแกรม Ecotect กำหนดตำแหน่งที่ตั้ง และค่าการสะท้อนอยู่ที่ 85% ส่งออกไฟล์ไปยังโปรแกรม Desktop Radiance เพื่อทำการจำลองภาพ กำหนดมุมของภาพเป็น Perspective มองศาแนวตั้งที่  $90^\circ$  และองศาแนวนอนที่  $68^\circ$  เพื่อให้สอดคล้องกับกล้องถ่ายภาพที่ใช้ (Canon 60D) ภาพที่ได้จะเป็นภาพ HDR มีนามสกุล .pic ซึ่งไฟล์ภาพ .hdr และ .pic นี้เป็นไฟล์ที่อยู่ในรูปแบบของ RADIANCE's RGBE Format ซึ่งมีคุณสมบัติเหมือนกัน (Christoph Reinhart, Doyle, Jakubiec, & Mogri, 2010) แล้วนำภาพที่ได้มาหาค่า DGP ด้วยโปรแกรม Evalglare

การหาค่า DF ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ โดยการส่งออกไฟล์แบบจำลองจากโปรแกรม Ecotect ไปยังโปรแกรม Daysim เพื่อทำการวิเคราะห์ค่า DF จากนั้นนำค่า DGP และ DF ที่ได้มาทำการวิเคราะห์

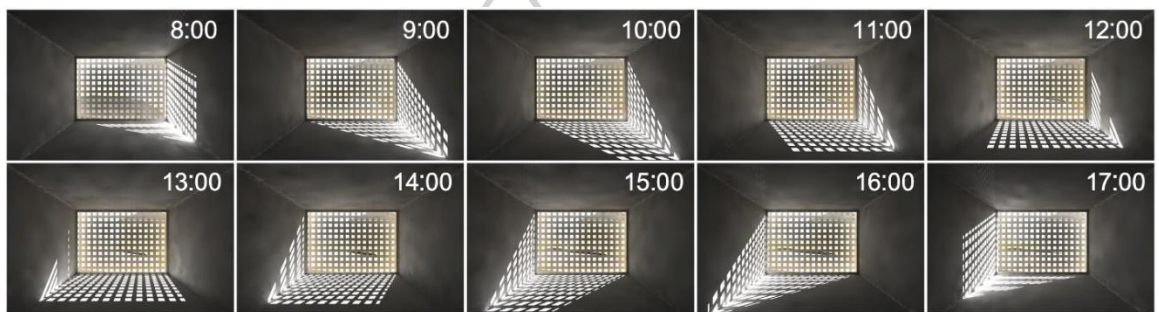


ภาพที่ 16 แสดงภาพถ่ายจากแบบจำลองในสถานการณ์จริงที่มีระดับ Exposure Value ที่แตกต่างกัน



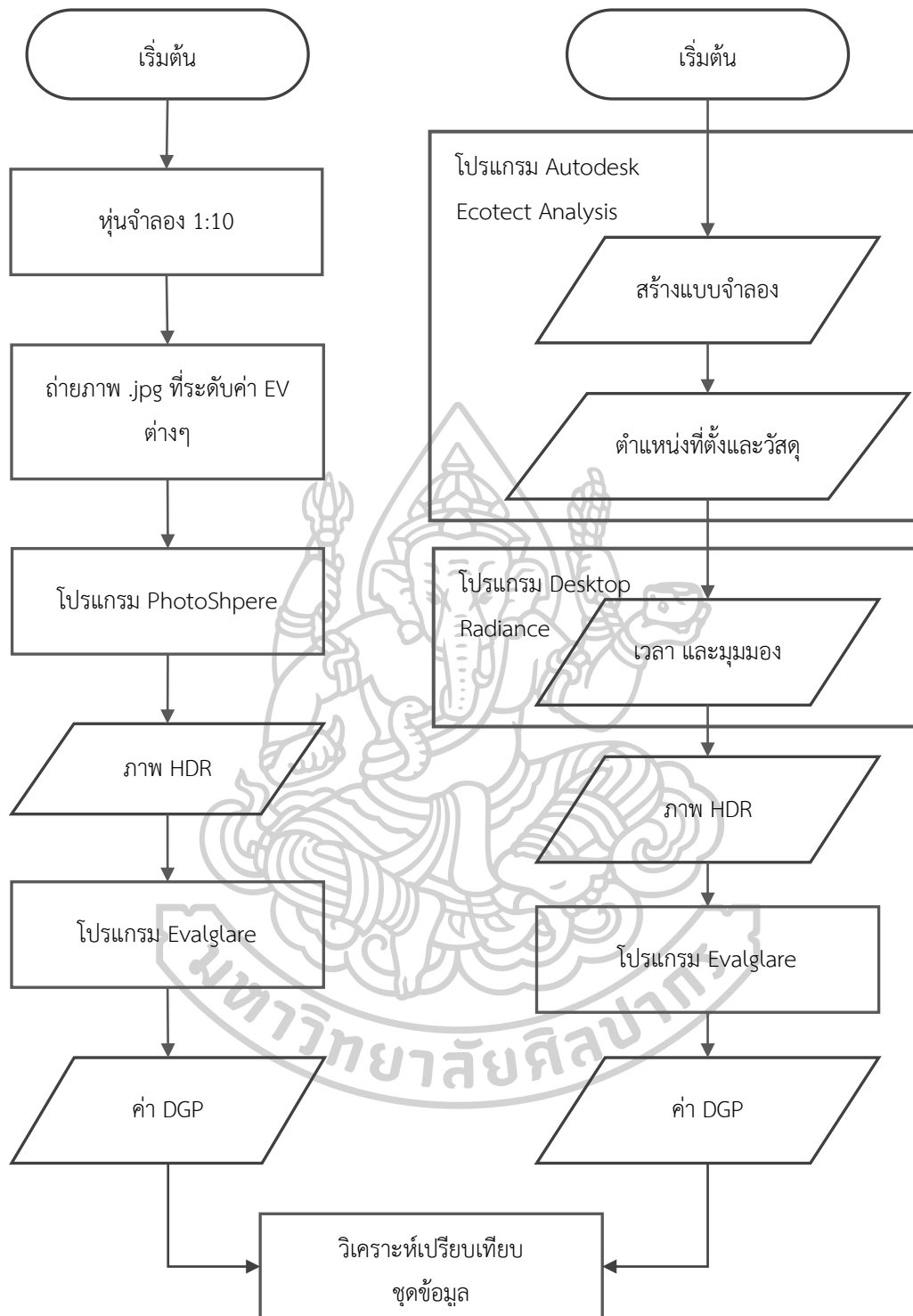


ภาพที่ 17 ภาพสกุล .hdr ที่ได้จากรวมภาพด้วยโปรแกรม PhotoSphere ตั้งแต่เวลา 08.00 – 17.00 น.



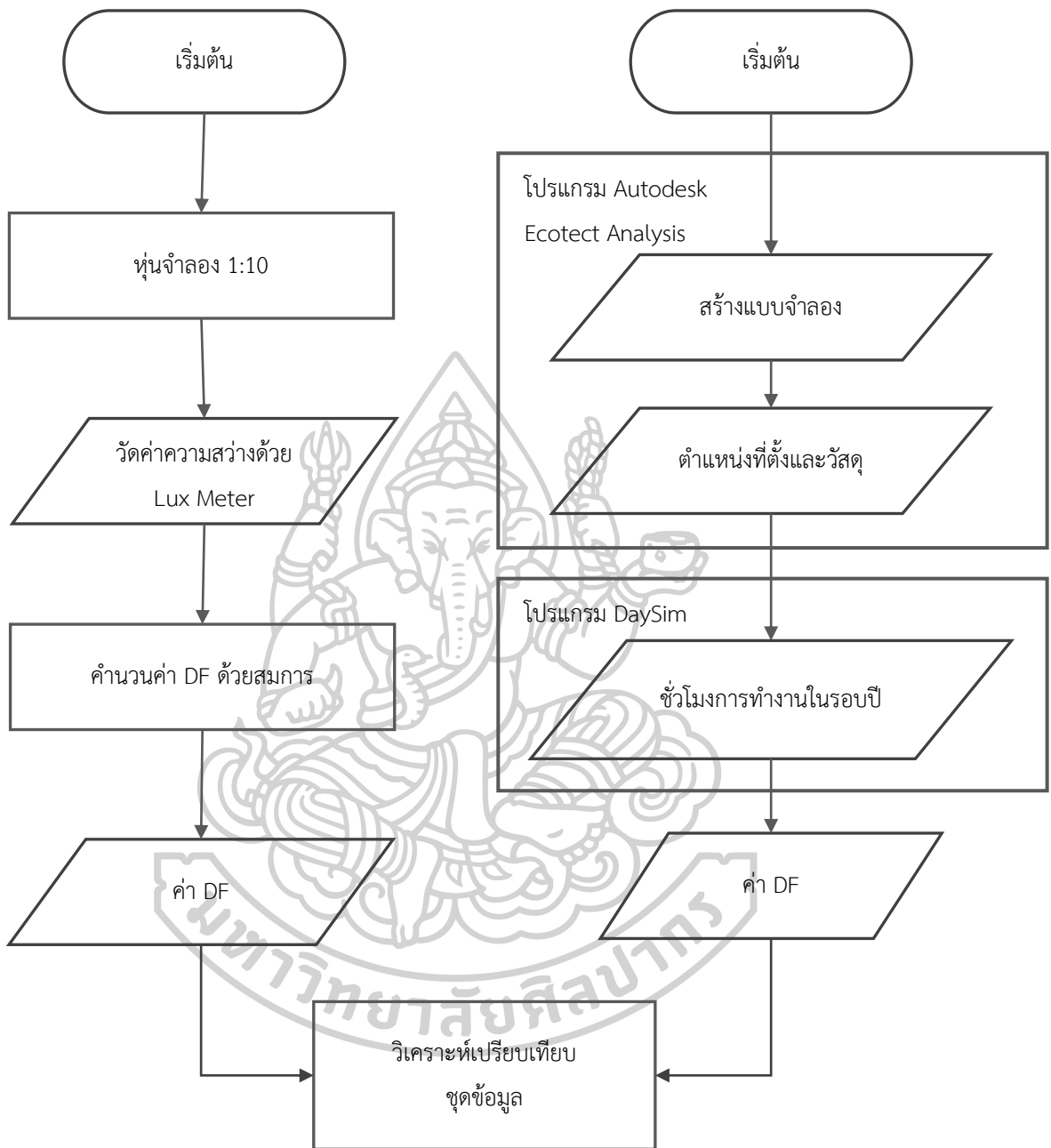
ภาพที่ 18 ภาพสกุล .pic ที่ได้จากการจำลองด้วยโปรแกรม Radiance ตั้งแต่เวลา 08.00 – 17.00 น.





ภาพที่ 19 แผนผังขั้นตอนการศึกษานำร่อง เพื่อหาความเที่ยงตรงของโปรแกรม Desktop Radiance โดยการเปรียบเทียบค่า DGP ที่ได้จากแบบจำลองในสถานการณ์จริงและโปรแกรมคอมพิวเตอร์





ภาพที่ 20 แผนผังขั้นตอนการศึกษานำร่อง เพื่อการหาความเที่ยงตรงของโปรแกรม Daysim โดยการเปรียบเทียบค่า DF ที่ได้จากแบบจำลองในสถานการณ์จริงและโปรแกรมคอมพิวเตอร์

## 2. การศึกษาเปรียบเทียบผลด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์

### 2.1. ตัวแปรในการศึกษา

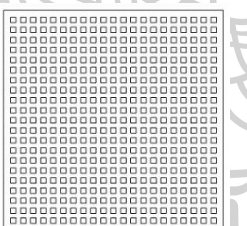
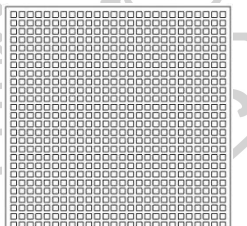
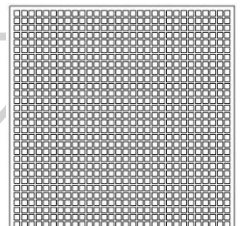
#### 2.1.1. ตัวแปรควบคุม

ตัวแปรควบคุมในการศึกษา นี้คือ ตำแหน่งที่ตั้ง สภาพภูมิอากาศ และ รูปแบบห้องต้นแบบที่ทำการศึกษา โดยกำหนดรายละเอียดเช่น ขนาดห้อง ช่องเปิด วัสดุ และอัตราการสะท้อนแสง เป็นต้น

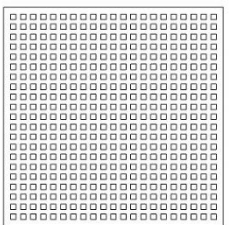
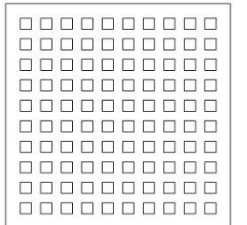
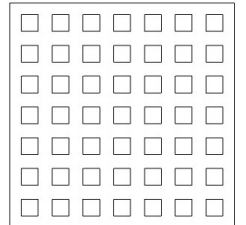
#### 2.1.2. ตัวแปรต้น

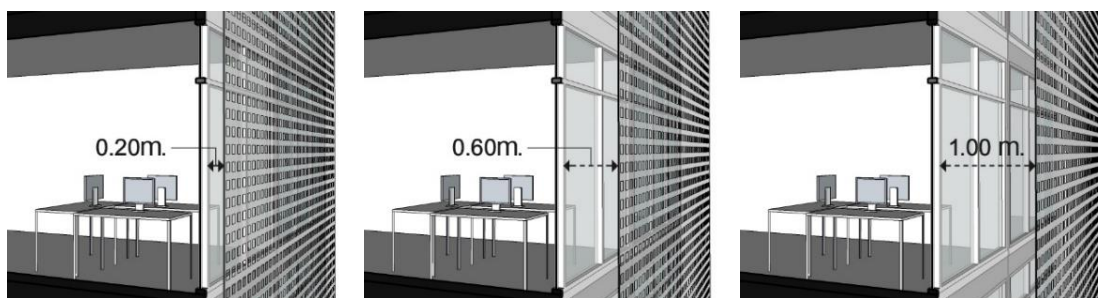
1. อัตราส่วนช่องเปิด (Open Area Ratio) โดยกำหนดอัตราส่วนช่องเปิดที่จะทำการทดลองให้มีอัตราส่วนที่ 30%, 45% และ 60% ซึ่งใกล้เคียงกับที่มีการผลิตจำหน่ายทั่วไป
2. ขนาดช่องฉลุ (Hole Size) โดยกำหนดให้ช่องฉลुरुบสี่เหลี่ยมจัตุรัสมีขนาด  $0.05 \times 0.05$ ,  $0.10 \times 0.10$  และ  $0.15 \times 0.15$  เมตร (กว้าง  $\times$  ยาว)
3. ระยะห่างระหว่างแผงบังแดดแบบฉลุ และผนังกระจกโดยกำหนดให้ระยะที่จะทำการทดลองมีค่าระหว่าง 0.20, 0.60 และ 1.00 เมตร

ตารางที่ 7 แสดงการเปรียบเทียบอัตราส่วนช่องเปิดของแผงบังแดด ที่ทำการศึกษา

ขนาดช่องฉลุ	อัตราส่วนช่องเปิด		
	30%	45%	60%
0.05 $\times$ 0.05 ม.			

ตารางที่ 8 แสดงการเปรียบเทียบขนาดช่องฉลุของแผงบังแดด ที่ทำการศึกษา

อัตราส่วนช่องเปิด	ขนาดช่องฉลุ		
	0.05 $\times$ 0.05 ม.	0.10 $\times$ 0.10 ม.	0.15 $\times$ 0.15 ม.
30%			



ภาพที่ 21 ระยะห่างของแผงบังแดดแบบฉลุกับผนังอาคาร ที่ระยะ 0.20, 0.60 และ 1.00 เมตร

### 2.1.3. ตัวแปรตาม

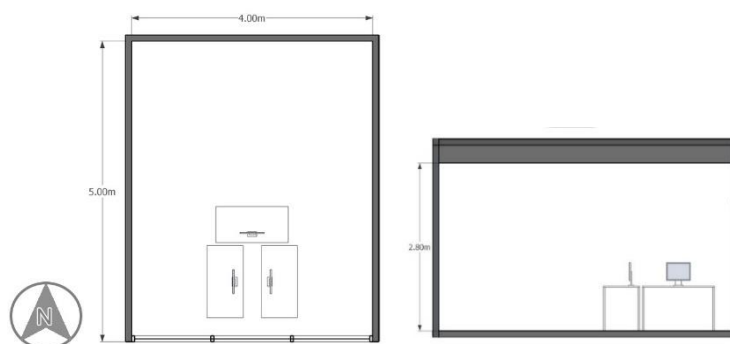
ตัวแปรที่ทำการศึกษา ได้แก่

1. ศึกษาความสว่างของแสงธรรมชาติโดยใช้ดัชนีชี้วัด DF และ sDA โดยศึกษา ค่า DF ที่มีค่าไม่น้อยกว่า 2% และไม่น้อยกว่า 5% และค่า sDA300/50% หรือ ความสว่างบนพื้นผิวการทำงานถึง 300 ลักซ์ ที่ไม่น้อยกว่า 50% ของชั่วโมงทำงาน
2. ศึกษาความสบายทางสายตาโดยใช้ดัชนีชี้วัด DGP และ ASE โดยตามมาตรฐานมีค่า DGP คือ มีค่าไม่เกิน 0.35, 0.40 และ 0.45 คิดเป็น 95 %ของเวลาการทำงานทั้งปี

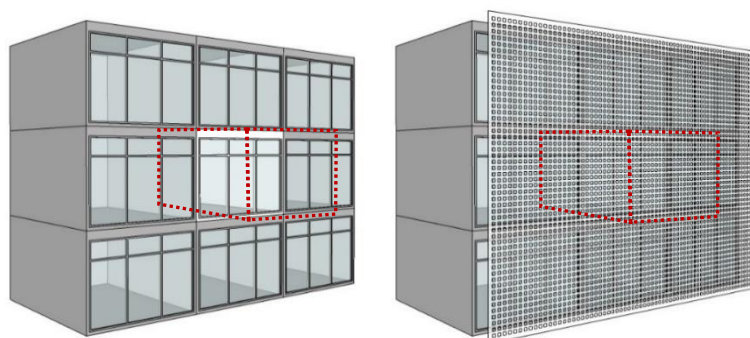
### 2.2. ขั้นตอนการศึกษา

1. ทำแบบจำลองด้วยโปรแกรม Ecotect เพื่อส่งชุดข้อมูลไปยังโปรแกรมอื่นๆ โดยกำหนดตำแหน่งที่ตั้งที่กรุงเทพฯ ละติจูด 13.9 เหนือ ลองจิจูด 100.6 ตะวันออก (13.9 N 100.6 E) โดยใช้ข้อมูลสภาพอากาศจากเว็บไซต์ energyplus.net ทำการสร้างแบบจำลองตามรูปแบบที่กำหนดไว้

ห้องที่ทำการทดลองมีขนาด 4 x 5 เมตร สูง 2.8 เมตร ช่องแสงเป็นผนังกระจกทางทิศใต้ มีค่าการส่องผ่าน (Transmittance) 0.64 โดยห้องที่ทำการทดลองเพื่อหลีกเลี่ยงอิทธิพลจากปัจจัยภายนอกกรอบข้าง จึงกำหนดให้มีห้องข้างเคียง สูงจากพื้นดิน 3.2 เมตร แผงบังแดดแบบฉลุเป็นแผ่นอลูมิเนียมมีหนา 2 มม. ผิววโนไคซ์ ช่องฉลुरुปลี่เหลี่ยมจัตุรัส ติดตั้งขนานผนังอาคาร และกำหนดให้มีค่าการสะท้อนแสงดังนี้ เพดาน 70%, ผนัง 50%, พื้น 20%, แผงบังแดดอลูมิเนียม 75%, เฟอร์นิเจอร์ 50% และพื้นดิน 20% หลังจากทำแบบจำลองแล้วจึงทำการส่งออกไฟล์ข้อมูล ไปยังโปรแกรม Radiance และ Daysim เพื่อทำการวิเคราะห์ข้อมูล



ภาพที่ 22 ผังพื้น และรูปตัดห้องต้นแบบที่ทำการศึกษา

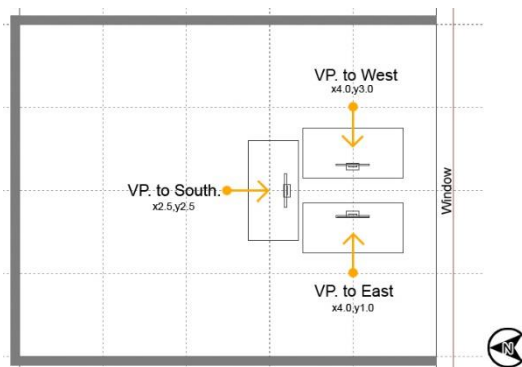


ภาพที่ 23 ตำแหน่งห้องที่ทำการศึกษาลักษณะการติดตั้งแผงบังแดดแบบฉลุ

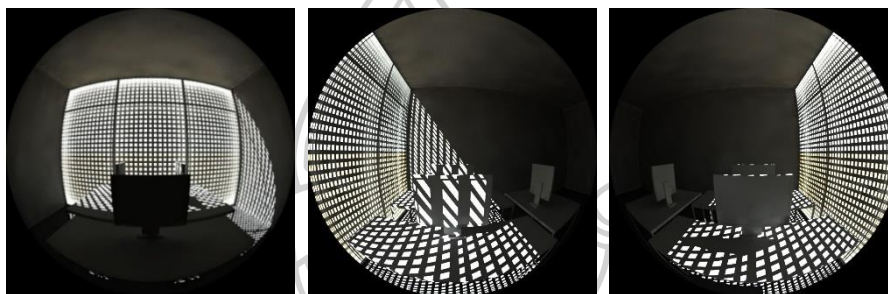
## 2. ทำการวิเคราะห์เพื่อหาความสบายทางสายตาด้วยค่า DGP

ทำการจำลองภาพด้วยโปรแกรม Radiance เป็นภาพ HDR ไฟล์ภาพสกุล .pic ในเวลาทำงาน คือ 8.00 – 17.00 น. ของวันที่ 21 ของทุกเดือนในรอบปี เพื่อที่จะได้ทราบค่า DGP ของวันที่ดวงอาทิตย์อยู่ในทิศเหนือสุด คือ 21 มิถุนายน และดวงอาทิตย์อยู่ในทิศใต้สุด คือ วันที่ 21 ธันวาคม แล้วนำภาพที่ได้มาหาค่า DGP ด้วยโปรแกรม Evalglare แล้วนำค่า DGP มาทำการวิเคราะห์ และประเมินด้วยเกณฑ์การจัดระดับชั้นด้วยค่า DGP (DGP Limit)

การศึกษา DGP จะทำการศึกษาจำนวน 3 มุมมอง ในตำแหน่งที่นั่งที่มีความเป็นไปได้ ดังภาพที่ 25 โดยมุมของภาพนี้จะอยู่ในรูปของเลนส์ตาปลา (fish eye) โดยตั้งค่ามุมของภาพทางตั้ง และทางนอนที่ 180 องศา



ภาพที่ 24 ผังห้องตำแหน่งมุมมองที่ทำการศึกษ



(1)

(2)

(3)

ภาพที่ 25 ภาพ HDR ที่ได้จากโปรแกรม Radiance จาก (1) ตำแหน่ง (South). มุมมองหันไปทางทิศใต้ (2) ตำแหน่ง (West). มุมมองหันไปทางทิศตะวันตก (3) มุมมองหันไปทางทิศตะวันออก ตำแหน่ง (East)

3. ใช้โปรแกรม Daysim ในการคำนวณหาค่าความสว่างด้วยเกณฑ์ Daylight factor (DF) และ sDA และวิเคราะห์แสงบาดตาด้วยเกณฑ์ ASE ด้วยโปรแกรม Daysim

ทำการกำหนดค่าตารางการวัดแสงที่ความสูงระดับพื้นผิวการทำงาน 0.80 เมตร มีขนาดตารางที่ 0.50×0.50 เมตร (ตามข้อกำหนด LEED v.4 จะต้องมีความไม่เกิน 0.60 เมตร) กำหนด Simulation parameters แล้วประมวลผลด้วยคำสั่ง Run Simulation กำหนดข้อมูลชั่วโมงทำงานด้วย Occupancy Profile กำหนดค่าแสงสว่างที่จะทำการศึกษาคือ 300 ลักซ์ และ 1000 ลักซ์ แล้วทำการวิเคราะห์แสงสว่าง จะได้ข้อมูลค่า DF, DA หรือ ร้อยละของชั่วโมงที่มีค่าความสว่างตามที่กำหนด แล้วนำชุดข้อมูลดังกล่าวมาหาค่า sDA และ ASE

4. นำข้อมูลที่ได้จากการจำลองมาวิเคราะห์ ประเมินผล เพื่อทำการสรุปผล

File Site Building Simulation Analysis Help

**RADIANCE Simulation Parameters**

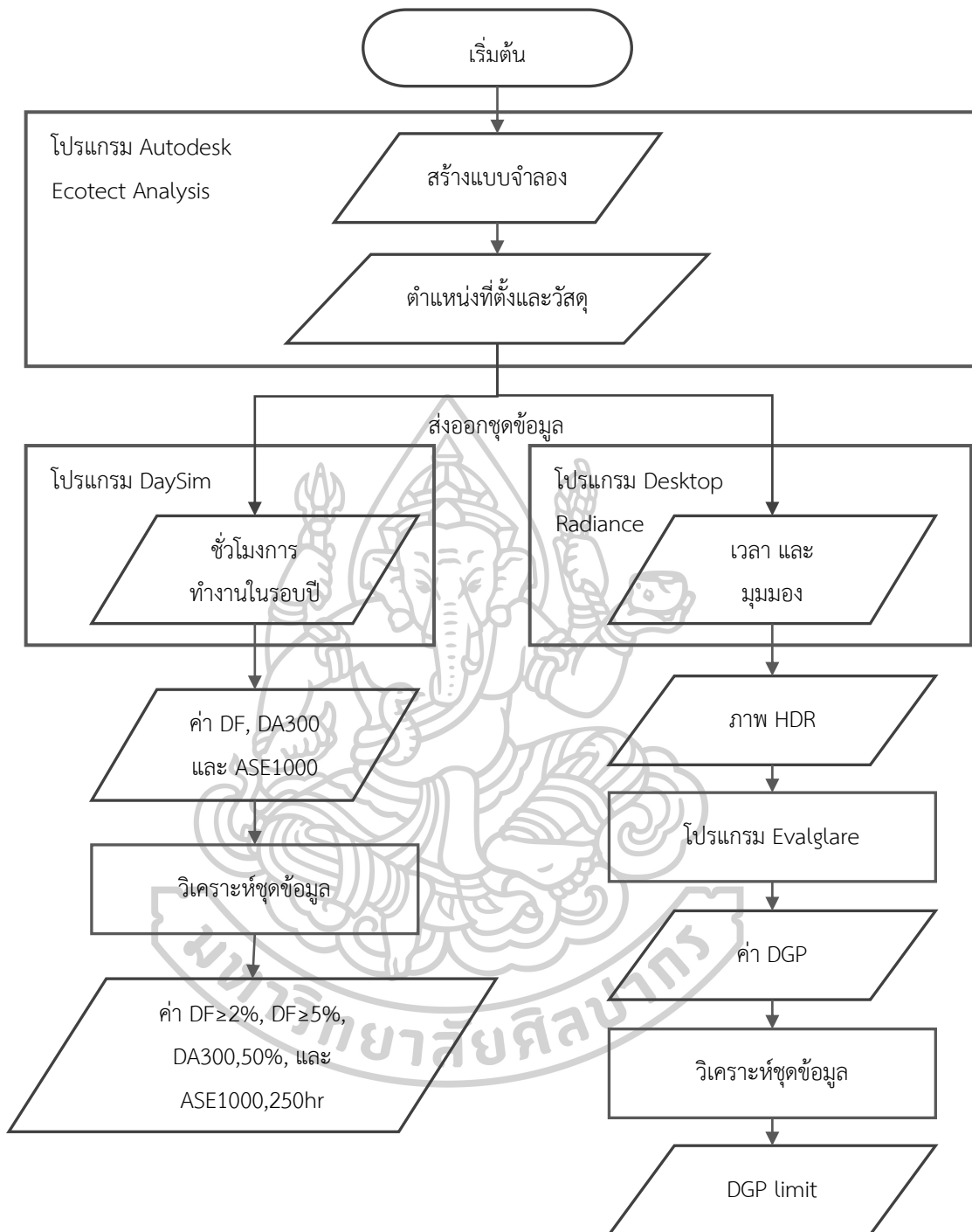
Please set the RADIANCE Simulation Parameters. The default settings assume a scene complexity of '1' ( see Help >> Tutorial 2.14). To reload default values select *Scene Complexity 1*.

<a href="#">ambient bounces (ab)</a>	<input type="text" value="5"/>	<a href="#">specular jitter (sj)</a>	<input type="text" value="1.0000"/>
<a href="#">ambient divisions (ad)</a>	<input type="text" value="1000"/>	<a href="#">limit weight (lw)</a>	<input type="text" value="0.004000"/>
<a href="#">ambient super-samples (as)</a>	<input type="text" value="20"/>	<a href="#">direct jitter (dj)</a>	<input type="text" value="0.0000"/>
<a href="#">ambient resolution (ar)</a>	<input type="text" value="300"/>	<a href="#">direct sampling (ds)</a>	<input type="text" value="0.200"/>
<a href="#">ambient accuracy (aa)</a>	<input type="text" value="0.1"/>	<a href="#">direct relays (dr)</a>	<input type="text" value="2"/>
<a href="#">limit reflection (lr)</a>	<input type="text" value="6"/>	<a href="#">direct pretest density (dp)</a>	<input type="text" value="512"/>
<a href="#">specular threshold (st)</a>	<input type="text" value="0.1500"/>		

ภาพที่ 26 ข้อมูล Simulation parameters ของโปรแกรม Radiance







ภาพที่ 27 แผนผังขั้นตอนการศึกษาด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์

## บทที่ 4

### ผลวิจัยโดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์และการวิเคราะห์ข้อมูล

#### 1. ผลการศึกษานำร่อง การเปรียบเทียบระหว่างหุ่นจำลองในสถานการณ์จริง และการจำลองผลด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์

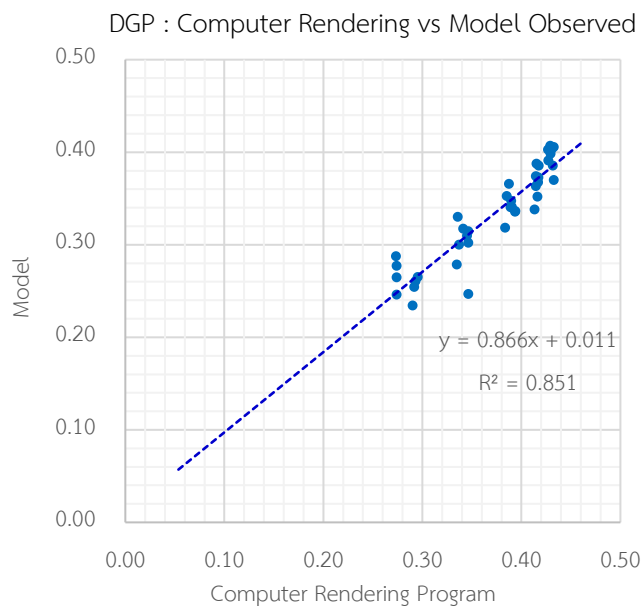
เพื่อทำการศึกษาความเที่ยงตรงของการจำลองผลด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ในการพยากรณ์ ว่ามีความเหมาะสมของการใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ในการเป็นเครื่องมือในการศึกษา

##### 1.1. การเปรียบเทียบค่า Daylight Glare Index (DGP) ระหว่างหุ่นจำลองในสถานการณ์จริง และการจำลองผลด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ Radiance

ในขั้นตอนนี้เป็นการศึกษาความเที่ยงตรงในการพยากรณ์ของโปรแกรม Radiance โดยนำค่า DGP ที่ได้จากทั้ง 2 กระบวนการมาทำการวิเคราะห์ข้อมูลด้วย “การวิเคราะห์การถดถอย” (Regression Analysis) และแผนผังสมการเชิงเส้น เพื่อเปรียบเทียบความสัมพันธ์ของค่า DGP ที่ได้จากทั้ง 2 รูปแบบ

ตารางที่ 9 แสดงค่า DGP ที่ได้จากภาพถ่ายหุ่นจำลองในสถานการณ์จริง ของวันที่ 19 -22 มกราคม 2560 และจากการจำลองผลจากโปรแกรมคอมพิวเตอร์ ที่แผงบังแดดขนาดช่องเปิด 0.15 ม. อัตราส่วนช่องเปิด 30% ระยะห่าง 0.60 ม.

เวลา	ค่า DGP ที่ได้จากหุ่นจำลอง และโปรแกรมคอมพิวเตอร์							
	19 มกราคม		20 มกราคม		21 มกราคม		22 มกราคม	
	หุ่นจำลอง	โปรแกรม Radiance	หุ่นจำลอง	โปรแกรม Radiance	หุ่นจำลอง	โปรแกรม Radiance	หุ่นจำลอง	โปรแกรม Radiance
8.00	0.246	0.274	0.265	0.274	0.288	0.274	0.277	0.274
9.00	0.279	0.335	0.300	0.337	0.330	0.336	0.317	0.341
10.00	0.318	0.384	0.340	0.389	0.366	0.388	0.352	0.385
11.00	0.367	0.417	0.338	0.413	0.385	0.418	0.373	0.417
12.00	0.398	0.430	0.407	0.429	0.403	0.427	0.391	0.427
13.00	0.406	0.433	0.370	0.433	0.385	0.432	0.403	0.431
14.00	0.374	0.415	0.352	0.416	0.363	0.415	0.387	0.415
15.00	0.347	0.390	0.336	0.394	0.336	0.394	0.341	0.390
16.00	0.310	0.345	0.247	0.347	0.315	0.347	0.302	0.347
17.00	0.254	0.292	0.234	0.290	0.261	0.293	0.265	0.295



แผนภูมิที่ 1 แผนภูมิสมการเชิงเส้นการเปรียบเทียบค่า DGP ที่ได้จากหุ่นจำลองในสถานการณ์จริง และการจำลองผลด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์

ตารางที่ 10 แสดงผลการวิเคราะห์ด้วยการถดถอย (Regression Analysis)

Model Summary				
Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	0.923 <sup>a</sup>	0.851	0.847	0.020

a. Predictors: (Constant), DGP-Program

ANOVA <sup>b</sup>					
Model	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1 Regression	0.087	1	0.087	217.443	0.000 <sup>a</sup>
Residual	0.015	38	0.000		
Total	0.102	39			

a. Predictors: (Constant), DGP-Program

b. Dependent Variable: DGP-Model

Coefficients <sup>a</sup>					
Model	Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig. (P-value)
	B	Std. Error	Beta		
1 (Constant)	0.011	0.022		0.500	0.620
DGP_Program	0.866	0.059	0.923	14.746	0.000

a. Dependent Variable: DGP-Model

ในการวิเคราะห์การถดถอย พบว่ามีค่า  $R^2 = 0.851$  ทำให้โปรแกรม Radiance มีความเหมาะสมในการนำมาเป็นเครื่องมือในการศึกษา โดยค่า DGP ที่ได้จากโปรแกรมคอมพิวเตอร์นี้ มีความสัมพันธ์กับค่า DGP ที่ได้จากหุ่นจำลองในสถานการณ์จริง โดยมีความสัมพันธ์เชิงเส้น ดังนี้

$$Y = 0.866X + 0.011 \quad (13)$$

เมื่อ  $X$  คือ ค่า DGP ที่ได้จากโปรแกรมคอมพิวเตอร์

$Y$  คือ ค่า DGP ที่ได้จากหุ่นจำลองในสถานการณ์จริง

โดย Adjusted  $R^2$  ของการวิเคราะห์การถดถอย คือ 0.847 หมายความว่าสมการนี้สามารถอธิบายค่า DGP ที่ได้จากแบบจำลองถึง 84% จึงถือว่าตัวแปรมีความคลาดเคลื่อนต่ำและยอมรับได้ ดังนั้นการนำโปรแกรมคอมพิวเตอร์มาใช้ในการทำนายค่า DGP ในงานวิจัยนี้จึงมีความเหมาะสม โดยตัวเลขที่ได้จากโปรแกรมคอมพิวเตอร์จะถูกนำมาแปลงค่าตามสมการเพื่อให้ได้ตัวเลขค่า DGP ในสถานการณ์จริง

## 1.2. การเปรียบเทียบค่า Daylighting Factor (DF) ระหว่างหุ่นจำลองในสถานการณ์จริงและการจำลองผลด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ Daysim

ในขั้นตอนนี้เป็นศึกษาความเที่ยงตรงในการพยากรณ์ของโปรแกรม Daysim โดยนำค่า DF ที่ได้จากทั้ง 2 กระบวนการมาทำการวิเคราะห์ข้อมูลด้วย “การวิเคราะห์การถดถอย” (Regression Analysis) และแผนผังสมการเชิงเส้น เพื่อเปรียบเทียบความสัมพันธ์ของค่า DF ที่ได้จากทั้ง 2 รูปแบบ

การหาค่า DF ด้วยแบบจำลอง ทำการวัดค่าความสว่างที่ระดับพื้นผิวการทำงาน หรือที่ความสูง 0.80 เมตรจากพื้น ที่ทุกระยะ 0.50 เมตร จำนวน 8 จุด ที่ระยะ 0.50 – 4.00 เมตรจากหน้าต่าง ทุกชั่วโมงทำงานตั้งแต่เวลา 8.00 น. ถึง 17.00 น. และแสงสว่างภายนอก นำมาคำนวณด้วยสมการ

$$DF = (E_i \div E_o) \times 100\% \quad (14)$$

เมื่อ  $E_i$  คือ ค่าความสว่างภายใน บนแนวระนาบ (lux)

$E_o$  คือ ค่าความสว่างภายนอก บนแนวระนาบ โดยไม่รวมแสงแดดตรง (lux)

การหาค่า DF ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ ด้วยการทำแบบจำลองด้วยโปรแกรม Ecotect ทำการกำหนดค่าต่างๆ เช่น ตำแหน่งที่ตั้ง วัสดุ เป็นต้น แล้วทำการส่งออกไปยังโปรแกรม Daysim เพื่อทำการคำนวณหาค่า DF แล้วนำค่าที่ได้มาเปรียบเทียบกับค่าเฉลี่ย DF ที่ได้จาก

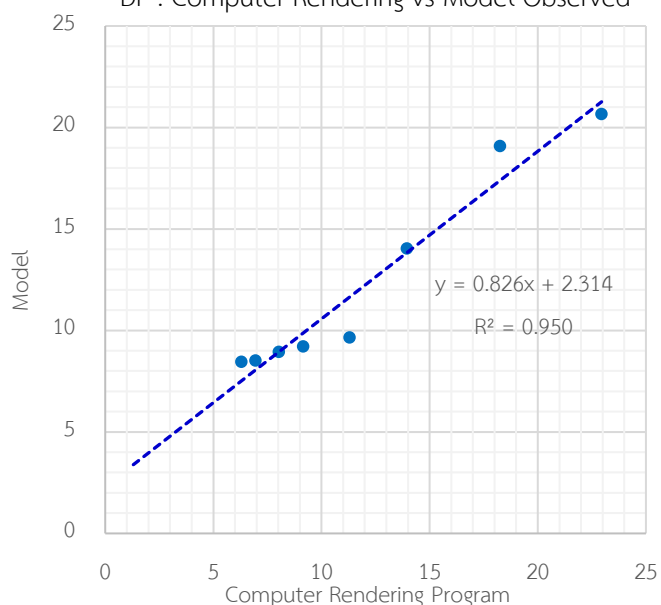
หุ่นจำลองในสถานการณ์จริงมาทำการวิเคราะห์ข้อมูลด้วย “การวิเคราะห์การถดถอย” (Regression Analysis) และแผนผังสมการเชิงเส้น เพื่อเปรียบเทียบความสัมพันธ์ของค่าที่ได้จากทั้ง 2 รูปแบบ

ตารางที่ 11 แสดงค่าเฉลี่ย DF ที่ได้จากหุ่นจำลองในสถานการณ์จริงของวันที่ 19 -22 มกราคม 2560 และค่า DF จากการจำลองผลของโปรแกรมคอมพิวเตอร์ ที่แผงบังแดดขนาดช่องเปิด 0.15ม.

อัตราส่วนช่องเปิด 30% ระยะห่าง 0.60 ม.

ระยะจากหน้าต่าง (เมตร)	ค่า Daylighting Factor (DF)	
	หุ่นจำลองในสถานการณ์จริง	โปรแกรม Daysim
0.5	20.65	22.95
1.0	19.09	18.25
1.5	14.03	13.95
2.0	9.65	11.30
2.5	9.21	9.15
3.0	8.93	8.03
3.5	8.51	6.95
4.0	8.45	6.30

DF : Computer Rendering vs Model Observed



แผนภูมิที่ 2 แผนผังสมการเชิงเส้น การเปรียบเทียบค่า DF ที่ได้จากหุ่นจำลองในสถานการณ์จริง และการจำลองผลด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์

ตารางที่ 12 แสดงผลการวิเคราะห์ด้วยการถดถอย (Regression Analysis)

Model Summary				
Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	0.975 <sup>a</sup>	0.950	0.941	1.213

a. Predictors: (Constant), DF - Progame

ANOVA <sup>b</sup>						
Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	167.108	1	167.108	113.633	0.000 <sup>a</sup>
	Residual	8.824	6	1.471		
	Total	175.932	7			

a. Predictors: (Constant), DF - Progame

b. Dependent Variable: DF - Model

Coefficients <sup>a</sup>						
Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig. (P-value)
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	2.314	1.031		2.244	0.066
	DF_Progame	0.826	0.077	0.975	10.660	0.000

a. Dependent Variable: DF - Model

ในการวิเคราะห์การถดถอย พบว่ามีค่า  $R^2 = 0.950$  โดยค่า DF ที่ได้จากโปรแกรมคอมพิวเตอร์นี้มีความสัมพันธ์กับค่า DF ที่ได้จากหุ่นจำลองในสถานการณ์จริง โดยมีความสัมพันธ์เชิงเส้น ดังนี้

$$Y = 0.826X + 2.315 \quad (15)$$

เมื่อ X คือ ค่า DF ที่ได้จากโปรแกรมคอมพิวเตอร์

Y คือ ค่า DF ที่ได้จากหุ่นจำลองในสถานการณ์จริง

โดย Adjusted  $R^2$  ของการวิเคราะห์การถดถอย คือ 0.941 หมายความว่าสมการนี้สามารถอธิบายค่า DF ที่ได้จากแบบจำลองถึง 94% จึงถือว่าตัวแปรมีความคลาดเคลื่อนต่ำและยอมรับได้ ดังนั้นการนำโปรแกรม Daysim มาใช้เป็นเครื่องมือในการศึกษาวิจัยนี้จึงมีความเหมาะสม โดยตัวเลขที่ได้จากโปรแกรมคอมพิวเตอร์จะถูกนำมาแปลงค่าตามสมการเพื่อให้ได้ตัวเลขค่า DF ในสถานการณ์จริง



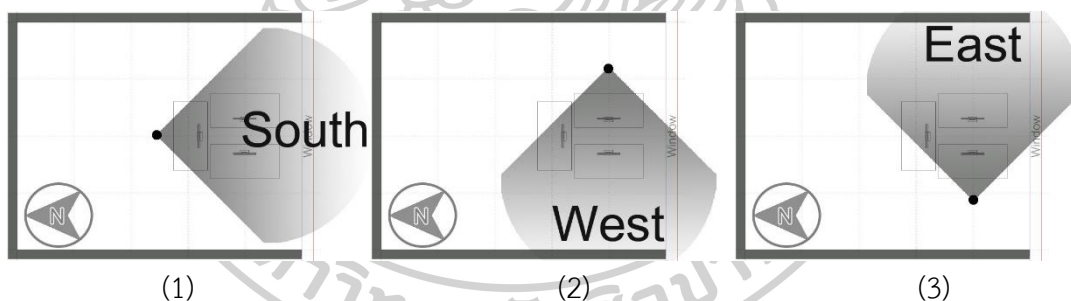
## 2. การศึกษาเปรียบเทียบแผงบังแดดแบบฉลุ ที่อัตราส่วนช่องเปิด 30%, 45% และ 60%

ผลการศึกษาเปรียบเทียบอัตราส่วนช่องเปิดที่ 30%, 45% และ 60% โดยกำหนดให้มีช่องฉลุขนาด 0.05 เมตร ระยะห่างระหว่างแผงบังแดดและผนังอาคารที่ระยะ 0.20 เมตร โดยทำการศึกษาค่า DGP และการจัดระดับชั้นด้วยค่า DGP (DGP Limit)

### 2.1. การศึกษาเปรียบเทียบความน่าจะเป็นของแสงบาดตาจากแสงธรรมชาติ (Daylight Glare Probability : DGP) ของแผงบังแดดแบบฉลุที่อัตราส่วนช่องเปิด 30%, 45% และ 60%

การศึกษาเปรียบเทียบโดยการนำภาพที่ได้จากโปรแกรม Radiance มาวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม Evalglare เพื่อหาค่า DGP เลือกทำการทดสอบแผงบังแดดที่อัตราส่วนช่องเปิด 30%, 45% และ 60% กำหนดตำแหน่งที่นั่งและมุมมองในการศึกษา 3 ตำแหน่ง คือ

1. มุมมองหันไปทางทิศใต้ ตำแหน่ง (South)
2. มุมมองหันไปทางทิศตะวันตก ตำแหน่ง (West)
3. มุมมองหันไปทางทิศตะวันออก ตำแหน่ง (East)

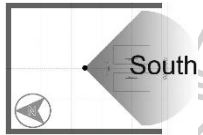
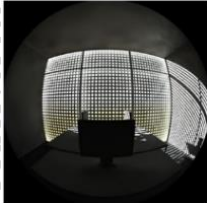

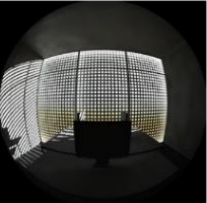
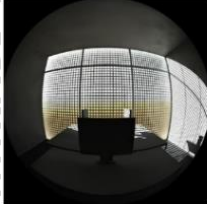

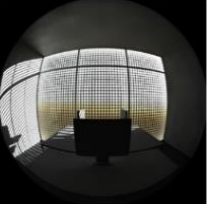
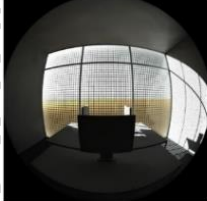
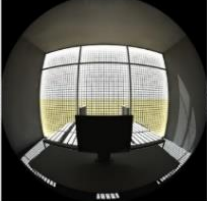
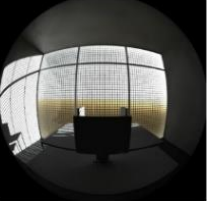


ภาพที่ 28 ตำแหน่งที่นั่งและมุมมอง (1) มุมมองหันไปทางทิศใต้ ตำแหน่ง (South), (2) มุมมองหันไปทางทิศตะวันตก ตำแหน่ง (West), (3) มุมมองหันไปทางทิศตะวันออก ตำแหน่ง (East)

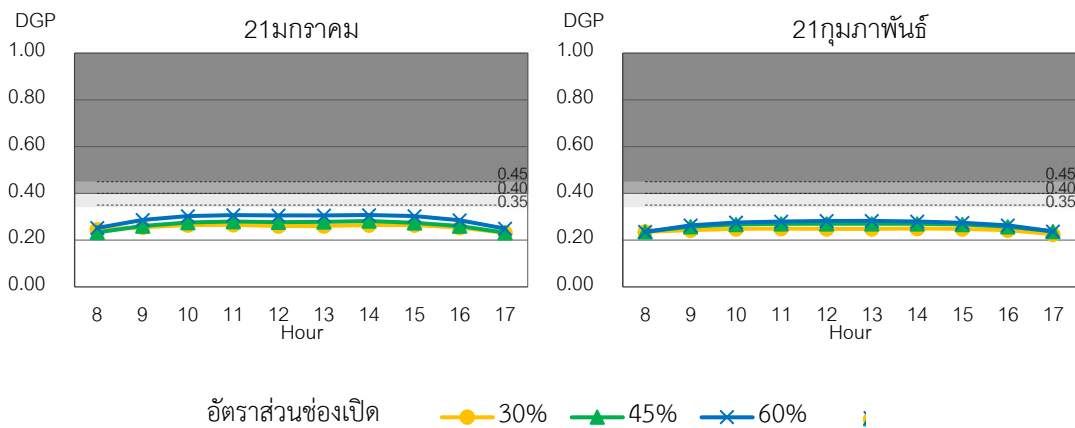
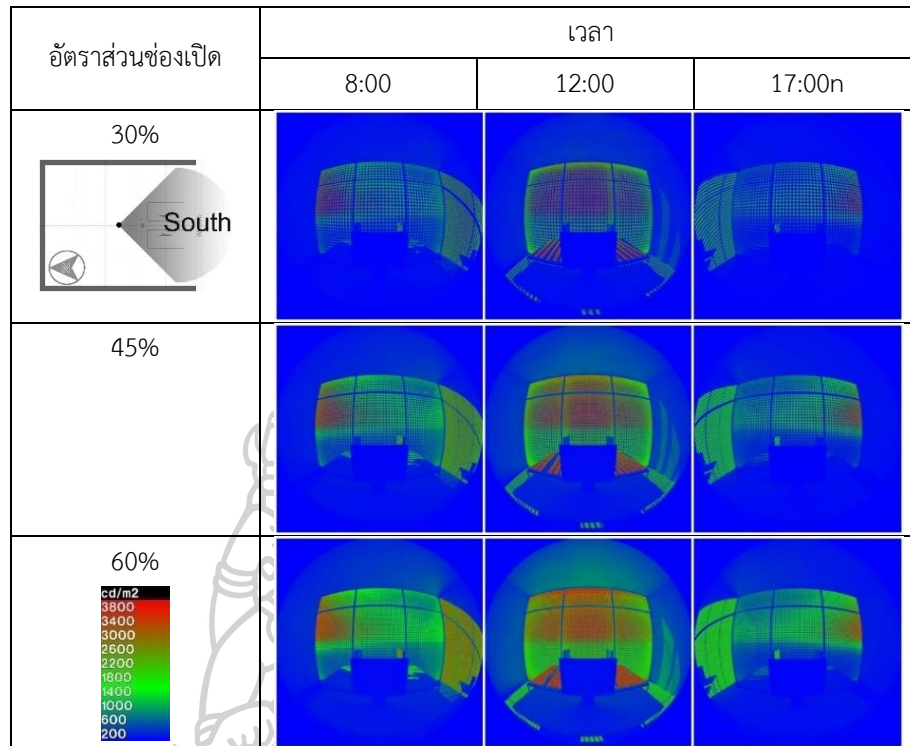
2.1.1. ผลการศึกษาค่า DGP อัตราส่วนช่องเปิด 30%, 45% และ 60% ที่ขนาดช่องฉลุ 0.05 เมตร ระยะห่าง 0.20 เมตร มุมมองหันไปทางทิศใต้ ตำแหน่ง (South)

ภาพที่ได้จากโปรแกรม Radiance ดังที่แสดงไว้ในตารางที่ 13 และ 14 จะเห็นว่าแผงบังแดดที่อัตราส่วนช่องเปิด 60% มีระดับความสว่างมากกว่า อัตราส่วน 45% และ 30% ในทุกช่วงเวลา

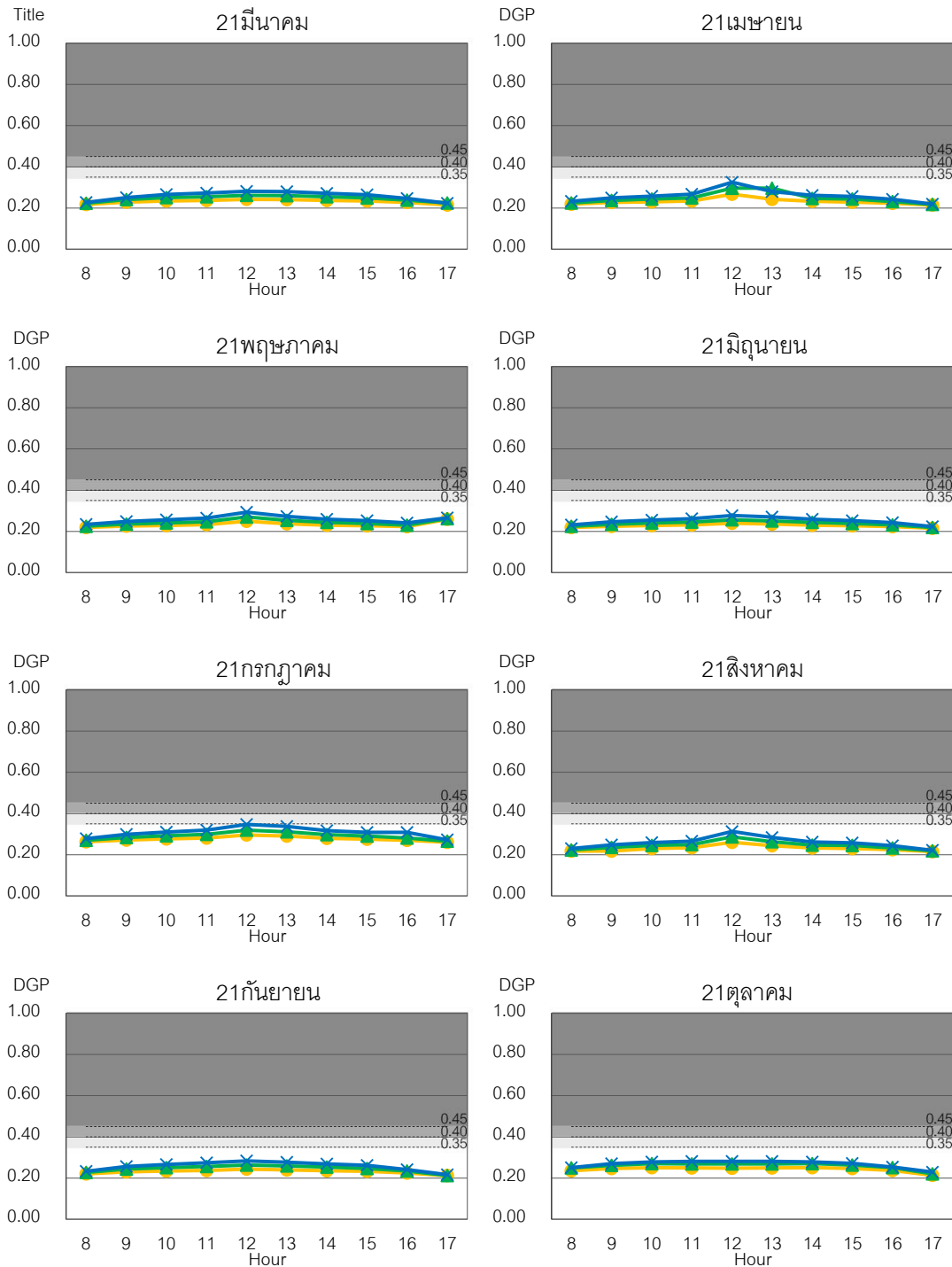
ตารางที่ 13 แสดงภาพจากตำแหน่ง (South) ที่อัตราส่วนช่องเปิด 30%, 45% และ 60% ของวันที่ 21 ธันวาคม

อัตราส่วนช่องเปิด	เวลา		
	8:00	12:00	17:00n
30% 			
45%			
60%			

ตารางที่ 14 แสดงภาพ False Color แสดงค่าความสว่าง (luminance) จากตำแหน่ง (South) ที่ อัตราส่วนช่องเปิด 30%, 45% และ 60% ของวันที่ 21 ธันวาคม

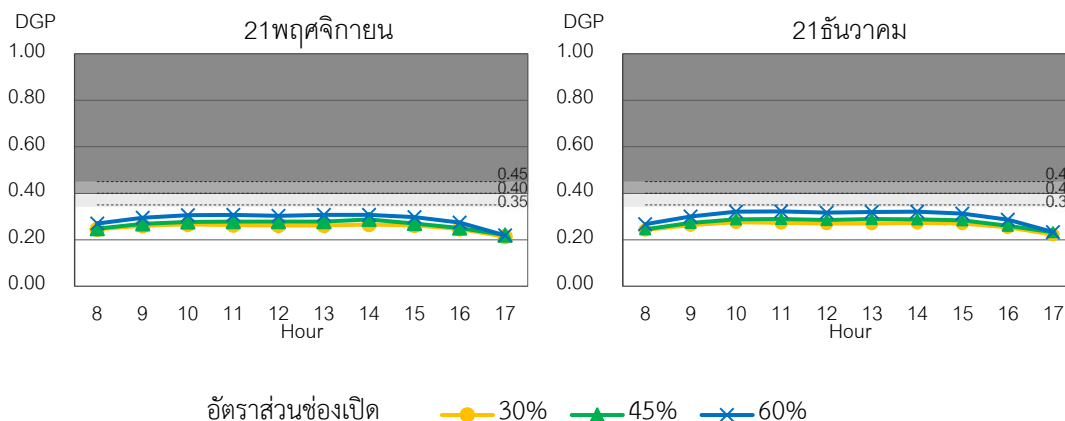


แผนภูมิที่ 3 แสดงค่า DGP จากตำแหน่ง (South) แผงบังแดดที่อัตราส่วนช่องเปิด 30%, 45% และ 60% ที่ขนาดช่องฉลุ 0.05 ม. ระยะห่าง 0.20 เมตร



อัตราส่วนช่องเปิด    30%    45%    60%

แผนภูมิที่ 3 แสดงค่า DGP จากตำแหน่ง (South) แผงบังแดดที่อัตราส่วนช่องเปิด 30% 45% และ 60% ที่ขนาดช่องฉลุ 0.05 ม. ระยะห่าง 0.20 เมตร (ต่อ)



แผนภูมิที่ 3 แสดงค่า DGP จากตำแหน่ง (South) แผงบังแดดที่อัตราส่วนช่องเปิด 30% 45% และ 60% ที่ขนาดช่องฉลุ 0.05 ม. ระยะห่าง 0.20 เมตร (ต่อ)

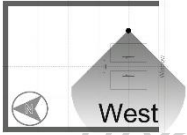

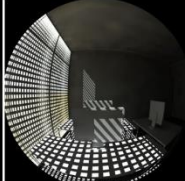

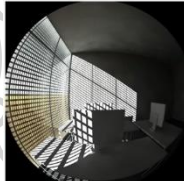
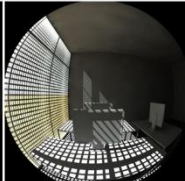


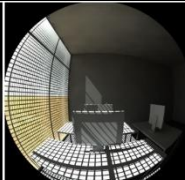

โดยเมื่อเปรียบเทียบในช่วงเวลาต่างๆของวัน พบว่าค่า DGP ของแผงบังแดดที่อัตราส่วนช่องเปิดสูงกว่าจะมีค่า DGP สูงกว่า โดยที่อัตราส่วนช่องเปิด 60% จะมีค่ามากที่สุด รองลงมา คือ 45% และ 30% ตามลำดับ โดยมีการเปลี่ยนแปลงของค่า DGP ในช่วงวัน คือ เวลา 8.00 ค่า DGP จะต่ำแล้วเพิ่มขึ้นสูงจนถึงเวลา 12.00น. แล้วลดลงต่ำอีกครั้งในช่วงบ่ายและเย็น ส่วนในเดือนพฤศจิกายน และธันวาคม มีช่วงเวลาสูงสุด 2 ครั้งคือ ที่เวลา 11.00 และ 14.00 น. แล้วจึงลดต่ำลง ตัวอย่างเช่น ในวันที่ 21 ธันวาคม เวลา 8.00 น. จะมีค่า DGP ของอัตราส่วนช่องเปิด 30% 45% และ 60%-ที่ 0.267, 0.273 และ 0.318 ตามลำดับ และเพิ่มขึ้นโดยที่เวลา 11.00 น. มีค่า DGP ที่ 0.272, 0.289 และ 0.322 เวลา 14.00น. มีค่า DGP ที่ 0.272, 0.288 และ 0.321 แล้วลดลงที่ 0.222, 0.232 และ 0.233 ที่เวลา 17.00 น.

เมื่อเปรียบเทียบในช่วงเดือนที่ต่างกัน พบว่าเดือนมิถุนายน จะมีค่า DGP ต่ำที่สุด โดยที่อัตราส่วน 30%, 45% และ 60% ที่เวลา 12.00 น. มีค่า 0.240, 256 และ 0.277 ตามลำดับ และค่าจะเพิ่มขึ้นทุกเดือนจนสูงที่สุดในเดือนธันวาคม โดยที่อัตราส่วนช่องเปิด 30%, 45% และ 60% เวลา 12.00 น. มีค่า 0.270, 0.285 และ 0.316 แล้วในเดือนถัดไปค่า DGP จึงลดลงอีกครั้ง

**2.1.2. ผลการศึกษาค่า DGP อัตราส่วนช่องเปิด 30%, 45% และ 60% ที่ขนาดช่องฉลุ 0.05 เมตร ระยะห่าง 0.20 เมตร มุมมองหันไปทางทิศตะวันตก ตำแหน่ง (West)**

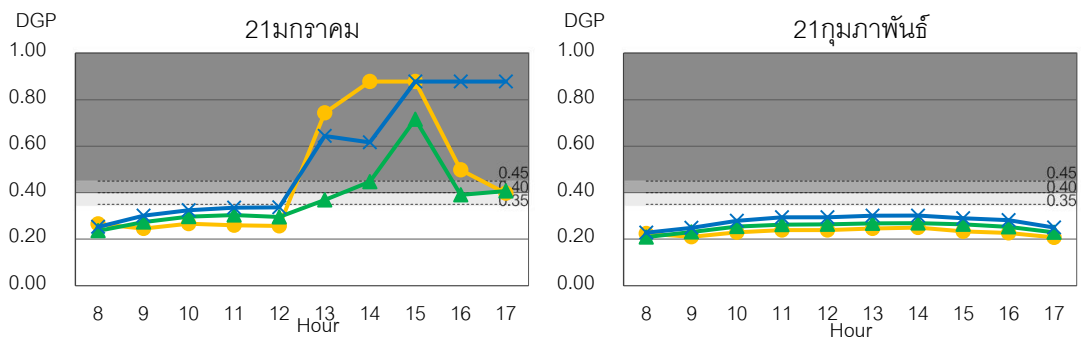
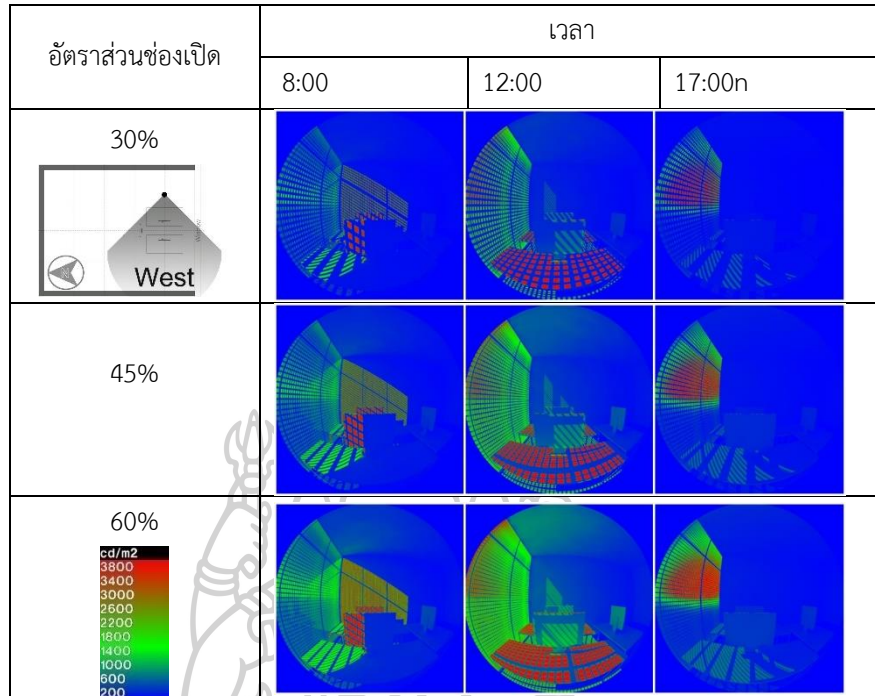
ภาพที่ได้จากโปรแกรม Radiance ดังที่แสดงไว้ในตารางที่ 15 และ 16 จะพบว่า ที่ตำแหน่ง (West) มีแสงแดดตรงจากดวงอาทิตย์ (Direct Sunlight) ตกกระทบบนพื้นผิวการทำงาน โดยที่ในเวลา 12.00 น. มีค่าความสว่างที่สูงมากกว่า 3,000 แคนเดลาต่อตารางเมตร และที่เวลา 17.00 น. จะปรากฏกฏดวงอาทิตย์ในมุมมอง ซึ่งเป็นปัจจัยที่ทำให้เกิดแสงบาดตา โดยที่อัตราส่วนช่องเปิดที่ 60% จะมีความสว่างมากที่สุด รองลงมาคือที่ อัตราส่วนช่องเปิด 45% และ 30% ตามลำดับ และจากภาพ HDR เมื่อทำการหาค่า DGP จะได้ผลตามแผนภูมิที่ 4

ตารางที่ 15 แสดงภาพจากตำแหน่ง (West) ที่อัตราส่วนช่องเปิด 30%, 45% และ 60% วันที่ 21 ธันวาคม

อัตราส่วนช่องเปิด	เวลา		
	8:00	12:00	17:00n
30% 			
45%			
60%			

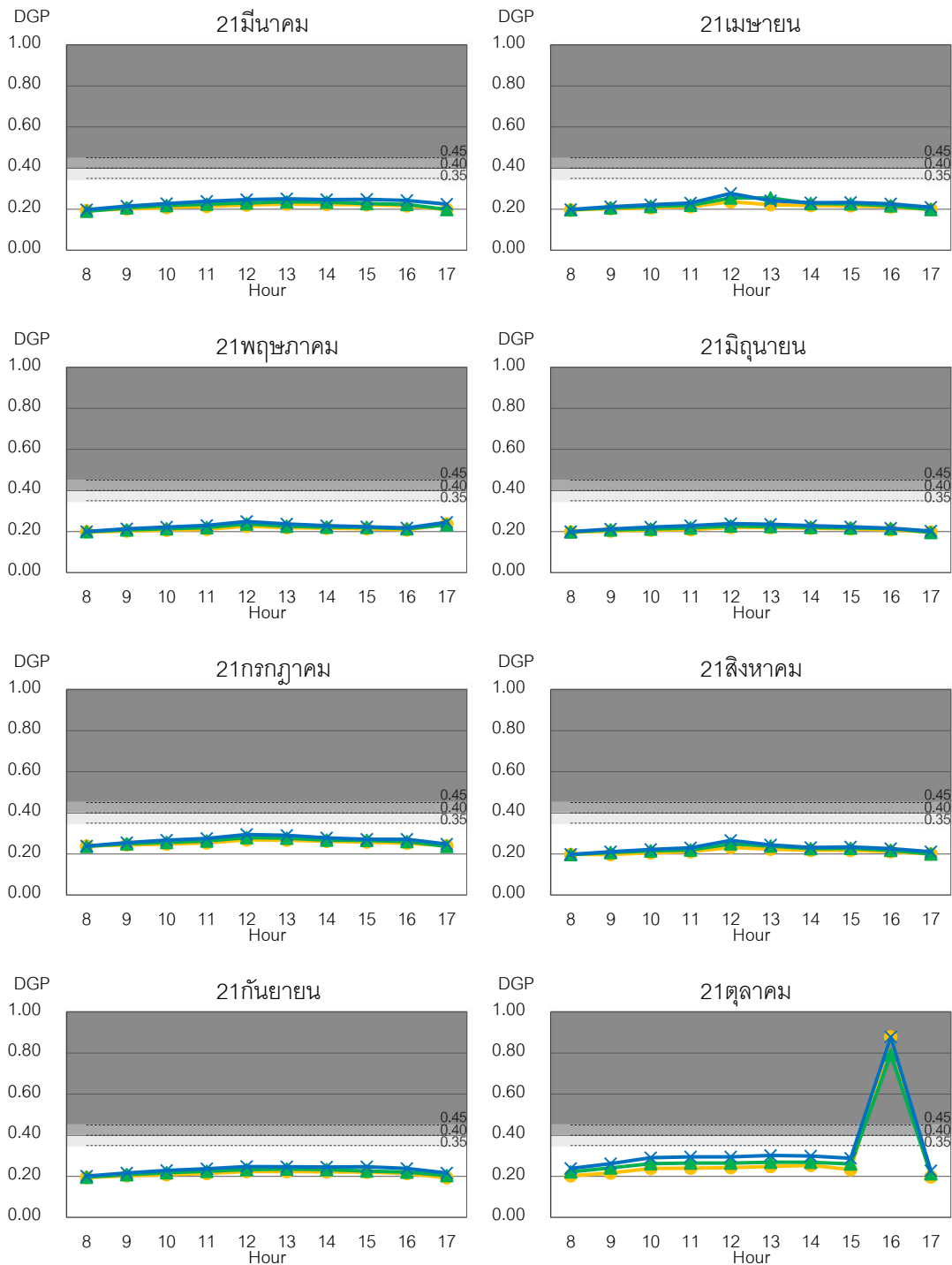


ตารางที่ 16 แสดงภาพ False Color แสดงค่าความสว่าง (luminance) จากตำแหน่ง (West) ที่อัตราส่วนช่องเปิด 30%, 45% และ 60% วันที่ 21 ธันวาคม



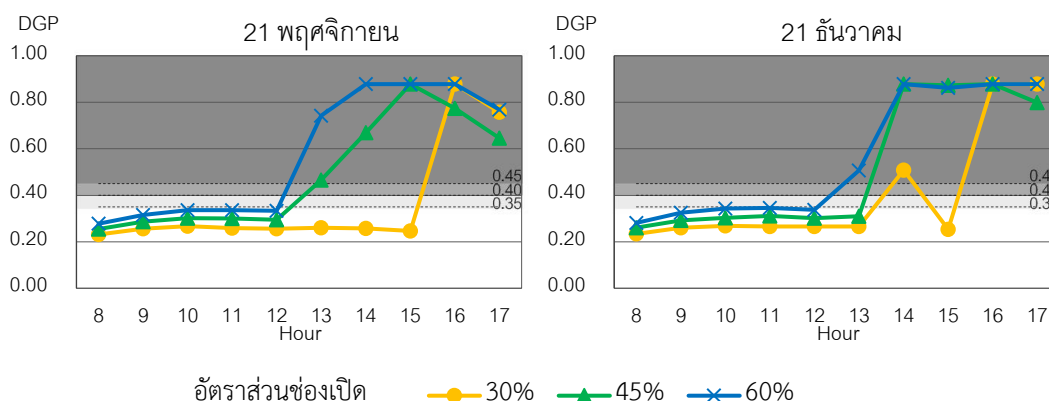
อัตราส่วนช่องเปิด    ● 30%    ▲ 45%    × 60%

แผนภูมิที่ 4 แสดงค่า DGP จากตำแหน่ง (West) แผงบังแดดที่อัตราส่วนช่องเปิด 30% 45% และ 60% ที่ขนาดช่องฉลุ 0.05 ม. ระยะห่าง 0.20 เมตร



อัตราส่วนช่องเปิด    30%    45%    60%

แผนภูมิที่ 4 แสดงค่า DGP จากตำแหน่ง (West) แผงบังแดดที่อัตราส่วนช่องเปิด 30% 45% และ 60% ที่ขนาดช่องฉลุ 0.05 ม. ระยะห่าง 0.20 เมตร (ต่อ)



แผนภูมิที่ 4 แสดงค่า DGP จากตำแหน่ง (West) แผงบังแดดที่อัตราส่วนช่องเปิด 30% 45% และ 60% ที่ขนาดช่องฉลุ 0.05 ม. ระยะห่าง 0.20 เมตร (ต่อ)

โดยเมื่อเปรียบเทียบในช่วงเวลาต่างๆของวัน พบว่าค่า DGP ของแผงบังแดดที่อัตราส่วนช่องเปิดสูงกว่าจะมีค่า DGP สูงกว่า โดยที่อัตราส่วนช่องเปิด 60% จะมีค่ามากที่สุด รองลงมา คือ 45% และ 30% ตามลำดับ ทั้งนี้ยังจะพบว่าลักษณะการเปลี่ยนแปลงของค่า DGP ในช่วงวันอยู่ 2 รูปแบบคือ

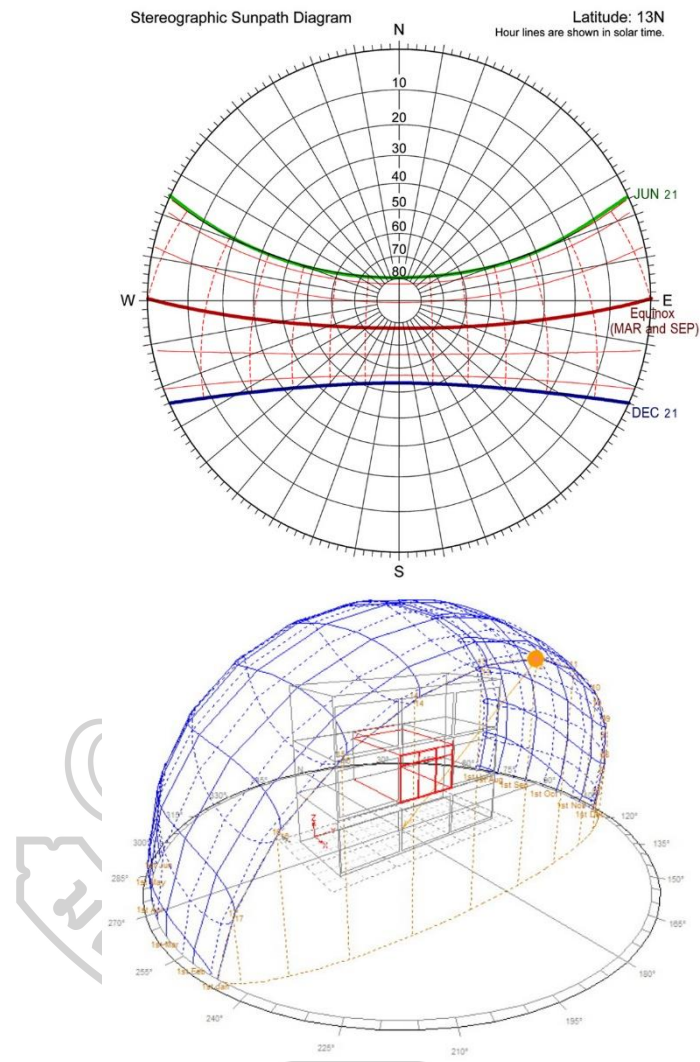
ในวันที่ 21 ก.พ. - 21 กันยายน เวลา 8.00 ค่า DGP จะต่ำแล้วเพิ่มขึ้นสูงจนถึงเวลา 12.00น. แล้วลดลงต่ำอีกครั้งในช่วงบ่ายและเย็น เช่น เดือนมิถุนายน ค่า DGP ที่อัตราส่วนช่องเปิดที่ 30%, 45% และ 60% ที่เวลา 8.00 น.มีค่า 0.197, 0.199 และ 0.199 แล้วเพิ่มขึ้นที่เวลา 12.00 น. มีค่า 0.220, 0.227 และ 0.239 และลดลง ที่เวลา 17.00น. มีค่า 0.197, 0.196 และ 0.203 ตามลำดับ

และในวันที่ 21 ตุลาคม- 21 มกราคม ค่า DGP จะต่ำในช่วง 8.00 น. แล้วเพิ่มขึ้นสูง และตั้งแต่ 13.00 น. เช่น ในเดือน ธันวาคม เวลา 8.00 ค่า DGP ของอัตราส่วนช่องเปิด 30%, 45% และ 60% ที่ 0.234, 0.261 และ 0.281 ในเวลา 13.00น. มีที่ 0.266, 0.310 และ 0.506 และที่เวลา 17.00 น. มีค่า 0.878, 0.799 และ 0.878 ตามลำดับ

เมื่อเปรียบเทียบในช่วงเดือนที่ต่างกันนั้นค่า DGP ต่ำที่สุดในวันที่ 21 มิ.ย. ค่า DGP จะเพิ่มขึ้นทุกเดือนจนสูงที่สุดโดยในวันที่ 21 ธันวาคม และลดลงอีกครั้ง โดยในวันที่ 21 มิ.ย. เวลา 12.00 น. จะมีค่า DGP ของอัตราส่วนช่องเปิด 60%, 45% และ 30% ที่ 0.220, 0.227 และ 0.239 ตามลำดับ ในวันที่ 21 ธันวาคม เวลา 12.00 น. จะมีค่า DGP ที่ 0.266, 0.301 และ 0.307

การเพิ่มขึ้นสูงของค่า DGP ในช่วงเวลาบ่ายของเดือน ตุลาคม - มกราคม นี้ เนื่องจากการเคลื่อนที่ของดวงอาทิตย์ที่เคลื่อนตัวมาอยู่ทางทิศใต้ตะวันตกเฉียงใต้ ดังภาพที่ 29 ทำให้

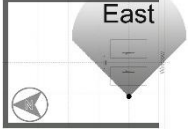

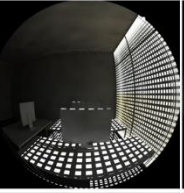

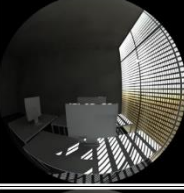
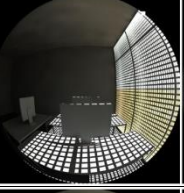




แสงจากดวงอาทิตย์เข้าสู่อาคารได้มาก และตั้งภาพในตารางที่ 14 -15 จากตำแหน่ง (West) นี้จะเห็น ดวงอาทิตย์ปรากฏอยู่ในมุมมอง



ภาพที่ 29 Sun path Diagram และ แผนภาพจำลองแสดงห้องที่ทำการศึกษาและตำแหน่งดวงอาทิตย์

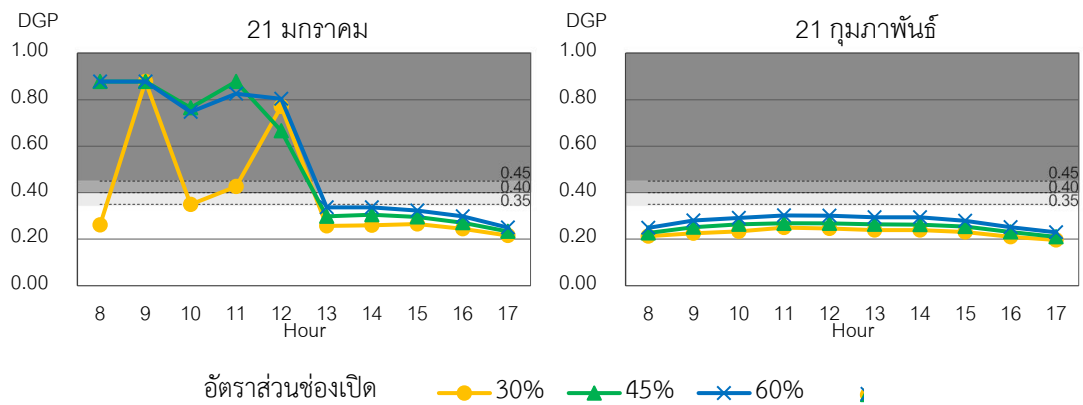
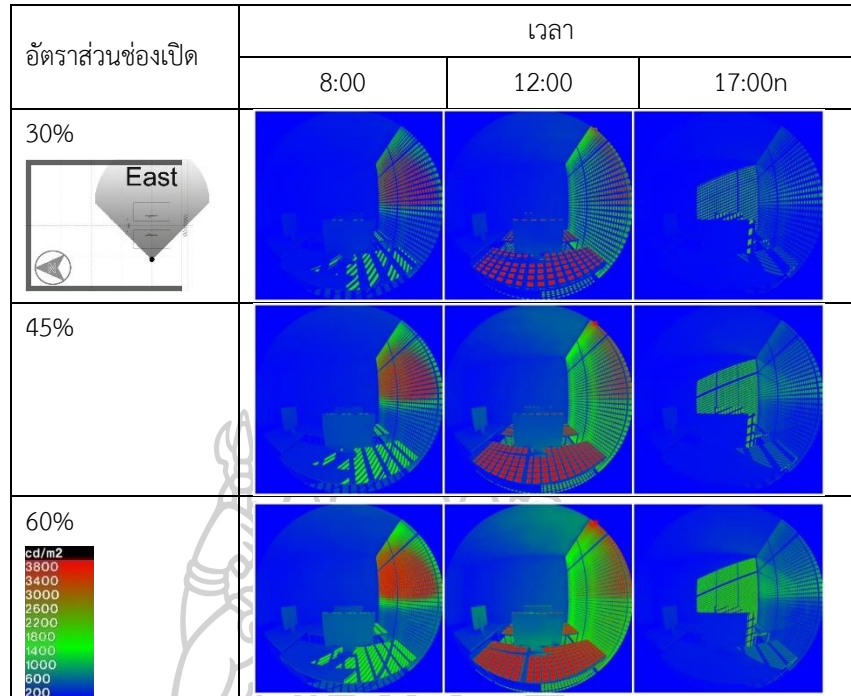
2.1.3. ผลการศึกษาค่า DGP อัตราส่วนช่องเปิด 30%, 45% และ 60% ที่ขนาดช่องฉลุ 0.05 เมตร ระยะห่าง 0.20 เมตร มุมมองหันไปทางทิศตะวันออก ตำแหน่ง (East)

ตารางที่ 17 แสดงภาพจากตำแหน่ง (East) ที่อัตราส่วนช่องเปิด 30%, 45% และ 60% ของวันที่ 21 ธันวาคม

อัตราส่วนช่องเปิด	เวลา		
	8:00	12:00	17:00n
30% 			
45%			
60%			

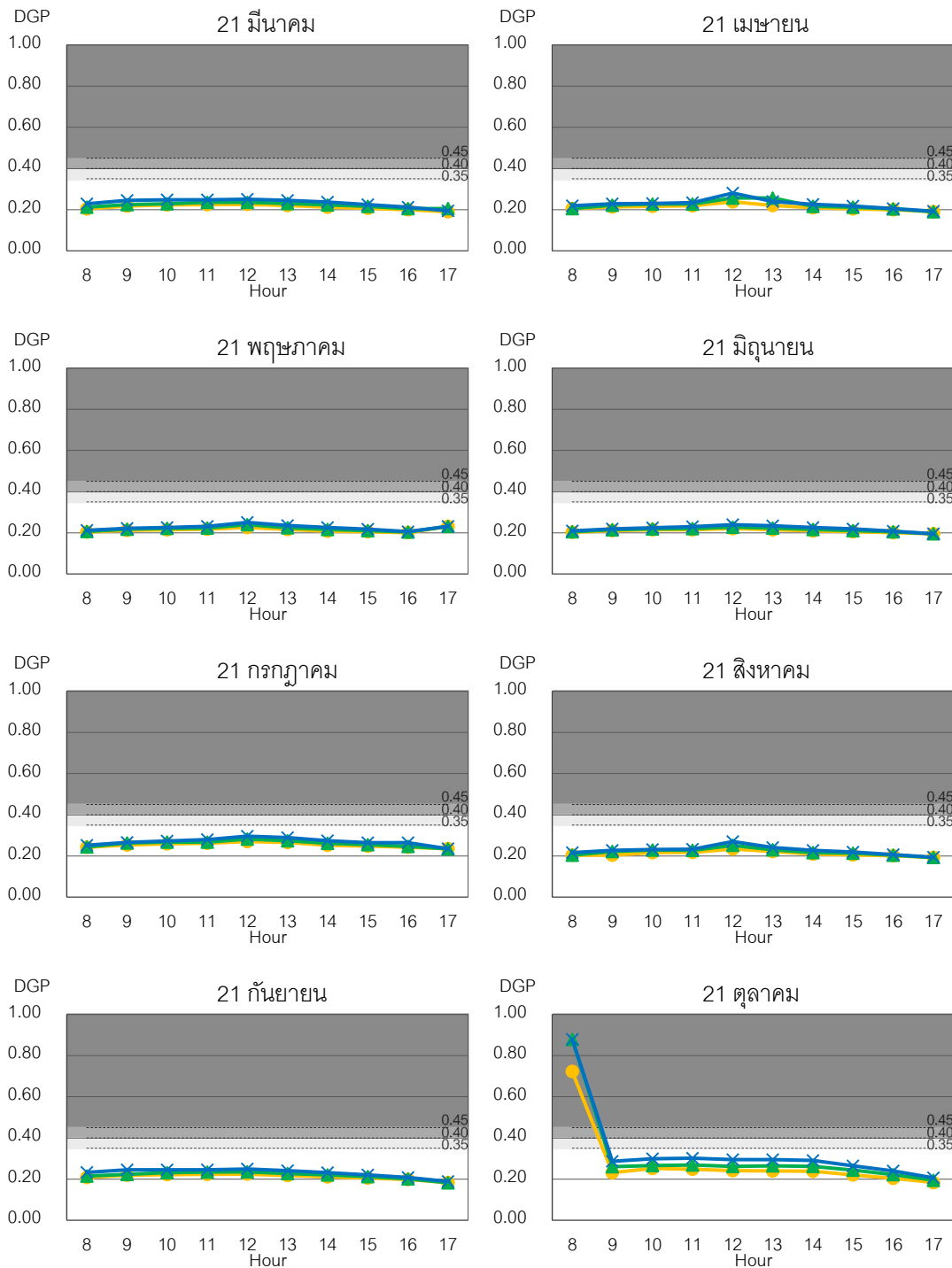


ตารางที่ 18 แสดงภาพ False Color แสดงค่าความสว่าง (luminance) จากตำแหน่ง (East) ที่อัตราส่วนช่องเปิด 30%, 45% และ 60% วันที่ 21 ธันวาคม



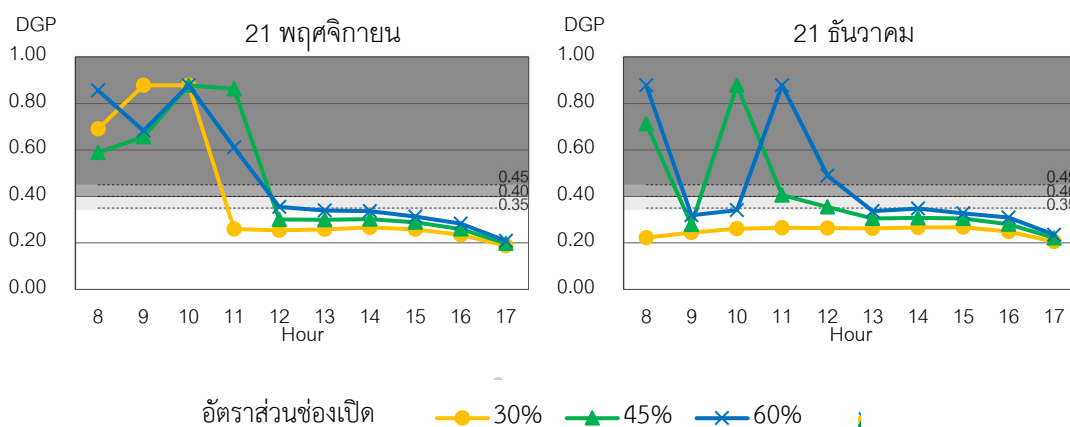
แผนภูมิที่ 5 แสดงค่า DGP ที่ได้จากตำแหน่ง (East) แฉงบังแดดที่อัตราส่วนช่องเปิด 30% 45% และ 60% ที่ขนาดช่องฉลุ 0.05 ม. ระยะห่าง 0.20 เมตร





อัตราส่วนช่องเปิด      ● 30%    ▲ 45%    × 60%

แผนภูมิที่ 5 แสดงค่า DGP ที่ได้จากตำแหน่ง C แผงบังแดดที่อัตราส่วนช่องเปิด 30% 45% และ 60% ที่ขนาดช่องฉลุ 0.05 ม. ระยะห่าง 0.20 เมตร (ต่อ)



แผนภูมิที่ 5 แสดงค่า DGP จากตำแหน่ง (East) แผงบังแดดที่อัตราส่วนช่องเปิด 30% 45% และ 60% ที่ขนาดช่องลม 0.05 ม. ระยะห่าง 0.20 เมตร (ต่อ)

โดยเมื่อเปรียบเทียบในช่วงเวลาต่างๆของวัน พบว่าค่า DGP ของแผงบังแดดที่อัตราส่วนช่องเปิดสูงกว่าจะมีค่า DGP สูงกว่า โดยที่อัตราส่วนช่องเปิด 60% จะมีค่ามากที่สุด รองลงมา คือ 45% และ 30% ตามลำดับ ทั้งนี้ยังจะพบว่าลักษณะการเปลี่ยนแปลงของค่า DGP ในช่วงวันอยู่ 2 รูปแบบคือ

ในเดือน กุมภาพันธ์ - กันยายน (02-09) เวลา 8.00 ค่า DGP จะต่ำแล้วเพิ่มขึ้นสูงจนถึงเวลา 12.00น. แล้วลดลงต่ำอีกครั้งในช่วงบ่ายและมีค่าต่ำสุดที่เวลา 17.00น. เช่น เดือน มิถุนายน ที่เวลา 8.00 น.ของอัตราส่วนช่องเปิดที่ 30%, 45% และ 60% มีค่า DGP ที่ 0.202, 0.205 และ 0.209 และเพิ่มขึ้นที่เวลา 12.00 น. มีค่า DGP ที่ 0.221, 0.228 และ 0.239 แล้วลดลง ที่เวลา 17.00 น มีค่า DGP ที่ 0.195, 0.195 และ 0.195 ตามลำดับ.

และในเดือน ตุลาคม-มกราคม ค่า DGP สูงในช่วงเช้าตั้งแต่ 8.00 น. ไปจนถึงเวลา 13.00 น. ในบางช่วงเวลามีค่า DGP มากถึง 1.00 แล้วลดลงในช่วงบ่ายและมีค่าต่ำสุดที่เวลา 17.00น. โดยในเวลา 8.00 ค่า DGP มีค่าต่ำสุดของอัตราส่วนช่องเปิด 30% ที่ 0.244 ค่าสูงสุดของอัตราส่วนช่องเปิด 60% ที่ 1.00 ในช่วงเวลาเที่ยงที่เวลา 12.00น. โดยมีค่าต่ำสุดของอัตราส่วนช่องเปิด 30% ที่ 0.266 ค่าสูงสุดของอัตราส่วนช่องเปิด 60% มีค่า 1.00 และลดลงในช่วงเย็น ที่เวลา 17.00 น. โดยมีค่าต่ำสุดของอัตราส่วนช่องเปิด 30% ที่ 0.199 ค่าสูงสุดของอัตราส่วนช่องเปิด 60% ที่ 0.284

เมื่อเปรียบเทียบในช่วงเดือนที่ต่างกันนั้นค่า DGP ต่ำที่สุด ในวันที่ 21 มิ.ย. (06) ค่า DGP จะเพิ่มขึ้นทุกเดือนจนสูงที่สุดโดยในวันที่ 21 ธันวาคม และลดลงอีกครั้ง

ในวันที่ 21 มิ.ย. (06) เวลา 8.00 น. จะมีค่า DGP ของอัตราส่วนช่องเปิด 60%, 45% และ 30% ที่ 0.228, 0.224 และ 0.221 ตามลำดับ และเพิ่มขึ้นโดยที่เวลา 12.00 น. มีค่า DGP ที่ 0.263, 0.250 และ 0.242 แล้วลดลงที่ 0.212, 0.213 และ 0.212 ที่เวลา 17.00 น.

ในวันที่ 21 ธันวาคม เวลา 8.0-0 น. จะมีค่า DGP ของอัตราส่วนช่องเปิด 60%, 45% และ 30% ที่ 1.00 , 1.00 และ 0.244 ตามลำดับ และลดลง โดยที่เวลา 12.00 น. มีค่า DGP ที่ 0.773, 0.496 และ 0.311 และที่เวลา 17.00 น. แล้วลดลงที่ 0.259, 0.243 และ 0.224 ที่เวลา 17.00 น.

การที่ค่า DGP เพิ่มขึ้นในช่วงเช้าของเดือน ตุลาคม ถึง มกราคม เนื่องจากตำแหน่งดวงอาทิตย์นั้นอยู่ในทิศตะวันออกเฉียงใต้ ทำให้ตำแหน่ง (West) ปรากฏดวงอาทิตย์อยู่ในมุมมอง ดังปรากฏในตารางที่ 17 - 18

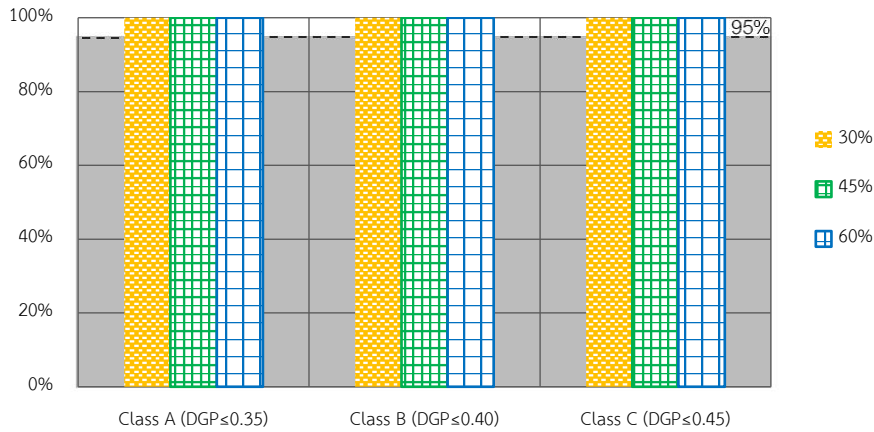
## 2.2. การศึกษาเปรียบเทียบค่า DGP เพื่อแบ่งระดับชั้นความสบายทางสายตา (DGP Limit) ของแผงบังแดดแบบฉลุที่อัตราส่วนช่องเปิด 30%, 45% และ 60%

การจัดระดับชั้นด้วยค่า DGP เพื่อแบ่งระดับชั้นความสบายทางสายตา ของแผงบังแดดแบบฉลุ ทำได้โดยการนำค่า DGP ที่ได้หาปริมาณของค่าที่อยู่ในเกณฑ์ที่กำหนด โดยเปรียบเทียบที่อัตราส่วนช่องเปิด 30%, 45% และ 60% ขนาดช่องฉลุ 0.05 เมตร ที่ระยะห่าง 0.20 เมตร ตำแหน่งที่นั่งและมุมมองในการศึกษา 3 ตำแหน่ง

### 2.2.1. ผลการเปรียบเทียบระดับชั้นด้วยค่า DGP (DGP Limit) ที่อัตราส่วนช่องเปิด 30%, 45% และ 60% ตำแหน่ง (South)

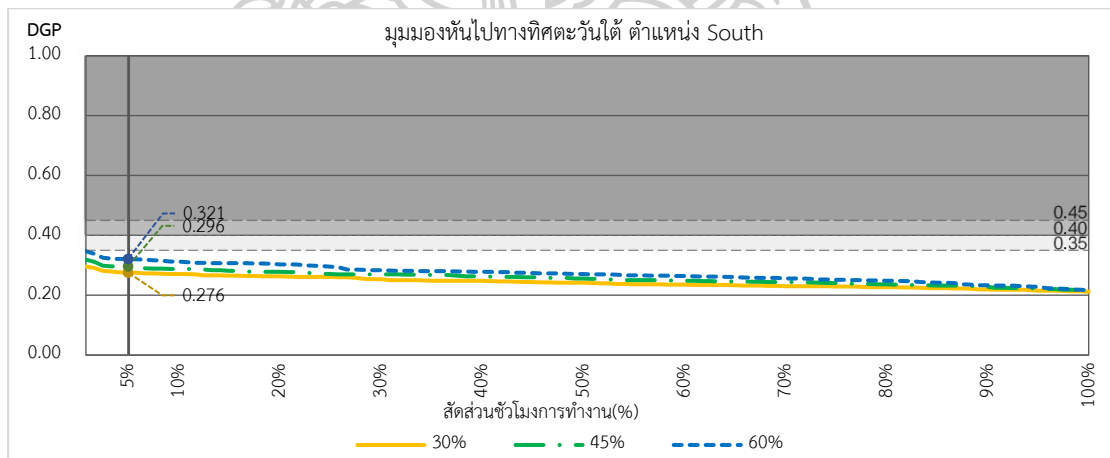
ตารางที่ 19 ร้อยละของชั่วโมงทำงานที่มีค่า DGP ต่ำกว่า 0.35, 0.40 และ 0.45 ที่อัตราส่วนช่องเปิด 30%, 45% และ 60% ตำแหน่ง (South)

อัตราส่วนช่องเปิด	ร้อยละของค่า DGP ที่ผ่านเกณฑ์		
	DGP ≤ 0.35 (ระดับชั้น A)	DGP ≤ 0.40 (ระดับชั้น B)	DGP ≤ 0.45 (ระดับชั้น C)
30%	100%	100%	100%
45%	100%	100%	100%
60%	100%	100%	100%



แผนภูมิที่ 6 ร้อยละของช่วงเวลาที่มีค่า DGP ต่ำกว่า 0.35, 0.40 และ 0.45 ที่อัตราส่วนช่องเปิด 30%, 45% และ 60 % ตำแหน่ง (South)

ที่ระดับชั้น A หรือ ร้อยละของชั่วโมงทำงานที่มีค่า DGP ไม่เกิน 0.35 พบว่าแผงบังแดดที่อัตราส่วนช่องเปิด 30%, 45% และ 60% มีค่า DGP ไม่เกิน 0.35 อยู่ 100% ของชั่วโมงทำงานเท่ากัน



แผนภูมิที่ 7 ลำดับค่า DGP ตามสัดส่วนชั่วโมงทำงาน ที่อัตราส่วนช่องเปิด 30%, 45% และ 60% ตำแหน่ง (South)

ตารางที่ 20 การแบ่งระดับชั้นความสบายทางสายตาด้วยค่า DGP, ค่า DGP สูงสุดของ 95% และค่าเฉลี่ยค่า DGP ของ 5%สูงสุด ที่อัตราส่วนช่องเปิด 30%, 45% และ 60% ตำแหน่ง (South)

อัตราส่วนช่องเปิด	ค่า DGP สูงสุดที่ 95%ของ ชั่วโมงทำงาน	ค่าเฉลี่ย DGP สูงสุด 5% ของ ชั่วโมงทำงาน*	ระดับชั้น
30%	0.276	0.285	A
45%	0.296	0.305	A
60%	0.321	0.331	A

\*ค่าเฉลี่ย 5% สูงสุดต้องมีค่า : ระดับชั้น A ไม่เกิน 0.38, ระดับชั้น B ไม่เกิน 0.42 และ ระดับชั้น C ไม่เกิน 0.53

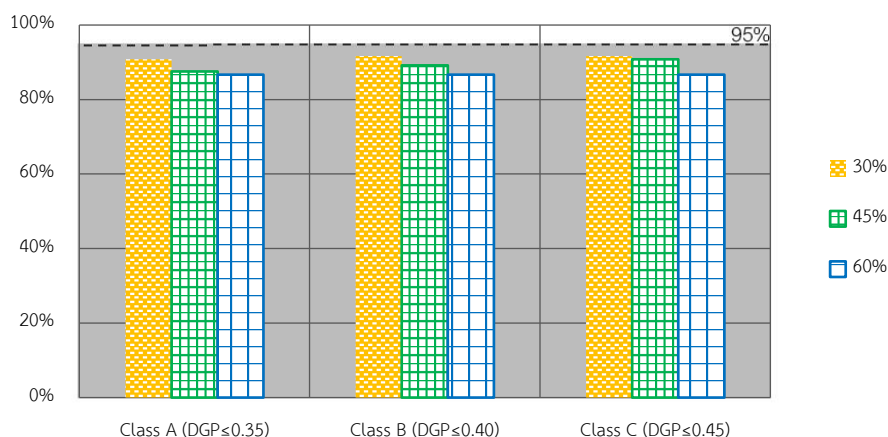
จะพบว่าแผงบังแดดที่อัตราส่วนช่องเปิด 30%, 45% และ 60% ผ่านเกณฑ์ระดับชั้น A คือ มีค่า DGP ไม่เกิน 0.35 อยู่ 100% ของชั่วโมงทำงาน และมีค่าเฉลี่ยของค่า DGP สูงสุด 5% อยู่ที่ 0.276, 0.296 และ 0.321 ตามลำดับ และมีค่าเฉลี่ยของค่า DGP สูงสุด 5% อยู่ที่ 0.285, 0.305 และ 0.331 ซึ่งมีค่าต่ำกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้คือ 0.380 ทำให้ทุกอัตราส่วนช่องเปิด มีระดับชั้นความสบายทางสายตาด้วยค่า DGP ที่ระดับชั้น A

อย่างไรก็ตาม จะเห็นได้จากแผนภูมิที่ 7 จะเห็นได้ว่าที่อัตราส่วนช่องเปิด 30% จะมีค่า DGP ต่ำกว่าที่ 45% และ 60% ทำให้ที่อัตราส่วนช่องเปิด 30% มีค่า DGP สูงสุดที่ 95% ของ ชั่วโมงทำงาน และ ค่าเฉลี่ย DGP สูงสุด 5% ของ ชั่วโมงทำงานต่ำที่สุด ตามมาด้วยอัตราส่วนช่องเปิดที่ 45% และ 60% แสดงถึงแนวโน้มได้ว่าเมื่ออัตราส่วนช่องเปิดเพิ่มขึ้นโอกาสการเกิดแสงบาดตาจะเพิ่มมากขึ้นด้วย

### 2.2.2. ผลการเปรียบเทียบระดับชั้นด้วยค่า DGP (DGP Limit) ที่อัตราส่วนช่องเปิด 30%, 45% และ 60% ตำแหน่ง (West)

ตารางที่ 21 ร้อยละของชั่วโมงทำงานที่มีค่า DGP ต่ำกว่า 0.35, 0.40 และ 0.45 ที่อัตราส่วนช่องเปิด 30%, 45% และ 60% ตำแหน่ง (West)

อัตราส่วนช่องเปิด	ร้อยละของค่า DGP ที่ผ่านเกณฑ์		
	DGP ≤ 0.35 (ระดับชั้น A)	DGP ≤ 0.40 (ระดับชั้น B)	DGP ≤ 0.45 (ระดับชั้น C)
30%	91%	92%	92%
45%	88%	89%	91%
60%	87%	87%	87%



แผนภูมิที่ 8 ร้อยละของช่วงเวลาที่มีค่า DGP ต่ำกว่า 0.35, 0.40 และ 0.45 ที่อัตราส่วนช่องเปิด 30%, 45% และ 60 % ตำแหน่ง (West)

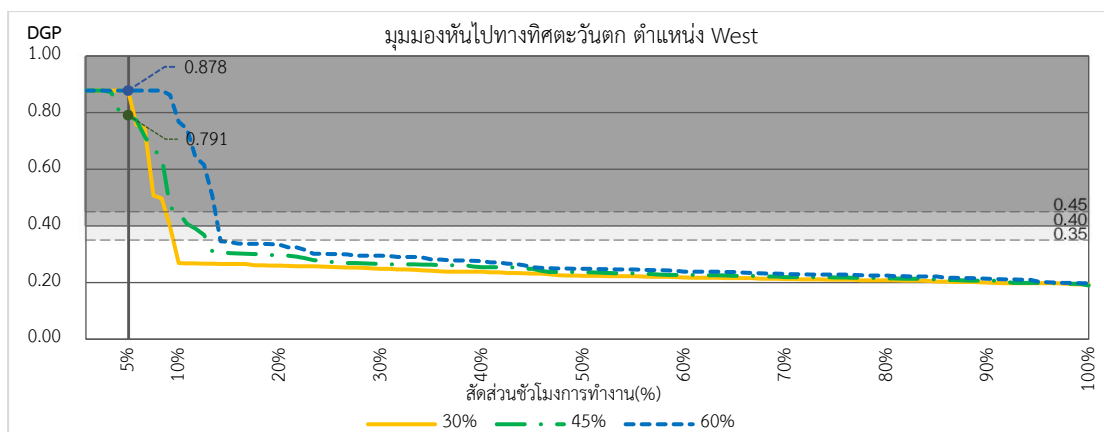
ที่ระดับชั้น A หรือ ร้อยละของชั่วโมงทำงานที่มีค่า DGP ไม่เกิน 0.35 พบว่าแผนงบังแดดที่อัตราส่วนช่องเปิด 30%, 45% และ 60% มีค่า DGP ไม่เกิน 0.35 อยู่ 91%, 88% และ 87% ของชั่วโมงทำงาน

ที่ระดับชั้น B หรือ ร้อยละของชั่วโมงทำงานที่มีค่า DGP ไม่เกิน 0.40 พบว่าแผนงบังแดดที่อัตราส่วนช่องเปิด 30%, 45% และ 60% มีค่า DGP ไม่เกิน 0.40 อยู่ 92%, 89% และ 87% ของชั่วโมงทำงาน

ที่ระดับชั้น C หรือ ร้อยละของชั่วโมงทำงานที่มีค่า DGP ไม่เกิน 0.45 พบว่าแผนงบังแดดที่อัตราส่วนช่องเปิด 30% 45% และ 60% มีค่า DGP ไม่เกิน 0.45 อยู่ 92%, 91% และ 87% ของชั่วโมงทำงาน

พบว่า ณ ตำแหน่ง (West) นี้ไม่มีตัวอย่างใดที่ผ่านเกณฑ์ ระดับชั้น C ที่กำหนดให้มีค่า DGP ต่ำกว่า 0.45 เป็นจำนวน 95%ของเวลาการทำงาน โดยที่อัตราส่วนต่ำ คือ 30% จะมีค่าร้อยละชั่วโมงทำงานที่มากกว่า ที่อัตราส่วน 45% และ 60%





แผนภูมิที่ 9 ลำดับค่า DGP ตามสัดส่วนชั่วโมงทำงาน ที่อัตราส่วนช่องเปิด 30%, 45% และ 60% ตำแหน่ง (West)

ตารางที่ 22 แสดงการแบ่งระดับชั้นความสบายทางสายตาด้วยค่า DGP, ค่า DGP สูงสุดของ 95% และ ค่าเฉลี่ยค่า DGP ของ 5% สูงสุด ที่อัตราส่วนช่องเปิด 30%, 45% และ 60% ตำแหน่ง (West)

อัตราส่วนช่องเปิด	ค่า DGP สูงสุดที่ 95% ของ ชั่วโมงทำงาน	ค่าเฉลี่ย DGP สูงสุด 5% ของชั่วโมงทำงาน*	ระดับชั้น
30%	0.878	0.878	-
45%	0.791	0.861	-
60%	0.878	0.878	-

\*ค่าเฉลี่ย 5% สูงสุดต้องมีค่า : ระดับชั้น A ไม่เกิน 0.38, ระดับชั้น B ไม่เกิน 0.42 และ ระดับชั้น C ไม่เกิน 0.53

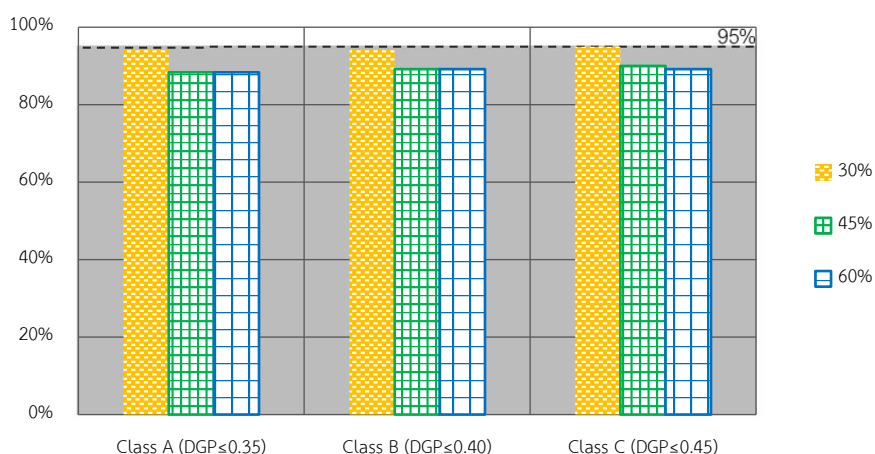
ที่ตำแหน่ง (West) นี้แมงบังแดดที่อัตราส่วนช่องเปิด 30% 45% และ 60% มีค่าเฉลี่ยของค่า DGP สูงสุด 5% อยู่ที่ 0.878, 0.861 และ 0.878 ตามลำดับ ซึ่งมากกว่าที่กำหนดไว้คือ ระดับชั้น C ต้องมีค่าเฉลี่ยของค่า DGP สูงสุด 5% ไม่เกิน 0.53

ดังนั้น มุมมองหันไปทางทิศตะวันตก ตำแหน่ง (West) นี้ไม่มีตัวอย่างใดที่ผ่านเกณฑ์ระดับชั้น C ที่กำหนดให้มีค่า DGP ต่ำกว่า 0.45 เป็นจำนวน 95% ของเวลาการทำงาน และมีค่าเฉลี่ย DGP สูงสุด 5% ของชั่วโมงทำงานไม่เกิน 0.53

### 2.2.3. ผลการเปรียบเทียบระดับชั้นด้วยค่า DGP (DGP Limit) ที่อัตราส่วนช่องเปิด 30%, 45% และ 60% ตำแหน่ง (East)

ตารางที่ 23 ร้อยละของชั่วโมงทำงานที่มีค่า DGP ต่ำกว่า 0.35, 0.40 และ 0.45 ที่อัตราส่วนช่องเปิด 30%, 45% และ 60% ตำแหน่ง (East)

อัตราส่วนช่องเปิด	ร้อยละของค่า DGP ที่ผ่านเกณฑ์		
	DGP ≤ 0.35 (ระดับชั้น A)	DGP ≤ 0.40 (ระดับชั้น B)	DGP ≤ 0.45 (ระดับชั้น C)
30%	94%	94%	95%
45%	88%	89%	90%
60%	88%	89%	89%



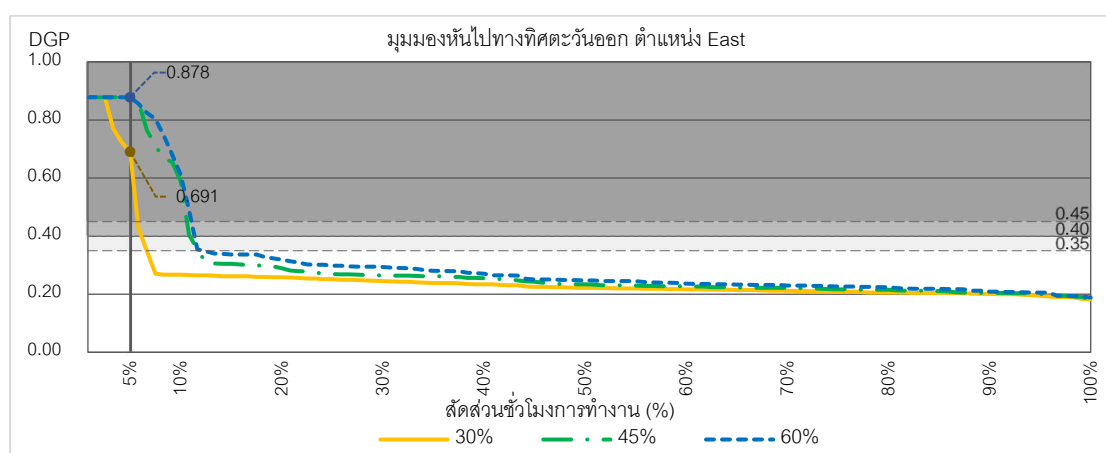
แผนภูมิที่ 10 ร้อยละของช่วงเวลาที่มีค่า DGP ต่ำกว่า 0.35, 0.40 และ 0.45 ที่อัตราส่วนช่องเปิด 30%, 45% และ 60% ที่ตำแหน่ง (East)

ที่ระดับชั้น A หรือ ร้อยละของชั่วโมงทำงานที่มีค่า DGP ไม่เกิน 0.35 พบว่าแผงบังแดดที่อัตราส่วนช่องเปิด 30%, 45% และ 60% มีค่า DGP ไม่เกิน 0.35 อยู่ 94%, 88% และ 88% ของชั่วโมงทำงาน

ที่ระดับชั้น B หรือ ร้อยละของชั่วโมงทำงานที่มีค่า DGP ไม่เกิน 0.40 พบว่าแผงบังแดดที่อัตราส่วนช่องเปิด 30%, 45% และ 60% มีค่า DGP ไม่เกิน 0.40 อยู่ 94%, 89% และ 89% ของชั่วโมงทำงาน

ที่ระดับชั้น C หรือ ร้อยละของชั่วโมงทำงานที่มีค่า DGP ไม่เกิน 0.45 พบว่าแผงบังแดดที่อัตราส่วนช่องเปิด 30% 45% และ 60% มีค่า DGP ไม่เกิน 0.45 อยู่ 95%, 90% และ 89% ของชั่วโมงทำงาน

พบว่า ณ ตำแหน่ง (East) นี้ที่อัตราส่วนช่องเปิด 30% ผ่านเกณฑ์ ระดับชั้น C ที่กำหนดให้มีค่า DGP ต่ำกว่า 0.45 เป็นจำนวน 95%ของเวลาการทำงาน และสังเกตได้ว่าที่อัตราส่วนต่ำ คือ 30% จะมีค่าร้อยละชั่วโมงทำงานที่ผ่านเกณฑ์มากกว่า ที่อัตราส่วน 45% และ 60%



แผนภูมิที่ 11 ลำดับค่า DGP ตามสัดส่วนชั่วโมงทำงาน ที่อัตราส่วนช่องเปิด 30%, 45% และ 60% ตำแหน่ง (East)

ตารางที่ 24 แสดงการแบ่งระดับชั้นความสบายทางสายตาด้วยค่า DGP, ค่า DGP สูงสุดของ 95% และ ค่าเฉลี่ยค่า DGP ของ 5% สูงสุด ที่อัตราส่วนช่องเปิด 30%, 45% และ 60% ตำแหน่ง (East)

อัตราส่วนช่องเปิด	ค่า DGP สูงสุดที่ 95%ของ ชั่วโมงทำงาน	ค่าเฉลี่ย DGP สูงสุด 5% ของชั่วโมงทำงาน*	ระดับชั้น
30%	0.691	0.825	-
45%	0.878	0.878	-
60%	0.878	0.878	-

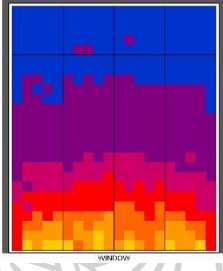
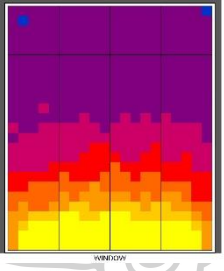
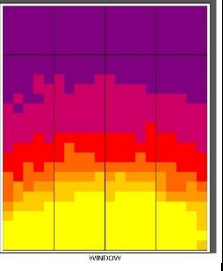
\*ค่าเฉลี่ย 5% สูงสุดต้องมีค่า : ระดับชั้น A ไม่เกิน 0.38, ระดับชั้น B ไม่เกิน 0.42 และ ระดับชั้น C ไม่เกิน 0.53

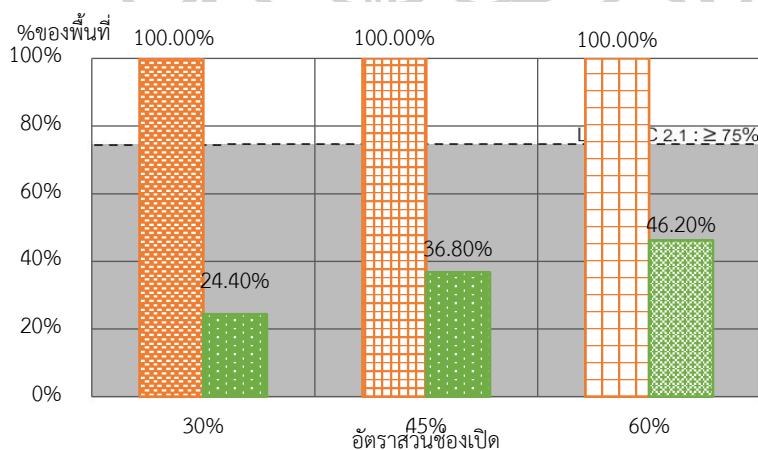
ณ ตำแหน่ง (East) นี้พบว่าแผงบังแดดที่อัตราส่วนช่องเปิด 30% 45% และ 60% มีค่าเฉลี่ยของค่า DGP สูงสุด 5% อยู่ที่ 0.825, 0.878 และ 0.878 ซึ่งมากกว่าที่กำหนดไว้ คือ ระดับชั้น C ต้องมีค่าเฉลี่ยของค่า DGP สูงสุด 5% ไม่เกิน 0.53

ดังนั้น ณ ตำแหน่ง (East) ซึ่งมุมมองหันไปทางทิศตะวันออกนี้ไม่มีตัวอย่างใดที่ผ่านเกณฑ์ ระดับชั้น C ที่กำหนดให้มีค่า DGP ต่ำกว่า 0.45 เป็นจำนวน 95%ของเวลาการทำงาน และจากแผนภูมิที่ 11 จะเห็นได้ว่าที่อัตราส่วนช่องเปิด 30% จะมีค่า DGP ต่ำกว่าที่ 45% และ 60%

### 2.3. การศึกษาเปรียบเทียบค่า Daylight Factor(DF) ของแผงบังแดดแบบฉลุที่อัตราส่วนช่องเปิด 30%, 45% และ 60%

ทำการศึกษาแสงสว่างจากแสดงธรรมชาติ โดยใช้ดัชนีชี้วัด Daylight Factor โดยเปรียบเทียบอัตราส่วนช่องเปิด 30%, 45%และ 60% ตารางที่ 25 เปรียบเทียบค่า Daylight Factor ของแผงบังแดด ที่อัตราส่วนช่องเปิด 30%, 45% และ 60%

Daylight Factor	อัตราส่วนช่องเปิด		
	30%	45%	60%
DF			
DF $\geq 2\%$	100.00%	100.00%	100.00%
DF $\geq 5\%$	24.40%	36.80%	46.20%



แผนภูมิที่ 12 เปรียบเทียบค่า DF ไม่น้อยกว่า 2% และ DF ไม่น้อยกว่า 5% ของแผงบังแดดที่อัตราส่วนช่องเปิด 30% 45% และ 60%

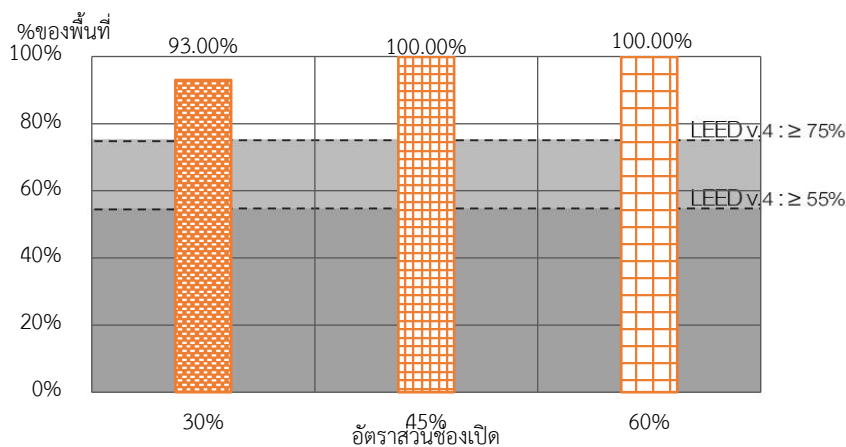
พบว่าร้อยละของพื้นที่ที่มีค่าระหว่างความส่องสว่างภายในต่อความส่องสว่างภายนอกไม่ต่ำกว่า 2% ( $DF \geq 2\%$ ) ของแผงบังแดดที่อัตราส่วนช่องเปิด 30% 45% และ 60% อยู่ที่ 100% ของพื้นที่ทุกอัตราส่วนช่องเปิด ซึ่งตามข้อกำหนด LEED NC 2.1 จะต้องมามีค่า DF ไม่ต่ำกว่า 2% ไม่น้อยกว่า 75% ของพื้นที่ ดังนั้นทุกตัวอย่างมีค่าได้ตามเกณฑ์ที่กำหนด

ค่า DF ไม่ต่ำกว่า 5% พบว่าที่อัตราส่วนช่องเปิด 30% 45% และ 60% อยู่ที่ 24.40%, 36.80% และ 46.20% ตามลำดับ หรือเมื่ออัตราส่วนช่องเปิดเพิ่มขึ้นมีผลให้ค่า DF เพิ่มขึ้น

#### 2.4. การศึกษาเปรียบเทียบค่า Daylight Autonomy (DA) และ Spatial Daylight Autonomy (sDA300/50%) ของแผงบังแดดแบบฉลุที่อัตราส่วนช่องเปิด 30%, 45% และ 60%

ตารางที่ 26 เปรียบเทียบแสงสว่างที่ DA300lx และ sDA300/50% ของแผงบังแดดแบบฉลุที่อัตราส่วนช่องเปิด 30%, 45% และ 60% ระยะห่าง 0.20 ม.

Daylight Autonomy	อัตราส่วนช่องเปิด		
	30%	45%	60%
DA300lx			
sDA300/50%	93.00%	100.00%	100.00%



แผนภูมิที่ 13 ค่า sDA300/50% ของแผงบังแดดแบบช่องฉลุที่ อัตราส่วนช่องเปิด 30%, 45% และ 60%


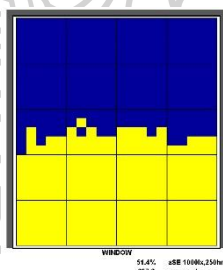
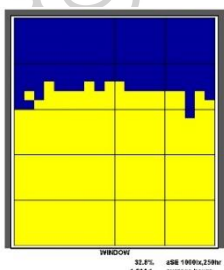
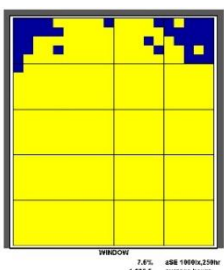
พบว่าเมื่อแผงบังแดดมีอัตราส่วนช่องเปิดเพิ่มขึ้น หรือมีพื้นที่ที่มีค่าความสว่างที่พื้นผิวการทำงาน 300 ลักซ์ มากกว่า 50% ชั่วโมงทำงาน หรือ ค่า sDA300/50% เพิ่มขึ้นโดยที่แผงบังแดดที่ช่องเปิดอัตราส่วน 30% มี 93% ของพื้นที่ผ่านเกณฑ์ sDA300/50% ส่วนที่อัตราส่วนช่องเปิด 45% และ 60% มีพื้นที่ที่ผ่านเกณฑ์ sDA300/50% ที่ 100% ของพื้นที่

ทั้งนี้ตามเกณฑ์ของ LEED v.4 นั้นกำหนดให้เมื่อมีค่า sDA300/50% ที่ 55% ของพื้นที่ทำงาน จากข้อกำหนดนี้จะพบว่าแผงบังแดดทุกอัตราส่วนช่องเปิดผ่านเกณฑ์

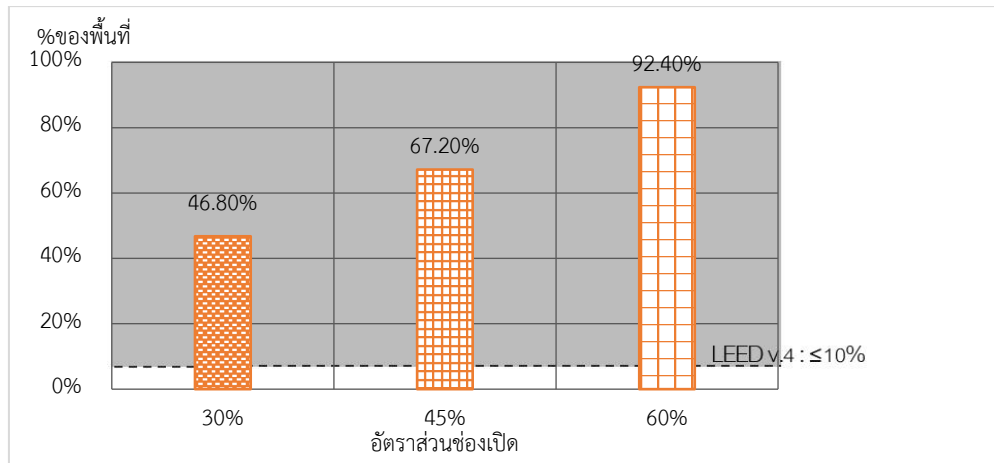
## 2.5. การศึกษาเปรียบเทียบค่า Annual Sunlight Exposure (ASE) ของแผงบังแดดแบบฉลุที่อัตราส่วนช่องเปิด 30%, 45% และ 60%

Annual Sunlight Exposure (ASE) คือ ร้อยละของชั่วโมงทำงานที่วัดระดับแสงตรงจากดวงอาทิตย์ที่มีค่าเกินกว่าเกณฑ์ที่กำหนด หรือ เกินกว่า 1000 ลักซ์ เป็นเวลา 250 ชั่วโมงทำงาน เขียนแทนได้ว่า ASE1000,250h

ตารางที่ 27 เปรียบเทียบค่า ASE1000,250h และค่าเฉลี่ยชั่วโมงทำงานที่มีแสงสว่างบนพื้นผิวการทำงานมากกว่า 1,000 ลักซ์ ของแผงบังแดดแบบฉลุที่อัตราส่วนช่องเปิด 30%, 45% และ 60%

ASE	อัตราส่วนช่องเปิด		
	30%	45%	60%
ASE1000 			
ASE1000,250h	46.80%	67.20%	92.40%
ค่าเฉลี่ยชั่วโมงที่มีพื้นผิวการทำงานมีค่าความสว่างมากกว่า 1000 ลักซ์	662.0 ชม.	1,014.10 ชม.	1,335.57 ชม.





แผนภูมิที่ 14 ร้อยละพื้นที่ที่มีค่าเกินกว่า ASE1000,250h ของแผงบังแดดแบบฉลุที่อัตราส่วนช่องเปิด 30%, 45% และ 60%

พบว่าเมื่ออัตราส่วนช่องเปิดเพิ่มขึ้น พื้นที่ที่มีค่า ASE1000,250h จะเพิ่มขึ้น โดยอัตราส่วนช่องเปิดที่ 30%, 45% และ 60% มีพื้นที่ได้รับแสงสว่างสูงกว่าเกณฑ์ ASE1000,250h เป็นพื้นที่ 46.80%, 67.20% และ 92.40% ของพื้นที่ห้องตามลำดับ ทั้งนี้ตามมาตรฐาน LEED v.4 กำหนดให้มีค่า ASE1000,250h ได้ไม่เกิน 10% ของพื้นที่ ดังนั้นจึงไม่มีตัวอย่างใดได้ตามเกณฑ์ที่กำหนด และจะพบว่าพื้นที่ที่มีค่าเกิน ASE1000,250h ที่อัตราส่วนช่องเปิดที่ 30% และ 45% จะอยู่ที่ระยะ 0 - 2.5 และ 0 - 3.5 เมตรจากหน้าต่าง และที่อัตราส่วนช่องเปิด 60% อยู่ที่ระยะ 0-5 เมตรจากหน้าต่าง

### 3. เปรียบเทียบแผงบังแดดแบบฉลุที่ ขนาดช่องฉลุ 0.05, 0.10 และ 0.15 เมตร (Hole Size)

โดยทำการเปรียบเทียบขนาดช่องฉลุที่ 0.05, 0.10 และ 0.15 เมตร ที่อัตราส่วนช่องเปิด 30% ระยะห่างจากผนังอาคาร 0.20 เมตร

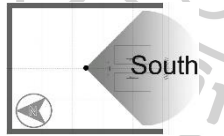
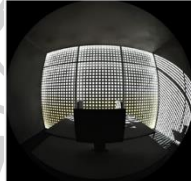

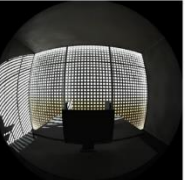



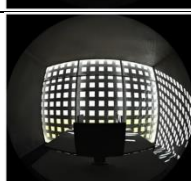
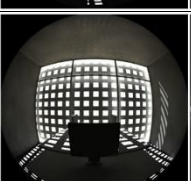

#### 3.1. การศึกษาเปรียบเทียบความน่าจะเป็นของแสงบาดตาจากแสงธรรมชาติ (Daylight Glare Probability : DGP) ของแผงบังแดดแบบฉลุที่ขนาดช่องฉลุ 0.05, 0.10 และ 0.15 ม.

ทำการศึกษาดำรงที่นั่งและมุมมอง 3 ตำแหน่ง คือ

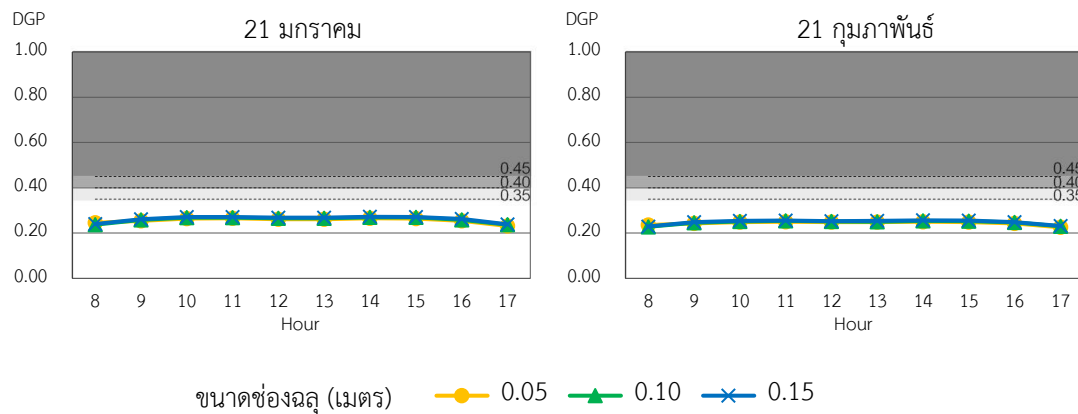
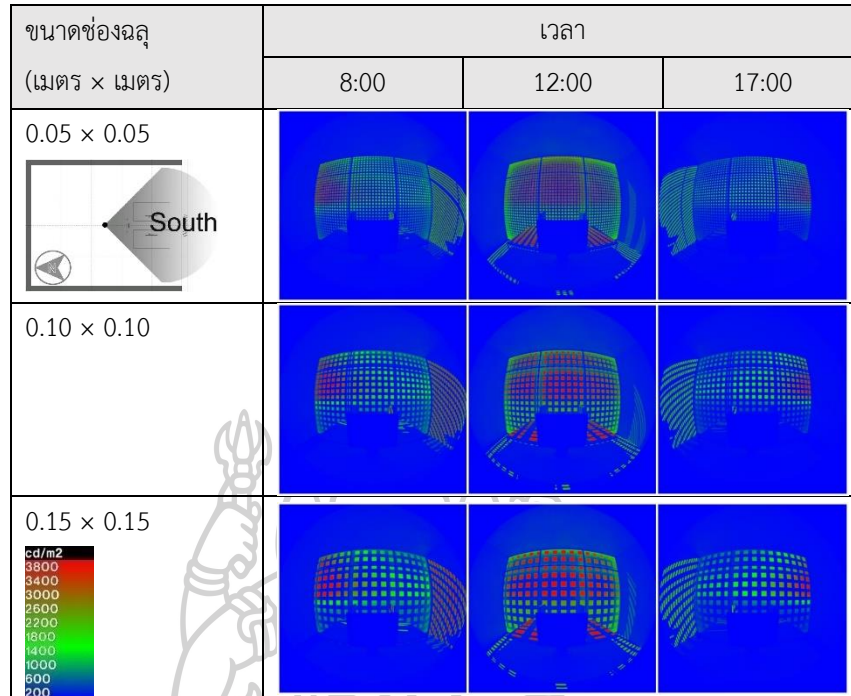
1. มุมมองหันไปทางทิศใต้ ตำแหน่ง (South)
2. มุมมองหันไปทางทิศตะวันตก ตำแหน่ง (West)
3. มุมมองหันไปทางทิศตะวันออก ตำแหน่ง (East)

##### 3.1.1. ผลการเปรียบเทียบค่า DGP ของแผงบังแดดแบบฉลุ ที่ขนาดช่องฉลุ 0.05 , 0.10 และ 0.15 เมตร ตำแหน่ง (South)

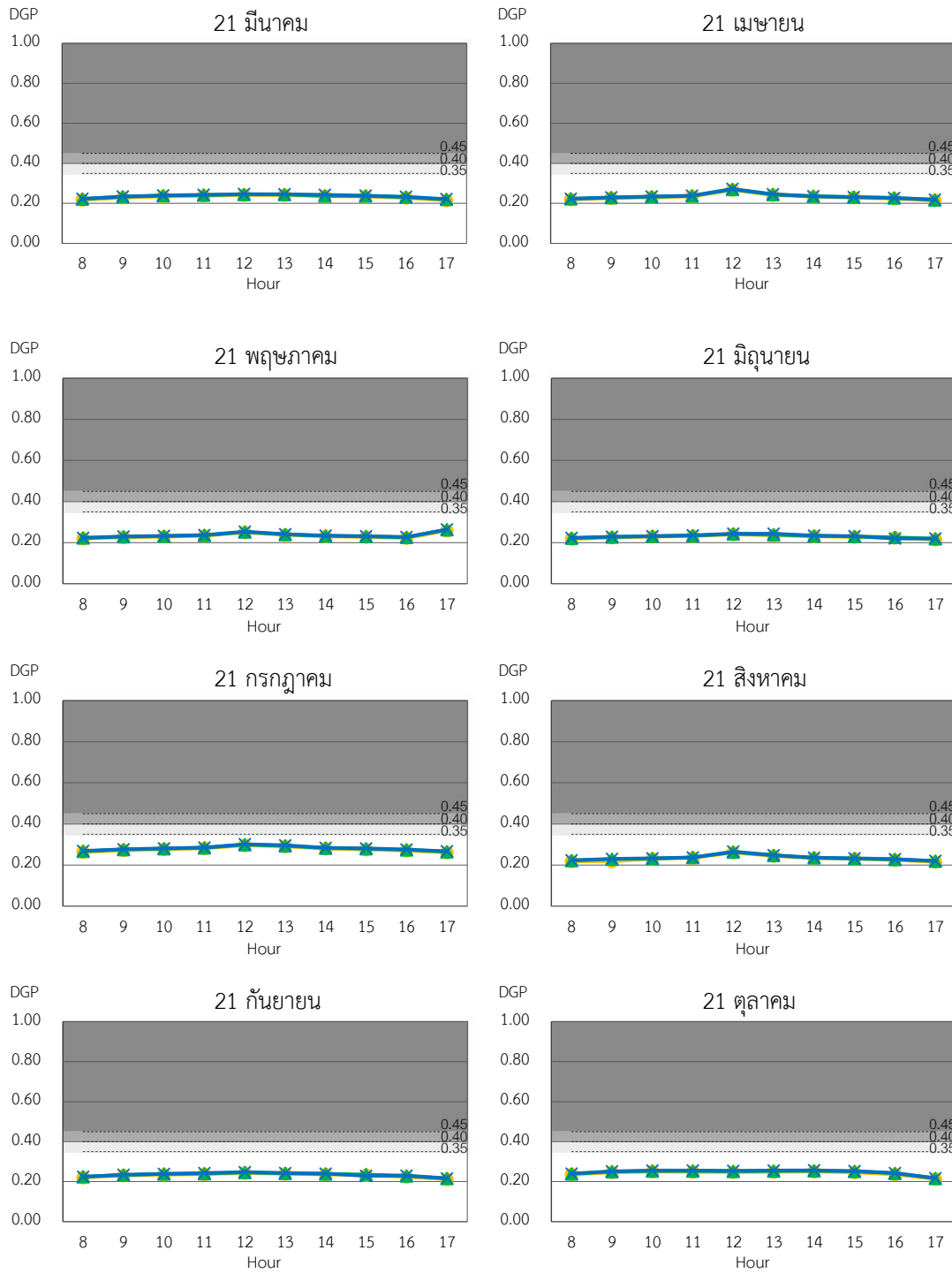
ตารางที่ 28 แสดงภาพจากตำแหน่ง (South) ที่ขนาดช่องฉลุ 0.05 , 0.10 และ 0.15 เมตร วันที่ 21 ธันวาคม

ขนาดช่องฉลุ (เมตร × เมตร)	เวลา		
	8:00	12:00	17:00n
0.05 × 0.05 			
0.10 × 0.10			
0.15 × 0.15			

ตารางที่ 29 แสดงภาพ False Color แสดงค่าความสว่าง (luminance) จากตำแหน่ง (South) ที่  
ขนาดช่องฉลุ 0.05, 0.10 และ 0.15 เมตร วันที่ 21 ธันวาคม

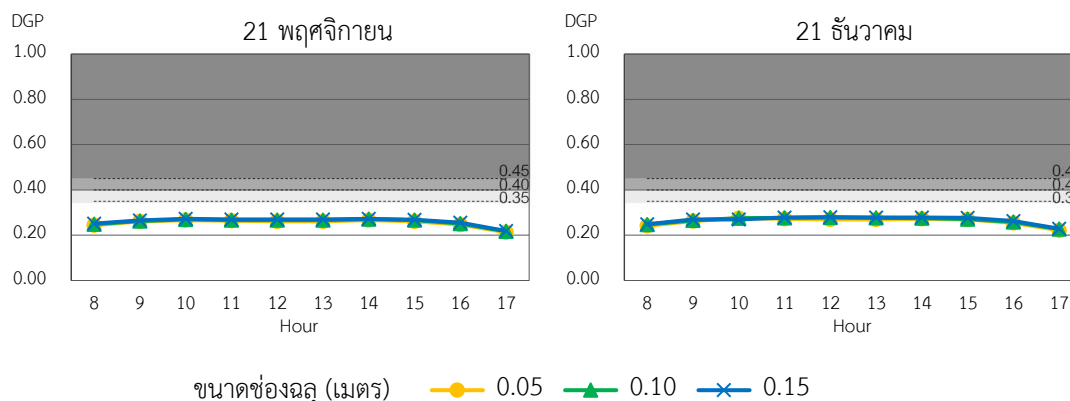


แผนภูมิที่ 15 แสดงค่า DGP จากตำแหน่ง (South) ของแผงบังแดดที่ช่องฉลุขนาด 0.05 , 0.10 และ  
0.15 เมตร



ขนาดช่องฉลุ (เมตร)    0.05    0.10    0.15

แผนภูมิที่ 15 แสดงค่า DGP จากตำแหน่ง (South) ของแผงบังแดดที่ช่องฉลุขนาด 0.05 , 0.10 และ 0.15 เมตร (ต่อ)



แผนภูมิที่ 15 แสดงค่า DGP จากตำแหน่ง (South) ของแผงบังแดดที่ช่องฉลุขนาด 0.05 , 0.10 และ 0.15 เมตร (ต่อ)

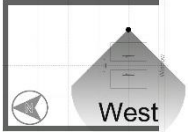

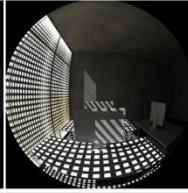


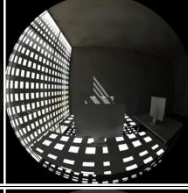
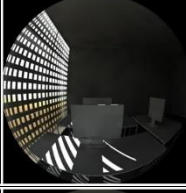



โดยเมื่อเปรียบเทียบในช่วงเวลาต่างๆของวัน พบว่าค่า DGP ของแผงบังแดดที่ขนาดช่องฉลุใหญ่กว่ามีค่ามากกว่า โดยที่ขนาดช่องฉลุ 0.15 ม.จะมีค่ามากที่สุดรองลงมา คือ 0.10 ม. และ 0.05ม. ตามลำดับ

โดยมีการเปลี่ยนแปลงของค่า DGP ในช่วงวันคือ เวลา 8.00 ค่า DGP จะต่ำแล้วเพิ่มขึ้นสูงจนถึงเวลา 12.00น. แล้วลดลงต่ำอีกครั้งในช่วงบ่ายและเย็น ส่วนในเดือน พฤศจิกายน – มกราคม มีช่วงเวลาสูงสุด 2 ครั้งคือที่เวลา 11.00 และ 14.00 น แล้วจึงลดต่ำลง เช่น ในวันที่ 21 ธันวาคม เวลา 8.00 น. จะมีค่า DGP ของ 0.05, 0.10 และ 0.15 ม. ที่ 0.242, 0.247 และ 0.248 ตามลำดับ และเพิ่มขึ้นโดยที่เวลา 12.00 น.มีค่า DGP ที่ 0.270, 0.278 และ 0.280 แล้วลดลงที่ 0.222, 0.227 และ 0.229 ที่เวลา 17.00 น.

เมื่อเปรียบเทียบในช่วงเดือนที่ต่างกัน พบว่าเดือนมิถุนายน จะมีค่า DGP ต่ำที่สุด โดยมีค่า DGP ของ 0.05, 0.10 และ 0.15 ม. วันที่ 21 มิถุนายน เวลา 12.00 น. มีค่า 0.240, 0.242 และ 0.244 ค่าจะเพิ่มขึ้นทุกเดือนจนสูงที่สุดในเดือนธันวาคม โดยที่ค่า DGP ของ 0.05 0.10 และ 0.15 วันที่ 21 ธันวาคม เวลา 12.00 น. มีค่า 0.270, 0.278 และ 0.280 แล้วในเดือนถัดไปค่า DGP จึงลดลงอีกครั้ง

3.1.2. ผลการเปรียบเทียบค่า DGP ของแผงบังแดดแบบฉลุ ขนาดช่องฉลุ 0.05, 0.10 และ 0.15 เมตร มุมมองหันไปทางทิศตะวันตก ตำแหน่ง (West)

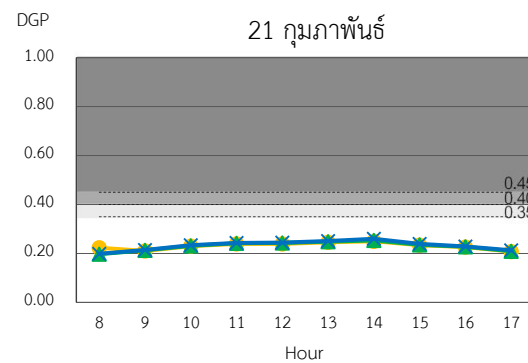
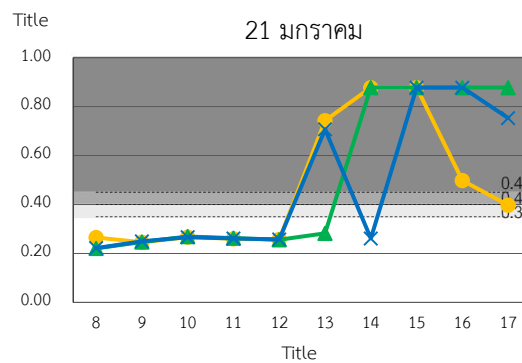
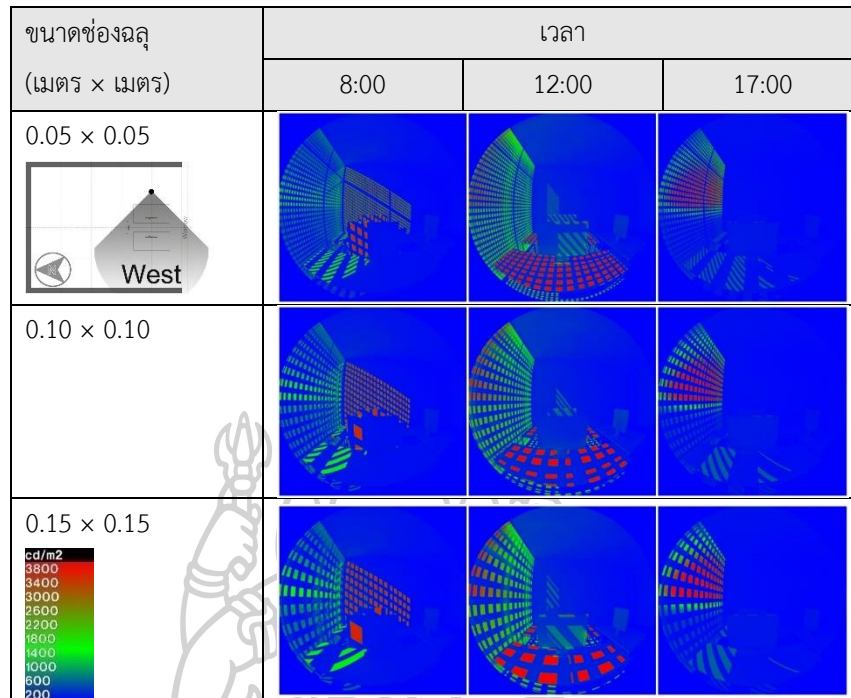
ตารางที่ 30 แสดงภาพจากตำแหน่ง (West) ที่ขนาดช่องฉลุ 0.05, 0.10 และ 0.15 เมตร วันที่ 21 ธันวาคม

ขนาดช่องฉลุ (เมตร × เมตร)	เวลา		
	8:00	12:00	17:00n
0.05 × 0.05 			
0.10 × 0.10			
0.15 × 0.15			



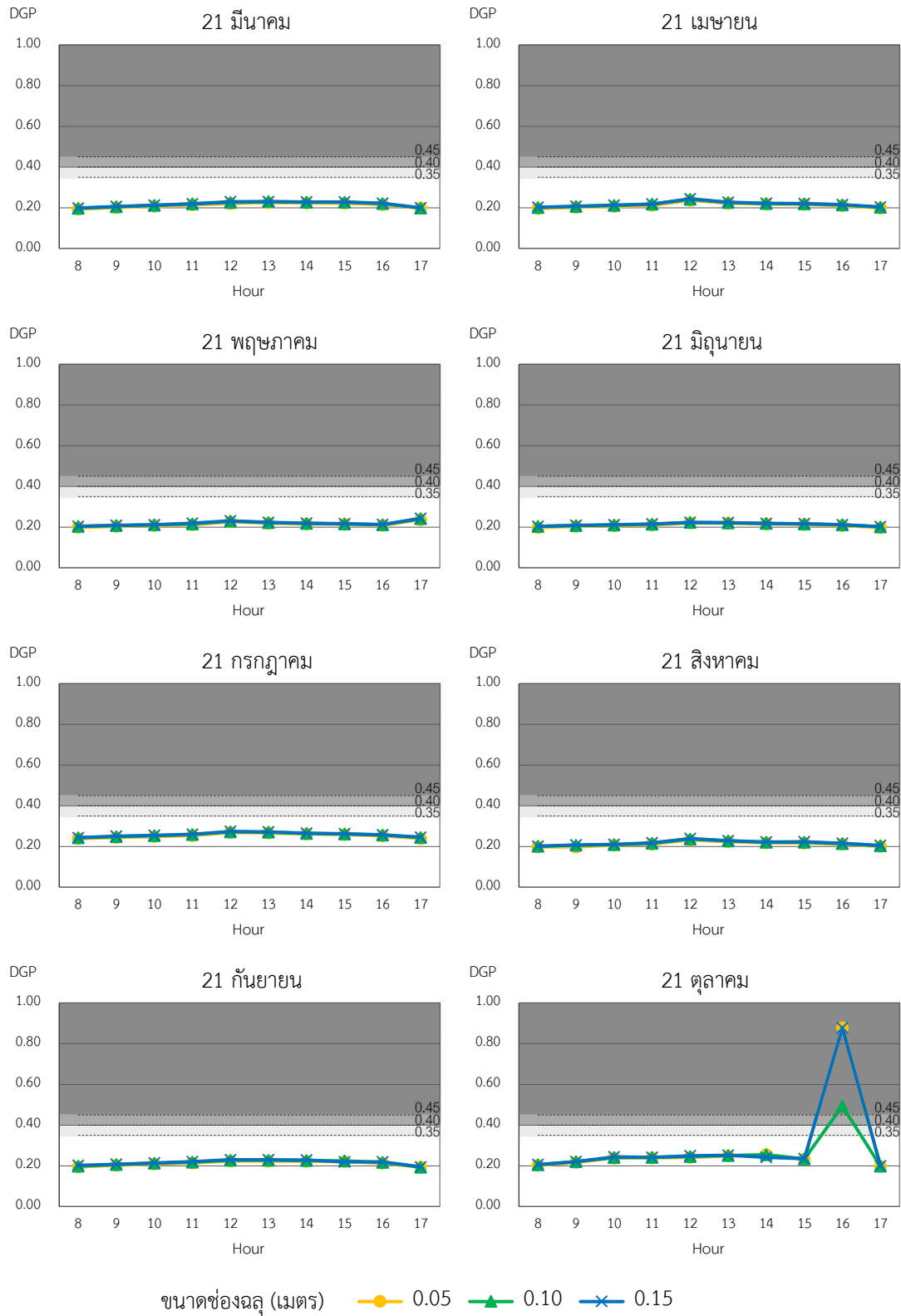


ตารางที่ 31 แสดงภาพ False Color แสดงค่าความสว่าง (luminance) จากตำแหน่ง (West) ที่ขนาดช่องฉลุ 0.05, 0.10 และ 0.15 เมตร วันที่ 21 ธันวาคม

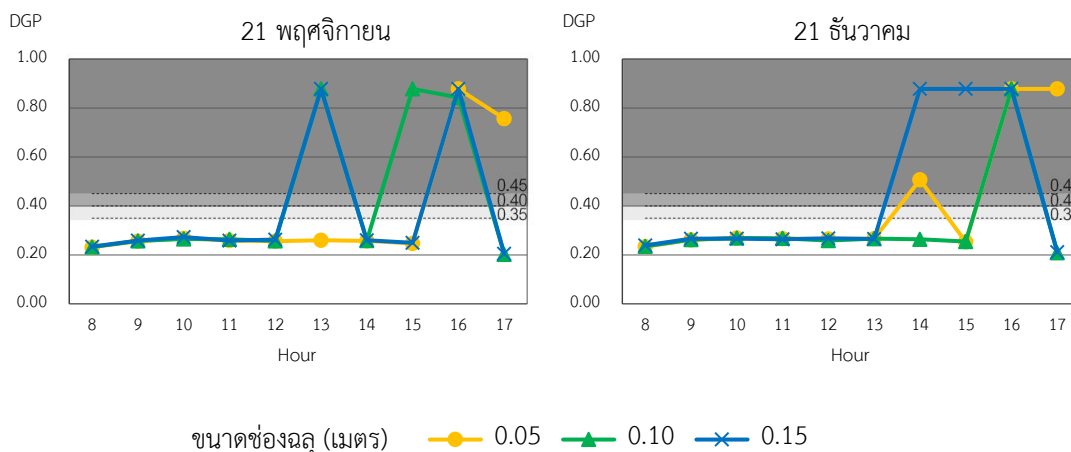


ขนาดช่องฉลุ (เมตร)    ● 0.05    ▲ 0.10    × 0.15

แผนภูมิที่ 16 แสดงค่า DGP จากตำแหน่ง (West) ของแผงบังแดดที่ช่องฉลุขนาด 0.05 , 0.10 และ 0.15 เมตร



แผนภูมิที่ 16 แสดงค่า DGP จากตำแหน่ง (West) ของแผงบังแดดที่ช่องฉลขนาด 0.05 , 0.10 และ 0.15 เมตร (ต่อ)



แผนภูมิที่ 16 แสดงค่า DGP จากตำแหน่ง (West) ของแผงบังแดดที่ช่องฉลุขนาด 0.05 , 0.10 และ 0.15 เมตร (ต่อ)

โดยเมื่อเปรียบเทียบในช่วงเวลาต่างๆของวัน พบว่ารูปแบบค่า DGP มีอยู่ 2 ลักษณะคือ

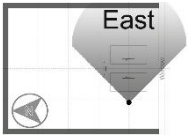
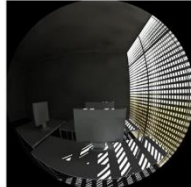


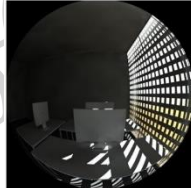





เดือนกุมภาพันธ์ – กันยายน มีการเปลี่ยนแปลงของค่า DGP ในช่วงวัน คือ เวลา 8.00 ค่า DGP จะต่ำแล้วเพิ่มขึ้นสูงจนถึงเวลา 12.00น. ยกเว้นเดือนกุมภาพันธ์ ที่ค่าขึ้นสูงสุดที่เวลา 14.00 แล้วลดลงต่ำอีกครั้งในช่วงบ่ายและเย็น เช่น เดือนมิถุนายน มีค่า DGP ของ 0.05, 0.10 และ 0.15 ม. ที่เวลา 8.00 น. 0.197, 0.203 และ 0.204 เพิ่มขึ้นที่เวลา 12.00น. มีค่า 0.220, 0.222 และ 0.223 แล้วลดลง โดยที่เวลา 17.00น. มีค่า 0.197, 0.201 และ 0.202

เดือนตุลาคม – มกราคม ค่า DGP บางช่วงมีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว โดยไม่สัมพันธ์กับขนาดช่องฉลุ โดยการเปลี่ยนแปลงของค่า DGP ในช่วงวันคือ เวลา 8.00 ค่า DGP จะต่ำแล้วเพิ่มขึ้นหลังจาก 12.00น. ค่า DGP มีการเพิ่มขึ้น และมีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว เช่น วันที่ 21 ธันวาคม เวลา 8.00 น. จะมีค่า DGP ของ 0.05 0.10 และ 0.15 -ที่ 0.234, 0.235 และ 0.239 ตามลำดับ และเพิ่มขึ้นโดยที่เวลา 12.00น.มีค่า DGP ที่ 0.266,0.258 และ 0.268 และที่เวลา 17.00 น. มีค่า DGP ที่ 0.878, 0.209 และ 0.211 ซึ่งจะพบว่าที่เวลา 12.00 และ 17.00 ช่องฉลุขนาดใหญ่ ไม่ได้มีค่า DGP มากกว่าช่องฉลุขนาดเล็ก

เมื่อเปรียบเทียบในช่วงเดือนที่ต่างกัน พบว่าเดือนมิถุนายน จะมีค่า DGP ต่ำที่สุด ค่า DGP ของ 0.05, 0.10 และ 0.15 ม. วันที่ 21 มิ.ย เวลา 12.00น. มีค่า 0.220, 0.222 และ 0.223 ค่าจะเพิ่มขึ้นทุกเดือนจนสูงที่สุดในเดือนธันวาคม โดยที่ค่า DGP ของ 0.05 0.10 และ 0.15 ที่ 21 ธันวาคม เวลา 12.00 น. มีค่า 0.266, 0.258 และ 0.268 แล้วในเดือนถัดไปค่า DGP จึงลดลงอีกครั้ง

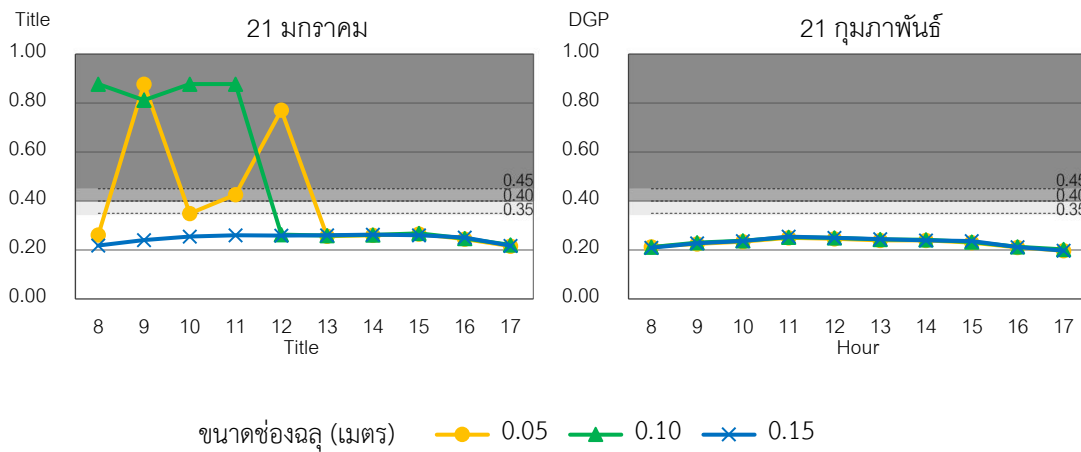
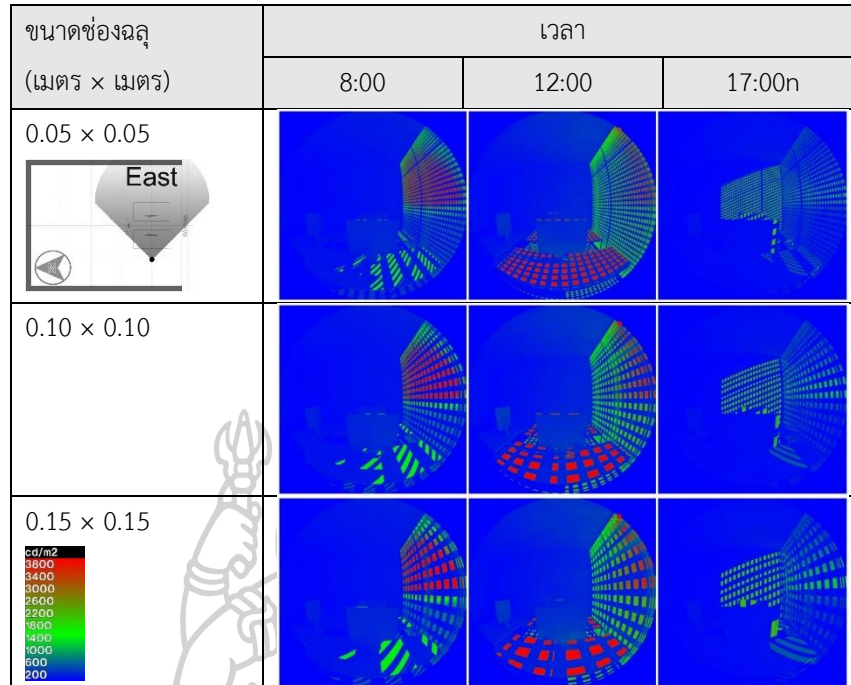
3.1.3. ผลการเปรียบเทียบค่า DGP ของแผงบังแดดแบบฉลุ อัตราส่วนช่องเปิด 30% ขนาดช่องฉลุ 0.05, 0.10 และ 0.15 เมตร ระยะห่าง 0.20 เมตร มุมมองหันไปทางทิศ ตะวันออก ตำแหน่ง (East)

ตารางที่ 32 แสดงภาพจากตำแหน่ง (East) ที่ขนาดช่องฉลุ 0.05, 0.10 และ 0.15 เมตร วันที่ 21 ธันวาคม

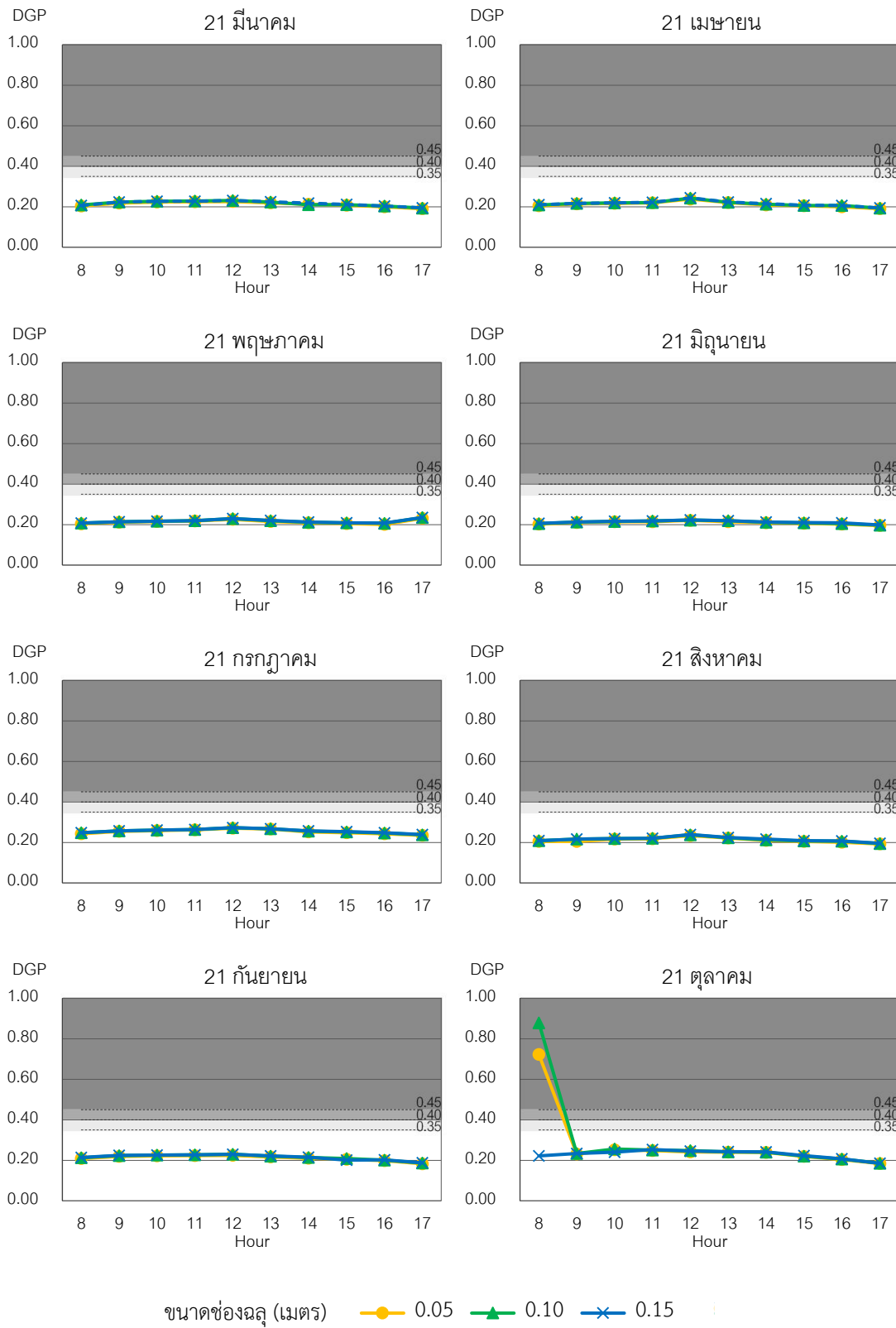
ขนาดช่องฉลุ (เมตร × เมตร)	เวลา		
	8:00	12:00	17:00n
0.05 × 0.05 			
0.10 × 0.10			
0.15 × 0.15			



ตารางที่ 33 แสดงภาพ False Color แสดงค่าความสว่าง (luminance) จากตำแหน่ง (East) ที่ขนาดช่องฉลุ 0.05 , 0.10 และ 0.15 เมตร วันที่ 21 ธันวาคม

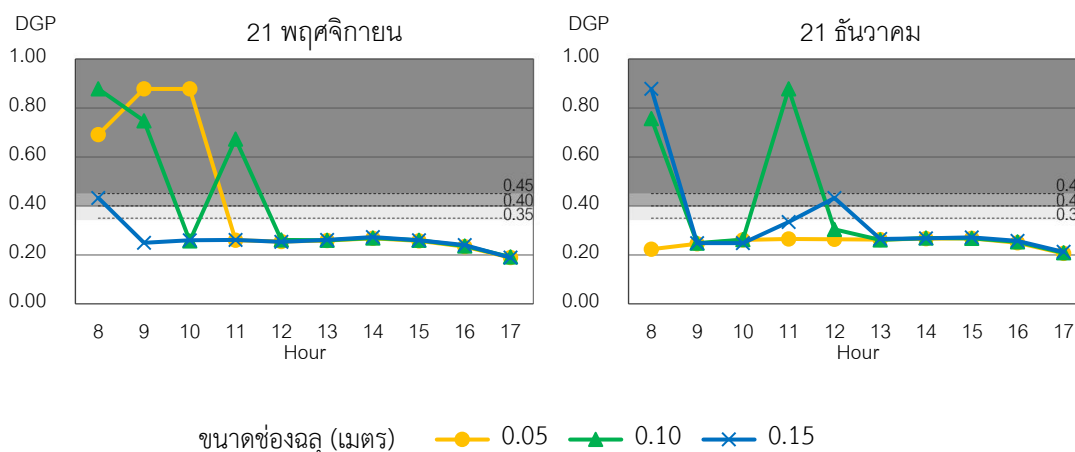


แผนภูมิที่ 17 แสดงค่า DGP จากตำแหน่ง (East) ของแผงบังแดดที่ช่องฉลุขนาด 0.05 , 0.10 และ 0.15 เมตร



แผนภูมิที่ 17 แสดงค่า DGP จากตำแหน่ง (East) ของแผงบังแดดที่ช่องฉลุขนาด 0.05 , 0.10 และ 0.15 เมตร (ต่อ)





แผนภูมิที่ 17 แสดงค่า DGP จากตำแหน่ง (East) ของแผงบังแดดที่ช่องฉลุขนาด 0.05 , 0.10 และ 0.15 เมตร (ต่อ)

โดยเมื่อเปรียบเทียบในช่วงเวลาต่างๆของวัน พบว่ารูปแบบค่า DGP มีอยู่ 2 ลักษณะคือ

เดือนกุมภาพันธ์ – กันยายน นั้นพบว่าช่องฉลุขนาดใหญ่ มีค่า DGP มากกว่าเล็กน้อย และในบางช่วงเวลาค่า DGP ของช่องฉลุ 0.05, 0.10 และ 0.15 ม. มีค่าเท่ากัน โดยมีการเปลี่ยนแปลงของค่า DGP ในช่วงวันคือ เวลา 8.00 ค่า DGP จะต่ำแล้วเพิ่มขึ้นสูงจนถึงเวลา 12.00น. ยกเว้นเดือน กุมภาพันธ์ ที่ค่าขึ้นสูงสุดที่เวลา 14.00 แล้วลดลงต่ำอีกครั้งในช่วงบ่ายและเย็น เช่น เดือนมิถุนายน มีค่า DGP ของ 0.05, 0.10 และ 0.15 ม. ที่เวลา 8.00 น. 0.202, 0.205 และ 0.206 เพิ่มขึ้นที่เวลา 12.00 น. มีค่า 0.221, 0.222 และ 0.223 แล้วลดลง โดยที่เวลา 17.00น. มีค่า 0.195, 0.197 และ 0.198

ส่วนในเดือน ตุลาคม – มกราคม ค่า DGP บางช่วงมีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว โดยไม่สัมพันธ์กับขนาดช่องฉลุ โดยการเปลี่ยนแปลงของค่า DGP ในช่วงวันคือ เวลา 8.00 -12.00 น. ค่า DGP จะมีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว และหลังจาก 12.00 น.ค่า DGP จะมีการลดลง เช่น วันที่ 21ธันวาคม เวลา 8.00 น. จะมีค่า DGP ของ 0.05, 0.10 และ 0.15 ม. ที่ 0.223, 0.757 และ 0.878 ตามลำดับ ที่เวลา 11.00 น.มีค่า DGP ที่ 0.265, 0.878 และ 0.334 ที่เวลา 12.00 น.มีค่า DGP ที่ 0.263, 0.304 และ 0.432 และที่เวลา 17.00 น. มีค่า DGP ที่ 0.206, 0.208 และ 0.212 ซึ่งจะพบว่า ที่เวลา 11.00 และ 12.00 ช่องฉลุขนาด 0.05 และ 0.10 มีค่าลดลง ขณะที่ช่องฉลุ 0.15 มีค่าเพิ่มขึ้น ดังนั้นในช่วงเวลา 8.00 - 12.00 น. ของเดือน ตุลาคม – มกราคม ขนาดช่องฉลุไม่สัมพันธ์กับค่า DGP

เมื่อเปรียบเทียบในช่วงเดือนที่ต่างกัน พบว่าเดือนมิถุนายน จะมีค่า DGP ต่ำที่สุด ค่า DGP ของ 0.05, 0.10 และ 0.15 ม. วันที่ 21 มิ.ย เวลา 12.00น. มีค่า 0.221, 0.222 และ 0.223

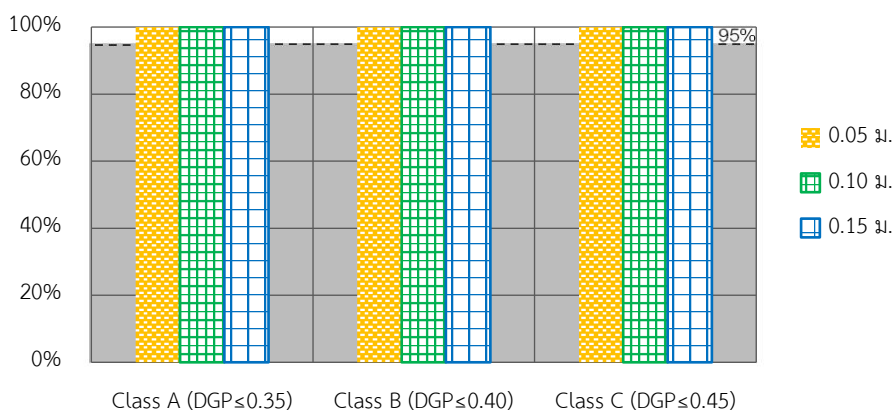
ค่าจะเพิ่มขึ้นทุกเดือนจนสูงที่สุดในเดือนธันวาคมโดยที่ค่า DGP ของ 0.05, 0.10 และ 0.15 ม. ที่ 21 ธันวาคม เวลา 12.00 น. มีค่า 0.263, 0.304 และ 0.432 แล้วในเดือนถัดไปค่า DGP จึงลดลงอีกครั้ง

**3.2. การศึกษาเปรียบเทียบค่า DGP เพื่อแบ่งระดับชั้นความสบายทางสายตา(DGP Limit) ของแผงบังแดดแบบฉลุ ที่ขนาดช่องฉลุ 0.05, 0.10 และ 0.15 ม**

**3.2.1. ผลการเปรียบเทียบระดับชั้นด้วยค่า DGP (DGP Limit) ที่ขนาดช่องฉลุ 0.05, 0.10 และ 0.15 ม. ตำแหน่ง (South)**

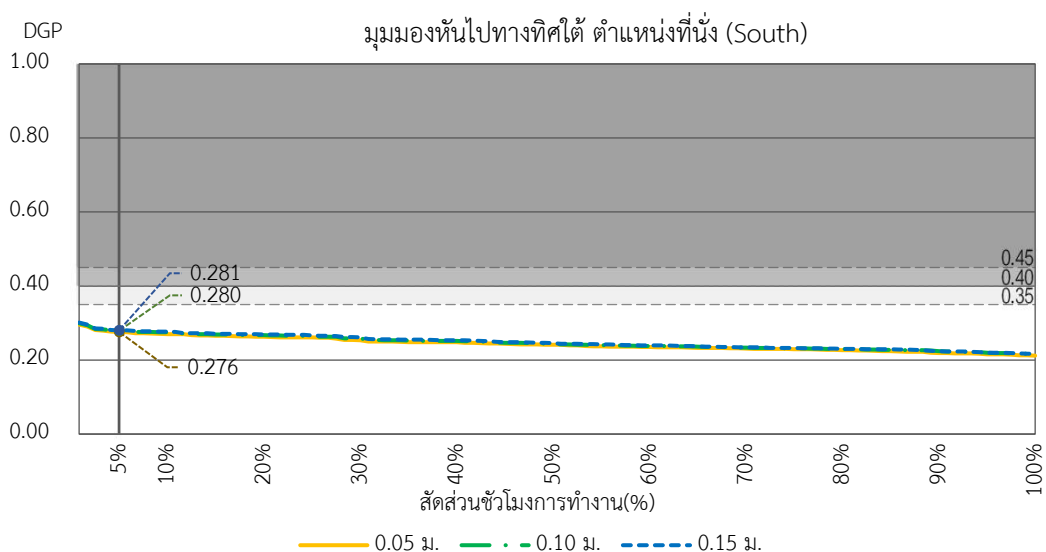
ตารางที่ 34 แสดงร้อยละของช่วงเวลาที่มียูค่า DGP ต่ำกว่า 0.35 (ระดับชั้น A), 0.40 (ระดับชั้น B) และ 0.45 (ระดับชั้น C) ที่ขนาดช่องฉลุ 0.05, 0.10 และ 0.15 ม. ตำแหน่ง (South)

ขนาดช่องฉลุ (เมตร×เมตร)	ร้อยละของค่า DGP ที่ผ่านเกณฑ์		
	DGP ≤ 0.35 (ระดับชั้น A)	DGP ≤ 0.40 (ระดับชั้น B)	DGP ≤ 0.45 (ระดับชั้น C)
0.05 × 0.05	100%	100%	100%
0.10 × 0.10	100%	100%	100%
0.15 × 0.15	100%	100%	100%



แผนภูมิที่ 18 แสดงค่าร้อยละของช่วงเวลาที่ค่า DGP ต่ำกว่า 0.35, 0.40 และ 0.45 ที่ช่องฉลุขนาด 0.05, 0.10 และ 0.15 ม. ตำแหน่ง (South)

ที่ ระดับชั้น A หรือ ร้อยละของชั่วโมงทำงานที่มีค่า DGP ไม่เกิน 0.35 พบว่าแผงบังแดดที่ขนาดช่องฉลุ 0.05, 0.10 และ 0.15 ม. มีร้อยละของเวลาที่มีค่า DGP ไม่เกิน 0.35 อยู่ 100%, 100% และ 100% ของชั่วโมงทำงาน



แผนภูมิที่ 19 ลำดับค่า DGP ตามสัดส่วนชั่วโมงทำงาน ที่อัตราส่วนช่องเปิด 30%, 45% และ 60% ตำแหน่ง (South)

ตารางที่ 35 แสดงการแบ่งระดับชั้นความสบายทางสายตาด้วยค่า DGP, ค่า DGP สูงสุดของ 95% และ ค่าเฉลี่ยค่า DGP ของ 5% สูงสุด ที่ขนาดช่องฉลุ 0.05, 0.10 และ 0.15 ม. ตำแหน่ง (South)

ขนาดช่องฉลุ (เมตร×เมตร)	ค่า DGP สูงสุดที่ 95% ของ ชั่วโมงทำงาน	ค่าเฉลี่ย DGP สูงสุด 5% ของ ชั่วโมงทำงาน*	ระดับชั้น
0.05 × 0.05	0.276	0.285	A
0.10 × 0.10	0.280	0.288	A
0.15 × 0.15	0.281	0.290	A

\*ค่าเฉลี่ย 5% สูงสุดต้องมีค่า : ระดับชั้น A ไม่เกิน 0.38, ระดับชั้น B ไม่เกิน 0.42 และ ระดับชั้น C ไม่เกิน 0.53

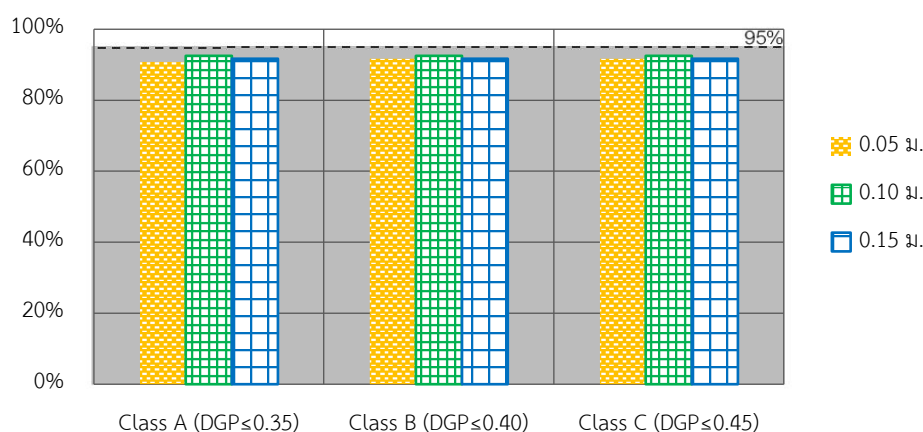
จะพบว่าแผงบังแดดที่อัตราส่วนช่องเปิด 30% ช่องฉลุ 0.05, 0.10 และ 0.15 ม. ตำแหน่ง (South) ผ่านเกณฑ์ ระดับชั้น A ทั้งหมด คือมีค่า DGP ไม่เกิน 0.35 อยู่ 100% ของชั่วโมงทำงาน และมีค่าเฉลี่ยของค่า DGP สูงสุด 5% อยู่ที่ 0.285, 0.288 และ 0.290 ตามเกณฑ์ ระดับชั้น A ที่กำหนดให้ไม่เกิน 0.380

พบว่าขนาดช่องฉลุมีผลต่อค่า DGP โดยเมื่อขนาดช่องฉลุเพิ่มขึ้น ค่า DGP จะเพิ่มขึ้นไปด้วย แต่การเพิ่มขึ้นของค่า DGP ไม่ส่งผลต่อการเปลี่ยนระดับชั้นของค่าความสบายทางสายตา

### 3.2.2. ผลการเปรียบเทียบระดับชั้นด้วยค่า DGP (DGP Limit) ที่ขนาดช่องฉลุ 0.05, 0.10 และ 0.15 ม. ตำแหน่ง (West)

ตารางที่ 36 แสดงร้อยละของช่วงเวลาที่มียค่า DGP ต่ำกว่า 0.35 (ระดับชั้น A), 0.40 (ระดับชั้น B) และ 0.45 (ระดับชั้น C) ที่ขนาดช่องฉลุ 0.05, 0.10 และ 0.15 ม. ตำแหน่ง (West)

ขนาดช่องฉลุ (เมตร×เมตร)	ร้อยละของค่า DGP ที่ผ่านเกณฑ์		
	DGP≤0.35 (ระดับชั้น A)	DGP≤0.40 (ระดับชั้น B)	DGP ≤0.45 (ระดับชั้น C)
0.05 × 0.05	91%	91%	91%
0.10 × 0.10	93%	93%	93%
0.15 × 0.15	92%	92%	92%

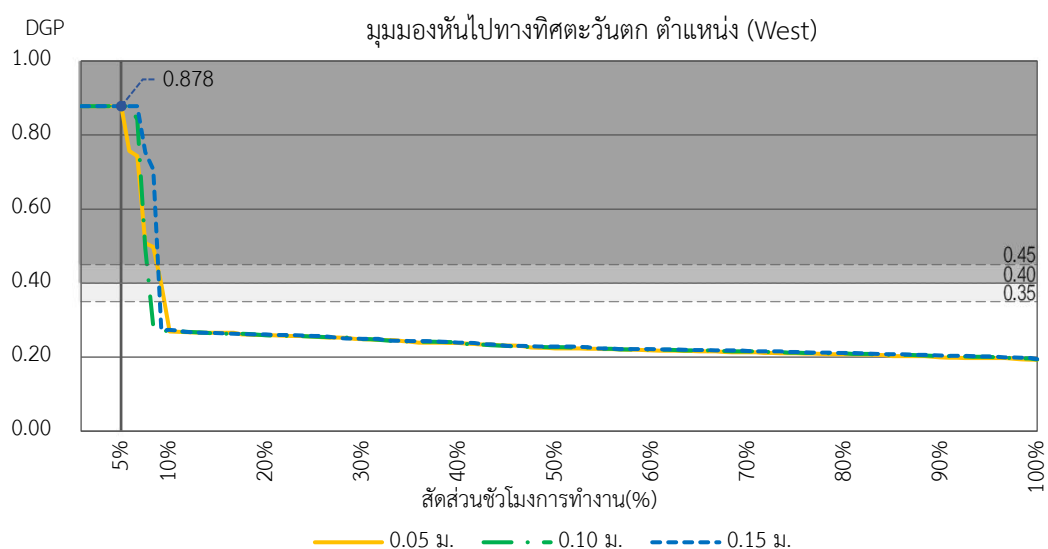


แผนภูมิที่ 20 แสดงค่าร้อยละของช่วงเวลาที่ค่า DGP ต่ำกว่า 0.35, 0.40 และ 0.45 ที่ขนาดช่องฉลุ 0.05, 0.10 และ 0.15 ม. ตำแหน่ง (West)

ที่ระดับชั้น A หรือ ร้อยละของชั่วโมงทำงานที่มีค่า DGP ไม่เกิน 0.35 พบว่าแผงบังแดดที่ขนาดช่องฉลุ 0.05, 0.10 และ 0.15 มีร้อยละของเวลาที่มีค่า DGP ไม่เกิน 0.35 มีจำนวน 91%, 93% และ 92% ของชั่วโมงทำงาน

ที่ระดับชั้น B หรือ ร้อยละของชั่วโมงทำงานที่มีค่า DGP ไม่เกิน 0.40 พบว่าแผงบังแดดที่ขนาดช่องฉลุ 0.05, 0.10 และ 0.15 มีร้อยละของเวลาที่มีค่า DGP ไม่เกิน 0.40 มีจำนวน 91%, 93% และ 92% ของชั่วโมงทำงาน

ที่ระดับชั้น C หรือ ร้อยละของชั่วโมงทำงานที่มีค่า DGP ไม่เกิน 0.45 พบว่าแผงบังแดดที่ขนาดช่องฉลุ 0.05, 0.10 และ 0.15 มีร้อยละของเวลาที่มีค่า DGP ไม่เกิน 0.45 มีจำนวน 91%, 93% และ 92 ของชั่วโมงทำงาน



แผนภูมิที่ 21 ลำดับค่า DGP ตามสัดส่วนชั่วโมงทำงาน ที่ขนาดช่องฉลุ 0.05, 0.10 และ 0.15 ม. ตำแหน่ง (West)

ตารางที่ 37 แสดงการแบ่งระดับชั้นความสบายทางสายตาด้วยค่า DGP, ค่า DGP สูงสุดของ 95% และ ค่าเฉลี่ยค่า DGP ของ 5% สูงสุด ที่ขนาดช่องฉลุ 0.05, 0.10 และ 0.15 ม. ตำแหน่ง (West)

ขนาดช่องฉลุ (เมตร×เมตร)	ค่า DGP สูงสุดที่ 95%ของ ชั่วโมงทำงาน	ค่าเฉลี่ย DGP สูงสุด 5% ของชั่วโมงทำงาน*	ระดับชั้น
0.05 × 0.05	0.878	0.878	-
0.10 × 0.10	0.878	0.878	-
0.15 × 0.15	0.878	0.878	-

\*ค่าเฉลี่ย 5% สูงสุดต้องมีค่า : ระดับชั้น A ไม่เกิน 0.38, ระดับชั้น B ไม่เกิน 0.42 และ ระดับชั้น C ไม่เกิน 0.53

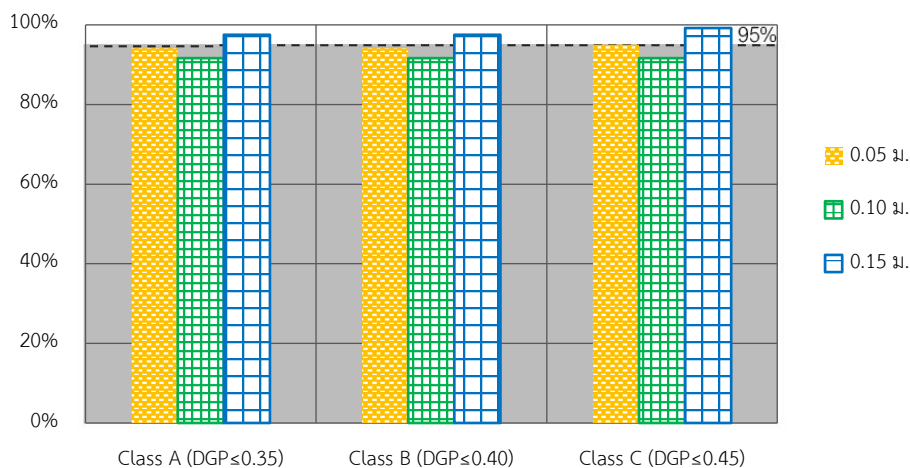
จะพบว่าแผงบังแดดที่อัตราส่วนช่องเปิด 30% ช่องฉลุ 0.05, 0.10 และ 0.15 ม. ตำแหน่ง (West) ไม่ผ่านเกณฑ์ ระดับชั้น C ทั้งหมด คือมีค่า DGP ไม่เกิน 0.45 อยู่ จำนวน 91%, 93% และ 92% ของชั่วโมงทำงาน ซึ่งตามเกณฑ์กำหนดให้มีค่าไม่น้อยกว่า 95% ของชั่วโมงทำงาน และมีค่าเฉลี่ยของค่า DGP สูงสุด 5% อยู่ที่ 0.878 ตามเกณฑ์ ระดับชั้น C ที่กำหนดให้ไม่เกิน 0.530

พบว่าที่ตำแหน่ง (West) นี้ค่า DGP ไม่มีความสัมพันธ์กับการเพิ่มขึ้นหรือลดลงของขนาดช่องฉลุ

### 3.2.3. ผลการเปรียบเทียบระดับชั้นด้วยค่า DGP (DGP Limit) ที่ขนาดช่องฉลุ 0.05, 0.10 และ 0.15 ม. ตำแหน่ง (East)

ตารางที่ 38 แสดงร้อยละของช่วงเวลาที่มียค่า DGP ต่ำกว่า 0.35 (ระดับชั้น A), 0.40 (ระดับชั้น B) และ 0.45 (ระดับชั้น C) ที่ขนาดช่องฉลุ 0.05, 0.10 และ 0.15 ม. ตำแหน่ง (East)

ขนาดช่องฉลุ (เมตร×เมตร)	ร้อยละของค่า DGP ที่ผ่านเกณฑ์		
	DGP ≤ 0.35 (ระดับชั้น A)	DGP ≤ 0.40 (ระดับชั้น B)	DGP ≤ 0.45 (ระดับชั้น C)
0.05 × 0.05	94%	94%	95%
0.10 × 0.10	92%	92%	92%
0.15 × 0.15	98%	98%	99%



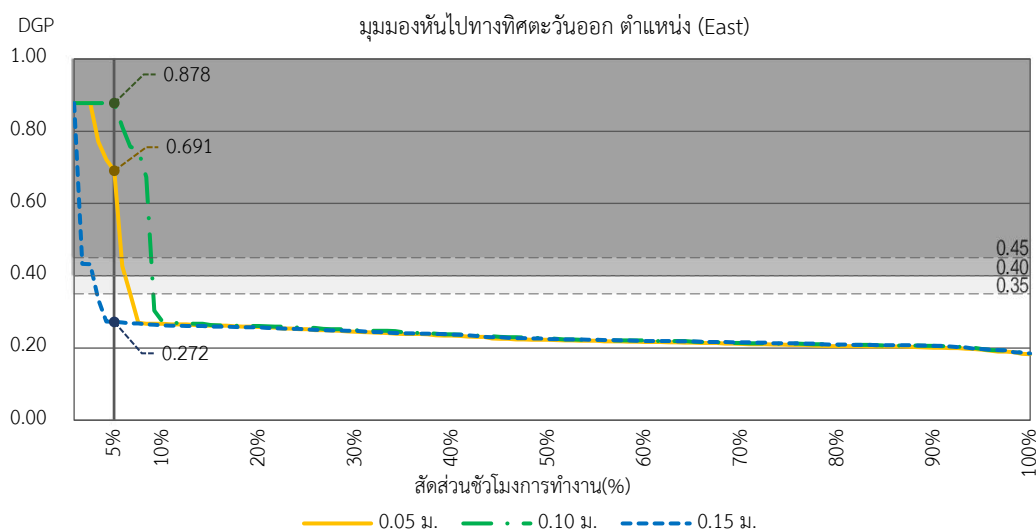
แผนภูมิที่ 22 แสดงค่าร้อยละของช่วงเวลาที่มียค่า DGP ต่ำกว่า 0.35, 0.40 และ 0.45 ที่ขนาดช่องฉลุ 0.05, 0.10 และ 0.15 ม. ตำแหน่ง (East)

ที่ ระดับชั้น A หรือ ร้อยละของชั่วโมงทำงานที่มีค่า DGP ไม่เกิน 0.35 พบว่าแผงบังแดดที่ขนาดช่องฉลุ 0.05, 0.10 และ 0.15 ม. มีร้อยละของเวลาที่มียค่า DGP ไม่เกิน 0.35 มีจำนวน 94%, 92% และ 98% ของชั่วโมงทำงาน



ที่ ระดับชั้น B หรือ ร้อยละของชั่วโมงทำงานที่มีค่า DGP ไม่เกิน 0.40 พบว่าแผงบังแดดที่ขนาดช่องฉลุ 0.05, 0.10 และ 0.15 ม. มีร้อยละของเวลาที่มีค่า DGP ไม่เกิน 0.40 มีจำนวน 94%, 92% และ 98% ของชั่วโมงทำงาน

ที่ ระดับชั้น C หรือ ร้อยละของชั่วโมงทำงานที่มีค่า DGP ไม่เกิน 0.45 พบว่าแผงบังแดดที่ขนาดช่องฉลุ 0.05, 0.10 และ 0.15 ม. มีร้อยละของเวลาที่มีค่า DGP ไม่เกิน 0.45 มีจำนวน 95%, 92% และ 99% ของชั่วโมงทำงาน



แผนภูมิที่ 23 ลำดับค่า DGP ตามสัดส่วนชั่วโมงทำงาน ที่ขนาดช่องฉลุ 0.05, 0.10 และ 0.15 ม. ตำแหน่ง (East)

ตารางที่ 39 แสดงการแบ่งระดับชั้นความสบายทางสายตาด้วยค่า DGP, ค่า DGP สูงสุดของ 95% และ ค่าเฉลี่ยค่า DGP ของ 5% สูงสุด ที่ขนาดช่องฉลุ 0.05, 0.10 และ 0.15 ม. ตำแหน่ง (East)

ขนาดช่องฉลุ (เมตร×เมตร)	ค่า DGP สูงสุดที่ 95% ของ ชั่วโมงทำงาน	ค่าเฉลี่ย DGP สูงสุด 5% ของชั่วโมงทำงาน*	ระดับชั้น
0.05 × 0.05	0.691	0.825	-
0.10 × 0.10	0.878	0.878	-
0.15 × 0.15	0.272	0.470	C

\*ค่าเฉลี่ย 5% สูงสุดต้องมีค่า : ระดับชั้น A ไม่เกิน 0.38, ระดับชั้น B ไม่เกิน 0.42 และ ระดับชั้น C ไม่เกิน 0.53

จะพบว่าแผงบังแดดที่ขนาดช่องฉลุ 0.05 ม. ตำแหน่ง (East) ไม่ผ่านเกณฑ์ระดับชั้น C ถึงแม้จะมีค่า DGP ไม่เกิน 0.45 อยู่ จำนวน 95% ของชั่วโมงทำงาน แต่ค่าเฉลี่ย DGP

สูงสุด 5% ของชั่วโมงทำงานมีค่าอยู่ที่ 0.825 ซึ่งมากกว่าที่กำหนด คือ 0.53 และที่ขนาดช่องฉลุ 0.10 ม. ไม่ผ่านเกณฑ์ใดๆ

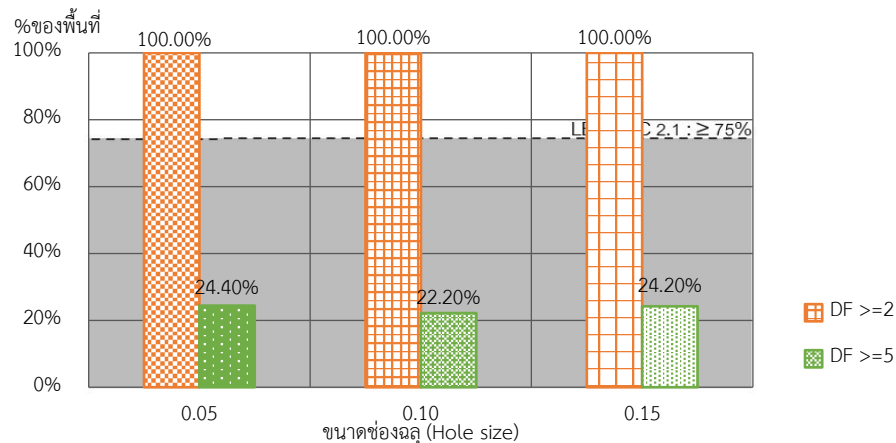
ที่ขนาดช่องฉลุ 0.15 ม. ไม่ผ่านเกณฑ์ระดับชั้น A ถึงแม้จะมีค่า DGP ไม่เกิน 0.35 อยู่ จำนวน 98% ของชั่วโมงทำงาน แต่ค่าเฉลี่ย DGP สูงสุด 5% ของชั่วโมงทำงานมีค่าอยู่ที่ 0.470 ซึ่งมากกว่าที่กำหนด คือ 0.38 ทำให้แผงบังแดดที่ขนาดช่องฉลุ ผ่านเกณฑ์ระดับชั้น C ที่กำหนดค่าเฉลี่ย DGP สูงสุด 5% ของชั่วโมงทำงานไว้ที่ 0.53

จากที่ข้อมูลข้างต้น จะเห็นได้ว่าขนาดของช่องฉลุไม่มีผลต่อการแบ่งระดับชั้นความสบายทางสายตาด้วยค่า DGP เนื่องจากตำแหน่ง (East) ในช่วงเวลาที่มุมมองปรากฏดวงอาทิตย์นั้น มีค่า DGP ที่แปรปรวน และมีค่าสูงจนมีอิทธิพลให้ การแบ่งระดับชั้นนั้นไม่ปรากฏความสัมพันธ์ตามไปด้วย

### 3.3. การศึกษาเปรียบเทียบค่า Daylight Factor (DF) ของแผงบังแดดแบบฉลุที่ขนาดช่องฉลุ 0.05, 0.10 และ 0.15 ม.

ตารางที่ 40 เปรียบเทียบค่า Daylight Factor ของแผงบังแดดที่ ช่องฉลุขนาด 0.05, 0.10 และ 0.15 ม.

Daylight Factor	ขนาดช่องฉลุ (เมตร × เมตร)		
	0.05 × 0.05	0.10 × 0.10	0.15 × 0.15
≥2%	100%	100%	100%
≥5%	24.40%	22.20%	24.20%



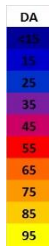
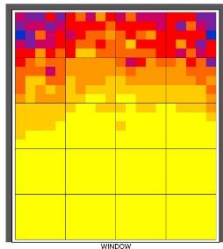
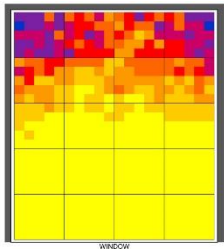
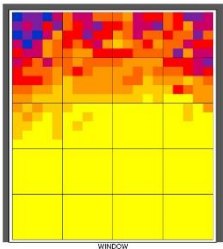
แผนภูมิที่ 24 เปรียบเทียบค่า DF ไม่น้อยกว่า 2% และ DF ไม่น้อยกว่า 5% ของแผงบังแดดที่ช่องฉลุขนาด 0.05, 0.10 และ 0.15 ม.

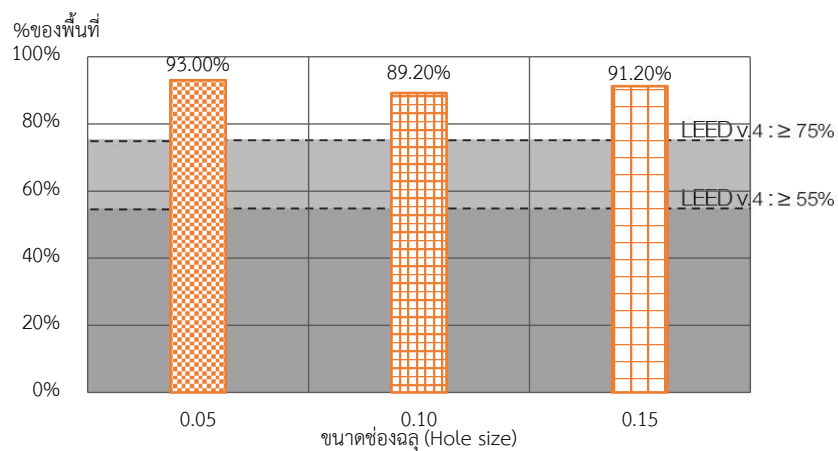
พบว่าร้อยละของพื้นที่ที่มีค่าระหว่างความส่องสว่างภายในต่อความส่องสว่างภายนอกไม่ต่ำกว่า 2% ( $DF \geq 2\%$ ) ที่ขนาดช่องฉลุ 0.05, 0.10 และ 0.15 ม. มีค่าที่ 100% ของพื้นที่ และที่ขนาดช่องฉลุ 0.05, 0.10 และ 0.15 ม. และที่มีค่าไม่ต่ำกว่า 5% ( $DF \geq 5\%$ ) ที่ 24.40%, 22.20% และ 24.20% ของพื้นที่ตามลำดับ

พบว่า ขนาดช่องฉลุที่แตกต่างกัน ไม่มีผลต่อค่า  $DF \geq 2\%$  แต่ขนาดช่องฉลุมีผลต่อ  $DF \geq 5\%$  โดยเมื่อขนาดช่องฉลุเพิ่มขึ้น พื้นที่ที่มีค่า  $DF \geq 5\%$  เพิ่มมากขึ้น และตามข้อกำหนด LEED NC 2.1 จะต้องมียค่า DF ไม่ต่ำกว่า 2% ไม่น้อยกว่า 75% ของพื้นที่ ดังนั้นทุกตัวอย่างมีค่าได้ตามเกณฑ์ที่กำหนด

### 3.4. การศึกษาเปรียบเทียบค่า DA300lx และ sDA300/50% ของแผงบังแดดแบบฉลุที่ขนาดช่องฉลุ 0.05, 0.10 และ 0.15 ม.

ตารางที่ 41 เปรียบเทียบแสงสว่างที่ DA300lx และ sDA300/50% ของแผงบังแดดแบบฉลุ ที่ขนาดช่องฉลุ 0.05, 0.10 และ 0.15 ม.

Daylight Autonomy	ขนาดช่องฉลุ (เมตร × เมตร)		
	0.05 × 0.05	0.10 × 0.10	0.15 × 0.15
DA300lx 	 93.00% sDA300/50%	 89.20% sDA300/50%	 91.20% sDA300/50%
sDA300/50%	93.0.0%	89.20%	91.20%

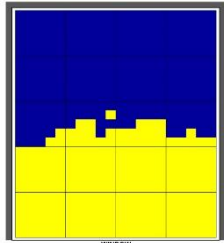
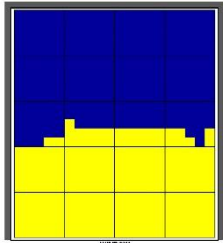
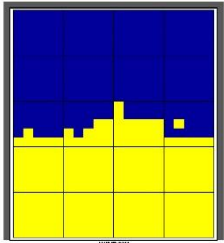


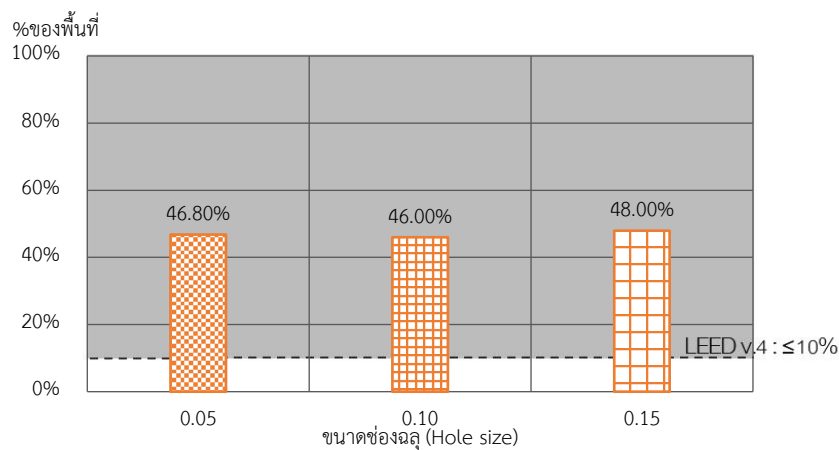
แผนภูมิที่ 25 ค่า sDA300/50% ของแผงบังแดดแบบฉลุ ที่ขนาดช่องฉลุ 0.05, 0.10 และ 0.15 ม.

พบว่า ที่ขนาดช่องฉลุ 0.05, 0.10 และ 0.15 ม. มีพื้นที่ซึ่งมีค่าความสว่างที่พื้นผิวการทำงาน 300 ลักซ์ มากกว่า 50% ชั่วโมงทำงาน หรือ มีค่า sDA300/50% ที่ 93.0%, 89.20% และ 91.20% ของพื้นที่ห้องตามลำดับ ดังนั้นขนาดช่องฉลุที่แตกต่างกัน ไม่มีความสัมพันธ์ต่อค่า sDA300/50%

### 3.5. ผลการศึกษาเปรียบเทียบค่า ASE1000,250h ของแผงบังแดดแบบฉลุที่ขนาดช่องฉลุ 0.05, 0.10 และ 0.15 ม.

ตารางที่ 42 เปรียบเทียบค่า ASE1000,250h และค่าเฉลี่ยชั่วโมงทำงานที่มีแสงสว่างบนพื้นผิวการทำงานมากกว่า 1,000 ลักซ์ ของแผงบังแดดแบบฉลุที่ขนาดช่องฉลุ 0.05, 0.10 และ 0.15 ม.

ASE	ขนาดช่องฉลุ (เมตร × เมตร)		
	0.05 × 0.05	0.10 × 0.10	0.15 × 0.15
ASE1000			
ASE1000,250h	46.80%	46.00%	48.00%
ค่าเฉลี่ยชั่วโมงทำงานที่มีค่าความสว่างมากกว่า 1000 ลักซ์	661.98 ชม.	646.70 ชม.	ชม.



แผนภูมิที่ 26 เปรียบเทียบร้อยละพื้นที่ที่มีค่าเกินกว่า ASE1000,250h ของแผงบังแดดแบบฉลุที่ขนาดช่องฉลุ 0.05, 0.10 และ 0.15 ม.

ในการศึกษา ASE1000,250h หรือ ร้อยละของชั่วโมงทำงานที่วัดระดับแสงตรงจากดวงอาทิตย์ที่มีค่าเกินกว่า 1000 ลักซ์ เป็นเวลา 250 ชั่วโมงทำงาน พบว่าขนาดช่องฉลุที่แตกต่างกัน ไม่มีความสัมพันธ์ต่อค่า ASE1000,250h โดยที่ช่องฉลุขนาด 0.05, 0.10 และ 0.15 ม. มีค่า

ASE1000,250h ที่ 46.80%, 46.00% และ 48.00% ของพื้นที่ห้องตามลำดับ โดยตามมาตรฐาน LEED v.4 จะมีค่า ASE1000,250h ได้ไม่เกิน 10% ดังนั้นจึงไม่มีตัวอย่างใดได้ตามเกณฑ์ที่กำหนด โดยพื้นที่ที่มีค่าเกิน ASE1000,250h (พท.สีเหลือง)จะมีระยะ อยู่ที่ 0 - 2.5 เมตรจาก หน้าต่าง

**4. เปรียบเทียบระยะห่างระหว่างแผงบังแดดแบบฉลุและผนังอาคาร ที่ระยะห่าง 0.20, 0.60 และ 1.00 เมตร ที่ขนาดช่องฉลุ 0.05 เมตร อัตราส่วนช่องเปิดที่ 30%**

**4.1. การศึกษาเปรียบเทียบความเป็นของแสงบาดตาจากแสงธรรมชาติ**

**(Daylight Glare Probability: DGP)**

โดยการศึกษาค่า DGP นี้มีความสัมพันธ์กับมุมมอง จึงกำหนดตำแหน่งที่นั่งและมุมมอง 3 ตำแหน่ง คือ

1. มุมมองหันไปทางทิศใต้ ตำแหน่ง (South)
2. มุมมองหันไปทางทิศตะวันตก ตำแหน่ง (West)
3. มุมมองหันไปทางทิศตะวันออก ตำแหน่ง (East)

**4.1.1. ผลการเปรียบเทียบค่า DGP ของแผงบังแดดแบบฉลุ ที่ขนาดช่องฉลุ 0.05 , 0.10 และ 0.15 เมตร ตำแหน่ง (South)**

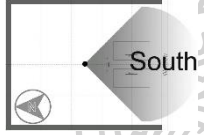
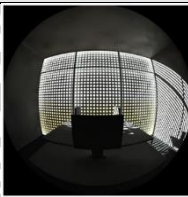

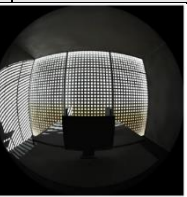
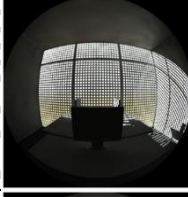

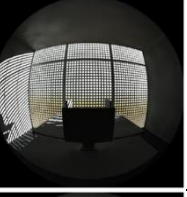
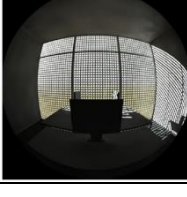


โดยเมื่อเปรียบเทียบในช่วงเวลาต่างๆของวัน พบว่าโดยมีการเปลี่ยนแปลงของค่า DGP ในช่วงวันคือ 2 ลักษณะคือ เดือนมีนาคม - กันยายน นั้นเวลา 8.00 ค่า DGP จะต่ำแล้วเพิ่มขึ้น สูงจนถึงเวลา 12.00น. แล้วลดลงต่ำอีกครั้งในช่วงบ่ายและเย็น เช่น วันที่ 21 มิถุนายน 8.00 น. ที่ ระยะห่าง 0.20, 0.60 และ 1.00 เมตร มีค่า DGP ที่ 0.218, 0.217 และ 0.214 เพิ่มขึ้นที่เวลา 12.00 มีค่า 0.240, 0.239 และ 0.285 และลดลง ที่เวลา 17.00 น. มีค่า 0.215, 0.213 และ 0.211 ตามลำดับ

ส่วนในเดือนตุลาคม - กุมภาพันธ์ มีช่วงเวลาสูงสุด 2 ครั้งคือที่เวลา 10.00 และ 14.00 น แล้วจึงลดต่ำลง เช่นในวันที่ 21 ธันวาคม เวลา 8.00 น. จะมีค่า DGP ของระยะห่าง. 0.20,0.60 และ 1.00 ที่ 0.242, 0.241 และ 0.241 ตามลำดับ และเพิ่มขึ้นโดยที่เวลา 10.00 น.มีค่า DGP ที่ 0.275, 0.275 และ 0.275 เวลา 14.00น. มีค่า DGP ที่ 0.272, 0.273 และ 0.273 แล้วลดลง ที่ 0.222, 0.221 และ 0.221 ที่เวลา 17.00 น.

เมื่อเปรียบเทียบในช่วงเดือนที่ต่างกัน พบว่าแต่ละระยะห่างมีการเปลี่ยนแปลงของ ค่า DGP ที่แตกต่างกัน โดยที่ระยะห่าง 0.20 เมตร จะมีค่าสูงสุดในเดือนธันวาคม ขณะที่ระยะห่าง 1.00 เมตรจะมีค่าสูงสุดในเดือนมิถุนายน

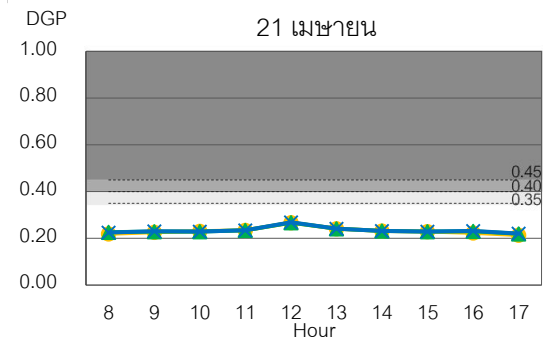
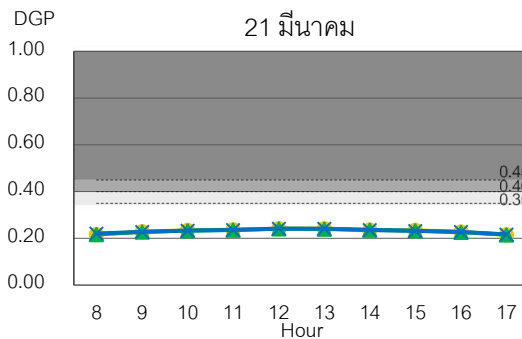
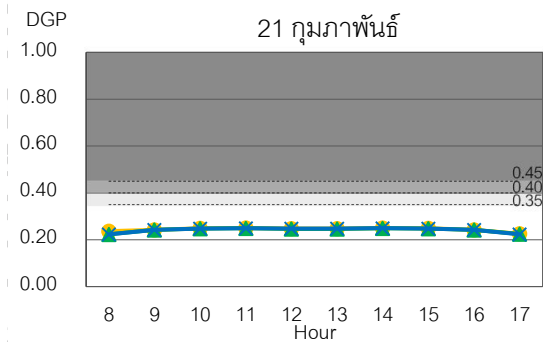
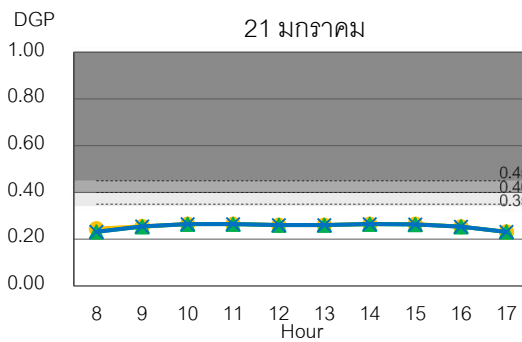
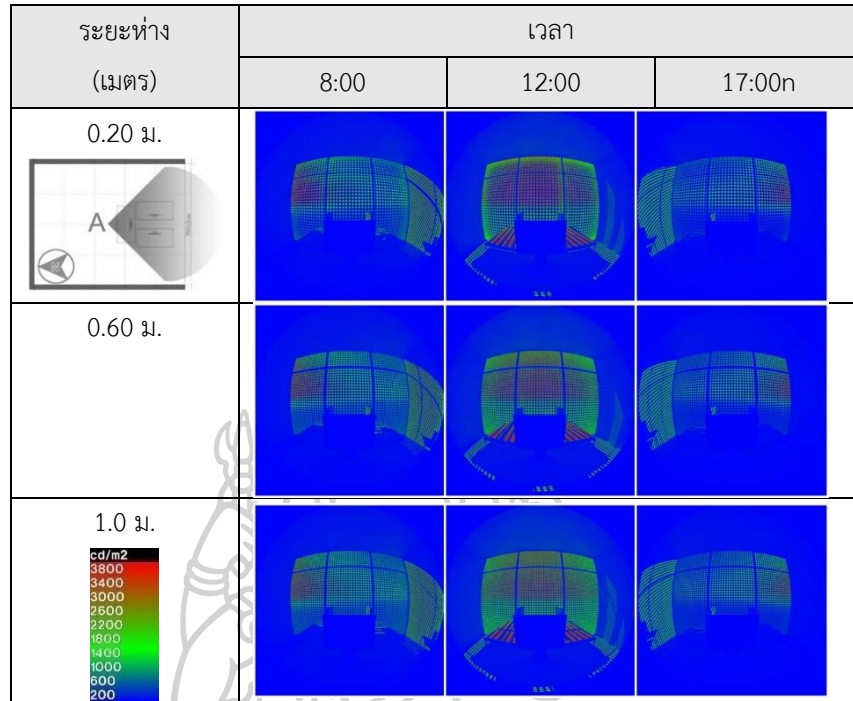
ในวันที่ 21 มิถุนายน เวลา 12.00 ที่ระยะห่าง 0.20, 0.60 และ 1.00 ม. มีค่า DGP ที่ 0.240, 0.239 และ 0.285 ตามลำดับ และในเดือนธันวาคม ค่า DGP มีค่าใกล้เคียงกัน ที่เวลา 12.00 ที่ระยะห่าง 0.20, 0.60 และ 1.00ม. มีค่า DGP เท่ากันคือที่ 0.270 ทั้งนี้เนื่องจากตำแหน่งดวงอาทิตย์ที่ในเดือนมิถุนายน ดวงอาทิตย์เคลื่อนไปอยู่ทางเหนือ ทำให้เกิดการสะท้อนกับแผงบังแดด ทำให้ที่ระยะห่างมาก เช่นที่ระยะ 1 เมตร มีค่า DGP สูงขึ้น ขณะที่เดือนธันวาคมที่ดวงอาทิตย์อยู่ทางทิศใต้ ทำให้ระยะห่างของแผงบังแดดไม่มีผลต่อการเกิดแสงบาดตา ดังนั้นการเพิ่มขึ้นของค่า DGP มีความสัมพันธ์กับระยะห่าง ตำแหน่งดวงอาทิตย์ และการสะท้อนแสงของแผงบังแดด ซึ่งในการศึกษานี้ กำหนดให้มีค่าการสะท้อนที่ 75%

ตารางที่ 43 แสดงภาพจากตำแหน่ง (South) ที่ระยะห่างแผงบังแดด 0.20, 0.60 และ 1.00 เมตร วันที่ 21 ธันวาคม

ระยะห่าง (เมตร)	เวลา		
	8:00	12:00	17:00n
0.20 			
0.60			
1.00			

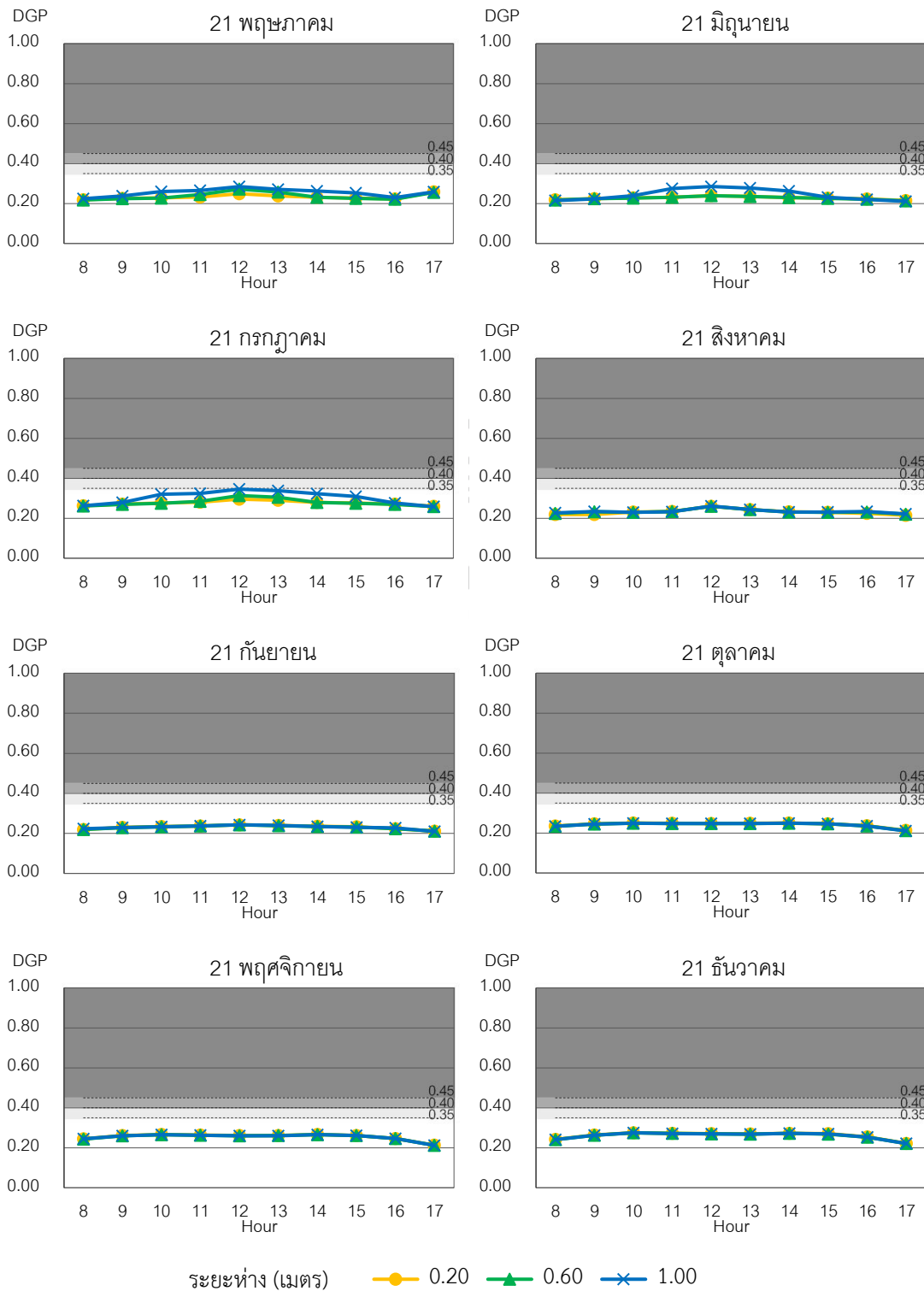


ตารางที่ 44 แสดงภาพ False Color แสดงค่าความสว่าง (luminance) จากตำแหน่ง (South) ที่ระยะห่าง 0.20, 0.60 และ 1.00 ม. วันที่ 21 ธันวาคม



ระยะห่าง (เมตร)    ● 0.20    ▲ 0.60    × 1.00

แผนภูมิที่ 27 แสดงค่า DGP จากตำแหน่ง (South) ของแผงบังแดดที่ระยะห่าง 0.20, 0.60 และ 1.00 เมตร



แผนภูมิที่ 27 แสดงค่า DGP จากตำแหน่ง (South) ของแผงบังแดดที่ระยะห่าง 0.20, 0.60 และ 1.00 เมตร (ต่อ)

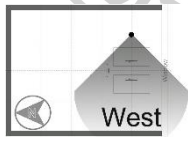

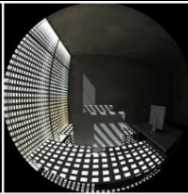






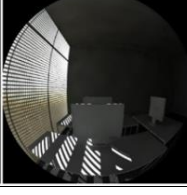
#### 4.1.2. ผลการเปรียบเทียบค่า DGP ของแผงบังแดดแบบฉลุ ที่ระยะห่าง 0.20, 0.60 และ 1.00 เมตร มุมมองหันไปทางทิศตะวันตก ตำแหน่ง (West)

โดยเมื่อเปรียบเทียบในช่วงเวลาต่างๆของวัน พบว่ารูปแบบค่า DGP มีอยู่ 2 ลักษณะคือ

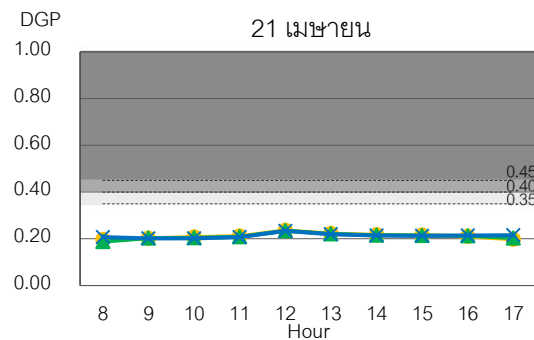
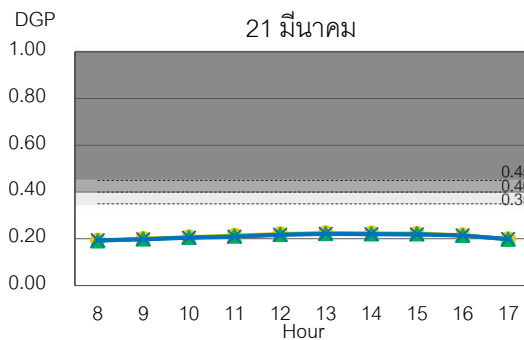
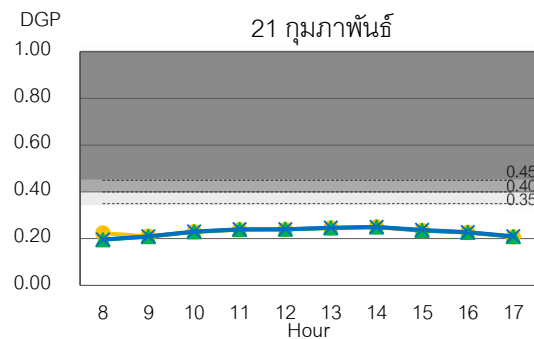
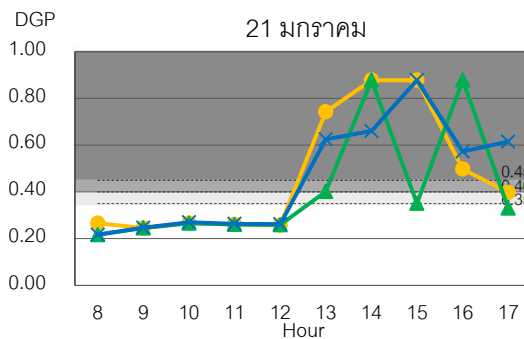
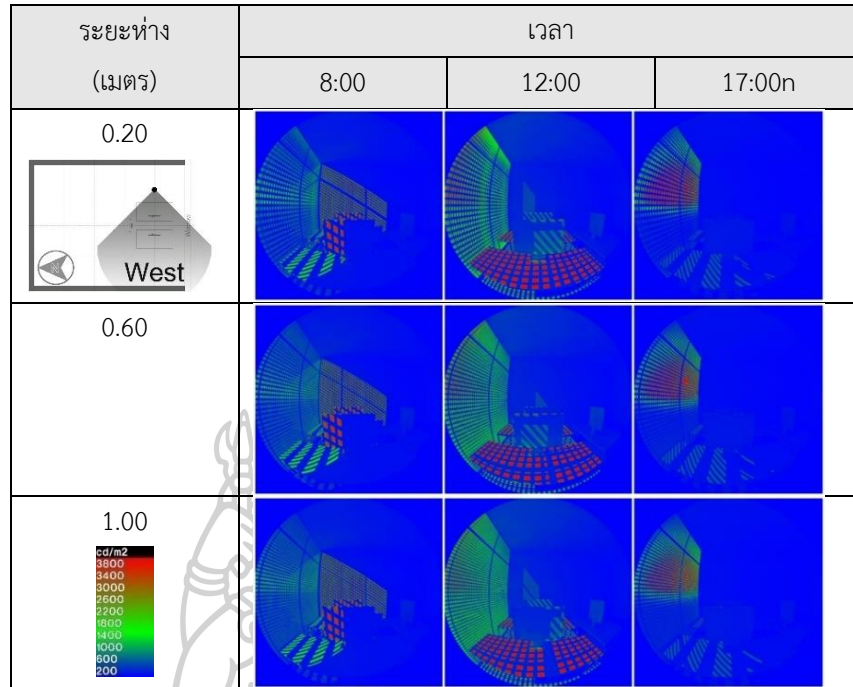
เดือนกุมภาพันธ์ – กันยายน โดยมีการเปลี่ยนแปลงของค่า DGP ในช่วงวันคือ เวลา 8.00 ค่า DGP จะต่ำแล้วเพิ่มขึ้นสูงจนถึงเวลา 12.00น. แล้วลดลงต่ำอีกครั้งในช่วงบ่ายและเย็น โดยค่า DGP บางช่วงเวลาไม่มีความสัมพันธ์กับระยะห่าง เช่น 21 มิถุนายน มีค่า DGP ของระยะห่าง 0.20, 0.60 และ 1.00 เมตร ที่เวลา 8.00 น. 0.197, 0.194 และ 0.191 เพิ่มขึ้นที่เวลา 12.00น. มีค่า 0.220, 0.218 และ 0.252 แล้วลดลง โดยที่เวลา 17.00 น. มีค่า 0.197, 0.195 และ 0.205

ส่วนในเดือนตุลาคม – มกราคม ค่า DGP โดยการเปลี่ยนแปลงของค่า DGP ในช่วงวันคือ 8.00 น. ค่า DGP ต่ำ และเพิ่มขึ้น โดยที่ในช่วงเวลา 12.00 - 17.00 น. ค่า DGP จะเพิ่มขึ้น และมีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว เช่น วันที่ 21 ธันวาคม เวลา 8.00 น. จะมีค่า DGP ของระยะห่าง 0.20, 0.60 และ 1.00 เมตร ที่ 0.234, 0.235 และ 0.235 ตามลำดับ ที่เวลา 12.00น.มีค่า DGP ที่ 0.266, 0.260 และ 0.262 และที่เวลา 17.00 น. มีค่า DGP ที่ 0.878, 0.592 และ 0.611

ตารางที่ 45 แสดงภาพจากตำแหน่ง (West) ระยะห่างแผงบังแดด 0.20, 0.60 และ 1.00 เมตร วันที่ 21 ธันวาคม

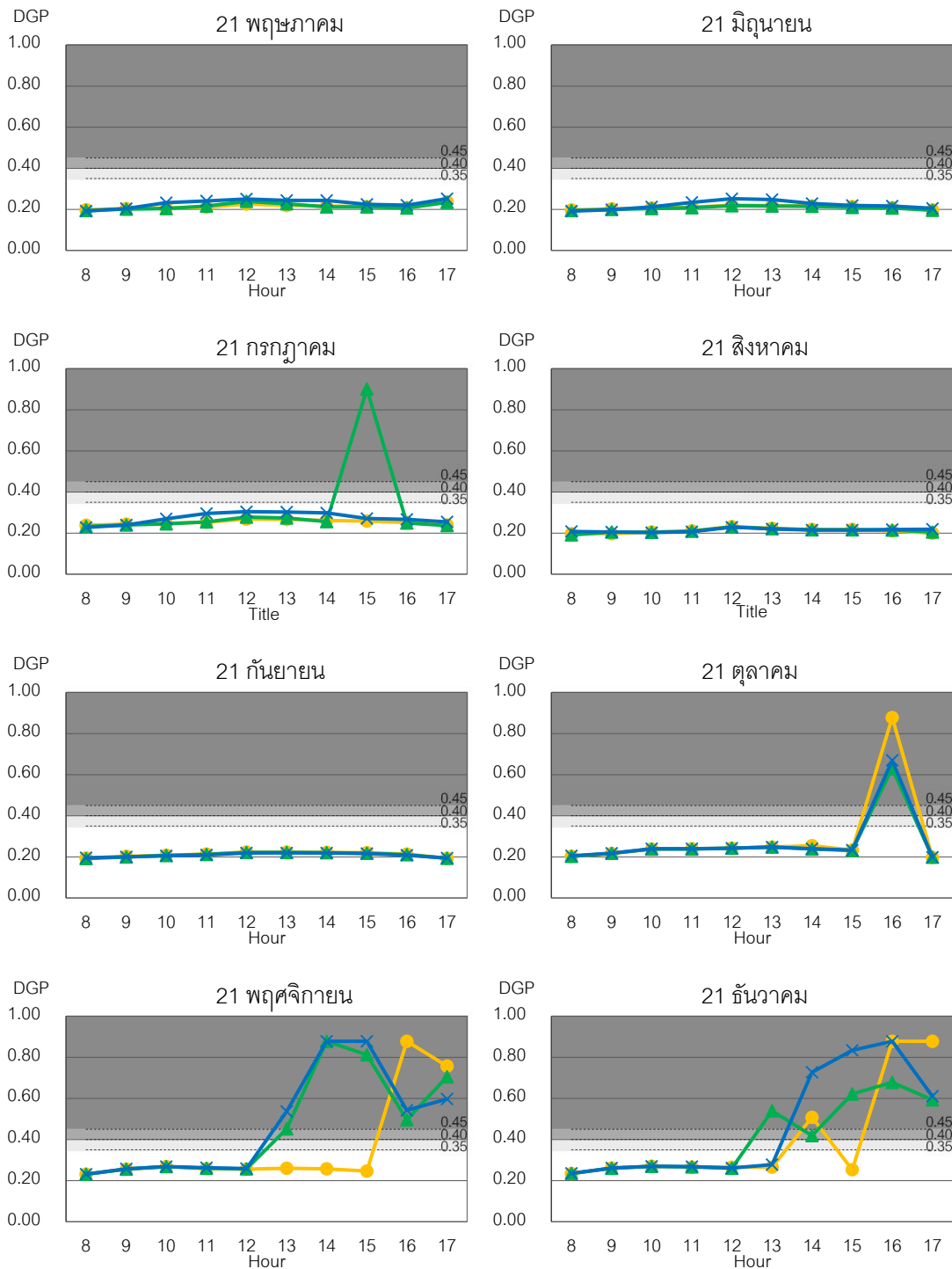
ระยะห่าง (เมตร)	เวลา		
	8:00	12:00	17:00n
0.02 			
0.06			
1.00			

ตารางที่ 46 แสดงภาพ False Color แสดงค่าความสว่าง (luminance) จากตำแหน่ง (West) ระยะห่าง 0.20, 0.60 และ 1.00 ม. วันที่ 21 ธันวาคม



ระยะห่าง (เมตร)    ● 0.20    ▲ 0.60    × 1.00

แผนภูมิที่ 28 แสดงค่า DGP จากตำแหน่ง (West) ของแผงบังแดดที่ระยะห่าง 0.20, 0.60 และ 1.00 เมตร



ระยะห่าง (เมตร)    0.20    0.60    1.00

แผนภูมิที่ 28 แสดงค่า DGP จากตำแหน่ง (West) ของแผงบังแดดที่ระยะห่าง 0.20, 0.60 และ 1.00 เมตร (ต่อ)

#### 4.1.3. ผลการเปรียบเทียบค่า DGP ของแผงบังแดดแบบฉลุ ที่ระยะห่าง 0.20, 0.60 และ 1.00 เมตร มุมมองหันไปทางทิศตะวันออก ตำแหน่ง (East)

โดยเมื่อเปรียบเทียบในช่วงเวลาต่างๆของวัน พบว่ารูปแบบค่า DGP มีอยู่ 2 ลักษณะคือ

เดือนกุมภาพันธ์ – กันยายน โดยมีการเปลี่ยนแปลงของค่า DGP ในช่วงวันคือ เวลา 8.00 ค่า DGP จะต่ำแล้วเพิ่มขึ้นสูงจนถึงเวลา 12.00น. แล้วลดลงต่ำอีกครั้งในช่วงบ่ายและเย็น โดยค่า DGP บางช่วงเวลาไม่มีความสัมพันธ์กับระยะห่าง

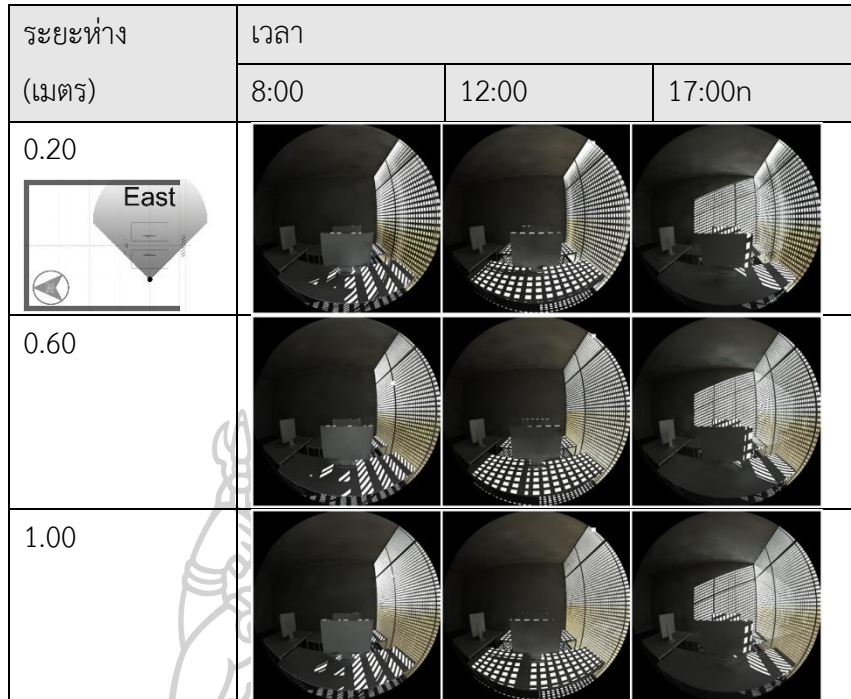
ในเดือนมิถุนายน มีค่า DGP ของระยะห่าง 0.20, 0.60 และ 1.00 เมตร ที่เวลา 8.00 น. 0.202, 0.200 และ 0.211 เพิ่มขึ้นที่เวลา 12.00น. มีค่า 0.221, 0.219 และ 0.253 แล้วลดลง โดยที่เวลา 17.00น. มีค่า 0.195, 0.193 และ 0.189

ส่วนในเดือนตุลาคม – มกราคม ค่า DGP โดยการเปลี่ยนแปลงของค่า DGP ในช่วงวันคือ เวลา 8.00 -12.00 น. ค่า DGP จะมีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว บางส่วนจะมีค่า DGP มากถึง 1.00 หลังจาก 12.00 น.ไป ค่า DGP จะมีการลดลง เช่น ในวันที่ 21 ธันวาคม เวลา 8.00 น. จะมีค่า DGP ของระยะห่าง 0.20, 0.60 และ 1.00 เมตร ที่ 0.223, 0.480 และ 0.878 ตามลำดับ ที่เวลา 12.00น.มีค่า DGP ที่ 0.263, 0.308 และ 0.399 และที่เวลา 17.00 น. มีค่า DGP ที่ 0.206, 0.206 และ 0.207

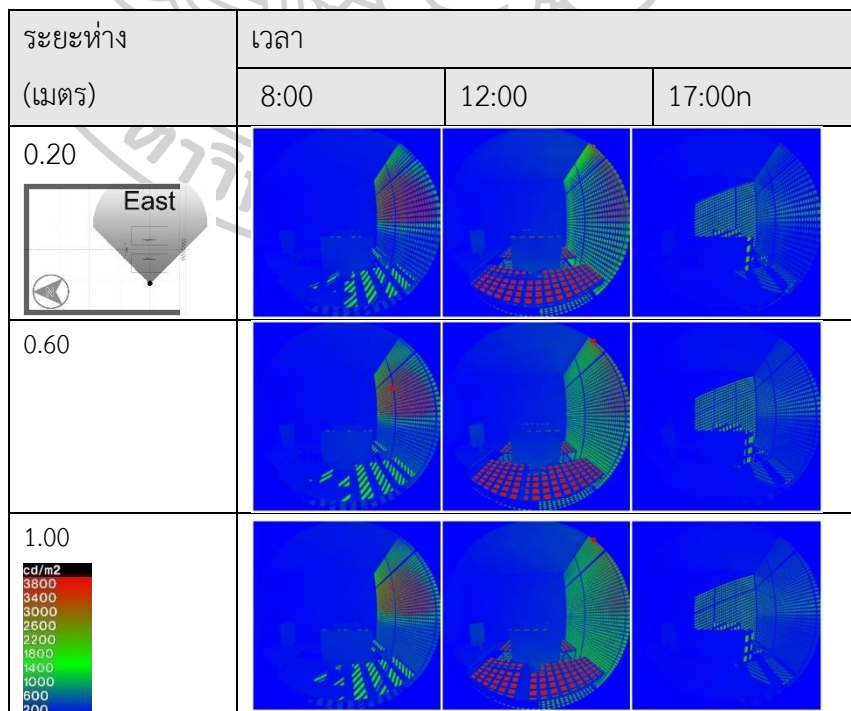




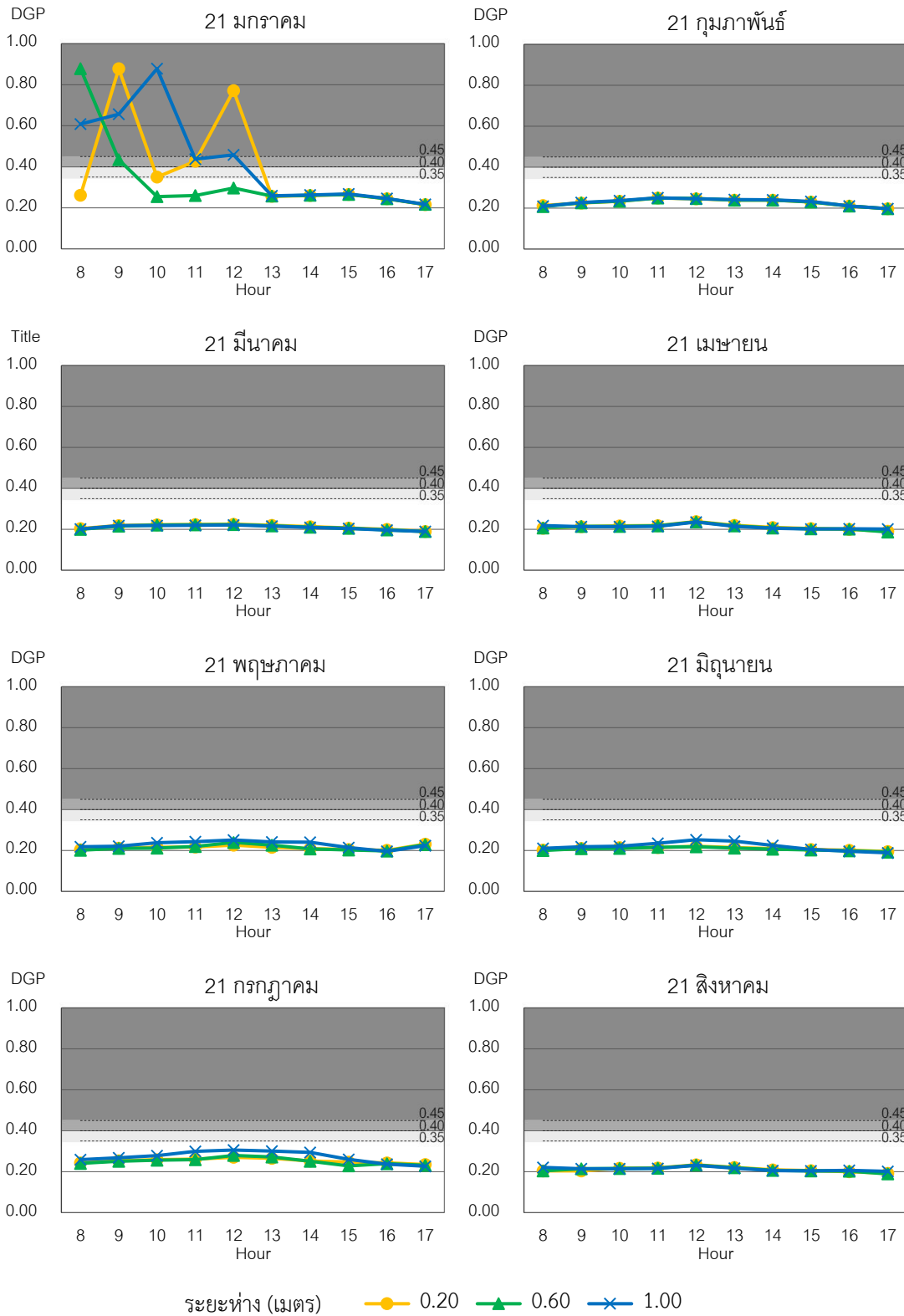
ตารางที่ 47 แสดงภาพจากตำแหน่ง (East) ที่ระยะห่างแผงบังแดด 0.20, 0.60 และ 1.00 เมตร วันที่ 21 ธันวาคม



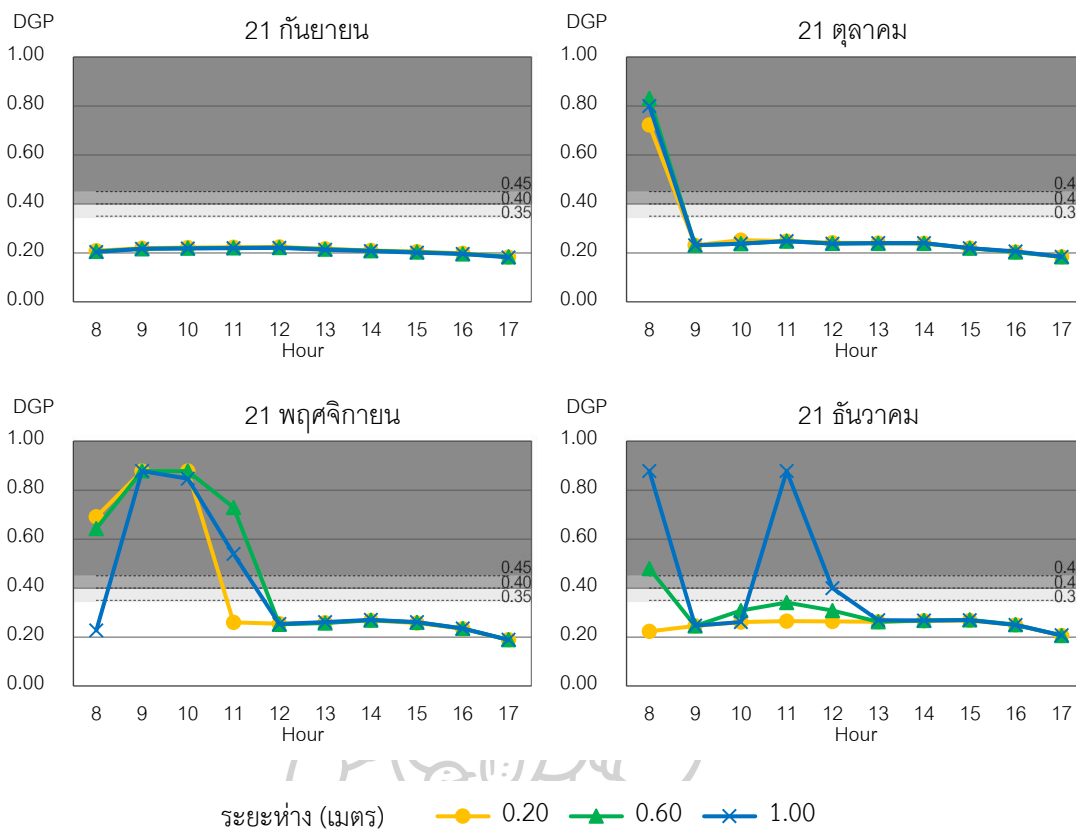
ตารางที่ 48 แสดงภาพ False Color แสดงค่าความสว่าง (luminance) จากตำแหน่ง (East) ที่ระยะห่าง 0.20, 0.60 และ 1.00 ม. วันที่ 21 ธันวาคม







แผนภูมิที่ 29 แสดงค่า DGP จากตำแหน่ง (East) ของแผงบังแดดที่ระยะห่าง 0.20, 0.60 และ 1.00 เมตร



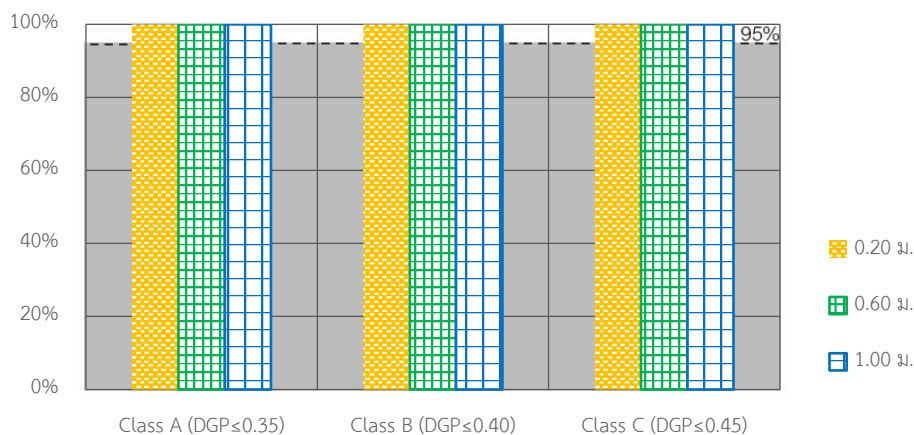
แผนภูมิที่ 29 แสดงค่า DGP จากตำแหน่ง (East) ของแผงบังแดดที่ระยะห่าง 0.20, 0.60 และ 1.00 เมตร (ต่อ)

#### 4.2. การศึกษาเปรียบเทียบค่า DGP เพื่อแบ่งระดับชั้นความสบายทางสายตา(DGP Limit) ของแผงบังแดดแบบฉลุ ที่ระยะห่าง 20, 0.60 และ 1.00 เมตร

##### 4.2.1. ผลการเปรียบเทียบระดับชั้นด้วยค่า DGP (DGP Limit) ที่ขนาดช่องฉลุ 0.05, 0.10 และ 0.15 ม. ตำแหน่ง (South)

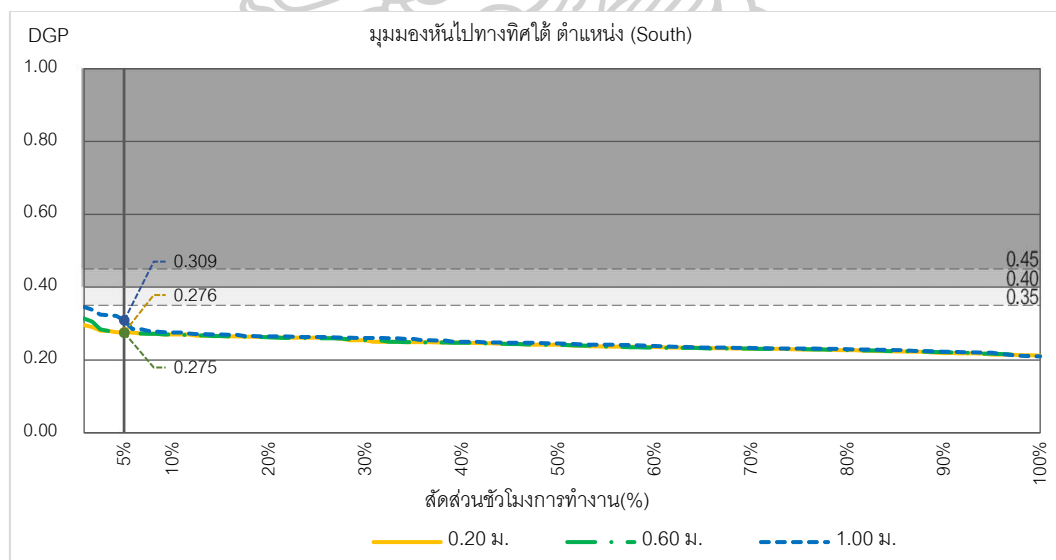
ตารางที่ 49 แสดงร้อยละของช่วงเวลาที่ค่า DGP 0.35 (ระดับชั้น A), 0.40 (ระดับชั้น B) และ 0.45 (ระดับชั้น C) ที่ระยะห่างจากผนังอาคาร 0.20, 0.60 และ 1.00 เมตร

ระยะห่างระหว่างแผงบังแดด และผนังอาคาร (เมตร)	ร้อยละของค่า DGP ที่ผ่านเกณฑ์		
	DGP ≤ 0.35 (ระดับชั้น A)	DGP ≤ 0.40 (ระดับชั้น B)	DGP ≤ 0.45 (ระดับชั้น C)
0.20	100%	100%	100%
0.60	100%	100%	100%
1.00	100%	100%	100%



แผนภูมิที่ 30 แสดงร้อยละของช่วงเวลาที่มีค่า DGP 0.35 (ระดับชั้น A), 0.40 (ระดับชั้น B) และ 0.45 (ระดับชั้น C) ที่ระยะห่างจากผนังอาคาร 0.20, 0.60 และ 1.00 เมตร

ที่ ระดับชั้น A หรือ ร้อยละของชั่วโมงทำงานที่มีค่า DGP ไม่เกิน 0.35 พบว่าแผงบังแดดที่ระยะห่าง 0.20, 0.60 และ 1.00 เมตร มีร้อยละของเวลาที่มีค่า DGP ไม่เกิน 0.35 อยู่ 100% เท่ากันทั้งหมด



แผนภูมิที่ 31 ลำดับค่า DGP ตามสัดส่วนชั่วโมงทำงาน ที่ระยะห่าง 0.20, 0.60 และ 1.00 ม. ตำแหน่ง (South)

ตารางที่ 50 แสดงการแบ่งระดับชั้นความสบายทางสายตาด้วยค่า DGP, ค่า DGP สูงสุดของ 95% และ ค่าเฉลี่ยค่า DGP ของ 5%สูงสุด ที่ระยะห่างจากผนังอาคาร 0.20, 0.60 และ 1.00 เมตร

ระยะห่างแผงบังแดด (เมตร)	ค่า DGP สูงสุดที่ 95%ของ ชั่วโมงทำงาน	ค่าเฉลี่ย DGP สูงสุด 5% ของชั่วโมงทำงาน*	ระดับชั้น
0.20	0.276	0.285	A
0.60	0.275	0.292	A
1.00	0.309	0.330	A

\*ค่าเฉลี่ย 5% สูงสุดต้องมีค่า : ระดับชั้น A ไม่เกิน 0.38, ระดับชั้น B ไม่เกิน 0.42 และ ระดับชั้น C ไม่เกิน 0.53

จะพบว่าแผงบังแดดแบบฉลุที่ระยะห่าง 0.20, 0.60 และ 1.00 เมตร ผ่านเกณฑ์ระดับชั้น A ทั้งหมด หรือมีค่า DGP ไม่เกิน 0.35 อยู่ 95% ของเวลา มีค่าเฉลี่ยของค่า DGP สูงสุด 5% อยู่ที่ 0.329, 0.329 และ 0.348 ตามลำดับ ซึ่งไม่เกินกว่าค่าที่กำหนด หรือ 0.38

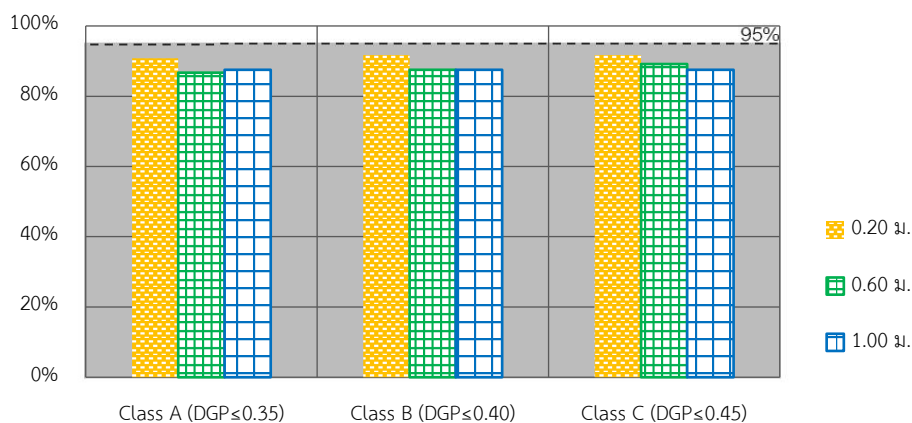
สังเกตได้ว่าที่ตำแหน่ง (South) ระยะห่างมีผลต่อค่า DGP โดยที่ระยะห่างมากผลต่อทำให้ค่าเฉลี่ย DGP สูงสุด 5% ของชั่วโมงทำงานสูงตามไปด้วย แต่ไม่ส่งผลต่อระดับชั้น



#### 4.2.2. ผลการเปรียบเทียบระดับชั้นด้วยค่า DGP (DGP Limit) ที่ระยะห่างแผงบังแดดที่ระยะ 0.20, 0.60 และ 1.00 ม. ตำแหน่ง (West)

ตารางที่ 51 แสดงร้อยละของช่วงเวลาที่ค่า DGP 0.35 (ระดับชั้น A), 0.40 (ระดับชั้น B) และ 0.45 (ระดับชั้น C) ที่ระยะห่างจากผนังอาคาร 0.20, 0.60 และ 1.00 เมตร

ระยะห่างแผงบังแดด (เมตร)	ร้อยละของค่า DGP ที่ผ่านเกณฑ์		
	DGP ≤ 0.35 (ระดับชั้น A)	DGP ≤ 0.40 (ระดับชั้น B)	DGP ≤ 0.45 (ระดับชั้น C)
0.20	91%	92%	92%
0.60	87%	88%	89%
1.00	88%	88%	88%



แผนภูมิที่ 32 แสดงร้อยละของช่วงเวลาที่ค่า DGP 0.35 (ระดับชั้น A), 0.40 (ระดับชั้น B) และ 0.45 (ระดับชั้น C) ที่ระยะห่างจากผนังอาคาร 0.20, 0.60 และ 1.00 เมตร

ที่ ระดับชั้น C หรือ ร้อยละของชั่วโมงทำงานที่มีค่า DGP ไม่เกิน 0.45 พบว่าแผงบังแดดที่ระยะห่าง 0.20, 0.60 และ 1.00 เมตร มีร้อยละของเวลาที่มีค่า DGP ไม่เกิน 0.45 อยู่ 92%, 89% และ 88% ของชั่วโมงทำงาน

ไม่มีตัวอย่างใดผ่านเกณฑ์ ระดับชั้น C ที่ต้องมีค่า DGP ต่ำกว่า 0.45 ไม่น้อยกว่า 95% ของชั่วโมงทำงาน

ลำดับค่า DGP ตามสัดส่วนชั่วโมงทำงาน ที่ระยะห่าง 0.20, 0.60 และ 1.00 ม. ตำแหน่ง (West)

ตารางที่ 52 แสดงการแบ่งระดับชั้นความสบายทางสายตาด้วยค่า DGP, ค่า DGP สูงสุดของ 95% และ ค่าเฉลี่ยค่า DGP ของ 5%สูงสุด ที่ระยะห่าง 0.20, 0.60 และ 1.00 ม. ตำแหน่ง (West)

ระยะห่างแผงบังแดด (เมตร)	ค่า DGP สูงสุดที่ 95%ของ ชั่วโมงทำงาน	ค่าเฉลี่ย DGP สูงสุด 5% ของชั่วโมงทำงาน*	ระดับชั้น
0.20	0.878	0.878	-
0.60	0.705	0.869	-
1.00	0.727	0.869	-

\*ค่าเฉลี่ย 5% สูงสุดต้องมีค่า : ระดับชั้น A ไม่เกิน 0.38, ระดับชั้น B ไม่เกิน 0.42 และ ระดับชั้น C ไม่เกิน 0.53

จะพบว่าแผงบังแดดแบบฉลุที่ระยะห่าง 0.20, 0.60 และ 1.00 เมตร ไม่ผ่านเกณฑ์ระดับชั้น C ทั้งหมด หรือมีค่า DGP ไม่เกิน 0.35 อยู่ 95% ของเวลา และมีค่าเฉลี่ยของค่า DGP สูงสุด 5% อยู่ที่ 1 ซึ่งเกินกว่าค่าที่กำหนด คือ 0.53

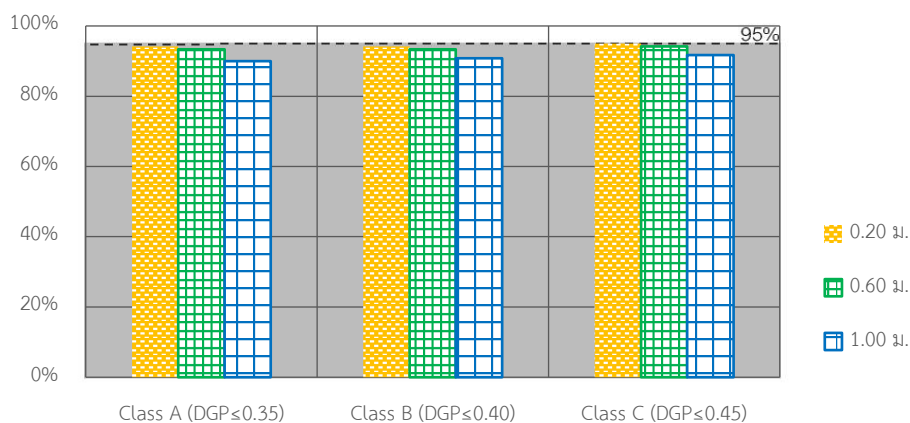
สังเกตได้ว่าที่ตำแหน่ง (West) ระยะห่างไม่มีผลต่อค่าเฉลี่ย DGP สูงสุด 5% ของชั่วโมงทำงาน เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วของค่า DGP โดยที่ระยะที่ 0.20 เมตร ถึงแม้จะมี ร้อยละของค่า DGP ตามเกณฑ์ดังใน ตารางที่ 52 แต่มีค่า DGP ที่ 5% สูงสุดมากกว่าที่ระยะ 0.60 และ 1.00 เมตรเช่นกัน



#### 4.2.3. ผลการเปรียบเทียบระดับชั้นด้วยค่า DGP (DGP Limit) ที่ขนาดช่องฉลุ 0.05, 0.10 และ 0.15 ม. ตำแหน่ง (East)

ตารางที่ 53 แสดงร้อยละของช่วงเวลาที่ค่า DGP 0.35 (ระดับชั้น A), 0.40 (ระดับชั้น B) และ 0.45 (ระดับชั้น C) ที่ระยะห่างจากผนังอาคาร 0.20, 0.60 และ 1.00 เมตร

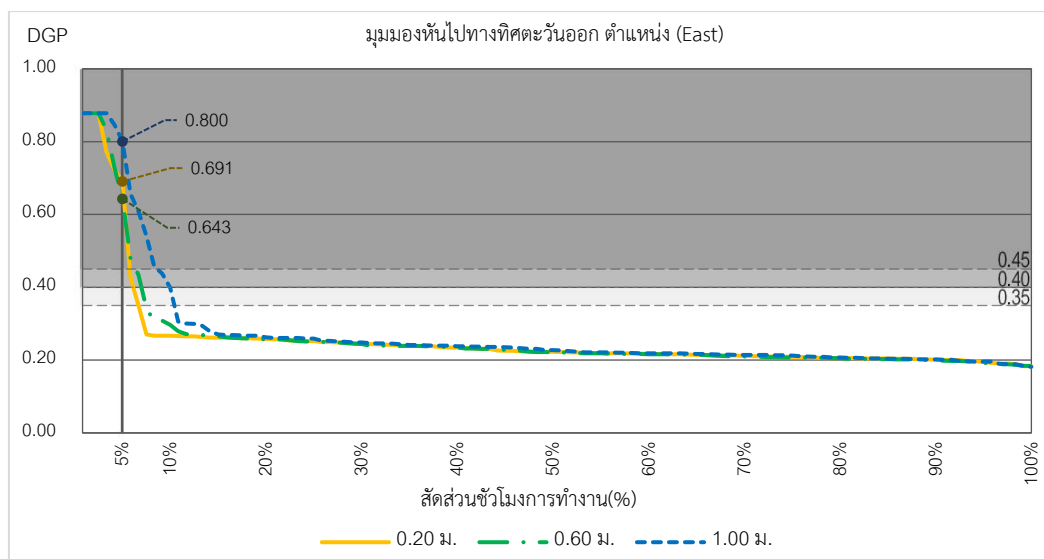
ระยะห่างแผงบังแดด (เมตร)	ร้อยละของค่า DGP ที่ผ่านเกณฑ์		
	DGP ≤ 0.35 (ระดับชั้น A)	DGP ≤ 0.40 (ระดับชั้น B)	DGP ≤ 0.45 (ระดับชั้น C)
0.20	94%	94%	95%
0.60	93%	93%	94%
1.00	90%	91%	92%



แผนภูมิที่ 33 แสดงร้อยละของช่วงเวลาที่ค่า DGP 0.35 (ระดับชั้น A), 0.40 (ระดับชั้น B) และ 0.45 (ระดับชั้น C) ที่ระยะห่างจากผนังอาคาร 0.20, 0.60 และ 1.00 เมตร

ที่ระดับชั้น C หรือ ร้อยละของชั่วโมงทำงานที่มีค่า DGP ไม่เกิน 0.45 พบว่าแผงบังแดดที่ระยะห่าง 0.20, 0.60 และ 1.00 เมตร มีร้อยละของเวลาที่มีค่า DGP ไม่เกิน 0.45 อยู่ 95%, 94% และ 92% ของชั่วโมงทำงาน





แผนภูมิที่ 34 ลำดับค่า DGP ตามสัดส่วนชั่วโมงทำงาน ที่ระยะห่าง 0.20, 0.60 และ 1.00 ม. ตำแหน่ง (East)

ตารางที่ 54 แสดงการแบ่งระดับชั้นความสบายทางสายตาด้วยค่า DGP, ค่า DGP สูงสุดของ 95% และ ค่าเฉลี่ยค่า DGP ของ 5% สูงสุด ระยะห่าง 0.20, 0.60 และ 1.00 ม. ตำแหน่ง (East)

ระยะห่างแผงบังแดด (เมตร)	ค่า DGP สูงสุดที่ 95% ของ ชั่วโมงทำงาน	ค่าเฉลี่ย DGP สูงสุด 5% ของชั่วโมงทำงาน*	ระดับชั้น
0.20	0.691	0.825	-
0.60	0.643	0.839	-
0.10	0.800	0.872	-


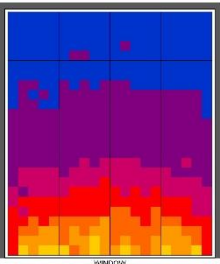
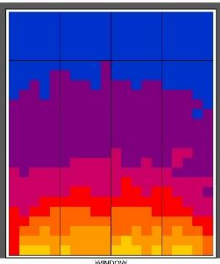
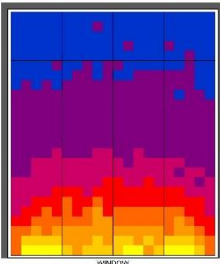
\*ค่าเฉลี่ย 5% สูงสุดต้องมีค่า : ระดับชั้น A ไม่เกิน 0.38, ระดับชั้น B ไม่เกิน 0.42 และ ระดับชั้น C ไม่เกิน 0.53

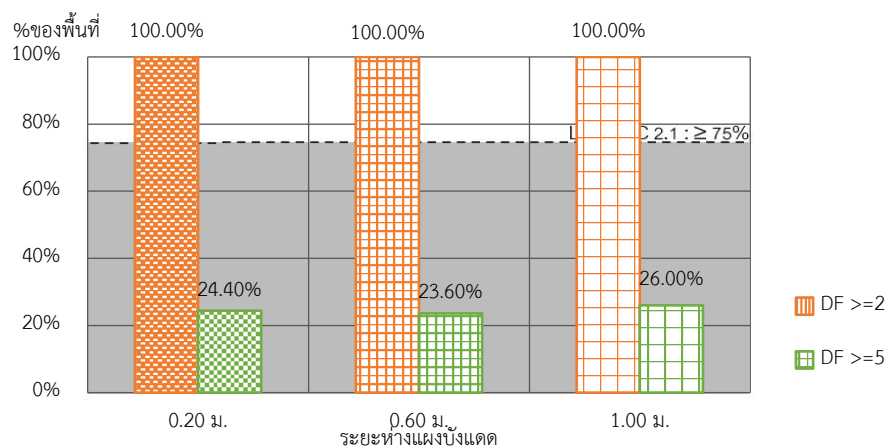
จะพบว่าแผงบังแดดแบบฉลุที่ระยะห่าง 0.20, 0.60 และ 1.00 เมตร ไม่ผ่านเกณฑ์ระดับชั้น C ทั้งหมด หรือมีค่า DGP ไม่เกิน 0.35 อยู่ 95% ของเวลา และมีค่าเฉลี่ยของค่า DGP สูงสุด 5% อยู่ที่ 1 ซึ่งเกินกว่าค่าที่กำหนด คือ 0.53 ถึงแม้ว่าที่ระยะ 0.20 เมตร จะมีค่า DGP ไม่เกิน 0.45 ถึง 95% ก็ตาม

### 4.3. การศึกษาเปรียบเทียบค่า Daylight Factor (DF) ของแผงบังแดดแบบฉลุที่ระยะห่าง 20, 0.60 และ 1.00 เมตร

โดยทำการเปรียบเทียบแผงบังแดดแบบฉลุที่ระยะห่างจากอาคารที่ระยะ 0.20 0.60 และ 1.00 เมตร โดยกำหนดให้มีขนาดช่องฉลุ 0.05 เมตร มีอัตราส่วนช่องเปิดที่ 30%

ตารางที่ 55 เปรียบเทียบค่า Daylight Factor ของแผงบังแดดที่ระยะห่าง 0.20, 0.60 และ 1.0 ม.

Daylight Factor	ระยะห่างแผงบังแดด (เมตร)		
	0.20 ม.	0.60 ม.	1.00 ม.
 DF			
DF $\geq 2\%$	100.00%	100.00%	100.00%
DF $\geq 5\%$	24.40%	23.60%	26.00%



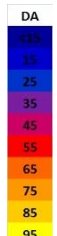
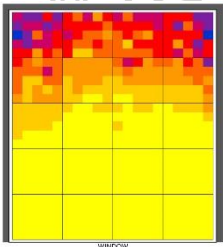
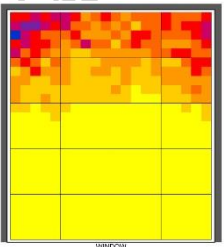
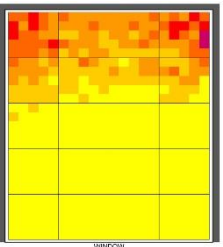
แผนภูมิที่ 35 แสดงค่า DF  $\geq 2\%$  และ DF  $\geq 5\%$  ที่ระยะห่าง 0.20, 0.60 และ 1.00 เมตร

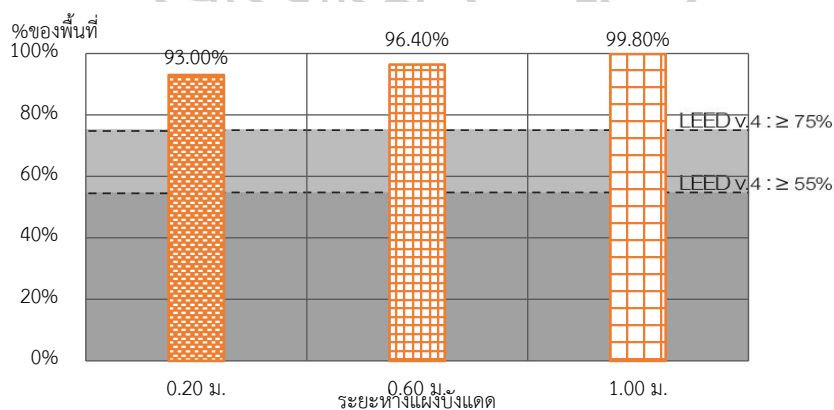
พบว่าแผงบังแดดที่ระยะห่าง 0.20, 0.60 และ 1.00 เมตรมีค่า DF ไม่น้อยกว่า 2% อยู่ที่ 36.40%, 39.00% และ 40.40% ของพื้นที่ตามลำดับ และที่ DF ไม่น้อยกว่า 5% อยู่ที่ 24.40%, 23.60% และ 26.00% ของพื้นที่ตามลำดับ ดังนั้นระยะห่างระหว่างแผงบังแดดแบบฉลุที่เพิ่มขึ้นไม่มีผลต่อ ร้อยละของพื้นที่ที่มีค่าระหว่างแสงสว่างภายในต่อแสงสว่างภายนอกไม่ต่ำกว่า 2% (DF  $\geq 2\%$ )

ซึ่งตามข้อกำหนด LEED NC 2.1 กำหนดให้มีค่า  $DF \geq 2\%$  ไม่น้อยกว่า 75% ของพื้นที่ ซึ่งทุกตัวอย่างมีค่าผ่านตามเกณฑ์ที่กำหนด

#### 4.4. การศึกษาเปรียบเทียบค่า Daylight Autonomy (DA) และ Spatial Daylight Autonomy (sDA300/50%) ของแผงบังแดดแบบฉลุที่ระยะห่าง 20, 0.60 และ 1.00 เมตร

ตารางที่ 56 เปรียบเทียบแสงสว่างที่ DA300lx และ sDA300/50% ของแผงบังแดดแบบฉลุ ที่ระยะ 0.20, 0.60 และ 1.0 ม.

Daylight Autonomy	ระยะห่างแผงบังแดด (เมตร)		
	0.20 ม.	0.60 ม.	1.00 ม.
DA300lx 	 93.00% sDA300/50%	 97.80% sDA300/50%	 99.80% sDA300/50%
sDA300/50%	93.00%	96.40%	99.80%



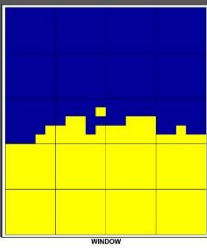
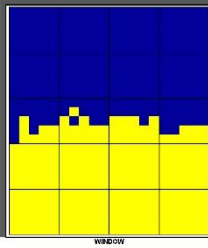
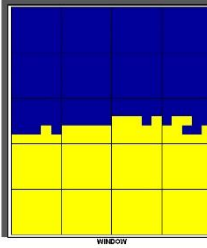
แผนภูมิที่ 36 ค่า sDA300/50% ของแผงบังแดดแบบช่องฉลุ ที่ระยะห่าง 0.20, 0.60 และ 1.00 เมตร

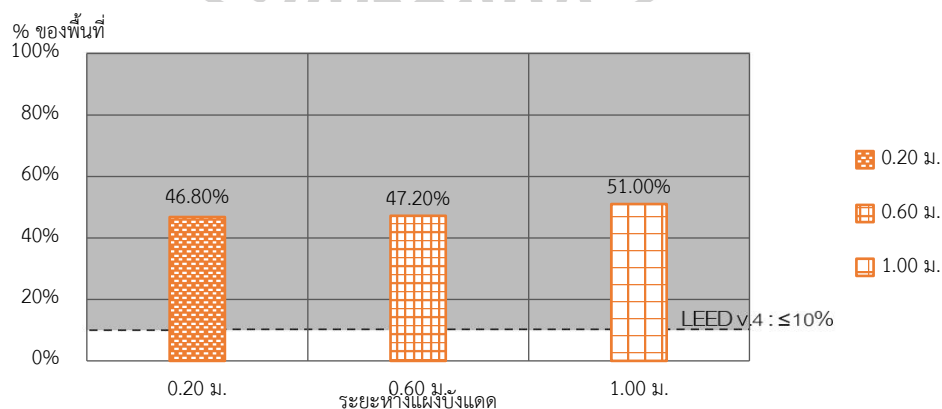
พบว่าเมื่อแผงบังแดดมีระยะห่างจากตัวอาคารเพิ่มขึ้น ค่า sDA300/50% เพิ่มขึ้น หรือ ร้อยละของพื้นที่ที่มีค่าความสว่างที่ระดับผิวการทำงานมากกว่า 300 ลักซ์ มากกว่า 50% ของชั่วโมงทำงานเพิ่มขึ้น

โดยแผงบังแดดแบบฉลุที่ระยะห่าง 0.20, 0.60 และ 1.00 เมตรมีค่า sDA300/50% อยู่ที่ 93.00%, 96.40% และ 99.80% ของพื้นที่ห้อง ตามลำดับ ทั้งนี้ตามเกณฑ์ LEED v.4 กำหนดให้มีความไม่น้อยกว่า 55% ของพื้นที่การทำงาน จากข้อกำหนดนี้จะพบว่าแผงบังแดดที่ติดตั้งในทุกๆ ระยะห่าง ผ่านเกณฑ์

#### 4.5. การศึกษาเปรียบเทียบค่า Annual Sunlight Exposure (ASE) ของแผงบังแดดแบบฉลุที่ระยะห่าง 20, 0.60 และ 1.00 เมตร

ตารางที่ 57 เปรียบเทียบค่า ASE1000,250h และค่าเฉลี่ยชั่วโมงทำงานที่มีแสงสว่างบนพื้นผิวการทำงานมากกว่า 1,000 ลักซ์ ของแผงบังแดดแบบฉลุที่ระยะห่าง 0.20, 0.60 และ 1.00 เมตร

ASE	ระยะห่างแผงบังแดด (เมตร)		
	0.20 ม.	0.60 ม.	1.00 ม.
ASE1000			
ASE1000,250h	46.80%	47.20%	51.00%
ค่าเฉลี่ยชั่วโมงทำงานที่มีค่าความสว่างมากกว่า 1000 ลักซ์	661.98 ชม.	690.67 ชม.	748.63 ชม.



แผนภูมิที่ 37 เปรียบเทียบร้อยละพื้นที่ที่มีค่าเกินกว่า ASE1000,250h ของแผงบังแดดแบบฉลุที่ระยะห่าง 0.20, 0.60 และ 1.00 เมตร

พบว่าเมื่อระยะห่างระหว่างแผงบังแดดและอาคารเพิ่มขึ้น พื้นที่ที่มีค่าแสงสว่างที่ระดับการทำงาน 1000ลักซ์ มากกว่า 250 ชั่วโมงทำงานหรือ ASE1000,250h จะเพิ่มขึ้น

โดยที่ที่ระยะห่าง 0.20, 0.60 และ 0.10 ม. มีค่า ASE1000,250h ที่ 46.80%, 47.20% และ 51.00% ของพื้นที่ห้องตามลำดับ

โดยตามมาตรฐานLEED v.4 กำหนดให้มีค่า ASE1000,250h ได้ไม่เกิน 10% ของพื้นที่ ดังนั้นจึงไม่มีตัวอย่างใดผ่านเกณฑ์ดังกล่าว

ในการศึกษานี้พบว่าพื้นที่ที่มีค่าเกิน ASE1000,250h (พท.สีเหลือง)จะมีระยะ อยู่ที่ 0-2.5 เมตรจากหน้าต่าง



## บทที่ 5

### สรุปผลและข้อเสนอแนะ

#### 1. สรุปและอภิปรายผล

งานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาระบบแสงสว่างแบบฉาบผนัง และปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อปริมาณแสงธรรมชาติ และแสงบาดตาจากแสงธรรมชาติ 3 ตัวแปร คือ อัตราส่วนช่องเปิด ขนาดช่องฉลุ และระยะห่างแผงบังแดด

##### 1.1. ความสัมพันธ์ของอัตราส่วนช่องเปิดของแผงบังแดดแบบฉลุภายนอก ต่อความสบายทางสายตาและปริมาณแสงธรรมชาติ

เมื่อทำการศึกษาค่าความสัมพันธ์ของอัตราส่วนช่องเปิด ที่มีผลต่อความสบายทางสายตาและปริมาณแสงธรรมชาติที่เข้าสู่ภายในอาคารโดยผลการศึกษาระบบแสงสว่างที่อัตราส่วนช่องเปิด 30%, 45% และ 60% ที่ขนาดช่องฉลุ 0.05 ม. ระยะห่าง 0.20 ม. พบว่าที่อัตราส่วนช่องเปิดที่เพิ่มขึ้น ทำให้ความสบายทางสายตาตกลง มีโอกาสเกิดแสงบาดตาเพิ่มมากขึ้น และปริมาณแสงสว่างก็เพิ่มขึ้นด้วย แต่แผงบังแดดแบบฉลุที่อัตราส่วน 30% นั้นมีระดับค่าความสว่างเพียงพอต่อการใช้งาน โดยมีรายละเอียดดังนี้

##### 1.1.1. ความสบายทางสายตา

การศึกษาค่าความสบายทางสายตา ด้วยเกณฑ์ DGP, DGP Limits และ ASE1000,250h พบว่า เมื่ออัตราส่วนช่องเปิดเพิ่มขึ้น จะทำให้มีโอกาสการเกิดแสงบาดตาจากแสงธรรมชาติมากขึ้น ในการศึกษาพบว่าที่อัตราส่วนช่องเปิด 30% จะมีค่า DGP ต่ำที่สุด ตามด้วย 45% และ 60% ตามลำดับ โดยเมื่อทำการเปรียบเทียบทั้ง 3 มุมมอง มุมมองหันไปทางทิศใต้ ตำแหน่ง (South) จะเป็นตำแหน่งที่มีค่า DGP ต่ำที่สุด และผ่านเกณฑ์ Class A เนื่องจากเป็นตำแหน่งที่อยู่ห่างช่องเปิดมากที่สุด คือ 2.50 เมตรจากช่องเปิด ส่วนของมุมมองทิศตะวันตก และทิศตะวันออก จะอยู่ห่างจากช่องเปิด 1.00 เมตร ทำให้มีแสงตรงตกกระทบบนพื้นผิวการทำงาน และอยู่ในมุมมองมาก ส่วนการศึกษาค่าด้วยค่า ASE1000,250h นั้นที่อัตราส่วน 30% มีค่าต่ำที่สุด คือมีโอกาสการเกิดแสงบาดตาต่ำที่สุด แต่เนื่องจากห้องตัวอย่างที่ทำการศึกษามีขนาดเล็ก จึงทำให้สัดส่วนของพื้นที่ที่มีค่าสูงกว่า ASE1000,250h นั้นไม่เป็นไปตามเกณฑ์ที่ LEED กำหนด โดยมีรายละเอียดดังนี้

##### 1.1.1.1. การศึกษาความน่าจะเป็นของแสงบาดตาจากแสงธรรมชาติ

##### (Daylight Glare Probability, DGP)

จากการศึกษาพบว่า เมื่ออัตราส่วนช่องเปิดเพิ่มขึ้น จะมีค่า DGP เพิ่มขึ้น ทำให้มีโอกาสการเกิดแสงบาดตาจากแสงธรรมชาติมากขึ้น ในการศึกษาพบว่าที่อัตราส่วนช่องเปิด 30%

จะมีค่า DGP ต่ำที่สุด และมีค่าเพิ่มขึ้นที่อัตราส่วนช่องเปิดที่ 45% และ 60% ตามลำดับโดยมีความแตกต่างของแต่ละมุมมองดังนี้

1. มุมมองหันไปทางทิศใต้ ตำแหน่ง (South) พบว่า ค่า DGP ของแผงบังแดดแบบฉลุที่อัตราส่วนช่องเปิด 30% มีค่าต่ำสุด-สูงสุดอยู่ที่ 0.212 - 0.296 ที่อัตราส่วนช่องเปิด 45% มีค่าต่ำสุด-สูงสุดอยู่ที่ 0.212 - 0.319 และที่อัตราส่วนช่องเปิด 60% มีค่าต่ำสุด-สูงสุดอยู่ที่ 0.216 - 0.347 โดยทั้งหมดมีค่าต่ำกว่าระดับการรบกวน หรือมีค่า DGP ไม่เกิน 0.45

2. มุมมองหันไปทางทิศตะวันตก ตำแหน่ง (West) สามารถแบ่งลักษณะที่พบได้ 2 ลักษณะตามช่วงเวลา โดยลักษณะที่ 1 เดือนกุมภาพันธ์ถึงกันยายน ค่า DGP ของแผงบังแดดแบบฉลุที่อัตราส่วนช่องเปิด 30% มีค่าต่ำสุด-สูงสุดอยู่ที่ 0.193 - 0.263 ที่อัตราส่วนช่องเปิด 45% มีค่าต่ำสุด-สูงสุดอยู่ที่ 0.190 - 0.280 และที่อัตราส่วนช่องเปิด 60% มีค่าต่ำสุด-สูงสุดอยู่ที่ 0.197 - 0.302 โดย จะค่าต่ำในช่วง 8.00 น. เพิ่มขึ้นสูงในช่วงเที่ยง และลดลงต่ำที่ 17.00 น. โดยระหว่างเดือนกุมภาพันธ์ถึงกันยายนนี้ จะมีค่าต่ำกว่าระดับการรบกวน หรือมีค่า DGP ไม่เกิน 0.45 และลักษณะที่ 2 เดือนตุลาคมถึงมกราคม ค่า DGP ของแผงบังแดดแบบฉลุที่อัตราส่วนช่องเปิด 30% มีค่าต่ำสุด-สูงสุดอยู่ที่ 0.197 - 0.878 ที่อัตราส่วนช่องเปิด 45% มีค่าต่ำสุด-สูงสุดอยู่ที่ 0.212 - 0.878 และที่อัตราส่วนช่องเปิด 60% มีค่าต่ำสุด-สูงสุดอยู่ที่ 0.227 - 0.878 โดยมีค่า DGP ต่ำที่เวลา 8.00 น. และเพิ่มขึ้นสูงกว่า 0.45 ที่ช่วงเวลา 13.00 - 17.00 น. เนื่องจากตำแหน่ง (West) หันหน้าไปทางทิศตะวันตก ทำให้ปรากฏดวงอาทิตย์อยู่ในมุมมองในช่วงบ่ายถึงเย็น ทำให้มีค่า DGP เพิ่มขึ้นสูงกว่าระดับการรบกวน หรือมีค่า DGP มากกว่า 0.45

3. มุมมองหันไปทางทิศตะวันออก ตำแหน่ง (East) สามารถแบ่งลักษณะที่พบได้ 2 ลักษณะตามช่วงเวลา โดยลักษณะที่ 1 เดือนกุมภาพันธ์ถึงกันยายน ค่า DGP ของแผงบังแดดแบบฉลุที่อัตราส่วนช่องเปิด 30% มีค่าต่ำสุด-สูงสุดอยู่ที่ 0.183 - 0.27 ที่อัตราส่วนช่องเปิด 45% มีค่าต่ำสุด-สูงสุดอยู่ที่ 0.182 - 0.282 และที่อัตราส่วนช่องเปิด 60% มีค่าต่ำสุด-สูงสุดอยู่ที่ 0.189 - 0.302 โดยจะมีค่าต่ำในช่วง 8.00 น. เพิ่มขึ้นสูงในช่วงเที่ยง และลดลงต่ำที่ 17.00 น. โดยระหว่างเดือนกุมภาพันธ์ถึงกันยายน จะมีค่าต่ำกว่าระดับการรบกวน หรือมีค่า DGP ไม่เกิน 0.45 และลักษณะที่ 2 เดือนตุลาคมถึงมกราคม ค่า DGP ของแผงบังแดดแบบฉลุที่อัตราส่วนช่องเปิด 30% มีค่าต่ำสุด-สูงสุดอยู่ที่ 0.184 - 0.878 ที่อัตราส่วนช่องเปิด 45% มีค่าต่ำสุด-สูงสุดอยู่ที่ 0.195 - 0.878 และที่อัตราส่วนช่องเปิด 60% มีค่าต่ำสุด-สูงสุดอยู่ที่ 0.206 - 0.878 โดยในช่วง 8.00 - 12.00 น. จะมีค่า DGP สูงและมีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว และลดลงต่ำกว่า 0.45 ที่ช่วงเวลา 13.00 - 17.00 น. เนื่องจากตำแหน่ง (East) หันไปทางทิศตะวันออกทำให้ปรากฏดวงอาทิตย์อยู่ในมุมมองในช่วงเช้าถึงเที่ยง ทำให้มีค่า DGP เพิ่มขึ้นสูงกว่าระดับการรบกวน หรือมีค่า DGP มากกว่า 0.45



และในช่วงบ่ายที่ดวงอาทิตย์เคลื่อนที่ไปทางทิศตะวันตกทำให้ไม่ปรากฏดวงอาทิตย์ในมุมมอง ค่า DGP จึงลดลง

#### 1.1.1.2. การศึกษาการจัดระดับชั้นความสบายทางสายตาด้วย DGP Limit

ในการศึกษาที่อัตราส่วน 30%, 45% และ 60% นี้ พบว่า อัตราส่วนช่องเปิดที่เพิ่มขึ้นทำให้ค่า DGP เพิ่มขึ้น ทำให้การจัดระดับชั้นด้วย DGP Limit นั้นเมื่อมีอัตราส่วนช่องเปิดเพิ่มขึ้น จะมีแนวโน้มการลดลงของระดับชั้นความสบายทางสายตา โดยมีความแตกต่างของแต่ละตำแหน่งที่ หรือมุมมองดังนี้

มุมมองหันไปทางทิศใต้ ตำแหน่ง (South) พบว่า ทุกอัตราส่วนผ่านเกณฑ์ระดับชั้น A โดยที่อัตราส่วนช่องเปิดที่ 30%, 45% และ 60% มีร้อยละของค่า DGP ที่ไม่เกิน 0.35 (ระดับชั้น A) อยู่ที่ 100% เท่ากัน

1. มุมมองหันไปทางทิศตะวันตก ตำแหน่ง (West) พบว่า ไม่ผ่านเกณฑ์ทุกอัตราส่วน โดยที่อัตราส่วนช่องเปิดที่ 30%, 45% และ 60% มีร้อยละของค่า DGP ที่ไม่เกิน 0.45 (ระดับชั้น C) อยู่ที่ 92%, 91% และ 87% ตามลำดับ

2. มุมมองหันไปทางทิศตะวันออก ตำแหน่ง (East) พบว่า ไม่ผ่านเกณฑ์ทุกอัตราส่วน โดยที่อัตราส่วนช่องเปิดที่ 30%, 45% และ 60% มีร้อยละของค่า DGP ที่ไม่เกิน 0.45 (ระดับชั้น C) อยู่ที่ 95%, 90% และ 89% ตามลำดับ ทั้งนี้แม้ที่อัตราส่วนช่องเปิด 30% จะมีค่า DGP ไม่เกิน 0.45 อยู่ที่ 95% แต่มี ค่าเฉลี่ย DGP สูงสุด 5% ของชั่วโมงทำงานอยู่ที่ 0.825 ซึ่งตามเกณฑ์ระดับชั้น C ต้องมีค่าไม่เกิน 0.53

#### 1.1.1.3. การศึกษา Annual Sunlight Exposure (ASE)

เป็นตัวชี้วัดโอกาสในการเกิดความไม่สบายทางสายตาจากแสงธรรมชาติ โดยทำการศึกษาที่ความส่องสว่างบนพื้นผิวการทำงานที่ 1,000 ลักซ์ เกินกว่า 250 ชั่วโมงการทำงานในรอบปี หรือ ASE1000,250h พบว่า เมื่ออัตราส่วนช่องเปิดเพิ่มขึ้นทำให้ค่า ASE1000,250h มีการเพิ่มขึ้น โดยที่อัตราส่วนช่องเปิด 30%, 45% และ 60% มีค่า ASE1000,250h อยู่ที่ 47%, 67% และ 92% ของพื้นที่ตามลำดับ ทั้งนี้ทุกอัตราส่วนช่องเปิดไม่ผ่านเกณฑ์ของ LEED v.4 ที่กำหนดให้ค่า ASE1000,250h จะต้องมีค่าไม่เกิน 10% ของพื้นที่

#### 1.1.2. ปริมาณแสงธรรมชาติ

จากผลการศึกษาปริมาณแสงสว่างด้วยดัชนีชี้วัด DF และ sDA พบว่า เมื่ออัตราส่วนช่องเปิดเพิ่มขึ้นปริมาณแสงสว่างจะเพิ่มมากขึ้น เช่น ที่ DF ไม่น้อยกว่า 5% ที่อัตราส่วนช่องเปิด 30%, 45% และ 60% มีค่าที่ 24%, 37% และ 46% ตามลำดับ

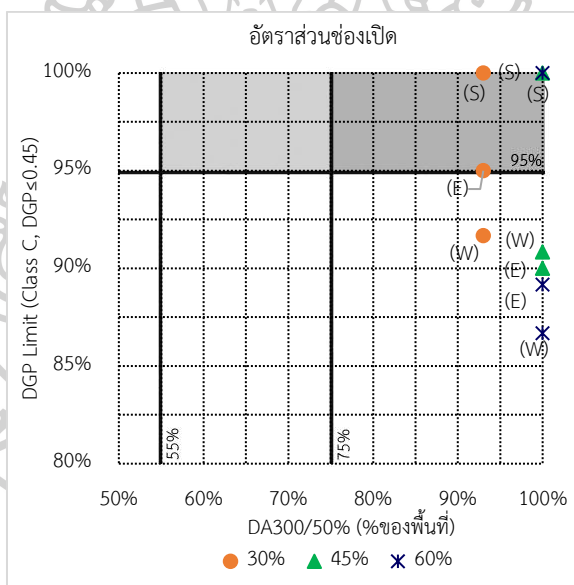
ทั้งนี้เมื่อพิจารณาตามเกณฑ์แสงสว่างจากแสงธรรมชาติของ LEED v 2.1 และ LEED v.4 นั้นปริมาณแสงสว่างของทุกอัตราส่วนช่องเปิดผ่านตามเกณฑ์ โดยที่ค่า DF ไม่น้อยกว่า 2%

ต้องมีค่าไม่น้อยกว่า 75% ของพื้นที่นั้นทุกอัตราส่วนช่องเปิดมีค่าอยู่ที่ 100% ของพื้นที่ และ sDA300/50% (ค่าความสว่างบนพื้นผิวการทำงาน 300 ลักซ์ ไม่น้อยกว่า 50% ของชั่วโมงการทำงาน ต่อปี) ต้องมีค่า 55% หรือ 75% ของพื้นที่ พบว่าที่อัตราส่วนช่องเปิด 30% มีค่าอยู่ที่ 93%ของพื้นที่ และที่อัตราส่วนช่องเปิด 45% และ 60% มีค่าอยู่ที่ 100% ของพื้นที่

**1.1.3. ความสัมพันธ์ของปริมาณแสงธรรมชาติ และความสบายทางสายตา**

จากแผนภูมิที่ 38 จะพบว่าทุกอัตราส่วน ผ่านเกณฑ์ DA300/50% ที่ 75% ขึ้นไป ส่วนเกณฑ์ DGP Limit ที่ Class C หรือมีค่า DGP ไม่เกิน 0.45 นั้น ที่มุมมองทิศใต้ (S) ทุกอัตราส่วน ช่องเปิด ผ่านเกณฑ์ที่ 95% โดยที่มุมมองทิศตะวันออก (E) อัตราส่วน 30% มีค่าอยู่ที่ 95% อัตราส่วน 45%และ 60% และมุมมองทางทิศตะวันตกทุกอัตราส่วนไม่ผ่านเกณฑ์

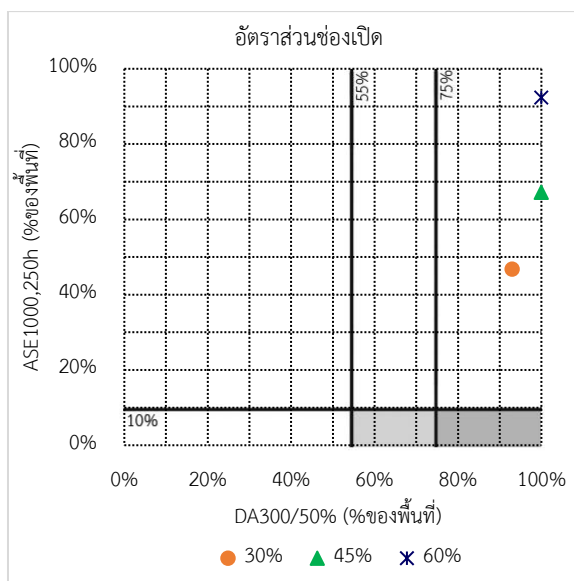
จากแผนภูมิที่ 39 จะพบว่าทุกอัตราส่วน ผ่านเกณฑ์ DA300/50% โดยมีค่ามากกว่า 75% ขึ้นไปแต่ไม่ผ่านเกณฑ์ ASE1000,250h ที่ต้องมีค่าต่ำกว่า 10% ของพื้นที่



■ ผ่านเกณฑ์ DGP Limits, Class C ที่ 95% ของชม.การทำงานต่อปี และเกณฑ์sDA300/50% ที่ 55% ของพื้นที่

■ ผ่านเกณฑ์ DGP Limits, Class C ที่ 95% ของชม.การทำงานต่อปี และผ่านเกณฑ์ sDA300/50% ที่ 75% ของพื้นที่

แผนภูมิที่ 38 ความสัมพันธ์ค่า sDA300/50% และ DGP Limit ที่ระดับชั้น C ที่อัตราส่วนช่องเปิด 30%, 45% และ 60%



- ผ่านเกณฑ์ ASE 1000,250h ที่ไม่เกิน 10% ของพื้นที่ และผ่านเกณฑ์ sDA300/50% ที่ 55% ของพื้นที่
- ผ่านเกณฑ์ ASE 1000,250h ที่ไม่เกิน 10% ของพื้นที่ และผ่านเกณฑ์ sDA300/50% ที่ 75% ของพื้นที่

แผนภูมิที่ 39 ความสัมพันธ์ค่า sDA300/50% และ ASE1000,250h อัตราส่วนช่องเปิด 30%, 45% และ 60%

ตารางที่ 58 แสดงผลการศึกษาความสบายทางสายตาและปริมาณแสงธรรมชาติ ที่อัตราส่วนช่องเปิด 30%, 45% และ 60%.

	อัตราส่วนช่องเปิด 30%			อัตราส่วนช่องเปิด 45%			อัตราส่วนช่องเปิด 60%		
	South	West	East	South	West	East	South	West	East
DGP Limit (Class)	A	ไม่ผ่าน	ไม่ผ่าน	A	ไม่ผ่าน	ไม่ผ่าน	A	ไม่ผ่าน	ไม่ผ่าน
DGP ≤ 0.45 (Class C)	-	92%	95%	-	91%	90%	-	87%	89%
DF ≥ 2%	ผ่าน	100%		ผ่าน	100%		ผ่าน	100%	
DF ≥ 5%	-	24.0%		-	37.0%		-	46.0%	
sDA300/50%	ผ่าน	93.0%		ผ่าน	100%		ผ่าน	100%	
ASE1000,250h	ไม่ผ่าน	47.0%		ไม่ผ่าน	67.0%		ไม่ผ่าน	92.0%	

ดังนั้นในการพิจารณาอัตราส่วนช่องเปิด เนื่องจากปริมาณแสงสว่างตามเกณฑ์ DF 2% และ sDA300/50% นั้นทุกอัตราส่วนช่องเปิดผ่านเกณฑ์ดังกล่าว ขณะที่เมื่อพิจารณาความน่าจะเป็นของการเกิดแสงบาดตา (DGP) และระดับชั้น DGP Limit (แผนภูมิที่ 38) และ ASE1000,250h (แผนภูมิที่ 39) พบว่าที่อัตราส่วนช่องเปิดต่ำ มีโอกาสการเกิดแสงบาดตาที่ต่ำกว่า อัตราส่วนช่องเปิด

สูง จึงควรเลือกใช้ที่อัตราส่วนช่องเปิดต่ำ เช่น ที่ 30% โดยในการใช้ช่องฉลุที่มีอัตราส่วนช่องเปิดต่ำกว่า 30% ก็เป็นสิ่งที่ควรทำการศึกษาเพิ่มเติมต่อไป

ทั้งนี้ในการศึกษาพบว่าการใช้เกณฑ์ ASE ที่ 1000 ลักซ์ 250hr. มีความสอดคล้องกับตำแหน่งที่ได้รับแสงตรงจากดวงอาทิตย์ และมีค่า DGP มากถึงระดับรบกวน จึงแนะนำให้ระมัดระวังในการใช้งานพื้นที่ดังกล่าว หรือที่ระยะ 0 - 2.5 เมตรจากช่องเปิด แต่ทั้งนี้เนื่องจากรูปแบบห้องตัวอย่างที่ทำการทดลอง มีขนาดเล็กจึงทำให้การใช้เกณฑ์ของ ASE1000,250h ของ LEED มาเป็นเกณฑ์การวิเคราะห์แสงบาดตานั้นจึงไม่เหมาะสม โดยจากรูปแบบและเกณฑ์ด้านแสงสว่างแล้วพบว่าที่อัตราส่วนช่องเปิด 30% มีค่า sDA300/50% อยู่ถึง 93% ของพื้นที่ห้องทำให้ยังสามารถปรับเพิ่มขนาดความลึกของห้อง เพื่อเพิ่มพื้นที่ จะสามารถลดอัตราส่วนของพื้นที่ ASE1000,250h ลงได้ รวมถึงสภาพแวดล้อมและแสงแดดในประเทศไทยที่อยู่ในพื้นที่ใกล้เส้นศูนย์สูตร โดยทำการทดลองที่ กรุงเทพฯ ละติจูดที่ 13. ซึ่งได้รับแสงแดดมากกว่า 11-12 ชั่วโมงต่อวัน และแสงสว่างธรรมชาติที่มาก ซึ่งควรทำการศึกษาเพิ่มเติมกับผู้ใช้งานจริงว่าระดับความสว่างที่มีผลให้รบกวนและก่อให้เกิดความไม่สบายทางสายตาต่อไป

## 1.2. ความสัมพันธ์ของขนาดช่องเปิดของแผงบังแดดแบบฉลุภายนอก ต่อความสบายทางสายตาและปริมาณแสงธรรมชาติ

เมื่อทำการศึกษาความสัมพันธ์ของขนาดช่องเปิดของแผงบังแดดแบบฉลุภายนอกอาคาร ที่มีผลต่อความสบายทางสายตา และปริมาณแสงธรรมชาติที่เข้าสู่ภายในอาคารโดยได้ทำการศึกษาแผงบังแดดแบบฉลุที่อัตราส่วนช่องเปิด 30% ขนาดช่องฉลุ 0.05, 0.10 และ 0.15 ม. ระยะห่าง 0.20 ม. พบว่าการเพิ่มขึ้นของขนาดช่องฉลุไม่มีผลต่อการเพิ่มขึ้น หรือลดลงของแสงบาดตาที่ชัดเจน รวมถึงปริมาณแสงธรรมชาติ โดยมีรายละเอียดดังนี้

### 1.2.1. ความสบายทางสายตา

การศึกษาความสบายทางสายตา ด้วยเกณฑ์ DGP, DGP Limits และ ASE1000,250h พบว่าการเพิ่มขึ้นของขนาดช่องฉลุ ไม่มีผลต่อการเกิดแสงบาดตาจากแสงธรรมชาติที่ชัดเจน ในการศึกษาครั้งนี้พบว่าที่ขนาดช่องฉลุ 0.05, 0.10 และ 0.15 ม. มีค่า DGP ใกล้เคียงกัน การจัดระดับชั้นด้วย DGP Limit มีแนวโน้มไม่ชัดเจน และมีผลของเกณฑ์ ASE100,250h ที่ใกล้เคียงกัน

#### 1.2.1.1. การศึกษาความน่าจะเป็นของแสงบาดตาจากแสงธรรมชาติ (Daylight Glare Probability, DGP)

พบว่า เมื่อขนาดช่องฉลุเพิ่มขึ้น จะทำให้ค่า DGP เพิ่มขึ้น โดยที่ในช่วงเวลาที่ดวงอาทิตย์เคลื่อนที่ไปยังทิศใต้ ช่วงเดือนตุลาคม ถึง มกราคม ในมุมมองหันไปทางทิศตะวันตก ตำแหน่ง (West) และ มุมมองหันไปทางทิศตะวันออก ตำแหน่ง (East) นั้นจะมีค่า DGP เพิ่มขึ้นสูง

เกินกว่าระดับการรบกวน (0.45) และมีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วของค่า DGP โดยที่ไม่มีความสัมพันธ์กับขนาดช่องฉลุ โดยมีความแตกต่างของแต่ละตำแหน่งที่นี้ดังนี้

1. มุมมองหันไปทางทิศใต้ ตำแหน่ง (South) พบว่า ค่า DGP ที่ขนาดช่องฉลุ 0.05 เมตรมีค่าต่ำสุด - สูงสุดอยู่ที่ 0.212 - 0.296 ที่ขนาดช่องฉลุ 0.10 เมตร มีค่าต่ำสุด - สูงสุดอยู่ที่ 0.216 - 0.299 ที่ขนาดช่องฉลุ 0.15 เมตรมีค่าต่ำสุด - สูงสุดอยู่ที่ 0.217 - 0.301

2. มุมมองหันไปทางทิศตะวันตก ตำแหน่ง (West) แบ่งได้ 2 ลักษณะตามช่วงเวลา คือ ในช่วงเดือนกุมภาพันธ์ - กันยายน ค่า DGP ที่ขนาดช่องฉลุ 0.05 เมตรมีค่าต่ำสุด - สูงสุดอยู่ที่ 0.193 - 0.268 ที่ขนาดช่องฉลุ 0.10 เมตร มีค่าต่ำสุด - สูงสุดอยู่ที่ 0.194 - 0.272 ที่ขนาดช่องฉลุ 0.15 เมตรมีค่าต่ำสุด - สูงสุดอยู่ที่ 0.195 - 0.274 โดยทั้งหมดมีค่าต่ำกว่าระดับการรบกวน หรือมีค่า DGP ไม่เกิน 0.45 และลักษณะที่ 2 ช่วงตุลาคมถึงมกราคม ค่า DGP ที่ขนาดช่องฉลุ 0.05 เมตรมีค่าต่ำสุด - สูงสุดอยู่ที่ 0.197 - 0.878 ที่ขนาดช่องฉลุ 0.10 เมตร มีค่าต่ำสุด - สูงสุดอยู่ที่ 0.198 - 0.878 ที่ขนาดช่องฉลุ 0.15 เมตรมีค่าต่ำสุด - สูงสุดอยู่ที่ 0.199 - 0.878 โดยค่า DGP จะเพิ่มขึ้นสูงกว่า 0.45 ในช่วงเวลา 12.00 - 17.00 น. เนื่องจากปรากฏดวงอาทิตย์ในมุมมอง และมีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วของค่า DGP โดยที่ไม่มีความสัมพันธ์กับขนาดช่องฉลุ

3. มุมมองหันไปทางทิศตะวันออก ตำแหน่ง (East) แบ่งได้ 2 ลักษณะตามช่วงเวลา คือ ในช่วงเดือนกุมภาพันธ์ - กันยายน ค่า DGP ที่แผงบังแดดขนาดช่องฉลุ 0.05 เมตรมีค่าต่ำสุด - สูงสุดอยู่ที่ 0.183 - 0.270 ที่ขนาดช่องฉลุ 0.10 เมตร มีค่าต่ำสุด - สูงสุดอยู่ที่ 0.186 - 0.273 ที่ขนาดช่องฉลุ 0.15 เมตรมีค่าต่ำสุด - สูงสุดอยู่ที่ 0.187 - 0.273 โดยทั้งหมดมีค่าต่ำกว่าระดับการรบกวน หรือมีค่า DGP ไม่เกิน 0.45 และลักษณะที่ 2 ช่วงตุลาคมถึงมกราคมค่า DGP ที่ขนาดช่องฉลุ 0.05 เมตรมีค่าต่ำสุด - สูงสุดอยู่ที่ 0.184 - 0.878 ที่ขนาดช่องฉลุ 0.10 เมตร มีค่าต่ำสุด - สูงสุดอยู่ที่ 0.186 - 0.878 ที่ขนาดช่องฉลุ 0.15 เมตรมีค่าต่ำสุด - สูงสุดอยู่ที่ 0.185 - 0.878 พบว่า ค่า DGP มีค่าเพิ่มขึ้นสูงกว่า 0.45 ในช่วงเวลา 13.00 - 17.00 น. ในเดือน ตุลาคม - มกราคม โดยในช่วงนี้ค่า DGP จะมีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วของค่า DGP โดยที่ไม่มีความสัมพันธ์กับขนาดช่องฉลุ

#### 1.2.1.2. การศึกษาการจัตระดับชั้นความสบายทางสายตาด้วย DGP Limit

พบว่า ขนาดช่องฉลุ ไม่มีผลต่อการจัตระดับชั้นความสบายทางสายตา โดยมีความแตกต่างของแต่ละตำแหน่งที่ หรือมุมมองดังนี้

1. มุมมองหันไปทางทิศใต้ ตำแหน่ง (South) ทุกอัตราส่วนผ่านเกณฑ์ระดับชั้น A โดยที่ขนาดช่องฉลุ 0.05, 0.10 และ 0.15 เมตร มีร้อยละของค่า DGP ที่ไม่เกิน 0.35 (ระดับชั้น A) อยู่ที่ 100% เท่ากัน

2. มุมมองหันไปทางทิศตะวันตก ตำแหน่ง (West) ไม่ผ่านเกณฑ์ทุกอัตราส่วน โดยที่ขนาดช่องฉลุ 0.05, 0.10 และ 0.15 เมตร มีร้อยละของค่า DGP ที่ไม่เกิน 0.45 (ระดับชั้น C ) อยู่ที่ 92%, 93% และ 92% ตามลำดับ

3. มุมมองหันไปทางทิศตะวันออก ตำแหน่ง (East) ที่ขนาดช่องฉลุ 0.15 ผ่านเกณฑ์ระดับชั้น C โดยที่ขนาดช่องฉลุ 0.05, 0.10 และ 0.15 เมตร มีร้อยละของค่า DGP ที่ไม่เกิน 0.45 (ระดับชั้น C ) อยู่ที่ 95%, 92% และ 99% ตามลำดับ ทั้งนี้แม้ที่ขนาดช่องฉลุ 0.05 จะมีค่า DGP ไม่เกิน 0.45 อยู่ที่ 95% แต่มีค่าเฉลี่ย DGP สูงสุด 5% ของชั่วโมงทำงานอยู่ที่ 0.825 ซึ่งตามเกณฑ์ระดับชั้น C ต้องมีค่าไม่เกิน 0.53

### 1.2.1.3. การศึกษา Annual Sunlight Exposure (ASE)

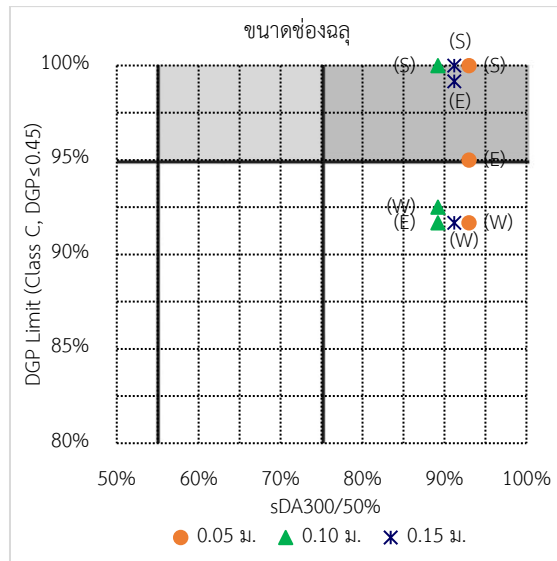
ซึ่งเป็นตัวชี้วัดการเกิดความไม่สบายทางสายตา พบว่าทุกขนาดช่องฉลุไม่ผ่านเกณฑ์ ASE1000,250h หรือ ค่าความสว่างบนพื้นผิวการทำงานที่ 1000 ลักซ์ ไม่เกินกว่า 250 ชั่วโมงการทำงานต่อปีนั้น จะต้องมีค่าไม่เกิน 10% ของพื้นที่นั้น ที่ขนาดช่องฉลุ 0.05, 0.10 และ 0.15 เมตร มีค่า 46.8%, 46.0% และ 48.0% ตามลำดับ ทั้งนี้ขนาดช่องฉลุไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่า ASE1000,250h

### 1.2.2. ปริมาณแสงธรรมชาติ

จากผลการศึกษาปริมาณแสงสว่างด้วยดัชนีชี้วัด DF และ sDA พบว่าขนาดช่องฉลุไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณแสงสว่าง เช่น ที่ DF ไม่น้อยกว่า 5% ที่ขนาดช่องฉลุ 0.05, 0.10 และ 0.15 เมตร มีค่าที่ 24.4%, 22.2% และ 24.2% ตามลำดับ

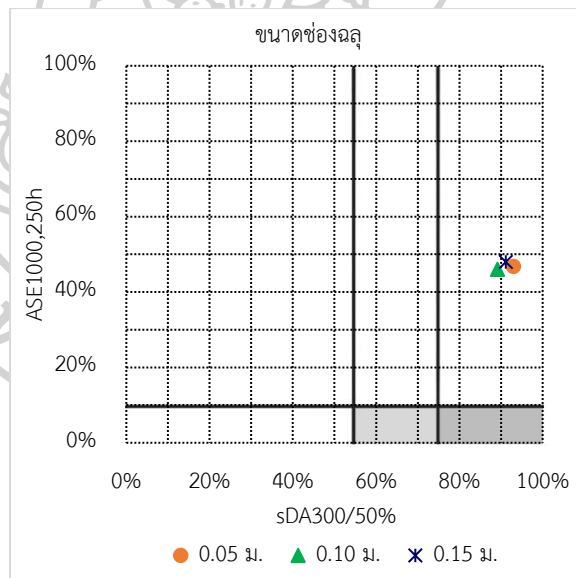
ทั้งนี้เมื่อพิจารณาตามเกณฑ์แสงสว่างจากแสงธรรมชาติของ LEED v 2.1 และ LEED v.4 นั้นปริมาณแสงสว่างของทุกอัตราส่วนช่องเปิดผ่านตามเกณฑ์ โดยที่ค่า DF ไม่น้อยกว่า 2% ต้องมีค่าไม่น้อยกว่า 75% ของพื้นที่นั้นทุกอัตราส่วนมีค่าอยู่ที่ 100% ของพื้นที่ และ sDA300/50% (ค่าความสว่างบนพื้นผิวการทำงาน 300 ลักซ์ ไม่น้อยกว่า 50% ของชั่วโมงการทำงานต่อปี) ต้องมีค่า 55% หรือ 75% ของพื้นที่ พบว่าที่ขนาดช่องฉลุ 0.05, 0.10 และ 0.15 เมตร มีค่าอยู่ที่ 93%, 89.2% และ 91.2% ของพื้นที่





- ผ่านเกณฑ์ DGP Limits, Class C ที่ 95% ของชม.การทำงานต่อปี และเกณฑ์ sDA300/50% ที่ 55% ของพื้นที่
- ผ่านเกณฑ์ DGP Limits, Class C ที่ 95% ของชม.การทำงานต่อปี และผ่านเกณฑ์ sDA300/50% ที่ 75% ของพื้นที่

แผนภูมิที่ 40 ความสัมพันธ์ค่า sDA300/50% และ DGP Limit ที่ระดับชั้น C ที่ที่ขนาดช่องฉลุ 0.05, 0.10 และ 0.15 ม.



- ผ่านเกณฑ์ ASE 1000,250h ที่ไม่เกิน 10% ของพื้นที่ และผ่านเกณฑ์ sDA300/50% ที่ 55% ของพื้นที่
- ผ่านเกณฑ์ ASE 1000,250h ที่ไม่เกิน 10% ของพื้นที่ และผ่านเกณฑ์ sDA300/50% ที่ 75% ของพื้นที่

แผนภูมิที่ 41 ความสัมพันธ์ค่า sDA300/50% และ ASE1000,250h ที่ขนาดช่องฉลุ 0.05, 0.10 และ 0.15 ม.



ตารางที่ 59 แสดงผลการศึกษาความสบายทางสายตาและปริมาณแสงธรรมชาติ ที่ช่องฉลุ 0.05, 0.10 และ 0.15 ม.

	ขนาดช่องฉลุ 0.05 ม.			ขนาดช่องฉลุ 0.10 ม.			ขนาดช่องฉลุ 0.15 ม.		
	South	West	East	South	West	East	South	West	East
DGP Limit (Class)	A	-	-	A	-	-	A	-	C
DGP $\leq$ 0.45 (Class C)	-	92%	95%	-	91%	90%	-	87%	89%
DF $\geq$ 2%	ผ่าน	100%		ผ่าน	100%		ผ่าน	100%	
DF $\geq$ 5%	-	24.4%		-	22.2%		-	24.2%	
sDA300/50%	ผ่าน	93.0%		ผ่าน	89.2%		ผ่าน	91.2%	
ASE1000,250h	ไม่ผ่าน	46.8%		ไม่ผ่าน	46.0%		ไม่ผ่าน	48.0%	

ดังนั้นในการพิจารณาขนาดช่องฉลุ เนื่องจากปริมาณแสงสว่างด้วยตัวชี้วัด DF 2% และ sDA300/50% นั้นทุกขนาดช่องฉลุมีผลใกล้เคียงกัน แต่ไม่มีผลต่อการจัดระดับชั้นด้วย DGP Limit (แผนภูมิที่ 40) ที่ไม่มีแนวโน้มที่ชัดเจน และไม่มีผลต่อ ASE1000,250h (แผนภูมิที่ 41) ขณะที่เมื่อพิจารณาความน่าจะเป็นของการเกิดแสงบาดตา (DGP) นั้นพบว่าค่า DGP ที่ขนาดช่องฉลุเล็กกว่า มีค่าดีกว่า ช่องฉลุขนาดใหญ่

เนื่องจากขนาดของช่องฉลุไม่ส่งผลต่อปริมาณแสงสว่าง การจัดระดับชั้น DGP Limit และ ASE ดังนั้นในการศึกษานี้จึงสามารถเลือกใช้ขนาดช่องฉลุใดๆ ที่มีขนาดระหว่าง 0.05 ถึง 0.15 เมตร อย่างไรก็ตามเนื่องจากขนาดช่องฉลุที่เพิ่มขึ้นจะมีค่า DGP ที่เพิ่มขึ้น ดังนั้น หากต้องการใช้ขนาดช่องฉลุที่มากกว่าที่ได้ทำการวิจัยนี้ ควรมีการศึกษาเพิ่มเติม

### 1.3. ความสัมพันธ์ของระยะห่างระหว่างช่องเปิด กับแผงบังแดดแบบฉลุ ต่อความสบายทางสายตาและปริมาณแสงธรรมชาติ

จากการศึกษาความสัมพันธ์ของระยะห่างระหว่างแผงบังแดดแบบฉลุกับช่องเปิด ที่มีผลต่อความสบายทางสายตา และปริมาณแสงธรรมชาติที่เข้าสู่ภายในอาคาร โดนทำการศึกษาแผงบังแดดแบบฉลุที่อัตราส่วนช่องเปิด 30% ขนาดช่องฉลุ 0.05 ม. ระยะห่าง 0.20, 0.60 และ 1.00 ม. พบว่าระยะห่างที่เพิ่มขึ้นมีผลให้มีโอกาสเกิดแสงบาดตาเพิ่มขึ้น และมีผลให้ปริมาณแสงสว่างเพิ่มขึ้นด้วยเช่นกัน โดยมีรายละเอียดดังนี้

### 1.3.1. ความสบายทางสายตา

การศึกษาความสบายทางสายตา ด้วยเกณฑ์ DGP, DGP Limits และ ASE1000,250h พบว่าระยะห่างมีผลต่อการเกิดแสงบาดตาจากแสงธรรมชาติ ในการศึกษาพบว่าที่เมื่อระยะห่างเพิ่มขึ้น จะมีค่า DGP เพิ่มขึ้น การจัดระดับชั้นด้วย DGP Limit และมีผลของเกณฑ์ ASE100,250h ที่เพิ่มขึ้น โดยที่ระยะห่าง 0.20 และ 0.60 ม.มีค่าแตกต่างกันเพียงเล็กน้อย และเพิ่มขึ้นมากที่ระยะ 1.00 ม. โดยมีรายละเอียดดังนี้

#### 1.3.1.1. การศึกษาความน่าจะเป็นของแสงบาดตาจากแสงธรรมชาติ

##### (Daylight Glare Probability, DGP)

พบว่า ที่ระยะห่างแผงบังแดดกับผนังอาคารเพิ่มขึ้น พบว่าค่า DGP จะสัมพันธ์กับทิศทางดวงอาทิตย์ โดยที่ในช่วงเวลาที่ดวงอาทิตย์เคลื่อนที่ไปยังทิศเหนือ ช่วงเดือนพฤษภาคม ถึง เดือน กรกฎาคม ค่า DGP ของแผงบังแดดที่ระยะห่าง 1.00 เมตร จะมีค่าสูงกว่าที่ระยะ 0.60 และ 0.20 เมตร เนื่องจากการแสงตรงจากดวงอาทิตย์ที่ส่องผ่านช่องว่างและแสงสะท้อนจากแผงบังแดด แต่ยังคงมีค่า DGP ต่ำกว่าระดับการสังเกตเห็นได้ (0.40) และช่วงเดือนตุลาคม ถึง มกราคม ที่ดวงอาทิตย์เคลื่อนที่ไปยังทิศใต้ในมุมมองหันไปทางทิศตะวันตก ตำแหน่ง (West) และมุมมองหันไปทางทิศตะวันออก ตำแหน่ง (East) นั้นจะมีค่า DGP เพิ่มขึ้นสูงเกินกว่าระดับการรบกวน (0.45) และมีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วของค่า ทั้งนี้ในช่วงเวลาที่สามารพบค่า DGP ของแผงบังแดดที่ระยะ 1.00 เมตร มีค่าเท่ากันหรือต่ำกว่าระยะ 0.60 และ 0.20 เมตรได้ โดยมีความแตกต่างของแต่ละตำแหน่งที่ หรือมุมมองดังนี้

1. มุมมองหันไปทางทิศใต้ ตำแหน่ง (South) นั้นค่า DGP ที่ระยะห่างแผงบังแดด 0.20 เมตรมีค่าต่ำสุด - สูงสุดอยู่ที่ 0.212 - 0.296 ที่ระยะห่างแผงบังแดด 0.60 เมตรมีค่าต่ำสุด - สูงสุดอยู่ที่ 0.211 - 0.314 ที่ระยะห่างแผงบังแดด 1.00 เมตรมีค่าต่ำสุด - สูงสุดอยู่ที่ 0.210 - 0.346

2. มุมมองหันไปทางทิศตะวันตก ตำแหน่ง (West) นั้นค่า DGP มีค่าเพิ่มขึ้นสูงกว่า 0.45 ในช่วงเวลา 12.00 - 17.00 น. ในเดือน ตุลาคม - มกราคม โดยในช่วงนี้ค่า DGP จะมีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว ทั้งนี้แผงบังแดดที่ระยะห่าง 1.00 เมตร ยังคงมีแนวโน้มของค่า DGP ที่สูงกว่าระยะ 0.60 และ 0.20 เมตร

3. มุมมองหันไปทางทิศตะวันออก ตำแหน่ง (East) นั้นค่า DGP มีค่าเพิ่มขึ้นสูงกว่า 0.45 ในช่วงเวลา 8.00 - 12.00 น. ในเดือนตุลาคม - มกราคม โดยในช่วงนี้ค่า DGP จะมีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว ทั้งนี้แผงบังแดดที่ระยะห่าง 1.00 เมตร ยังคงมีแนวโน้มของค่า DGP ที่สูงกว่าระยะ 0.60 และ 0.20 เมตร

### 1.3.1.2. การศึกษาการจัดระดับชั้นความสบายทางสายตาด้วย DGP Limit

พบว่าระยะห่างของแผงบังแดดแบบฉลุ มีผลต่อการจัดระดับชั้นความสบายทางสายตา โดยมีความแตกต่างของแต่ละตำแหน่งที่ หรือมุมมองดังนี้

1. มุมมองหันไปทางทิศใต้ ตำแหน่ง (South) พบว่า ทุกอัตราส่วนผ่านเกณฑ์ระดับชั้น A โดยที่ระยะห่างแผงบังแดด 0.20, 0.60 และ 1.00 เมตร มีร้อยละของค่า DGP ที่ไม่เกิน 0.35 (ระดับชั้น A) อยู่ที่ 100% เท่ากัน

2. มุมมองหันไปทางทิศตะวันตก ตำแหน่ง (West) ไม่ผ่านเกณฑ์ทุกอัตราส่วน โดยที่ระยะห่างแผงบังแดด 0.20, 0.60 และ 1.00 เมตร มีร้อยละของค่า DGP ที่ไม่เกิน 0.45 (ระดับชั้น C) อยู่ที่ 92%, 89% และ 88% ตามลำดับ

3. มุมมองหันไปทางทิศตะวันออก ตำแหน่ง (East) ที่ขนาดช่องฉลุ 0.15 ผ่านเกณฑ์ระดับชั้น C โดยที่ระยะห่างแผงบังแดด 0.20, 0.60 และ 1.00 เมตร มีร้อยละของค่า DGP ที่ไม่เกิน 0.45 (ระดับชั้น C) อยู่ที่ 95%, 94% และ 92% ตามลำดับ ทั้งนี้แม้ที่ระยะห่าง 0.20 เมตร จะมีค่า DGP ไม่เกิน 0.45 อยู่ที่ 95% แต่มีค่าเฉลี่ย DGP สูงสุด 5% ของชั่วโมงทำงานอยู่ที่ 0.825 ซึ่งตามเกณฑ์ระดับชั้น C ต้องมีค่าไม่เกิน 0.53

### 1.3.1.3. การศึกษา Annual Sunlight Exposure (ASE)

จากผลการศึกษา ASE ซึ่งเป็นตัวชี้วัดการเกิดความไม่สบายทางสายตา พบว่าทุกขนาดช่องฉลุไม่ผ่านเกณฑ์ ASE1000,250h หรือ ค่าความสว่างบนพื้นผิวการทำงานที่ 1000 ลักซ์ ไม่เกินกว่า 250 ชั่วโมงการทำงานต่อปีนั้น จะต้องไม่เกิน 10% ของพื้นที่นั้น ที่ขนาดช่องฉลุ 0.05, 0.10 และ 0.15 เมตร มีค่า 46.8%, 47.2% และ 51.0% ตามลำดับ ทั้งนี้ระยะห่างของแผงบังแดดที่เพิ่มมากขึ้น มีผลให้ค่า ASE1000,250h เพิ่มขึ้นเช่นกัน

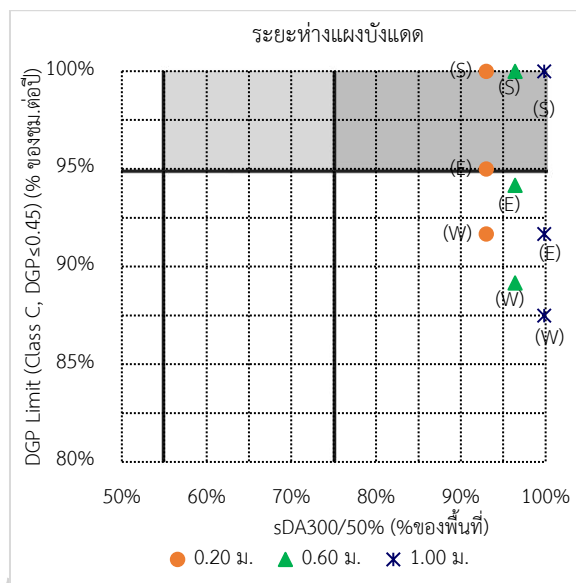
ทั้งนี้จากการศึกษา Annual Sunlight Exposure (ASE) เมื่อพิจารณารวมกับตำแหน่งที่นั่งในการศึกษาค่า DGP แล้ว พบว่าที่ระยะ 0 - 2.5 เมตรจากหน้าต่างเป็นพื้นที่ซึ่งมีแสงตรงจากดวงอาทิตย์ตกลงบนพื้นผิวการทำงาน ทำให้มีค่าความส่องสว่าง 1000 ลักซ์ มากกว่า 250 ชั่วโมงการทำงาน การมีค่าความส่องสว่างที่สูงทำให้เกิดโอกาสที่จะเกิดแสงบาดตาได้มาก

### 1.3.2. ปริมาณแสงธรรมชาติ

จากผลการศึกษาปริมาณแสงสว่างด้วยดัชนีชี้วัด DF และ sDA พบว่าเมื่อระยะห่างแผงบังแดดและผนังอาคารเพิ่มมากขึ้น มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณแสงสว่าง เช่น ที่ DF ไม่น้อยกว่า 5% ที่ระยะห่างแผงบังแดด 0.20, 0.60 และ 1.00 เมตร มีค่าที่ 24.4%, 23.6% และ 26.0% ตามลำดับ

ทั้งนี้เมื่อพิจารณาตามเกณฑ์แสงสว่างจากแสงธรรมชาติของ LEED v 2.1 และ LEED v.4 นั้นปริมาณแสงสว่างของทุกอัตราส่วนช่องเปิดผ่านตามเกณฑ์ โดยที่ค่า DF ไม่น้อยกว่า 2%

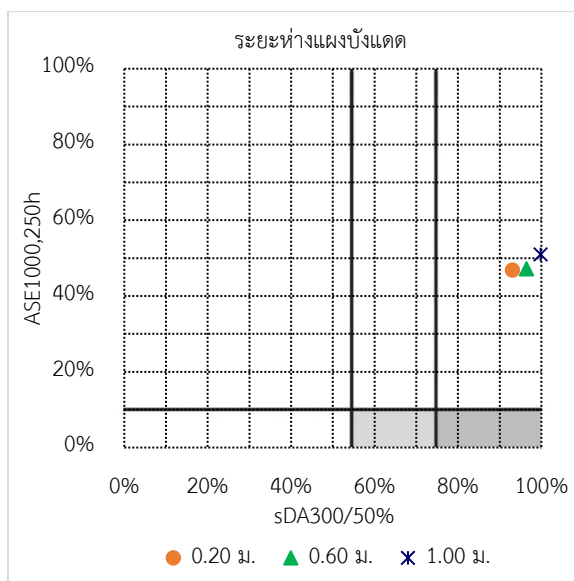
ต้องมีค่าไม่น้อยกว่า 75% ของพื้นที่นั้นทุกอัตราส่วนมีค่าอยู่ที่ 100% ของพื้นที่ และ sDA300/50% (ค่าความสว่างบนพื้นผิวการทำงาน 300 ลักซ์ ไม่น้อยกว่า 50% ของชั่วโมงการทำงานต่อปี) ต้องมีค่า 55% หรือ 75% ของพื้นที่ พบว่าที่ระยะห่างแผงบังแดด 0.20, 0.60 และ 1.00 เมตรมีค่าอยู่ที่ 93.0%, 96.4% และ 99.8% ของพื้นที่



■ ผ่านเกณฑ์ DGP Limits, Class C ที่ 95% ของชม.การทำงานต่อปี และเกณฑ์ sDA300/50% ที่ 55% ของพื้นที่

■ ผ่านเกณฑ์ DGP Limits, Class C ที่ 95% ของชม.การทำงานต่อปี และผ่านเกณฑ์ sDA300/50% ที่ 75% ของพื้นที่

แผนภูมิที่ 42 ความสัมพันธ์ค่า sDA300/50% และ DGP Limit ที่ระดับชั้น C ที่ระยะห่างแผงบังแดด 0.20, 0.60 และ 1.00 ม.



ผ่านเกณฑ์ ASE 1000,250h ที่ไม่เกิน 10% ของพื้นที่ และผ่านเกณฑ์ sDA300/50% ที่ 55% ของพื้นที่  
 ผ่านเกณฑ์ ASE 1000,250h ที่ไม่เกิน 10% ของพื้นที่ และผ่านเกณฑ์ sDA300/50% ที่ 75% ของพื้นที่  
 แผนภูมิที่ 43 ความสัมพันธ์ค่า sDA300/50% และ ASE1000,250h ที่ระยะห่างแผงบังแดด 0.20, 0.60 และ 1.00 ม.

ตารางที่ 60 แสดงผลการศึกษาความสบายทางสายตาและปริมาณแสงธรรมชาติ ที่ระยะห่างแผงบังแดด 0.20, 0.60 และ 1.00 ม.

	ระยะห่าง 0.20 ม.			ระยะห่าง 0.60 ม.			ระยะห่าง 1.00 ม.		
	South	West	East	South	West	East	South	West	East
DGP Limit (Class)	A	ไม่ผ่าน	ไม่ผ่าน	A	ไม่ผ่าน	ไม่ผ่าน	A	ไม่ผ่าน	ไม่ผ่าน
DGP ≤ 0.45 (Class C)	-	92%	95%	-	89%	94%	-	88%	92%
DF ≥ 2%	ผ่าน	100%		ผ่าน	100%		ผ่าน	100%	
DF ≥ 5%	-	24.4%		-	23.6%		-	26.0%	
sDA300/50%	ผ่าน	93.0%		ผ่าน	96.40%		ผ่าน	99.80%	
ASE1000,250h	ไม่ผ่าน	46.8%		ไม่ผ่าน	47.20%		ไม่ผ่าน	51.00%	

การพิจารณาระยะห่างของแผงบังแดด เนื่องจากปริมาณแสงสว่างด้วยตัวชี้วัด DF 2% และ sDA300/50% ทุกๆระยะห่างมีค่าผ่านเกณฑ์ตามมาตรฐาน ขณะที่เมื่อพิจารณาความน่าจะเป็นของการเกิดแสงบาดตา (DGP) และการจัดระดับชั้นด้วยค่า DGP Limit ที่ระยะห่างมากกว่ามีค่า DGP เพิ่มมากขึ้นและ ระดับชั้น DGP Limit ที่ลดลง (แผนภูมิที่ 42) เมื่อพิจารณา ASE1000,250h

(แผนภูมิที่ 43) ที่ระยะห่าง 0.20 และ 0.60 มีค่าใกล้เคียงกัน ที่ระยะ 1.00 เมตรมีค่า ASE1000,250h เพิ่มขึ้น ดังนั้นที่ระยะที่เหมาะสมของแผงบังแดด คือ ที่ระยะ 0.20 - 0.60 เมตร

## 2. ข้อจำกัดในการวิจัย

จากการวิจัย ได้ระบุตำแหน่งที่นั่งพบว่า ไม่สามารถเปรียบเทียบตำแหน่งที่นั่งและมุมมองที่เกิดขึ้นได้ เนื่องจากระยะห่างจากช่องแสงที่ไม่เท่ากัน ทำให้ตำแหน่ง (South) ไม่มีแสงตรงจากดวงอาทิตย์ ขณะที่ตำแหน่ง (East) และ ตำแหน่ง (West) นั้นมีแสงตรงจากดวงอาทิตย์กระทบลงบนพื้นผิวการทำงานของ

## 3. ข้อเสนอแนะ

ในการศึกษาเพื่อหารูปแบบของแผงบังแดดแบบฉลุที่มีแสงสว่างธรรมชาติที่พอเพียงต่อการใช้งานและมีความสบายทางสายตา เหมาะสมต่อการใช้งานอาคารสำนักงาน พบว่าแผงบังแดดที่มีความเหมาะสม คือ อัตราส่วนช่องเปิด 30% ที่ขนาดช่องฉลุใดๆ ที่ระยะห่าง 0.20 - 0.60 ม. ทั้งนี้จากการศึกษา Annual Sunlight Exposure (ASE) เมื่อพิจารณารวมกับตำแหน่งที่นั่งในการศึกษาค่า DGP แล้ว พบว่าจากแบบจำลองที่ทำการศึกษานี้ ที่ระยะ 0- 2.5 เมตรจากหน้าต่าง เป็นพื้นที่ซึ่งมีแสงตรงจากดวงอาทิตย์ตกลงบนพื้นผิวการทำงาน ทำให้มีค่าความส่องสว่าง 1000 ลักซ์ มากกว่า 250 ชั่วโมงการทำงาน การมีค่าความส่องสว่างที่สูงทำให้เกิดโอกาสที่จะเกิดแสงบาดตาได้มาก จึงควรระมัดระวังการใช้งานพื้นที่บริเวณนี้ และคำนึงถึงปัจจัยอื่นๆ เช่น การเพิ่มม่านบังแสงเพื่อปรับลดปริมาณแสงในช่วงวิกฤติเช่น โดยเฉพาะในเดือนตุลาคม ถึง มกราคม ที่ดวงอาทิตย์อยู่ทางอาทิตย์ใต้

ทั้งนี้อาจต้องมีการศึกษาเพิ่มเติม กรณีที่ลดอัตราส่วนช่องเปิดเพื่อลดการเกิดแสงบาดตา เนื่องจากการศึกษาที่อัตราส่วนช่องเปิด 30% นั้นมีค่า ASE1000,250h ที่ยังมีค่าสูงกว่าเกณฑ์ หรือศึกษาปัจจัยใดๆ เช่น การเพิ่มค่า transmittance ของกระจก หรือเพิ่มม่านบังแสงในการใช้งานจริง เป็นต้น และการศึกษาการใช้พลังงานในอาคารที่ใช้แผงบังแดดแบบฉลุ รวมถึงการพิจารณาการใช้เกณฑ์ ASE1000,250h ของ LEED ในประเทศไทยที่มีสภาพแสงแดดจัด



## รายการอ้างอิง

- Blanco, J. M., Arriaga, P., Roji, E., & Cuadrado, J. (2014). Investigating the thermal behavior of double-skin perforated sheet façades: Part A: Model characterization and validation procedure. *Building and Environment*, 82, 50-62.
- Building Technology and Urban Systems Department, E., BerkeleyLab. (2002). RADIANCE. Retrieved from <http://radsite.lbl.gov/radiance/index.html>
- Department of the Environment Transport and the Regions, D. (1998). *DETR Good Practice Guide 245 : Desktop guide to daylighting – for architects* (P. Tregenza Ed.). London: Department of the Environment, Transport and the Regions.
- Houska, C. (2013). The Use of Stainless Steel in Second-Skin Facades. *CTBUH Journal*(3), 26-31.
- Illuminating Engineering Society, I. (2017). ANSI/IES RP-16-17, Nomenclature and Definitions for Illuminating Engineering *Nomenclature and Definitions for Illuminating Engineering*: the Illuminating Engineering Society.
- Illuminating Engineering Society of North America, I. (2010). ANSI/IES RP-16-10, Nomenclature and Definitions for Illuminating Engineering. New York: the Illuminating Engineering Society of North America.
- International Commission on Illumination, C. (2014). CIE S 017/E:2011 ILV: International Lighting Vocabulary (Vol. 2017).
- International Organization for Standardization, I. (2002). ISO 8995-1: Lighting of work places - Part 1: Indoor. Genève, Switzerland: International Organization for Standardization.
- Jakubiec, A., & Reinhart, C. (2010). *The Use of Glare Metrics in the Design of Daylit Spaces: Recommendations for Practice* Harvard Design School. Retrieved from [http://web.mit.edu/tito\\_/www/Projects/Glare/2010RadianceWorkshop\\_GlareIndices.pdf](http://web.mit.edu/tito_/www/Projects/Glare/2010RadianceWorkshop_GlareIndices.pdf)
- Jennings, J. D., Rubenstein, F. M., DiBartolomeo, D., & Blanc, S. L. (2000). Comparison of Control Options in Private Offices in an Advanced Lighting Controls Testbed. *the Journal of the Illuminating Engineering Society*,, 275-298.



- McNeil, A., & Burrell, G. (2016). *Applicability of DGP And DGI for evaluating glare in a brightly daylight space*. Paper presented at the ASHRAE and IBPSA-USA SimBuild 2016, Building Performance Modeling Conference, Salt Lake City, UT, USA.
- Nabil, A., & Mardaljevic, J. (2005). Useful Daylight Illuminance: A New Paradigm for Assessing Daylight in Buildings. *Lighting Research and Technology*, 31(1), 45-59.
- New Buildings Institute, N. (2017). Daylighting Pattern Guide. Retrieved from <http://patternguide.advancedbuildings.net>
- Protzman, B. (2013). Daylight autonomy welcomes back the sun. *Illumination in focus*, 2, 20-24.
- Reinhart, C. (2014). *Daylighting handbook I: Fundamentals designing with the sun*. USA.
- Reinhart, C., Doyle, S., Jakubiec, A., & Mogri, R. (2010). Glare Analysis of Daylit Spaces: Recommendations for Practice. Retrieved from [http://web.mit.edu/tito/\\_www/Projects/Glare/GlareRecommendationsForPractice.html](http://web.mit.edu/tito/_www/Projects/Glare/GlareRecommendationsForPractice.html)
- Reinhart, C., Mardaljevic, J., & Rogers, Z. (2006). Dynamic Daylight Performance Metrics for Sustainable Building Design. *LEUKOS*, 3(1), 7-31.
- Rogers, Z. (2006, 17 March 2006). *Daylighting Metric Development Using Daylight Autonomy Calculations In the Sensor Placement Optimization Tool*. Paper presented at the CHPS Daylighting Committee Daylighting Forum NWEAA.
- U.S. Green Building Council, U. (2017). LEED BD+C: New Construction | v4 - LEED v4 Daylight. Retrieved from <http://www.usgbc.org/credits/healthcare/v4-draft/eqc-0>
- Veitch, J. A., & Galasiu, A. D. (2012). *The Physiological and Psychological Effects of Windows, Daylight, and View at Home: Review and Research Agenda*. Retrieved from Canada:
- Wienold, J. (2009). Dynamic daylight glare evaluation. *Building simulation 2009*, 944-951.
- ทองงามขำ, อ. (2012). การประเมินความสบายตาและความชัดเจนในการมองเห็นของแผงบังแดดฉลุลาย. (มหาบัณฑิต), จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- สมาคมไฟฟ้าแสงสว่างแห่งประเทศไทย. (2016). คู่มือแนวทางการออกแบบการส่องสว่างภายในอาคาร *Guidelines for Indoor Lighting Design*. กรุงเทพฯ: สมาคมไฟฟ้าแสงสว่างแห่งประเทศไทย.



ภาคผนวก



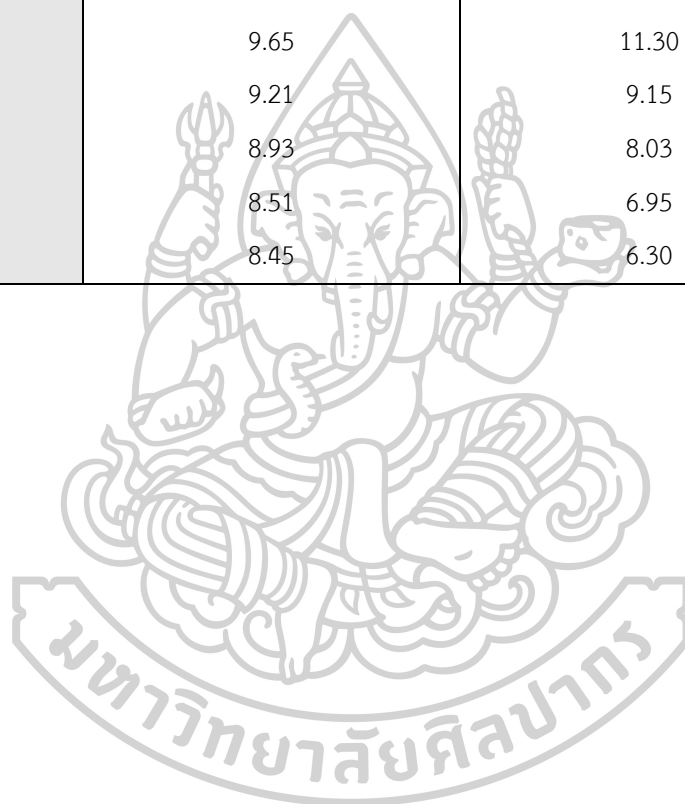
ตารางที่ 61 แสดงค่า DGP ที่ได้จากภาพถ่ายหุ่นจำลองในสถานการณ์จริง ของวันที่ 19 -22 มกราคม 2560 และจากการจำลองผลจากโปรแกรมคอมพิวเตอร์ ที่แผงบังแดดขนาดช่องเปิด 0.15 ม. อัตราส่วนช่องเปิด 30% ระยะห่าง 0.60 ม.

เวลา	ค่า DGP ที่ได้จากหุ่นจำลอง และโปรแกรมคอมพิวเตอร์							
	19 มกราคม		20 มกราคม		21 มกราคม		22 มกราคม	
	หุ่นจำลอง	โปรแกรม Radiance	หุ่นจำลอง	โปรแกรม Radiance	หุ่นจำลอง	โปรแกรม Radiance	หุ่นจำลอง	โปรแกรม Radiance
8.00	0.246	0.274	0.265	0.274	0.288	0.274	0.277	0.274
9.00	0.279	0.335	0.300	0.337	0.330	0.336	0.317	0.341
10.00	0.318	0.384	0.340	0.389	0.366	0.388	0.352	0.385
11.00	0.367	0.417	0.338	0.413	0.385	0.418	0.373	0.417
12.00	0.398	0.430	0.407	0.429	0.403	0.427	0.391	0.427
13.00	0.406	0.433	0.370	0.433	0.385	0.432	0.403	0.431
14.00	0.374	0.415	0.352	0.416	0.363	0.415	0.387	0.415
15.00	0.347	0.390	0.336	0.394	0.336	0.394	0.341	0.390
16.00	0.310	0.345	0.247	0.347	0.315	0.347	0.302	0.347
17.00	0.254	0.292	0.234	0.290	0.261	0.293	0.265	0.295



ตารางที่ 62 แสดงค่าเฉลี่ย DF ที่ได้จากหุ่นจำลองในสถานการณ์จริงของวันที่ 19 -22 มกราคม 2560 และค่า DF จากการจำลองผลของโปรแกรมคอมพิวเตอร์ ที่แผงบังแดดขนาดช่องเปิด 0.15ม. อัตราส่วนช่องเปิด 30% ระยะห่าง 0.60 ม.

ระยะจากหน้าต่าง (เมตร)	ค่า Daylighting Factor (DF)	
	หุ่นจำลองในสถานการณ์จริง	โปรแกรม Daysim
0.5	20.65	22.95
1.0	19.09	18.25
1.5	14.03	13.95
2.0	9.65	11.30
2.5	9.21	9.15
3.0	8.93	8.03
3.5	8.51	6.95
4.0	8.45	6.30



ตารางที่ 63 ค่า DGP ที่อัตราส่วน 30%, 45% และ 60% วันที่ 21 เดือน ม.ค. - ธ.ค.

วัน/เดือน	เวลา	อัตราส่วนของเปิด								
		มุมมองหันไปทางทิศใต้ ตำแหน่ง (South)			มุมมองหันไปทางทิศตะวันตก ตำแหน่ง (West)			มุมมองหันไปทางทิศตะวันออก ตำแหน่ง (East)		
		30%	45%	60%	30%	45%	60%	30%	45%	60%
21/01	8:00	0.245	0.234	0.252	0.266	0.236	0.253	0.262	0.878	0.878
	9:00	0.255	0.261	0.286	0.246	0.273	0.301	0.878	0.878	0.878
	10:00	0.265	0.275	0.303	0.266	0.297	0.325	0.350	0.765	0.747
	11:00	0.265	0.279	0.307	0.260	0.304	0.336	0.427	0.878	0.825
	12:00	0.261	0.277	0.305	0.257	0.296	0.337	0.771	0.665	0.803
	13:00	0.261	0.278	0.306	0.743	0.369	0.644	0.257	0.298	0.337
	14:00	0.265	0.282	0.308	0.878	0.447	0.616	0.260	0.305	0.336
	15:00	0.264	0.274	0.303	0.878	0.716	0.878	0.265	0.296	0.323
	16:00	0.254	0.260	0.285	0.498	0.391	0.878	0.244	0.271	0.298
	17:00	0.232	0.232	0.249	0.397	0.407	0.878	0.216	0.233	0.250
21/02	8:00	0.236	0.236	0.235	0.223	0.209	0.228	0.213	0.227	0.248
	9:00	0.242	0.257	0.263	0.210	0.230	0.249	0.225	0.252	0.281
	10:00	0.249	0.268	0.275	0.229	0.254	0.279	0.234	0.264	0.291
	11:00	0.250	0.270	0.280	0.239	0.263	0.294	0.250	0.269	0.302
	12:00	0.248	0.269	0.282	0.239	0.264	0.294	0.246	0.268	0.301
	13:00	0.248	0.270	0.282	0.246	0.268	0.301	0.239	0.264	0.294
	14:00	0.250	0.270	0.280	0.250	0.269	0.302	0.239	0.263	0.294
	15:00	0.248	0.268	0.275	0.234	0.264	0.290	0.231	0.254	0.279
	16:00	0.243	0.258	0.264	0.226	0.253	0.281	0.211	0.231	0.251
	17:00	0.226	0.237	0.237	0.208	0.229	0.250	0.197	0.210	0.230
21/03	8:00	0.217	0.223	0.228	0.193	0.190	0.197	0.204	0.213	0.229
	9:00	0.229	0.241	0.251	0.201	0.207	0.214	0.218	0.224	0.245
	10:00	0.234	0.250	0.265	0.208	0.217	0.227	0.223	0.228	0.248
	11:00	0.237	0.255	0.272	0.214	0.224	0.239	0.224	0.235	0.248
	12:00	0.242	0.261	0.281	0.221	0.230	0.247	0.225	0.236	0.251
	13:00	0.241	0.260	0.280	0.225	0.236	0.250	0.220	0.230	0.246
	14:00	0.236	0.254	0.271	0.223	0.234	0.247	0.213	0.223	0.237
	15:00	0.234	0.249	0.264	0.222	0.227	0.248	0.207	0.216	0.225
	16:00	0.227	0.239	0.247	0.216	0.223	0.243	0.200	0.205	0.212
	17:00	0.215	0.224	0.223	0.198	0.199	0.225	0.190	0.205	0.194
21/04	8:00	0.219	0.225	0.232	0.196	0.197	0.199	0.205	0.205	0.218
	9:00	0.227	0.237	0.249	0.202	0.207	0.211	0.214	0.222	0.229
	10:00	0.230	0.243	0.257	0.207	0.213	0.222	0.217	0.228	0.230
	11:00	0.235	0.249	0.267	0.212	0.220	0.230	0.219	0.228	0.234
	12:00	0.267	0.296	0.325	0.236	0.255	0.277	0.238	0.257	0.281
	13:00	0.242	0.296	0.280	0.222	0.255	0.242	0.220	0.257	0.239
	14:00	0.232	0.247	0.262	0.217	0.227	0.231	0.209	0.217	0.226
	15:00	0.229	0.244	0.256	0.216	0.227	0.233	0.204	0.212	0.218
	16:00	0.224	0.232	0.243	0.210	0.216	0.225	0.200	0.203	0.205
	17:00	0.214	0.217	0.219	0.198	0.198	0.210	0.190	0.190	0.192

ตารางที่ 63 ค่า DGP ที่อัตราส่วน 30%, 45% และ 60% วันที่ 21 เดือน ม.ค. – ธ.ค. (ต่อ)

วัน/เดือน	เวลา	อัตราส่วนช่องเปิด								
		มุมมองหันไปทางทิศใต้ ตำแหน่ง (South)			มุมมองหันไปทางทิศตะวันตก ตำแหน่ง (West)			มุมมองหันไปทางทิศตะวันออก ตำแหน่ง (East)		
		30%	45%	60%	30%	45%	60%	30%	45%	60%
21/05	8:00	0.219	0.225	0.234	0.198	0.199	0.200	0.204	0.207	0.212
	9:00	0.226	0.235	0.248	0.203	0.208	0.213	0.212	0.218	0.221
	10:00	0.229	0.241	0.256	0.207	0.213	0.222	0.215	0.221	0.226
	11:00	0.233	0.247	0.264	0.211	0.219	0.230	0.217	0.223	0.232
	12:00	0.249	0.270	0.293	0.225	0.237	0.249	0.226	0.240	0.250
	13:00	0.238	0.253	0.273	0.219	0.226	0.237	0.216	0.224	0.236
	14:00	0.231	0.244	0.260	0.216	0.221	0.229	0.209	0.216	0.225
	15:00	0.227	0.239	0.252	0.213	0.220	0.223	0.205	0.211	0.218
	16:00	0.222	0.230	0.242	0.208	0.214	0.217	0.201	0.204	0.206
	17:00	0.258	0.262	0.265	0.236	0.233	0.245	0.231	0.231	0.232
21/06	8:00	0.218	0.224	0.232	0.197	0.199	0.199	0.202	0.205	0.209
	9:00	0.225	0.234	0.247	0.203	0.207	0.212	0.211	0.215	0.218
	10:00	0.228	0.241	0.255	0.206	0.213	0.221	0.214	0.219	0.225
	11:00	0.232	0.246	0.262	0.210	0.218	0.228	0.214	0.221	0.230
	12:00	<b>0.240</b>	<b>0.256</b>	<b>0.277</b>	<b>0.220</b>	<b>0.227</b>	<b>0.239</b>	<b>0.221</b>	<b>0.228</b>	<b>0.239</b>
	13:00	0.236	0.251	0.270	0.219	0.224	0.235	0.214	0.223	0.234
	14:00	0.230	0.244	0.259	0.216	0.220	0.228	0.209	0.216	0.226
	15:00	0.227	0.238	0.252	0.213	0.218	0.223	0.206	0.211	0.219
	16:00	0.223	0.231	0.242	0.208	0.214	0.216	0.202	0.205	0.208
	17:00	0.215	0.219	0.223	0.197	0.196	0.203	0.195	0.195	0.195
21/07	8:00	0.263	0.269	0.279	0.238	0.237	0.238	0.243	0.244	0.252
	9:00	0.271	0.283	0.299	0.243	0.249	0.254	0.254	0.264	0.265
	10:00	0.277	0.292	0.310	0.248	0.256	0.267	0.259	0.267	0.273
	11:00	0.281	0.299	0.319	0.253	0.263	0.276	0.262	0.268	0.279
	12:00	0.296	0.319	0.347	0.268	0.280	0.294	0.270	0.282	0.296
	13:00	0.291	0.312	0.338	0.267	0.277	0.291	0.266	0.274	0.289
	14:00	0.280	0.297	0.317	0.261	0.267	0.278	0.252	0.261	0.274
	15:00	0.276	0.291	0.308	0.258	0.266	0.271	0.248	0.255	0.265
	16:00	0.270	0.281	0.308	0.252	0.261	0.271	0.243	0.247	0.265
	17:00	0.261	0.265	0.272	0.239	0.237	0.248	0.235	0.234	0.235
21/08	8:00	0.218	0.223	0.231	0.198	0.197	0.198	0.204	0.204	0.216
	9:00	0.218	0.236	0.248	0.198	0.206	0.210	0.204	0.221	0.228
	10:00	0.230	0.245	0.258	0.206	0.214	0.222	0.217	0.228	0.232
	11:00	0.234	0.249	0.265	0.211	0.219	0.229	0.218	0.227	0.233
	12:00	0.260	0.287	0.313	0.231	0.249	0.266	0.234	0.251	0.270
	13:00	0.244	0.263	0.284	0.223	0.238	0.244	0.221	0.230	0.241
	14:00	0.232	0.246	0.262	0.217	0.226	0.231	0.210	0.217	0.227
	15:00	0.230	0.246	0.258	0.217	0.227	0.233	0.205	0.214	0.219
	16:00	0.224	0.233	0.244	0.211	0.217	0.225	0.201	0.204	0.206
	17:00	0.215	0.219	0.221	0.199	0.199	0.211	0.193	0.193	0.194



ตารางที่ 63 ค่า DGP ที่อัตราส่วน 30%, 45% และ 60% วันที่ 21 เดือน ม.ค. - ธ.ค. (ต่อ)

วัน/เดือน	เวลา	อัตราส่วนช่องเปิด								
		มุมมองหันไปทางทิศใต้ ตำแหน่ง (South)			มุมมองหันไปทางทิศตะวันตก ตำแหน่ง (West)			มุมมองหันไปทางทิศตะวันออก ตำแหน่ง (East)		
		30%	45%	60%	30%	45%	60%	30%	45%	60%
21/09	8:00	0.220	0.228	0.232	0.194	0.196	0.201	0.208	0.215	0.233
	9:00	0.230	0.243	0.256	0.202	0.209	0.216	0.219	0.224	0.245
	10:00	0.234	0.251	0.266	0.208	0.217	0.228	0.222	0.231	0.245
	11:00	0.237	0.256	0.273	0.214	0.224	0.237	0.223	0.234	0.245
	12:00	0.243	0.263	0.283	0.223	0.233	0.247	0.224	0.235	0.249
	13:00	0.240	0.258	0.277	0.223	0.235	0.247	0.217	0.227	0.241
	14:00	0.236	0.253	0.269	0.222	0.233	0.244	0.210	0.220	0.232
	15:00	0.232	0.247	0.261	0.220	0.225	0.246	0.205	0.212	0.220
	16:00	0.224	0.234	0.241	0.213	0.220	0.239	0.198	0.201	0.207
	17:00	0.212	0.212	0.216	0.193	0.204	0.217	0.183	0.182	0.189
21/10	8:00	0.235	0.249	0.251	0.203	0.221	0.238	0.722	0.878	0.878
	9:00	0.246	0.262	0.270	0.216	0.241	0.261	0.231	0.260	0.287
	10:00	0.250	0.270	0.279	0.238	0.261	0.290	0.252	0.266	0.298
	11:00	0.249	0.269	0.281	0.239	0.265	0.295	0.248	0.269	0.302
	12:00	0.248	0.268	0.280	0.242	0.264	0.295	0.241	0.262	0.295
	13:00	0.249	0.269	0.281	0.248	0.269	0.301	0.239	0.264	0.295
	14:00	0.250	0.270	0.279	0.254	0.268	0.299	0.238	0.262	0.291
	15:00	0.246	0.263	0.271	0.232	0.261	0.288	0.220	0.243	0.264
	16:00	0.236	0.250	0.253	0.878	0.791	0.878	0.204	0.222	0.240
	17:00	0.213	0.220	0.229	0.197	0.212	0.227	0.184	0.195	0.206
21/11	8:00	0.245	0.247	0.270	0.231	0.255	0.278	0.691	0.588	0.856
	9:00	0.261	0.268	0.295	0.256	0.286	0.316	0.878	0.656	0.682
	10:00	0.266	0.277	0.306	0.267	0.302	0.336	0.878	0.878	0.878
	11:00	0.264	0.278	0.307	0.259	0.301	0.337	0.260	0.863	0.611
	12:00	0.261	0.278	0.302	0.256	0.295	0.334	0.254	0.300	0.354
	13:00	0.262	0.278	0.307	0.260	0.465	0.743	0.258	0.299	0.339
	14:00	0.266	0.287	0.307	0.257	0.669	0.878	0.267	0.303	0.337
	15:00	0.262	0.270	0.297	0.246	0.878	0.878	0.258	0.289	0.313
	16:00	0.247	0.250	0.274	0.878	0.774	0.878	0.234	0.259	0.283
	17:00	0.213	0.221	0.219	0.757	0.646	0.768	0.188	0.198	0.209
21/12	8:00	0.242	0.245	0.266	0.234	0.261	0.281	0.223	0.712	0.878
	9:00	0.263	0.272	0.300	0.261	0.292	0.324	0.245	0.278	0.319
	10:00	0.275	0.288	0.321	0.269	0.303	0.343	0.262	0.878	0.340
	11:00	0.272	0.289	0.322	0.266	0.311	0.345	0.265	0.405	0.878
	12:00	0.270	0.285	0.316	0.266	0.301	0.337	0.263	0.354	0.490
	13:00	0.270	0.289	0.320	0.266	0.310	0.506	0.262	0.306	0.337
	14:00	0.272	0.288	0.321	0.508	0.878	0.878	0.267	0.308	0.348
	15:00	0.270	0.283	0.312	0.253	0.873	0.862	0.267	0.305	0.328
	16:00	0.254	0.260	0.286	0.878	0.878	0.878	0.249	0.280	0.309
	17:00	0.222	0.232	0.233	0.878	0.799	0.878	0.206	0.222	0.235

ตารางที่ 64 ค่า DGP ที่ขนาดช่องฉลุ 0.05, 0.10 และ 0.15 วันที่ 21 เดือน ม.ค. – ธ.ค.

วัน/เดือน	เวลา	ขนาดช่องฉลุ								
		มุมมองหันไปทางทิศใต้ ตำแหน่ง (South)			มุมมองหันไปทางทิศตะวันตก ตำแหน่ง (West)			มุมมองหันไปทางทิศตะวันออก ตำแหน่ง (East)		
		0.05 ม.	0.10 ม.	0.15 ม.	0.05 ม.	0.10 ม.	0.15 ม.	0.05 ม.	0.10 ม.	0.15 ม.
21/01	8:00	0.245	0.237	0.240	0.266	0.221	0.222	0.262	0.878	0.218
	9:00	0.255	0.259	0.261	0.246	0.247	0.250	0.878	0.812	0.241
	10:00	0.265	0.269	0.271	0.266	0.269	0.267	0.350	0.878	0.255
	11:00	0.265	0.269	0.271	0.260	0.263	0.262	0.427	0.878	0.260
	12:00	0.261	0.266	0.269	0.257	0.257	0.257	0.771	0.263	0.258
	13:00	0.261	0.266	0.268	0.743	0.282	0.707	0.257	0.259	0.261
	14:00	0.265	0.269	0.272	0.878	0.878	0.262	0.260	0.262	0.263
	15:00	0.264	0.269	0.271	0.878	0.878	0.878	0.265	0.267	0.261
	16:00	0.254	0.259	0.263	0.498	0.878	0.878	0.244	0.247	0.251
	17:00	0.232	0.237	0.239	0.397	0.878	0.753	0.216	0.221	0.218
21/02	8:00	0.236	0.228	0.229	0.223	0.197	0.199	0.213	0.211	0.209
	9:00	0.242	0.246	0.249	0.210	0.212	0.214	0.225	0.230	0.228
	10:00	0.249	0.252	0.254	0.229	0.232	0.234	0.234	0.237	0.237
	11:00	0.250	0.253	0.256	0.239	0.241	0.243	0.250	0.252	0.255
	12:00	0.248	0.252	0.253	0.239	0.243	0.244	0.246	0.250	0.250
	13:00	0.248	0.251	0.254	0.246	0.248	0.250	0.239	0.243	0.245
	14:00	0.250	0.254	0.256	0.250	0.253	0.260	0.239	0.242	0.239
	15:00	0.248	0.252	0.255	0.234	0.235	0.239	0.231	0.233	0.237
	16:00	0.243	0.247	0.249	0.226	0.228	0.229	0.211	0.213	0.212
	17:00	0.226	0.230	0.232	0.208	0.209	0.212	0.197	0.202	0.197
21/03	8:00	0.217	0.222	0.223	0.193	0.197	0.198	0.204	0.208	0.206
	9:00	0.229	0.232	0.235	0.201	0.205	0.206	0.218	0.223	0.223
	10:00	0.234	0.238	0.239	0.208	0.212	0.213	0.223	0.227	0.227
	11:00	0.237	0.241	0.243	0.214	0.219	0.220	0.224	0.229	0.227
	12:00	0.242	0.245	0.246	0.221	0.226	0.229	0.225	0.231	0.231
	13:00	0.241	0.244	0.246	0.225	0.230	0.230	0.220	0.224	0.225
	14:00	0.236	0.238	0.242	0.223	0.227	0.229	0.213	0.210	0.218
	15:00	0.234	0.238	0.239	0.222	0.227	0.228	0.207	0.210	0.211
	16:00	0.227	0.231	0.233	0.216	0.220	0.222	0.200	0.203	0.204
	17:00	0.215	0.220	0.221	0.198	0.199	0.199	0.190	0.194	0.195
21/04	8:00	0.219	0.222	0.223	0.196	0.201	0.202	0.205	0.209	0.210
	9:00	0.227	0.229	0.230	0.202	0.206	0.208	0.214	0.217	0.217
	10:00	0.230	0.233	0.234	0.207	0.211	0.212	0.217	0.219	0.220
	11:00	0.235	0.237	0.238	0.212	0.218	0.218	0.219	0.221	0.221
	12:00	0.267	0.270	0.272	0.236	0.242	0.244	0.238	0.242	0.244
	13:00	0.242	0.245	0.246	0.222	0.226	0.227	0.220	0.222	0.222
	14:00	0.232	0.235	0.236	0.217	0.220	0.222	0.209	0.212	0.216
	15:00	0.229	0.231	0.232	0.216	0.219	0.221	0.204	0.207	0.208
	16:00	0.224	0.227	0.228	0.210	0.214	0.215	0.200	0.206	0.206
	17:00	0.214	0.218	0.219	0.198	0.202	0.204	0.190	0.193	0.194

ตารางที่ 64 ค่า DGP ที่ขนาดช่องฉลุ 0.05, 0.10 และ 0.15 ม. วันที่ 21 เดือน ม.ค. – ธ.ค. (ต่อ)

วัน/เดือน	เวลา	ขนาดช่องฉลุ								
		มุมมองหันไปทางทิศใต้ ตำแหน่ง (South)			มุมมองหันไปทางทิศตะวันตก ตำแหน่ง (West)			มุมมองหันไปทางทิศตะวันออก ตำแหน่ง (East)		
		0.05 ม.	0.10 ม.	0.15 ม.	0.05 ม.	0.10 ม.	0.15 ม.	0.05 ม.	0.10 ม.	0.15 ม.
21/05	8:00	0.219	0.223	0.224	0.198	0.203	0.204	0.204	0.207	0.208
	9:00	0.226	0.228	0.230	0.203	0.207	0.208	0.212	0.214	0.215
	10:00	0.229	0.232	0.233	0.207	0.211	0.212	0.215	0.217	0.217
	11:00	0.233	0.235	0.237	0.211	0.215	0.219	0.217	0.219	0.219
	12:00	0.249	0.252	0.254	0.225	0.229	0.230	0.226	0.229	0.230
	13:00	0.238	0.240	0.241	0.219	0.222	0.223	0.216	0.220	0.220
	14:00	0.231	0.233	0.234	0.216	0.218	0.219	0.209	0.212	0.213
	15:00	0.227	0.230	0.231	0.213	0.216	0.217	0.205	0.208	0.209
	16:00	0.222	0.226	0.227	0.208	0.211	0.212	0.201	0.207	0.207
	17:00	0.258	0.263	0.265	0.236	0.241	0.243	0.231	0.234	0.235
21/06	8:00	0.218	0.222	0.223	0.197	0.203	0.204	0.202	0.205	0.206
	9:00	0.225	0.228	0.229	0.203	0.207	0.208	0.211	0.213	0.213
	10:00	0.228	0.231	0.232	0.206	0.210	0.211	0.214	0.216	0.216
	11:00	0.232	0.234	0.235	0.210	0.214	0.215	0.214	0.218	0.218
	12:00	0.240	0.242	0.244	0.220	0.222	0.223	0.221	0.222	0.223
	13:00	0.236	0.239	0.244	0.219	0.221	0.221	0.214	0.219	0.219
	14:00	0.230	0.233	0.234	0.216	0.218	0.218	0.209	0.212	0.213
	15:00	0.227	0.230	0.231	0.213	0.215	0.216	0.206	0.209	0.210
	16:00	0.223	0.226	0.220	0.208	0.211	0.212	0.202	0.205	0.208
	17:00	0.215	0.219	0.220	0.197	0.201	0.202	0.195	0.197	0.198
21/07	8:00	0.263	0.268	0.269	0.238	0.242	0.243	0.243	0.248	0.248
	9:00	0.271	0.275	0.277	0.243	0.248	0.250	0.254	0.257	0.257
	10:00	0.277	0.280	0.281	0.248	0.253	0.255	0.259	0.261	0.261
	11:00	0.281	0.284	0.286	0.253	0.258	0.260	0.262	0.264	0.264
	12:00	0.296	0.299	0.301	0.268	0.272	0.274	0.270	0.273	0.273
	13:00	0.291	0.294	0.296	0.267	0.270	0.272	0.266	0.268	0.268
	14:00	0.280	0.283	0.285	0.261	0.264	0.265	0.252	0.256	0.257
	15:00	0.276	0.280	0.281	0.258	0.261	0.262	0.248	0.252	0.253
	16:00	0.270	0.275	0.276	0.252	0.256	0.257	0.243	0.247	0.248
	17:00	0.261	0.265	0.267	0.239	0.244	0.245	0.235	0.238	0.239
21/08	8:00	0.218	0.222	0.223	0.198	0.201	0.201	0.204	0.208	0.209
	9:00	0.218	0.229	0.230	0.198	0.206	0.207	0.204	0.216	0.217
	10:00	0.230	0.232	0.233	0.206	0.209	0.210	0.217	0.219	0.220
	11:00	0.234	0.237	0.238	0.211	0.215	0.218	0.218	0.221	0.221
	12:00	0.260	0.263	0.265	0.231	0.237	0.239	0.234	0.238	0.239
	13:00	0.244	0.247	0.248	0.223	0.227	0.229	0.221	0.224	0.224
	14:00	0.232	0.235	0.236	0.217	0.220	0.221	0.210	0.213	0.216
	15:00	0.230	0.232	0.233	0.217	0.220	0.224	0.205	0.207	0.208
	16:00	0.224	0.227	0.228	0.211	0.214	0.216	0.201	0.206	0.207
	17:00	0.215	0.219	0.220	0.199	0.204	0.205	0.193	0.195	0.196

ตารางที่ 64 ค่า DGP ที่ขนาดช่องฉลุ 0.05, 0.10 และ 0.15 ม. วันที่ 21 เดือน ม.ค. - ธ.ค. (ต่อ)

วัน/เดือน	เวลา	ขนาดช่องฉลุ								
		มุมมองหันไปทางทิศใต้ ตำแหน่ง (South)			มุมมองหันไปทางทิศตะวันตก ตำแหน่ง (West)			มุมมองหันไปทางทิศตะวันออก ตำแหน่ง (East)		
		0.05 ม.	0.10 ม.	0.15 ม.	0.05 ม.	0.10 ม.	0.15 ม.	0.05 ม.	0.10 ม.	0.15 ม.
21/09	8:00	0.220	0.224	0.225	0.194	0.198	0.202	0.208	0.213	0.213
	9:00	0.230	0.234	0.235	0.202	0.206	0.208	0.219	0.223	0.224
	10:00	0.234	0.238	0.240	0.208	0.212	0.214	0.222	0.226	0.226
	11:00	0.237	0.241	0.243	0.214	0.218	0.220	0.223	0.228	0.227
	12:00	0.243	0.246	0.248	0.223	0.227	0.230	0.224	0.230	0.230
	13:00	0.240	0.242	0.244	0.223	0.228	0.229	0.217	0.221	0.222
	14:00	0.236	0.240	0.241	0.222	0.226	0.228	0.210	0.214	0.215
	15:00	0.232	0.236	0.229	0.220	0.225	0.219	0.205	0.208	0.201
	16:00	0.224	0.229	0.230	0.213	0.217	0.219	0.198	0.201	0.202
	17:00	0.212	0.216	0.217	0.193	0.194	0.195	0.183	0.186	0.187
21/10	8:00	0.235	0.240	0.241	0.203	0.205	0.206	0.722	0.878	0.222
	9:00	0.246	0.250	0.252	0.216	0.221	0.221	0.231	0.234	0.234
	10:00	0.250	0.253	0.256	0.238	0.241	0.244	0.252	0.256	0.240
	11:00	0.249	0.253	0.255	0.239	0.242	0.241	0.248	0.251	0.253
	12:00	0.248	0.252	0.254	0.242	0.245	0.250	0.241	0.247	0.246
	13:00	0.249	0.253	0.256	0.248	0.251	0.252	0.239	0.242	0.242
	14:00	0.250	0.254	0.257	0.254	0.254	0.242	0.238	0.240	0.242
	15:00	0.246	0.251	0.253	0.232	0.234	0.235	0.220	0.221	0.224
	16:00	0.236	0.241	0.243	0.878	0.494	0.878	0.204	0.207	0.207
	17:00	0.213	0.217	0.218	0.197	0.198	0.199	0.184	0.186	0.185
21/11	8:00	0.245	0.249	0.251	0.231	0.232	0.233	0.691	0.878	0.433
	9:00	0.261	0.263	0.266	0.256	0.258	0.258	0.878	0.748	0.249
	10:00	0.266	0.270	0.272	0.267	0.265	0.273	0.878	0.258	0.259
	11:00	0.264	0.267	0.270	0.259	0.263	0.259	0.260	0.673	0.261
	12:00	0.261	0.267	0.269	0.256	0.258	0.262	0.254	0.261	0.254
	13:00	0.262	0.267	0.269	0.260	0.878	0.878	0.258	0.259	0.262
	14:00	0.266	0.271	0.272	0.257	0.259	0.260	0.267	0.269	0.272
	15:00	0.262	0.266	0.268	0.246	0.878	0.249	0.258	0.260	0.259
	16:00	0.247	0.252	0.255	0.878	0.843	0.878	0.234	0.236	0.240
	17:00	0.213	0.217	0.218	0.757	0.202	0.204	0.188	0.191	0.189
21/12	8:00	0.242	0.247	0.248	0.234	0.235	0.239	0.223	0.757	0.878
	9:00	0.263	0.266	0.270	0.261	0.263	0.266	0.245	0.248	0.248
	10:00	0.275	0.275	0.270	0.269	0.268	0.266	0.262	0.262	0.248
	11:00	0.272	0.276	0.278	0.266	0.267	0.263	0.265	0.878	0.334
	12:00	0.270	0.278	0.280	0.266	0.258	0.268	0.263	0.304	0.432
	13:00	0.270	0.276	0.279	0.266	0.267	0.265	0.262	0.261	0.265
	14:00	0.272	0.276	0.278	0.508	0.263	0.878	0.267	0.269	0.268
	15:00	0.270	0.271	0.277	0.253	0.254	0.878	0.267	0.268	0.271
	16:00	0.254	0.259	0.262	0.878	0.878	0.878	0.249	0.253	0.257
	17:00	0.222	0.227	0.229	0.878	0.209	0.211	0.206	0.208	0.212

ตารางที่ 65 ค่า DGP ที่ระยะห่าง 0.20, 0.60 และ 1.00 ม. วันที่ 21 เดือน ม.ค. - ธ.ค.

วัน/เดือน	เวลา	ระยะห่างแผงบังแดดและผนังอาคาร								
		มุมมองหันไปทางทิศใต้ ตำแหน่ง (South)			มุมมองหันไปทางทิศตะวันตก ตำแหน่ง (West)			มุมมองหันไปทางทิศตะวันออก ตำแหน่ง (East)		
		0.20 ม.	0.60 ม.	1.00 ม.	0.20 ม.	0.60 ม.	1.00 ม.	0.20 ม.	0.60 ม.	1.00 ม.
21/01	8:00	0.245	0.232	0.232	0.266	0.217	0.217	0.262	0.878	0.608
	9:00	0.255	0.254	0.255	0.246	0.246	0.247	0.878	0.434	0.656
	10:00	0.265	0.264	0.264	0.266	0.266	0.270	0.350	0.254	0.878
	11:00	0.265	0.265	0.265	0.260	0.261	0.263	0.427	0.260	0.438
	12:00	0.261	0.260	0.261	0.257	0.259	0.262	0.771	0.297	0.458
	13:00	0.261	0.260	0.260	0.743	0.402	0.625	0.257	0.257	0.259
	14:00	0.265	0.265	0.265	0.878	0.878	0.661	0.260	0.261	0.262
	15:00	0.264	0.263	0.264	0.878	0.351	0.878	0.265	0.265	0.267
	16:00	0.254	0.253	0.254	0.498	0.878	0.573	0.244	0.245	0.245
	17:00	0.232	0.231	0.231	0.397	0.331	0.615	0.216	0.216	0.217
21/02	8:00	0.236	0.223	0.223	0.223	0.195	0.196	0.213	0.207	0.209
	9:00	0.242	0.242	0.242	0.210	0.209	0.210	0.225	0.226	0.228
	10:00	0.249	0.248	0.248	0.229	0.230	0.231	0.234	0.234	0.236
	11:00	0.250	0.249	0.250	0.239	0.239	0.240	0.250	0.249	0.250
	12:00	0.248	0.247	0.248	0.239	0.240	0.240	0.246	0.246	0.246
	13:00	0.248	0.247	0.247	0.246	0.245	0.247	0.239	0.239	0.242
	14:00	0.250	0.249	0.250	0.250	0.249	0.250	0.239	0.239	0.240
	15:00	0.248	0.248	0.248	0.234	0.235	0.237	0.231	0.231	0.232
	16:00	0.243	0.242	0.242	0.226	0.227	0.228	0.211	0.210	0.210
	17:00	0.226	0.224	0.224	0.208	0.208	0.210	0.197	0.197	0.197
21/03	8:00	0.217	0.217	0.221	0.193	0.191	0.194	0.204	0.200	0.201
	9:00	0.229	0.228	0.227	0.201	0.199	0.198	0.218	0.216	0.219
	10:00	0.234	0.234	0.233	0.208	0.206	0.205	0.223	0.221	0.219
	11:00	0.237	0.237	0.237	0.214	0.211	0.209	0.224	0.222	0.220
	12:00	0.242	0.241	0.242	0.221	0.218	0.216	0.225	0.223	0.221
	13:00	0.241	0.241	0.241	0.225	0.223	0.221	0.220	0.217	0.215
	14:00	0.236	0.236	0.236	0.223	0.221	0.220	0.213	0.211	0.209
	15:00	0.234	0.233	0.232	0.222	0.221	0.219	0.207	0.205	0.204
	16:00	0.227	0.226	0.227	0.216	0.214	0.214	0.200	0.198	0.196
	17:00	0.215	0.216	0.217	0.198	0.198	0.199	0.190	0.189	0.189
21/04	8:00	0.219	0.226	0.226	0.196	0.188	0.207	0.205	0.207	0.219
	9:00	0.227	0.229	0.230	0.202	0.203	0.202	0.214	0.215	0.213
	10:00	0.230	0.230	0.229	0.207	0.204	0.202	0.217	0.215	0.213
	11:00	0.235	0.234	0.234	0.212	0.209	0.207	0.219	0.217	0.214
	12:00	0.267	0.267	0.269	0.236	0.235	0.234	0.238	0.237	0.236
	13:00	0.242	0.241	0.242	0.222	0.221	0.220	0.220	0.216	0.215
	14:00	0.232	0.232	0.231	0.217	0.216	0.215	0.209	0.207	0.205
	15:00	0.229	0.229	0.229	0.216	0.215	0.213	0.204	0.203	0.201
	16:00	0.224	0.231	0.231	0.210	0.213	0.215	0.200	0.201	0.203
	17:00	0.214	0.220	0.220	0.198	0.203	0.216	0.190	0.187	0.202



ตารางที่ 65 ค่า DGP ที่ระยะห่าง 0.20, 0.60 และ 1.00 ม. วันที่ 21 เดือน ม.ค. - ธ.ค. (ต่อ)

วัน/เดือน	เวลา	ระยะห่างแผงบังแดดและผนังอาคาร								
		มุมมองหันไปทางทิศใต้ ตำแหน่ง (South)			มุมมองหันไปทางทิศตะวันตก ตำแหน่ง (West)			มุมมองหันไปทางทิศตะวันออก ตำแหน่ง (East)		
		0.20 ม.	0.60 ม.	1.00 ม.	0.20 ม.	0.60 ม.	1.00 ม.	0.20 ม.	0.60 ม.	1.00 ม.
21/05	8:00	0.219	0.218	0.224	0.198	0.195	0.191	0.204	0.201	0.219
	9:00	0.226	0.225	0.238	0.203	0.200	0.203	0.212	0.210	0.221
	10:00	0.229	0.227	0.260	0.207	0.204	0.232	0.215	0.211	0.238
	11:00	0.233	0.245	0.265	0.211	0.216	0.241	0.217	0.219	0.243
	12:00	0.249	0.272	0.285	0.225	0.239	0.250	0.226	0.240	0.251
	13:00	0.238	0.257	0.271	0.219	0.227	0.243	0.216	0.226	0.242
	14:00	0.231	0.231	0.263	0.216	0.212	0.244	0.209	0.208	0.241
	15:00	0.227	0.226	0.254	0.213	0.211	0.224	0.205	0.202	0.214
	16:00	0.222	0.221	0.230	0.208	0.206	0.220	0.201	0.198	0.196
	17:00	0.258	0.256	0.258	0.236	0.233	0.252	0.231	0.228	0.223
21/06	8:00	0.218	0.217	0.214	0.197	0.194	0.191	0.202	0.200	0.211
	9:00	0.225	0.224	0.223	0.203	0.200	0.198	0.211	0.209	0.218
	10:00	0.228	0.227	0.240	0.206	0.204	0.211	0.214	0.210	0.221
	11:00	0.232	0.231	0.275	0.210	0.207	0.233	0.214	0.215	0.236
	12:00	0.240	0.239	0.285	0.220	0.218	0.252	0.221	0.219	0.253
	13:00	0.236	0.235	0.278	0.219	0.217	0.247	0.214	0.212	0.246
	14:00	0.230	0.229	0.263	0.216	0.214	0.228	0.209	0.206	0.225
	15:00	0.227	0.226	0.231	0.213	0.209	0.219	0.206	0.203	0.205
	16:00	0.223	0.222	0.220	0.208	0.206	0.217	0.202	0.199	0.196
	17:00	0.215	0.213	0.211	0.197	0.195	0.205	0.195	0.193	0.189
21/07	8:00	0.263	0.261	0.263	0.238	0.232	0.228	0.243	0.240	0.259
	9:00	0.271	0.270	0.280	0.243	0.240	0.240	0.254	0.251	0.268
	10:00	0.277	0.275	0.321	0.248	0.245	0.269	0.259	0.256	0.278
	11:00	0.281	0.284	0.324	0.253	0.254	0.296	0.262	0.258	0.299
	12:00	0.296	0.314	0.346	0.268	0.277	0.304	0.270	0.279	0.306
	13:00	0.291	0.305	0.338	0.267	0.273	0.302	0.266	0.271	0.301
	14:00	0.280	0.280	0.323	0.261	0.256	0.298	0.252	0.251	0.295
	15:00	0.276	0.275	0.309	0.258	0.901	0.271	0.248	0.228	0.261
	16:00	0.270	0.269	0.277	0.252	0.250	0.267	0.243	0.239	0.237
	17:00	0.261	0.258	0.258	0.239	0.236	0.254	0.235	0.232	0.227
21/08	8:00	0.218	0.224	0.228	0.198	0.191	0.208	0.204	0.204	0.222
	9:00	0.218	0.233	0.234	0.198	0.205	0.205	0.204	0.214	0.214
	10:00	0.230	0.230	0.230	0.206	0.204	0.203	0.217	0.216	0.214
	11:00	0.234	0.233	0.233	0.211	0.209	0.206	0.218	0.217	0.215
	12:00	0.260	0.260	0.261	0.231	0.230	0.229	0.234	0.232	0.231
	13:00	0.244	0.244	0.244	0.223	0.222	0.221	0.221	0.220	0.216
	14:00	0.232	0.232	0.231	0.217	0.216	0.215	0.210	0.207	0.205
	15:00	0.230	0.230	0.231	0.217	0.216	0.214	0.205	0.204	0.203
	16:00	0.224	0.232	0.234	0.211	0.215	0.218	0.201	0.202	0.207
	17:00	0.215	0.221	0.222	0.199	0.205	0.219	0.193	0.189	0.202

ตารางที่ 65 ค่า DGP ที่ระยะห่าง 0.20, 0.60 และ 1.00 ม. วันที่ 21 เดือน ม.ค. - ธ.ค. (ต่อ)

วัน/เดือน	เวลา	ระยะห่างแผงบังแดดและผนังอาคาร								
		มุมมองหันไปทางทิศใต้ ตำแหน่ง (South)			มุมมองหันไปทางทิศตะวันตก ตำแหน่ง (West)			มุมมองหันไปทางทิศตะวันออก ตำแหน่ง (East)		
		0.20 ม.	0.60 ม.	1.00 ม.	0.20 ม.	0.60 ม.	1.00 ม.	0.20 ม.	0.60 ม.	1.00 ม.
21/09	8:00	0.220	0.219	0.224	0.194	0.191	0.195	0.208	0.206	0.204
	9:00	0.230	0.229	0.229	0.202	0.200	0.199	0.219	0.217	0.217
	10:00	0.234	0.234	0.233	0.208	0.207	0.205	0.222	0.220	0.218
	11:00	0.237	0.237	0.237	0.214	0.212	0.210	0.223	0.221	0.219
	12:00	0.243	0.243	0.243	0.223	0.221	0.218	0.224	0.222	0.220
	13:00	0.240	0.239	0.239	0.223	0.221	0.219	0.217	0.215	0.213
	14:00	0.236	0.235	0.235	0.222	0.220	0.218	0.210	0.208	0.207
	15:00	0.232	0.231	0.231	0.220	0.218	0.217	0.205	0.203	0.201
	16:00	0.224	0.223	0.228	0.213	0.211	0.208	0.198	0.195	0.196
	17:00	0.212	0.211	0.210	0.193	0.193	0.194	0.183	0.184	0.182
21/10	8:00	0.235	0.234	0.234	0.203	0.202	0.205	0.722	0.832	0.800
	9:00	0.246	0.245	0.245	0.216	0.217	0.218	0.231	0.231	0.231
	10:00	0.250	0.249	0.250	0.238	0.238	0.240	0.252	0.238	0.238
	11:00	0.249	0.248	0.248	0.239	0.239	0.239	0.248	0.248	0.249
	12:00	0.248	0.247	0.247	0.242	0.242	0.242	0.241	0.239	0.237
	13:00	0.249	0.248	0.247	0.248	0.247	0.248	0.239	0.238	0.239
	14:00	0.250	0.249	0.250	0.254	0.238	0.239	0.238	0.239	0.240
	15:00	0.246	0.246	0.246	0.232	0.232	0.233	0.220	0.219	0.220
	16:00	0.236	0.236	0.235	0.878	0.632	0.669	0.204	0.203	0.207
	17:00	0.213	0.212	0.210	0.197	0.198	0.198	0.184	0.184	0.184
21/11	8:00	0.245	0.244	0.244	0.231	0.231	0.231	0.691	0.643	0.228
	9:00	0.261	0.260	0.260	0.256	0.256	0.257	0.878	0.878	0.878
	10:00	0.266	0.266	0.266	0.267	0.268	0.268	0.878	0.878	0.847
	11:00	0.264	0.263	0.262	0.259	0.260	0.263	0.260	0.729	0.540
	12:00	0.261	0.260	0.260	0.256	0.257	0.259	0.254	0.252	0.253
	13:00	0.262	0.261	0.260	0.260	0.451	0.536	0.258	0.258	0.261
	14:00	0.266	0.266	0.266	0.257	0.878	0.878	0.267	0.268	0.270
	15:00	0.262	0.261	0.261	0.246	0.812	0.878	0.258	0.259	0.261
	16:00	0.247	0.246	0.246	0.878	0.496	0.542	0.234	0.234	0.235
	17:00	0.213	0.212	0.212	0.757	0.705	0.596	0.188	0.188	0.189
21/12	8:00	0.242	0.241	0.241	0.234	0.235	0.235	0.223	0.480	0.878
	9:00	0.263	0.262	0.263	0.261	0.260	0.261	0.245	0.245	0.247
	10:00	0.275	0.275	0.275	0.269	0.269	0.270	0.262	0.308	0.261
	11:00	0.272	0.272	0.271	0.266	0.267	0.269	0.265	0.341	0.878
	12:00	0.270	0.270	0.270	0.266	0.260	0.262	0.263	0.308	0.399
	13:00	0.270	0.269	0.269	0.266	0.540	0.278	0.262	0.263	0.268
	14:00	0.272	0.273	0.273	0.508	0.419	0.727	0.267	0.268	0.267
	15:00	0.270	0.268	0.270	0.253	0.621	0.834	0.267	0.270	0.268
	16:00	0.254	0.253	0.253	0.878	0.678	0.878	0.249	0.250	0.249
	17:00	0.222	0.221	0.221	0.878	0.592	0.611	0.206	0.206	0.207



## ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-สกุล	พิณทุ สุวภาพ
วัน เดือน ปี เกิด	26 กุมภาพันธ์ 2525
สถานที่เกิด	เชียงใหม่
วุฒิการศึกษา	มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
ที่อยู่ปัจจุบัน	4/1 ถนน อินทวโรรส ซอย 3ก. อำเภอเมือง จังหวัดเชียงใหม่
ผลงานตีพิมพ์	การประชุมวิชาการ เครือข่ายพลังงานแห่งประเทศไทยครั้งที่ 13

