

แนวทางในการออกแบบเพื่อลดผลกระทบจากการสะท้อนของเปลือกอาคาร



วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาสถาปัตยกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาสถาปัตยกรรม ภาควิชาสถาปัตยกรรมศาสตร์
คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2561
ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

DESIGN GUIDELINES TO PREVENT THE EFFECT OF DAYLIGHT REFLECTION FROM
BUILDING ENVELOPES



A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Architecture in Architecture
Department of Architecture
Faculty of Architecture
Chulalongkorn University
Academic Year 2018
Copyright of Chulalongkorn University

หัวข้อวิทยานิพนธ์	แนวทางในการออกแบบเพื่อลดผลกระทบจากการสะท้อนของเปลือกอาคาร
โดย	น.ส.ทัชชา อังกนะภัทรขจร
สาขาวิชา	สถาปัตยกรรม
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก	รองศาสตราจารย์ ดร.อรรถจน์ เศรษฐบุตุร

คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้หัวข้อวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาสถาปัตยกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

.....	คณบดีคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์
(รองศาสตราจารย์ ดร.ปิ่นรัชฎ์ กาญจนนัชฐิติ)	
คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์	
.....	ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์พรณชัช สุริโยธิน)	
.....	อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก
(รองศาสตราจารย์ ดร.อรรถจน์ เศรษฐบุตุร)	
.....	กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วรภัทร์ อิงค์โรจน์ฤทธิ์)	
.....	กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย
(รองศาสตราจารย์ ดร.ชนิกานต์ ยิ้มประยูร)	

ทัชชา อังกะษัทรขจร : แนวทางในการออกแบบเพื่อลดผลกระทบจากการสะท้อนของเปลือก
อาคาร. (DESIGN GUIDELINES TO PREVENT THE EFFECT OF DAYLIGHT REFLECTION
FROM BUILDING ENVELOPES) อ.ที่ปรึกษาหลัก : รศ. ดร.อรุณศรี เศรษฐบุตร์

จากค่านิยมในการเลือกใช้วัสดุเปลือกอาคารกระจกเพิ่มมากขึ้นในปัจจุบัน ส่งผลให้เกิดปัญหาแสงสะท้อนที่สร้างความเดือดร้อนแก่สภาพแวดล้อมโดยรอบตามมา งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลกระทบของแสงสะท้อนจากเปลือกอาคาร ที่มีสาเหตุมาจากรูปทรงอาคารและทิศทางการวางอาคารต่อสภาพแวดล้อม รวมทั้งเสนอแนะแนวทางในการออกแบบอาคารเพื่อลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมจากแสงสะท้อนของเปลือกอาคาร สำหรับเป็นข้อมูลเพิ่มเติมในการสร้างมาตรฐานการออกแบบอาคารให้มีความเหมาะสมมากขึ้น ซึ่งงานวิจัยนี้ได้ใช้ซอฟต์แวร์ทางคอมพิวเตอร์ในการคำนวณหาความส่องสว่างและทิศทางการสะท้อนของรังสีอาทิตย์ตามวันเวลาที่กำหนด โดยมีอาคารกรณีศึกษา 5 รูปทรง ประกอบด้วย อาคารรูปทรงสี่เหลี่ยมจัตุรัสเปลือกอาคารเรียบตรง อาคารรูปทรงสี่เหลี่ยมเปลือกอาคารลาดเอียงเข้าหาอาคาร อาคารรูปทรงสี่เหลี่ยมเปลือกอาคารลาดเอียงออกจากอาคาร อาคารรูปทรงโค้งเว้า และอาคารรูปทรงแตงกวา เมื่อวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากการจำลองพบว่า บนพื้นที่ขนาด 500 เมตร x 500 เมตร อาคารรูปทรงสี่เหลี่ยมที่มีเปลือกอาคารลาดเอียงออกจากอาคารในแนวตั้งในทางทิศใต้ ก่อให้เกิดแสงสะท้อนในแนวราบเป็นพื้นที่รวมมากที่สุด ในขณะที่อาคารรูปทรงแตงกวา ก่อให้เกิดการกระจายตัวของแสงสะท้อนทุกทิศทางเป็นบริเวณกว้างมากที่สุด และอาคารรูปทรงโค้งเว้าก่อก่อให้เกิดค่าความส่องสว่างของแสงสะท้อนสูงที่สุดจากการสะท้อนรวมกันไปยังจุดใดจุดหนึ่ง ซึ่งพื้นที่ที่โดนแสงสะท้อนสูงสุดมีค่าความส่องสว่างมากกว่าค่าเฉลี่ยแสงธรรมชาติในส่วนที่ไม่ถูกสะท้อนกว่า 2 เท่า และสำหรับแสงที่สะท้อนตกกระทบต่อสภาพแวดล้อมโดยรอบอาคารกรณีศึกษา หากรัศมียิงใกล้อาคารจะเกิดแสงสะท้อนที่มีระยะเวลายาวนานกว่า โดยจากการใช้วิธีการทางสถิติในการแบ่งระดับคะแนนของแสงสะท้อนจากเปลือกอาคารออกเป็น A B C และ D โดยระดับ A เป็นระดับที่ก่อก่อให้เกิดค่าความส่องสว่างต่ำที่สุด ในขณะที่ระดับ D เป็นระดับที่ก่อก่อให้เกิดค่าความส่องสว่างสูงที่สุด พบว่า อาคารรูปทรงแตงกวา เป็นรูปทรงที่แสงสะท้อนส่วนใหญ่ที่เกิดขึ้นอยู่ในระดับคะแนน D เป็นจำนวนมากที่สุดในรูปทรงทั้งหมดที่ทำการศึกษา ทั้งสภาพแวดล้อมแนวราบและแนวตั้ง จึงถือเป็นรูปแบบอาคารที่ควรระมัดระวังเป็นอย่างยิ่งในการออกแบบเพราะก่อก่อให้เกิดผลกระทบด้านแสงสะท้อนโดยรวมมากที่สุด

สาขาวิชา สถาปัตยกรรม

ลายมือชื่อนิสิต

ปีการศึกษา 2561

ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาหลัก

6073559225 : MAJOR ARCHITECTURE

KEYWORD: Solar reflections, Glass facade, Simulation

Tatcha Anganapattarakajorn : DESIGN GUIDELINES TO PREVENT THE EFFECT OF DAYLIGHT REFLECTION FROM BUILDING ENVELOPES. Advisor: Assoc. Prof. ATCH SRESHTHAPUTRA, Ph.D.

Recently, glass is used largely in buildings and it tends to increase the impact of urban solar reflections causing problems such as glare and overheating. In order to reduce the risk of environmental problems, it is important to assess the influence of the building design in terms of reflected sunlight since early stage. This research aims to help designers to optimize the sunlight reflectance to surrounding analyzing solar reflection from different forms of the building by using a simulation tool. The illuminance values of the surrounding could be used as an indicator of sunlight reflectance. When comparing all data from the simulations, it was found that in the area of 500 x 500 meters, the square-shaped building with slopes back from the vertical facing south causes significant illuminance on the horizontal plane. However, the round-shape building causes the distribution of reflected light to more wider area than other shapes. Moreover, the concave-shaped building produces the highest brightness of focused reflections to an intense spot, which is the area that has the highest reflectance 2 times brighter than the average brightness by natural light. When using statistical measures to rank the solar reflection from the building surface into A B C and D, the A level has the lowest reflection level, while the D level is the level that produces the highest reflection. It was found that the round-shape buildings occur mostly at D level on both horizontal and vertical planes.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

Field of Study: Architecture

Student's Signature

Academic Year: 2018

Advisor's Signature

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ สำเร็จลุล่วงได้ด้วย ความกรุณาอย่างสูง จากรองศาสตราจารย์ ดร.อรรถนั เสรษฐบุตร์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่ได้ให้คำปรึกษา แนะนำข้อมูลที่เป็นประโยชน์ต่อการพัฒนา วิทยานิพนธ์ เสนอแนะแนวความคิด ตลอดจนแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆ ด้วยความเอาใจใส่เป็นอย่างยิ่งมา โดยตลอด ขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ ที่นี้

ขอบพระคุณรองศาสตราจารย์พรณชลัท สุริโยธิน และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วรภัทร์ อิงค วิจารณ์ฤทธิ์ ผู้ที่มอบความรู้และคำแนะนำที่มีประโยชน์ให้ตลอดการศึกษา ขอบพระคุณคุณณนุ กัตัญญดา นันท์ ผู้ที่ให้ความช่วยเหลือด้านการใช้งานโปรแกรมคอมพิวเตอร์ ขอบพระคุณบุคลากรคณะ สถาปัตยกรรมศาสตร์ และมิตรสหายทุกท่านที่คอยให้การสนับสนุนการทำวิทยานิพนธ์ครั้งนี้ให้สำเร็จ ลุล่วง

สำหรับคุณงามความดีที่เกิดจากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ขอมอบให้ คุณพ่อ คุณแม่ และอาโกว ผู้ เป็นที่รักและเคารพยิ่ง ทั้งสนับสนุนทุนการศึกษาและเป็นกำลังใจสำคัญที่ทำให้ฝ่าฟันอุปสรรคทุกอย่าง ได้ ตลอดจนครูบาอาจารย์ที่ประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้และประสบการณ์ที่มีค่าให้แก่ผู้วิจัย

ทัชชา อังกนะภัทรขจร

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ค
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ง
กิตติกรรมประกาศ	จ
สารบัญ.....	ฉ
สารบัญตาราง.....	ฅ
สารบัญภาพ.....	ญ
สารบัญแผนภูมิ.....	ท
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา	3
1.3 ขอบเขตของการศึกษา.....	3
1.4 ระเบียบวิธีการศึกษา.....	4
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	5
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	8
2.1 ทฤษฎีเกี่ยวกับแสง.....	8
2.1.1 พฤติกรรมของแสง.....	8
2.1.2 นิยามของแสง.....	9
2.2 ทฤษฎีเกี่ยวกับการมองเห็น.....	10
2.2.1 แสงกับการมองเห็น	10
2.2.2 สภาวะความสบายทางสายตา	11
2.3 ทฤษฎีเกี่ยวกับดวงอาทิตย์และโลก	13

2.3.1	ลักษณะการโคจรของดวงอาทิตย์	13
2.3.2	ทิศทางการเคลื่อนที่ของดวงอาทิตย์	15
2.4	การทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง	19
บทที่ 3	วิธีดำเนินงานวิจัย	28
3.1	ทบทวนวรรณกรรมและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง	28
3.2	การกำหนดรูปแบบอาคารกรณีศึกษา	28
3.3	การดำเนินงานวิจัย	31
3.3.1	แนวทางในการวิเคราะห์ข้อมูล	31
3.3.2	แนวทางในการจำลองด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์	33
3.4	การเรียบเรียงข้อมูล	38
3.4.1	การหาค่าความส่องสว่าง (Illuminance) ของแสงสะท้อนจากเปลือกอาคาร	39
3.4.2	ทิศทางของแสงที่สะท้อนจากเปลือกอาคาร	41
3.4.3	พื้นที่ที่แสงสะท้อนตกกระทบบนพื้นในแนวราบ ขนาด 500 เมตร x 500 เมตร คำนวณจากข้อมูลเดียวกันกับทิศทางของแสงสะท้อน โดยนับเฉพาะพื้นที่ที่แสงสะท้อน ตกกระทบบนพื้น (ตารางเมตร)	41
3.4.4	เวลาที่แสงสะท้อนจากเปลือกอาคารกระทำต่อสภาพแวดล้อมโดยรอบที่แตกต่างกัน วิเคราะห์จากข้อมูลแสงสะท้อนของทุกต้นชั่วโมงตลอด 13 ชั่วโมง ในวันสำคัญทั้ง 4 วัน ของสภาพแวดล้อมโดยรอบทั้งแนวราบและแนวตั้ง โดยจะคำนวณออกมาเป็น เปอร์เซ็นต์ที่เกิดแสงสะท้อน	41
บทที่ 4	ผลการวิจัย	42
4.1	ทิศทางของแสงที่สะท้อนจากเปลือกอาคาร	42
4.2	พื้นที่ที่แสงสะท้อนตกกระทบบนพื้นในแนวราบ	48
4.3	เวลาที่แสงสะท้อนจากเปลือกอาคารกระทำต่อสภาพแวดล้อมโดยรอบ	52
4.4	ค่าความส่องสว่าง (Illuminance) ของแสงสะท้อนจากเปลือกอาคาร	58
4.4.1	ค่าความส่องสว่างของแสงที่สะท้อนจากเปลือกอาคารลงบนพื้นในแนวราบ	58

4.4.2 ค่าความส่องสว่างของแสงที่สะท้อนจากเปลือกอาคารต่อบริบทโดยรอบในแนวตั้ง.....	67
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ	76
5.1 สรุปผลการวิจัย.....	76
5.1.1 ทิศทางของแสงที่สะท้อนจากเปลือกอาคาร	76
5.1.2 พื้นที่ที่แสงสะท้อนตกกระทบลงบนพื้นในแนวราบ.....	77
5.1.3 เวลาที่แสงสะท้อนจากเปลือกอาคารกระทำต่อสภาพแวดล้อมโดยรอบ	78
5.1.4 ค่าความส่องสว่าง (Illuminance) ของแสงสะท้อนจากเปลือกอาคาร.....	78
5.2 การอภิปรายผล.....	79
5.2.1 แสงสะท้อนที่กระทำต่อพื้นในแนวราบ.....	80
5.2.2 แสงสะท้อนที่กระทำต่อบริบทโดยรอบในแนวตั้ง	85
5.3 ข้อเสนอแนะ	92
ภาคผนวก ก	95
ภาคผนวก ข	171
ภาคผนวก ค	174
บรรณานุกรม.....	205
ประวัติผู้เขียน.....	207

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 1 ตัวอย่างคุณสมบัติวัสดุที่ใช้ตกแต่งผิวนอกอาคารที่มีปริมาณการสะท้อนแสงไม่เกินร้อยละ 30 (ที่มา: คู่มือเกณฑ์การประเมินอาคารเขียวภาครัฐ กรมควบคุมมลพิษ).....	2
ตารางที่ 2 ความสัมพันธ์ของวัสดุประสงค์ วิธีการศึกษา และประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	6
ตารางที่ 3 ระดับความสว่างที่ตายอมรับได้ในมุมมองต่างๆ (สุนทร บุญญาธิการ, 2541).....	11
ตารางที่ 4 แนวทางในการจำลองแสงสะท้อนจากเปลือกอาคารของอาคารกรณีศึกษา.....	34
ตารางที่ 5 เกณฑ์ในการประเมินผลกระทบของแสงสะท้อนจากเปลือกอาคารที่กระทำต่อพื้นใน แนวราบ	80
ตารางที่ 6 เปอร์เซ็นต์ค่าความส่องสว่างของแสงสะท้อนที่เกิดขึ้นในแต่ละระดับคะแนน ของอาคาร กรณีศึกษาแต่ละรูปทรง.....	83
ตารางที่ 7 ระดับคะแนนที่เรียงลำดับจากเปอร์เซ็นต์ที่มากไปน้อย	84
ตารางที่ 8 เกณฑ์ในการประเมินผลกระทบของแสงสะท้อนจากเปลือกอาคาร ที่กระทำต่อบริบท โดยรอบในระยะห่างเป็นรัศมี 100 เมตร	86
ตารางที่ 9 เปอร์เซ็นต์ค่าความส่องสว่างของแสงสะท้อนที่เกิดขึ้นในแต่ละระดับคะแนน ของอาคาร กรณีศึกษาแต่ละรูปทรงที่กระทำต่อบริบทโดยรอบในรัศมี 100 เมตร.....	88
ตารางที่ 10 ระดับคะแนนที่เรียงลำดับจากเปอร์เซ็นต์ที่มากไปน้อย	90

สารบัญภาพ

	หน้า
ภาพที่ 1 Flow Chart แสดงวิธีการวิจัย.....	7
ภาพที่ 2 รูปแบบพฤติกรรมกรรมการสะท้อนของแสง	9
ภาพที่ 3 ระดับความจ้าของแสงในมุมต่างๆ ที่สายตายอมรับได้.....	12
ภาพที่ 4 แกนโลกเอียง 23.5 องศา ในขณะที่โคจรรอบดวงอาทิตย์.....	13
ภาพที่ 5 ระนาบของเส้นสุริยะวิถีทำมุม 23.5 องศา กับระนาบวงโคจรของดวงอาทิตย์.....	14
ภาพที่ 6 เส้นสุริยะวิถีเอียงทำมุมกับเส้นศูนย์สูตรฟ้าส่งผลให้มองเห็นดวงอาทิตย์ขึ้นและตก ก่อนไปทางทิศเหนือหรือทิศใต้ในรอบปี.....	14
ภาพที่ 7 แกนของโลกเอียง 23.5° ขณะที่โคจรรอบดวงอาทิตย์ทำให้เกิดฤดูกาลต่างๆ	15
ภาพที่ 8 ทิศทางการเคลื่อนที่ของดวงอาทิตย์	16
ภาพที่ 9 พิกัดขอบฟ้า ประกอบด้วย เส้นขอบฟ้า จุดเหนือศีรษะ จุดใต้เท้า และเส้นเมริเดียน	16
ภาพที่ 10 มุมทิศ (Azimuth) - มุมเงย (Altitude).....	17
ภาพที่ 11 ตำแหน่งของดวงอาทิตย์ในเวลาประมาณเที่ยงวันของวันอีควิน็อกซ์	17
ภาพที่ 12 มุมเงยในเวลาเที่ยงวันของวันอีควิน็อกซ์ ณ ตำแหน่งเส้นรุ้งที่ 0 และ 14 องศาเหนือ.....	18
ภาพที่ 13 พิกัดเส้นศูนย์สูตร (ที่มา: http://www.lesa.biz).....	18
ภาพที่ 14 อาคาร Walkie Talkie สะท้อนรังสีจากดวงอาทิตย์.....	19
ภาพที่ 15 UTCI Assessment Scale (ที่มา: Journal of Thermal Biology, 2003).....	20
ภาพที่ 16 ผลกระทบจากรังสีความร้อนต่อสภาวะน่าสบายของมนุษย์.....	20
ภาพที่ 17 การใช้โปรแกรมทางคอมพิวเตอร์ในการตรวจสอบทิศทางรังสีสะท้อนของดวงอาทิตย์จาก เปลือกอาคาร และความร้อนที่ถูกปล่อยออกจากเปลือกอาคารที่มีรูปทรงโค้งเว้าในเวลาต่างๆ.....	21
ภาพที่ 18 รังสีของดวงอาทิตย์ที่ตกกระทบเปลือกอาคารกรณีศึกษาและสะท้อนไปสู่อาคารข้างเคียง เฉดสีบนอาคารข้างเคียงแสดงถึงความเข้มของแสงที่มาตกกระทบ	22

ภาพที่ 19	รังสีสะท้อนที่เกิดขึ้นจากแหล่งกำเนิดแสงจุดหนึ่งที่สาดเข้าสู่เปลือกอาคารกรณีศึกษา เส้นสีเขียวแสดงให้เห็นถึงรังสีที่สาดเข้าสู่อาคาร เส้นสีแดงแสดงให้เห็นถึงรังสีสะท้อน จากเปลือกอาคาร (ที่มา: Yang, Grobe, & Stephen, 2013).....	22
ภาพที่ 20	เปรียบเทียบการจำลองแสงสะท้อนจากดวงอาทิตย์ในวันที่ท้องฟ้าปกติ (รูปซ้าย) และวันที่ท้องฟ้าเป็น Clear Sky (รูปขวา) (ที่มา: Danks & Good, 2016).....	23
ภาพที่ 21	แสงสะท้อนที่เกิดจากแผงโซลาร์เซลล์ (ที่มา: Danks & Good, 2016).....	23
ภาพที่ 22	การใช้โปรแกรม Radiance ในการหาทิศทางและพลังงานของแสงสะท้อน จากเปลือกอาคาร (ที่มา: Wasilewski, 2015).....	24
ภาพที่ 23	อุณหภูมิพื้นผิวที่เกิดจากแสงสะท้อนของดวงอาทิตย์โดยโปรแกรม CFD	24
ภาพที่ 24	การบินสังเกตการณ์การแสงบาดตาจากห้องนักบิน C-12 ที่ Kramer, CA สหรัฐอเมริกา	25
ภาพที่ 25	การใช้โปรแกรม Radiance ในการหาค่าความสว่างสะสมในรอบปี โดยใช้ข้อมูลสภาพอากาศของเมือง Lisbon (ที่มา: Brotas & Wienold, 2014).....	25
ภาพที่ 26	การสร้างหุ่นจำลองอาคารที่ส่งผลกระทบต่อเรื่องแสงสะท้อนจากเปลือกอาคาร มาทดลองร่วมกับอุปกรณ์จำลองการโคจรของดวงอาทิตย์ (ที่มา: เด่นพงษ์ เศรษฐวงศ์, 2549)	26
ภาพที่ 27	สัดส่วนอาคารสำนักงานต้นแบบ	29
ภาพที่ 28	อาคารกรณีศึกษารูปทรงที่ 1: รูปทรงสี่เหลี่ยมจัตุรัสเปลือกอาคารเรียบตรง	29
ภาพที่ 29	อาคารกรณีศึกษารูปทรงที่ 2: รูปทรงสี่เหลี่ยมเปลือกอาคารลาดเอียงเข้าหาอาคารในแนวตั้ง.....	30
ภาพที่ 30	อาคารกรณีศึกษารูปทรงที่ 3: รูปทรงสี่เหลี่ยมเปลือกอาคารลาดเอียงออกจากอาคารในแนวตั้ง.....	30
ภาพที่ 31	อาคารกรณีศึกษารูปทรงที่ 4: รูปทรงโค้งเว้า.....	30
ภาพที่ 32	อาคารกรณีศึกษารูปทรงที่ 5: รูปทรงแตงกวา.....	31
ภาพที่ 33	การเกิดแสงสะท้อนและตัวแปรต่างๆ เกี่ยวกับแสง	32
ภาพที่ 34	ตัวอย่างการสร้างแบบจำลองอาคารกรณีศึกษาโดยโปรแกรม Rhinoceros	35
ภาพที่ 35	การกำหนดค่าพื้นฐานของท้องฟ้าและแสงอาทิตย์โดยโปรแกรม Grasshopper.....	35

ภาพที่ 36 การตั้งค่าเปลือกอาคารเป็นวัสดุกระจกที่มีค่าการสะท้อนร้อยละ 30 โดยโปรแกรม Grasshopper	36
ภาพที่ 37 การตั้งค่าความถี่ของข้อมูลในการจำลองโดยโปรแกรม Grasshopper	36
ภาพที่ 38 ตัวอย่างการจำลองหาทิศทางและค่าความส่องสว่างของแสงที่สะท้อนจากเปลือกอาคาร กรณีศึกษาลงบนพื้นราบ โดยโปรแกรม Rhinoceros และ Grasshopper Plug-in	37
ภาพที่ 39 ตัวอย่างการจำลองหาทิศทางและค่าความส่องสว่างของแสงที่สะท้อนจากเปลือกอาคาร กรณีศึกษา ในตำแหน่งรัศมี 12 เมตร โดยรอบอาคารกรณีศึกษา โดยโปรแกรม Rhinoceros และ Grasshopper Plug-in	37
ภาพที่ 40 ตัวอย่างการจำลองหาทิศทางและค่าความส่องสว่างของแสงที่สะท้อนจากเปลือกอาคาร กรณีศึกษา ในตำแหน่งรัศมี 100 เมตร โดยรอบอาคารกรณีศึกษา โดยโปรแกรม Rhinoceros และ Grasshopper Plug-in	37
ภาพที่ 41 ตัวอย่างการจำลองหาทิศทางและค่าความส่องสว่างของแสงที่สะท้อนจากเปลือกอาคาร กรณีศึกษา ในตำแหน่งรัศมี 200 เมตร โดยรอบอาคารกรณีศึกษา โดยโปรแกรม Rhinoceros และ Grasshopper Plug-in	38
ภาพที่ 42 แนวทางในการเรียบเรียงข้อมูลด้วยโปรแกรมทางคอมพิวเตอร์.....	38
ภาพที่ 43 ข้อมูลค่าความส่องสว่างที่ได้จากการจำลองโดยโปรแกรม Grasshopper.....	39
ภาพที่ 44 ตัวอย่างการรวบรวมและจัดเก็บข้อมูลค่าความส่องสว่างโดยโปรแกรม Microsoft Excel	39
ภาพที่ 45 ตัวอย่างการนำข้อมูลค่าความส่องสว่างที่ได้จากการจำลองมาเรียบเรียง โดยโปรแกรม Microsoft Excel	40
ภาพที่ 46 ตัวอย่างการนำข้อมูลค่าความส่องสว่างที่ได้จากการจำลองมาเรียบเรียง โดยการคลี่รูปทรงกระบอกออกมาให้เห็นทิศของแสงสะท้อน โดยโปรแกรม Microsoft Excel	40
ภาพที่ 47 ตัวอย่างภาพแสดงทิศทางของแสงที่สะท้อนจากเปลือกอาคาร	41
ภาพที่ 48 ทิศทางของแสงสะท้อนจากเปลือกอาคารกรณีศึกษารูปทรงที่ 1(1): รูปทรงสี่เหลี่ยมจัตุรัสเปลือกอาคารเรียบตรง.....	43
ภาพที่ 49 ทิศทางของแสงสะท้อนจากเปลือกอาคารกรณีศึกษารูปทรงที่ 1(2): รูปทรงสี่เหลี่ยมจัตุรัสเปลือกอาคารเรียบตรง เอียง 45 องศา.....	44

ภาพที่ 50 ทิศทางของแสงสะท้อนจากเปลือกอาคารกรณีศึกษารูปทรงที่ 2(1):
 รูปทรงสี่เหลี่ยมเปลือกอาคารลาดเอียงเข้าหาอาคารในแนวตั้ง (หันด้านที่ลาดเอียงทางทิศใต้) 45

ภาพที่ 51 ทิศทางของแสงสะท้อนจากเปลือกอาคารกรณีศึกษารูปทรงที่ 3(1):
 รูปทรงสี่เหลี่ยมเปลือกอาคารลาดเอียงออกจากอาคารในแนวตั้ง (หันด้านที่ลาดเอียงทางทิศใต้)..... 46

ภาพที่ 52 ทิศทางของแสงสะท้อนจากเปลือกอาคารกรณีศึกษารูปทรงที่ 4(1):
 รูปทรงสี่เหลี่ยมเปลือกอาคารโค้งเว้า (หันด้านที่ลาดเอียงทางทิศใต้)..... 47

ภาพที่ 53 ทิศทางของแสงสะท้อนจากเปลือกอาคารกรณีศึกษารูปทรงที่ 5(1): รูปทรงแตงกวา..... 48

ภาพที่ 54 แสงสะท้อนจากเปลือกอาคารรูปทรงสี่เหลี่ยมจัตุรัสลงบนพื้นราบ 53

ภาพที่ 55 แสงสะท้อนจากเปลือกอาคารรูปทรงสี่เหลี่ยมจัตุรัส ที่กระทำต่อปริบทโดยรอบในแนวตั้ง
 ในรัศมี 12 เมตร (ภาพแสงสะท้อนที่คลี่ออกจากการจำลองสภาพแวดล้อมรูปทรงกระบอก) 54

ภาพที่ 56 แสงสะท้อนจากเปลือกอาคารรูปทรงสี่เหลี่ยมจัตุรัส ที่กระทำต่อปริบทโดยรอบในแนวตั้ง
 ในรัศมี 100 เมตร (ภาพแสงสะท้อนที่คลี่ออกจากการจำลองสภาพแวดล้อมรูปทรงกระบอก) 54

ภาพที่ 57 แสงสะท้อนจากเปลือกอาคารรูปทรงสี่เหลี่ยมจัตุรัส ที่กระทำต่อปริบทโดยรอบในแนวตั้ง
 ในรัศมี 200 เมตร (ภาพแสงสะท้อนที่คลี่ออกจากการจำลองสภาพแวดล้อมรูปทรงกระบอก) 55

ภาพที่ 58 ทิศทางของเซนเซอร์รับแสงในการจำลองแสงสะท้อนลงบนพื้นราบ..... 58

ภาพที่ 59 อุณหภูมิกระเปาะแห้งของประเทศไทยในแต่ละช่วงเวลาของปี..... 59

ภาพที่ 60 แสดงการมีเมฆปกคลุมท้องฟ้าหรือช่วงที่เกิดฝนของประเทศไทยในแต่ละช่วงเวลาของปี 59

ภาพที่ 61 ทิศทางของเซนเซอร์รับแสงในการจำลองแสงสะท้อนที่กระทำต่อปริบทโดยรอบในแนวตั้ง
 67

สารบัญแผนภูมิ

หน้า

แผนภูมิที่ 1 ตัวอย่างแผนภูมิต่ำค่าความส่องสว่างของแสงสะท้อนจากเปลือกอาคารในแต่ละเวลา ของแต่ละวันที่ทำการจำลอง	40
แผนภูมิที่ 2 ตัวอย่างแผนภูมิแท่งเปรียบเทียบขนาดพื้นที่เฉลี่ยของแสงสะท้อนจากเปลือกอาคาร ที่ตกกระทบลงบนพื้นในแนวราบ	41
แผนภูมิที่ 3 แผนภูมิแสดงขนาดพื้นที่ที่แสงสะท้อนจากเปลือกอาคารตกกระทบลงบนพื้นในแนวราบ ขนาด 250,000 ตารางเมตร โดยรอบอาคาร ในวันที่ 21 มีนาคม	49
แผนภูมิที่ 4 แผนภูมิแสดงขนาดพื้นที่ที่แสงสะท้อนจากเปลือกอาคารตกกระทบลงบนพื้นในแนวราบ ขนาด 250,000 ตารางเมตร โดยรอบอาคาร ในวันที่ 21 มิถุนายน	49
แผนภูมิที่ 5 แผนภูมิแสดงขนาดพื้นที่ที่แสงสะท้อนจากเปลือกอาคารตกกระทบลงบนพื้นในแนวราบ ขนาด 250,000 ตารางเมตร โดยรอบอาคาร ในวันที่ 21 กันยายน	50
แผนภูมิที่ 6 แผนภูมิแสดงขนาดพื้นที่ที่แสงสะท้อนจากเปลือกอาคารตกกระทบลงบนพื้นในแนวราบ ขนาด 250,000 ตารางเมตร โดยรอบอาคาร ในวันที่ 21 ธันวาคม	50
แผนภูมิที่ 7 แผนภูมิแท่งเปรียบเทียบขนาดพื้นที่เฉลี่ยของแสงสะท้อนจากเปลือกอาคารที่ตกกระทบ ลงบนพื้นในแนวราบ ขนาด 250,000 ตารางเมตร ที่จำลองทุกต้นชั่วโมง ทั้ง 4 วัน ของแต่ละรูปทรง	51
แผนภูมิที่ 8 แผนภูมิแท่งเปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์ของช่วงเวลาที่เกิดแสงสะท้อนจากเปลือกอาคาร กระทำต่อสภาพแวดล้อมโดยรอบที่แตกต่างกัน	56
แผนภูมิที่ 9 ค่าความส่องสว่างสูงสุดของแสงที่สะท้อนจากเปลือกอาคารรูปทรงสี่เหลี่ยมจัตุรัส ลงบนพื้นราบ.....	60
แผนภูมิที่ 10 ค่าความส่องสว่างสูงสุดของแสงที่สะท้อนจากเปลือกอาคารรูปทรงโค้งเว้าลงบนพื้นราบ (หันด้านที่โค้งเว้าไปทางทิศใต้)	61
แผนภูมิที่ 11 ค่าความส่องสว่างสูงสุดของแสงที่สะท้อนจากเปลือกอาคารรูปทรงโค้งเว้าลงบนพื้นราบ (หันด้านที่โค้งเว้าไปทางทิศตะวันตก)	61

แผนภูมิที่ 12 ค่าความส่องสว่างสูงสุดของแสงที่สะท้อนจากเปลือกอาคารรูปทรงโค้งเว้าลงบนพื้นราบ (หันด้านที่โค้งเว้าไปทางทิศเหนือ)	62
แผนภูมิที่ 13 ค่าความส่องสว่างสูงสุดของแสงที่สะท้อนจากเปลือกอาคารรูปทรงโค้งเว้าลงบนพื้นราบ (หันด้านที่โค้งเว้าไปทางทิศตะวันออก).....	62
แผนภูมิที่ 14 ค่าความส่องสว่างสูงสุดของแสงที่สะท้อนจากเปลือกอาคารรูปทรงแตงกวา ลงบนพื้นราบ.....	63
แผนภูมิที่ 15 ค่าความส่องสว่างเฉลี่ยของแสงที่สะท้อนจากเปลือกอาคารรูปทรงสี่เหลี่ยมจัตุรัส ลงบนพื้นราบ.....	64
แผนภูมิที่ 16 ค่าความส่องสว่างเฉลี่ยของแสงที่สะท้อนจากเปลือกอาคารรูปทรงสี่เหลี่ยม เปลือกอาคารลาดเอียงเข้าหาอาคารในแนวตั้งลงบนพื้นราบ (หันด้านที่ลาดเอียงทางทิศใต้)	65
แผนภูมิที่ 17 ความส่องสว่างเฉลี่ยของแสงที่สะท้อนจากเปลือกอาคารรูปทรงโค้งเว้าลงบนพื้นราบ (หันด้านที่ลาดเอียงทางทิศใต้).....	65
แผนภูมิที่ 18 ค่าความส่องสว่างสูงสุดของแสงที่สะท้อนจากเปลือกอาคารกรณีศึกษาแต่ละรูปทรง ลงบนพื้นราบ.....	66
แผนภูมิที่ 19 ค่าความส่องสว่างสูงสุดของแสงที่สะท้อนจากเปลือกอาคารรูปทรงสี่เหลี่ยมจัตุรัส ที่กระทำต่อบริบทโดยรอบในแนวตั้ง ในรัศมี 12 เมตร.....	68
แผนภูมิที่ 20 ค่าความส่องสว่างสูงสุดของแสงที่สะท้อนจากเปลือกอาคารรูปทรงสี่เหลี่ยมเปลือก อาคารลาดเอียงเข้าหาอาคาร (หันด้านที่ลาดเอียงทางทิศตะวันออก) ที่กระทำต่อบริบทโดยรอบ ในแนวตั้ง ในรัศมี 12 เมตร.....	68
แผนภูมิที่ 21 ค่าความส่องสว่างสูงสุดของแสงที่สะท้อนจากเปลือกอาคารรูปทรงโค้งเว้า (หันด้านที่โค้งเว้าทางทิศใต้) ที่กระทำต่อบริบทโดยรอบในแนวตั้ง ในรัศมี 12 เมตร.....	69
แผนภูมิที่ 22 ค่าความส่องสว่างสูงสุดของแสงที่สะท้อนจากเปลือกอาคารรูปทรงโค้งเว้า (หันด้านที่โค้งเว้าทางทิศตะวันตก) ที่กระทำต่อบริบทโดยรอบในแนวตั้ง ในรัศมี 12 เมตร.....	69
แผนภูมิที่ 23 ค่าความส่องสว่างสูงสุดของแสงที่สะท้อนจากเปลือกอาคารรูปทรงแตงกวา ที่กระทำต่อบริบทโดยรอบในแนวตั้ง ในรัศมี 12 เมตร.....	69
แผนภูมิที่ 24 ค่าความส่องสว่างสูงสุดของแสงที่สะท้อนจากเปลือกอาคารรูปทรงสี่เหลี่ยมจัตุรัส ที่กระทำต่อบริบทโดยรอบในแนวตั้ง ในรัศมี 100 เมตร	70

แผนภูมิที่ 25 ค่าความส่องสว่างสูงสุดของแสงที่สะท้อนจากเปลือกอาคารรูปทรงสี่เหลี่ยมจัตุรัส
 (วางผังอาคารเอียง 45 องศา) ที่กระทำต่อบริบทโดยรอบในแนวตั้ง ในรัศมี 100 เมตร..... 71

แผนภูมิที่ 26 ค่าความส่องสว่างสูงสุดของแสงที่สะท้อนจากเปลือกอาคารรูปทรงโค้งเว้า
 (หันด้านที่โค้งเว้าทางทิศเหนือ) ที่กระทำต่อบริบทโดยรอบในแนวตั้ง ในรัศมี 100 เมตร..... 71

แผนภูมิที่ 27 ค่าความส่องสว่างสูงสุดของแสงที่สะท้อนจากเปลือกอาคารรูปทรงโค้งเว้า
 (หันด้านที่โค้งเว้าทางทิศตะวันออก) ที่กระทำต่อบริบทโดยรอบในแนวตั้ง ในรัศมี 100 เมตร 72

แผนภูมิที่ 28 ค่าความส่องสว่างสูงสุดของแสงที่สะท้อนจากเปลือกอาคารรูปทรงโค้งเว้า
 (หันด้านที่โค้งเว้าทางทิศตะวันตก) ที่กระทำต่อบริบทโดยรอบในแนวตั้ง ในรัศมี 100 เมตร 72

แผนภูมิที่ 29 ค่าความส่องสว่างสูงสุด ของแสงที่สะท้อนจากเปลือกอาคารรูปทรงสี่เหลี่ยมจัตุรัส
 ที่กระทำต่อบริบทโดยรอบในแนวตั้ง ในรัศมี 200 เมตร 73

แผนภูมิที่ 30 ค่าความส่องสว่างสูงสุดของแสงที่สะท้อนจากเปลือกอาคารรูปทรงโค้งเว้า
 (หันด้านที่โค้งเว้าทางทิศตะวันตก) ที่กระทำต่อบริบทโดยรอบในแนวตั้ง ในรัศมี 200 เมตร..... 74

แผนภูมิที่ 31 ค่าความส่องสว่างสูงสุดของแสงที่สะท้อนจากเปลือกอาคารรูปทรงโค้งเว้า
 (หันด้านที่โค้งเว้าทางทิศตะวันออก) ที่กระทำต่อบริบทโดยรอบในแนวตั้ง ในรัศมี 200 เมตร 74

แผนภูมิที่ 32 ค่าความส่องสว่างสูงสุด ของแสงที่สะท้อนจากเปลือกอาคารรูปทรงแตงกวา
 ที่กระทำต่อบริบทโดยรอบในแนวตั้ง ในรัศมี 200 เมตร 75

แผนภูมิที่ 33 ค่าความส่องสว่างสูงสุดของแสงที่สะท้อนจากเปลือกอาคารรูปทรงสี่เหลี่ยมจัตุรัส
 ลงบนพื้นราบ..... 81

แผนภูมิที่ 34 ค่าความส่องสว่างสูงสุดของแสงที่สะท้อนจากเปลือกอาคารรูปทรงโค้งเว้าลงบนพื้นราบ
 (หันด้านที่โค้งเว้าไปทางทิศใต้) 81

แผนภูมิที่ 35 ค่าความส่องสว่างสูงสุดของแสงที่สะท้อนจากเปลือกอาคารรูปทรงโค้งเว้าลงบนพื้นราบ
 (หันด้านที่โค้งเว้าไปทางทิศตะวันตก) 81

แผนภูมิที่ 36 แผนภูมิแท่งเปรียบเทียบข้อมูลค่าความส่องสว่างทั้งหมดของแสงสะท้อน
 ที่ตกกระทบลงบนพื้นราบ ในแต่ละระดับคะแนน ของอาคารกรณีศึกษาแต่ละรูปทรง..... 82

แผนภูมิที่ 37 แผนภูมิแท่งเปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์ค่าความส่องสว่างของแสงสะท้อนที่เกิดขึ้นในแต่ละ
 ระดับคะแนน ของอาคารกรณีศึกษาแต่ละรูปทรง..... 83

<p>แผนภูมิที่ 38 ค่าความส่องสว่างสูงสุดของแสงที่สะท้อนจากเปลือกอาคารรูปทรงสี่เหลี่ยมจัตุรัส ที่กระทำต่อบริบทโดยรอบในแนวตั้ง ในรัศมี 100 เมตร</p>	86
<p>แผนภูมิที่ 39 ค่าความส่องสว่างสูงสุดของแสงที่สะท้อนจากเปลือกอาคารรูปทรงโค้งงั่ว (หันด้านที่โค้งงั่วทางทิศเหนือ) ที่กระทำต่อบริบทโดยรอบในแนวตั้ง ในรัศมี 100 เมตร</p>	87
<p>แผนภูมิที่ 40 ค่าความส่องสว่างสูงสุดของแสงที่สะท้อนจากเปลือกอาคารรูปทรงโค้งงั่ว (หันด้านที่โค้งงั่วทางทิศตะวันออก) ที่กระทำต่อบริบทโดยรอบในแนวตั้ง ในรัศมี 100 เมตร</p>	87
<p>แผนภูมิที่ 41 แผนภูมิแห่งเปรียบเทียบข้อมูลค่าความส่องสว่างทั้งหมดของแสงสะท้อนที่กระทำต่อ บริบทโดยรอบในแนวตั้งที่รัศมี 100 เมตร ในแต่ละระดับคะแนน ของอาคารกรณีศึกษาแต่ละรูปทรง</p>	88
<p>แผนภูมิที่ 42 แผนภูมิแห่งเปรียบเทียบร้อยละค่าความส่องสว่างของแสงสะท้อนที่กระทำต่อบริบท โดยรอบในแนวตั้งที่รัศมี 100 เมตร ในแต่ละระดับคะแนน ของอาคารกรณีศึกษาแต่ละรูปทรง</p>	89



บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ในปัจจุบัน ยุคที่สังคมเมืองมีการพัฒนาจนก่อให้เกิดเป็นสิ่งก่อสร้างและงานสถาปัตยกรรมใหม่ๆ เป็นจำนวนมาก โดยเฉพาะอย่างยิ่ง อาคารสูง ที่ถูกสร้างขึ้นเพื่อรองรับกิจกรรมและความต้องการต่างๆ ของสังคมเมือง และด้วยรูปลักษณ์ภายนอกที่ดูสวยงามทันสมัย ส่งผลให้อาคารสูงส่วนใหญ่เลือกใช้เปลือกอาคารที่เป็นกระจก โดยเฉพาะการใช้กระจกที่มีค่าการสะท้อนแสงมาก เพื่อลดผลกระทบจากแสงอาทิตย์ที่ผ่านเข้ามาภายในอาคาร ซึ่งวัสดุเหล่านี้อาจก่อให้เกิด “แสงสะท้อน” อันถือเป็นแสงบาดที่อาจสร้างความเดือดร้อนต่อสภาพแวดล้อมโดยรอบ รบกวนการมองเห็นแก่ผู้ที่กำลังสัญจรผ่านไปมา หรือก่อให้เกิดอันตรายแก่ผู้ที่กำลังขับขี่ยานพาหนะบนท้องถนนได้

ปัญหาต่างๆ รวมถึงกรณีพิพาทอันเกิดจากการสะท้อนของเปลือกอาคาร เป็นสิ่งที่เกิดขึ้นหลายครั้ง ดังเช่นกรณีตัวอย่าง เมื่อศาลฎีกามีคำพิพากษาให้เจ้าของอาคารขนาดใหญ่ย่านสุขุมวิทที่ติดตั้งกระจกสะท้อนแสงรอบตัวอาคาร ต้องชำระค่าเสียหายให้แก่เจ้าของบ้านที่อยู่ใกล้เคียงที่ฟ้องร้องคดี ซึ่งระบุว่า ระหว่างเดือนพฤศจิกายนถึงเดือนเมษายนของทุกปี ต้องประสบปัญหาแสงสะท้อนจากอาคารชุด ซึ่งสร้างความเดือดร้อนเป็นอย่างมาก โดยเจ้าของอาคารต้องชำระค่าเสียหายให้แก่ผู้ฟ้องร้องเป็นมูลค่าหลายหมื่นบาทต่อปีจนกว่าจะแก้ไขปัญหาค่าเสียหายได้ (มติชนออนไลน์, 2016) ซึ่งกรณีเช่นนี้เกิดขึ้นเพราะขาดการวิเคราะห์ผลกระทบจากแสงสะท้อนของเปลือกอาคารจากผู้ออกแบบตั้งแต่ขั้นต้น ด้วยตัวผู้ออกแบบมักไม่ได้วางแผนครอบคลุมไปถึงผลกระทบจากการสะท้อนของเปลือกอาคารสู่สภาพแวดล้อมข้างเคียงเท่าที่ควร เมื่อเกิดปัญหาตามมาในภายหลังจึงเป็นเรื่องที่แก้ไขได้ยาก

การสะท้อนของแสงอาทิตย์จากเปลือกอาคารจะเกิดขึ้นได้ก็ต่อเมื่อ มีพื้นที่ส่วนที่เป็นกระจกหรือวัสดุที่เป็นโลหะเงาสะท้อนแสงขนาดใหญ่อยู่ที่เปลือกอาคาร โดยความรุนแรงของแสงสะท้อนจะยิ่งมากหากวัสดุนั้นๆ มีค่าการสะท้อนแสงมาก ซึ่งสำหรับวัสดุกระจก การสะท้อนของแสงจะมีความใกล้เคียงกับการสะท้อนแบบสมบูรณ์ ในขณะที่วัสดุจำพวกอิฐหรือวัสดุที่มีพื้นผิวด้านจะไม่ก่อให้เกิดแสงที่สะท้อนบาดตา (Deng, 2016) ดังนั้น การเลือกวัสดุเปลือกอาคารจึงเป็นหนึ่งในปัจจัยหลักที่มีผลต่อการสะท้อนของแสงอาทิตย์ ในขณะเดียวกัน ยังขึ้นอยู่กับทิศทางของดวงอาทิตย์ที่กระทำต่อเปลือกอาคารและตำแหน่งมุมมองของคนที่มีต่ออาคารอีกด้วย โดยหากแหล่งกำเนิดแสงเกิดขึ้นในตำแหน่งด้านข้างหรือสูงเหนือศีรษะทำมุมมากกว่า 25 องศากับสายตา จะสามารถช่วยลดความรุนแรงจากแสงบาดตาได้ (Dwyer, 2017) ดังนั้น รูปทรงของอาคารจึงถือเป็นอีกปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อแสงบาดตา เพราะเป็นตัวกำหนดความลาดเอียงของกระจกอาคารอันเป็นสิ่งส่งผลโดยตรงต่อทิศทางในการสะท้อนแสงอาทิตย์และมุมตกกระทบของแสงอาทิตย์

แสงสะท้อนจากเปลือกอาคารกระจกเป็นรังสีแม่เหล็กไฟฟ้าในช่วงคลื่น อัลตราไวโอเล็ต (Ultraviolet) แสงที่ตามองเห็น (Visible Light) และช่วงคลื่นที่ส่วนใหญ่เป็นพลังงานความร้อนหรืออินฟราเรด (Infrared) เช่นเดียวกับรังสีอาทิตย์ (Suk, 2015) จึงไม่ก่อให้เกิดการรบกวนทางการมองเห็นเพียงอย่างเดียว แต่ยังส่งผลให้เกิดอุณหภูมิที่สูงตามมาด้วย โดยเฉพาะอาคารที่มีรูปทรงโค้งเว้า หากแสงสะท้อนตกลงสู่พื้นดินอาจเทียบได้กับผลกระทบจากการเผาไหม้ด้วยแวนชยาย (Fedele, 2013) เนื่องจากก่อให้เกิดความร้อนรวมกันจนเพิ่มอุณหภูมิเฉพาะจุดแก่สภาพแวดล้อมโดยรอบ ซึ่งอาจมีอุณหภูมิสูงมากจนสามารถเผาไหม้เปลือกของอาคารข้างเคียง หรือหลอมละลายผิววัสดุที่เป็นโลหะได้ (Amoros, 2015)

โดยปกติของขั้นตอนการยื่นขออนุญาตก่อสร้างอาคารสาธารณะขนาดใหญ่หรืออาคารสูง จำเป็นต้องมีการจัดทำรายงานการวิเคราะห์ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม โดยในส่วนของวัสดุเปลือกอาคาร ตามกฎกระทรวงฉบับที่ 48 (พ.ศ. 2540) ข้อที่ 27 ได้ระบุเอาไว้ว่า “วัสดุที่เป็นผิวของผนังภายนอกอาคารหรือใช้ตกแต่งผิวภายนอกอาคาร จะต้องมีการสะท้อนแสงได้ไม่เกินร้อยละ 30” โดยในรายงานต้องมีการระบุข้อมูลการสะท้อนแสงของกระจก (Visible Rays Reflectance Out) จากผู้ผลิตเพื่อให้สามารถผ่านเกณฑ์การประเมิน ซึ่งจะเห็นว่ามียาละเอียดไม่มาก อาคารส่วนใหญ่จึงสามารถขออนุญาตผ่านได้ โดยในส่วนของอาคารที่ต้องการให้ผ่านการประเมินอาคารเขียวของภาครัฐ การป้องกันผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมภายนอกอาคารถือเป็นเรื่องสำคัญ ภายหลังจากเมื่อโปรแกรมคอมพิวเตอร์มีความทันสมัยมากขึ้นจนสามารถจำลองผลกระทบของรังสีอาทิตย์ที่สะท้อนจากเปลือกอาคารได้ อาคารที่ขออนุญาตส่วนใหญ่จึงมีการแนบผลจากการจำลองด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์เพื่อประกอบรายงานการขออนุญาต ซึ่งสร้างความน่าเชื่อถือได้เพิ่มมากขึ้น

ตารางที่ 1 ตัวอย่างคุณสมบัติวัสดุที่ใช้ตกแต่งผิวนอกอาคารที่มีปริมาณการสะท้อนแสงไม่เกินร้อยละ 30 (ที่มา: คู่มือเกณฑ์การประเมินอาคารเขียวภาครัฐ กรมควบคุมมลพิษ)

Name	Optical Performance					Thermal Performance	
	Visible Rays			Solar Energy		U - value	SC
	Ref. In	Ref. Out	Trans	Ref. Out	Trans		
CLEAR GLASS	8	8	90	8	84	5.8	1.00
GLASS 1	24	24	40	19	43	5.9	0.61
GLASS 2	11	24	23	19	33	6.0	0.53
GLASS 3	18	24	33	19	38	6.0	0.57
GLASS 4	18	24	34	19	38	6.0	0.57
GLASS 5	9	23	19	19	28	6.1	0.49
GLASS 6	10	24	22	19	37	6.0	0.56

ปัญหาของแสงสะท้อนจากเปลือกอาคารที่เกิดขึ้นอย่างต่อเนื่องเป็นระยะเวลานาน ส่งผลให้ในต่างประเทศรวมถึงประเทศไทย ได้มีงานวิจัยที่ทดลองหารูปแบบการสะท้อนของรังสีดวงอาทิตย์จากเปลือกอาคารเพื่อคาดการณ์ผลกระทบของแสงสะท้อนที่อาจเกิดขึ้น โดยมีทั้งการลงพื้นที่สำรวจผลกระทบจากอาคารที่มีอยู่เดิมแล้วนำมาวิเคราะห์หามุมตกกระทบต่างๆ การทำแบบสอบถาม การสร้างหุ่นจำลองอาคารและนำมาใช้งานร่วมกับอุปกรณ์จำลองการโคจรดวงอาทิตย์เพื่อหาทิศทาง การเกิดแสงสะท้อนจากเปลือกอาคาร การคำนวณโดยใช้สมการทางคณิตศาสตร์ รวมถึงการใช้ซอฟต์แวร์ทางคอมพิวเตอร์ ที่ปัจจุบันหลายโปรแกรมพัฒนาขึ้นจนสามารถคำนวณหาทิศทางตกกระทบของรังสีดวงอาทิตย์ รวมถึงค่าความสว่างที่เกิดขึ้นจากแสงสะท้อนของเปลือกอาคาร ซึ่งสามารถระบุวันเวลาที่ต้องการทราบและประมวลผลได้โดยละเอียด พร้อมแสดงผลในรูปแบบสามมิติ

จากพระราชบัญญัติควบคุมอาคาร ได้มีการกำหนดให้อาคารต่างๆ สามารถใช้กระจกภายนอกที่มีค่าการสะท้อนแสงได้ไม่เกินร้อยละ 30 แต่ถึงแม้จะปฏิบัติตามข้อกำหนดก็ยังพบปัญหาแสงสะท้อนจากเปลือกอาคารอยู่ ดังนั้น การศึกษาผลกระทบอันเกิดจากการสะท้อนของเปลือกอาคารตั้งแต่เริ่มขั้นตอนการวางแผนพัฒนาอาคารจึงมีความสำคัญต่อการออกแบบและการวางผังอาคาร แต่งานวิจัยที่ศึกษาผลกระทบจากการสะท้อนของเปลือกอาคารในประเทศไทยยังมีน้อย และยังไม่มีการนำโปรแกรมคอมพิวเตอร์มาใช้ในการศึกษา เพื่อเป็นแนวทางที่ดีให้แก่ผู้ออกแบบ จึงเกิดเป็นงานวิจัยในหัวข้อ แนวทางในการออกแบบเพื่อลดผลกระทบจากการสะท้อนของเปลือกอาคาร โดยคาดหวังว่า งานวิจัยนี้จะเป็นประโยชน์ต่อสังคม สามารถสร้างมาตรฐานและเสนอแนะแนวทางในการออกแบบ ทำให้คาดคะเนผลกระทบต่อสภาพแวดล้อมและพื้นที่โดยรอบได้อย่างชัดเจน และเกิดปัญหาน้อยที่สุด

1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา

1.2.1 ศึกษาปัจจัยที่ส่งผลให้เกิดแสงสะท้อนจากเปลือกอาคาร

1.2.2 ศึกษาผลกระทบของแสงสะท้อนจากเปลือกอาคาร อันมีสาเหตุมาจากรูปทรงอาคาร และทิศทางการวางอาคาร ต่อสภาพแวดล้อมโดยรอบ

1.2.3 เสนอแนะแนวทางในการออกแบบอาคารเพื่อลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมจากแสงสะท้อนของเปลือกอาคาร สำหรับเป็นข้อมูลเพิ่มเติมในการสร้างมาตรฐานการออกแบบอาคารให้มีความเหมาะสม และส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมน้อยที่สุด

1.3 ขอบเขตของการศึกษา

1.3.1 ใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ Rhinoceros ร่วมกับ Grasshopper Plug-in ในการสร้างแบบจำลองอาคารกรณีศึกษาและประเมินผล

1.3.2 สำหรับอาคารกรณีศึกษา กำหนดให้เป็นอาคารประเภทอาคารสำนักงาน โดยมีขอบเขตดังต่อไปนี้

1.3.2.1 เป็นอาคารสูงตามกฎหมายกระทรวงฉบับที่ 33 ออกความตามพระราชบัญญัติควบคุมอาคาร พ.ศ. 2522 (มีความสูงเกิน 23 เมตร)

1.3.2.2 เป็นอาคารขนาดใหญ่ ควบคุมตามกฎหมายกระทรวง พ.ศ.2552 (มีพื้นที่ตั้งแต่ 2,000 ตารางเมตรขึ้นไป)

1.3.3 ศึกษาและจำลองผลโดยใช้ไฟล์ข้อมูลสภาพภูมิอากาศของกรุงเทพมหานคร

1.3.4 ศึกษาเฉพาะวันที่ 21 มีนาคม 21 มิถุนายน 21 กันยายน และ 21 ธันวาคมเท่านั้น เนื่องจากเป็นวันที่ดวงอาทิตย์อยู่ในตำแหน่งที่สำคัญของปี รวมถึงเป็นวันที่คณะกรรมการผู้ชำนาญการพิจารณารายงานผลกระทบสิ่งแวดล้อม (คชก.) กำหนดให้ทำการศึกษา

1.3.5 เวลาที่นำมาใช้ศึกษารูปแบบแสงสะท้อนในงานวิจัยนี้ คือ 6.00 น., 7.00 น., 8.00 น., 9.00 น., 10.00 น., ..., 18.00 น. ซึ่งเป็นเวลาเฉลี่ยที่ดวงอาทิตย์ขึ้นและตกของประเทศไทย โดยจะทำการศึกษาเฉพาะทุกต้นชั่วโมง

1.3.6 การจัดวางทิศทางอาคาร พิจารณาจากทิศหลักทั้ง 4 ทิศ ได้แก่ ทิศเหนือ ทิศใต้ ทิศตะวันออก และทิศตะวันตกเท่านั้น โดยผลจากการจำลอง พิจารณาจากเกณฑ์ดังต่อไปนี้

1.3.6.1 ทิศทางของแสงสะท้อนจากเปลือกอาคาร

1.3.6.2 พื้นที่ที่แสงสะท้อนจากเปลือกอาคารตกกระทบลงบนพื้นราบ ขนาด 500 เมตร x 500 เมตร โดยรอบอาคาร

1.3.6.3 เวลาที่แสงสะท้อนจากเปลือกอาคารกระทำต่อสภาพแวดล้อมโดยรอบ

1.3.6.4 ความส่องสว่าง (Illuminance) ณ ตำแหน่งพื้นที่ที่มีแสงสะท้อนจากเปลือกอาคารกระทำต่อสภาพแวดล้อมโดยรอบ

1.3.7 งานวิจัยนี้พิจารณาเฉพาะความส่องสว่าง (Illuminance) ของแสงสะท้อนที่กระทำต่อสภาพแวดล้อมโดยรอบเท่านั้น เนื่องจากอ้างอิงจากข้อกำหนดตามรายงานการวิเคราะห์ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม (EIA) โดยจะไม่พิจารณาอุณหภูมิที่เกิดจากแสงสะท้อนรวมถึงความสว่าง (Luminance) ของแสง ณ ตำแหน่งเปลือกอาคารกรณีศึกษา

1.4 ระเบียบวิธีการศึกษา

1.4.1 ศึกษาทฤษฎีและงานวรรณกรรมที่เกี่ยวข้องกับการวิจัย ดังนี้

1.4.1.1 ศึกษาทฤษฎีพื้นฐานที่เกี่ยวข้องกับการสะท้อนของเปลือกอาคาร

1.4.1.2 ทบทวนวรรณกรรมเกี่ยวกับหลักเกณฑ์ในการออกแบบงานสถาปัตยกรรม เพื่อลดผลกระทบจากการสะท้อนของเปลือกอาคาร

1.4.1.3 ทบทวนวรรณกรรมเกี่ยวกับปัจจัยที่ส่งผลให้เกิดแสงสะท้อนจากเปลือกอาคาร และวิธีการศึกษาผลกระทบด้านแสงสะท้อน

1.4.2 กำหนดอาคารกรณีศึกษารูปทรงต่างๆ ที่สอดคล้องกับอัตราส่วนพื้นที่อาคารรวมต่อพื้นที่ดิน (Floor Area Ratio: FAR) และอัตราส่วนของที่ว่างต่อพื้นที่อาคารรวม (Open Space Ratio: OSR) และกำหนดตัวแปรที่ใช้ในการวิจัย

1.4.4 สร้างแบบจำลองอาคารกรณีศึกษาด้วยโปรแกรม Rhinoceros และใช้ Grasshopper Plug-in ในการคำนวณหาทิศทางและค่าความสว่างของรังสีสะท้อนจากเปลือกอาคาร

1.4.5 เก็บข้อมูลและวิเคราะห์ผลจากการจำลอง

1.4.6 เปรียบเทียบผลการจำลองผลกระทบของแสงสะท้อนจากเปลือกอาคาร ที่เกิดจากรูปทรง ทิศทางการวางอาคาร ต่อสภาพแวดล้อมรูปแบบต่างๆ ที่กำหนด

1.4.7 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะแนวทางในการออกแบบเพื่อลดผลกระทบจากปัญหาแสงสะท้อนจากเปลือกอาคารต่อสภาพแวดล้อม

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

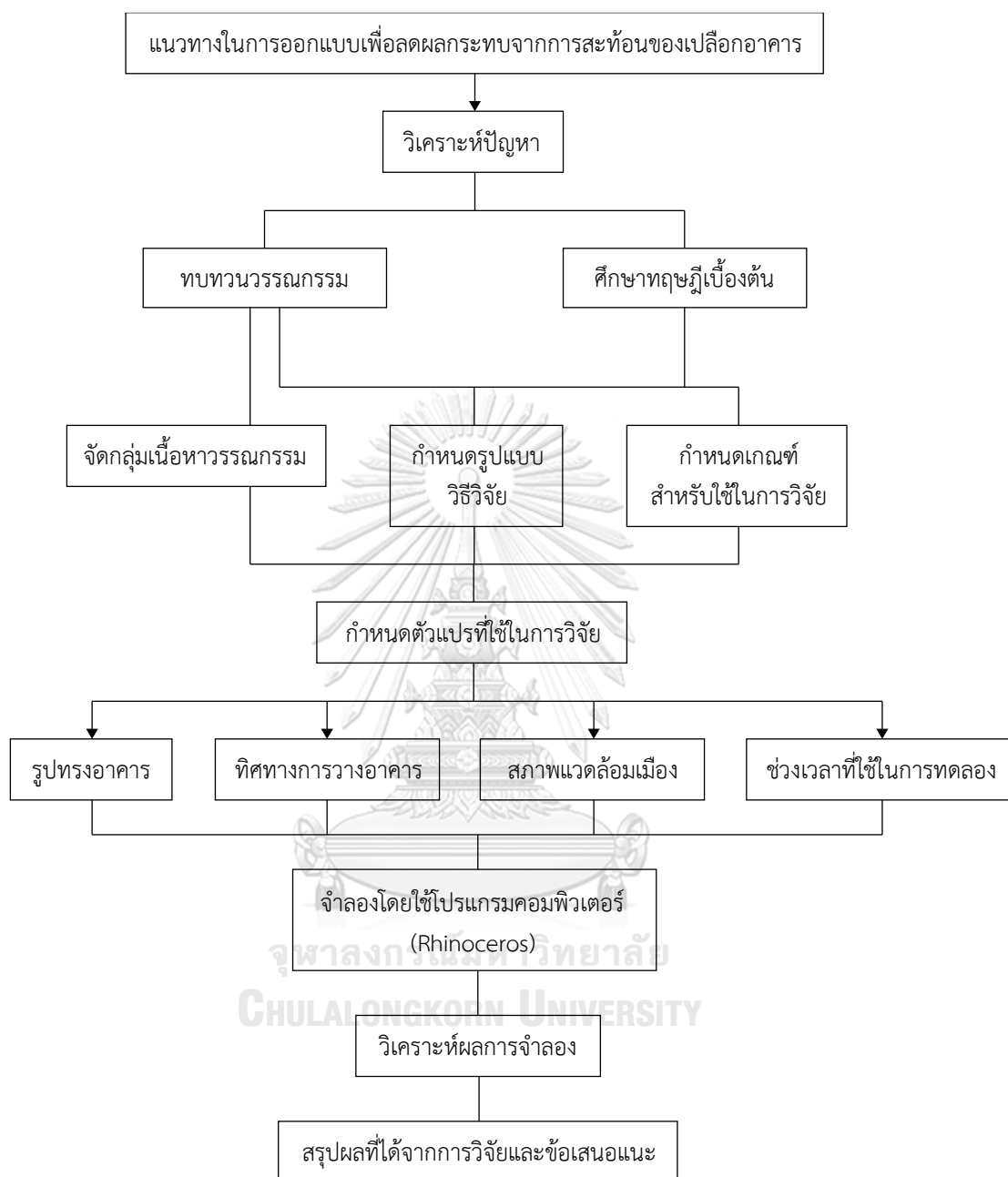
1.5.1 ทราบถึงปัจจัยต่างๆ ที่ก่อให้เกิดแสงสะท้อนจากเปลือกอาคารอันส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม

1.5.2 ทราบถึงวิธีการในการออกแบบรูปทรงอาคาร การวางทิศทางอาคาร และการเลือกใช้วัสดุเปลือกอาคาร เพื่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมจากการสะท้อนของเปลือกอาคารน้อยที่สุด

1.5.3 เป็นแนวทางในการออกแบบและประเมินผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมอันเกิดจากแสงสะท้อนของเปลือกอาคาร สร้างมาตรฐานและเกณฑ์ในการวิเคราะห์ผลกระทบของแสงสะท้อนที่อาจเกิดขึ้นได้ชัดเจนมากยิ่งขึ้น

ตารางที่ 2 ความสัมพันธ์ของวัตถุประสงค์ วิธีการศึกษา และประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

วัตถุประสงค์	วิธีการศึกษา	ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ
1. ศึกษาปัจจัยที่ส่งผลให้เกิดแสงสะท้อนจากเปลือกอาคาร	1. ศึกษาทฤษฎีและปัจจัยต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง กำหนดหลักเกณฑ์ในการวิจัยเบื้องต้น และทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง 2. วิเคราะห์รูปทรงอาคาร ความหนาแน่นของสภาพแวดล้อมเมือง และปัจจัยอื่นๆ เพื่อกำหนดตัวแปรที่ใช้ในการวิจัย	1. ทราบถึงปัจจัยต่างๆ ที่ก่อให้เกิดแสงสะท้อนจากเปลือกอาคาร เพื่อนำมาใช้กำหนดเป็นตัวแปรต้น ตัวแปรตาม เพื่อนำมาวิเคราะห์ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมจากการสะท้อนของเปลือกอาคาร
2. ศึกษาผลกระทบของแสงสะท้อนจากเปลือกอาคาร อันมีสาเหตุจากรูปทรงอาคารและทิศทางการวางอาคาร ต่อสภาพแวดล้อมเมือง	1. จำลองการเกิดแสงสะท้อนจากเปลือกอาคารโดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ (Rhinceros) เพื่อศึกษาผลกระทบจากการสะท้อนรังสีอาทิตย์ของเปลือกอาคาร 2. วิเคราะห์และเปรียบเทียบผลกระทบด้านแสงสะท้อนต่อสิ่งแวดล้อมของกรณีศึกษารูปแบบต่างๆ	1. ทราบถึงค่าความสว่างของแสงสะท้อนจากเปลือกอาคาร ขนาดพื้นที่ที่แสงสะท้อนกระทำต่อสภาพแวดล้อมโดยรอบ ช่วงเวลาที่เกิดแสงสะท้อนต่อบริบทโดยรอบ ซึ่งมากหรือน้อยแตกต่างกันไปในแต่ละรูปแบบ และนำผลที่ได้มาใช้ในการวิเคราะห์และเปรียบเทียบ
3. เสนอแนะแนวทางในการออกแบบเพื่อลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม จากแสงสะท้อนของเปลือกอาคาร สำหรับเป็นข้อมูลเพิ่มเติมในการสร้างมาตรฐานการออกแบบอาคารให้มีความเหมาะสม และส่งผลกระทบต่อด้านการสะท้อนแสงต่อสิ่งแวดล้อมน้อยที่สุด	1. วิเคราะห์และสรุปผลที่ได้จากการจำลองกรณีศึกษารูปแบบต่างๆ เพื่อสร้างเป็นแนวทางในการประเมินผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมจากการสะท้อนของเปลือกอาคาร	1. เป็นแนวทางในการออกแบบและการประเมินผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมจากแสงสะท้อนของเปลือกอาคาร สร้างมาตรฐานและเกณฑ์ในการวิเคราะห์การเกิดแสงสะท้อนจากการออกแบบอาคารที่ชัดเจนมากยิ่งขึ้น



ภาพที่ 1 Flow Chart แสดงวิธีการวิจัย

บทที่ 2

ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับแสงสะท้อนจากเปลือกอาคารนั้น ประกอบไปด้วย ทฤษฎีเกี่ยวกับแสง ทฤษฎีเกี่ยวกับการมองเห็น ทฤษฎีเกี่ยวกับดวงอาทิตย์และโลก รวมถึงการทบทวนวรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับปัจจัยต่างๆ ที่ก่อให้เกิดแสงสะท้อนจากเปลือกอาคาร และผลกระทบที่เกิดจากแสงสะท้อน เพื่อใช้ในการกำหนดตัวแปรสำหรับใช้ในการศึกษาทดลอง

2.1 ทฤษฎีเกี่ยวกับแสง

2.1.1 พฤติกรรมของแสง

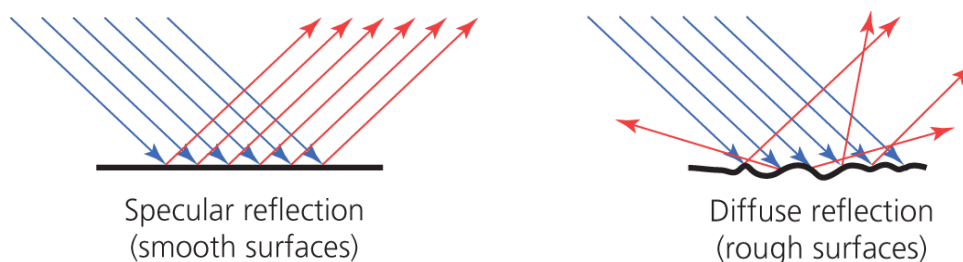
เมื่อแสงเคลื่อนที่จากแหล่งกำเนิดผ่านตัวกลางต่าง ๆ เช่น บรรยากาศ วัตถุโปร่งแสง วัตถุทึบแสง ของเหลว ฯลฯ จะเกิดพฤติกรรม 3 ประการ ได้แก่ การดูดกลืน (absorption) การส่องผ่าน (transmission) และการสะท้อน (reflection) ขึ้นอยู่กับลักษณะพื้นผิวและคุณสมบัติของวัสดุนั้นๆ ซึ่งพฤติกรรมของแสงประกอบไปด้วย

1. การดูดกลืน เมื่อแสงตกกระทบตัวกลาง แสงบางส่วนจะถูกดูดกลืนหายไปในตัวกลาง ซึ่งพลังงานแสงที่ถูกดูดกลืนไปนั้นจะเปลี่ยนรูปไปเป็นพลังงานความร้อน (heat)

2. การส่องผ่าน เมื่อแสงตกกระทบตัวกลางแสงจะเกิดการหักเหและทะลุผ่านไปอีกด้านหนึ่งของตัวกลาง ซึ่งจะเกิดขึ้นในตัวกลางที่ยอมให้แสงผ่านได้โดยขึ้นอยู่กับลักษณะและคุณสมบัติของตัวกลางที่จะทำให้แสงผ่าน

3. การสะท้อน เป็นพฤติกรรมเมื่อแสงตกกระทบตัวกลางและสะท้อนกลับในทิศทางตรงกันข้าม สามารถเกิดขึ้นได้ 2 รูปแบบ คือ

- การสะท้อนแบบเสมือนกระจกเงา (Specular Reflection) เกิดขึ้นเมื่อแสงตกกระทบตัวกลางที่เป็นวัตถุทึบแสง (Opaque Material) มีลักษณะผิวเรียบขัดมัน (Polish Surface) มุมที่แสงตกกระทบจะเท่ากับมุมที่แสงสะท้อน
- การสะท้อนแบบกระจาย (Diffuse Reflection) เกิดขึ้นเมื่อแสงตกกระทบตัวกลางที่มีลักษณะพื้นผิวที่ไม่เรียบ ส่งผลให้แสงสะท้อนออกมากระจายหลายทิศทาง ซึ่งโดยส่วนมากมุมที่แสงตกกระทบจะไม่เท่ากับมุมที่สะท้อน (อาวูธ สิริสรณ์ศักดิ์, 2548)



ภาพที่ 2 รูปแบบพฤติกรรมกรรมการสะท้อนของแสง

(ที่มา: <https://connect.collins.co.uk>)

สำหรับแสงสะท้อนจากเปลือกอาคารสำนักงานที่เป็นกระจกนั้น จากการลงพื้นที่สำรวจในเบื้องต้น พบว่า เป็นการสะท้อนแบบเสมือนกระจกเงา (เด่นพงษ์ เศรษฐวงค์, 2549) จึงอาจก่อให้เกิดผลกระทบต่อสภาพแวดล้อมโดยรอบได้

2.1.2 นิยามของแสง

นิยามของแสงเกิดขึ้นมาก่อนมีการประดิษฐ์หลอดไฟฟ้า จึงอ้างอิงแสงจากเทียนไขที่เป็นแหล่งกำเนิดแสงในสมัยก่อน เกิดเป็นหน่วยความสว่างที่เกี่ยวข้องกับเทียน เช่น แรงแเทียน (Candlepower) แคนเดลา (Candela, cd) เป็นต้น โดยงานวิจัยนี้ มีรายละเอียดของคำนิยามต่างๆ ที่เกี่ยวข้องดังต่อไปนี้

1. ความส่องสว่าง (Illuminance, E) เมื่อมีปริมาณแสงตกกระทบลงบนหนึ่งหน่วยพื้นที่ใด ๆ จะได้ความส่องสว่าง โดยมีหน่วยเป็น ลักซ์ (Lux)

2. ความจ้า (Brightness) คือ การตอบสนองทางด้านความคิด (Subjective Response) ต่อความสว่าง ในพื้นที่ที่มองเห็น (Field of View) ซึ่งขึ้นอยู่กับ การปรับสภาพของดวงตาในแต่ละบุคคล และบุคคลจะรับรู้ความจ้าของพื้นผิวได้ก็ต่อเมื่อมีการเปรียบเทียบกับพื้นผิวข้างเคียงที่มีมืดหรือสว่างกว่า

3. ความเปรียบต่าง คือ ความสว่างของวัตถุที่ต้องการมองกับความสว่างรอบข้าง เช่น วัตถุสีดำวางบนพื้นที่มีสีขาวจะมองเห็นได้ง่ายกว่าวัตถุสีดำวางบนพื้นสีดำ โดยค่าความเปรียบต่างหาได้จาก อัตราส่วนความเปรียบต่าง ระหว่างวัตถุกับความสว่างของพื้นหลังหรือสภาพแวดล้อม และหากค่าความเปรียบต่างมีมากเกินไป อาจก่อให้เกิดความรู้สึกอึดอัดจากการปรับตัวของตาได้

4. แสงบาดตา (Glare) คือ แสงที่มองแล้วส่งผลให้เกิดสภาวะไม่สบายตา หรือทำให้ความสามารถในการมองเห็นสิ่งต่างๆ ลดลง อันเป็นผลมาจากความเปรียบต่างของแสงที่มากเกินไป แบ่งออกเป็น 2 ประเภท ได้แก่

- แสงบาดตาที่ก่อให้เกิดความรู้สึกรบกวน (Discomfort Glare) เมื่อเข้าสู่ตาจะยังสามารถมองเห็นวัตถุได้แต่ประสิทธิภาพลดลงจนก่อให้เกิดความไม่สบายตา ซึ่งหากมีการใช้สายตา

ในสถานที่ที่มีแสงบาดตาประเภทนั้นๆ ความรู้สึกไม่สบายตาจะเพิ่มมากขึ้นจนอาจก่อให้เกิดความเครียดรวมถึงความล้าของกล้ามเนื้อตาได้

- แสงบาดตาที่ทำให้ไม่สามารถมองเห็นได้ (Disability Glare) เกิดจากการมองไปยังแหล่งกำเนิดแสงที่สว่างมากๆ เช่น แสงจากดวงอาทิตย์ จนเกิดความเปรียบต่างทางการมองเห็นที่สูง เนื่องจากแสงที่สะท้อนเข้าตาจะกระจายอยู่ภายในดวงตาจนทำให้สูญเสียการมองเห็นไปชั่วระยะหนึ่ง

แสงสะท้อนจากเปลือกอาคารถือเป็นแสงบาดตา (Grondzik, Kwok, Stein, & Reynolds, 1992) ซึ่งความรุนแรงของแสงสะท้อนขึ้นอยู่กับชนิดและค่าการสะท้อนแสงของกระจกหรือโลหะที่เป็นวัสดุเปลือกอาคารนั้นๆ โดยหากมีค่าการสะท้อนแสงมาก ความรุนแรงของแสงสะท้อนจะยิ่งมีมาก ดังนั้น การเลือกวัสดุเปลือกอาคารจึงเป็นหนึ่งในปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อการสะท้อนของแสงอาทิตย์ โดยเฉพาะวัสดุกระจก เนื่องจากการสะท้อนขึ้นต่ำที่อาจเริ่มก่อให้เกิดแสงบาดตามีค่าการสะท้อนที่ 13% ในขณะที่อาคารส่วนใหญ่มักเลือกใช้กระจกที่มีค่าการสะท้อนแสงเฉลี่ยตั้งแต่ 15% ขึ้นไป (Dwyer, 2017) เนื่องจากต้องการสะท้อนความร้อนจากแสงอาทิตย์ไม่ให้เข้ามาภายในอาคารมากเกินไปนั่นเอง

สำหรับภายนอกอาคารนั้น แสงบาดตาที่ทำให้ไม่สามารถมองเห็นได้ถือเป็นปัญหาที่สำคัญมาก เพราะอาจส่งผลกระทบต่อความปลอดภัยของผู้ที่ขับขี่ยานพาหนะหรือผู้ที่กำลังสัญจรอยู่บนท้องถนน โดยเฉพาะอย่างยิ่ง หากเกิดขึ้นตรงบริเวณที่เป็นจุดสำคัญ เช่น ทางแยกที่มีสัญญาณไฟจราจร หรือจุดที่มีทางเดินสำหรับข้ามถนน ในขณะที่แสงบาดตาที่ก่อให้เกิดความรู้สึกรบกวน เป็นปัญหาที่ก่อให้เกิดอันตรายน้อยกว่าเพราะไม่ทำให้ความสามารถในการมองเห็นลดลง แต่อาจสร้างความรบกวนหากเกิดขึ้นในบางแห่ง เช่น สถานที่ที่เป็นจุดชมวิว เป็นต้น ในส่วนของภายในอาคาร การเกิดแสงสะท้อนรบกวนจากภายนอกเข้ามา แม้จะสามารถแก้ไขได้ด้วยวิธีการง่ายๆ เช่น การปิดผ้าม่าน แต่หากแสงรบกวนเกิดขึ้นบ่อยและเป็นเวลานานจนทำให้ต้องปิดผ้าม่านตลอดเวลา จึงถือได้ว่าเป็นปัญหาที่สร้างความรำคาญและก่อให้เกิดเดือดร้อนเป็นอย่างมากได้

2.2 ทฤษฎีเกี่ยวกับการมองเห็น

แสงคือหนึ่งในปัจจัยหลักในการมองเห็น ดังนั้น งานวิจัยในเรื่องของแสงสะท้อนจากเปลือกอาคาร จึงต้องมีความเข้าใจเกี่ยวกับพื้นฐานของการมองเห็น มุมมองของสายตา และปัจจัยต่างๆ ดังนี้

2.2.1 แสงกับการมองเห็น

การมองเห็นมีความสัมพันธ์กับระดับความส่องสว่างของแสงธรรมชาติ โดยเมื่อตาได้รับแสงในระดับที่สว่างหรือมืดเกินไป รวมทั้งในสภาวะที่มีความเปรียบต่างมาก ตาจึงต้องมีการปรับสายตาดังต่อไปนี้

1. การปรับตัวของตาในบริเวณที่สว่างและมีมืด ตัวอย่างเช่นเมื่อออกมาจากที่ซึ่งมีแสงสว่างน้อย เช่น ในห้องมืดๆ มายังภายนอกซึ่งมีแสงสว่างจ้า โดยทั่วไปจะเกิดอาการที่เรียกว่า “ตาบอดชั่วคราว” เนื่องมาจากสายต่ายังคุ้นเคยกับความมืด เมื่อตาละจากความมืดและเข้าสู่ระดับความสว่างภายนอก ม่านตาจะปรับตัวเล็กน้อยเพื่อให้แสงผ่านเข้ามายังม่านตาได้น้อยลง จึงทำให้ตามองไม่เห็นสิ่งต่างๆ เป็นช่วงเวลาหนึ่ง และต้องใช้เวลาประมาณ 2 - 3 วินาที ในการปรับสายตาเข้าสู่สภาวะปกติ ในขณะที่เดียวกัน เมื่ออยู่ในสภาพแวดล้อมที่สว่างมากไปยังที่มีความสว่างน้อยกว่า ตาต้องมีการปรับสายตากับสภาพแวดล้อมที่มีมืดลง ซึ่งใช้เวลานานถึง 10 - 30 วินาที

2. การปรับตัวของตาที่มีต่อแสงธรรมชาติ ส่วนมากจะไม่ก่อให้เกิดปัญหาเรื่องความไม่สบายตา เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงอย่างช้าๆ ซึ่งสอดคล้องกับการปรับตัวของตาโดยธรรมชาติ

3. การปรับตัวของตากับความเปรียบต่างของความสว่างจ้า โดยปกติในการมองตำแหน่งใดตำแหน่งหนึ่ง ตาจะปรับตัวกับความสว่างเฉลี่ยในบริเวณนั้น แต่หากเข้าสู่บริเวณพื้นที่ที่มีค่าความสว่างของแสงที่แตกต่างกันมาก ตาต้องใช้เวลาในการปรับสายตาเป็นระยะเวลาสั้นๆ ทำให้เกิดความไม่สบายตา และส่งผลให้ความชัดเจนในการมองเห็นลดลงได้ ดังนั้น หากมองแสงสะท้อนจากเปลือกอาคารซึ่งมีค่าความสว่างที่สูงกว่าสภาพแวดล้อมปกติ จะทำให้เกิดความไม่สบายตาเกิดขึ้นเนื่องจากความเมื่อยล้าในการปรับตัวของสายตาได้

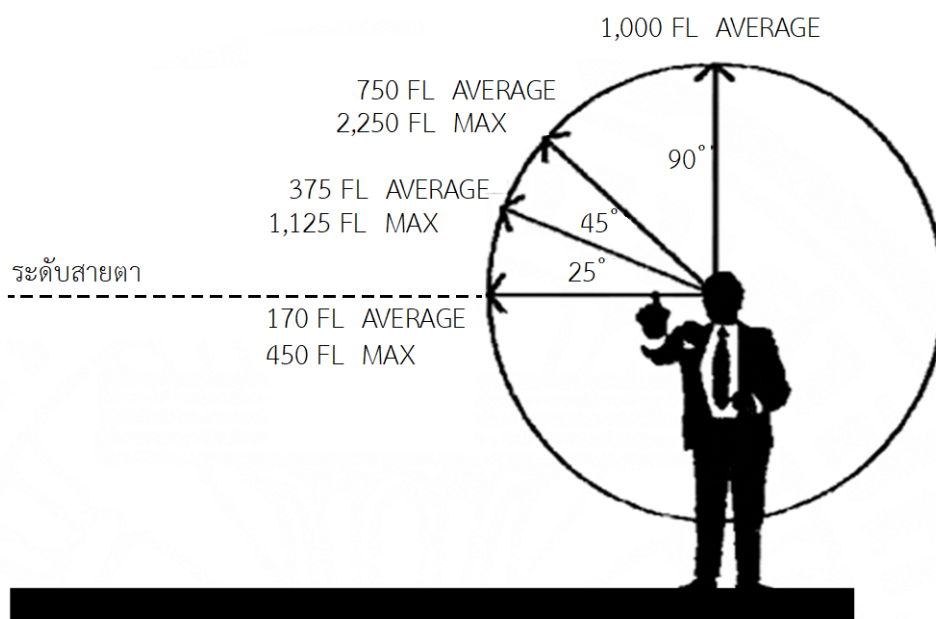
2.2.2 สภาวะความสบายทางสายตา

สภาวะสบายทางสายตา (Visual Comfort) มีความเกี่ยวข้องโดยตรงกับแสง ทั้งในส่วนความจ้าของแสงและความเปรียบต่าง ดังนั้นในการเลือกใช้วัสดุเปลือกอาคารเป็นกระจกซึ่งมีค่าการสะท้อนแสง จึงจำเป็นต้องมีการคำนึงถึงเรื่องนี้ด้วยเช่นกัน

โดยปกติแล้วความสว่างช่วยให้เราสามารถมองเห็นสิ่งต่างๆ ได้ แต่ถ้าสายตาได้รับความสว่างมากจนเกินไปอาจก่อให้เกิดความไม่สบายตาได้ ทั้งนี้ มุมมองสายตาแต่ละระดับสามารถรับความสว่างได้แตกต่างกัน ซึ่งมุมมองในระดับสายตานั้น สามารถรับความจ้าได้น้อยกว่ามุมมองในระดับสูง โดยสามารถแบ่งได้ ดังนี้

ตารางที่ 3 ระดับความสว่างที่ตายอมรับได้ในมุมมองต่างๆ (สุนทร บุญญาธิการ, 2541)

มุมมอง	ระดับความจ้าของแสงที่ตายอมรับได้	
	ฟุตแลมเบิร์ต (fL)	แคนเดลา/ตร.ม. (Cd/m ²)
0 - 5 องศา	495	1,695.99
5 - 25 องศา	1125	3,854.54
25 - 45 องศา	2250	7,709.08
45 - 90 องศา	โดยเฉลี่ย 1000	โดยเฉลี่ย 3,426.25



ภาพที่ 3 ระดับความจ้าของแสงในมุมต่างๆ ที่สายตาสามารถรับได้

(ดัดแปลงจาก: สุนทร บุญญาธิการ, 2541)

การสะท้อนของเปลือกอาคารที่เป็นกระจกนั้น นอกจากชนิดและค่าการสะท้อนแสงของกระจกแต่ละประเภทแล้ว ยังขึ้นอยู่กับทิศทางและมุมของดวงอาทิตย์ที่กระทำต่อเปลือกอาคารอีกด้วย โดยค่าการสะท้อนจะมากขึ้นหากดวงอาทิตย์ส่องลงไปทำมุมตกกระทบกับพื้นที่เปลือกอาคารเพิ่มขึ้น ซึ่งสำหรับกระจกทั่วไป เช่น กระจกใสสองชั้น เมื่อดวงอาทิตย์ส่องไปทำมุม 45 องศากับเปลือกอาคาร ค่าการสะท้อนจะอยู่ที่ประมาณ 15% และเมื่อส่องทำมุม 60 องศา ค่าการสะท้อนจะอยู่ที่ประมาณ 22% ในขณะที่หากส่องทำมุม 75 องศา ค่าการสะท้อนจะอยู่ที่ประมาณ 49% เป็นต้น ทั้งนี้ ความรุนแรงของแสงบาดตายังขึ้นอยู่กับตำแหน่งมุมมองของคนที่มีต่ออาคารอีกด้วย โดยจากงานวิจัยพบว่า หากแหล่งกำเนิดแสงเกิดขึ้นในตำแหน่งด้านข้างหรือสูงเหนือศีรษะทำมุมมากกว่า 25 องศากับสายตา จะสามารถช่วยลดความรุนแรงจากแสงบาดตาได้ (Dwyer, 2017)

โดยปกติ หากกระจกมีพื้นผิวที่เรียบและคงสภาพเหมือนใหม่ไว้อย่างดี ความเข้มของแสงสะท้อนจะไม่ลดลงเลยแม้ระยะทางการมองเห็นจะห่างจากอาคารที่เป็นจุดกำเนิดแสงสะท้อนเพียงใดก็ตาม เว้นเสียแต่ว่าพื้นที่ที่สะท้อนเป็นกระจกหน้าต่างที่มีขนาดเล็กและมองจากระยะที่ไกลออกไป ความเข้มของแสงสะท้อนอาจลดลงได้เนื่องจากขนาดความกว้างของวงสะท้อนเล็กกว่าขนาดแสงอาทิตย์จริง (Dwyer, 2017)

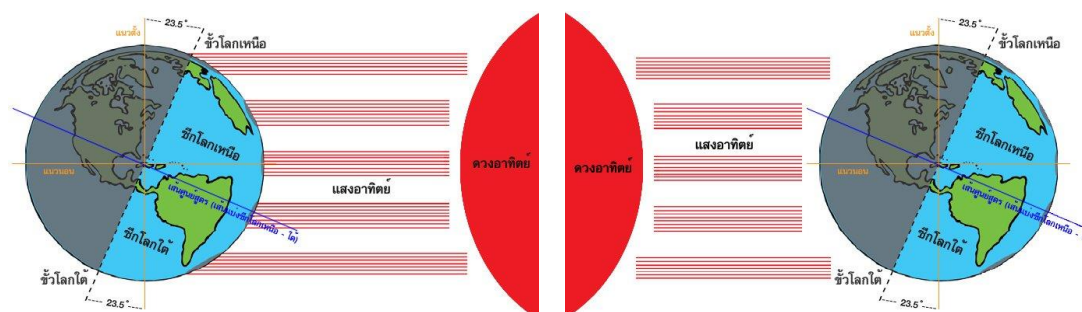
สรุปได้ว่า ความสามารถในการปรับตัวของตาต่อการมองเห็นของมนุษย์นั้น ขึ้นอยู่กับความเข้มของแสงและเวลาที่ใช้ในการมอง โดยตาจะใช้เวลาปรับจากบริเวณที่มีความสว่างมากไปสู่บริเวณที่มีความสว่างน้อยหรือในที่มืดประมาณ 10 - 30 วินาที ในทางกลับกันจะใช้เวลาในการปรับจากบริเวณที่มีมืดไปสู่บริเวณที่สว่างน้อยกว่ามาก (อาวูธ สิริสรณ์ศักดิ์, 2548) ดังนั้น การมองเห็นแสงสะท้อนจากเปลือกอาคาร ซึ่งเป็นแสงบาดตาที่มีความเข้มแสงมากกว่าบริเวณอื่นๆ โดยรอบ จึงส่งผลให้ดวงตาต้องใช้เวลาในการปรับตัวประมาณ 30 วินาที จึงอาจก่อให้เกิดอันตรายแก่ผู้ที่กำลังขับขี่ยานพาหนะหรือสัญจรไปตามท้องถนนได้

2.3 ทฤษฎีเกี่ยวกับดวงอาทิตย์และโลก

จากกรณีตัวอย่างของปัญหาแสงสะท้อนจากเปลือกอาคารที่ส่งผลกระทบต่อสภาพแวดล้อมหรืออาคารบ้านเรือนโดยรอบ พบว่า แสงสะท้อนจะเกิดขึ้นเพียงช่วงระยะเวลาหนึ่งในแต่ละวัน และเกิดขึ้นเฉพาะในบางเดือนต่อปีเท่านั้น ดังนั้น เวลาหรือความสัมพันธ์ของการเคลื่อนที่ของดวงอาทิตย์และโลก จึงถือเป็นหนึ่งในตัวแปรสำคัญที่มีผลต่อการเกิดแสงสะท้อนจากเปลือกอาคาร

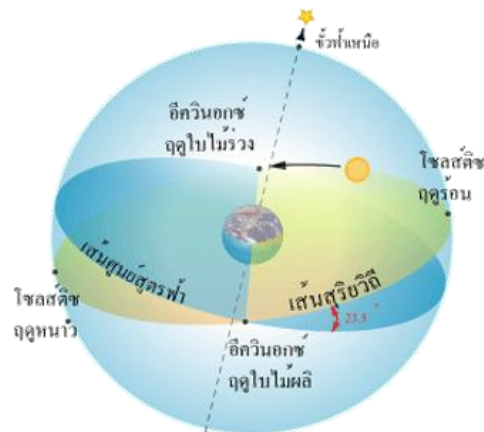
2.3.1 ลักษณะการโคจรของดวงอาทิตย์

โลกโคจรรอบตนเองหนึ่งรอบใช้เวลา 24 ชั่วโมงหรือ 1 วัน และโคจรรอบดวงอาทิตย์หนึ่งรอบใช้เวลา 365 วัน และด้วยการโคจรรอบตนเองของโลกโดยหมุนรอบแกนเหนือ - แกนใต้เอียงทำมุมกับเส้นตั้งฉาก 23.5 องศา คงที่ตลอดทั้งปีนั้น ทำให้ในเวลาหนึ่งที่ซีกโลกเหนือเอียงเข้าหาดวงอาทิตย์ ซีกโลกจะใต้เอียงออกจากดวงอาทิตย์ ส่งผลให้ซีกโลกเหนือเกิดเป็นฤดูร้อนและซีกโลกใต้เกิดเป็นฤดูหนาว และอีก 6 เดือนต่อมาเมื่อโลกโคจรรอบดวงอาทิตย์ไปอยู่อีกฝั่งหนึ่งของวง ซีกโลกใต้จึงเอียงเข้าหาดวงอาทิตย์และซีกโลกเหนือเอียงออกจากดวงอาทิตย์ ดังนั้นซีกโลกใต้จะเป็นฤดูร้อนและซีกโลกเหนือเป็นฤดูหนาว ดังภาพที่ 4



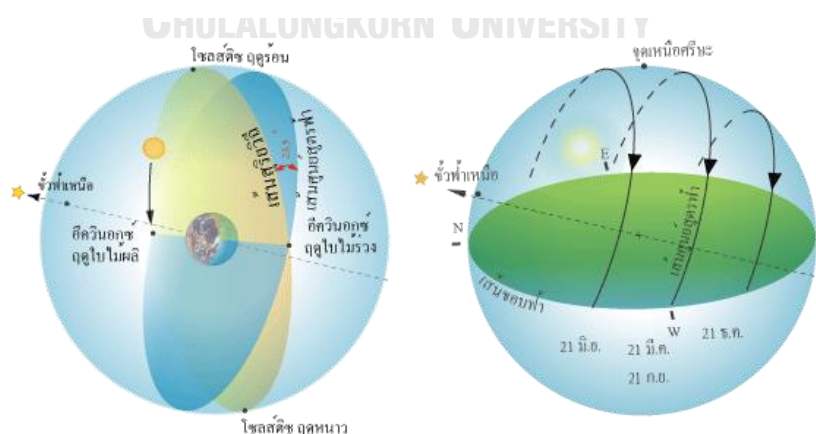
ภาพที่ 4 แกนโลกเอียง 23.5 องศา ในขณะที่โคจรรอบดวงอาทิตย์

(ที่มา: www.scimath.org)



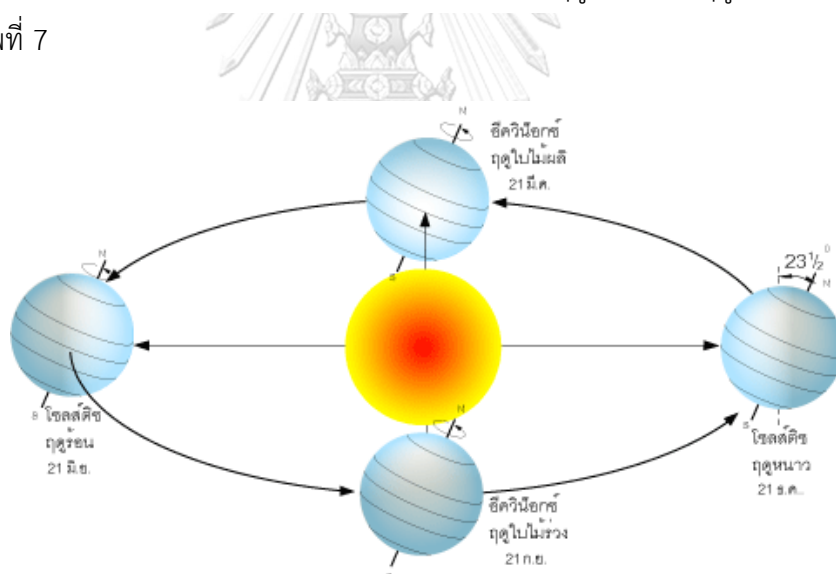
ภาพที่ 5 ระนาบของเส้นสุริยะวิถีทำมุม 23.5 องศากับระนาบวงโคจรของดวงอาทิตย์
(ที่มา: www.portal.edu.chula.ac.th)

ทิศทางของแสงจากดวงอาทิตย์ส่องมายังโลก ขึ้นอยู่กับตำแหน่งและการเคลื่อนที่ของดวงอาทิตย์ที่เปลี่ยนไปในแต่ละวัน โดยวันที่ดวงอาทิตย์ขึ้นทางทิศตะวันออกเฉียงออกและตกทางทิศตะวันตกพอดี เรียกว่า วิษุวัตหรืออิควิน็อกซ์ (Equinox) หรือตำแหน่งที่ระนาบทั้งสองตัดกันดังภาพที่ 5 โดยใน 1 ปี มีเพียง 2 วัน ได้แก่ วัสันตวิษุวัตหรืออิควิน็อกซ์ฤดูใบไม้ผลิ (Vernal Equinox) ประมาณวันที่ 21 มีนาคมของทุกปี ซึ่งถือเป็นวันเริ่มต้นของฤดูใบไม้ผลิทางซีกโลกเหนือหรือฤดูใบไม้ร่วงทางซีกโลกใต้ และศารทวิษุวัตหรืออิควิน็อกซ์ฤดูใบไม้ร่วง (Autumnal equinox) ประมาณวันที่ 21 กันยายนของทุกปี ซึ่งถือเป็นวันเริ่มต้นของฤดูใบไม้ร่วงทางซีกโลกเหนือหรือฤดูใบไม้ผลิทางซีกโลกใต้ โดยทั้งสองวันนี้ ดวงอาทิตย์จะอยู่ตรงกับเส้นศูนย์สูตรและแกนโลกจะอยู่ในระนาบตั้งฉากกับรัศมีจากดวงอาทิตย์พอดี ส่งผลให้มีเวลากลางวันและกลางคืนยาวอย่างละ 12 ชั่วโมงเท่ากัน เรียกว่า มัชยมากาล โดยทั้งซีกโลกเหนือและซีกโลกใต้จะได้รับพลังงานความร้อนจากดวงอาทิตย์เท่ากันอีกด้วย



ภาพที่ 6 เส้นสุริยะวิถีเอียงทำมุมกับเส้นศูนย์สูตรฟ้าส่งผลให้มองเห็นดวงอาทิตย์ขึ้นและตก
ค่อนข้างทางทิศเหนือหรือทิศใต้ในรอบปี
(ที่มา: www.portal.edu.chula.ac.th)

หลังจากวันที่ 21 มีนาคม โลกโคจรรอบดวงอาทิตย์ต่อไปแบบหมุนแบบทวนเข็มนาฬิกา ส่งผลให้แกนโลกชี้เข้าหาดวงอาทิตย์มากขึ้น ดวงอาทิตย์จะขึ้นและตกไม่ตรงกับทิศตะวันออกและตะวันตกพอดี แต่จะค่อนไปทางเหนือมากขึ้น ซึ่งในช่วงเวลานี้ซีกโลกเหนือจะหันเข้าหาดวงอาทิตย์มากขึ้นเรื่อยๆ จนกระทั่งวันที่ 21 มิถุนายน ดวงอาทิตย์จะขึ้นและตกค่อนไปทางเหนือมากที่สุด เรียกว่า ครีษมายันหรือโซลส์ติซฤดูร้อน (Summer Solstice) โดยซีกโลกเหนือจะมีกลางวันยาวนานกว่ากลางคืนมากที่สุด ถือเป็นจุดเริ่มต้นของฤดูร้อน ส่วนในซีกโลกใต้ กลางคืนจะยาวนานกว่ากลางวันมากที่สุด ถือเป็นจุดเริ่มต้นของฤดูหนาว หลังจากวันนี้ โลกจะโคจรต่อไปจนเข้าสู่วันศารทวิษุวัต และโคจรรอบดวงอาทิตย์โดยมีแกนโลกชี้ออกจากดวงอาทิตย์มากขึ้นเรื่อยๆ จนกระทั่งวันที่ 21 ธันวาคม แกนโลกจะชี้ออกจากดวงอาทิตย์มากที่สุด ส่งผลให้ดวงอาทิตย์ขึ้นและตกค่อนไปทางใต้มากที่สุด และกลางวันจะยาวนานกว่ากลางคืนมากที่สุด เรียกว่า เหมายันหรือโซลส์ติซฤดูหนาว (Winter Solstice) ถือเป็นจุดเริ่มต้นของฤดูร้อนในซีกโลกใต้และเริ่มต้นฤดูหนาวในซีกโลกเหนือ โดยทั้งวันครีษมายันและวันเหมายันเรียกรวมกันว่า อายัน (Solstice) จากนั้นโลกจะโคจรต่อไปจนเข้าสู่วันสันตวิษุวัตอีกครั้ง เป็นการจบการโคจรของโลกรอบดวงอาทิตย์ 1 รอบ และครบฤดูกาลทั้ง 4 ฤดูกาล เท่ากับระยะเวลา 1 ปี ดังภาพที่ 7

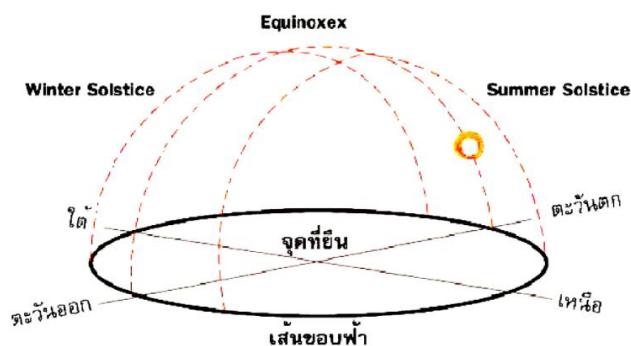


ภาพที่ 7 แกนของโลกเอียง 23.5° ขณะที่โคจรรอบดวงอาทิตย์ทำให้เกิดฤดูกาลต่างๆ

(ที่มา: www.portal.edu.chula.ac.th)

2.3.2 ทิศทางการเคลื่อนที่ของดวงอาทิตย์

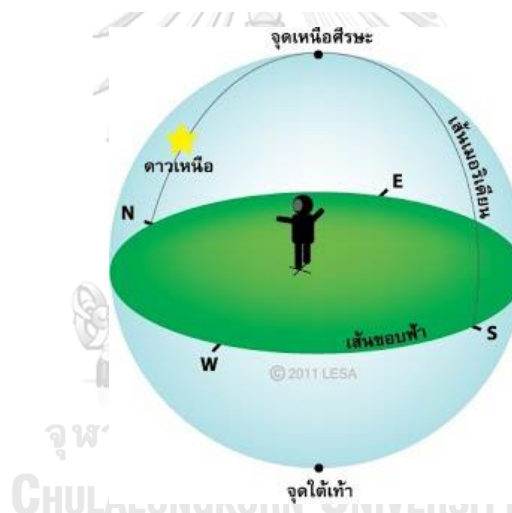
สำหรับทิศทางการเคลื่อนที่ของดวงอาทิตย์นั้น หากสมมติตำแหน่งที่เรายืนเป็นที่ราบรูปทรงกลม มีท้องฟ้าเป็นรูปครึ่งวงกลมครอบอยู่ด้านบน ดวงอาทิตย์จะเดินทางจากทิศตะวันออกโค้งขึ้นผ่านศีรษะและโค้งตกลงทางทิศตะวันตก ดังภาพที่ 8



ภาพที่ 8 ทิศทางการเคลื่อนที่ของดวงอาทิตย์

(ที่มา: ภูมิอากาศชั้นสูง หน้า 9-3)

เส้นขอบฟ้า (Horizon) คือ เส้นที่ท้องฟ้าจรดพื้นโดยรอบในแนวราบ มีจุดเหนือศีรษะ (Zenith) คือ ตำแหน่งเราที่ยืนลากขึ้นไปตรงๆ จนสุดขอบของท้องฟ้า มีจุดใต้เท้า (Nadir) และเส้นเมริเดียน (Meridian) คือ เส้นสมมติที่ลากเชื่อมระหว่างทิศเหนือกับทิศใต้ ดังภาพที่ 9

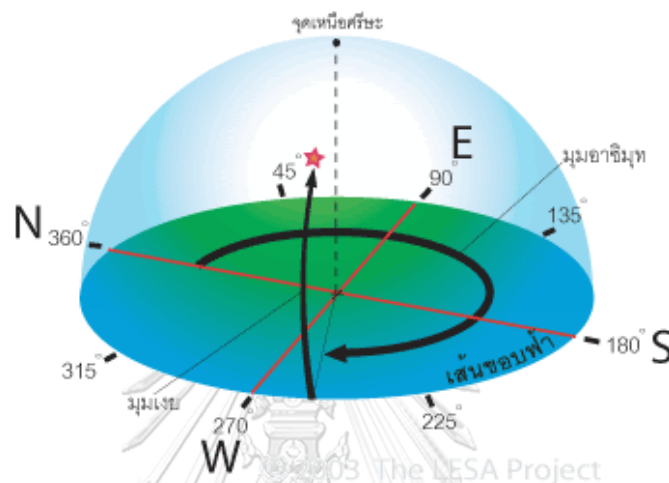


ภาพที่ 9 พิกัดขอบฟ้า ประกอบด้วย เส้นขอบฟ้า จุดเหนือศีรษะ จุดใต้เท้า และเส้นเมริเดียน

(ที่มา: <http://www.lesa.biz>)

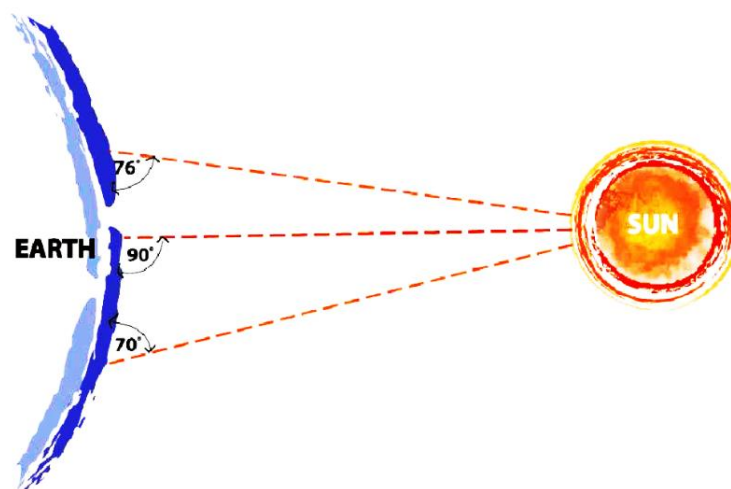
ละติจูด (Latitude) หรือเส้นรุ้ง เป็นพิกัดที่ใช้บอกตำแหน่งบนพื้นโลก ซึ่งระบุว่าตำแหน่งนั้นอยู่ตรงจุดที่ทำมุมเท่าใดกับเส้นศูนย์สูตร (Equator) โดยมีค่าตั้งแต่ 0 องศาที่เส้นศูนย์สูตรไปจนถึง 90 องศาที่บริเวณขั้วโลก (90 องศาเหนือ วัดเป็นมุมจากเส้นศูนย์สูตรจนถึงแนวตั้งที่ขั้วโลกเหนือ ส่วน 90 องศาใต้ วัดเป็นมุมจากเส้นศูนย์สูตรลงไปจนถึงแนวตั้งที่ขั้วโลกใต้) โดยพื้นที่ที่มีพิกัดละติจูดต่างกัน จะมีสภาพภูมิอากาศที่แตกต่างกัน ส่วนลองจิจูด (Longitude) หรือเส้นแวง เป็นพิกัดที่ใช้บอกตำแหน่งบนพื้นโลก โดยวัดไปทางตะวันออกหรือตะวันตกจากเส้นเมริเดียน ลองจิจูดมีหน่วยเป็นองศา นับจาก 0 องศาที่เส้นเมริเดียนไปทางตะวันออก 180 องศา และไปทางตะวันตก 180 องศา โดยในทางสากลได้กำหนดให้เส้นเวลาที่เมืองกรีนิช ประเทศอังกฤษ เป็นเส้นลองจิจูดที่ 0 องศา

มุมทิศ (Azimuth) คือ มุมที่ดวงอาทิตย์อยู่ห่างจากทิศเหนือ เป็นมุมในแนวราบ (Horizontal Angle) โดยกำหนดให้ทิศเหนือเป็นมุม 0 องศาและวนตามเข็มนาฬิกาไปยังทิศตะวันออก (90 องศา) ทิศใต้ (180 องศา) ทิศตะวันตก (270 องศา) และมาบรรจบที่ทิศเหนืออีกครั้ง (360 องศา) ส่วนมุมเงย (Altitude) คือ มุมที่ดวงอาทิตย์ทำมุมกับพื้นราบเป็นมุมในแนวตั้ง (Vertical Angle) มีค่าเท่ากับ 0 องศาที่แนวราบ และมีค่าเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ ไปจนถึง 90 องศาที่จุดเหนือศีรษะ



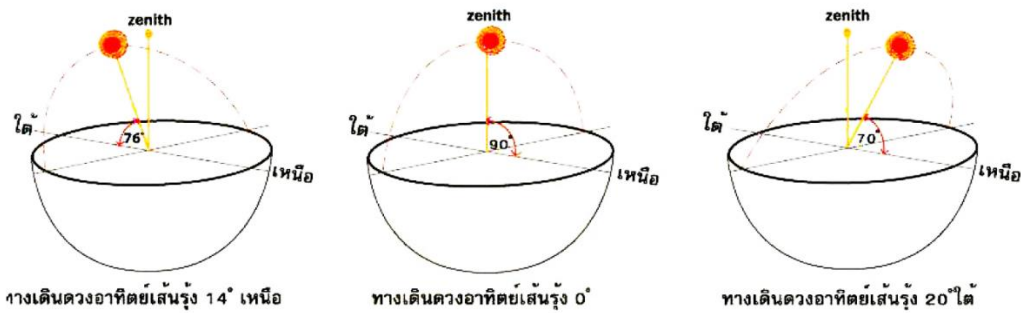
ภาพที่ 10 มุมทิศ (Azimuth) - มุมเงย (Altitude)
(ที่มา: <http://www.lesa.biz>)

เนื่องจากโลกมีรูปร่างเป็นทรงกลม ดังนั้น ในเวลาเดียวกัน มุมของดวงอาทิตย์ที่กระทำต่อพื้นผิวของโลกในแต่ละส่วนจะมีขนาดที่แตกต่างกัน เนื่องจากในแต่ละส่วนอยู่ในตำแหน่งเส้นรุ้งที่แตกต่างกัน ดังภาพที่ 11



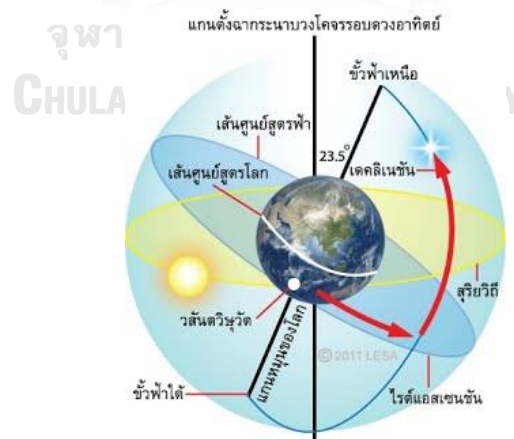
ภาพที่ 11 ตำแหน่งของดวงอาทิตย์ในเวลาประมาณเที่ยงวันของวันอีควิน็อกซ์
(ที่มา: ภูมิอากาศชั้นสูง หน้า 9-5)

หากต้องการเขียนเส้นทางการเคลื่อนที่ของดวงอาทิตย์ เมื่อวันอัคริน็อกซ์ ซึ่งดวงอาทิตย์อยู่ในตำแหน่งตรงเส้นศูนย์สูตรพอดีนั้น ในเวลาเที่ยงวัน มุมเงยที่เส้นรุ้ง 0 องศาจะเท่ากับ 90 องศา ส่วนเส้นรุ้งอื่นๆ มุมเงยจะเท่ากับ 90 ลบด้วยองศาของเส้นรุ้งนั้นๆ



ภาพที่ 12 มุมเงยในเวลาเที่ยงวันของวันอัคริน็อกซ์ ณ ตำแหน่งเส้นรุ้งที่ 0 และ 14 องศาเหนือ และ 20 องศาใต้ (ที่มา: ภูมิอากาศชั้นสูง หน้า 9-5)

หากเผ่าสังเกตการเคลื่อนที่ของดวงอาทิตย์ในเวลาเดียวกันในทุกๆ วัน จะพบว่า แต่ละวัน ดวงอาทิตย์จะอยู่ในตำแหน่งที่ไม่ซ้ำกัน หรือมีความแตกต่างของ Noon Altitude ในแต่ละวัน โดยหากสังเกตวันระยะเป็นเดือนจะยิ่งทำให้เห็นความแตกต่างได้อย่างชัดเจนมากยิ่งขึ้น ซึ่งในความจริงจะพบว่า ดวงอาทิตย์ขึ้นทางทิศตะวันออกออกไปทางทิศเหนือในทุกๆ วันโดยมากที่สุดในวันที่ 21 มิถุนายน หรือครีษมายัน จากนั้นจะค่อยๆ เคลื่อนเอียงกลับมาทางใต้จนกระทั่งก่อนไปทางทิศใต้มากที่สุดในวันที่ 21 ธันวาคม หรือเหมายัน แล้วจึงค่อยเคลื่อนที่เอียงกลับไปทางด้านทิศเหนือใหม่ การที่ดวงอาทิตย์เคลื่อนที่เปลี่ยนไปในแต่ละวันเช่นนี้ เรียกว่า มุมเอียง (Declination)



ภาพที่ 13 พิกัดเส้นศูนย์สูตร (ที่มา: <http://www.lesa.biz>)

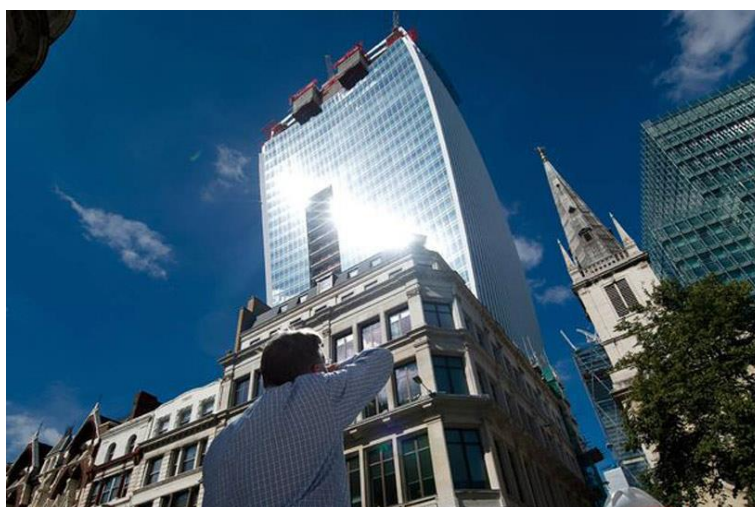
จากความสัมพันธ์ระหว่างดวงอาทิตย์และโลกตั้งข้อมูลข้างต้น งานวิจัยนี้จึงได้กำหนดวันที่ทำการศึกษาวิจัย เป็นวันที่ 21 มีนาคม 21 มิถุนายน 21 กันยายน และ 21 ธันวาคม เนื่องจากเป็นวันที่ดวงอาทิตย์อยู่ในตำแหน่งสำคัญของปี

2.4 การทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

ในส่วนของการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับแสงสะท้อนจากเปลือกอาคาร พบว่า ในแต่ละงานวิจัยมีปัจจัยหลักๆ หลายปัจจัยที่เชื่อมโยงกัน เช่น การศึกษาวัสดุเปลือกอาคารที่มีค่าการสะท้อนหรือการศึกษารูปทรงอาคาร เช่น อาคารรูปทรงโค้งเว้า ที่พบว่าก่อให้เกิดความเสียหายจากแสงสะท้อนต่อสภาพแวดล้อมอย่างรุนแรง เป็นต้น โดยสำหรับวิธีการศึกษาวิจัยนั้น นอกเหนือจากวิธีการในอดีตที่ใช้อุปกรณ์จำลองการโคจรของดวงอาทิตย์ควบคู่ไปกับการสร้างหุ่นจำลองอาคารในการคาดการณ์การเกิดแสงสะท้อนแล้ว ในปัจจุบันยังสามารถคาดการณ์การเกิดแสงสะท้อนจากเปลือกอาคารได้จากการสร้างแบบจำลองด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่ประมวลผลได้อย่างรวดเร็วและแม่นยำ จึงเป็นวิธีการที่ผู้วิจัยส่วนใหญ่เลือกใช้ในการศึกษาวิจัยแสงสะท้อนจากเปลือกอาคาร โดยมีรายละเอียดที่น่าสนใจ ดังนี้

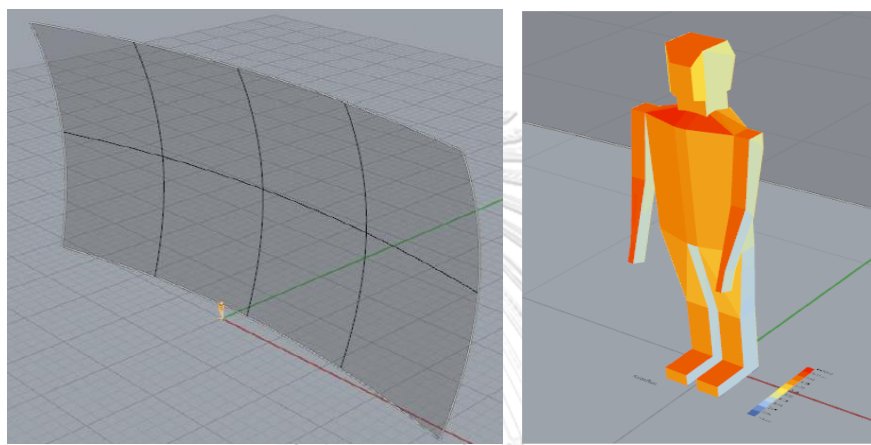
2.4.1 Exterior Glare Simulation: Understanding Solar Convergence from Concave Facades Using Heat Maps (Deng, 2016)

งานวิจัยนี้ เป็นการทดลองสร้างแบบจำลองอาคารที่มีการสะท้อนของรังสีจากดวงอาทิตย์ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อทดสอบหาโปรแกรมที่เหมาะสมที่จะสามารถมองเห็นแสงสะท้อนของดวงอาทิตย์จากเปลือกอาคารได้อย่างชัดเจนตั้งแต่เริ่มขั้นตอนการออกแบบ สำหรับนำมาใช้ในการคาดการณ์ผลกระทบของแสงสะท้อนได้ล่วงหน้า โดยเลือกใช้อาคารที่มีลักษณะรูปทรงโค้งเว้าซึ่งอ้างอิงมาจากอาคาร Walkie Talkie ของประเทศอังกฤษมาเป็นกรณีศึกษา เนื่องจากเป็นอาคารที่มีเปลือกอาคารเป็นกระจกที่สะท้อนรังสีจากดวงอาทิตย์และส่งผลกระทบต่อสภาพแวดล้อมโดยรอบอาคารอย่างรุนแรง

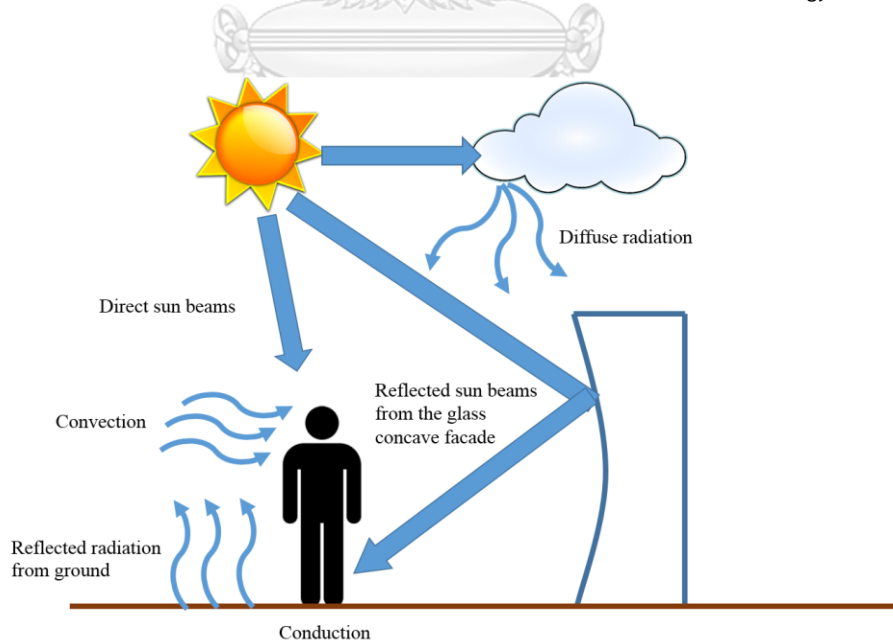


ภาพที่ 14 อาคาร Walkie Talkie สะท้อนรังสีจากดวงอาทิตย์
(ที่มา: <https://www.amusingplanet.com>)

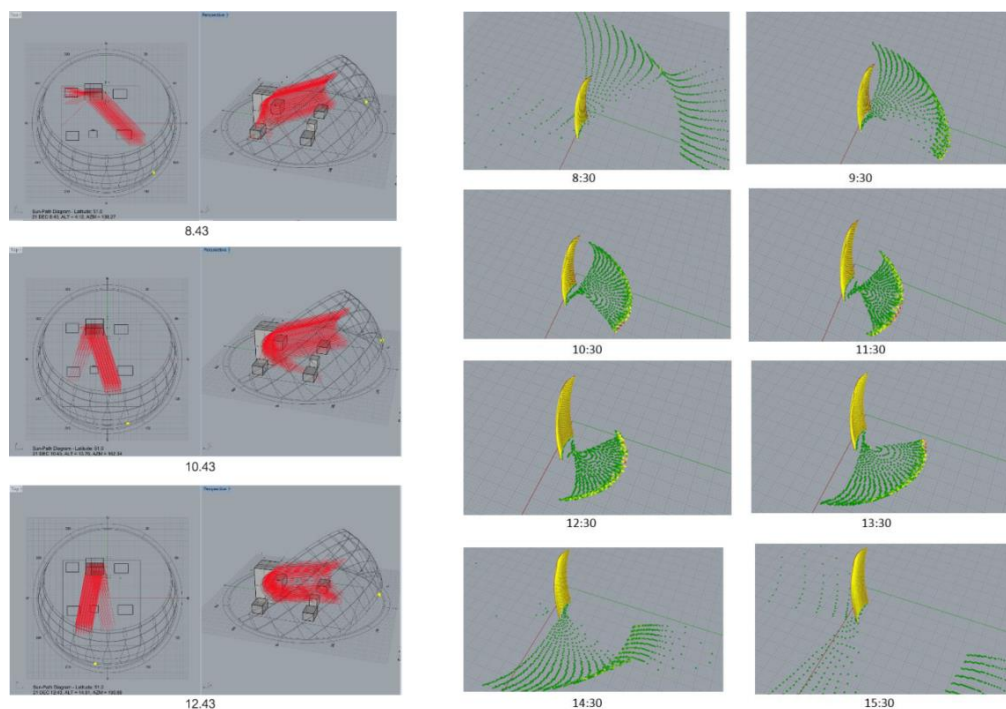
ในการจำลองด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ ผู้วิจัยได้เลือกใช้ซอฟต์แวร์ Grasshopper โดยใช้ Plug-in เป็น Ladybug และ Honeybee ทำการจำลองใน 3 รูปแบบ ได้แก่ ทิศทางของรังสีสะท้อนที่กระทำต่อสภาพแวดล้อมเมื่อดวงอาทิตย์อยู่ในตำแหน่งที่แตกต่างกัน Universal Thermal Climate Index (UTCI) maps ที่แสดงให้เห็นสถานะน่าสบายทางอุณหภูมิของคนที่ยืน ณ จุดหนึ่งที่มีรังสีสะท้อนมาจากเปลือกอาคาร และ Heat map ที่แสดงให้เห็นว่าแสงสะท้อนจากเปลือกอาคารกระทำความร้อนต่อพื้นที่หนึ่งมากน้อยเพียงใด และมีลักษณะอย่างไร ซึ่งในการทดลองทั้ง 3 แบบจะให้ผลลัพธ์ที่แตกต่างกันตามแต่ละจุดประสงค์ที่ต้องการศึกษา



ภาพที่ 15 UTCI Assessment Scale (ที่มา: Journal of Thermal Biology, 2003)



ภาพที่ 16 ผลกระทบจากรังสีความร้อนต่อสถานะน่าสบายของมนุษย์
(ที่มา: Deng, 2016)

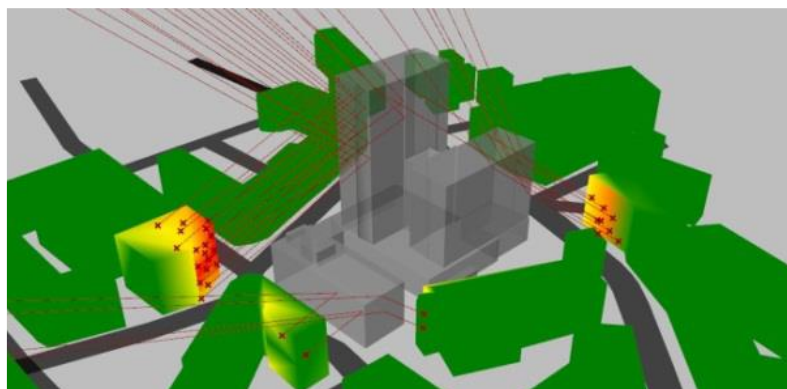


ภาพที่ 17 การใช้โปรแกรมทางคอมพิวเตอร์ในการตรวจสอบทิศทางรังสีสะท้อนของดวงอาทิตย์จากเปลือกอาคาร และความร้อนที่ถูกปล่อยออกจากเปลือกอาคารที่มีรูปทรงโค้งงอในเวลาต่างๆ (ที่มา: Deng, 2016)

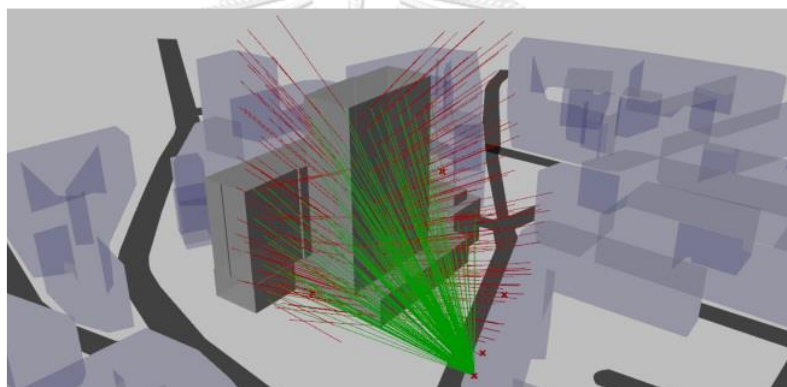
หนึ่งในปัจจัยสำคัญที่ผู้วิจัยเลือกนำมาศึกษา คือ รูปร่างของพื้นผิวเปลือกอาคาร โดยได้จำลองออกมาในหลายๆ รูปร่างที่แตกต่างกัน เพื่อตรวจสอบว่าพื้นผิวในแต่ละแบบมีผลต่อการเกิดความร้อนต่อบริเวณโดยรอบในลักษณะใดและมีความแตกต่างกันอย่างไร

2.4.2 Simulation of Reflected Daylight from Building Envelopes (Yang, Grobe, & Stephen, 2013)

งานวิจัยนี้ ต้องการพัฒนาระบบการในการประเมินผลกระทบจากการสะท้อนของเปลือกอาคาร โดยได้เลือกใช้โปรแกรม Rhinoceros และ Grasshopper Plug-in เป็นเครื่องมือที่ใช้ตรวจสอบการกระจายตัวของแสงสะท้อนจากเปลือกอาคาร ซึ่งในการทดลอง นอกจากการสร้างอาคารที่ใช้เป็นกรณีศึกษาแล้ว ยังมีการสร้างสภาพแวดล้อมโดยรอบทั้ง ถนน ทางเท้า และอาคารข้างเคียงขึ้นมาด้วย เพื่อจะให้เห็นถึงผลกระทบจากรังสีสะท้อนต่อบริบทข้างเคียงได้อย่างชัดเจน โดยแสดงออกมาในรูปแบบเส้นรังสีสะท้อนและเฉดสีที่แสดงให้เห็นความเข้มของแสงที่ตกกระทบ ซึ่งสามารถเป็นตัวอย่างวิธีการทดลองให้แก่ผู้ออกแบบในการเลือกใช้ตรวจสอบผลกระทบจากรูปทรงอาคารรวมถึงการเลือกวัสดุที่ใช้อีกด้วย



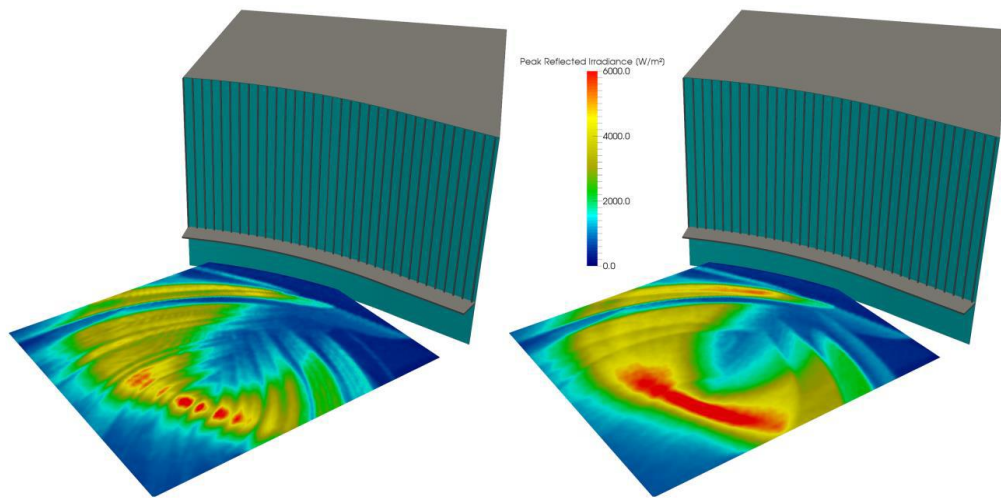
ภาพที่ 18 รังสีของดวงอาทิตย์ที่ตกกระทบเปลือกอาคารกรณีศึกษาและสะท้อนไปสู่อาคารข้างเคียง
 แฉดสีบนอาคารข้างเคียงแสดงถึงความเข้มของแสงที่มาจากกระทบ
 (ที่มา: Yang, Grobe, & Stephen, 2013)



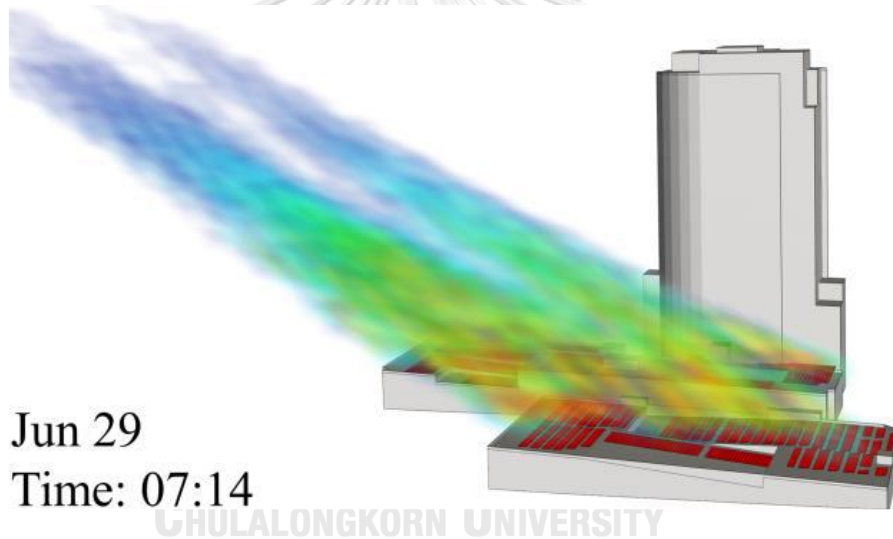
ภาพที่ 19 รังสีสะท้อนที่เกิดขึ้นจากแหล่งกำเนิดแสงจุดหนึ่งที่สอดเข้าสู่เปลือกอาคารกรณีศึกษา
 เส้นสีเขียวแสดงให้เห็นถึงรังสีที่สอดเข้าสู่อาคาร เส้นสีแดงแสดงให้เห็นถึงรังสีสะท้อน
 จากเปลือกอาคาร (ที่มา: Yang, Grobe, & Stephen, 2013)

2.4.3 Urban Solar Reflection Identification, Simulation, Analysis and Mitigation: Learning from Case Studies (Danks & Good, 2016)

จากความนิยมในการออกแบบอาคารที่มีหน้าต่างสูงจากพื้นถึงฝ้าเพดานสำหรับชมทัศนียภาพจากอาคารสูง จนส่งผลให้เกิดปัญหาด้านแสงสะท้อนจากเปลือกอาคารสู่สภาพแวดล้อมโดยรอบ งานวิจัยนี้ ผู้วิจัยจึงได้นำกรณีตัวอย่างของอาคารที่มีเปลือกอาคารสะท้อนแสงจากดวงอาทิตย์และส่งผลกระทบต่อสภาพแวดล้อมมาทำการศึกษา โดยแบ่งออกเป็น 3 หัวข้อ ได้แก่ แสงสะท้อนจากอาคารที่มีรูปทรงโค้งเว้า แสงสะท้อนจากแผงโซลาร์เซลล์ และแสงสะท้อนจากอาคารที่มีรูปทรงแบนเรียบและนูน โดยในการวิจัย ใช้โมเดลจาก 3D CAD ร่วมกับซอฟต์แวร์ WINDOW (Lawrence Berkeley National Laboratory, 2015) เพื่อศึกษาพลังงานที่เกิดจากแสงสะท้อน



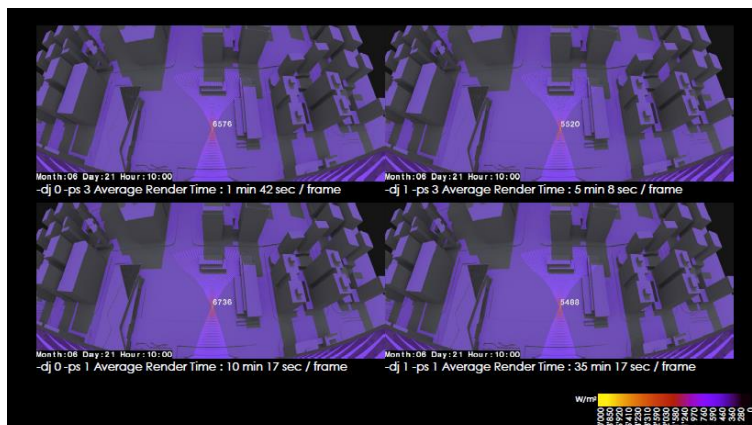
ภาพที่ 20 เปรียบเทียบการจำลองแสงสะท้อนจากดวงอาทิตย์ในวันที่ท้องฟ้าปกติ (รูปซ้าย) และวันที่ท้องฟ้าเป็น Clear Sky (รูปขวา) (ที่มา: Danks & Good, 2016)



ภาพที่ 21 แสงสะท้อนที่เกิดจากแผงโซลาร์เซลล์ (ที่มา: Danks & Good, 2016)

2.4.4 Radiance Workshop: Mitigating Building Scale Solar Convergence (Wasilewski, 2015)

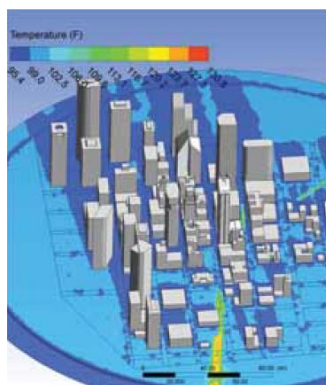
งานวิจัยนี้ ใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ในการสร้างแบบจำลองเพื่อหาค่าพลังงานความร้อนของแสงสะท้อนและทิศทางการสะท้อนของรังสีดวงอาทิตย์จากเปลือกอาคารที่มีรูปทรงโค้งเว้า โดยได้เลือกใช้โปรแกรม Radiance ในการจำลองโมเดลอาคารและสภาพแวดล้อมโดยรอบ ซึ่งในการทดลองมีการเปลี่ยนค่าการสะท้อนของกระจกที่เปลือกอาคารหลายๆ ค่า และจำลองในหลากหลายทิศทางและช่วงเวลา เพื่อนำค่าของพลังงานความร้อนที่เกิดขึ้นมาเปรียบเทียบกันให้เห็นว่าทิศทางใดจะได้รับผลกระทบจากรังสีสะท้อนของเปลือกอาคารมากกว่ากัน



ภาพที่ 22 การใช้โปรแกรม Radiance ในการหาทิศทางและพลังงานของแสงสะท้อน
จากเปลือกอาคาร (ที่มา: Wasilewski, 2015)

2.4.5 When Building Attack Their Neighbors: Strategies for Protecting Against “Death Rays” (Amoros, 2015)

งานวิจัยนี้ ระบุว่า นอกเหนือจากการเพิ่มอุณหภูมิพื้นผิวสภาพแวดล้อมข้างเคียงจนทำลายวัสดุผิวอาคาร ต้นไม้ หลอมละลายพื้นผิวยานพาหนะ รวมไปถึงสร้างความรบกวนต่อการจราจรบนท้องถนนแล้ว แสงสะท้อนจากเปลือกอาคารกระจกยังมีส่วนที่อาจสะท้อนขึ้นสู่ท้องฟ้าซึ่งสามารถก่อให้เกิดอันตรายร้ายแรงเนื่องจากอาจรบกวนการมองเห็นของนักบินอีกด้วย โดยเฉพาะอาคารที่ตั้งอยู่ใกล้กับท่าอากาศยานต้องออกแบบอย่างระมัดระวังมาก เนื่องจากต้องไม่สร้างความรบกวนทางการมองเห็นให้แก่ผู้ขับขี่เครื่องบินอย่างเด็ดขาด เพราะส่งผลโดยตรงต่อความปลอดภัยของผู้โดยสาร การวิเคราะห์ผลกระทบของแสงสะท้อนจากเปลือกอาคารจึงเป็นสิ่งจำเป็นอย่างยิ่งต่ออาคารทุกประเภท ซึ่งในงานวิจัยนี้ได้นำเสนอโปรแกรม Computational Fluid Dynamics (CFD) ในการวิเคราะห์ตำแหน่งการสะท้อนของรังสีดวงอาทิตย์ ค่าความเข้มของแสง รวมไปถึงอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นจากแสงสะท้อนอีกด้วย



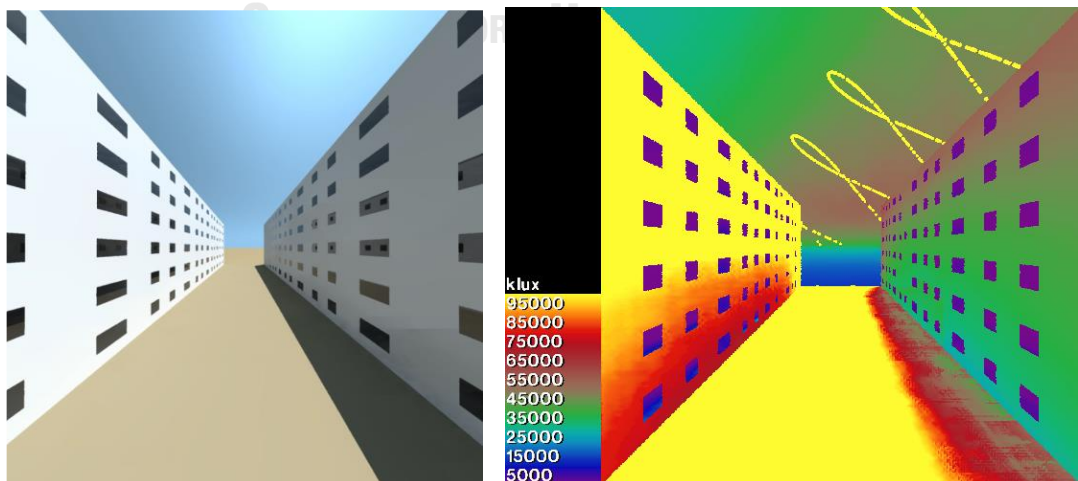
ภาพที่ 23 อุณหภูมิพื้นผิวที่เกิดจากแสงสะท้อนของดวงอาทิตย์โดยโปรแกรม CFD
(ที่มา: Amoros, 2015)



ภาพที่ 24 การบินสังเกตการณ์การแสงบาดตาจากห้องนักบิน C-12 ที่ Kramer, CA สหรัฐอเมริกา
(ที่มา: Air Force Flight Test Center 412 TW at Edwards AFB, approval #13166)

2.4.6 Solar Reflected Glare (Brotas & Wienold, 2014)

งานวิจัยนี้ ได้ใช้โปรแกรม Radiance ในการหาความส่องสว่าง (Illuminance) ของแสงสะท้อนจากพื้นผิวของเปลือกอาคารในทิศทางตั้ง นำมาเปรียบเทียบกับแสงที่สะท้อนจากพื้นผิวในแนวราบ ซึ่งพบว่าในวัน Equinox หรือวันที่มีเวลากลางวันและกลางคืนเท่ากันนั้น ค่าความส่องสว่างของแสงสะท้อนจากอาคารหรือสิ่งกีดขวางในแนวตั้ง สูงกว่าแสงสะท้อนจากพื้นผิวในแนวราบถึงสิบเท่า ทั้งนี้ต้องขึ้นอยู่กับวัสดุพื้นผิวนั้นๆ อีกด้วย แต่ในช่วงเวลาที่เป็นฤดูร้อน พื้นผิวในแนวราบอาจมีค่าความสว่างสูงกว่าพื้นผิวในแนวตั้งได้ในสภาพอากาศของเมือง Lisbon ที่ผู้วิจัยใช้ในการทดลอง



ภาพที่ 25 การใช้โปรแกรม Radiance ในการหาค่าความสว่างสะสมในรอบปี
โดยใช้ข้อมูลสภาพอากาศของเมือง Lisbon (ที่มา: Brotas & Wienold, 2014)

2.4.6 แนวทางการออกแบบอาคารเพื่อหลีกเลี่ยงแสงสะท้อนบนถนน: การวางผังและการเลือกวัสดุเปลือกสำหรับอาคาร (เด่นพงษ์ เศรษฐวงศ์, 2549)

งานวิจัยนี้ เป็นงานวิจัยเชิงสำรวจการออกแบบอาคารสำนักงานที่อยู่บนถนนสาทร โดยเฉพาะอย่างยิ่งอาคารที่ใช้วัสดุเปลือกอาคารเป็นกระจก และสังเกตแสงสะท้อนจากเปลือกอาคารที่ลงสู่ถนนสาทร พร้อมทั้งได้คัดเลือกกลุ่มตัวอย่างมาทำแบบสอบถามเพื่อให้ทราบถึงอาคารที่แสงสะท้อนจากเปลือกอาคารสร้างความรบกวนมากที่สุด จนสามารถกำหนดเป็นอาคารกรณีศึกษาที่นำมาใช้เปรียบเทียบ 3 อาคาร ได้แก่ อาคารหะรินธร อาคารแสงทองธานี และอาคารสาทรธานี จากนั้นจึงสร้างหุ่นจำลองของอาคารทั้ง 3 แบบและใช้อุปกรณ์จำลองการโคจรของดวงอาทิตย์เพื่อตรวจสอบแสงสะท้อนจากเปลือกอาคาร และทดสอบหาแนวทางการวางผังเพื่อลดปริมาณแสงสะท้อนจากเปลือกอาคารลงสู่ถนนสาทร

	March	April	May	June	July	August	September
14.00 >>							
15.00 >>							
16.00 >>							
17.00 >>							

ภาพที่ 26 การสร้างหุ่นจำลองอาคารที่ส่งผลกระทบต่อเรื่องแสงสะท้อนจากเปลือกอาคาร มาทดลองร่วมกับอุปกรณ์จำลองการโคจรของดวงอาทิตย์ (ที่มา: เด่นพงษ์ เศรษฐวงศ์, 2549)

จากการทดลองพบว่า อาคารที่ใช้วัสดุกระจกที่ค่าสะท้อนแสงไม่เกินร้อยละ 30 สามารถลดปริมาณแสงสะท้อนที่รบกวนสายตาผู้สัญจรบนถนนสาทรเหนือและสาทรใต้ได้ และสำหรับการออกแบบสัดส่วนของผนังทึบและกระจกบนเปลือกอาคาร พบว่า เปลือกอาคารสาทรธานีที่มีสัดส่วนของผนังทึบต่อวัสดุกระจกเพียงร้อยละ 50 สามารถลดจำนวนพื้นที่ที่แสงตกกระทบเปลือกอาคารส่วนที่ก่อให้เกิดการสะท้อนได้ ส่งผลให้แสงสะท้อนจากเปลือกอาคารลดลงไปด้วย แต่หากจะออกแบบเปลือกอาคารทางทิศตะวันตกให้ไม่ส่งผลกระทบต่อด้านแสงสะท้อน จำเป็นต้องหลีกเลี่ยงการใช้วัสดุกระจกที่มีค่าการสะท้อนแสงมาก หรือให้มีลักษณะการออกแบบวัสดุกระจกและผนังทึบเป็นแบบผสมผสาน

จากการทบทวนวรรณกรรมและทฤษฎีต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง สรุปได้ว่า ประเด็นในเรื่องการสะท้อนของแสงอาทิตย์จากเปลือกอาคารกระจก เป็นปัญหาที่เกิดขึ้นหลายครั้งทั้งในประเทศไทยและต่างประเทศ ดังเช่นกรณีตัวอย่าง อาคาร Walkie Talkie ที่กรุงลอนดอน ประเทศอังกฤษ ที่ก่อให้เกิดแสงสะท้อนอย่างรุนแรงและเพิ่มอุณหภูมิเฉพาะจุดแก่สภาพแวดล้อมโดยรอบ จนทำลายวัสดุเปลือกอาคารข้างเคียงรวมถึงหลอมละลายผิววัสดุที่เป็นโลหะได้ (Amoros, 2015) หรือกรณีตัวอย่างของอาคารชุดย่านสุขุมวิท ที่สร้างความเดือดร้อนด้านแสงสะท้อนแก่สภาพแวดล้อมใกล้เคียง เป็นระยะเวลากว่า 6 เดือนต่อปี และเกิดการฟ้องร้องจนกลายเป็นคดีความขึ้นในปี พ.ศ.2557 (มติชนออนไลน์, 2016) ซึ่งสำหรับประเทศไทย พระราชบัญญัติควบคุมอาคารได้มีการกำหนดให้ค่าการสะท้อนแสงของผนังภายนอกอาคารไม่เกินร้อยละ 30 โดยระบุไว้ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2540 (ออกตามความในพรบ.ควบคุมอาคารปี พ.ศ. 2522) ดังนั้น อาคารที่ก่อสร้างขึ้นหลังจากนี้ ต้องปฏิบัติตามข้อกำหนดกำหนดและผ่านการขออนุญาตเรียบร้อยแล้ว แต่ก็ยังพบปัญหาด้านแสงสะท้อนอยู่

จากปัญหาด้านแสงสะท้อนที่เกิดขึ้นเหล่านี้ ก่อให้เกิดเป็นงานวิจัยมากมาย ทั้งการลงสำรวจพื้นที่ การสร้างแบบสอบถามเพื่อเก็บรวบรวมข้อมูล สร้างหุ่นจำลองมาทดลองร่วมกับอุปกรณ์จำลองการโคจรของดวงอาทิตย์เพื่อวิเคราะห์แสงสะท้อน รวมไปถึงการใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ในการหาตำแหน่ง ทิศทางการตกกระทบของแสงสะท้อน ค่าความส่องสว่าง รวมถึงอุณหภูมิที่เกิดขึ้นจากแสงสะท้อนของเปลือกอาคารที่กระทำต่อสภาพแวดล้อมโดยรอบ ซึ่งโดยปกติในการวิเคราะห์ปัญหาด้านผลกระทบจะทำการวิเคราะห์เฉพาะเท่านั้น อีกทั้งยังพบว่า งานวิจัยที่เกิดขึ้นในประเทศไทยมีน้อย รวมถึงไม่เคยมีการนำโปรแกรมคอมพิวเตอร์มาใช้ในการศึกษา อีกทั้งยังมีประเด็นน่าสนใจที่สามารถนำมาศึกษาต่อได้ โดยแนวทางการศึกษาที่ใช้ในงานวิจัยนี้ จะเป็นแนวทางเดียวกับงานวิจัยในต่างประเทศ คือ ใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์เพื่อจำลองหาตำแหน่ง ทิศทาง และความส่องสว่างของแสงสะท้อนจากเปลือกอาคารกรณีตัวอย่างหลากหลายรูปทรง ที่กระทำต่อสภาพแวดล้อมที่แตกต่างกัน ทั้งในแนวราบและแนวตั้ง และนำผลจากการจำลองในแต่ละกรณีมาเปรียบเทียบกันเพื่อประเมินผลที่เกิดขึ้นว่าส่งผลต่อการเกิดแสงสะท้อนจากเปลือกอาคารมากหรือน้อยต่างกันอย่างไร

บทที่ 3

วิธีดำเนินงานวิจัย

งานวิจัยนี้ เป็นการวิจัยเชิงจำลองโดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ Rhinoceros 5 ในการสร้างแบบจำลองอาคารกรณีศึกษา และใช้ Grasshopper Plug-in เพื่อหาความส่องสว่างและทิศทางของแสงสะท้อนจากเปลือกอาคารกระจกที่ส่งผลกระทบต่อสภาพแวดล้อมโดยรอบอาคาร โดยมีรายละเอียดของขั้นตอนการดำเนินการวิจัย ดังนี้

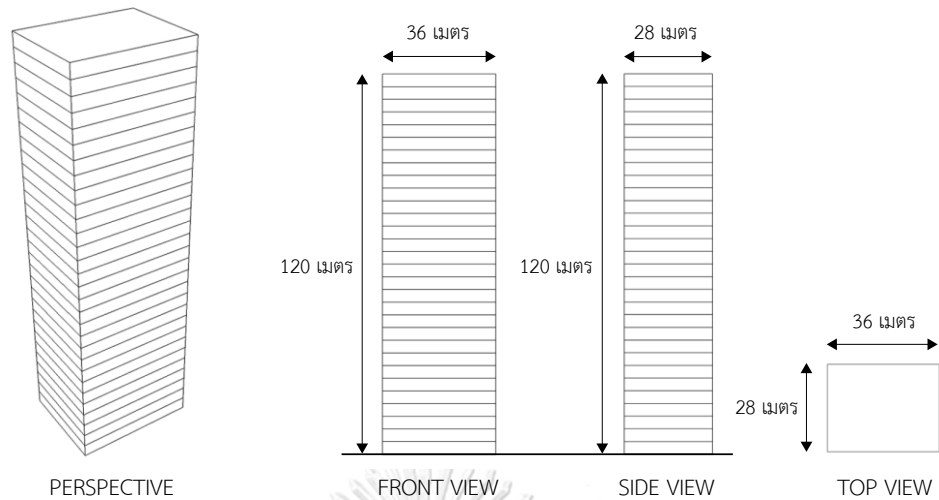
3.1 ทบทวนวรรณกรรมและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

ศึกษาทฤษฎีพื้นฐานที่เกี่ยวข้องกับแสง การมองเห็น และผลกระทบที่เกิดจากแสงสะท้อนของดวงอาทิตย์จากเปลือกอาคาร รวมถึงทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้องเพื่อทราบถึงปัจจัยต่างๆ ที่เกี่ยวข้องและกำหนดตัวแปรที่เหมาะสมเพื่อใช้สำหรับวิจัย

3.2 การกำหนดรูปแบบอาคารกรณีศึกษา

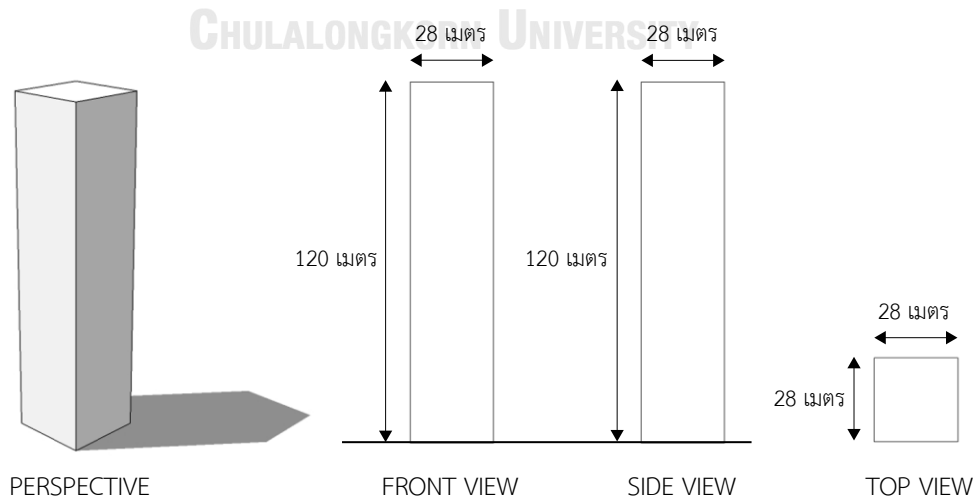
อาคารกรณีศึกษาในงานวิจัยนี้ กำหนดให้เป็นอาคารสูงตามกฎหมายกระทรวงฉบับที่ 33 และเป็นอาคารขนาดใหญ่ควบคุมตามกฎหมายกระทรวง พ.ศ.2522 โดยมีขนาดที่สอดคล้องกับอัตราส่วนพื้นที่อาคารรวมต่อพื้นที่ดิน (Floor Area Ratio: FAR) และอัตราส่วนของที่ว่างต่อพื้นที่อาคารรวม (Open Space Ratio: OSR) เนื่องจากในปัจจุบันพบว่า อาคารสูงมีจำนวนเพิ่มขึ้นเป็นอย่างมากเพื่อให้เพียงพอต่อความต้องการในการทำกิจกรรมและตอบสนองการใช้ชีวิตของสังคมเมือง โดยกำหนดให้เป็นอาคารประเภทสำนักงาน และใช้สัดส่วนอาคารสำนักงานต้นแบบที่อ้างอิงจากงานวิจัยของ สวิชญา ดาวประกายมงคล (2552) ซึ่งเป็นงานวิจัยที่มีประเด็นที่เกี่ยวข้องกับการออกแบบอาคารสำนักงานขนาดใหญ่ทั่วไป (Typical Large Office Building) และได้มีการสำรวจความคิดเห็นของกลุ่มตัวอย่างที่เป็นสถาปนิกผู้มีประสบการณ์ในการออกแบบอาคารสำนักงานขนาดใหญ่ ทำให้ได้ข้อมูลเบื้องต้นที่เหมาะสมในการนำมาใช้กำหนดขนาดอาคารกรณีศึกษาในงานวิจัย โดยมีรายละเอียด ดังนี้

ความกว้างอาคาร	28	เมตร
ความยาวอาคาร	36	เมตร
ความสูงอาคาร	120	เมตร
ความสูงในแต่ละชั้น	4	เมตร
จำนวนชั้นทั้งหมด	30	ชั้น

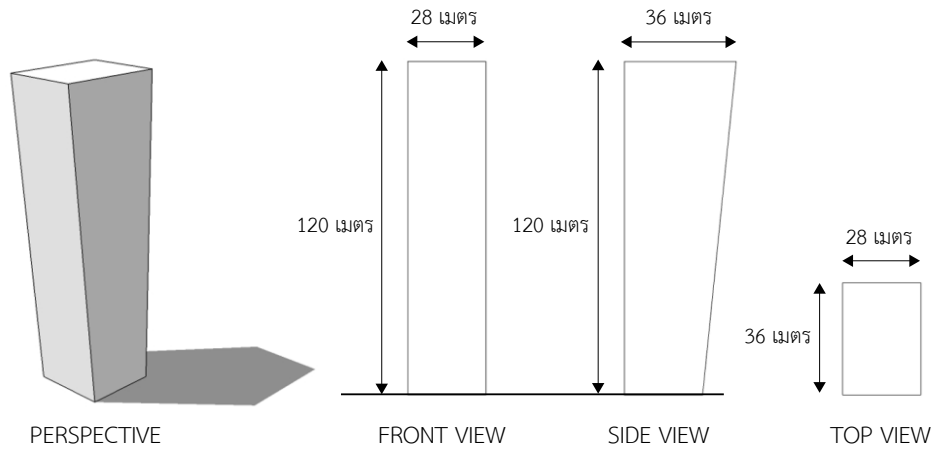


ภาพที่ 27 สัดส่วนอาคารสำนักงานต้นแบบ

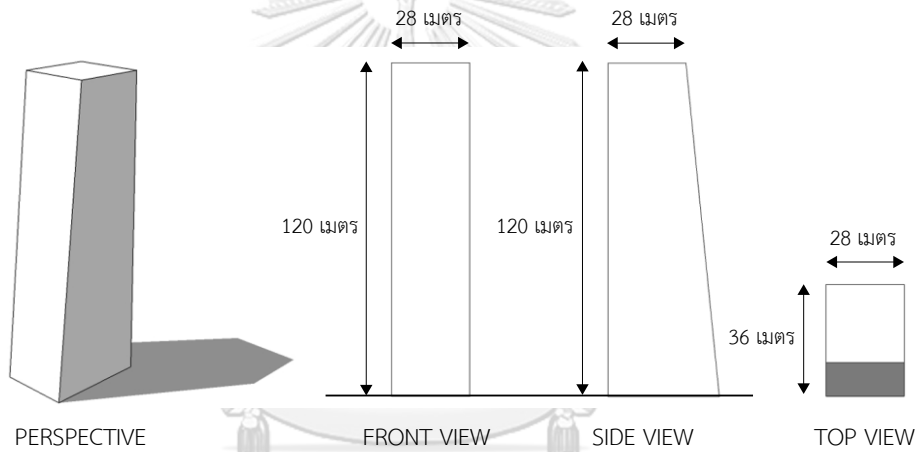
จากการทบทวนวรรณกรรมพบว่า รูปทรงของอาคาร ถือเป็นหนึ่งปัจจัยหลักที่มีผลต่อแสง
 บาดตา เพราะเป็นตัวกำหนดความลาดเอียงของกระจกอาคารอันเป็นสิ่งที่ส่งผลโดยตรงต่อทิศทางใน
 การสะท้อนแสงอาทิตย์ (Dwyer, 2017) ซึ่งงานวิจัยนี้ได้กำหนดรูปทรงของอาคารกรณีศึกษาโดย
 เลือกรูปทรงของอาคารสูงที่พบเห็นได้ทั่วไปจากการลงพื้นที่สำรวจ รวมถึงอาคารสูงที่พบว่า
 รูปทรงอาคารก่อให้เกิดผลกระทบด้านแสงสะท้อนแก่สภาพแวดล้อมโดยรอบ โดยอาคารกรณีศึกษา
 ทั้งหมด ประกอบด้วย อาคารรูปทรงสี่เหลี่ยมจัตุรัสเปลือกอาคารเรียบตรง อาคารรูปทรงสี่เหลี่ยม
 เปลือกอาคารลาดเอียงเข้าหาอาคารในแนวตั้ง อาคารรูปทรงสี่เหลี่ยมเปลือกอาคารลาดเอียงออกจาก
 อาคารในแนวตั้ง อาคารรูปทรงโค้งเว้า และอาคารรูปทรงแตงกวา โดยในแต่ละรูปทรงจะอ้างอิงขนาด
 ความสูงและสัดส่วนที่ใกล้เคียงกับอาคารสำนักงานต้นแบบข้างต้น ดังนี้



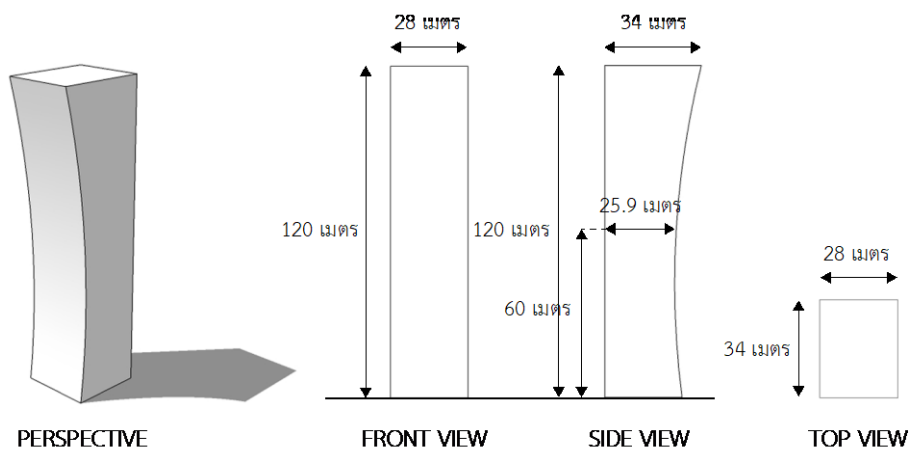
ภาพที่ 28 อาคารกรณีศึกษารูปทรงที่ 1: รูปทรงสี่เหลี่ยมจัตุรัสเปลือกอาคารเรียบตรง



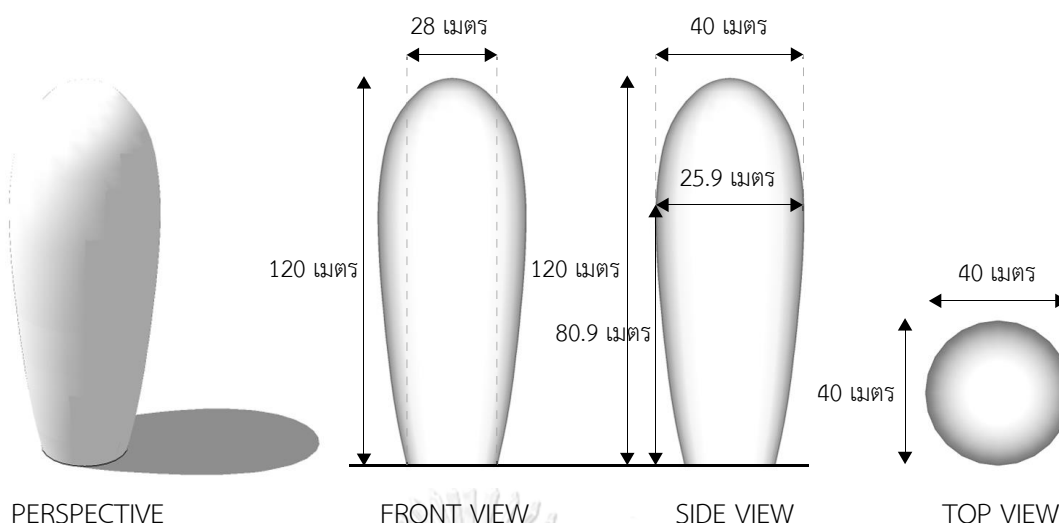
ภาพที่ 29 อาคารกรณีศึกษารูปทรงที่ 2:
รูปทรงสี่เหลี่ยมแปดเหลี่ยมเอียงเข้าหาอาคารในแนวตั้ง



ภาพที่ 30 อาคารกรณีศึกษารูปทรงที่ 3:
รูปทรงสี่เหลี่ยมแปดเหลี่ยมเอียงออกจากอาคารในแนวตั้ง



ภาพที่ 31 อาคารกรณีศึกษารูปทรงที่ 4: รูปทรงโค้งงอ



ภาพที่ 32 อาคารกรณีศึกษารูปทรงที่ 5: รูปทรงเต่งกวาง

สำหรับอาคารกรณีศึกษารูปทรงที่ 1 หรือรูปทรงสี่เหลี่ยมเปลือกอาคารเรียบตรงนั้น เป็นตัวอย่างรูปทรงที่สามารถพบเห็นได้จากอาคารสูงทั่วไป ส่วนอาคารรูปทรงที่ 2 และ 3 นั้น จากการทบทวนวรรณกรรมพบว่า หากผนังอาคารมีการลาดเอียงเข้าหาอาคารในแนวตั้ง มักไม่ก่อให้เกิดการสะท้อนของแสงอาทิตย์ ในขณะที่หากผนังอาคารมีการลาดเอียงออกจากอาคารในแนวตั้ง สามารถก่อให้เกิดการสะท้อนแสงของดวงอาทิตย์เป็นมุมที่ลาดยาวตลอดพื้นดินได้ (Dwyer, 2017) อีกทั้งในการสำรวจรูปทรงอาคารใหม่ๆ ที่เกิดขึ้น มีการออกแบบอาคารที่รูปทรงผนังอาคารลาดเอียงเช่นกัน จึงนำรูปทรงที่ลาดเอียงมาเป็นกรณีศึกษาในงานวิจัย ในขณะที่อาคารรูปทรงที่ 4 และ 5 เป็นตัวอย่างรูปทรงอาคารที่อ้างอิงมาจากอาคารที่สร้างขึ้นจริงและพบว่าก่อให้เกิดปัญหาด้านแสงสะท้อนกระทำต่อสภาพแวดล้อมโดยรอบ โดยทั้งสัดส่วนความโค้งเว้าและนูน จะนำมาจากอาคารกรณีตัวอย่างจริง โดยอาคารกรณีศึกษาทั้งหมด เป็นตัวอย่างที่กำหนดขึ้นเพื่อใช้ในการจำลองและเปรียบเทียบ ซึ่งสำหรับอาคารกรณีศึกษารูปทรงที่ 2 - 5 หากมีการปรับองศาความลาดเอียง หรือสัดส่วนความโค้งเว้าและนูน ผลลัพธ์ที่ได้จากการจำลองอาจแตกต่างกันออกไปบ้าง

3.3 การดำเนินงานวิจัย

3.3.1 แนวทางในการวิเคราะห์ข้อมูล

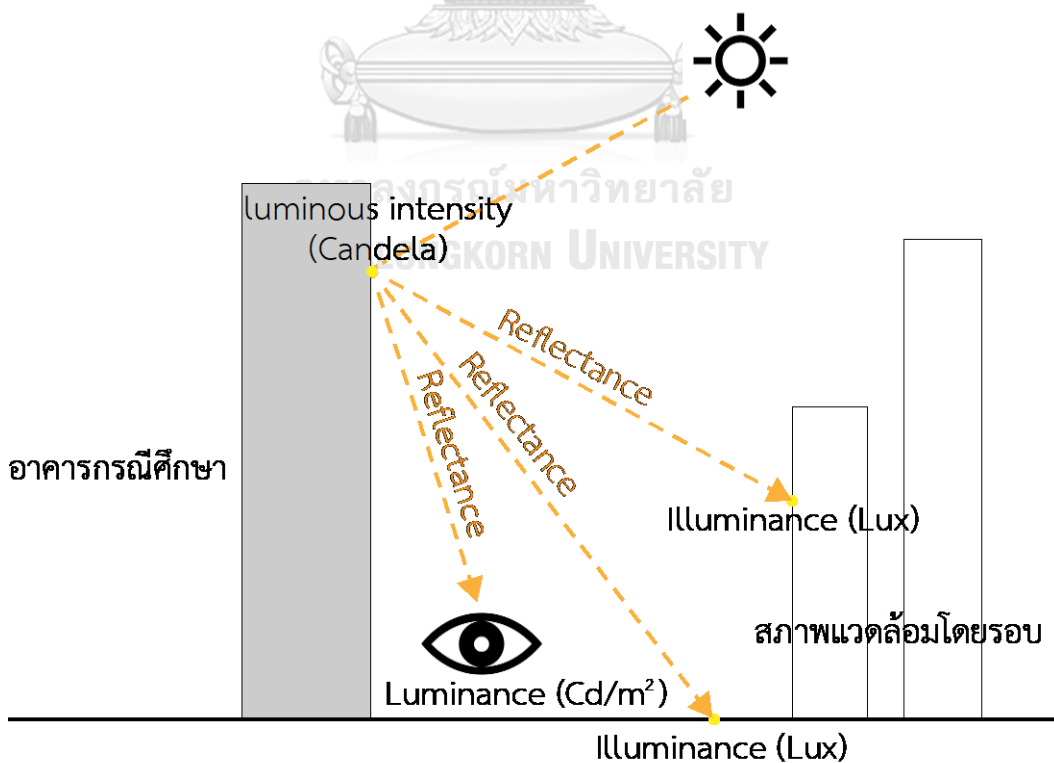
แนวทางในการพิจารณาเปรียบเทียบผลการจำลองการสะท้อนของแสงอาทิตย์จากเปลือกอาคาร มีรายละเอียดของเกณฑ์ในการวิเคราะห์ ดังนี้

1. ทิศทางของแสงที่สะท้อนจากเปลือกอาคารกรณีศึกษาแต่ละรูปทรง เพื่อวิเคราะห์ผลกระทบและความแตกต่างของทิศทางแสงสะท้อน ที่เป็นผลมาจากรูปทรงที่แตกต่างกัน

2. ขนาดพื้นที่ที่แสงสะท้อนตกกระทบบนพื้นในแนวราบ เพื่อวิเคราะห์ว่าอาคารแต่ละรูปทรงจะส่งผลด้านแสงสะท้อนเป็นบริเวณที่มากหรือน้อยแตกต่างกันเช่นไร

3. เวลาที่แสงสะท้อนจากเปลือกอาคารกระทำต่อสภาพแวดล้อมโดยรอบ ซึ่งพิจารณาจากข้อมูลผลการจำลองแสงสะท้อนจากเปลือกอาคารในวันที่ทำการจำลองทั้ง 4 วัน ทุกต้นชั่วโมง ตั้งแต่เวลา 6.00 - 18.00 น. เพื่อศึกษาว่า ในสภาพแวดล้อมและบริบทโดยรอบอาคารที่มีระยะห่างที่แตกต่างกัน จะได้รับผลกระทบจากแสงสะท้อนแตกต่างกันอย่างไร

4. ความส่องสว่าง (Illuminance) ของแสงสะท้อนจากเปลือกอาคารในวันที่ทำการจำลองทั้ง 4 วัน ทุกต้นชั่วโมง ตั้งแต่เวลา 6.00 น., 7.00 น., 8.00 น., ..., 18.00 น. ของอาคารกรณีศึกษาแต่ละรูปทรงที่กระทำต่อสภาพแวดล้อมโดยรอบ โดยสำหรับการเกิดแสงสะท้อนจากเปลือกอาคารนั้น ประกอบไปด้วยหลายตัวแปร ทั้งค่าความสว่าง (Luminance, Cd/m^2) ของแสงสะท้อนซึ่งเกิดจากรังสีอาทิตย์ที่ตกกระทบบนเปลือกอาคารและแปลงแสงสะท้อนจากบริเวณเปลือกอาคารออกมาเป็นแสงบาดตา รวมถึงแสงสะท้อนที่ตกกระทบบนพื้นผิวของสภาพแวดล้อมโดยรอบ ซึ่งสามารถวัดได้เป็นความส่องสว่าง (Illuminance, Lux) โดยสำหรับงานวิจัยนี้ จะพิจารณาที่ผลกระทบต่อสภาพแวดล้อมหรือค่าความส่องสว่าง ณ ตำแหน่งพื้นผิวของสภาพแวดล้อมโดยรอบที่รับแสงสะท้อนเท่านั้น เนื่องจากค่าความส่องสว่าง เป็นค่าที่ถูกกำหนดสำหรับใช้ในขั้นตอนการจัดทำรายงานการวิเคราะห์ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม (EIA) เพื่อยื่นขออนุญาตก่อสร้างอาคาร



ภาพที่ 33 การเกิดแสงสะท้อนและตัวแปรต่างๆ เกี่ยวกับแสง


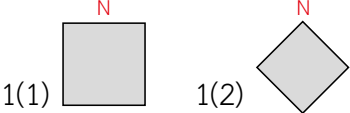
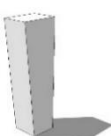

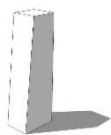
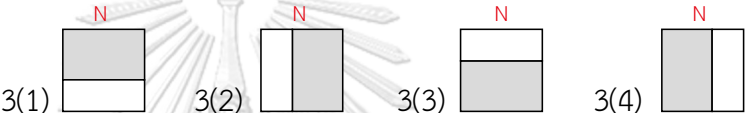

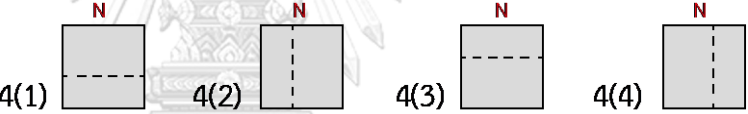

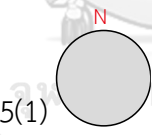
3.3.2 แนวทางในการจำลองด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์

งานวิจัยนี้ ใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ในการสร้างแบบจำลองเพื่อหาทิศทางและความส่องสว่างของแสงสะท้อนจากเปลือกอาคาร เนื่องจากสามารถแสดงผลได้อย่างละเอียด โดยเลือกใช้โปรแกรม Rhinoceros ในการสร้างแบบจำลองอาคารกรณีศึกษาทั้ง 5 รูปแบบ และใช้ Grasshopper Plug-in ประกอบกัน ในการคำนวณหาทิศทางและความส่องสว่างของแสงสะท้อนจากเปลือกอาคารกรณีศึกษา โดยกำหนดให้อาคารกรณีศึกษา เป็นอาคารที่มีวัสดุเปลือกอาคารเป็นกระจกฉนวน ที่มีค่าการสะท้อนแสงร้อยละ 30 ซึ่งเป็นค่าสูงสุดตามที่พระราชบัญญัติควบคุมอาคารกำหนด โดยทำการจำลองในสภาพภูมิอากาศของกรุงเทพมหานครทุกต้นชั่วโมง ตั้งแต่เวลา 6.00 - 18.00 น. รวมทั้งหมด 13 ชั่วโมง ในวันที่ 21 มีนาคม 21 มิถุนายน 21 กันยายน และ 21 ธันวาคม เนื่องจากเป็นวันที่ดวงอาทิตย์อยู่ในตำแหน่งสำคัญของปี

ในการพิจารณาทิศทางและความส่องสว่างของแสงสะท้อนจากเปลือกอาคารที่กระทำต่อสภาพแวดล้อมโดยรอบอาคารนั้น สำหรับแสงที่สะท้อนบนพื้นในแนวราบ จะพิจารณานบนพื้นที่สี่เหลี่ยมจัตุรัสขนาด 500 เมตร x 500 เมตร โดยมีอาคารกรณีศึกษาตั้งอยู่ตรงกลางพื้นที่ ซึ่งจะพิจารณาความส่องสว่างในความถี่ทุก 10 เมตร และแสงสะท้อนที่กระทำต่อบริบทโดยรอบในแนวตั้งเปรียบเสมือนมีสภาพแวดล้อมเป็นอาคารสูงตั้งอยู่รอบอาคารกรณีศึกษา ซึ่งจะจำลองในระยะห่างที่แตกต่างกัน โดยมีระยะห่างจากอาคารกรณีศึกษาเป็นรัศมี 12 เมตร หรือระยะที่ใกล้เคียงที่สุดของอาคารข้างเคียง รวมถึงระยะห่าง 100 เมตร และ 200 เมตร โดยรอบอาคาร ตลอดพื้นที่ความสูง 120 เมตร เท่ากับความสูงของอาคารกรณีศึกษา โดยจะพิจารณาความส่องสว่างในความถี่ทุก 5 เมตร ซึ่งสำหรับงานวิจัยนี้ การกำหนดขนาดพื้นที่ ระยะห่างจากอาคารกรณีศึกษา และความถี่ในการจำลอง จะพิจารณาจากความเหมาะสมในการจัดการข้อมูลที่ได้จากการจำลองในเวลาที่ยกจำกัดของการทำงานวิจัยควบคู่กันไปด้วย โดยหากต้องการทราบข้อมูลที่ละเอียดมากกว่านี้ จำเป็นต้องวิเคราะห์ในพื้นที่ขนาดใหญ่หรือมีความถี่เพิ่มมากขึ้น ซึ่งจะใช้เวลาในการจำลองมากเกินไป

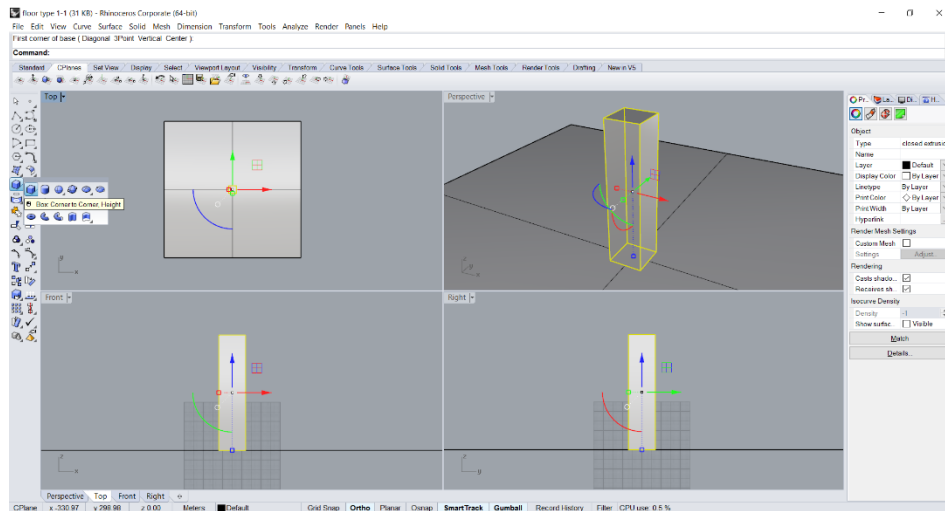
เนื่องด้วยรูปร่างของอาคารกรณีศึกษามีรูปร่างและความสมมาตรแตกต่างกัน จึงกำหนดให้มีรายละเอียดของทิศทางการวางอาคารในการวิจัยที่แตกต่างกัน ดังแสดงในตารางที่ 4

ตารางที่ 4 แนวทางในการจำลองแสงสะท้อนจากเปลือกอาคารของอาคารกรณีศึกษา

อาคารกรณีศึกษา	ทิศทางการวางอาคาร
 รูปทรงที่ 1	 1(1) 1(2)
 รูปทรงที่ 2	 2(1) 2(2) 2(3) 2(4)
 รูปทรงที่ 3	 3(1) 3(2) 3(3) 3(4)
 รูปทรงที่ 4	 4(1) 4(2) 4(3) 4(4)
 รูปทรงที่ 5	 5(1)

3.3.3 ขั้นตอนในการจำลองด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์

ในการสร้างแบบจำลองอาคารกรณีศึกษาสำหรับงานวิจัยนี้ เลือกใช้โปรแกรม Rhinoceros ซึ่งเป็นซอฟต์แวร์สำหรับการสร้างแบบจำลองสามมิติ แต่มีความพิเศษ คือ เป็นโปรแกรมที่ใช้ค่าทางคณิตศาสตร์ของเรขาคณิตในการคำนวณและแสดงออกมาในรูปแบบเส้นสายที่เรียงต่อเนื่องกันจนกลายเป็นพื้นผิว จึงสามารถสร้างรูปทรงต่างๆ ได้อย่างถูกต้องแม่นยำ ตั้งแต่รูปทรงง่ายๆ ไปจนถึงรูปทรงที่มีความซับซ้อน ที่สำคัญคือสามารถใช้ควบคู่กับ Grasshopper Plug-in ของโปรแกรมนี้อ ซึ่งถือเป็นซอฟต์แวร์หลักที่ใช้ในการจำลองแสงสะท้อนของดวงอาทิตย์จากเปลือกอาคาร

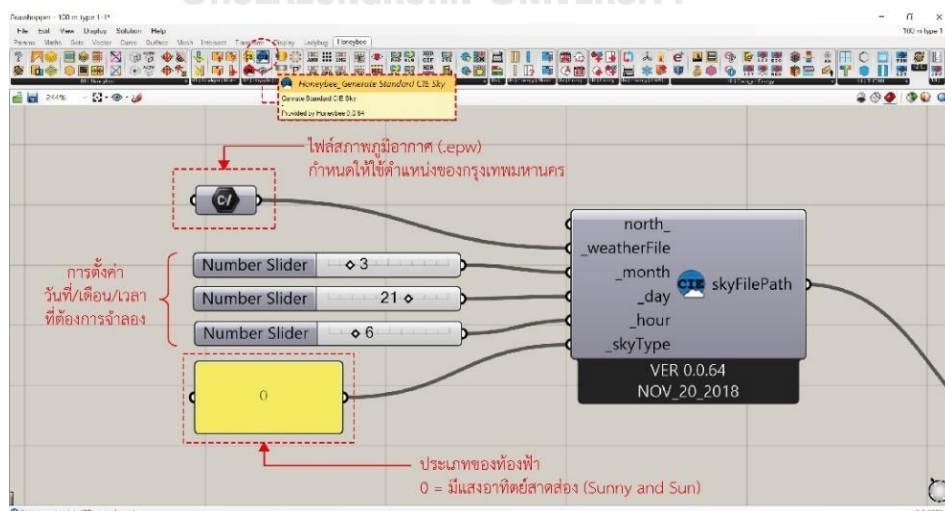


ภาพที่ 34 ตัวอย่างการสร้างแบบจำลองอาคารกรณีศึกษาโดยโปรแกรม Rhinoceros

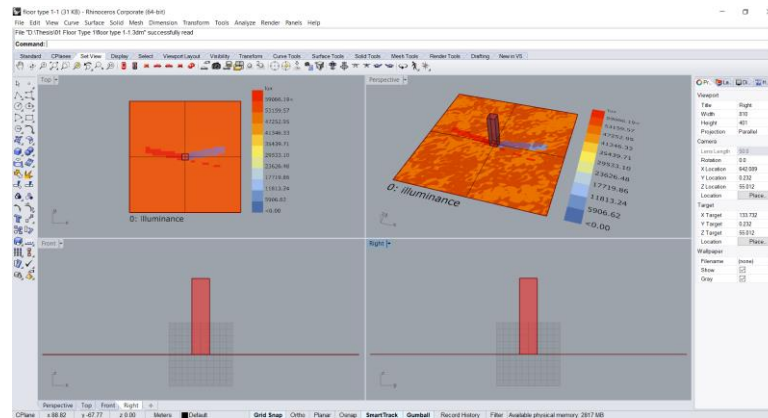
ในขั้นตอนการจำลองแสงสะท้อนจากเปลือกอาคารกระจก ได้ใช้ Plug-in ของโปรแกรม Rhinoceros คือ Grasshopper ในการหาทิศทางของแสงสะท้อน รวมถึงค่าความส่องสว่างของแสงสะท้อนที่กระทำต่อสภาพแวดล้อมโดยรอบ โดยในโปรแกรม Grasshopper มี Plug-in ที่สำคัญคือ Ladybug และ Honeybee ซึ่งเป็นชุดคำสั่งที่สามารถนำมาใช้ประกอบกันในการคำนวณหาแสงสะท้อนจากเปลือกอาคารได้โดยตรง โดยมีรายละเอียดของการกำหนดค่าต่างๆ ในโปรแกรม ดังนี้

3.3.3.1 การกำหนดค่าของท้องฟ้า

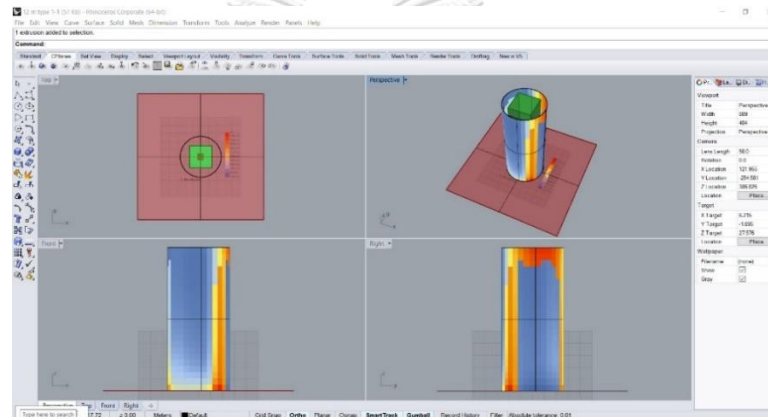
สำหรับการกำหนดค่าของท้องฟ้าและแสงอาทิตย์ของงานวิจัยนี้ ได้เลือกตั้งค่าโหมดท้องฟ้าเป็น Standard CIE Sky หรือค่าพื้นฐานของท้องฟ้า โดยกำหนดให้ใช้ไฟล์สภาพภูมิอากาศ (Weather File) ในตำแหน่งของกรุงเทพมหานคร และกำหนดรูปแบบของท้องฟ้า (Sky Type) ให้เป็นรูปแบบที่มีแสงอาทิตย์สดใส (Sunny and Sun) โดยมีรายละเอียดดังภาพที่ 35



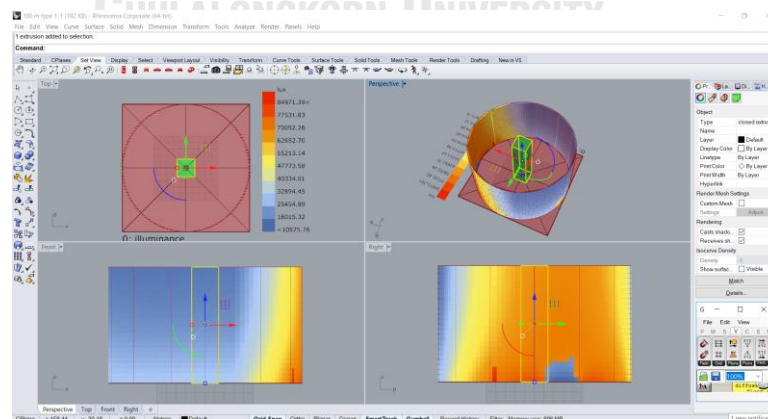
ภาพที่ 35 การกำหนดค่าพื้นฐานของท้องฟ้าและแสงอาทิตย์โดยโปรแกรม Grasshopper



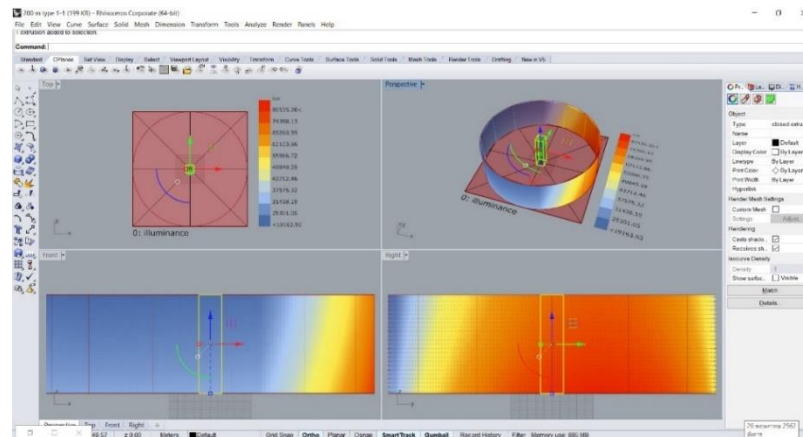
ภาพที่ 38 ตัวอย่างการจำลองหาทิศทางและค่าความส่องสว่างของแสงที่สะท้อนจากเปลือกอาคารกรณีศึกษาลงบนพื้นราบ โดยโปรแกรม Rhinoceros และ Grasshopper Plug-in



ภาพที่ 39 ตัวอย่างการจำลองหาทิศทางและค่าความส่องสว่างของแสงที่สะท้อนจากเปลือกอาคารกรณีศึกษา ในตำแหน่งรัศมี 12 เมตร โดยรอบอาคารกรณีศึกษา โดยโปรแกรม Rhinoceros และ Grasshopper Plug-in



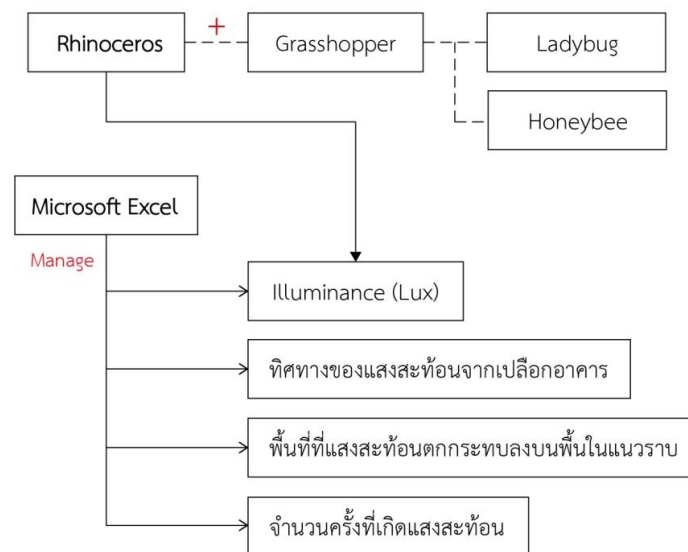
ภาพที่ 40 ตัวอย่างการจำลองหาทิศทางและค่าความส่องสว่างของแสงที่สะท้อนจากเปลือกอาคารกรณีศึกษา ในตำแหน่งรัศมี 100 เมตร โดยรอบอาคารกรณีศึกษา โดยโปรแกรม Rhinoceros และ Grasshopper Plug-in



ภาพที่ 41 ตัวอย่างการจำลองหาทิศทางและค่าความส่องสว่างของแสงที่สะท้อนจากเปลือกอาคารกรณีศึกษา ในตำแหน่งรัศมี 200 เมตร โดยรอบอาคารกรณีศึกษา โดยโปรแกรม Rhinoceros และ Grasshopper Plug-in

3.4 การเรียบเรียงข้อมูล

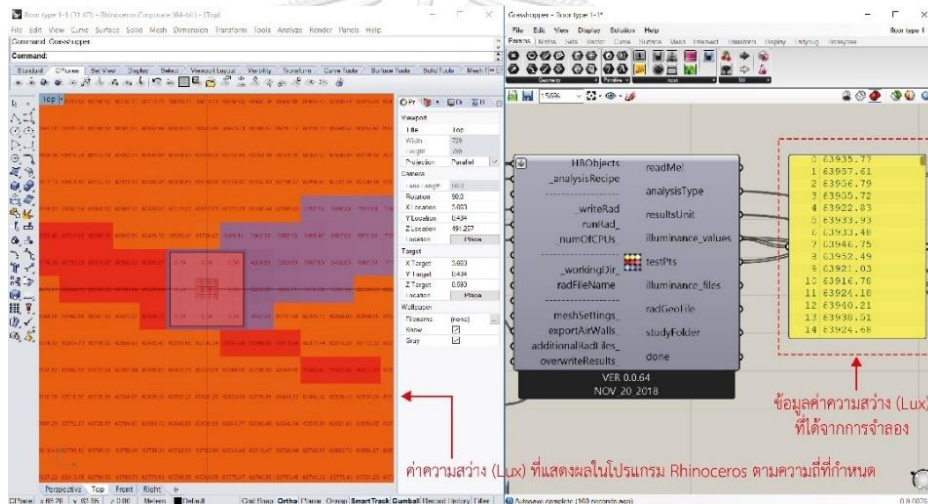
ในงานวิจัยนี้ จะทำการเรียบเรียงข้อมูลโดยแบ่งข้อมูลออกเป็น 4 ส่วน ตามแนวทางในการวิเคราะห์ข้อมูล ได้แก่ ทิศทางของแสงที่สะท้อนจากเปลือกอาคาร พื้นที่ที่แสงสะท้อนตกกระทบบนพื้นในแนวราบ ขนาด 500 เมตร x 500 เมตร เวลาที่เกิดแสงสะท้อนจากเปลือกอาคารกระทำต่อสภาพแวดล้อมโดยรอบในสภาพแวดล้อมที่แตกต่างกัน และค่าความส่องสว่าง (Illuminance) ของแสงสะท้อนจากเปลือกอาคาร โดยใช้โปรแกรม Microsoft Excel ในการสร้างแผนภูมิและจัดการข้อมูลทางสถิติต่างๆ ดังภาพที่ 42



ภาพที่ 42 แนวทางในการเรียบเรียงข้อมูลด้วยโปรแกรมทางคอมพิวเตอร์

เมื่อทำการจำลองเพื่อหาค่าความส่องสว่างโดยโปรแกรม Rhinoceros จะได้ค่าความส่องสว่างของแสงสะท้อนจากเปลือกอาคารในแต่ละจุดออกมาเป็นตัวเลขจำนวนมากตามความถี่ที่กำหนดไว้ โดยแสดงผลออกมาเป็นภาพสามมิติในโปรแกรม Rhinoceros และแสดงตัวเลขข้อมูลดิบของค่าความส่องสว่างทั้งหมดในโปรแกรม Grasshopper จากนั้นต้องทำการคัดลอกข้อมูลดิบที่ได้มาวางลงในตารางของโปรแกรม Microsoft Excel เพื่อทำการเรียงเรียงข้อมูล รวมถึงสร้างแผนภูมิสำหรับนำไปวิเคราะห์ต่อไป ซึ่งค่าความส่องสว่างที่ผ่านการเรียงเรียงข้อมูลแล้วนี้ ยังเป็นตัวบ่งบอกถึงทิศทางของแสงที่สะท้อนจากเปลือกอาคาร พื้นที่ที่แสงสะท้อนตกกระทบบนพื้นในแนวราบ ขนาด 500 เมตร x 500 เมตร และจำนวนเวลาที่เกิดแสงสะท้อนจากเปลือกอาคารกระทำต่อสภาพแวดล้อมโดยรอบที่แตกต่างกัน โดยมีรายละเอียด ดังนี้

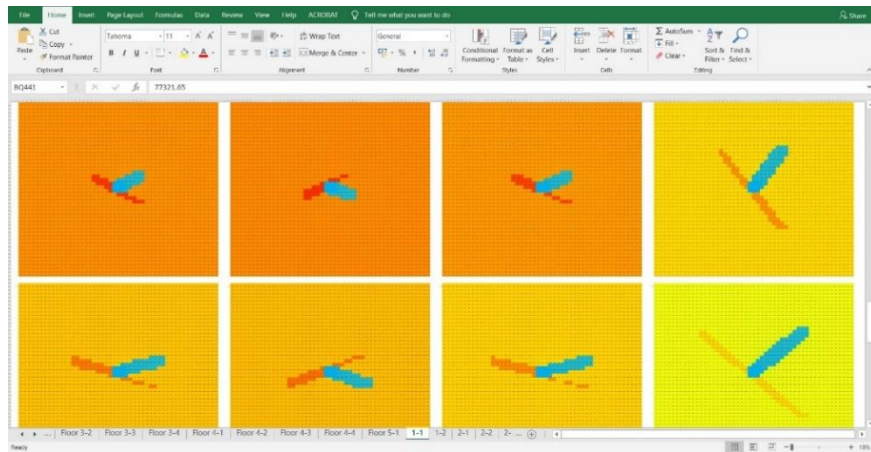
3.4.1 การหาค่าความส่องสว่าง (Illuminance) ของแสงสะท้อนจากเปลือกอาคาร



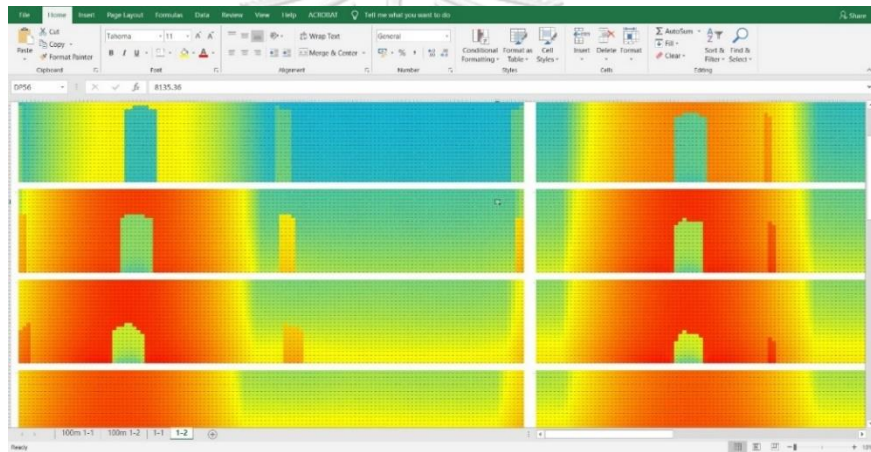
ภาพที่ 43 ข้อมูลค่าความส่องสว่างที่ได้จากการจำลองโดยโปรแกรม Grasshopper

	6.00 m.	7.00 m.	8.00 m.	9.00 m.	10.00 m.	11.00 m.	12.00 m.	13.00 m.	14.00 m.	15.00 m.	16.00 m.	17.00 m.	18.00 m.	6.00 m.	7.00 m.	8.00 m.	9.00 m.	
Zone 2	0	1210.37	10146.11	33187.41	25294.1	29450.59	33489.38	36733.54	49264.47	65386.77	75205.02	14734.06	8992.68	4859.43	2460.85	8660.01	17797.7	2533
Zone 1	22	1206.66	10138.5	33465.14	43455.83	29930.07	33949.48	36767.76	50204.35	66193.41	73480.21	11310.69	8601.42	4866.53	2437.13	8624.41	17709.15	2537

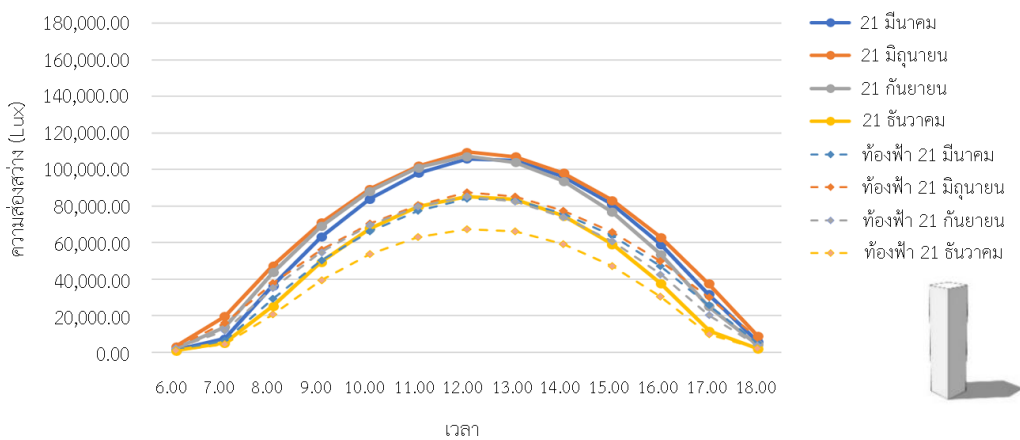
ภาพที่ 44 ตัวอย่างการรวบรวมและจัดเก็บข้อมูลค่าความส่องสว่างโดยโปรแกรม Microsoft Excel



ภาพที่ 45 ตัวอย่างการนำข้อมูลค่าความส่องสว่างที่ได้จากการจำลองมาเรียบเรียง
โดยโปรแกรม Microsoft Excel

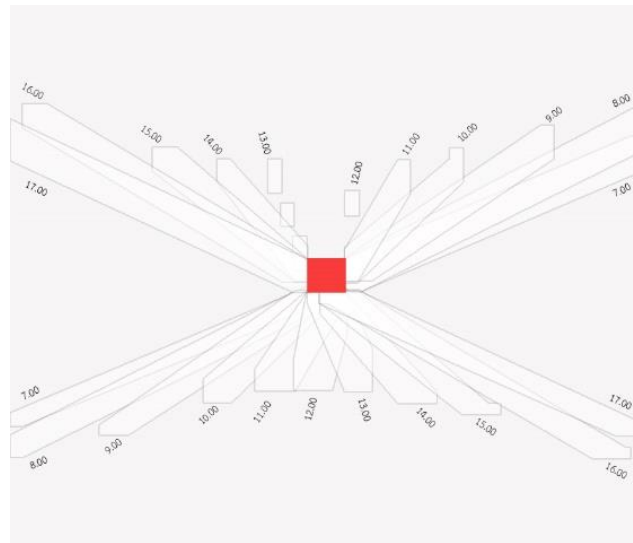


ภาพที่ 46 ตัวอย่างการนำข้อมูลค่าความส่องสว่างที่ได้จากการจำลองมาเรียบเรียง
โดยการคลี่รูปทรงกระบอกออกมาให้เห็นทิศของแสงสะท้อน โดยโปรแกรม Microsoft Excel



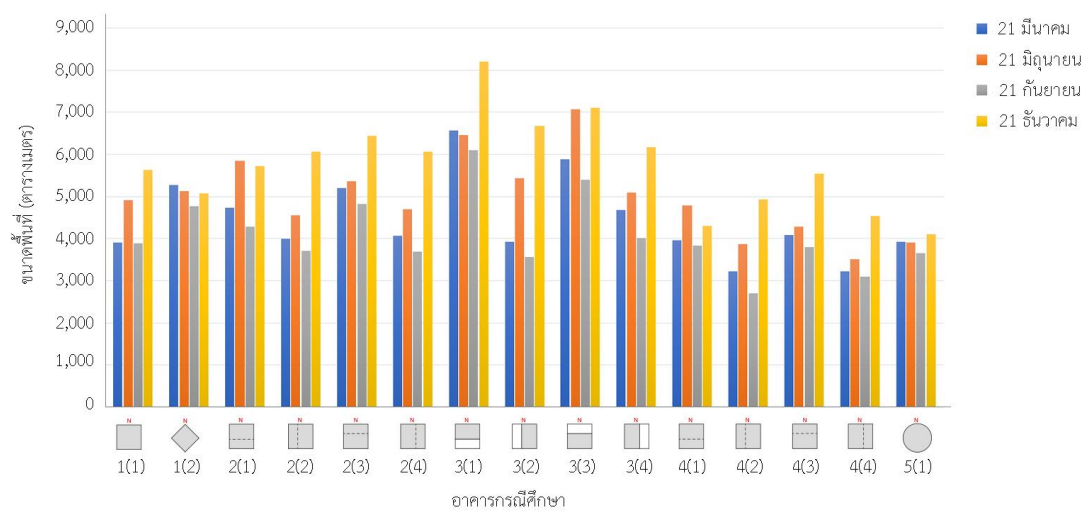
แผนภูมิที่ 1 ตัวอย่างแผนภูมิค่าความส่องสว่างของแสงสะท้อนจากเปลือกอาคารในแต่ละเวลา
ของแต่ละวันที่ทำการจำลอง

3.4.2 ทิศทางของแสงที่สะท้อนจากเปลือกอาคาร



ภาพที่ 47 ตัวอย่างภาพแสดงทิศทางของแสงที่สะท้อนจากเปลือกอาคาร

3.4.3 พื้นที่ที่แสงสะท้อนตกกระทบลงบนพื้นในแนวราบ ขนาด 500 เมตร x 500 เมตร คำนวณจากข้อมูลเดียวกันกับทิศทางของแสงสะท้อน โดยนับเฉพาะพื้นที่ที่แสงสะท้อนตกกระทบลงบนพื้น (ตารางเมตร)



แผนภูมิที่ 2 ตัวอย่างแผนภูมิแท่งเปรียบเทียบขนาดพื้นที่เฉลี่ยของแสงสะท้อนจากเปลือกอาคารที่ตกกระทบลงบนพื้นในแนวราบ

3.4.4 เวลาที่แสงสะท้อนจากเปลือกอาคารกระทำต่อสภาพแวดล้อมโดยรอบที่แตกต่างกัน วิเคราะห์จากข้อมูลแสงสะท้อนของทุกต้นชั่วโมงตลอด 13 ชั่วโมง ในวันสำคัญทั้ง 4 วัน ของสภาพแวดล้อมโดยรอบทั้งแนวราบและแนวตั้ง โดยจะคำนวณออกมาเป็นเปอร์เซ็นต์ที่เกิดแสงสะท้อน

บทที่ 4

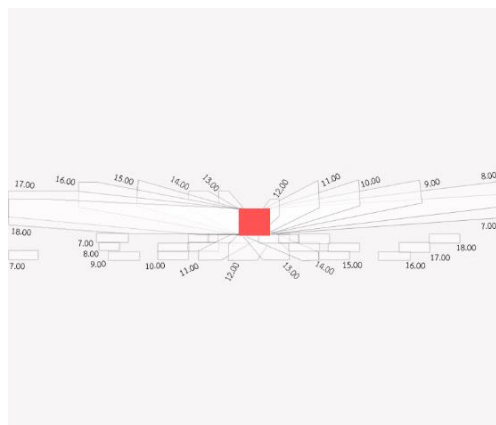
ผลการวิจัย

จากการจำลองเพื่อหาแสงสะท้อนจากเปลือกอาคารของอาคารกรณีศึกษาทั้ง 5 รูปทรง ที่กระทำต่อสภาพแวดล้อมโดยรอบที่แตกต่างกันทั้ง 4 แบบ ด้วยโปรแกรม Rhinoceros และ Grasshopper Plug-in ได้แบ่งผลการวิจัยออกเป็น 4 ส่วน ดังนี้

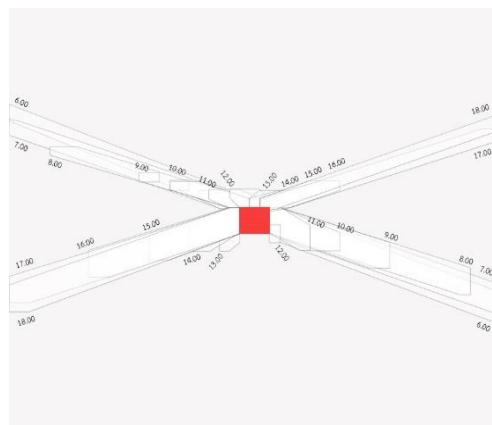
- 4.1 ทิศทางของแสงที่สะท้อนจากเปลือกอาคาร
- 4.2 ขนาดพื้นที่ที่แสงสะท้อนตกกระทบบนพื้นในแนวราบ
- 4.3 เวลาที่แสงสะท้อนจากเปลือกอาคารกระทำต่อสภาพแวดล้อมโดยรอบ
- 4.4 ความส่องสว่าง (Illuminance) ของแสงที่สะท้อนจากเปลือกอาคาร
 - 4.4.1 ความส่องสว่างของแสงที่สะท้อนจากเปลือกอาคารลงบนพื้นในแนวราบ
 - 4.4.2 ความส่องสว่างของแสงที่สะท้อนจากเปลือกอาคารต่อบริบทโดยรอบในแนวตั้ง

4.1 ทิศทางของแสงที่สะท้อนจากเปลือกอาคาร

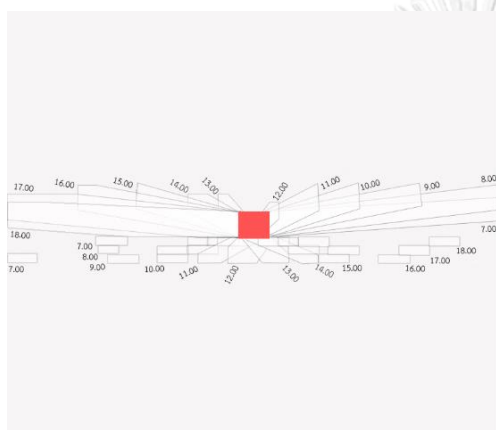
รูปทรงของอาคาร เป็นหนึ่งในปัจจัยหลักที่ส่งผลโดยตรงต่อทิศทางและตำแหน่งในการเกิดแสงสะท้อนจากเปลือกอาคารในเวลาต่างๆ ตลอดทั้งวัน ในการออกแบบอาคารสูง การทราบทิศทางของการเกิดแสงสะท้อนจากเปลือกอาคารในแต่ละช่วงเวลาก่อนล่วงหน้า จะทำให้ผู้ออกแบบสามารถประเมินผลกระทบด้านแสงสะท้อนจากเปลือกอาคารได้ในระดับหนึ่ง โดยจากการจำลองการเกิดแสงสะท้อนลงบนพื้นในแนวราบบนพื้นที่ขนาด 500 เมตร x 500 เมตร ทิศทางของแสงที่สะท้อนจากเปลือกอาคารกรณีศึกษาแต่ละรูปทรง มีดังนี้



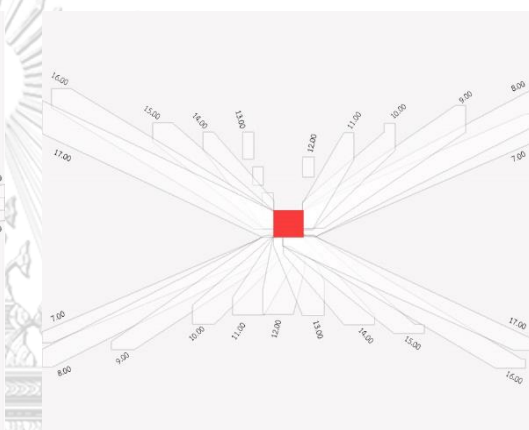
เดือนมีนาคม



เดือนมิถุนายน



เดือนกันยายน



เดือนธันวาคม

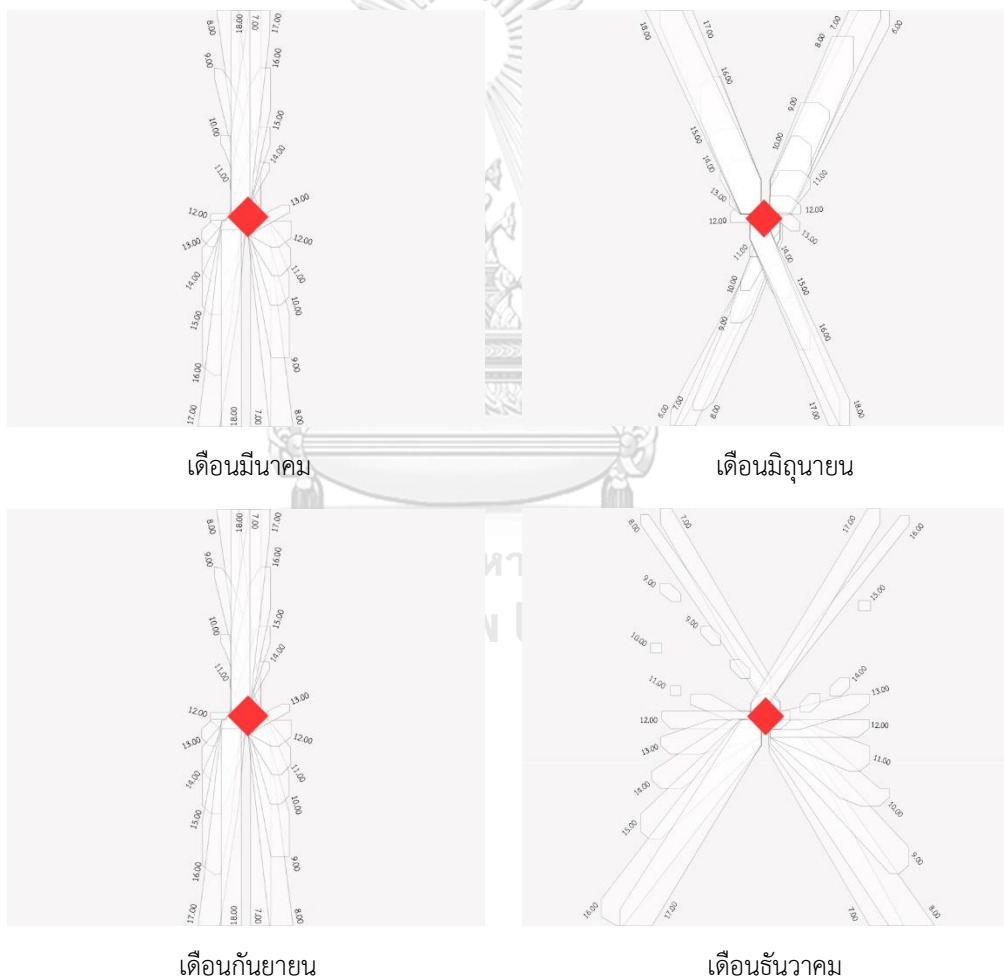
ภาพที่ 48 ทิศทางของแสงสะท้อนจากเปลือกอาคารกรณีศึกษารูปทรงที่ 1(1):

รูปทรงสี่เหลี่ยมจัตุรัสเปลือกอาคารเรียบตรง

เมื่อพิจารณาข้อมูลจากวันและเวลาที่ได้ทำการศึกษาทั้งหมด พบว่า ช่วงเวลา 7.00 น. เป็นเวลาที่เริ่มมีแสงสะท้อนจากเปลือกอาคารกระทำต่อพื้นที่โดยรอบ มีเพียงเดือนมิถุนายนเท่านั้นที่เริ่มเกิดแสงสะท้อนตั้งแต่เวลา 6.00 น. เนื่องจากเป็นวันครีษมายัน ส่งผลให้ประเทศที่ตั้งอยู่ในแถบซีกโลกเหนืออย่างประเทศไทยจะมีกลางวันยาวนานกว่ากลางคืนมากที่สุด ดวงอาทิตย์จึงขึ้นเร็วและตกช้า ในทำนองเดียวกัน ทั้งเวลา 6.00 น. และ 18.00 น. ของเดือนธันวาคมจะไม่เกิดแสงสะท้อนเนื่องจากเป็นวันเหมายัน ซึ่งกลางวันจะยาวนานกว่ากลางคืนมากที่สุด ทำให้ดวงอาทิตย์ขึ้นช้าและตกเร็ว

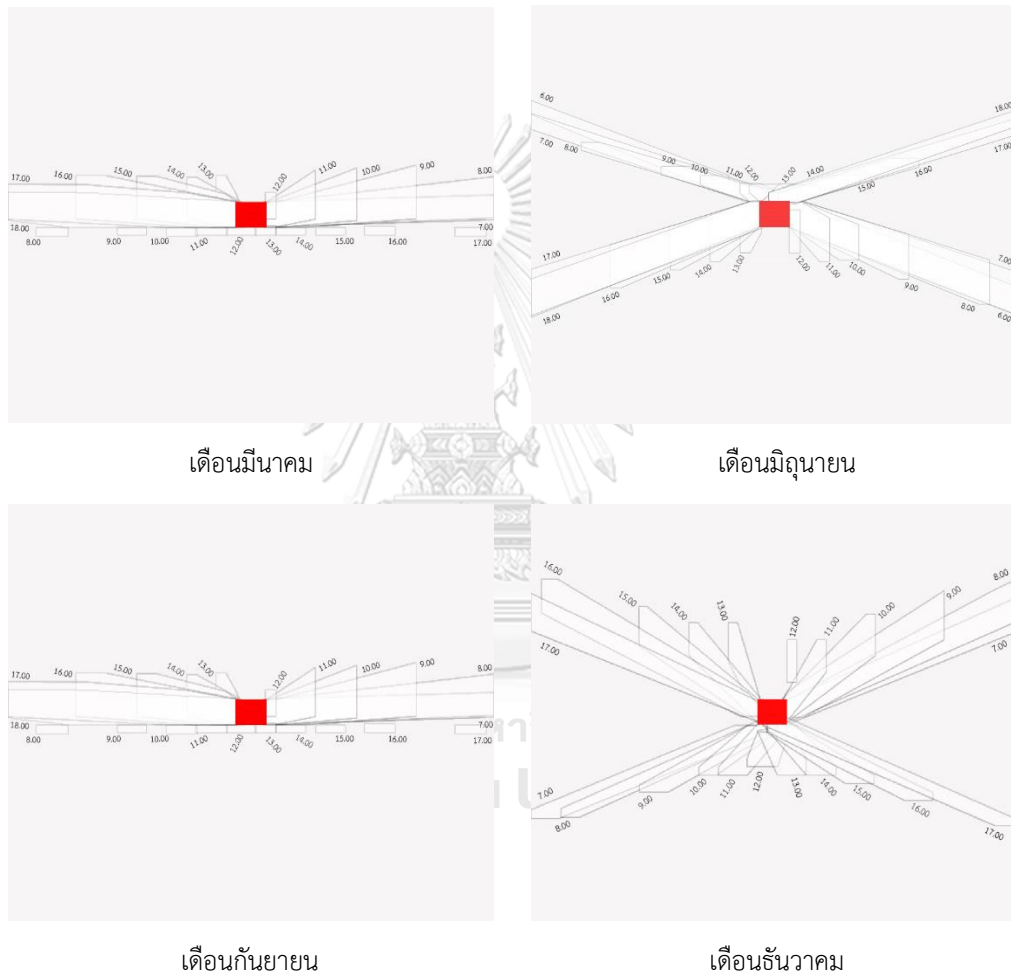
จากภาพที่ 48 เมื่อวิเคราะห์ทิศทางของแสงสะท้อนจากเปลือกอาคารกรณีศึกษารูปทรงที่ 1 ซึ่งเป็นรูปทรงสี่เหลี่ยมจัตุรัสเปลือกอาคารเรียบตรงและรูปด้านอาคารหันเข้าสู่ทิศหลักทั้ง 4 ทิศนั้นพบว่า ในเดือนมีนาคม กันยายน และธันวาคม ทิศทางของแสงสะท้อนที่เกิดขึ้นจะเป็นแนวตรงทอด

ยาวผ่านตัวอาคารจากทิศตะวันออกเฉียงเหนือไปทิศตะวันตกเฉียงใต้ โดยแสงสะท้อนเริ่มเกิดขึ้นทางทิศตะวันออกเฉียงเหนือในตอนเช้า และเคลื่อนที่วนทวนเข็มนาฬิกาไปจนถึงทิศตะวันตกเฉียงเหนือในตอนเย็น โดยแสงสะท้อนในเดือนมีนาคมและเดือนกันยายนจะมีความใกล้เคียงกันมาก เนื่องจากทั้ง 2 วันเป็นวันอีควิน็อกซ์ ส่วนแสงสะท้อนในเดือนธันวาคมจะมีทิศทางที่ใกล้เคียงกัน แต่แสงสะท้อนทำมุมกว้างกว่าและยาวกว่าเดือนอื่นๆ เนื่องจากการเคลื่อนที่อ้อมได้ของดวงอาทิตย์ในวันเหล่านั้น ในขณะที่แสงสะท้อนในเดือนมิถุนายนหรือวันครีษมายันจะแตกต่างออกไป เนื่องจากทิศทางของแสงสะท้อนจะเริ่มจากทิศตะวันออกเฉียงใต้ และเคลื่อนที่วนตามเข็มนาฬิกาไปจนถึงทิศตะวันตกเฉียงใต้ โดยแสงสะท้อนในช่วงเวลาเช้าและเย็นจะมีลักษณะทอดยาวไปไกล ในขณะที่แสงสะท้อนในช่วงกลางวันจะมีขนาดที่สั้นกว่ามากตามตำแหน่งของดวงอาทิตย์



ภาพที่ 49 ทิศทางของแสงสะท้อนจากเปลือกอาคารกรณีศึกษารูปทรงที่ 1(2):
รูปทรงสี่เหลี่ยมจัตุรัสเปลือกอาคารเรียบตรง เอียง 45 องศา

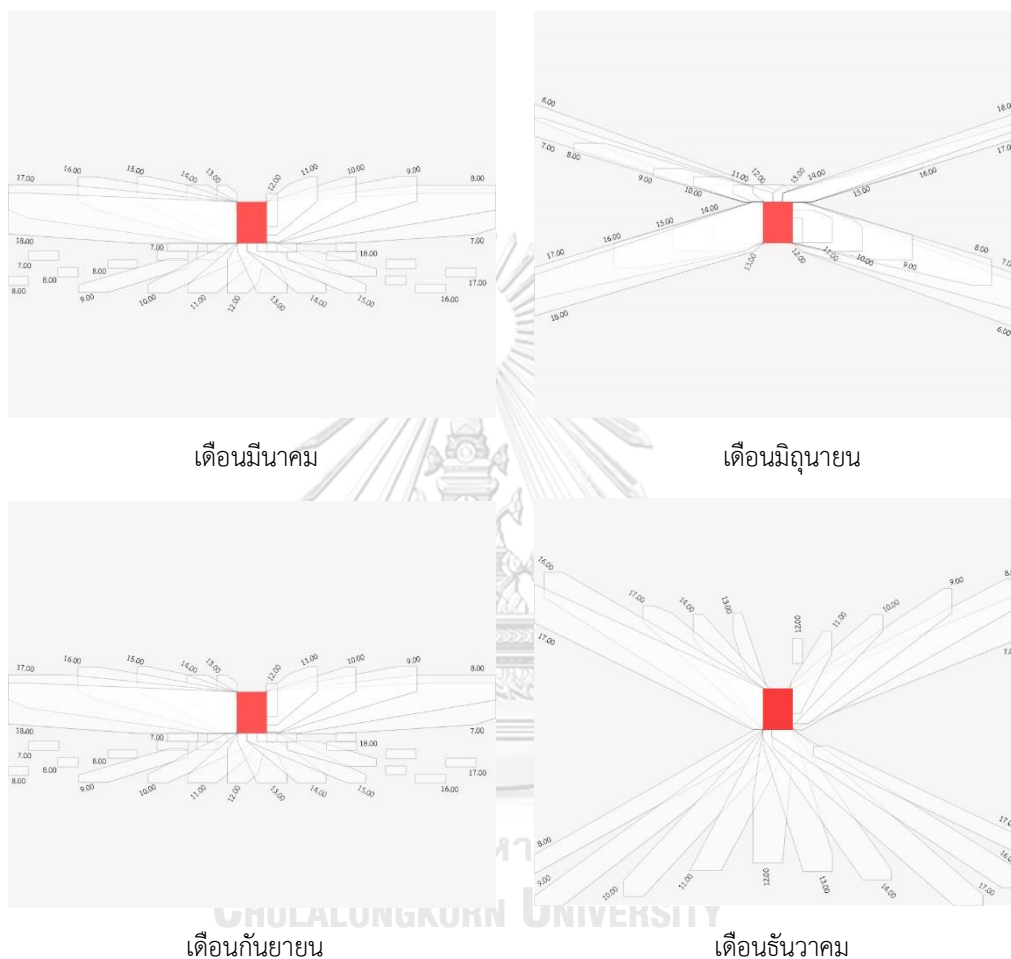
จากภาพที่ 49 เมื่อพิจารณาทิศทางของแสงสะท้อนจากเปลือกอาคารกรณีศึกษารูปทรงที่ 1 ซึ่งเป็นรูปทรงสี่เหลี่ยมจัตุรัสเปลือกอาคารเรียบตรง แต่วางผังอาคารเอียง 45 องศา ทำให้มุมอาคารทั้ง 4 ด้าน หันเข้าสู่ทิศหลักทั้ง 4 ทิศ พบว่า แสงสะท้อนที่เกิดขึ้นมีทิศทางที่ตั้งฉากกับแสงสะท้อนจากเปลือกอาคารรูปทรงสี่เหลี่ยมจัตุรัสแบบแรก โดยมีขนาดความยาวของแสงสะท้อนที่ตกกระทบลงบนพื้นในแต่ละเวลาใกล้เคียงกัน และทิศทางของแสงสะท้อนในเดือนธันวาคม มีการกระจายตัวในหลากหลายทิศทางเป็นบริเวณมากที่สุด



ภาพที่ 50 ทิศทางของแสงสะท้อนจากเปลือกอาคารกรณีศึกษารูปทรงที่ 2(1): รูปทรงสี่เหลี่ยมเปลือกอาคารลาดเอียงเข้าหาอาคารในแนวตั้ง (หันด้านที่ลาดเอียงทางทิศใต้)

จากภาพที่ 50 เมื่อพิจารณาทิศทางของแสงสะท้อนจากเปลือกอาคารรูปทรงสี่เหลี่ยมเปลือกอาคารลาดเอียงเข้าหาอาคารในแนวตั้งและหันด้านที่ลาดเอียงไปทางทิศใต้ พบว่า แสงสะท้อนจากเปลือกอาคารในแต่ละเดือน มีทิศทางเดียวกันกับอาคารรูปทรงสี่เหลี่ยมจัตุรัส แต่ขนาดของแสงสะท้อนในแต่ละเวลามีความกว้างที่มากกว่า และมีแสงที่สะท้อนมาทางด้านทิศใต้ที่สั้นกว่า เนื่องจาก

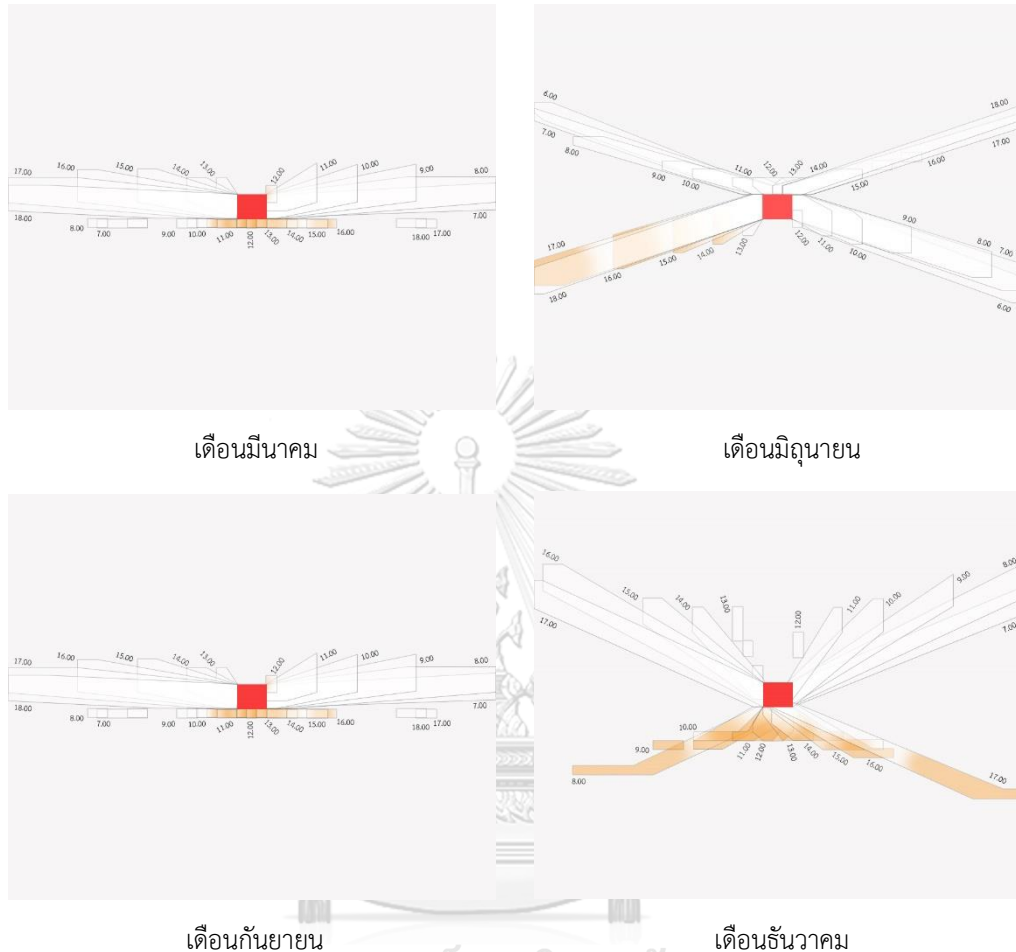
ในภาพนี้แสดงทิศทางของอาคารที่หันด้านที่ลาดเอียงทางทิศใต้ ในเดือนธันวาคมซึ่งเป็นเดือนที่ดวงอาทิตย์เคลื่อนที่อ้อมได้มากที่สุด จึงส่งผลให้แสงที่สะท้อนตกกระทบบนผิวเปลือกอาคารที่ลาดเอียงเข้าไปในทิศทางเดียวกับรังสีอาทิตย์ สะท้อนลงบนพื้นราบในบริเวณใกล้กับตัวอาคาร ความยาวของแสงสะท้อนจึงทอดยาวน้อยลง



ภาพที่ 51 ทิศทางของแสงสะท้อนจากเปลือกอาคารกรณีศึกษารูปทรงที่ 3(1):
รูปทรงสี่เหลี่ยมเปลือกอาคารลาดเอียงออกจากอาคารในแนวตั้ง (หันด้านที่ลาดเอียงทางทิศใต้)

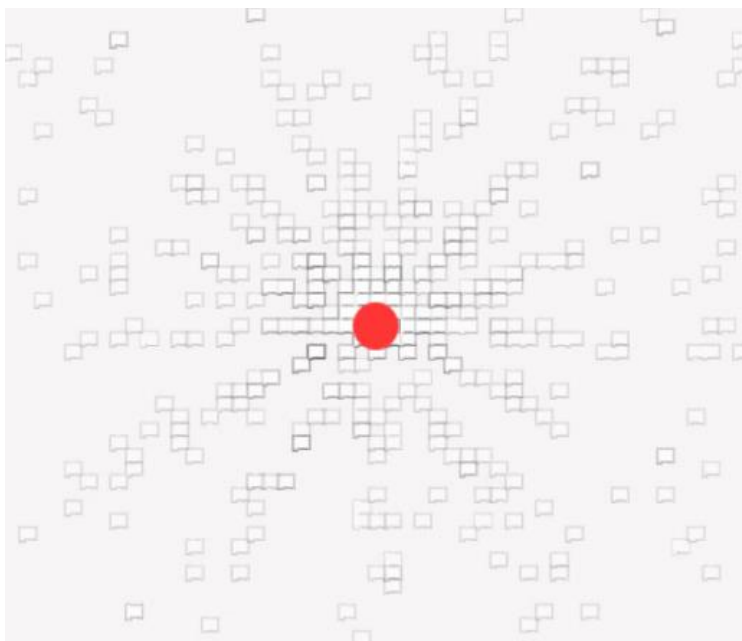
จากภาพที่ 51 เมื่อพิจารณาทิศทางของแสงสะท้อนจากเปลือกอาคารรูปทรงสี่เหลี่ยมเปลือกอาคารลาดเอียงออกจากอาคารในแนวตั้งและหันด้านที่ลาดเอียงไปทางทิศใต้ พบว่า แสงสะท้อนจากเปลือกอาคารในแต่ละเดือนมีทิศทางเดียวกันกับอาคารรูปทรงสี่เหลี่ยมจัตุรัสเช่นกัน แต่ขนาดของแสงสะท้อนในแต่ละเวลามีความกว้างที่มากกว่า รวมทั้งมีความยาวที่มากกว่าอาคารรูปทรงอื่นในวันและเวลาเดียวกันเป็นอย่างมาก โดยเฉพาะเมื่อหันด้านที่ลาดเอียงไปทางทิศใต้ ในเดือนธันวาคมที่ดวงอาทิตย์เคลื่อนที่อ้อมได้ รังสีอาทิตย์จึงกระทบกับเปลือกอาคารด้านที่ลาดเอียงได้โดยตรงเกือบตลอด

ทั้งวัน ส่งผลให้แสงสะท้อนโดยเฉพาะทางฝั่งทิศใต้มีความทอดยาวมาก และกินพื้นที่ในแนวราบเป็นบริเวณมาก



ภาพที่ 52 ทิศทางของแสงสะท้อนจากเปลือกอาคารกรณีศึกษารูปทรงที่ 4(1):
รูปทรงสี่เหลี่ยมเปลือกอาคารโค้งเว้า (หน้าด้านที่ลาดเอียงทางทิศใต้)

สำหรับแสงสะท้อนจากอาคารรูปทรงโค้งเว้า ดังภาพที่ 52 รูปแบบของแสงสะท้อนจากเปลือกอาคารจะมีลักษณะรวมแสงไปยังจุดใดจุดหนึ่งในเวลาใดเวลาหนึ่ง เปรียบเสมือนการทำงานของแว่นขยาย ซึ่งส่งผลให้บริเวณที่เป็นจุดรวมแสงมีค่าความส่องสว่างของแสงสะท้อนมากกว่าจุดอื่นๆ แต่เมื่อพิจารณาเฉพาะทิศทางของแสงสะท้อน พบว่า แม้รูปแบบของแสงสะท้อนจะมีลักษณะรวมแสง แต่ในวันและเวลาเดียวกัน แสงสะท้อนยังคงทอดยาวไปในทิศทางเดียวกันกับอาคารรูปทรงสี่เหลี่ยมจัตุรัส โดยจากภาพ เมื่อหน้าด้านที่โค้งเว้าทางทิศใต้ ค่าความส่องสว่างสูงสุดจะเกิดขึ้นที่ส่วนปลายของแสงสะท้อน ซึ่งแสดงให้เห็นในบริเวณที่เป็นพื้นที่สีส้มตามภาพ



ภาพที่ 53 ทิศทางของแสงสะท้อนจากเปลือกอาคารกรณีศึกษารูปทรงที่ 5(1): รูปทรงดวงกวาง

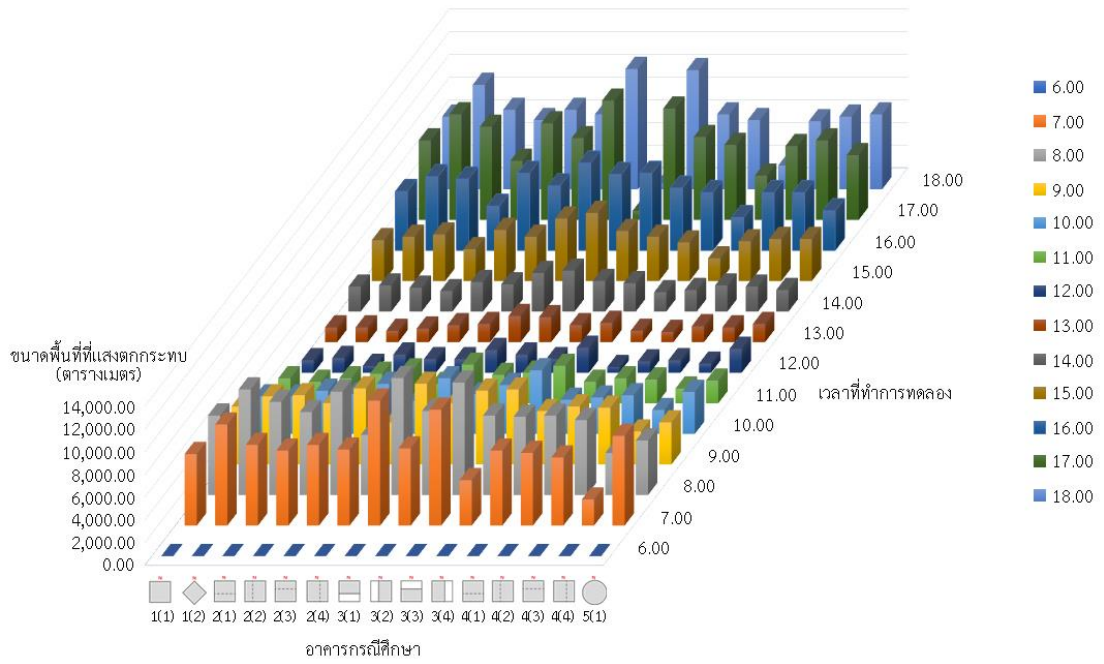
จากภาพที่ 53 เมื่อพิจารณาทิศทางของแสงสะท้อนจากเปลือกอาคารรูปทรงดวงกวาง พบว่าทิศทางของแสงสะท้อนมีความกระจายตัวไปในทุกทิศทางโดยไม่สามารถระบุทิศหรือตำแหน่งของแสงสะท้อนที่แน่นอนได้ตลอดทั้งวันที่ทำการจำลอง จึงถือเป็นรูปทรงที่ส่งผลกระทบต่อด้านแสงสะท้อนกระจายตัวเป็นวงกว้างมากที่สุด

อย่างไรก็ตาม การจำลองทิศทางของแสงสะท้อนในแนวราบของงานวิจัยนี้ ได้วิเคราะห์บนพื้นที่สี่เหลี่ยมจัตุรัสขนาด 500 เมตร x 500 เมตร เท่านั้น โดยมีอาคารกรณีศึกษาตั้งอยู่ตรงกลางพื้นที่ซึ่งในความเป็นจริง ในช่วงเวลาเช้าและเย็น แสงสะท้อนสามารถสะท้อนไปไกลกว่าพื้นที่ที่ทำการจำลองดังกล่าว โดยอาจสะท้อนไปได้ไกลกว่า 10 กิโลเมตร ดังนั้น หากต้องการทราบระยะทางทั้งหมดของแสงสะท้อน จึงจำเป็นต้องวิเคราะห์ในพื้นที่ขนาดใหญ่ขึ้นหรือมีความละเอียดมากยิ่งขึ้น ซึ่งอาจส่งผลให้มีระยะเวลาที่ใช้ในการจำลองเพิ่มมากขึ้นอีกด้วย

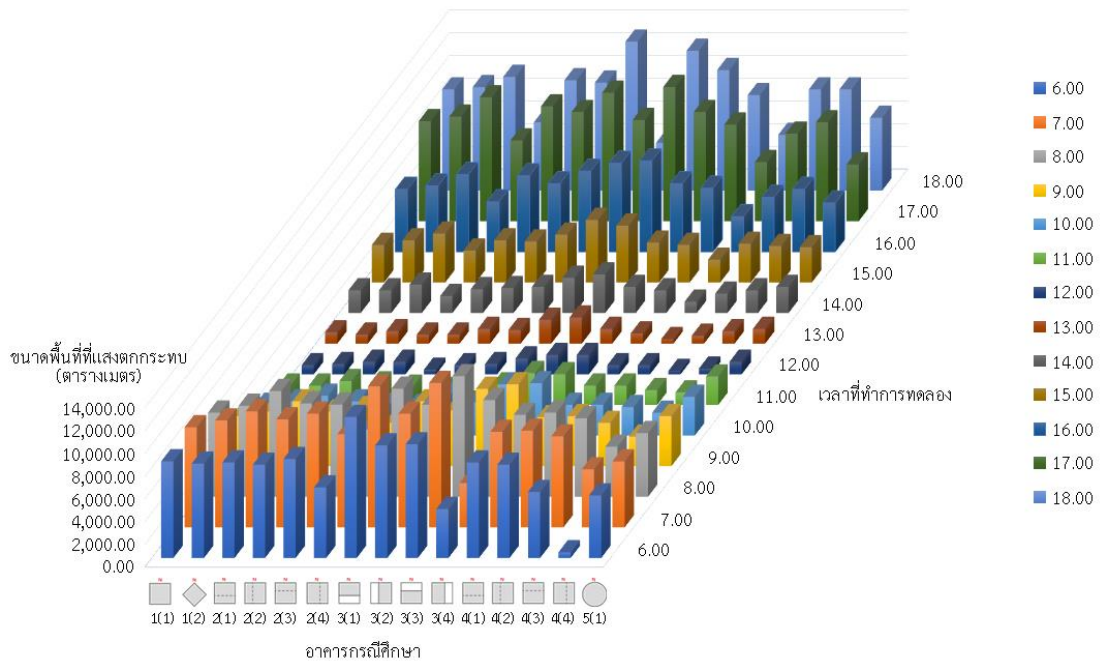
หมายเหตุ: รูปแบบทิศทางการสะท้อนในแต่ละช่วงเวลาของอาคารกรณีศึกษาแต่ละรูปทรง สามารถดูได้ที่ภาคผนวก ก

4.2 พื้นที่ที่แสงสะท้อนตกกระทบลงบนพื้นในแนวราบ

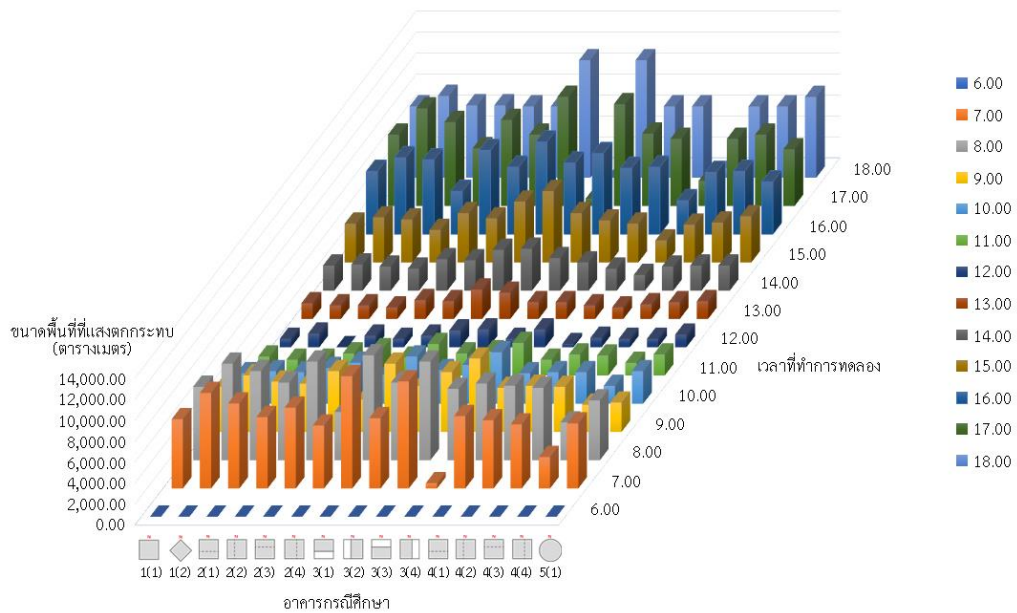
ขนาดพื้นที่ที่แสงสะท้อนจากเปลือกอาคารตกกระทบลงบนพื้นในแนวราบ เป็นหนึ่งในเกณฑ์ที่นำมาใช้พิจารณาเปรียบเทียบ เพื่อวิเคราะห์ว่า อาคารรูปทรงใดที่ส่งผลกระทบต่อพื้นที่ในแนวราบเป็นบริเวณมากกว่ากัน ซึ่งสำหรับงานวิจัยนี้ ได้กำหนดพื้นที่ในการจำลองให้มีขนาดกว้าง 500 เมตร ยาว 500 เมตร รวมขนาดพื้นที่ 250,000 ตารางเมตร โดยมีรายละเอียดของผลการจำลอง ดังต่อไปนี้



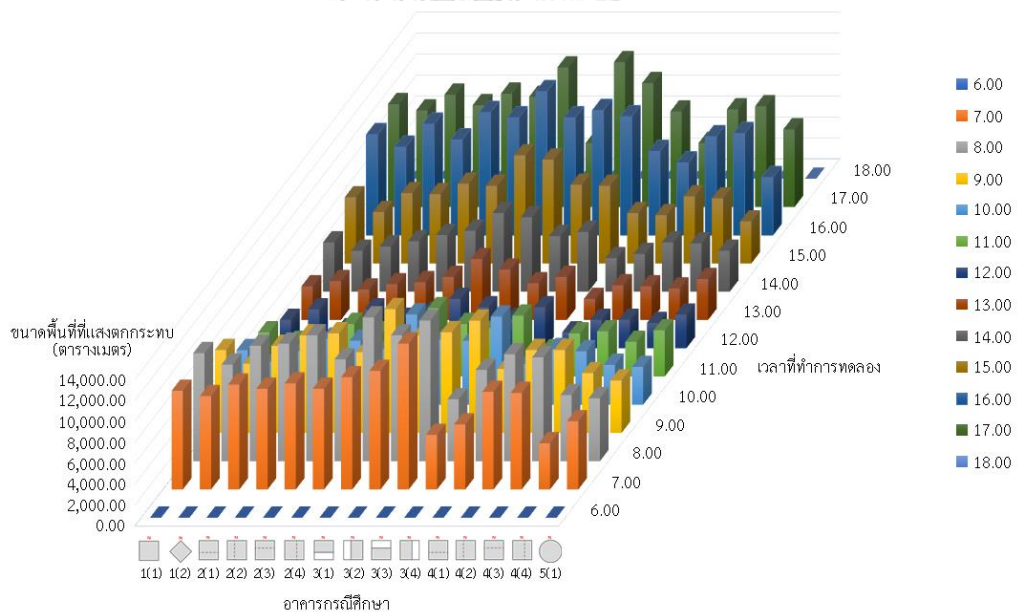
แผนภูมิที่ 3 แผนภูมิแสดงขนาดพื้นที่ที่แสงสะท้อนจากเปลือกอาคารตกระทบลงบนพื้นในแนวราบ
ขนาด 250,000 ตารางเมตร โดยรอบอาคาร ในวันที่ 21 มีนาคม



แผนภูมิที่ 4 แผนภูมิแสดงขนาดพื้นที่ที่แสงสะท้อนจากเปลือกอาคารตกระทบลงบนพื้นในแนวราบ
ขนาด 250,000 ตารางเมตร โดยรอบอาคาร ในวันที่ 21 มิถุนายน



แผนภูมิที่ 5 แผนภูมิแสดงขนาดพื้นที่ที่แสงสะท้อนจากเปลือกอาคารตกรกระทบลงบนพื้นในแนวราบ ขนาด 250,000 ตารางเมตร โดยรอบอาคาร ในวันที่ 21 กันยายน



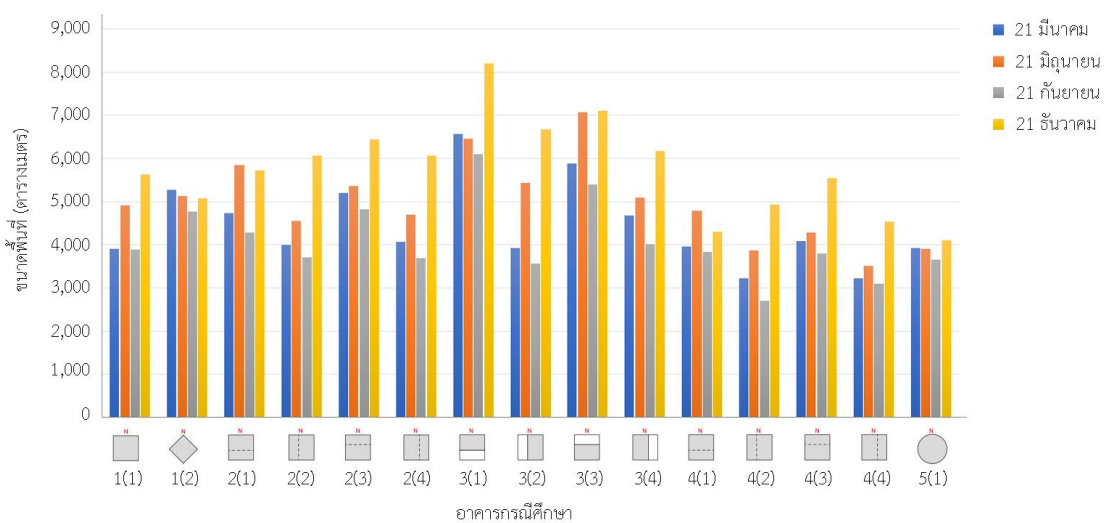
แผนภูมิที่ 6 แผนภูมิแสดงขนาดพื้นที่ที่แสงสะท้อนจากเปลือกอาคารตกรกระทบลงบนพื้นในแนวราบ ขนาด 250,000 ตารางเมตร โดยรอบอาคาร ในวันที่ 21 ธันวาคม

เมื่อพิจารณาข้อมูลจากวันและเวลาที่ได้ทำการศึกษาทั้งหมด พบว่า ในช่วงเช้าและเย็นที่ดวงอาทิตย์อยู่ในตำแหน่งที่ต่ำบนท้องฟ้า จะเป็นเวลาที่แสงสะท้อนตกรกระทบลงบนพื้นราบเป็นบริเวณมาก ในขณะที่ช่วงเวลา 11.00 - 13.00 น. จะเป็นช่วงเวลาที่แสงสะท้อนตกรกระทบลงบนพื้นเป็นบริเวณน้อยกว่าเวลาอื่นๆ ของวัน เนื่องจากดวงอาทิตย์อยู่ในตำแหน่งที่สูงบนท้องฟ้า โดยเดือน

ธันวาคมเป็นเดือนที่เกิดแสงสะท้อนตกระทบลงบนพื้นราบเป็นบริเวณมากที่สุด เนื่องจากเป็นเดือนที่ดวงอาทิตย์เคลื่อนที่อ้อมได้มากที่สุด จึงส่งผลให้เกิดแสงสะท้อนทอดยาวในแนวพื้นราบมากกว่าเดือนอื่นๆ ตลอดทั้งวัน

เมื่อพิจารณาแผนภูมิที่ 3 4 5 และ 6 พบว่า อาคารกรณีศึกษารูปทรงที่ 3 ซึ่งเป็นอาคารรูปทรงสี่เหลี่ยมเปลือกอาคารลาดเอียงออกจากอาคารในแนวตั้งและหันด้านที่ลาดเอียงไปทางทิศเหนือ เป็นรูปทรงที่ก่อให้เกิดแสงสะท้อนตกระทบลงบนพื้นราบเป็นบริเวณมากที่สุด คือ 13,900 ตารางเมตร ในเวลา 7.00 น. และ 13,800 ตารางเมตร ในเวลา 17.00 น. และเมื่อหันด้านที่ลาดเอียงไปทางทิศใต้ จะก่อให้เกิดแสงสะท้อนตกระทบลงบนพื้นราบ 13,700 ตารางเมตร ในเวลา 8.00 น. และ 16.00 น. ของเดือนธันวาคม ในขณะที่อาคารรูปทรงที่ 2 ซึ่งมีเปลือกอาคารลาดเอียงเข้าหาอาคารในแนวตั้งและหันด้านที่ลาดเอียงไปทางทิศใต้ แทบไม่ก่อให้เกิดแสงสะท้อนตกระทบลงบนพื้นเลยในเวลาที่เที่ยงตรงของเดือนกันยายน แต่ในช่วงเวลาเช้าและเย็นของเดือนมิถุนายนและธันวาคม อาคารรูปทรงนี้สามารถก่อให้เกิดแสงสะท้อนเป็นพื้นที่ถึงประมาณ 10,000 ตารางเมตรได้ ส่วนอาคารรูปทรงที่ 5 ที่มีรูปทรงเตี้ยกว่า แม้ลักษณะการสะท้อนแสงของอาคารรูปทรงนี้จะกระจายไปทุกทิศทางตลอดทั้งวัน แต่พื้นที่ที่แสงสะท้อนตกระทบลงบนพื้นในแนวราบก็มีขนาดพื้นที่โดยรวมในแต่ละเวลาไม่มากนักและใกล้เคียงกันทุกวันที่ทำการจำลอง และมีแผนภูมิตามพื้นที่เป็นรูปแบบเดียวกับกับรูปทรงอื่น คือ เกิดแสงสะท้อนในแนวราบเป็นบริเวณมากในช่วงเช้าและเย็น และเป็นบริเวณน้อยในช่วงเวลากลางวัน

หากเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของพื้นที่ที่แสงสะท้อนตกระทบลงบนพื้นราบของอาคารแต่ละรูปทรงที่ทำการจำลองทุกต้นชั่วโมง ทั้ง 4 วัน มีรายละเอียด ดังนี้



แผนภูมิที่ 7 แผนภูมิแท่งเปรียบเทียบขนาดพื้นที่เฉลี่ยของแสงสะท้อนจากเปลือกอาคารที่ตกระทบลงบนพื้นในแนวราบ ขนาด 250,000 ตารางเมตร ที่จำลองทุกต้นชั่วโมง ทั้ง 4 วัน ของแต่ละรูปทรง

จากแผนภูมิที่ 7 เมื่อเปรียบเทียบขนาดพื้นที่ที่แสงตกกระทบบนพื้นราบขนาด 500 เมตร x 500 เมตร ตลอดทั้งวันของทั้ง 4 วันที่ทำการจำลอง จะเห็นได้อย่างชัดเจนว่า ในเดือนธันวาคม อาคารทุกรูปทรงมีขนาดพื้นที่เฉลี่ยของแสงสะท้อนที่ตกกระทบบนพื้นราบเป็นบริเวณมากที่สุด และเดือนกันยายนมีขนาดพื้นที่เฉลี่ยน้อยที่สุด โดยรูปทรงที่ส่งผลกระทบมากที่สุด คือ อาคารกรณีศึกษารูปทรงที่ 3 ซึ่งเป็นอาคารรูปทรงสี่เหลี่ยมเปลือกอาคารลาดเอียงออกจากอาคารในแนวตั้ง และหันด้านที่ลาดเอียงไปทางทิศใต้ โดยมีพื้นที่เฉลี่ยมากกว่า 8,000 ตารางเมตร ในเดือนธันวาคม เนื่องจากรูปทรงอาคารเช่นนี้ มีลักษณะรูปทรงเปลือกอาคารที่เอียงรับแสงอาทิตย์ เมื่อหันด้านที่ลาดเอียงไปทางทิศใต้ ในเดือนธันวาคมที่ดวงอาทิตย์อ้อมใต้ จึงก่อให้เกิดการสะท้อนแสงของดวงอาทิตย์ เป็นมุมที่ลาดยาวลงบนพื้นดินตลอดทั้งวัน และถึงแม้รังสีจากดวงอาทิตย์จะตกกระทบบเปลือกอาคาร จากมุมสูงก็ยังสามารถก่อให้เกิดแสงสะท้อนในแนวราบได้ และยากที่อาคารอื่นรอบข้างจะช่วยบดบังได้อีกด้วย อาคารรูปทรงที่ 3 นี้จึงเป็นรูปทรงที่ส่งผลกระทบโดยตรงต่อพื้นที่ในแนวราบ

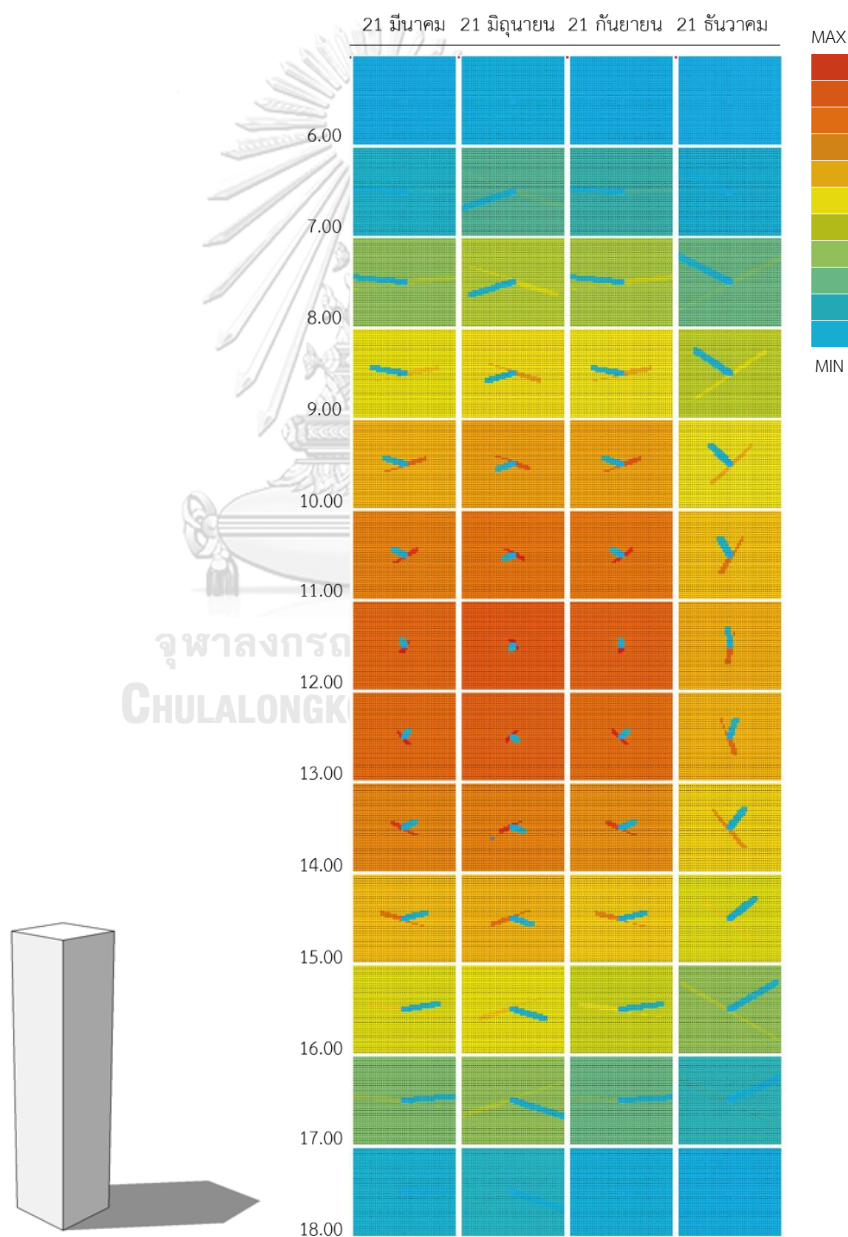
อาคารรูปทรงที่ 4 ซึ่งมีรูปทรงโค้งเว้าและหันด้านที่โค้งเว้าไปทางทิศตะวันตก เป็นรูปทรงที่มีพื้นที่เฉลี่ยที่แสงสะท้อนตกกระทบบนพื้นราบน้อยที่สุดในเดือนกันยายน เนื่องจากแสงสะท้อนที่เกิดจากอาคารรูปทรงโค้งเว้านี้ มีลักษณะรวมแสง ณ จุดใดจุดหนึ่ง ไม่ได้เป็นแนวแสงสะท้อนที่ต่อเนื่องดังเช่นอาคารรูปทรงสี่เหลี่ยมเปลือกอาคารเรียบตรง จึงก่อให้เกิดผลกระทบกินพื้นที่น้อยกว่ารูปทรงอื่นๆ ในขณะที่อาคารรูปทรงแตงกวา เป็นรูปทรงที่มีขนาดพื้นที่เฉลี่ยของแสงสะท้อนที่ตกกระทบบนพื้นราบใกล้เคียงกันทั้ง 4 วันที่ทำการศึกษา ด้วยรูปทรงของอาคารที่มีความสมมาตรกันทุกด้าน ในเวลาเดียวกันของแต่ละวันจึงก่อให้เกิดการสะท้อนที่มีลักษณะคล้ายกันและมีพื้นที่ที่แสงสะท้อนตกกระทบบนพื้นโดยรวมใกล้เคียงกัน

กล่าวโดยสรุป หากต้องการทราบผลกระทบในด้านพื้นที่ที่แสงสะท้อนตกกระทบบนพื้นราบ ควรพิจารณาในเดือนธันวาคม เนื่องจากสามารถเห็นผลกระทบได้อย่างชัดเจนมากที่สุด ทั้งนี้ การวิเคราะห์พื้นที่ที่แสงสะท้อนตกกระทบบนพื้นราบในงานวิจัยนี้ เป็นการวิเคราะห์ในพื้นที่เพียง 500 เมตร x 500 เมตร หรือ 250,000 ตารางเมตร โดยรอบอาคารเท่านั้น ซึ่งจากการจำลองโดยละเอียดบนพื้นที่ขนาดใหญ่ขึ้น อาคารกรณีศึกษาบางรูปทรงสามารถก่อให้เกิดผลกระทบจากแสงสะท้อนที่กระทำต่อพื้นราบเป็นระยะทางไกลกว่า 10 กิโลเมตรโดยรอบอาคารได้ ดังนั้น หากทำการวิเคราะห์ในพื้นที่บริเวณกว้างขึ้นแล้วนำมาเปรียบเทียบกัน กราฟข้อมูลที่ได้อาจมีความแตกต่างออกไป

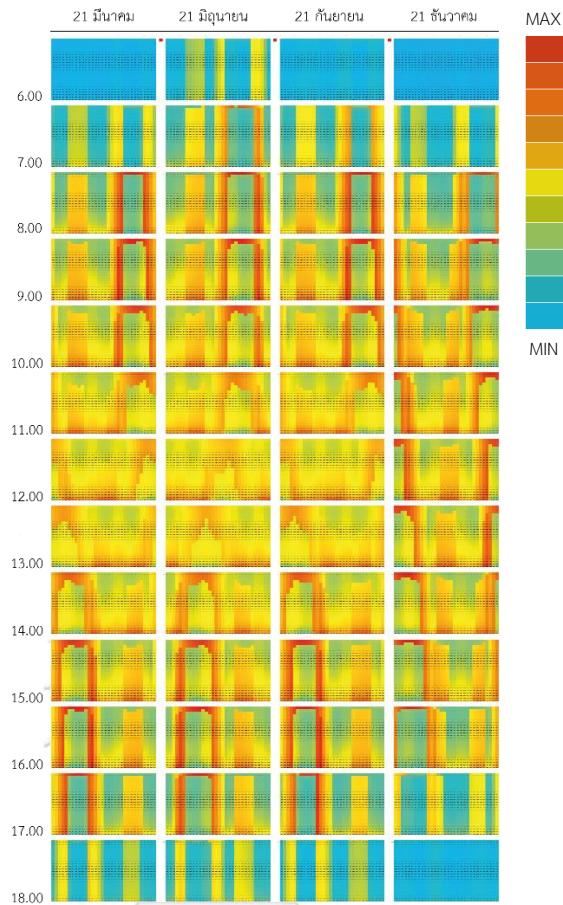
4.3 เวลาที่แสงสะท้อนจากเปลือกอาคารกระทำต่อสภาพแวดล้อมโดยรอบ

ในแต่ละวัน แสงสะท้อนที่เกิดขึ้นในแต่ละช่วงเวลาจะมีรูปแบบที่แตกต่างกัน เช่น ในช่วงเวลาเช้าแสงสะท้อนจะทอดยาวเป็นระยะไกล ในขณะที่ช่วงเวลาเที่ยงแสงสะท้อนจะเกิดขึ้นในระยะที่ใกล้

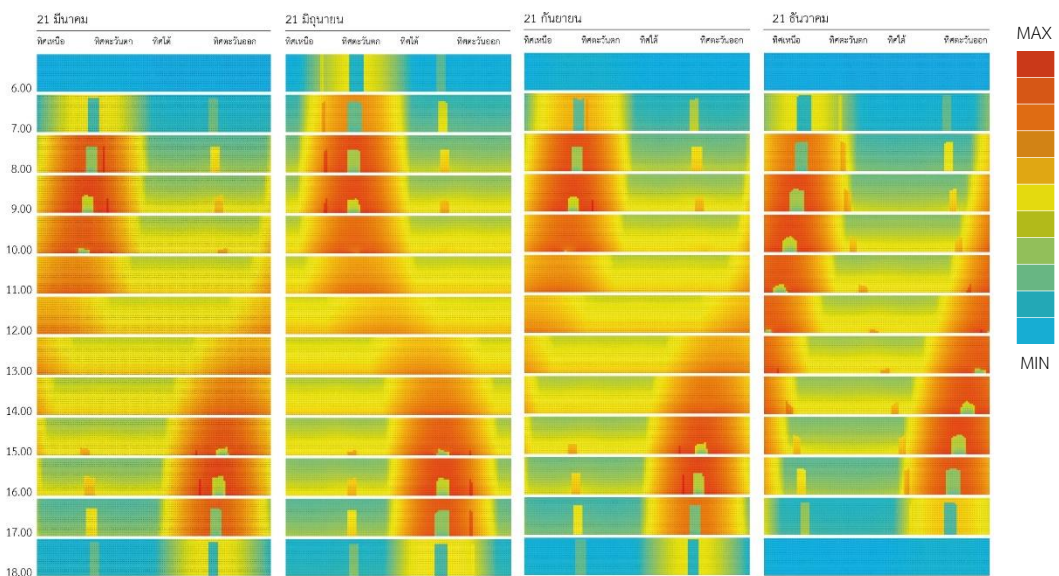
กับอาคารเท่านั้น โดยในวันและเวลาเดียวกัน อาคารแต่ละรูปทรงยังก่อให้เกิดแสงสะท้อนในรูปแบบที่แตกต่างกันอีกด้วย เพื่อศึกษาว่าอาคารแต่ละรูปทรงส่งผลกระทบต่อสภาพแวดล้อมในระยะที่ใกล้หรือไกลแตกต่างกันอย่างไรนั้น จากการกำหนดแนวทางในการจำลองแสงสะท้อนจากเปลือกอาคาร ซึ่งประกอบด้วย แสงที่สะท้อนลงบนพื้นในแนวราบ และแสงสะท้อนที่กระทำต่อบริบทรอบข้างในแนวตั้ง ที่ระยะห่างจากอาคารกรณีศึกษาเป็นรัศมี 12 เมตร 100 เมตร และ 200 เมตร โดยรอบอาคาร ตลอดพื้นที่ความสูง 120 เมตร ทุกต้นชั่วโมง ตั้งแต่เวลา 6.00 - 18.00 น. ในวันที่ 21 มีนาคม 21 มิถุนายน 21 กันยายน และ 21 ธันวาคมนั้น พบว่า มีช่วงเวลาที่เกิดแสงสะท้อนกระทำต่อสภาพแวดล้อมโดยรอบที่แตกต่างกัน ดังตัวอย่างต่อไปนี้



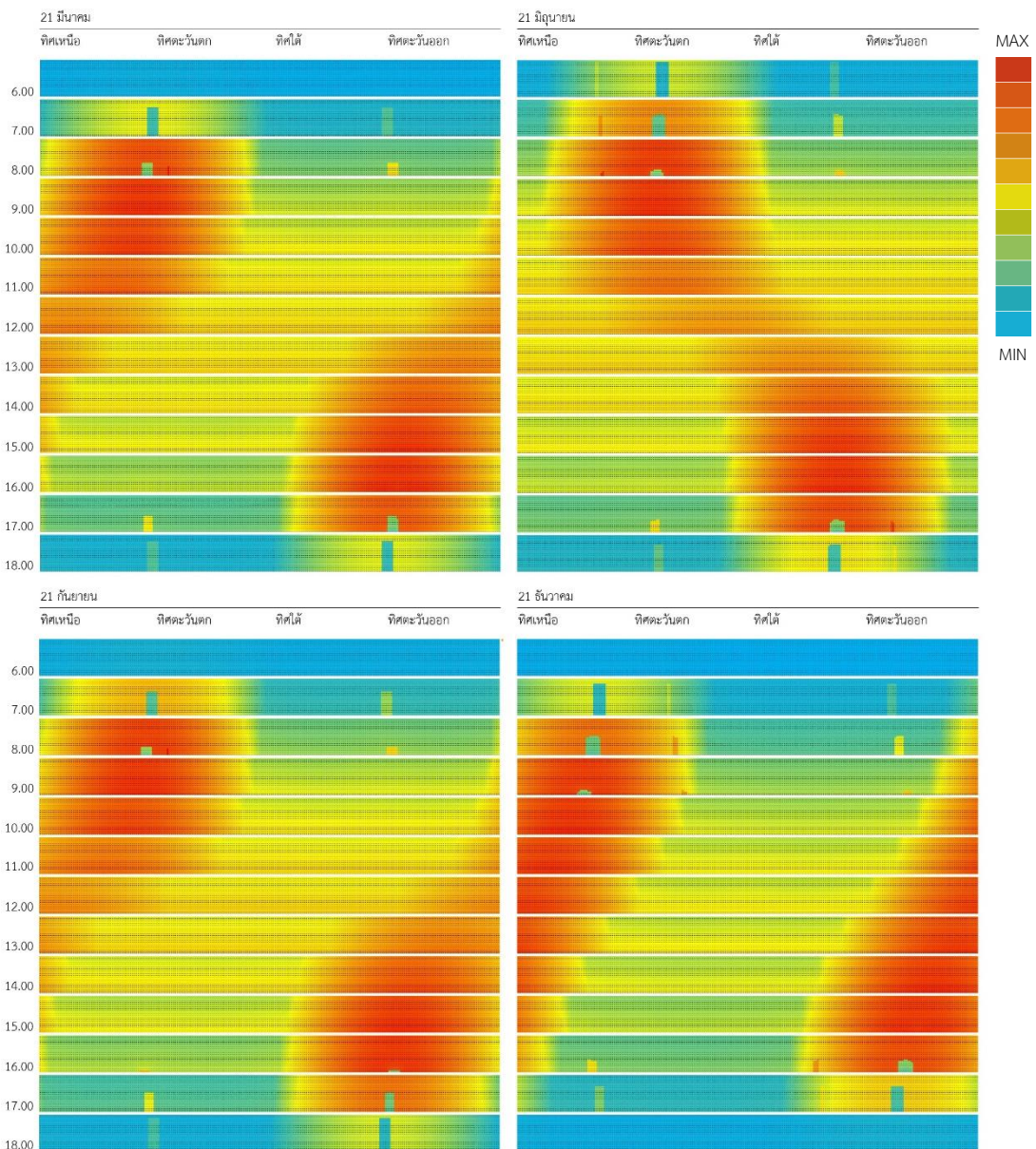
ภาพที่ 54 แสงสะท้อนจากเปลือกอาคารรูปทรงสี่เหลี่ยมจัตุรัสลงบนพื้นราบ



ภาพที่ 55 แสงสะท้อนจากเปลือกอาคารรูปทรงสี่เหลี่ยมจัตุรัส ที่กระทำต่อบริบทโดยรอบในแนวตั้ง
ในรัศมี 12 เมตร (ภาพแสงสะท้อนที่คลี่ออกจากการจำลองสภาพแวดล้อมรูปทรงกระบอก)



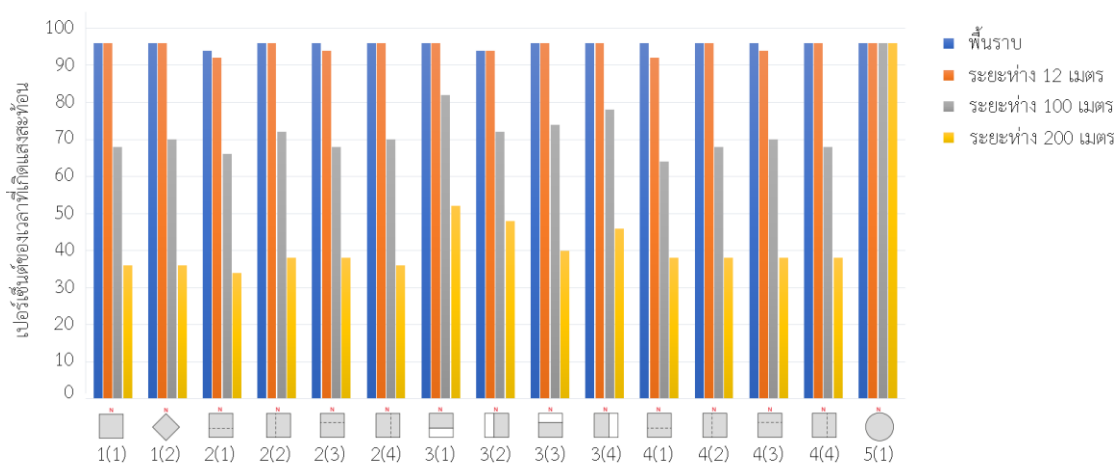
ภาพที่ 56 แสงสะท้อนจากเปลือกอาคารรูปทรงสี่เหลี่ยมจัตุรัส ที่กระทำต่อบริบทโดยรอบในแนวตั้ง
ในรัศมี 100 เมตร (ภาพแสงสะท้อนที่คลี่ออกจากการจำลองสภาพแวดล้อมรูปทรงกระบอก)



ภาพที่ 57 แสงสะท้อนจากเปลือกอาคารรูปทรงสี่เหลี่ยมจัตุรัส ที่กระทำต่อบริบทโดยรอบในแนวตั้ง ในรัศมี 200 เมตร (ภาพแสงสะท้อนที่คลี่ออกจากการจำลองสภาพแวดล้อมรูปทรงกระบอก)

เมื่อพิจารณาภาพที่ 54 55 56 และ 57 จะเห็นได้ว่า สำหรับอาคารรูปทรงเดียวกัน ดังเช่น อาคารรูปทรงสี่เหลี่ยมเปลือกอาคารเรียบตรง แสงสะท้อนที่ส่งผลกระทบต่อสภาพแวดล้อมโดยรอบ ทั้ง 4 รูปแบบ มีช่วงเวลาที่แตกต่างกัน โดยจากภาพที่ 54 และ 55 พบว่า แสงสะท้อนจะเกิดขึ้นบนพื้นราบและบริบทโดยรอบในระยะห่างที่รัศมี 12 เมตร ซึ่งอยู่ใกล้เคียงกับอาคารเกือบตลอดทั้งวัน แต่เมื่อระยะห่างไกลออกไปที่รัศมี 100 เมตร ดังภาพที่ 56 พบว่า ช่วงเวลาที่เกิดแสงสะท้อนลดลง โดยไม่ได้รับผลกระทบจากแสงสะท้อนในช่วงเวลาใกล้เคียงวัน ตั้งแต่เวลาประมาณ 11.00 - 14.00 น. มี

เพียงเดือนธันวาคมเท่านั้นที่แสงสะท้อนกระทําต่อสภาพแวดล้อมตลอดทั้งวัน ในขณะที่หากมีระยะห่างที่รัศมี 200 เมตร ดังภาพที่ 57 พบว่า ไม่เกิดแสงสะท้อนกระทําต่อสภาพแวดล้อมเลยตั้งแต่เวลาประมาณ 9.00 - 16.00 น. ซึ่งแสดงให้เห็นว่า หากมีระยะห่างจากอาคารที่มากขึ้น ช่วงเวลาที่ได้รับผลกระทบจากแสงสะท้อนจะลดน้อยลง โดยหากทำการวิเคราะห์ผลกระทบที่เกิดจากอาคารกรณีศึกษาทุกรูปทรง โดยคำนวณช่วงเวลาที่เกิดแสงสะท้อนเป็นเปอร์เซ็นต์เพื่อนำมาเปรียบเทียบกับผลที่ได้ มีรายละเอียดดังนี้



อาคารกรณีศึกษา

แผนภูมิที่ 8 แผนภูมิแท่งเปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์ของช่วงเวลาที่เกิดแสงสะท้อนจากเปลือกอาคารกระทําต่อสภาพแวดล้อมโดยรอบที่แตกต่างกัน

จากแผนภูมิที่ 8 เมื่อพิจารณาผลกระทบจากแสงสะท้อนเฉพาะสภาพแวดล้อมที่เป็นพื้นราบ (แผนภูมิแท่งสีน้ำเงิน) พบว่า แสงสะท้อนจากเปลือกอาคารกรณีศึกษาทุกรูปทรง มีการสะท้อนลงบนพื้นในแนวราบเป็นเวลาเกือบตลอดทั้งวัน โดยสังเกตได้จากความสูงแผนภูมิแท่งของอาคารกรณีศึกษาทุกรูปแบบซึ่งสูงใกล้เคียงกัน ซึ่งเวลาที่แสงสะท้อนกระทําต่อพื้นราบเกิดขึ้นกว่า 90 เปอร์เซ็นต์ของช่วงเวลาที่ทำการจำลอง มีเพียงเวลา 6.00 น. และ 18.00 น. ในบางวันเท่านั้น ที่ไม่พบการเกิดแสงสะท้อนจากการจำลอง

เมื่อพิจารณาเฉพาะสภาพแวดล้อมโดยรอบในแนวตั้งที่ระยะห่างจากอาคารกรณีศึกษาเป็นรัศมี 12 เมตร (แผนภูมิแท่งสีส้ม) พบว่า แผนภูมิแท่งของอาคารกรณีศึกษาทุกรูปทรงยังคงมีความสูงที่ใกล้เคียงกันอยู่ที่ประมาณ 88 - 92 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งหมายความว่า ในบริบท 12 เมตร โดยรอบอาคารตลอดความสูง 120 เมตร มีแสงสะท้อนจากเปลือกอาคารตกกระทบบนเกือบตลอดทั้งวัน แต่อาจมีบางรูปทรง เช่น รูปทรงสี่เหลี่ยมเปลือกอาคารลาดเอียงเข้าหาอาคารในแนวตั้งและหันด้านที่ลาดเอียงทางทิศใต้ ที่พบว่าในเวลาเที่ยงแทบไม่ก่อให้เกิดแสงสะท้อนเลย จึงไม่ส่งผลกระทบต่อบริบทโดยรอบแม้ระยะห่างของบริเวณข้างเคียงจะใกล้อาคารเพียง 12 เมตรเท่านั้น

เมื่อพิจารณาเฉพาะสภาพแวดล้อมโดยรอบในแนวตั้งที่ระยะห่างจากอาคารกรณีศึกษาเป็นรัศมี 100 เมตร (แผนภูมิแท่งสีเทา) พบว่า อาคารแต่ละรูปทรงเริ่มส่งผลที่แตกต่างกัน โดยอาคารรูปทรงที่ 3 ซึ่งเป็นอาคารรูปทรงสี่เหลี่ยมเปลือกอาคารลาดเอียงออกจากอาคารในแนวตั้งที่ก่อให้เกิดแสงสะท้อนในลักษณะที่ทอดยาวมากกว่ารูปทรงอื่น มีความสูงของแผนภูมิที่มากกว่ารูปทรงอื่นๆ ซึ่งเป็นผลมาจากในช่วงเวลาใกล้เคียงที่ดวงอาทิตย์อยู่ในตำแหน่งที่สูง อาคารรูปทรงอื่นอาจก่อให้เกิดแสงสะท้อนได้ไม่ไกล แต่แสงสะท้อนจากอาคารรูปทรงนี้ยังส่งผลกระทบไปได้ไกลกว่า 100 เมตร ในขณะที่อาคารรูปทรงที่ 5 หรือรูปทรงแดงกวานั้น ก่อให้เกิดแสงสะท้อนไปในระยะไกลกว่า 100 เมตร ในทุกช่วงเวลาแม้แต่เวลาเที่ยง แผนภูมิแท่งของรูปทรงแดงกวางจึงสูงตลอดทั้งวัน

เมื่อพิจารณาเฉพาะสภาพแวดล้อมโดยรอบในแนวตั้งที่ระยะห่างจากอาคารกรณีศึกษาเป็นรัศมี 200 เมตร (แผนภูมิแท่งสีเหลือง) พบว่า ความสูงของแผนภูมิแท่งหรือเปอร์เซ็นต์ของช่วงเวลาที่เกิดแสงสะท้อนของอาคารกรณีศึกษาส่วนใหญ่ลดลงอีกเกือบครึ่งหนึ่งจากระยะห่าง 100 เมตร เนื่องจากเวลาที่แสงสะท้อนจากเปลือกอาคารส่งผลกระทบไปได้ไกลถึง 200 เมตร มีจำนวนลดลง โดยในบางรูปทรง แสงสะท้อนส่งผลกระทบไม่ถึงระยะ 200 เมตร เป็นเวลากว่า 8 ชั่วโมง ตั้งแต่เวลา 9.00 - 16.00 น. หรือกว่า 60 เปอร์เซ็นต์ของช่วงเวลาที่เกิดแสงสะท้อนในแต่ละวัน ในขณะที่มีเพียงอาคารรูปทรงแดงกวางเท่านั้นที่ยังคงส่งผลกระทบด้านแสงสะท้อนเป็นระยะทางไกลกว่า 200 เมตร ในทุกช่วงเวลาเกือบตลอดทั้งวัน ความสูงของแผนภูมิแท่งจึงเท่ากับสภาพแวดล้อมอื่นๆ ของรูปทรงนี้

จากการวิเคราะห์อาคารกรณีศึกษาแต่ละรูปทรง สรุปได้ว่า อาคารทุกรูปทรงสามารถก่อให้เกิดผลกระทบด้านแสงสะท้อนได้เกือบตลอดทั้งวัน โดยเมื่ออาคารเกิดการสะท้อนของรังสีอาทิตย์ขึ้น สภาพแวดล้อมข้างเคียงที่ยิ่งใกล้จะยิ่งได้รับผลกระทบจากแสงสะท้อนยาวนานกว่า ทั้งในแนวราบและแนวตั้ง แต่หากมีระยะห่างจากอาคารเพิ่มมากขึ้น ช่วงเวลาที่เกิดแสงสะท้อนจะลดน้อยลง ทำให้ได้รับผลกระทบจากแสงสะท้อนที่สั้นกว่า โดยอาคารรูปทรงสี่เหลี่ยมเปลือกอาคารลาดเอียงออกจากอาคารในแนวตั้ง เป็นรูปทรงที่ก่อให้เกิดแสงสะท้อนที่มีลักษณะทอดยาวในแนวราบมากกว่ารูปทรงอื่น จึงพบว่าก่อให้เกิดผลกระทบต่อสภาพแวดล้อมโดยรอบเป็นระยะเวลาที่ยาวนานกว่ารูปทรงอื่นในแต่ละวันอีกด้วย มีเพียงเวลาช่วงใกล้เคียงวัน สภาพแวดล้อมที่อยู่ไกลจึงจะไม่ได้รับผลกระทบ ในขณะที่อาคารรูปทรงแดงกวาง เป็นรูปทรงที่สามารถก่อให้เกิดแสงสะท้อนจากเปลือกอาคารกระจายทุกทิศทางตลอดทั้งวันในทุกสภาพแวดล้อมที่ได้ทำการวิจัย จึงถือได้ว่า เป็นรูปทรงที่สร้างความเดือดร้อนเป็นวงกว้างมากที่สุด แม้ในเวลาช่วงกลางวันหรือในสภาพแวดล้อมที่มีระยะห่างจากอาคารกรณีศึกษามากก็ตาม

หมายเหตุ: ช่วงเวลาที่แสงสะท้อนกระทำต่อสภาพแวดล้อมโดยรอบที่แตกต่างกันของอาคารกรณีศึกษาแต่ละรูปทรง สามารถดูได้ที่ภาคผนวก ก

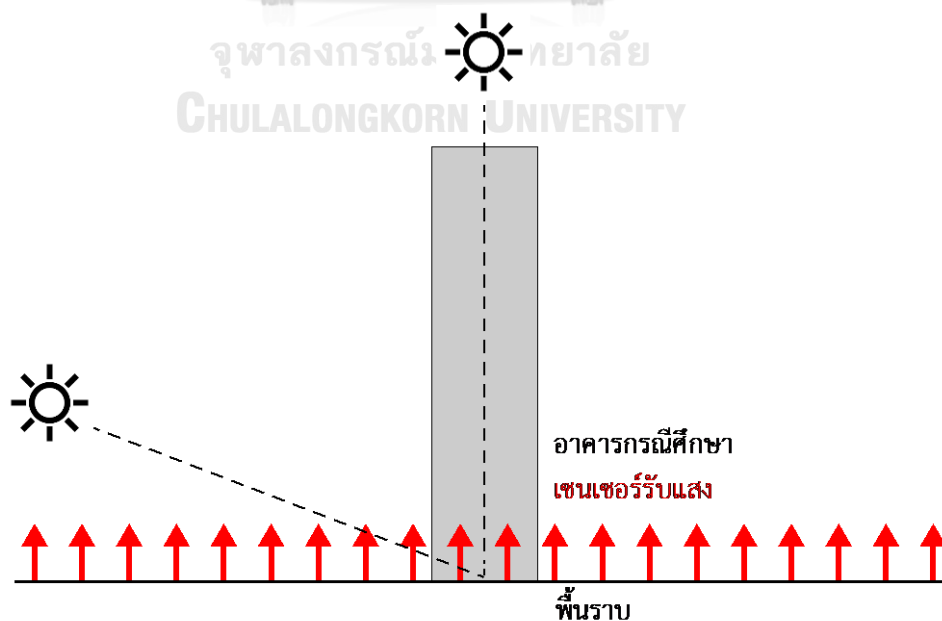
4.4 ค่าความส่องสว่าง (Illuminance) ของแสงสะท้อนจากเปลือกอาคาร

ความส่องสว่างของแสงธรรมชาติจากดวงอาทิตย์ ขึ้นอยู่กับมุมที่ดวงอาทิตย์กระทำต่อพื้นที่นั้นๆ ตัวอย่างเช่น ในเวลาเช้า ดวงอาทิตย์อยู่ในตำแหน่งที่ต่ำบนท้องฟ้าและมีมุมกระทำที่น้อยต่อพื้นราบ แสงธรรมชาติที่เกิดขึ้นในบริเวณนั้นก็จะมีค่าความส่องสว่างที่ไม่มาก ในขณะเดียวกัน หากดวงอาทิตย์มีมุมกระทำที่สูงขึ้นหรือตั้งฉากกับพื้นราบดังเช่นในช่วงเวลาประมาณเที่ยงวัน แสงธรรมชาติที่เกิดขึ้นในบริเวณนั้นก็จะมีค่าความส่องสว่างที่สูงขึ้น โดยในการวิเคราะห์ความส่องสว่างของแสงที่สะท้อนจากเปลือกอาคารในงานวิจัยนี้ จะพิจารณา ณ ตำแหน่งที่แสงสะท้อนตกกระทบบนสภาพแวดล้อม ซึ่งประกอบด้วย ค่าความส่องสว่างของแสงที่สะท้อนลงบนพื้นในแนวราบ และค่าความส่องสว่างของแสงสะท้อนที่กระทำต่อปริบทโดยรอบในแนวตั้ง

สำหรับขั้นตอนในการจัดทำรายงานการวิเคราะห์ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม (EIA) เพื่อยื่นขออนุญาตก่อสร้างอาคารนั้น ในส่วนของผลกระทบด้านแสงสะท้อนจากเปลือกอาคาร ได้มีการระบุให้นำเสนอผลของแสงสะท้อนจากการจำลองโดยโปรแกรมคอมพิวเตอร์เป็น ความส่องสว่าง (Illuminance) ดังนั้น เพื่อเป็นประโยชน์และสะดวกต่อการนำไปใช้มากยิ่งขึ้น งานวิจัยนี้ จึงกำหนดให้ผลการจำลองเป็นความส่องสว่าง โดยมีรายละเอียดของการจำลอง ดังต่อไปนี้

4.4.1 ค่าความส่องสว่างของแสงที่สะท้อนจากเปลือกอาคารลงบนพื้นในแนวราบ

ในการจำลองแสงที่สะท้อนจากเปลือกอาคารลงบนพื้นราบโดยโปรแกรม Rhinoceros และ Grasshopper Plug-in นั้น การวัดค่าความส่องสว่างของเซนเซอร์รับแสงจะมีลักษณะตั้งฉากกับพื้นในทิศทางที่ชี้ขึ้นฟ้า ดังภาพที่ 58

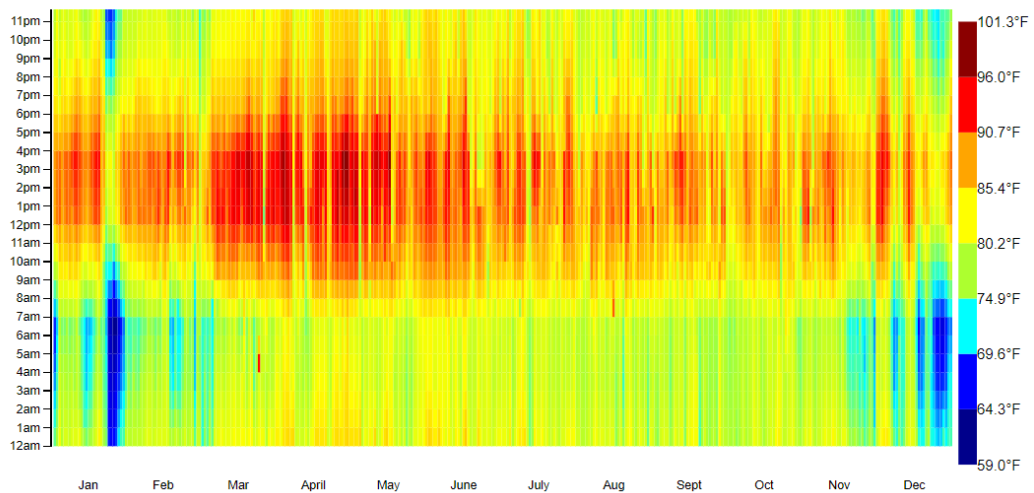


ภาพที่ 58 ทิศทางของเซนเซอร์รับแสงในการจำลองแสงสะท้อนลงบนพื้นราบ

ในการจำลองความส่องสว่างของแสงสะท้อนจากเปลือกอาคารโดยโปรแกรมคอมพิวเตอร์นั้น สำหรับการกำหนดสภาพภูมิอากาศของวันที่ทำการจำลอง ทั้งค่าความสว่างของแสงอาทิตย์ในแต่ละช่วงเวลาของวัน ช่วงเวลาที่อาจเกิดฝนตกหรือแดดจ้า ช่วงเวลาที่ท้องฟ้าโปร่งหรือมีเมฆมาก ฯลฯ ซึ่งสภาพภูมิอากาศเหล่านี้ จะส่งผลต่อค่าความส่องสว่างของแสงสะท้อนต่อสภาพแวดล้อมที่เกิดขึ้นได้ โดยงานวิจัยนี้จะอ้างอิงข้อมูลจากไฟล์สภาพภูมิอากาศ (Weather File) ซึ่งเป็นไฟล์ข้อมูลที่ได้ทำการเก็บรวบรวมข้อมูลจากการทำสถิติและสำรวจสภาพภูมิอากาศเป็นระยะเวลาหลายปีในแต่ละสถานที่ โดยองค์การอุตุนิยมวิทยาโลก (World Meteorological Organization หรือ WMO) โดยใช้ไฟล์ในตำแหน่งของกรุงเทพมหานครมาทำการจำลอง

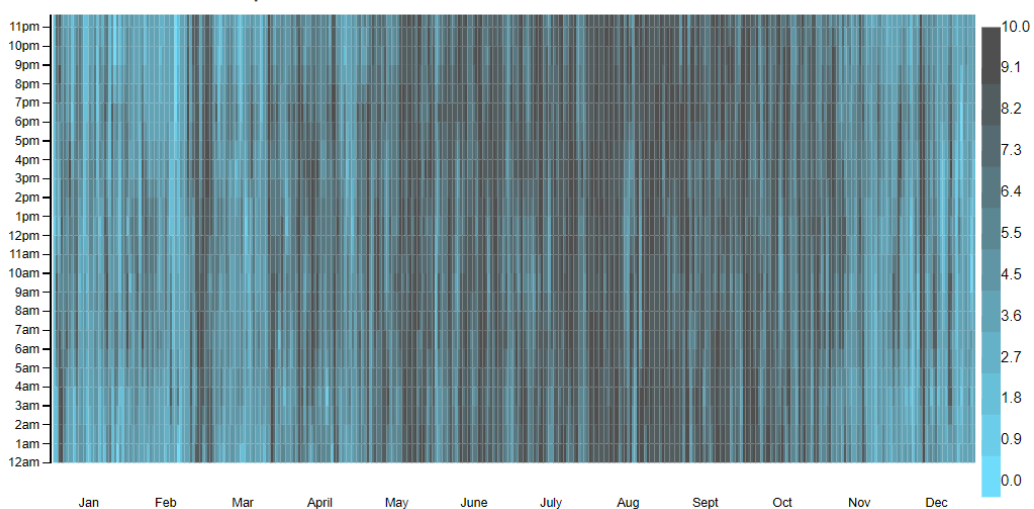
Weather for BANGKOK

Drybulb Temperature Floodplot



ภาพที่ 59 อุณหภูมิกระเปาะแห้งของประเทศไทยในแต่ละช่วงเวลาของปี

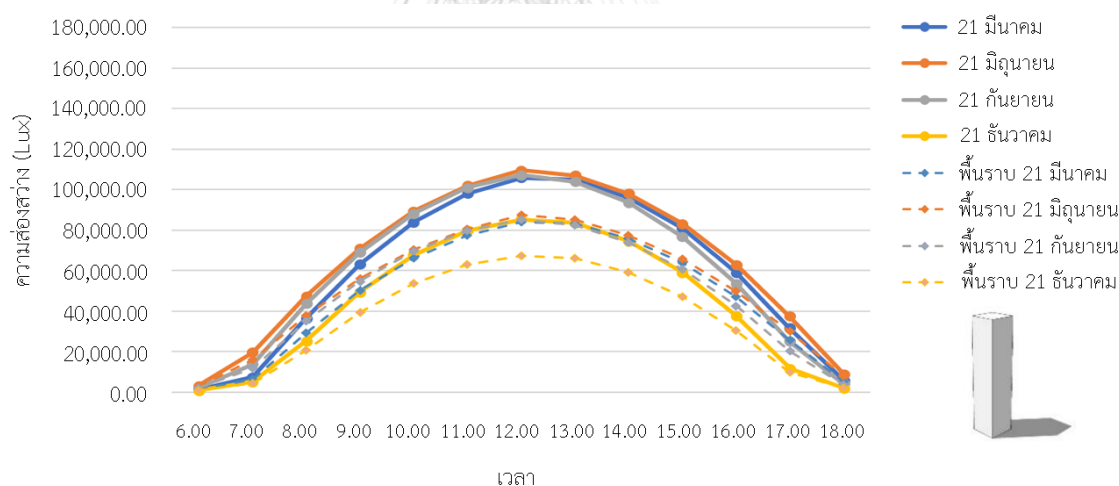
Cloud Cover Floodplot



ภาพที่ 60 แสดงการมีเมฆปกคลุมท้องฟ้าหรือช่วงที่เกิดฝนของประเทศไทยในแต่ละช่วงเวลาของปี

จากภาพที่ 59 และ 60 แสดงให้เห็นได้ว่า สภาพภูมิอากาศของกรุงเทพมหานครในแต่ละช่วงเวลาของปีนั้นแตกต่างกัน โดยจากภาพที่ 60 จะเห็นได้ว่าช่วงประมาณเดือนพฤษภาคมถึงเดือนตุลาคม ซึ่งเป็นช่วงฤดูฝนของประเทศไทย จะมีความหนาแน่นของเมฆมากหรือช่วงเวลาที่อาจเกิดฝนตกมากกว่าเดือนอื่นๆ ซึ่งการที่เมฆที่ปกคลุมท้องฟ้ามากเช่นนี้ ส่งผลโดยตรงต่อความสว่างของแสงอาทิตย์ที่เกิดขึ้นในแต่ละวัน และอาจส่งผลให้ค่าความส่องสว่างของแสงสะท้อนจากการจำลองในงานวิจัยนี้ เช่นวันอิวิน็อกซ์ที่ดวงอาทิตย์อยู่ในตำแหน่งเดียวกันในเดือนมีนาคมและกันยายน ค่าความสว่างของแสงสะท้อนที่เกิดขึ้นอาจมีค่าที่แตกต่างกันได้

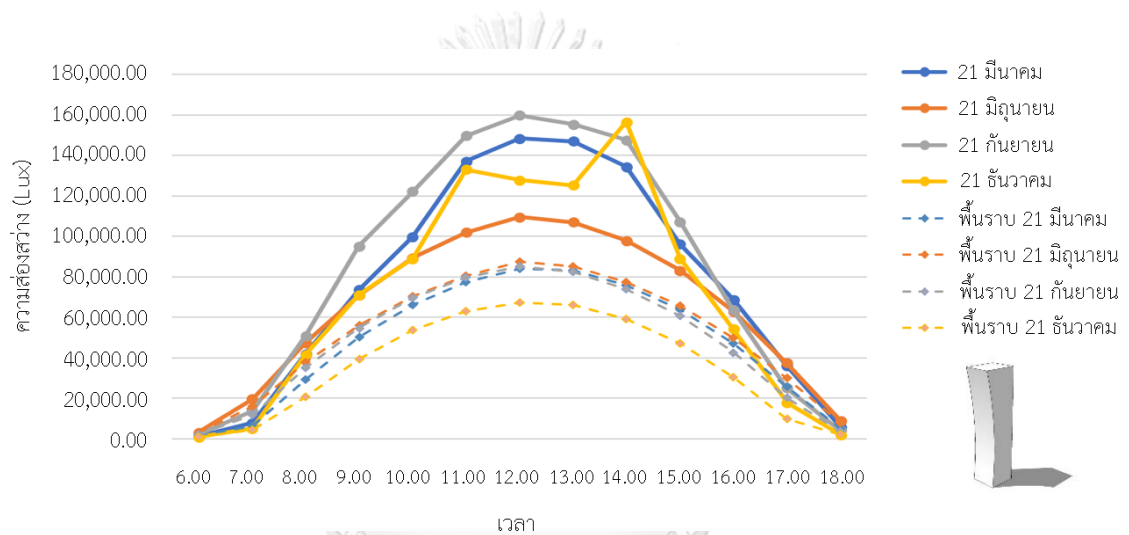
ในการจำลองหาแสงสะท้อนบนบริเวณพื้นที่ขนาด 500 เมตร x 500 เมตร หรือ 250,000 ตารางเมตร โดยโปรแกรม Rhinoceros และ Grasshopper Plug-in นั้น สำหรับพื้นที่ที่ไม่มีแสงสะท้อนจากเปลือกอาคารตกกระทบ จะแสดงผลเป็นค่าความส่องสว่างของแสงธรรมชาติ ณ เวลานั้น ส่วนพื้นที่ที่รับแสงสะท้อนจะมีค่าความส่องสว่างสูงกว่าตำแหน่งอื่นๆ ในขณะเดียวกัน พื้นที่บางส่วนของเป็นเงาของอาคารจะมีค่าความส่องสว่างที่ต่ำที่สุด จึงสามารถตรวจสอบค่าแสงสะท้อนในแต่ละช่วงเวลาได้อย่างชัดเจน โดยมีรายละเอียดค่าความส่องสว่างสูงสุดของแสงสะท้อนจากเปลือกอาคารกรณีศึกษาแต่ละรูปทรง ดังต่อไปนี้



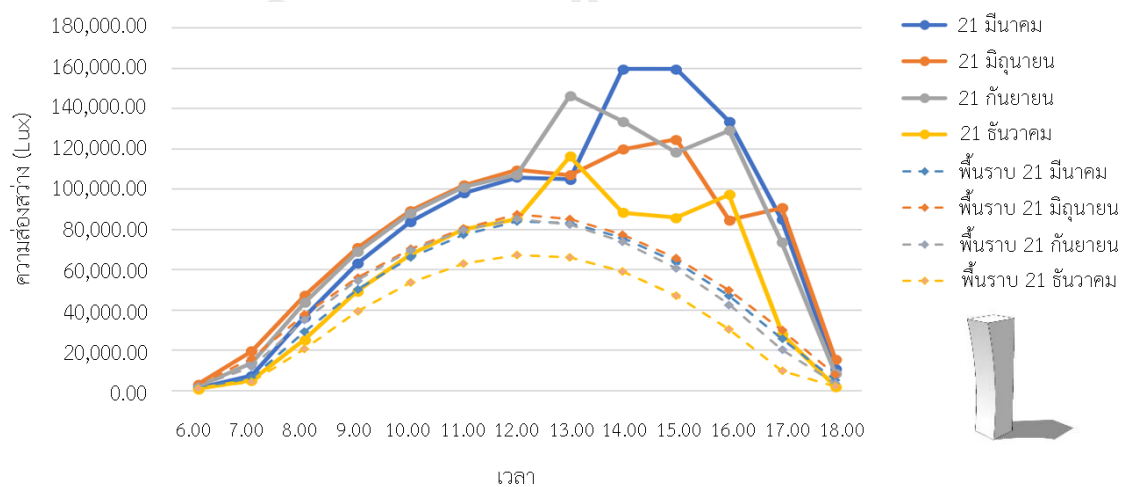
แผนภูมิที่ 9 ค่าความส่องสว่างสูงสุดของแสงที่สะท้อนจากเปลือกอาคารรูปทรงสี่เหลี่ยมจัตุรัส
ลงบนพื้นราบ

เมื่อพิจารณาแผนภูมิที่ 9 พบว่า สำหรับอาคารรูปทรงสี่เหลี่ยมจัตุรัสเปลือกอาคารเรียบตรง ค่าความส่องสว่างสูงสุดของแสงสะท้อนจากเปลือกอาคารจะแปรผันตามช่วงเวลา โดยแสงสะท้อนจะเริ่มเกิดขึ้นในเวลาประมาณ 7.00 น. โดยยังมีค่าความส่องสว่างที่ไม่มาก จากนั้นจะค่อยๆ เพิ่มสูงขึ้นจนมีค่าความส่องสว่างสูงสุดในเวลาประมาณ 12.00 น. ที่ดวงอาทิตย์อยู่ในตำแหน่งสูงสุดบนท้องฟ้า จากนั้นค่าความส่องสว่างของแสงสะท้อนจะค่อยๆ ลดลง จนหมดไปในเวลา 18.00 น. ซึ่งจากการ

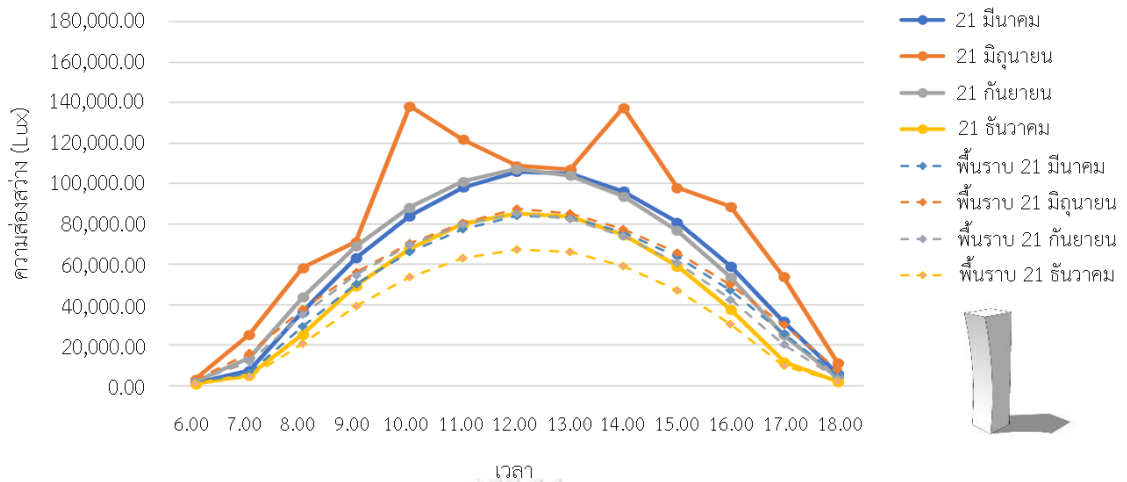
จำลองอาคารกรณีศึกษาทั้ง 5 รูปทรง พบว่า รูปแบบของกราฟค่าความส่องสว่างสูงสุดของอาคารรูปทรงสี่เหลี่ยมจัตุรัสเปลือกอาคารเรียบตรง อาคารรูปทรงสี่เหลี่ยมเปลือกอาคารลาดเอียงเข้าหาอาคารในแนวตั้ง และอาคารรูปทรงสี่เหลี่ยมเปลือกอาคารลาดเอียงออกจากอาคารในแนวตั้งนั้น จะมีลักษณะที่ใกล้เคียงกัน รวมถึงมีค่าความส่องสว่างสูงสุดในแต่ละช่วงเวลาใกล้เคียงกันอีกด้วย โดยค่าความส่องสว่างสูงสุดจะเกิดขึ้นในช่วงเวลา 12.00 น. ของเดือนมิถุนายนหรือวันครีษมายัน และเมื่อลองเปรียบเทียบกับค่าความสว่างของแสงธรรมชาติ ณ เวลานั้น จะพบว่า มีค่าความเปรียบต่างที่ไม่มากเท่าใดนัก แต่สำหรับอาคารรูปทรงโค้งเว้าและอาคารรูปทรงแตงกวานั้น กราฟค่าความส่องสว่างสูงสุดมีลักษณะของที่แตกต่างกันออกไป ดังนี้



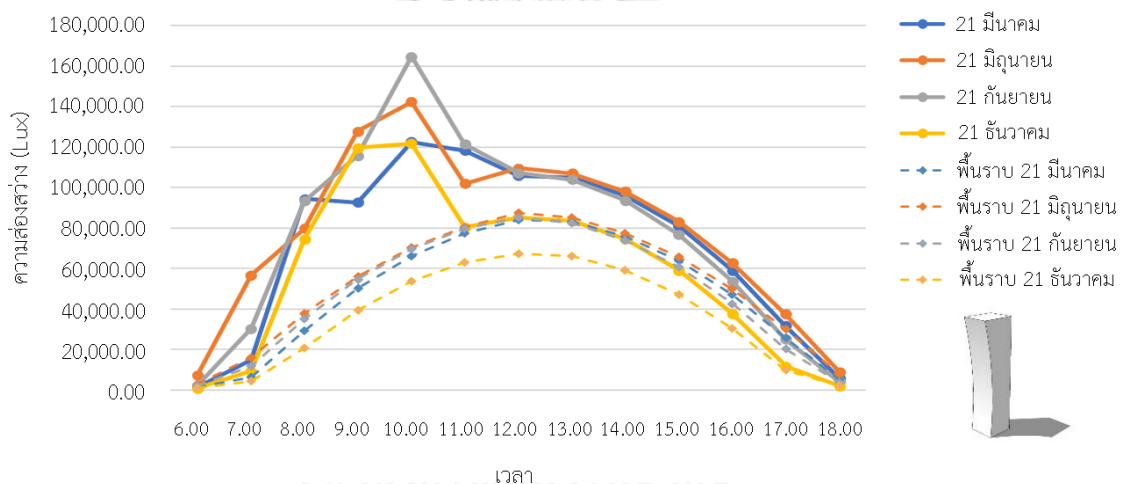
แผนภูมิที่ 10 ค่าความส่องสว่างสูงสุดของแสงที่สะท้อนจากเปลือกอาคารรูปทรงโค้งเว้าลงบนพื้นราบ (หันด้านที่โค้งเว้าไปทางทิศใต้)



แผนภูมิที่ 11 ค่าความส่องสว่างสูงสุดของแสงที่สะท้อนจากเปลือกอาคารรูปทรงโค้งเว้าลงบนพื้นราบ (หันด้านที่โค้งเว้าไปทางทิศตะวันตก)



แผนภูมิที่ 12 ค่าความส่องสว่างสูงสุดของแสงที่สะท้อนจากเปลือกอาคารรูปทรงโค้งเว้าลงบนพื้นราบ (หันด้านที่โค้งเว้าไปทางทิศเหนือ)

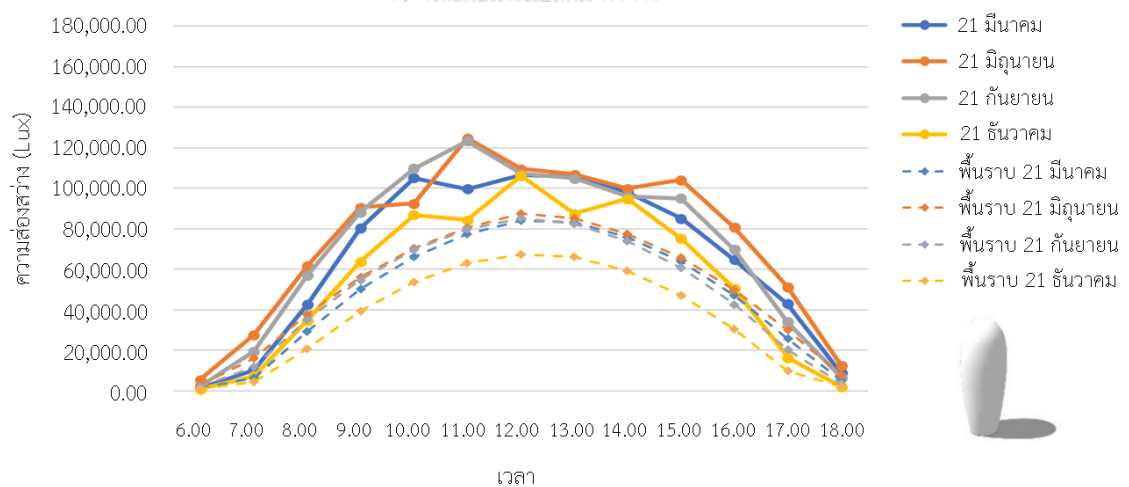


แผนภูมิที่ 13 ค่าความส่องสว่างสูงสุดของแสงที่สะท้อนจากเปลือกอาคารรูปทรงโค้งเว้าลงบนพื้นราบ (หันด้านที่โค้งเว้าไปทางทิศตะวันออก)

เมื่อพิจารณาค่าความส่องสว่างสูงสุดของแสงสะท้อนจากเปลือกอาคารรูปทรงโค้งเว้า จากแผนภูมิที่ 10 พบว่า หากหันด้านที่โค้งเว้าไปทางทิศใต้ กราฟมีลักษณะโค้งใกล้เคียงกับอาคารรูปทรงสี่เหลี่ยมจัตุรัสแต่มีค่าความส่องสว่างในช่วงกลางวันที่สูงกว่า โดยมีค่าความส่องสว่างสูงสุดประมาณ 160,000 Lux และสังเกตได้ว่า กราฟของเดือนธันวาคมมีลักษณะขึ้นลงไม่สม่ำเสมอ เนื่องจากอาคารรูปทรงนี้ ก่อให้เกิดรูปแบบการสะท้อนที่รวมแสงไปยังจุดใดจุดหนึ่งเมื่อทิศทางของรังสีอาทิตย์กระทำในองศาที่พอดีต่อส่วนโค้งเว้าของอาคาร ดังนั้น เมื่อหันด้านที่โค้งเว้าไปทางทิศใต้ ในเดือนธันวาคมที่ดวงอาทิตย์เคลื่อนที่ในลักษณะอ้อมใต้จึงส่งผลต่อค่าความส่องสว่างมากกว่าเดือนอื่นๆ และเมื่อหันด้านที่โค้งเว้าไปทางทิศตะวันตก ดังแผนภูมิที่ 11 พบว่า กราฟค่าความส่องสว่างสูงสุดของแสงสะท้อนค่อยๆ เพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องในช่วงเช้าจนถึงเที่ยงเช่นเดียวกับอาคารรูปทรงสี่เหลี่ยม แต่หลังจากนั้น

ค่าความส่องสว่างจะสูงขึ้นเป็นอย่างมาก รวมถึงความโค้งของกราฟมีความไม่สม่ำเสมอในช่วงเวลาหลัง 13.00 น. โดยมีค่าความส่องสว่างสูงสุดประมาณ 160,000 Lux ในเดือนมีนาคม เนื่องจากช่วงบ่ายที่ดวงอาทิตย์เริ่มค่อนไปทางทิศตะวันตก จึงส่งผลต่อค่าความส่องสว่างทันทีหากหันที่โค้งเว้าไปทางทิศตะวันตก

สำหรับแผนภูมิที่ 12 เมื่อหันด้านที่โค้งเว้าไปทางทิศเหนือ พบว่า เฉพาะเดือนมิถุนายนหรือวันคริสมาสต์ ที่กราฟแสงสะท้อนในช่วงเวลา 10.00 - 11.00 น. และ 14.00 - 15.00 น. มีค่าความส่องสว่างที่พุ่งสูงขึ้นกว่าเวลาอื่น เนื่องจากเป็นเวลาที่ทิศทางของรังสีอาทิตย์ส่องกระทำต่ออาคารด้านที่โค้งเว้าโดยตรง แสงสะท้อนจากอาคารที่เกิดในลักษณะรวมแสงจึงมีค่าความส่องสว่างที่สูงกว่าในเวลาอื่น ในขณะที่เมื่อหันด้านที่โค้งเว้าไปทางทิศตะวันออก ดังแผนภูมิที่ 13 พบว่า กราฟค่าความส่องสว่างของแสงสะท้อนสูงและมีลักษณะขึ้นลงไม่สม่ำเสมอในช่วงเวลาเช้า ซึ่งเป็นเวลาที่ดวงอาทิตย์อยู่ทางฝั่งทิศตะวันออก จึงก่อให้เกิดแสงสะท้อนในลักษณะรวมแสงไปยังจุดใดจุดหนึ่งและทำให้เกิดค่าความส่องสว่างสูงเฉพาะในช่วงเวลาเช้าเท่านั้นนั่นเอง โดยจากกราฟของอาคารรูปทรงโค้งเว้าทั้งหมดสังเกตได้ว่า ค่าความส่องสว่างของแสงสะท้อนและแสงธรรมชาติโดยรอบมีค่าความแปรปรวนต่างมาก ซึ่งมีความแปรปรวนต่างมากที่สุดกว่าสองเท่า จึงอาจส่งผลกระทบต่อด้านการมองเห็นได้

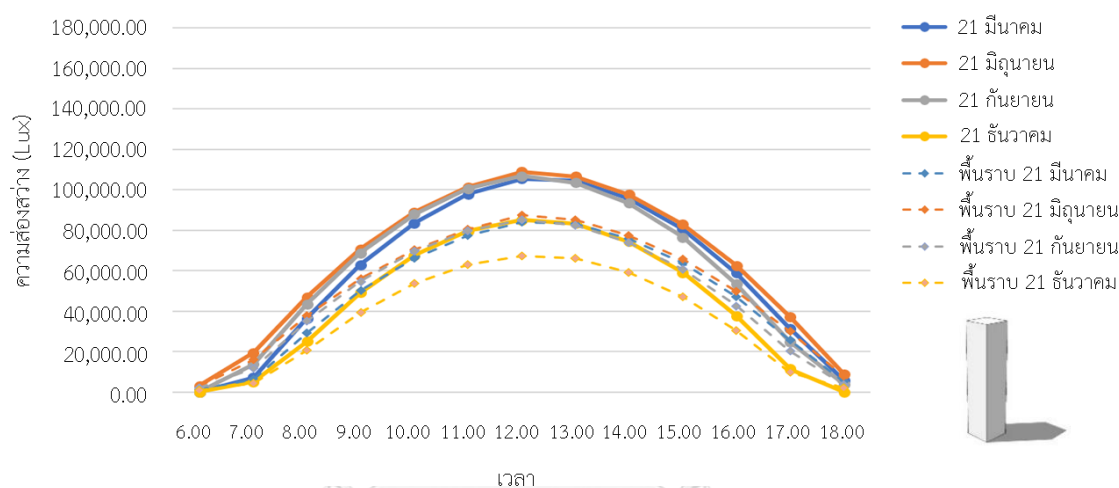


แผนภูมิที่ 14 ค่าความส่องสว่างสูงสุดของแสงที่สะท้อนจากเปลือกอาคารรูปทรงแตงกวาลงบนพื้นราบ

เมื่อพิจารณาค่าความส่องสว่างสูงสุดของแสงสะท้อนจากอาคารรูปทรงแตงกวา ดังแผนภูมิที่ 14 พบว่า กราฟค่าความส่องสว่างสูงสุดของแสงสะท้อนมีลักษณะที่ใกล้เคียงกับอาคารรูปทรงสี่เหลี่ยม แต่เนื่องด้วยอาคารรูปทรงแตงกวามีพื้นผิวเปลือกอาคารที่โค้งรับแสงอาทิตย์จากทุกทิศทางโดยรอบไปจนถึงยอดด้านบนอาคาร ค่าความส่องสว่างของแสงสะท้อนจึงขึ้นอยู่กับทิศทางของรังสีอาทิตย์ว่าตกกระทบลงบนส่วนโค้งในบริเวณใดของเปลือกอาคาร ซึ่งในแต่ละจุดสามารถก่อให้เกิดแสงสะท้อนที่มี

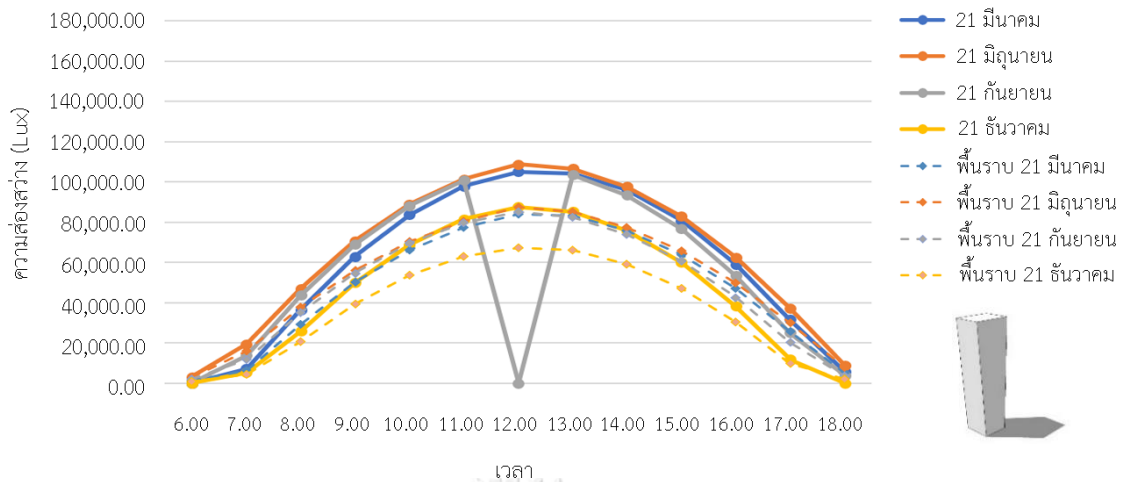
ทิศทางและค่าความส่องสว่างที่แตกต่างกันไป และส่งผลให้กราฟค่าความส่องสว่างสูงสุดโดยเฉพาะช่วงเวลาประมาณ 10.00 - 14.00 น. ในแต่ละวันที่ทำการจำลอง มีค่าที่ขึ้นลงไม่สม่ำเสมอจากแสงสะท้อนที่มีความกระจายไปในทุกทิศทาง

เนื่องจากการจำลองแต่ละครั้งจะได้ค่าความส่องสว่างของแสงสะท้อนหลายค่า ขึ้นอยู่กับความถี่และขนาดพื้นที่ของแสงสะท้อนในเวลานั้นๆ เมื่อลองวิเคราะห์เฉพาะตำแหน่งที่เกิดแสงสะท้อนเพื่อหาค่าเฉลี่ยของค่าความส่องสว่างของแสงสะท้อนในแต่ละช่วงเวลาและนำมาเปรียบเทียบกัน พบว่ารูปแบบของกราฟมีลักษณะที่แปรผันไปตามเวลาเช่นเดียวกับกราฟค่าความส่องสว่างสูงสุดของแสงสะท้อน ดังแผนภูมิที่ 15



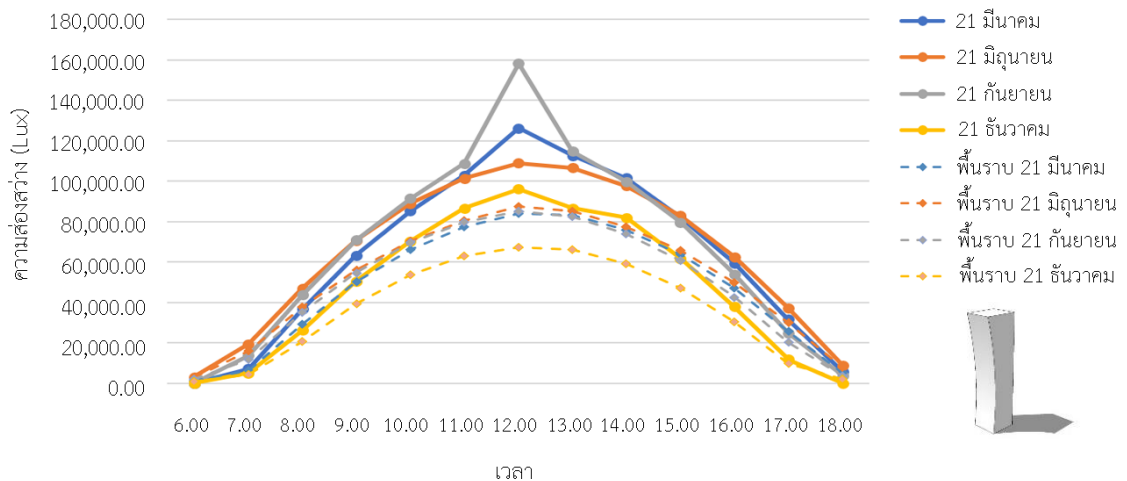
แผนภูมิที่ 15 ค่าความส่องสว่างเฉลี่ยของแสงที่สะท้อนจากเปลือกอาคารรูปทรงสี่เหลี่ยมจัตุรัสลงบนพื้นราบ

เมื่อพิจารณาแผนภูมิ 15 พบว่า สำหรับอาคารรูปทรงสี่เหลี่ยมจัตุรัสเปลือกอาคารเรียบตรง ค่าความส่องสว่างเฉลี่ยแต่ในระยะเวลาของแสงสะท้อนมีค่าที่ใกล้เคียงกับค่าความส่องสว่างสูงสุด ซึ่งจากการจำลองอาคารกรณีศึกษาทั้ง 5 รูปทรง พบว่า รูปแบบของกราฟค่าความส่องสว่างสูงสุดของอาคารรูปทรงสี่เหลี่ยมจัตุรัสเปลือกอาคารเรียบตรง อาคารรูปทรงสี่เหลี่ยมเปลือกอาคารลาดเอียงเข้าหาอาคารในแนวตั้ง และอาคารรูปทรงสี่เหลี่ยมเปลือกอาคารลาดเอียงออกจากอาคารในแนวตั้งนั้น จะมีลักษณะที่ใกล้เคียงกัน รวมถึงมีค่าความส่องสว่างเฉลี่ยในแต่ละเวลาที่ใกล้เคียงกันอีกด้วย แต่จากการพิจารณาเฉพาะค่าการสะท้อนโดยไม่นำค่าความส่องสว่างของแสงธรรมชาติเข้ามาคำนวณด้วย ในบางเวลาที่ไม่มีแสงสะท้อน จะกำหนดให้ค่าความส่องสว่างของแสงสะท้อนของกราฟเป็น 0 ดังแผนภูมิที่ 16



แผนภูมิที่ 16 ค่าความส่องสว่างเฉลี่ยของแสงที่สะท้อนจากเปลือกอาคารรูปทรงสี่เหลี่ยม เปลือกอาคารลาดเอียงเข้าหาอาคารในแนวตั้งลงบนพื้นราบ (หันด้านที่ลาดเอียงทางทิศใต้)

จากแผนภูมิที่ 16 จะเห็นได้ว่า เมื่อพิจารณาแสงสะท้อนที่เกิดขึ้นในแต่ละเวลา กราฟค่าความส่องสว่างเฉลี่ยของแสงที่สะท้อนจากเปลือกอาคารรูปทรงสี่เหลี่ยมเปลือกอาคารลาดเอียงเข้าหาอาคารในแนวตั้งและหันด้านที่ลาดเอียงไปทางทิศใต้ รูปแบบของกราฟโดยรวมมีลักษณะและค่าความส่องสว่างเฉลี่ยของแสงสะท้อนแต่ในแต่ละเวลาของวันที่ทำการจำลองใกล้เคียงกับอาคารรูปทรงสี่เหลี่ยมจัตุรัส แต่สังเกตได้ว่า ในเวลา 12.00 น. ของเดือนกันยายน ค่าความส่องสว่างเฉลี่ยของแสงสะท้อนในเวลานั้นเป็น 0 เนื่องจากไม่เกิดแสงสะท้อนขึ้นเลยในการจำลอง



แผนภูมิที่ 17 ความส่องสว่างเฉลี่ยของแสงที่สะท้อนจากเปลือกอาคารรูปทรงโค้งเว้าลงบนพื้นราบ (หันด้านที่ลาดเอียงทางทิศใต้)

เมื่อพิจารณาแผนภูมิที่ 17 พบว่า กราฟค่าความส่องสว่างเฉลี่ยของแสงที่สะท้อนจากเปลือกอาคารรูปทรงโค้งเว้าและหันด้านที่โค้งเว้าไปทางทิศใต้ มีลักษณะโค้งแปรผันตามเวลาใกล้เคียงกับกราฟอาคารรูปทรงสี่เหลี่ยมจัตุรัส แต่เห็นได้อย่างชัดเจนว่า ในเวลา 12.00 น. ของเดือนมีนาคมและ

กันยายน มีค่าความส่องสว่างเฉลี่ยสูงกว่าเวลาอื่นๆ โดยเฉพาะในเดือนกันยายนที่กราฟค่าความส่องสว่างเฉลี่ยมีค่าสูงกว่าเวลาอื่นๆ เป็นอย่างมากที่ประมาณ 160,000 Lux ซึ่งเป็นค่าที่ใกล้เคียงกับค่าความส่องสว่างสูงสุดของแสงสะท้อน ในขณะที่ช่วงเวลาอื่นๆ กราฟมีความคงที่สม่ำเสมอมากกว่า กราฟค่าความส่องสว่างสูงสุด ซึ่งแสดงให้เห็นได้ว่า ในช่วงเวลาใดเวลาหนึ่ง ค่าความส่องสว่างของแสงสะท้อนที่เกิดขึ้นนั้นมีจำนวนหลายค่า ยิ่งสะท้อนเป็นพื้นที่มีค่าความส่องสว่างที่เกิดขึ้นในแต่ละจุดที่ทำการวัดก็จะมีจำนวนมาก โดยส่วนใหญ่จะมีค่าใกล้เคียงกัน มีเพียงอาคารรูปทรงโค้งเว้าที่ก่อให้เกิดแสงสะท้อนที่มีลักษณะรวมแสงไปยังจุดใดจุดหนึ่ง ซึ่งส่งผลให้ค่าความส่องสว่างแต่ละค่าจะแตกต่างกันมาก โดยเฉพาะจุดที่มีค่าความส่องสว่างสูงสุดของบริเวณที่รวมแสงสะท้อน กับจุดที่ความส่องสว่างของแสงสะท้อนค่อยๆ ไล่ความสว่างลดน้อยลง



อาคารกรณีศึกษา
 แผนภูมิที่ 18 ค่าความส่องสว่างสูงสุดของแสงที่สะท้อนจากเปลือกอาคารกรณีศึกษาแต่ละรูปทรงลงบนพื้นราบ

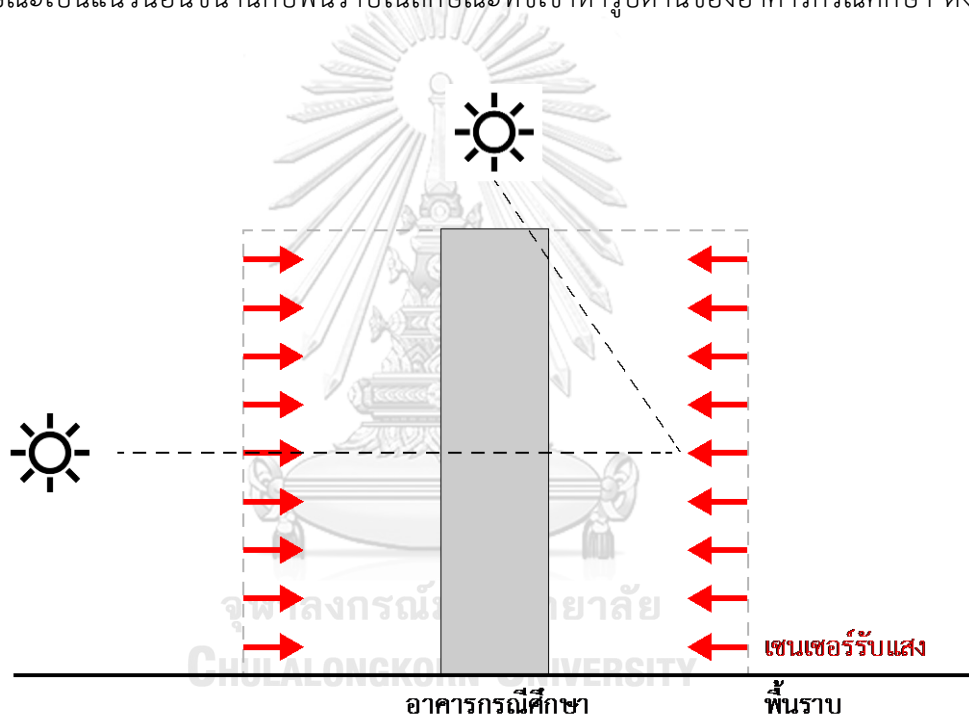
จากแผนภูมิที่ 18 เมื่อทำการเปรียบเทียบค่าความส่องสว่างสูงสุดของแสงสะท้อนจากเปลือกอาคารกรณีศึกษาทุกรูปทรงที่หันตามทิศที่กำหนดทั้ง 5 รูปทรง รวม 15 รูปแบบ พบว่า อาคารรูปทรงสี่เหลี่ยมเปลือกอาคารเรียบตรง อาคารรูปทรงสี่เหลี่ยมเปลือกอาคารลาดเอียงเข้าหาอาคารในแนวตั้ง และอาคารรูปทรงสี่เหลี่ยมเปลือกอาคารลาดเอียงออกจากอาคารในแนวตั้ง มีค่าความส่องสว่างสูงสุดที่ใกล้เคียงกันมากที่สุดที่ประมาณ 110,000 Lux ในขณะที่อาคารรูปทรงโค้งเว้า ก่อให้เกิดแสงสะท้อนที่มีค่าความส่องสว่างโดยรวมสูงกว่ารูปทรงอื่นเป็นอย่างมาก โดยพบว่า เมื่อหันด้านที่โค้งเว้าไปทางทิศตะวันออก จะมีค่าความส่องสว่างสูงสุดมากที่สุดในทุกรูปแบบ คือประมาณ 164,000 Lux ส่วนอาคารรูปทรงแตงกวา มีค่าความส่องสว่างสูงสุดรองลงมาที่ประมาณ 125,000 Lux ซึ่งข้อมูลจาก

กราฟทั้งหมดแสดงให้เห็นได้ว่า อาคารรูปทรงโค้งเว้าส่งผลกระทบต่อสภาพแวดล้อมเป็นอย่างมาก เนื่องจากไม่ว่าจะหันด้านที่มีรูปทรงโค้งเว้าไปทางทิศใด แสงสะท้อนจากเปลือกอาคารจะมีลักษณะรวมแสงไปยังจุดใดจุดหนึ่งในช่วงเวลาใดเวลาหนึ่งเสมอ ซึ่งอาจสร้างความเสียหายอย่างรุนแรงต่อบริเวณนั้นๆ ได้

4.4.2 ค่าความส่องสว่างของแสงที่สะท้อนจากเปลือกอาคารต่อบริบทโดยรอบในแนวตั้ง

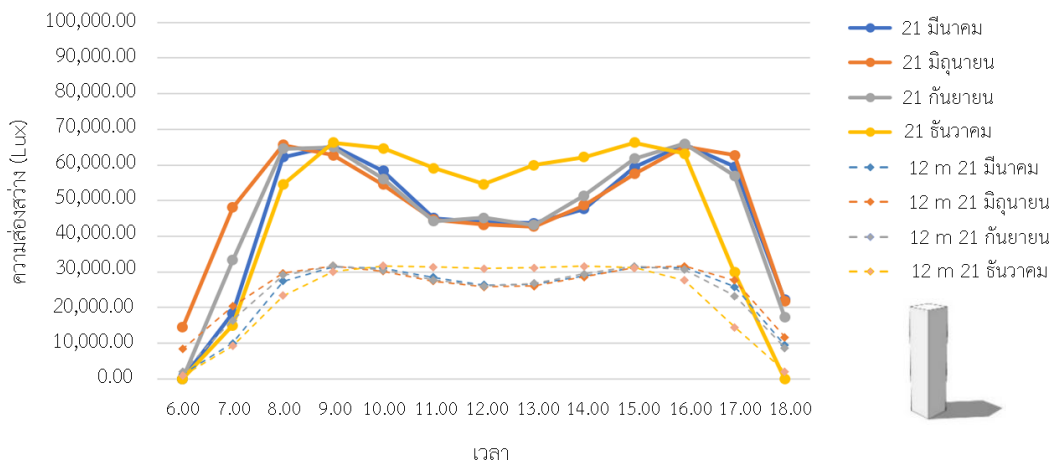
ในการจำลองหาแสงสะท้อนจากเปลือกอาคารที่กระทำต่อบริบทโดยรอบอาคารในแนวตั้งตลอดความสูง 120 เมตร ในระยะห่างเป็นรัศมี 12 เมตร 100 เมตร และ 200 เมตร โดยโปรแกรม Rhinoceros และ Grasshopper Plug-in นั้น ทิศทางในการวัดค่าความสว่างของเซนเซอร์รับแสงจะมีลักษณะเป็นแนวนอนขนานกับพื้นราบในลักษณะที่ชี้เข้าหารูปด้านของอาคารกรณีศึกษา ดังภาพที่

61



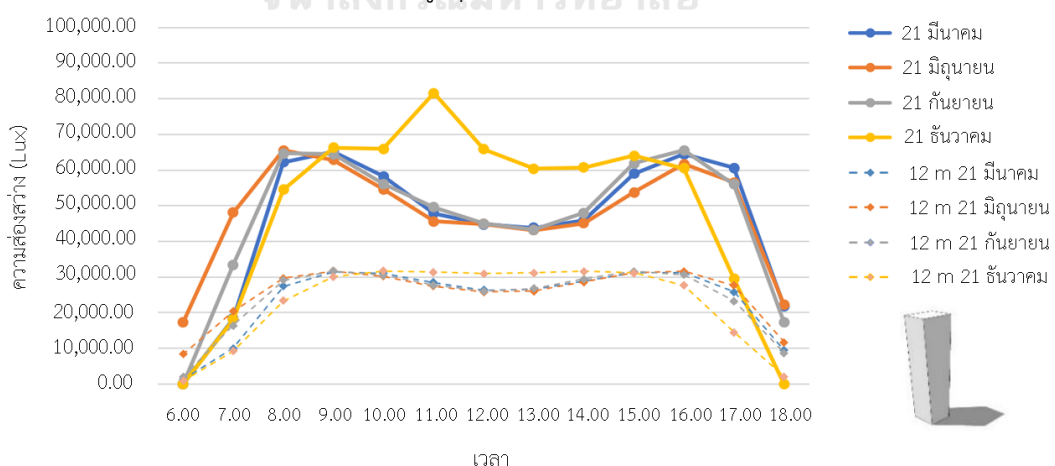
ภาพที่ 61 ทิศทางของเซนเซอร์รับแสงในการจำลองหาแสงสะท้อนที่กระทำต่อบริบทโดยรอบในแนวตั้ง

ทิศทางของเซนเซอร์รับแสงในการจำลองที่ต่างกัน ส่งผลให้กราฟค่าความส่องสว่างของแสงสะท้อนที่กระทำต่อบริบทโดยรอบในแนวตั้ง มีความแตกต่างกับกราฟค่าความส่องสว่างของแสงที่สะท้อนลงบนพื้นราบ เนื่องจากเมื่อดวงอาทิตย์อยู่ในตำแหน่งที่ต่ำบนท้องฟ้า แสงสะท้อนจากดวงอาทิตย์จะกระทำต่อเซนเซอร์รับแสงโดยตรง เป็นมุมที่ตั้งฉากกับเซนเซอร์ ในขณะที่หากเป็นเวลาที่เที่ยงตรงที่ดวงอาทิตย์อยู่ในตำแหน่งสูงบนท้องฟ้า แสงสะท้อนจากดวงอาทิตย์จะกระทำต่อเซนเซอร์รับแสงเป็นมุมทแยงมากๆ จึงส่งผลให้มีค่าความส่องสว่างที่ไม่มาก ดังแสดงในแผนภูมิที่ 19

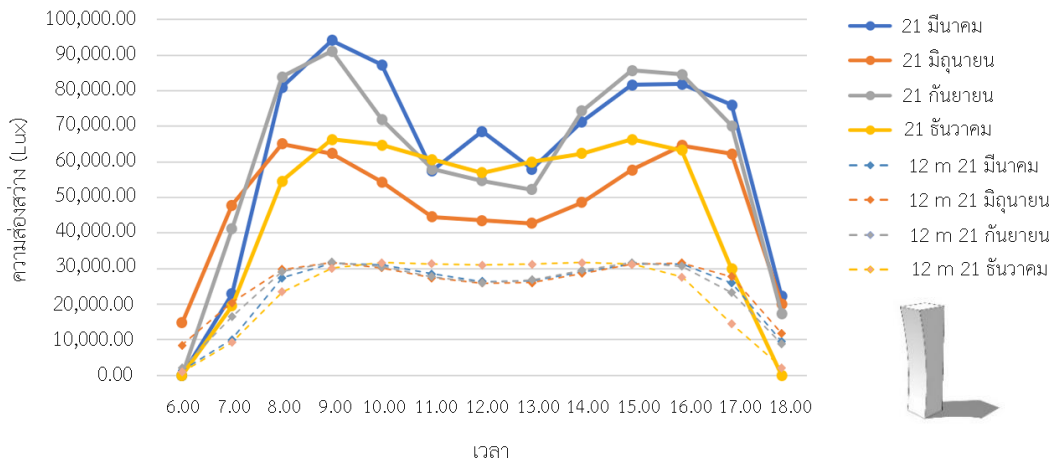


แผนภูมิที่ 19 ค่าความส่องสว่างสูงสุดของแสงที่สะท้อนจากเปลือกอาคารรูปทรงสี่เหลี่ยมจัตุรัส ที่กระทำต่อบริบทโดยรอบในแนวตั้ง ในรัศมี 12 เมตร

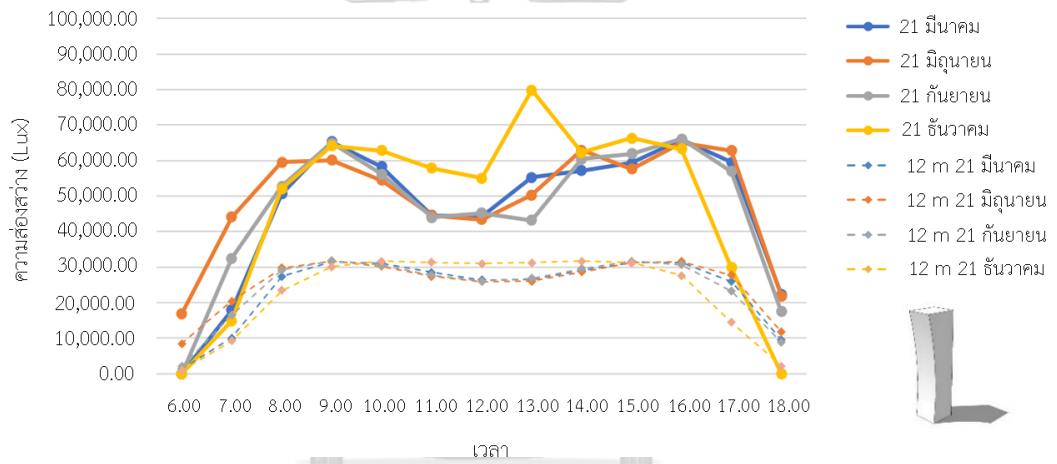
เมื่อพิจารณาแผนภูมิที่ 19 พบว่า กราฟค่าความส่องสว่างสูงสุดของแสงสะท้อนจากเปลือกอาคารรูปทรงสี่เหลี่ยมจัตุรัสที่กระทำต่อบริบทโดยรอบอาคารในแนวตั้งในรัศมี 12 เมตร มีค่าความส่องสว่างสูงสุดในช่วงเวลา 9.00 น. และ 16.00 น. ซึ่งเป็นเวลาที่แสงสะท้อนจากดวงอาทิตย์ทำมุมตกกระทบกับเซนเซอร์รับแสงมากที่สุด ส่วนเวลา 12.00 น. ที่ดวงอาทิตย์อยู่ในตำแหน่งที่สูงบนท้องฟ้า แสงสะท้อนจึงทำมุมตกกระทบเป็นแนวทแยงกับเซนเซอร์รับแสง ส่งผลให้มีค่าความส่องสว่างของแสงสะท้อนที่ต่ำกว่า โดยเมื่อวิเคราะห์กราฟของอาคารรูปทรงอื่นๆ เพิ่มเติมพบว่า กราฟส่วนใหญ่มีรูปแบบที่ใกล้เคียงกัน คือ ในเวลา 9.00 น. และ 16.00 น. จะมีค่าความส่องสว่างสูงกว่าเวลาอื่นๆ ส่วนช่วงเวลาประมาณ 12.00 น. ค่าความส่องสว่างจะลดลง แต่ในบางรูปทรงก็พบว่า กราฟมีความชันลงไม่สม่ำเสมอ และค่าความส่องสว่างสูงสุดของวันเกิดขึ้นในเวลาอื่น ดังตัวอย่างต่อไปนี้



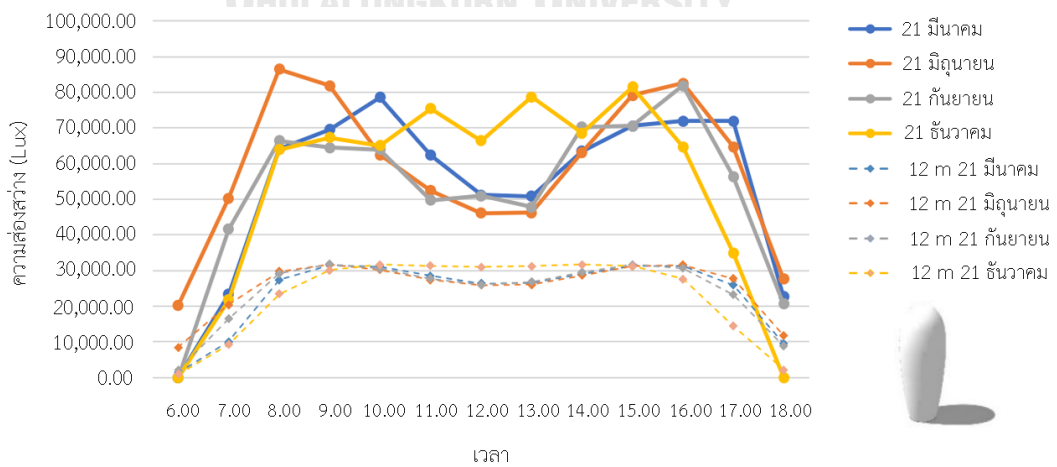
แผนภูมิที่ 20 ค่าความส่องสว่างสูงสุดของแสงที่สะท้อนจากเปลือกอาคารรูปทรงสี่เหลี่ยมเปลือกอาคารลาดเอียงเข้าหาอาคาร (หันด้านที่ลาดเอียงทางทิศตะวันออก) ที่กระทำต่อบริบทโดยรอบในแนวตั้ง ในรัศมี 12 เมตร



แผนภูมิที่ 21 ค่าความส่องสว่างสูงสุดของแสงที่สะท้อนจากเปลือกอาคารรูปทรงโค้งเว้า (หันด้านที่โค้งเว้าทางทิศใต้) ที่กระทำต่อบริบทโดยรอบในแนวตั้ง ในรัศมี 12 เมตร



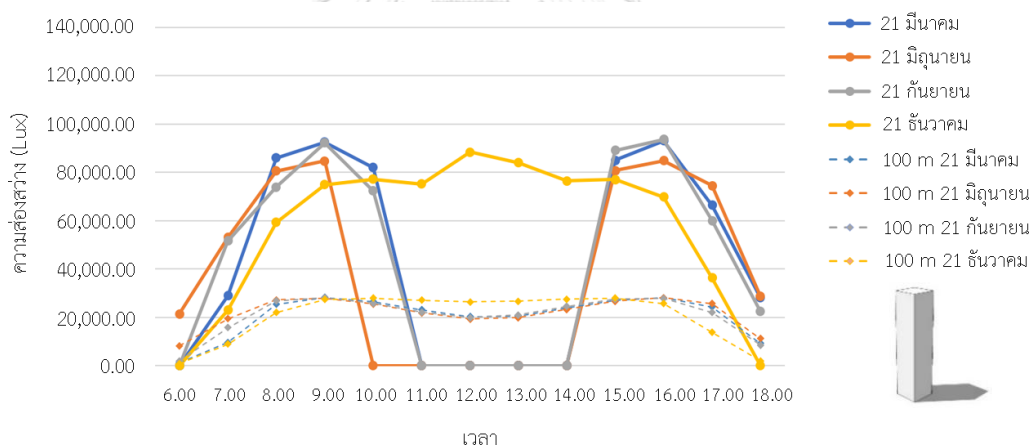
แผนภูมิที่ 22 ค่าความส่องสว่างสูงสุดของแสงที่สะท้อนจากเปลือกอาคารรูปทรงโค้งเว้า (หันด้านที่โค้งเว้าทางทิศตะวันตก) ที่กระทำต่อบริบทโดยรอบในแนวตั้ง ในรัศมี 12 เมตร



แผนภูมิที่ 23 ค่าความส่องสว่างสูงสุดของแสงที่สะท้อนจากเปลือกอาคารรูปทรงแตงกวา ที่กระทำต่อบริบทโดยรอบในแนวตั้ง ในรัศมี 12 เมตร

เมื่อพิจารณากราฟของอาคารรูปทรงอื่นๆ เพิ่มเติม พบว่า จากแผนภูมิที่ 20 รูปแบบกราฟของอาคารรูปทรงที่ 2 หรืออาคารรูปทรงสี่เหลี่ยมเปลือกอาคารลาดเอียงเข้าหาอาคารในแนวตั้งและหันด้านที่ลาดเอียงไปทางทิศตะวันออก มีลักษณะที่ใกล้เคียงกับอาคารรูปทรงสี่เหลี่ยมจัตุรัส แต่กลับมีค่าความส่องสว่างสูงสุดเกิดขึ้นในเวลา 11.00 น. ของเดือนธันวาคม ในขณะที่อาคารรูปทรงโค้งเว้าและหันด้านที่โค้งเว้าไปทางทิศใต้ ดังแผนภูมิที่ 21 ก่อให้เกิดแสงสะท้อนที่มีค่าความส่องสว่างสูงสุดมากที่สุดที่ประมาณ 95,000 Lux ในช่วงเวลา 9.00 น. และเมื่อหันด้านที่โค้งเว้าทางทิศตะวันตก ดังแผนภูมิที่ 22 กราฟมีค่าความส่องสว่างสูงสุดเกิดขึ้นในเวลา 13.00 น. ของเดือนธันวาคม ในขณะที่กราฟของอาคารรูปทรงแตงกวา ดังแผนภูมิที่ 23 มีค่าความส่องสว่างในแต่ละเวลาที่ขึ้นลงไม่สม่ำเสมอ ซึ่งสาเหตุหนึ่งมาจากสภาพแวดล้อมมีระยะที่ใกล้กับอาคารกรณีศึกษามาก แสงสะท้อนจึงตกกระทบได้ตลอดทั้งวัน โดยยิ่งอาคารมีรูปทรงที่เอียงรับพอดีกับทิศทางของรังสีอาทิตย์ แสงสะท้อนที่เกิดขึ้นจะยังมีค่าความส่องสว่างสูงและส่งผลกระทบต่อเป็นบริเวณกว้าง

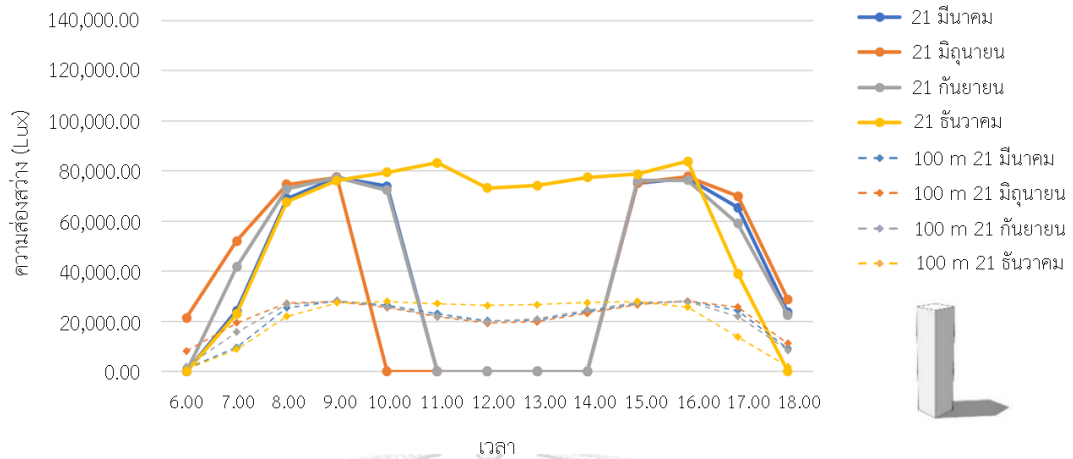
เมื่อวิเคราะห์ค่าความส่องสว่างสูงสุดของแสงสะท้อนที่กระทำต่อบริบทโดยรอบ ในรัศมี 100 เมตร พบว่า ค่าความส่องสว่างของกราฟส่วนใหญ่ มีค่าสูงสุดในเวลา 9.00 น. และ 16.00 น. เช่นกัน ดังแผนภูมิที่ 24



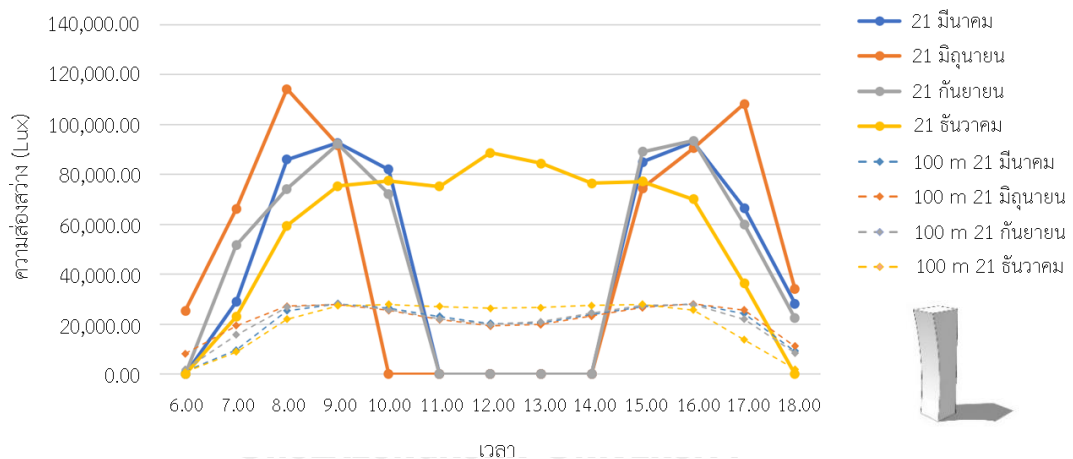
แผนภูมิที่ 24 ค่าความส่องสว่างสูงสุดของแสงสะท้อนจากเปลือกอาคารรูปทรงสี่เหลี่ยมจัตุรัสที่กระทำต่อบริบทโดยรอบในแนวตั้ง ในรัศมี 100 เมตร

เมื่อพิจารณาแผนภูมิที่ 24 พบว่า ที่บริบทโดยรอบในระยะห่าง 100 เมตรนั้น แสงสะท้อนกระทำไม่ถึงระยะห่าง 100 เมตร เริ่มตั้งแต่วางเวลาประมาณ 10.00 - 14.00 น. มีเพียงเดือนธันวาคมที่เกิดแสงสะท้อนจากเปลือกอาคารตลอดทั้งวัน เนื่องจากเดือนธันวาคมดวงอาทิตย์จะเคลื่อนที่อ้อมได้ แม้ในเวลาเที่ยงที่ดวงอาทิตย์จะอยู่ในตำแหน่งสูงบนท้องฟ้า แต่มุมของรังสีอาทิตย์ที่กระทำต่อเปลือกอาคารในแนวตั้งก็มีองศาที่ค่อนข้างมาก จึงส่งผลให้แสงสะท้อนที่เกิดขึ้นสามารถทอดยาวไปถึง 100 เมตรได้ โดยหากพิจารณาอาคารรูปทรงอื่นๆ เพิ่มเติม พบว่า หากอาคารมีรูปทรงที่

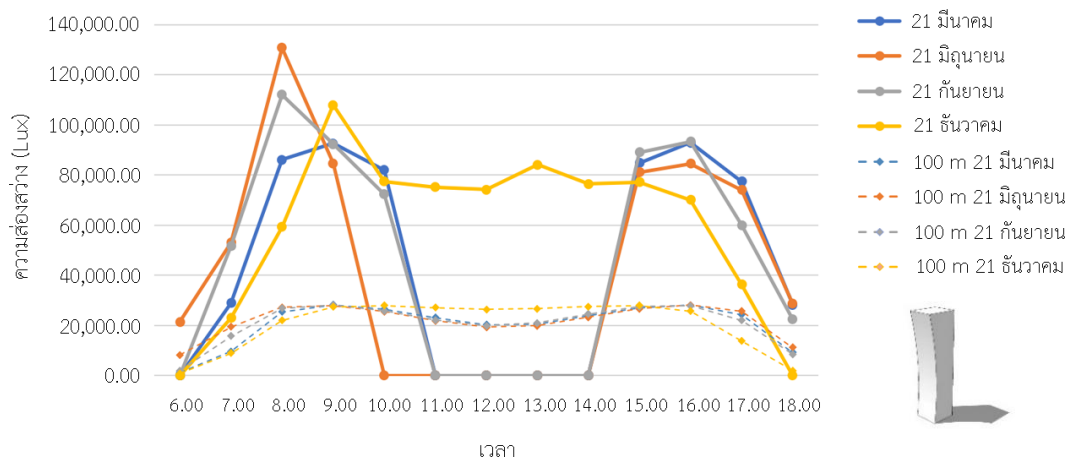
รับกับแสงอาทิตย์ กราฟจะมีความไม่สม่ำเสมอในช่วงเวลาเช้าและเย็นที่เกิดแสงสะท้อน ดังแผนภูมิที่ 25 26 และ 27



แผนภูมิที่ 25 ค่าความส่องสว่างสูงสุดของแสงที่สะท้อนจากเปลือกอาคารรูปทรงสี่เหลี่ยมจัตุรัส (วางผังอาคารเอียง 45 องศา) ที่กระทำต่อบริบทโดยรอบในแนวตั้ง ในรัศมี 100 เมตร

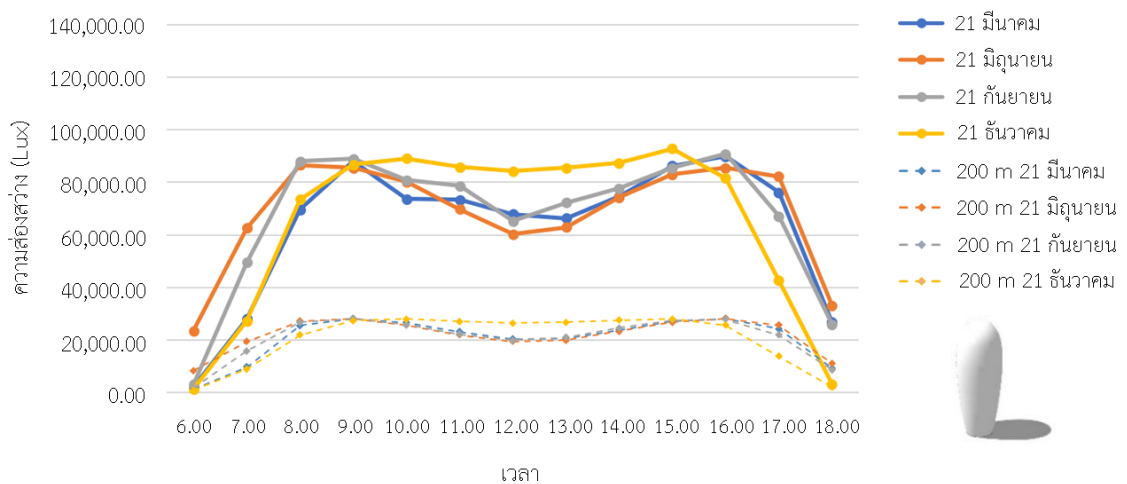


แผนภูมิที่ 26 ความส่องสว่างสูงสุดของแสงที่สะท้อนจากเปลือกอาคารรูปทรงโค้งเว้า (หันด้านที่โค้งเว้าทางทิศเหนือ) ที่กระทำต่อบริบทโดยรอบในแนวตั้ง ในรัศมี 100 เมตร



แผนภูมิที่ 27 ค่าความส่องสว่างสูงสุดของแสงที่สะท้อนจากเปลือกอาคารรูปทรงโค้งเว้า (หันด้านที่โค้งเว้าทางทิศตะวันออก) ที่กระทำต่อบริบทโดยรอบในแนวตั้ง ในรัศมี 100 เมตร

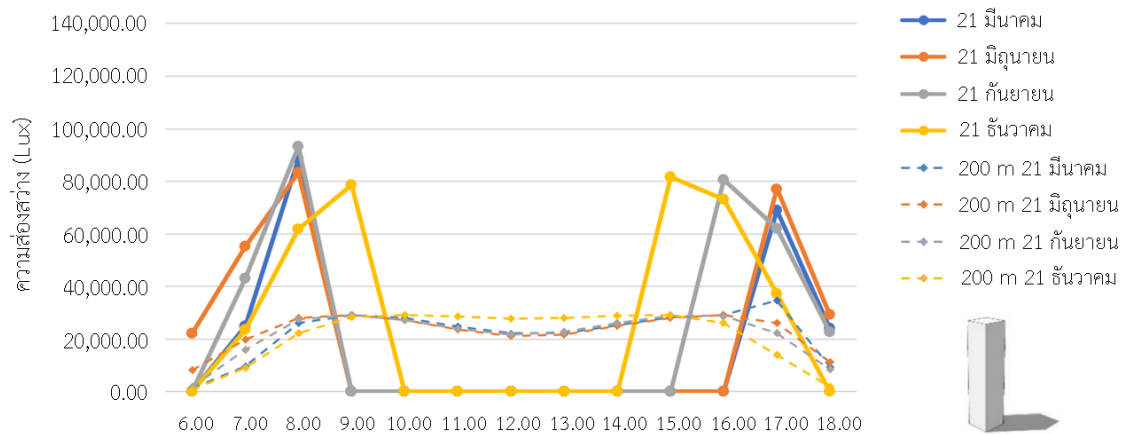
เมื่อพิจารณาแผนภูมิที่ 25 26 และ 27 พบว่า กราฟจะมีลักษณะที่ขึ้นลงไม่สม่ำเสมอในช่วงเวลาเช้าและเย็นเช่นเดียวกันทุกรูปทรง ซึ่งเป็นช่วงเวลาที่เกิดแสงสะท้อนกระทำต่อบริบทโดยรอบ ในขณะที่ช่วงเวลากลางวัน มีเพียงเดือนธันวาคมเท่านั้นที่เกิดแสงสะท้อน โดยจะมีค่าความส่องสว่างที่แตกต่างกันในแต่ละรูปทรง ซึ่งหากพิจารณาที่ค่าความส่องสว่างสูงสุด พบว่า กราฟของอาคารรูปทรงโค้งเว้าและหันด้านที่โค้งเว้าไปทางทิศเหนือ ดังแผนภูมิที่ 26 มีค่าความส่องสว่างสูงสุดในเวลาประมาณ 8.00 น. และ 17.00 น. ในเดือนมิถุนายนหรือวันครีษมายัน โดยมีค่าความส่องสว่างสูงสุดที่ประมาณ 110,000 Lux ส่วนแผนภูมิที่ 27 เมื่อหันด้านที่โค้งเว้าไปทางทิศตะวันออก พบว่า เส้นกราฟในเดือนมิถุนายนและกันยายนมีค่าความส่องสว่างสูงสุดของวันในเวลา 8.00 น. และในเดือนธันวาคมมีค่าความส่องสว่างสูงสุดของวันในเวลา 9.00 น. โดยสำหรับเดือนมิถุนายน แสงสะท้อนที่เกิดขึ้นมีค่าความส่องสว่างสูงสุดมากที่สุดในทุกรูปทรงที่ประมาณ 130,000 Lux ซึ่งสูงกว่าค่าความส่องสว่างของแสงธรรมชาติโดยเฉลี่ยในเวลานั้นกว่า 4 เท่า เนื่องจากแสงสะท้อนที่มีลักษณะรวมแสงไปยังจุดใดจุดหนึ่งของอาคารรูปทรงโค้งเว้า ตกกระทบใกล้เคียงกับรัศมี 100 เมตรพอดี จึงก่อให้เกิดค่าความส่องสว่างที่สูงมากในช่วงเวลาดังกล่าว



แผนภูมิที่ 28 ค่าความส่องสว่างสูงสุดของแสงที่สะท้อนจากเปลือกอาคารรูปทรงโค้งเว้า (หันด้านที่โค้งเว้าทางทิศตะวันออก) ที่กระทำต่อบริบทโดยรอบในแนวตั้ง ในรัศมี 100 เมตร

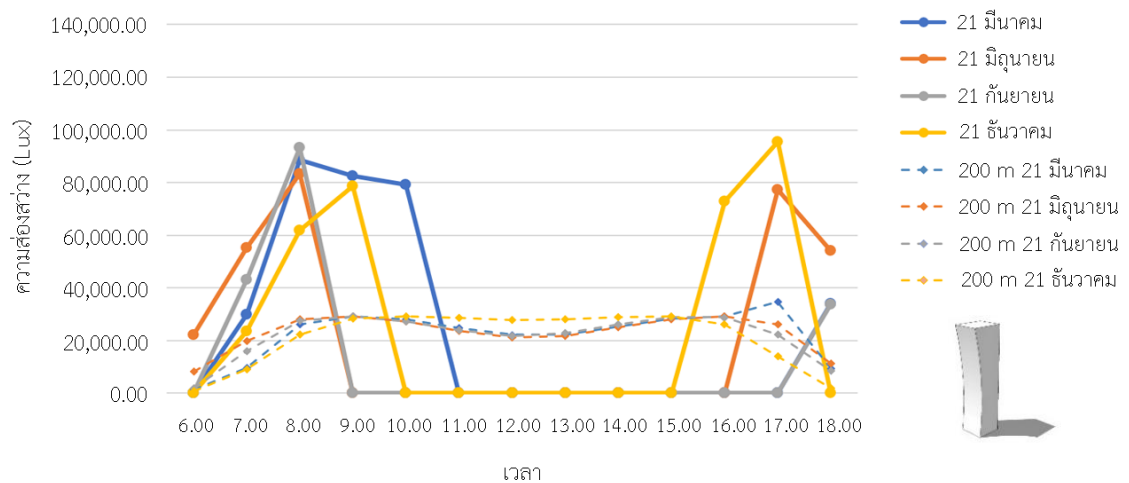
เมื่อวิเคราะห์แผนภูมิที่ 28 พบว่า ที่ระยะห่างจากอาคารกรณีศึกษา 100 เมตร แม้อาคารกรณีศึกษารูปทรงอื่นๆ จะมีบางช่วงเวลาที่เกิดแสงสะท้อนไปไม่ถึง แต่สำหรับอาคารรูปทรงดังกล่าว พบว่า สามารถส่งผลกระทบต่อด้านแสงสะท้อนได้ในทุกช่วงเวลา สังเกตได้จากกราฟค่าความส่องสว่างสูงสุดของแสงสะท้อนที่เกิดขึ้น โดยค่าความส่องสว่างสูงสุดที่เกิดขึ้นมีความเปรียบต่างกับแสงธรรมชาติในช่วงเวลาเดียวกันได้ 2-3 เท่า

เมื่อวิเคราะห์ค่าความส่องสว่างสูงสุดของแสงสะท้อนที่กระทำต่อบริบทโดยรอบ ในรัศมี 200 เมตร พบว่า หากเปรียบเทียบกับกราฟของระยะห่างที่รัศมี 12 เมตร และ 100 เมตร แต่ช่วงเวลาที่เกิดแสงสะท้อนกระทำต่อบริบทโดยรอบมีน้อยกว่ามาก โดยค่าความส่องสว่างของกราฟส่วนใหญ่ มีค่าสูงสุดในช่วงเวลา 8.00 น. และประมาณ 16.00 - 17.00 น. ดังแผนภูมิที่ 29

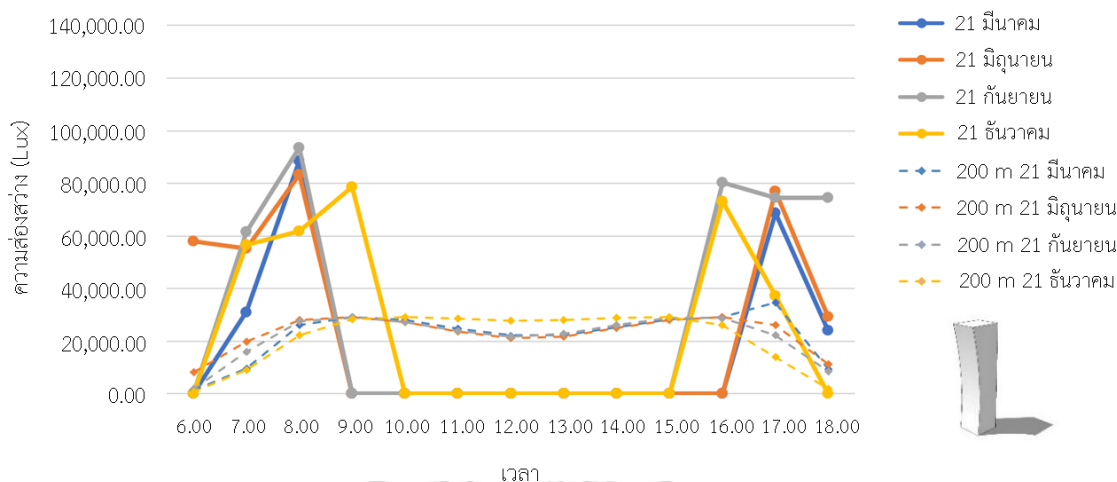


แผนภูมิที่ 29 ค่าความส่องสว่างสูงสุด ของแสงที่สะท้อนจากเปลือกอาคารรูปทรงสี่เหลี่ยมจัตุรัส ที่กระทำต่อบริบทโดยรอบในแนวตั้ง ในรัศมี 200 เมตร

เมื่อพิจารณาแผนภูมิที่ 29 จะเห็นได้ว่า กราฟค่าความส่องสว่างสูงสุดของแสงสะท้อนในรัศมี 200 เมตร ส่วนใหญ่เกิดขึ้นในเวลา 8.00 น. มีเพียงเดือนธันวาคม ที่ค่าความส่องสว่างสูงสุดเกิดขึ้นในเวลา 9.00 น. และ 15.00 น. โดยเมื่อพิจารณารูปของอาคารรูปทรงอื่นๆ เพิ่มเติม พบว่า ในช่วงเวลาตั้งแต่ 9.00 - 15.00 น. เป็นช่วงเวลาที่กราฟมีค่าเป็น 0 เช่นกัน เนื่องจากในช่วงเวลาดังกล่าว แสงสะท้อนจากเปลือกอาคารสะท้อนไปไม่ถึงระยะห่าง 200 เมตร ดังแผนภูมิที่ 30 และ 31



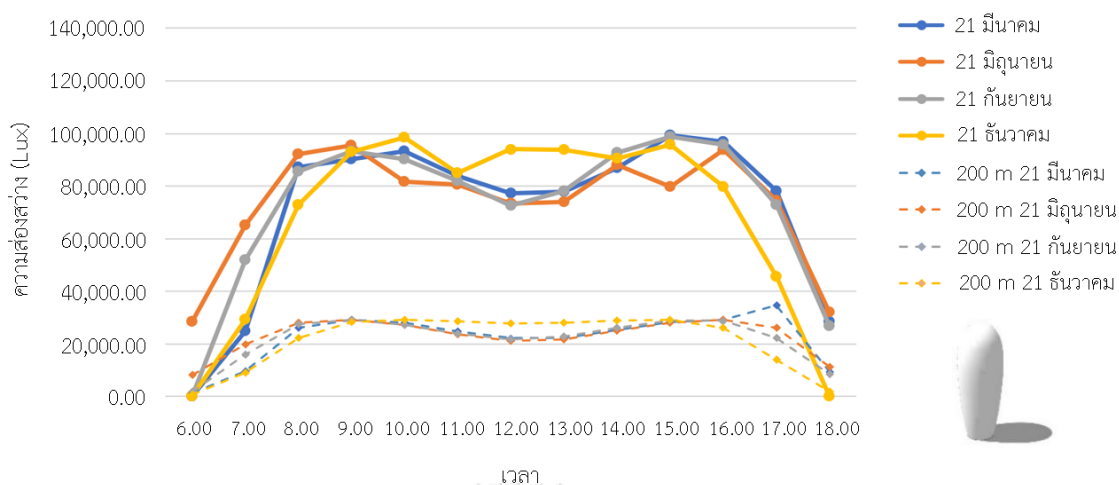
แผนภูมิที่ 30 ค่าความส่องสว่างสูงสุดของแสงที่สะท้อนจากเปลือกอาคารรูปทรงโค้งเว้า (หันด้านที่โค้งเว้าทางทิศตะวันตก) ที่กระทำต่อบริบทโดยรอบในแนวตั้ง ในรัศมี 200 เมตร



แผนภูมิที่ 31 ค่าความส่องสว่างสูงสุดของแสงที่สะท้อนจากเปลือกอาคารรูปทรงโค้งเว้า (หันด้านที่โค้งเว้าทางทิศตะวันออก) ที่กระทำต่อบริบทโดยรอบในแนวตั้ง ในรัศมี 200 เมตร

เมื่อพิจารณาแผนภูมิที่ 30 พบว่า กราฟของอาคารรูปทรงโค้งเว้าและหันด้านที่โค้งเว้าไปทางทิศตะวันตก ในเวลา 17.00 น. ของเดือนธันวาคม มีค่าความส่องสว่างสูงสุดที่มากกว่าวันอื่นๆ เนื่องจากรูปทรงโค้งเว้าที่ก่อให้เกิดแสงสะท้อนที่มีลักษณะรวมแสงไปยังจุดใดจุดหนึ่ง ซึ่งรับกับทิศทางของรังสีอาทิตย์ที่ส่องมาจากฝั่งทิศตะวันตกพอดี จึงก่อให้เกิดแสงสะท้อนที่มีค่าความส่องสว่างสูงตกกระทบในช่องระยะห่าง 200 เมตร ในขณะที่กราฟของอาคารรูปทรงโค้งเว้าและหันด้านที่โค้งเว้าไปทางทิศตะวันออก ดังแผนภูมิที่ 31 ในเวลา 6.00 น. ของเดือนมิถุนายนหรือวันคริสมาสต์ซึ่งดวงอาทิตย์ขึ้นเร็วและตกช้า แสงสะท้อนที่มีลักษณะรวมแสงไปยังจุดใดจุดหนึ่ง เกิดขึ้นใกล้เคียงกับระยะห่าง 200 เมตรพอดี จึงส่งผลให้เกิดค่าความส่องสว่างสูงสุดของแสงสะท้อนสูงถึงเกือบ 60,000 Lux ตั้งแต่เวลา 6.00 น. ซึ่งเป็นเวลาที่เดือนอื่นๆ ยังไม่ก่อให้เกิดแสงสะท้อนขึ้น ในขณะที่เวลา 18.00 น. ของเดือนกันยายน ความส่องสว่างของแสงสะท้อนสูงสุดมีค่ากว่า 70,000 Lux ซึ่งเมื่อพิจารณาควบคู่กับภาพแสดงการเกิดแสงสะท้อนในบริบทโดยรอบที่รัศมี 200 เมตร (ภาคผนวก ก) พบว่า ตำแหน่งที่เกิดแสงสะท้อนที่มีความส่องสว่างสูงเป็นเพียงจุดไฟกะเลิงๆ เท่านั้น แต่มีค่าความส่องสว่างที่สูงกว่าเวลาอื่นๆ

สำหรับอาคารรูปทรงดังกล่าว นั้น เป็นรูปทรงเพียงรูปทรงเดียวที่แสงสะท้อนจากเปลือกอาคาร สะท้อนไปไกลกว่าระยะห่าง 200 เมตร และก่อให้เกิดแสงสะท้อนในทุกช่วงเวลา ส่งผลให้กราฟของอาคารรูปทรงดังกล่าว มีความแตกต่างจากอาคารรูปทรงอื่นๆ ดังแผนภูมิที่ 32



แผนภูมิที่ 32 ค่าความส่องสว่างสูงสุด ของแสงที่สะท้อนจากเปลือกอาคารรูปทรงแตงกวา ที่กระทำต่อบริบทโดยรอบในแนวตั้ง ในรัศมี 200 เมตร

เมื่อพิจารณาแผนภูมิที่ 32 จะเห็นได้ว่า แสงสะท้อนของอาคารรูปทรงแตงกวาที่กระทำต่อบริบทโดยรอบในรัศมี 200 เมตรนั้น เกิดขึ้นตลอดทั้งวันซึ่งแตกต่างจากรูปทรงอื่นๆ โดยค่าความส่องสว่างมีลักษณะที่ขึ้นลงไม่สม่ำเสมอ ซึ่งขึ้นอยู่กับทิศทางของรังสีอาทิตย์ว่าตกกระทบลงบนส่วนโค้งจุดใดของเปลือกอาคารและส่งผลให้เกิดแสงสะท้อนที่มีทิศทางและค่าความส่องสว่างที่กระทำต่อสิ่งแวดล้อมที่แตกต่างกันไปในแต่ละจุด

สรุปได้ว่า เมื่อเปรียบเทียบกราฟค่าความส่องสว่างสูงสุดของแสงสะท้อนของอาคารรูปทรงเดียวกัน ต่อบริบทโดยรอบในระยะห่างแตกต่างกัน พบว่า ในวันและเวลาเดียวกัน ค่าความส่องสว่างสูงสุดของแสงสะท้อนของอาคารรูปทรงเดียวกันจะมีค่าที่ไม่แตกต่างกันมากนัก ยกเว้นอาคารรูปทรงโค้งงอที่ค่าความส่องสว่างจะขึ้นอยู่กับตำแหน่งที่แสงสะท้อนกระทำต่อบริบทรอบข้างในลักษณะรวมแสง โดยหากจุดที่รวมแสงเกิดขึ้นในระยะใด แสงสะท้อนในบริเวณนั้นจะมีค่าความส่องสว่างสูงสุดมากกว่าระยะอื่นๆ ส่วนอาคารรูปทรงแตงกวา เป็นรูปทรงที่ก่อให้เกิดแสงสะท้อนในลักษณะที่กระจายไปทุกทิศทางตลอดทั้งวัน โดยค่าความส่องสว่างสูงสุดในแต่ละช่วงเวลาที่กระทำต่อสภาพแวดล้อมนั้น มีค่าที่ใกล้เคียงกันในทุกระยะห่าง จึงถือได้ว่าส่งผลกระทบต่อสภาพแวดล้อมใกล้เคียงกันทั้งระยะห่างที่ใกล้หรือไกลในการจำลอง ในขณะที่อาคารรูปทรงที่ 1 2 3 และ 4 หากมีระยะห่างจากตัวอาคารกรณีศึกษาที่มากขึ้น อาจมีบางเวลาที่แสงสะท้อนไปไม่ถึงตำแหน่งนั้น ส่งผลให้ในการจำลองระยะห่างที่รัศมี 12 เมตร จึงได้รับผลกระทบยาวนานกว่า 100 เมตร และระยะห่างที่รัศมี 100 เมตร ได้รับผลกระทบยาวนานกว่า 200 เมตร

หมายเหตุ: รูปแบบการสะท้อนของอาคารกรณีศึกษาแต่ละรูปทรง ดูได้ในภาคผนวก ก

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลกระทบของแสงสะท้อนจากเปลือกอาคาร อันมีสาเหตุมาจากรูปทรงอาคารและทิศทางอาคาร ต่อสภาพแวดล้อมโดยรอบ รวมถึงเสนอแนะแนวทางในการออกแบบอาคารเพื่อลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมอันเกิดจากแสงสะท้อนของเปลือกอาคาร สำหรับเป็นข้อมูลเพิ่มเติมในการสร้างมาตรฐานการออกแบบอาคารให้มีความเหมาะสม และส่งผลกระทบต่อด้านการสะท้อนแสงต่อสิ่งแวดล้อมน้อยที่สุด โดยใช้วิธีการวิจัยในรูปแบบเชิงจำลองสถานการณ์ (Simulation Research) โดยใช้โปรแกรม Rhinoceros ร่วมกับ Grasshopper Plug-in ในการสร้างแบบจำลองอาคารกรณีศึกษา และจำลองหาทิศทางและค่าความส่องสว่างของแสงสะท้อนจากเปลือกอาคารที่กระทำต่อสภาพแวดล้อมโดยรอบอาคารกรณีศึกษา ณ ตำแหน่งที่เกิดแสงสะท้อน โดยการสรุปผลการวิจัยและอภิปรายผล แบ่งออกเป็น 3 ส่วน ได้แก่

5.1 สรุปผลการวิจัย

5.2 การอภิปรายผล

5.3 ข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัย

รูปทรงอาคารและทิศทางในการวางอาคารที่แตกต่างกัน มีผลโดยตรงต่อการเกิดแสงสะท้อนจากเปลือกอาคาร และเป็นปัจจัยสำคัญในการกำหนดทิศทางและความส่องสว่างของแสงสะท้อนที่กระทำต่อสภาพแวดล้อมโดยรอบ โดยจากการพิจารณาผลการวิจัยตามแนวทางในการวิเคราะห์แสงสะท้อนที่กำหนด สามารถสรุปผลได้ ดังนี้

5.1.1 ทิศทางของแสงที่สะท้อนจากเปลือกอาคาร

จากการใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์จำลองเพื่อหาทิศทางของแสงสะท้อนจากเปลือกอาคารในแต่ละเวลาของวันสำคัญทั้ง 4 วัน พบว่า ในวันที่ 21 มีนาคม และ 21 กันยายน ซึ่งเป็นวันอิควิน็อกซ์ที่มีช่วงเวลากลางวันและกลางคืนยาวเท่ากันนั้น แสงสะท้อนจากเปลือกอาคารของทั้งสองวันนี้มีลักษณะที่ใกล้เคียงกันมาก ทั้งขนาดพื้นที่และทิศทางของแสงสะท้อน โดยแสงสะท้อนจะเริ่มเกิดขึ้นทางทิศตะวันออกเฉียงเหนือในเวลาเช้า และเคลื่อนที่วนทวนเข็มนาฬิกาไปจนถึงทิศตะวันตกเฉียงเหนือในเวลาเย็น ส่วนแสงสะท้อนในเดือนธันวาคมจะมีทิศทางที่ใกล้เคียงกัน แต่ทำมุมกว้างกว่าและยาวกว่าเดือนอื่นๆ เนื่องจากเป็นวันเหมายันที่ดวงอาทิตย์เคลื่อนที่อ้อมได้มากที่สุด จึงส่งผลให้แสงสะท้อนทอดยาวมากที่สุด ในขณะที่ทิศทางของแสงสะท้อนในเดือนมิถุนายนหรือวันครีษมายันมีความแตกต่างออกไป โดยเริ่มจากทิศตะวันออกเฉียงใต้ และเคลื่อนที่วนตามเข็มนาฬิกาไปจนถึงทิศ

ตะวันตกเฉียงใต้ โดยแสงสะท้อนในช่วงเวลาเช้าและเย็นจะมีลักษณะทอดยาวไปไกล ในขณะที่แสงสะท้อนในช่วงกลางวันจะมีขนาดที่สั้นกว่ามากตามตำแหน่งของดวงอาทิตย์

จากการวิเคราะห์ทิศทางของแสงสะท้อนจากอาคารกรณีศึกษาแต่ละรูปทรง พบว่า อาคารรูปทรงสี่เหลี่ยมจัตุรัสเปลือกอาคารเรียบตรง อาคารรูปทรงสี่เหลี่ยมเปลือกอาคารลาดเอียงเข้าหาอาคารในแนวตั้ง อาคารรูปทรงสี่เหลี่ยมเปลือกอาคารลาดเอียงออกจากอาคารในแนวตั้ง และอาคารรูปทรงโค้งเว้านั้น ในวันและเวลาเดียวกันจะมีทิศทางของแสงสะท้อนที่ทอดยาวไปในทิศเดียวกัน แต่แตกต่างกันเพียงขนาดความกว้างและความยาวของแสงสะท้อนเท่านั้น โดยพบว่า อาคารรูปทรงสี่เหลี่ยมเปลือกอาคารลาดเอียงออกจากอาคารในแนวตั้ง มีความยาวของแสงสะท้อนในแต่ละทิศที่มากที่สุดในทุกรูปทรง ส่วนอาคารรูปทรงโค้งเว้านั้น แม้แสงสะท้อนที่เกิดขึ้นจะมีลักษณะรวมแสงไปยังจุดใดจุดหนึ่ง แต่ทิศทางของแสงสะท้อนยังคงทอดยาวไปในทิศทางเดียวกันกับอาคารรูปทรงสี่เหลี่ยมจัตุรัสอื่นๆ ในขณะที่อาคารรูปทรงแตงกวา เป็นรูปทรงเดียวที่ก่อให้เกิดการสะท้อนในลักษณะที่กระจายแสงไปในทุกทิศทางตลอดทั้งวัน จนไม่สามารถระบุทิศทางที่แน่นอนของแสงสะท้อนได้ จึงถือเป็นรูปทรงที่ส่งผลกระทบต่อด้านแสงสะท้อนเป็นวงกว้างมากที่สุด

5.1.2 พื้นที่ที่แสงสะท้อนตกกระทบลงบนพื้นในแนวราบ

จากการวิเคราะห์ขนาดพื้นที่ของแสงสะท้อนจากเปลือกอาคารรูปทรงต่างๆ ที่ตกกระทบลงบนพื้นในแนวราบ พบว่า อาคารรูปทรงสี่เหลี่ยมเปลือกอาคารลาดเอียงออกจากอาคารในแนวตั้ง เป็นรูปทรงที่ก่อให้เกิดแสงสะท้อนตกกระทบลงบนพื้นราบเป็นบริเวณมากที่สุด ทั้งขนาดพื้นที่ของแสงสะท้อนโดยรวมในเวลาใดเวลาหนึ่งและขนาดพื้นที่โดยเฉลี่ยตลอดทั้งวันเมื่อเปรียบเทียบกับอาคารรูปทรงอื่นๆ โดยเฉพาะเมื่อหันด้านที่ลาดเอียงไปทางทิศเหนือและทิศใต้ เนื่องจากอาคารรูปทรงนี้มีลักษณะของเปลือกอาคารที่เอียงรับแสงอาทิตย์ จึงก่อให้เกิดการสะท้อนแสงของดวงอาทิตย์เป็นมุมที่ทอดยาวลงบนพื้นดินตลอดทั้งวัน และถึงแม้ในช่วงเวลาที่ดวงอาทิตย์อยู่ในตำแหน่งที่สูงบนท้องฟ้า รังสีอาทิตย์ก็สามารถตกกระทบเปลือกอาคารด้านที่ลาดเอียงจากมุมสูงและส่งผลให้เกิดแสงสะท้อนทอดยาวในแนวราบได้ อีกทั้งยังยากที่อาคารอื่นรอบข้างจะช่วยบดบังแสงอาทิตย์แก่อาคารรูปทรงนี้ได้อีกด้วย อาคารรูปทรงสี่เหลี่ยมเปลือกอาคารลาดเอียงออกจากอาคารในแนวตั้ง จึงถือเป็นรูปทรงที่ส่งผลกระทบต่อพื้นในแนวราบ

สำหรับอาคารรูปทรงสี่เหลี่ยมเปลือกอาคารลาดเอียงเข้าหาอาคารในแนวตั้ง แม้จะก่อให้เกิดแสงสะท้อนตกกระทบลงบนพื้นน้อยลงหากดวงอาทิตย์ส่องกระทบในมุมด้านที่ลาดเอียง แต่ในช่วงเวลาเช้าและเย็น อาคารรูปทรงนี้สามารถก่อให้เกิดแสงสะท้อนเป็นพื้นที่ค่อนข้างมากได้เช่นกัน ส่วนอาคารรูปทรงโค้งเว้า รูปแบบของแสงสะท้อนมีลักษณะรวมแสง ณ จุดใดจุดหนึ่ง ไม่ได้เห็นเป็นแนวแสงสะท้อนที่ต่อเนื่องชัดเจนดังเช่นอาคารรูปทรงสี่เหลี่ยมเปลือกอาคารเรียบตรง จึงก่อให้เกิด

ผลกระทบด้านขนาดพื้นที่น้อยกว่ารูปทรงอื่นๆ ในขณะที่อาคารรูปทรงแตงกวา แม้แสงสะท้อนจะมีลักษณะที่กระจายไปทุกทิศทางตลอดทั้งวัน แต่ขนาดพื้นที่ที่แสงสะท้อนตกกระทบในแนวราบโดยรวมในแต่ละเวลานั้นไม่มาก จึงถือได้ว่ามีผลกระทบด้านขนาดพื้นที่ที่แสงสะท้อนตกกระทบลงบนพื้นราบไม่มากนัก โดยหากต้องการทราบผลกระทบในด้านพื้นที่ที่แสงสะท้อนตกกระทบลงบนพื้นราบของอาคารรูปทรงใดก็ตาม ควรพิจารณาหรือจำลองแสงสะท้อนในเดือนธันวาคม จะสามารถเห็นผลกระทบได้ชัดเจนมากที่สุด เนื่องจากแสงสะท้อนทอดยาวมากที่สุด

5.1.3 เวลาที่แสงสะท้อนจากเปลือกอาคารกระทำต่อสภาพแวดล้อมโดยรอบ

จากการจำลองการเกิดแสงสะท้อนของอาคารกรณีศึกษาแต่ละรูปทรงต่อสภาพแวดล้อมโดยรอบที่แตกต่างกัน สรุปได้ว่า อาคารทุกรูปทรงสามารถก่อให้เกิดผลกระทบด้านแสงสะท้อนได้เกือบตลอดทั้งวัน โดย สภาพแวดล้อมข้างเคียงที่อยู่ใกล้อาคารที่เกิดแสงสะท้อนจะยิ่งได้รับผลกระทบมากกว่า ทั้งในแนวราบและแนวตั้ง แต่หากมีระยะห่างจากอาคารเพิ่มมากขึ้น เวลาที่แสงสะท้อนตกกระทบลงบนพื้นที่ในระยะห่างนั้นๆ จะลดน้อยลง โดยสำหรับอาคารรูปทรงสี่เหลี่ยมเปลือกอาคารลาดเอียงออกจากอาคารในแนวตั้ง ซึ่งเป็นรูปทรงที่ก่อให้เกิดแสงสะท้อนที่มีลักษณะทอดยาวในแนวราบมากกว่ารูปทรงอื่น พบว่า ก่อให้เกิดผลกระทบต่อสภาพแวดล้อมโดยรอบเป็นระยะเวลาที่ยาวนานกว่ารูปทรงอื่นในแต่ละวันอีกด้วย มีเพียงช่วงเวลาใกล้เที่ยงวัน สภาพแวดล้อมที่อยู่ใกล้จึงจะไม่ได้รับผลกระทบ ในขณะที่อาคารรูปทรงแตงกวา เป็นรูปทรงที่สามารถก่อให้เกิดแสงสะท้อนจากเปลือกอาคารกระจายทุกทิศทางตลอดทั้งวันในทุกสภาพแวดล้อมที่ได้ทำการวิจัย โดยเมื่อทดลองจำลองแสงสะท้อนในระยะห่างที่มากขึ้น พบว่า แสงสะท้อนจากเปลือกอาคารรูปทรงแตงกวาสามารถกระทำต่อบริบทโดยรอบในความสูงเท่าตัวอาคารไปได้ไกลกว่า 10 กิโลเมตร จึงถือได้ว่าเป็นรูปทรงที่ก่อให้เกิดผลกระทบเป็นวงกว้าง แม้ในเวลาช่วงเที่ยงวันหรือในสภาพแวดล้อมที่มีระยะห่างจากอาคารกรณีศึกษามากก็ตาม

5.1.4 ค่าความส่องสว่าง (Illuminance) ของแสงสะท้อนจากเปลือกอาคาร

จากการจำลองโดยโปรแกรมคอมพิวเตอร์เพื่อหาค่าความส่องสว่างของแสงสะท้อนจากเปลือกอาคารกรณีศึกษาทุกรูปทรงที่หันตามทิศที่กำหนดทั้ง 5 รูปทรง รวม 15 รูปแบบ ที่กระทำต่อสภาพแวดล้อมโดยรอบในแนวราบและแนวตั้งที่แตกต่างกัน มีรายละเอียดดังนี้

- ค่าความส่องสว่างของแสงที่สะท้อนจากเปลือกอาคารลงบนพื้นในแนวราบ

เมื่อทำการเปรียบเทียบค่าความส่องสว่างสูงสุด รวมถึงค่าความส่องสว่างเฉลี่ยของแสงสะท้อนจากเปลือกอาคารกรณีศึกษาทุกรูปทรง พบว่า อาคารรูปทรงสี่เหลี่ยมเปลือกอาคารเรียบตรง อาคารรูปทรงสี่เหลี่ยมเปลือกอาคารลาดเอียงเข้าหาอาคารในแนวตั้ง และอาคารรูปทรงสี่เหลี่ยมเปลือกอาคารลาดเอียงออกจากอาคารในแนวตั้ง มีค่าความส่องสว่างสูงสุดที่ใกล้เคียงกันมาก (ดัง

แผนภูมิที่ 18) รวมถึงค่าความส่องสว่างเฉลี่ยในแต่ละเวลาก็ใกล้เคียงกันเช่นกัน ในขณะที่อาคารรูปทรงโค้งเว้า ก่อให้เกิดแสงสะท้อนที่มีค่าความส่องสว่างสูงกว่ารูปทรงอื่นเป็นอย่างมากไม่ว่าจะหันด้านที่โค้งเว้าไปในทิศใดก็ตาม จึงอนุมานได้ว่า เป็นรูปทรงที่ก่อให้เกิดผลกระทบต่อด้านแสงบาดตาจากเปลือกอาคารมากที่สุด โดยเฉพาะในตำแหน่งกลางจุดที่รวมแสง (จุดโฟกัส) ที่มีค่าความส่องสว่างสูงสุด ซึ่งมีค่าความเปรียบต่างกับแสงธรรมชาติในบริเวณที่ไม่เกิดแสงสะท้อนกว่า 2 เท่า ในขณะที่อาคารรูปทรงแตงกวา มีค่าความส่องสว่างของแสงสะท้อนที่สูงรองลงมา โดยเฉพาะแสงสะท้อนที่เกิดในช่วงเวลาที่ดวงอาทิตย์อยู่ในตำแหน่งที่สูงบนท้องฟ้า แต่แสงสะท้อนมีลักษณะที่กระจายไปรอบทิศทาง โดยแต่ละจุดที่ได้รับผลกระทบ มีค่าความส่องสว่างที่ไม่เท่ากัน จึงไม่สามารถระบุตำแหน่งหรือทิศทางที่เกิดแสงสะท้อนสูงสุดอย่างแน่นอนได้

- ค่าความส่องสว่างของแสงที่สะท้อนจากเปลือกอาคารต่อบริบทโดยรอบในแนวตั้ง

เมื่อทำการเปรียบเทียบกราฟค่าความส่องสว่างสูงสุดของแสงสะท้อนของอาคารรูปทรงเดียวกัน ที่ระยะห่าง 12 เมตร 100 เมตร และ 200 เมตร พบว่า ในวันและเวลาเดียวกัน ค่าความส่องสว่างสูงสุดของแสงสะท้อนของอาคารรูปทรงเดียวกันจะมีค่าที่ไม่แตกต่างกันมากนัก ยกเว้นอาคารรูปทรงโค้งเว้าที่ก่อให้เกิดแสงสะท้อนที่มีลักษณะรวมแสงไปยังจุดใดจุดหนึ่ง ซึ่งตำแหน่งที่แสงสะท้อนกระทำต่อบริบทรอบข้างในลักษณะรวมแสงนั้น จะเกิดขึ้นเป็นระยะห่างจากตัวอาคารมากขึ้น แตกต่างกันไปในแต่ละเวลาขึ้นอยู่กับทิศทางของรังสีอาทิตย์ที่ตกกระทบเปลือกอาคาร โดยหากจุดที่รวมแสงเกิดขึ้นใกล้เคียงกับระยะห่างเท่าใด ก็ส่งผลให้ในบริเวณนั้นมีค่าความส่องสว่างสูงสุดมากกว่าระยะอื่นๆ โดยจากการจำลองพบว่า ในระยะห่างที่มากกว่าอาจมีบางเวลาที่แสงสะท้อนไปไม่ถึงบริเวณนั้น สภาพแวดล้อมที่อยู่ใกล้เคียงอาคารจึงได้รับผลกระทบมากกว่า

5.2 การอภิปรายผล

เนื่องจากการจัดทำรายงานการวิเคราะห์ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม (EIA) เพื่อยื่นขออนุญาตก่อสร้างอาคารนั้น ได้ระบุให้นำเสนอผลของแสงสะท้อนที่กระทำต่อสภาพแวดล้อมจากการจำลองโดยโปรแกรมคอมพิวเตอร์เป็น ความส่องสว่าง (Illuminance, Lux) แต่ไม่ได้ระบุโดยละเอียดในเรื่องค่าความส่องสว่าง ว่ามีค่าความสว่างมากเท่าใดถึงจะไม่ดี งานวิจัยนี้จึงได้นำข้อมูลของค่าความส่องสว่างทั้งหมดที่ได้จากการจำลองมาประเมิน โดยใช้วิธีการทางสถิติในการแบ่งระดับผลกระทบต่อความส่องสว่างออกเป็นระดับ A B C และ D เพื่อเปรียบเทียบผลกระทบต่อด้านแสงสะท้อนที่เกิดจากรูปทรงอาคารและการวางทิศทางอาคารที่แตกต่างกัน โดยมีรายละเอียด ดังนี้

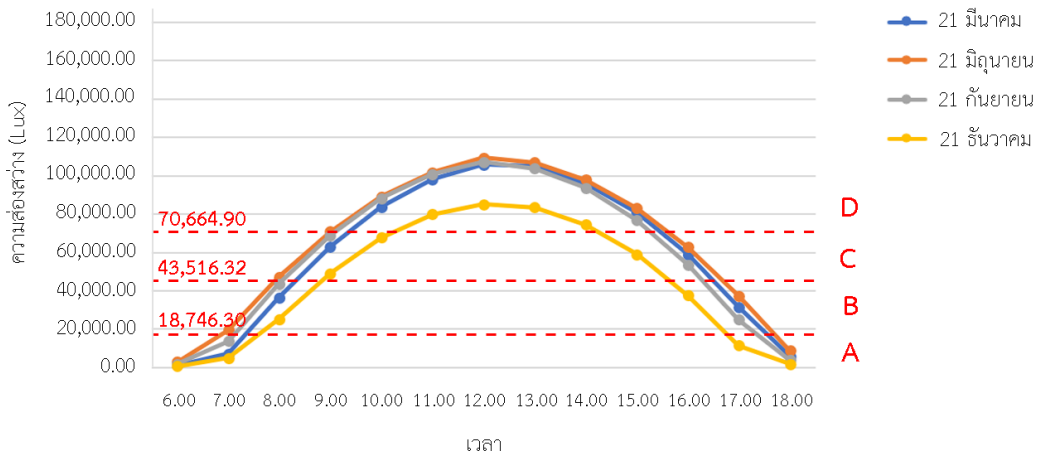
5.2.1 แสงสะท้อนที่กระทำต่อพื้นในแนวราบ

ในการประเมินผลกระทบด้านแสงสะท้อนจากเปลือกอาคารของอาคารกรณีศึกษาแต่ละรูปทรง สำหรับงานวิจัยนี้ การเปรียบเทียบผลกระทบที่เกิดขึ้นในแนวราบ จะนำข้อมูลค่าความส่องสว่างของแสงสะท้อนจากเปลือกอาคารทุกรูปทรงที่ตกกระทบลงบนพื้นราบที่ได้จากการจำลองในพื้นที่ขนาด 500 เมตร x 500 เมตรทั้งหมด ซึ่งมีค่าความส่องสว่างสูงสุดที่ 164,595.49 Lux และค่าความส่องสว่างต่ำสุดที่ 2,929.77 Lux มาหาความสัมพันธ์ทางสถิติ เพื่อเป็นเกณฑ์ในการวัดระดับผลกระทบด้านแสงบาดตาที่เกิดจากแสงสะท้อน โดยมีรายละเอียด ดังนี้

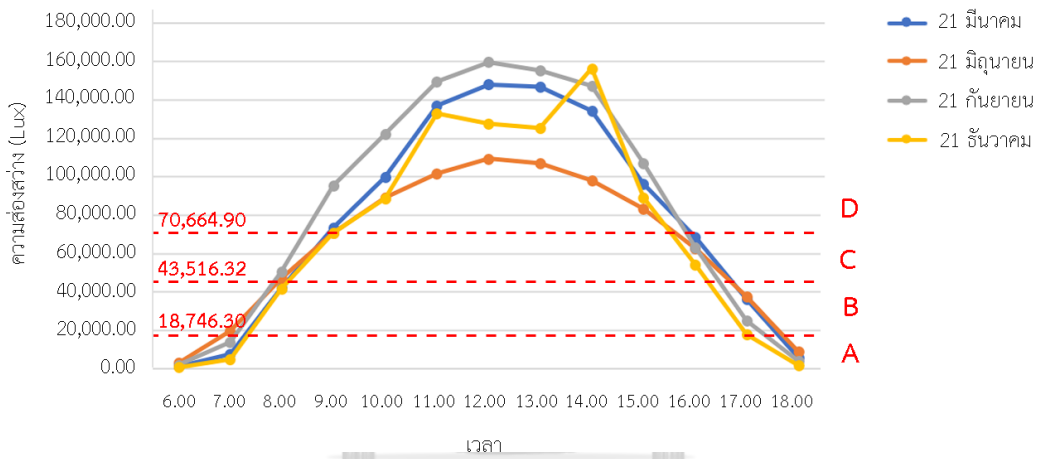
ตารางที่ 5 เกณฑ์ในการประเมินผลกระทบของแสงสะท้อนจากเปลือกอาคารที่กระทำต่อพื้นในแนวราบ

ระดับความส่องสว่าง	ระดับคะแนนอาคาร
ค่าความส่องสว่างต่ำกว่าร้อยละ 25 (ต่ำกว่า 18,746.34 Lux)	A
ค่าความส่องสว่างอยู่ในระดับที่มากกว่าร้อยละ 25 แต่ไม่เกินร้อยละ 50 (ระหว่าง 18,746.34 - 43,516.33 Lux)	B
ค่าความส่องสว่างอยู่ในระดับที่มากกว่าร้อยละ 50 แต่ไม่เกินร้อยละ 75 (ระหว่าง 43,516.33 - 70,664.91 Lux)	C
ค่าความส่องสว่างสูงกว่าร้อยละ 75 (มากกว่า 70,664.91 Lux)	D

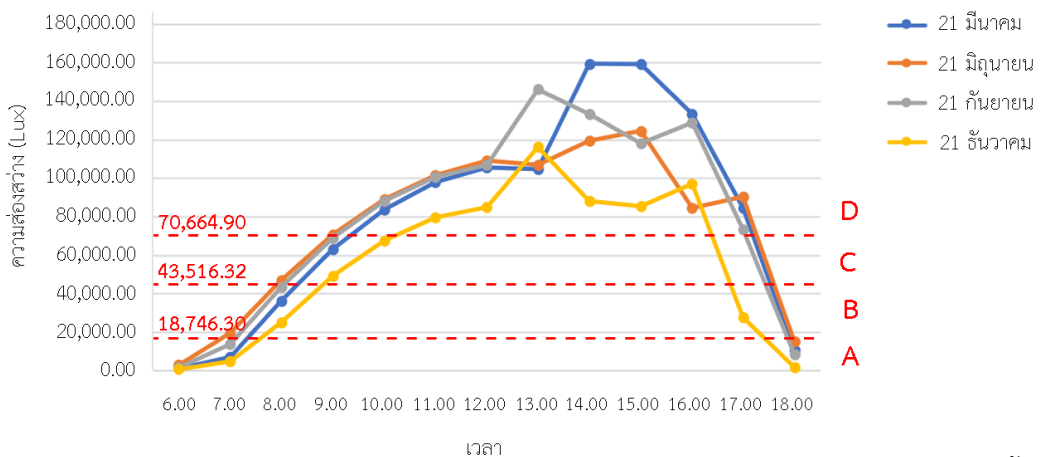
ในการคำนวณหาระดับคะแนนของอาคารกรณีศึกษาแต่ละรูปทรง จะพิจารณาจากค่าความส่องสว่างของแสงสะท้อน ว่าค่าความส่องสว่างทั้งหมดที่เกิดขึ้นนั้นอยู่ในระดับคะแนนใดบ้าง โดยระดับ A เป็นระดับที่ก่อให้เกิดค่าความส่องสว่างต่ำที่สุด ซึ่งต่ำกว่าร้อยละ 25 ของค่าแสงสะท้อนที่เกิดขึ้นทั้งหมด จึงถือว่าเป็นอาคารที่ส่งผลกระทบด้านแสงสะท้อนต่อสภาพแวดล้อมน้อย ในขณะที่ระดับ D เป็นระดับที่ก่อให้เกิดค่าความส่องสว่างสูงสุด ซึ่งเกินร้อยละ 75 ของค่าแสงสะท้อนที่เกิดขึ้นทั้งหมด จึงถือเป็นอาคารที่ส่งผลกระทบด้านแสงสะท้อนต่อสภาพแวดล้อมมากที่สุด โดยหากอาคารรูปทรงใดที่มีเปอร์เซ็นต์ค่าความส่องสว่างของแสงสะท้อนที่เกิดขึ้นในอยู่ในระดับ D มากที่สุด จะถือเป็นอาคารที่สร้างผลกระทบมากกว่ารูปทรงอื่นๆ โดยเมื่อนำกราฟค่าความส่องสว่างสูงสุดของอาคารแต่ละรูปทรงมาเปรียบเทียบตามเกณฑ์ดังกล่าว มีรายละเอียดดังนี้



แผนภูมิที่ 33 ค่าความส่องสว่างสูงสุดของแสงที่สะท้อนจากเปลือกอาคารรูปทรงสี่เหลี่ยมจัตุรัส
ลงบนพื้นราบ

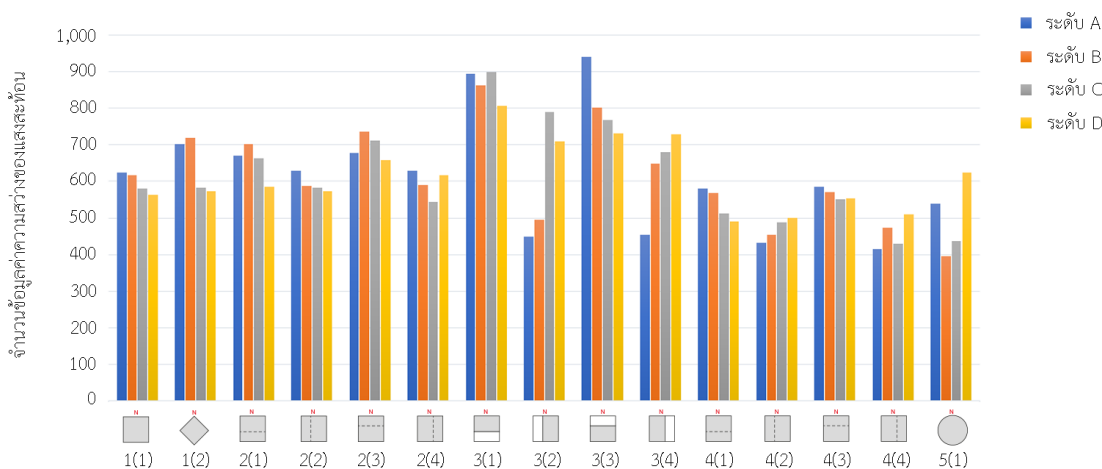


แผนภูมิที่ 34 ค่าความส่องสว่างสูงสุดของแสงที่สะท้อนจากเปลือกอาคารรูปทรงโค้งเว้าลงบนพื้นราบ
(หันด้านที่โค้งเว้าไปทางทิศใต้)



แผนภูมิที่ 35 ค่าความส่องสว่างสูงสุดของแสงที่สะท้อนจากเปลือกอาคารรูปทรงโค้งเว้าลงบนพื้นราบ
(หันด้านที่โค้งเว้าไปทางทิศตะวันตก)

เมื่อพิจารณาแผนภูมิที่ 33 34 และ 35 พบว่า เมื่อนำมาเปรียบเทียบกับเกณฑ์ระดับคะแนน อาคารรูปทรงสี่เหลี่ยมจัตุรัสเปลือกอาคารเรียบตรง มีค่าความส่องสว่างที่สูงเกินระดับร้อยละ 75 ตั้งแต่เวลา 10.00 - 15.00 น. ในขณะที่อาคารรูปทรงโค้งเว้านั้น มีช่วงเวลาที่ค่าความส่องสว่างเกินระดับร้อยละ 75 มากกว่า โดยสามารถเกิดขึ้นตั้งแต่เวลา 9.00 น. ไปจนถึงเวลา 17.00 น. ขึ้นอยู่กับทิศทางการวางอาคาร โดยเมื่อทำการเปรียบเทียบข้อมูลค่าความส่องสว่างแสงสะท้อนทั้งหมดที่เกิดขึ้นในแต่ละระดับคะแนนของอาคารแต่ละรูปแบบ พบว่า มีรายละเอียด ดังนี้



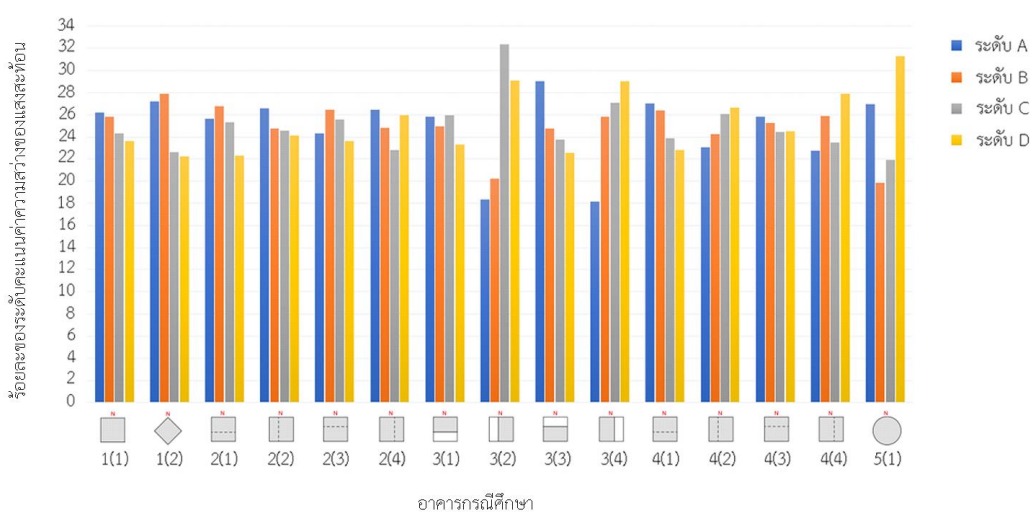
อาคารกรณีศึกษา

แผนภูมิที่ 36 แผนภูมิแท่งเปรียบเทียบข้อมูลค่าความส่องสว่างทั้งหมดของแสงสะท้อน ที่ตกกระทบลงบนพื้นราบ ในแต่ละระดับคะแนน ของอาคารกรณีศึกษาแต่ละรูปทรง

จากแผนภูมิที่ 36 พบว่า แผนภูมิข้อมูลค่าความส่องสว่างของแสงสะท้อนของอาคารรูปทรงที่ 3 หรืออาคารรูปทรงสี่เหลี่ยมเปลือกอาคารลาดเอียงออกจากอาคารในแนวตั้ง มีข้อมูลค่าความส่องสว่างของแสงสะท้อนในแต่ละระดับคะแนนสูงที่สุด โดยสูงกว่ารูปทรงอื่นๆ ทั้งหมด เนื่องจากข้อมูลของแสงสะท้อนที่เกิดขึ้นแปรผันตามขนาดพื้นที่ที่เกิดแสงสะท้อน ซึ่งอาคารรูปทรงดังกล่าวก่อให้เกิดแสงสะท้อนในแนวราบเป็นบริเวณมากที่สุด จึงส่งผลให้มีค่าแสงสะท้อนในทุกระดับคะแนนที่มากที่สุด ซึ่งหากพิจารณาผลกระทบจากระดับคะแนนที่เกิดขึ้นดังแผนภูมินี้ อาจกล่าวได้ว่า อาคารรูปทรงสี่เหลี่ยมเปลือกอาคารลาดเอียงออกจากอาคารในแนวตั้ง เป็นรูปทรงที่ส่งผลกระทบมากที่สุด เนื่องจากมีระดับคะแนนทั้ง A B C และ D สูงที่สุดในทุกรูปทรง แต่หากลองเปรียบเทียบเป็นเปอร์เซ็นต์ของค่าความส่องสว่างของแสงสะท้อนที่เกิดขึ้นในแต่ละระดับคะแนนของอาคารแต่ละรูปทรง เพื่อพิจารณาสัดส่วนของระดับคะแนนที่เกิดขึ้น พบว่า มีรายละเอียด ดังนี้

ตารางที่ 6 เปอร์เซ็นต์ค่าความส่องสว่างของแสงสะท้อนที่เกิดขึ้นในแต่ละระดับคะแนน ของอาคาร
กรณีศึกษาแต่ละรูปทรง

อาคารกรณีศึกษา	ทิศทางการวางอาคาร	ระดับคะแนน (ร้อยละ)			
		A	B	C	D
รูปทรงที่ 1: รูปทรงสี่เหลี่ยมจัตุรัส เปลือกอาคารเรียบตรง	1(1)	26.21	25.83	24.32	23.61
	1(2) วางเอียง 45 องศา	27.23	27.89	22.61	22.26
รูปทรงที่ 2: รูปทรงสี่เหลี่ยมเปลือก อาคารลาดเอียงเข้าหาอาคารใน แนวตั้ง	2(1) ทิศใต้	25.61	26.75	25.30	22.32
	2(2) ทิศตะวันตก	26.54	24.73	24.56	24.14
	2(3) ทิศเหนือ	24.32	26.48	25.58	23.60
	2(4) ทิศตะวันออก	26.42	24.83	22.81	25.92
รูปทรงที่ 3: รูปทรงสี่เหลี่ยมเปลือก อาคารลาดเอียงออกจากอาคารใน แนวตั้ง	3(1) ทิศใต้	25.83	24.93	25.94	23.28
	3(2) ทิศตะวันตก	18.33	20.26	32.33	29.06
	3(3) ทิศเหนือ	28.99	24.73	23.71	22.54
	3(4) ทิศตะวันออก	18.12	25.81	27.05	29.00
รูปทรงที่ 4: รูปทรงโค้งเว้า	4(1) ทิศใต้	27.01	26.35	23.84	22.78
	4(2) ทิศตะวันตก	23.06	24.24	26.05	26.63
	4(3) ทิศเหนือ	25.85	25.23	24.43	24.47
	4(4) ทิศตะวันออก	22.73	25.90	23.49	27.86
รูปทรงที่ 5: รูปทรงกลม	5(1)	26.96	19.84	21.90	31.27



แผนภูมิที่ 37 แผนภูมิแท่งเปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์ค่าความส่องสว่างของแสงสะท้อนที่เกิดขึ้นในแต่ละ
ระดับคะแนน ของอาคารกรณีศึกษาแต่ละรูปทรง

เมื่อพิจารณาแผนภูมิที่ 37 พบว่า อาคารกรณีศึกษาแต่ละรูปทรง มีเปอร์เซ็นต์ค่าความส่องสว่างของแสงสะท้อนส่วนใหญ่อยู่ในช่วงระดับคะแนนที่แตกต่างกัน โดยสำหรับอาคารรูปทรงสี่เหลี่ยมจัตุรัสเปลือกอาคารเรียบตรง เปอร์เซ็นต์ค่าความส่องสว่างของแสงสะท้อนอยู่ในระดับคะแนน A และ B มากที่สุด ขึ้นอยู่กับทิศทางในการวางผังอาคาร ส่วนอาคารรูปทรงสี่เหลี่ยมเปลือกอาคารลาดเอียงเข้าหาอาคารในแนวตั้ง เมื่อหันด้านที่ลาดเอียงไปทางทิศเหนือและทิศใต้ พบว่า เปอร์เซ็นต์ค่าความส่องสว่างของแสงสะท้อนส่วนใหญ่อยู่ในระดับคะแนน B ในขณะที่เมื่อหันด้านที่ลาดเอียงทางทิศตะวันตกและทิศตะวันออก เปอร์เซ็นต์ค่าความส่องสว่างของแสงสะท้อนส่วนใหญ่อยู่ในระดับคะแนน A แต่สำหรับทิศตะวันออกนั้น แม้ส่วนใหญ่จะอยู่ในระดับคะแนน A แต่เปอร์เซ็นต์ค่าความส่องสว่างของระดับคะแนน D ก็มีค่าที่ใกล้เคียงกัน ในขณะที่อาคารรูปทรงสี่เหลี่ยมเปลือกอาคารลาดเอียงออกจากอาคารในแนวตั้งนั้น เมื่อหันด้านที่ลาดเอียงทางทิศเหนือ พบว่า เปอร์เซ็นต์ค่าความส่องสว่างของแสงสะท้อนส่วนใหญ่อยู่ในระดับคะแนน A แต่หากหันด้านที่ลาดเอียงทางทิศตะวันตกและทิศตะวันออก พบว่า เปอร์เซ็นต์ค่าความส่องสว่างของแสงสะท้อนส่วนใหญ่อยู่ในระดับคะแนน C และ D ซึ่งสูงกว่าระดับอื่นๆ อย่างเห็นได้ชัด เพราะเนื่องมาจากอาคารรูปทรงนี้ ก่อให้เกิดการสะท้อนเป็นพื้นที่บริเวณกว้างมาก โดยเฉพาะในช่วงเวลาที่เที่ยงวันที่ค่าความส่องสว่างของแสงสะท้อนสูง จึงส่งผลให้มีระดับคะแนนอยู่ในเกณฑ์ที่ต่ำ

สำหรับอาคารรูปทรงโค้งเว้า แม้จะเป็นรูปทรงที่ก่อให้เกิดค่าความส่องสว่างของแสงสะท้อนสูงมากที่สุด แต่เมื่อนำมาเปรียบเทียบกับวิธีทางสถิติ พบว่า เมื่อหันด้านที่โค้งเว้าไปทางทิศเหนือและทิศใต้ เปอร์เซ็นต์ค่าความส่องสว่างของแสงสะท้อนส่วนใหญ่อยู่ในระดับคะแนน A แต่หากหันด้านที่โค้งเว้าไปทางทิศตะวันตกหรือทิศตะวันออก จะพบว่า เปอร์เซ็นต์ค่าความส่องสว่างของแสงสะท้อนส่วนใหญ่อยู่ในระดับคะแนน D เนื่องจากแสงที่สะท้อนออกมาจากอาคารรูปทรงโค้งเว้า มีลักษณะรวมแสง ณ จุดใดจุดหนึ่ง เมื่อหันด้านที่โค้งเว้าทางทิศตะวันตกหรือทิศตะวันออก จึงก่อให้เกิดแสงสะท้อนที่มีค่าความส่องสว่างสูงตลอดเวลาตั้งแต่ช่วงเวลาเช้าและเวลาเย็น ทำให้ระดับคะแนนอยู่ในเกณฑ์ที่ต่ำ ในขณะที่อาคารรูปทรงแตงกว่า เปอร์เซ็นต์ค่าความส่องสว่างของแสงสะท้อนส่วนใหญ่อยู่ในระดับคะแนน D โดยมีเปอร์เซ็นต์ที่สูงกว่าระดับคะแนนอื่นๆ อย่างเห็นได้ชัด รวมถึงสูงกว่าระดับคะแนน D ของรูปทรงอื่นๆ อีกด้วย

ตารางที่ 7 ระดับคะแนนที่เรียงลำดับจากเปอร์เซ็นต์ที่มากไปน้อย

อาคารกรณีศึกษา	ทิศทางการวางอาคาร	ลำดับคะแนน
รูปทรงที่ 1: รูปทรงสี่เหลี่ยมจัตุรัสเปลือกอาคารเรียบตรง	1(1)	A-B-C-D
	1(2) วางเอียง 45 องศา	B-A-C-D

อาคารกรณีศึกษา	ทิศทางการวางอาคาร	ลำดับคะแนน
รูปทรงที่ 2: รูปทรงสี่เหลี่ยมเปลือกอาคารลาดเอียงเข้าหาอาคารในแนวตั้ง	2(1) ทิศใต้	B-A-C-D
	2(2) ทิศตะวันตก	A-B-C-D
	2(3) ทิศเหนือ	B-C-A-D
	2(4) ทิศตะวันออก	A-D-B-C
รูปทรงที่ 3: รูปทรงสี่เหลี่ยมเปลือกอาคารลาดเอียงออกจากอาคารในแนวตั้ง	3(1) ทิศใต้	C-A-B-D
	3(2) ทิศตะวันตก	C-D-B-A
	3(3) ทิศเหนือ	A-B-C-D
	3(4) ทิศตะวันออก	D-C-B-A
รูปทรงที่ 4: รูปทรงโค้งเว้า	4(1) ทิศใต้	A-B-C-D
	4(2) ทิศตะวันตก	D-C-B-A
	4(3) ทิศเหนือ	A-B-D-C
	4(4) ทิศตะวันออก	D-B-C-A
รูปทรงที่ 5: รูปทรงกลม	5(1)	D-A-C-B

จากตารางที่ 7 เมื่อเรียงลำดับระดับคะแนนของแสงสะท้อน อาคารที่ดีควรก่อให้เกิดแสงสะท้อนในระดับคะแนนแบบ A-B-C-D แต่จากการเปรียบเทียบผลกระทบของแสงสะท้อนจากเปลือกอาคารกรณีศึกษาทุกรูปทรงโดยอ้างอิงจากเปอร์เซ็นต์ของระดับคะแนน พบว่า อาคารรูปทรงสี่เหลี่ยมเปลือกอาคารลาดเอียงออกจากอาคารในแนวตั้งและหันด้านที่ลาดเอียงทางทิศตะวันออก อาคารรูปทรงโค้งเว้าและหันด้านที่โค้งเว้าไปทางทิศตะวันตกและตะวันออก และอาคารรูปทรงเตี้ยกว่า เป็นรูปแบบที่ก่อให้เกิดค่าความส่องสว่างของแสงสะท้อนในระดับคะแนน D เป็นเปอร์เซ็นต์ที่มากที่สุด ซึ่งแสดงให้เห็นได้ว่า แสงสะท้อนส่วนใหญ่ที่เกิดขึ้นจากอาคารเหล่านี้ มีค่าความส่องสว่างอยู่ในระดับที่สูงกว่าร้อยละ 75 ของค่าความส่องสว่างที่เกิดขึ้นจากอาคารกรณีศึกษาทั้งหมดในพื้นที่ขนาด 500 เมตร x 500 เมตร ที่ทำการจำลอง จึงถือเป็นรูปแบบอาคารที่ควรระมัดระวังในการออกแบบมากที่สุด

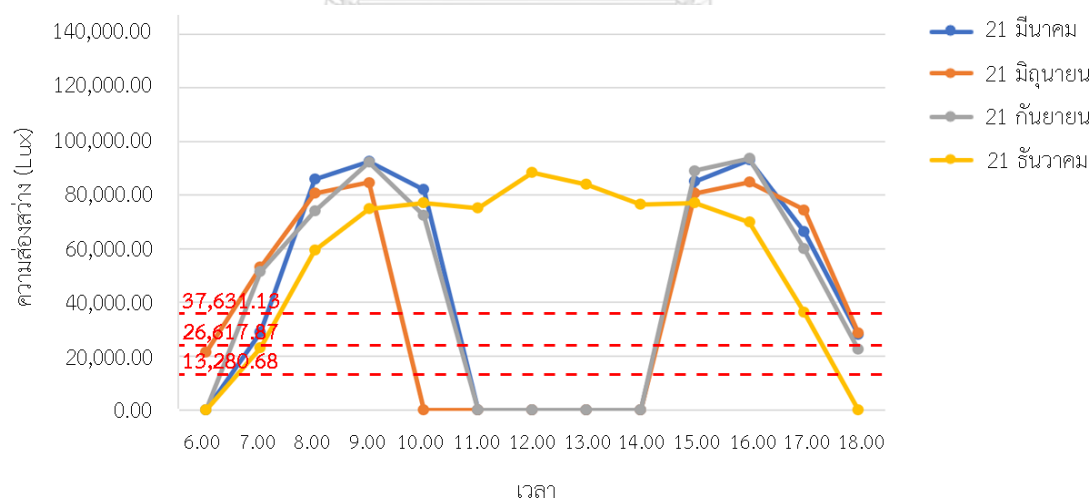
5.2.2 แสงสะท้อนที่กระทำต่อบริบทโดยรอบในแนวตั้ง

สำหรับการประเมินผลกระทบด้านแสงสะท้อนจากเปลือกอาคารของอาคารกรณีศึกษาแต่ละรูปทรงในแนวตั้งนั้น เมื่อลองพิจารณาที่ระยะห่าง 100 เมตร โดยหลังจากหาความสัมพันธ์ทางสถิติของแสงสะท้อนในระยะห่าง 100 เมตร จากข้อมูลความส่องสว่างของแสงสะท้อนที่เกิดขึ้นทั้งหมดจากอาคารทุกรูปทรง ซึ่งมีค่าความส่องสว่างสูงสุดที่ 95,508.29 Lux และค่าความส่องสว่างต่ำสุดที่ 4,768.96 Lux นั้น พบว่า ได้ค่าความส่องสว่างที่ใช้ในการวัดระดับคะแนนทั้งหมด ดังนี้

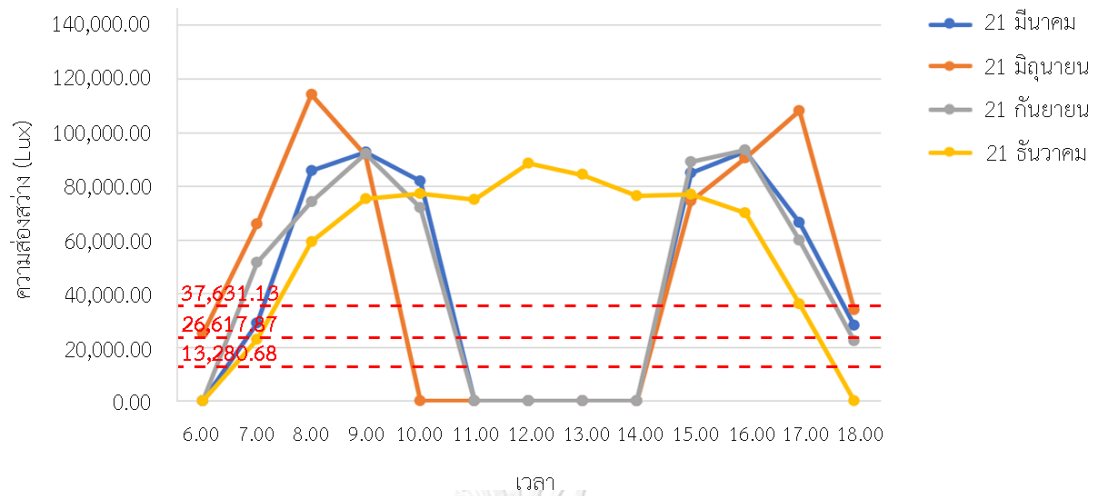
ตารางที่ 8 เกณฑ์ในการประเมินผลกระทบของแสงสะท้อนจากเปลือกอาคาร ที่กระทำต่อบริบทโดยรอบในระยะห่างเป็นรัศมี 100 เมตร

ระดับความส่องสว่าง	ระดับคะแนนอาคาร
ค่าความส่องสว่างต่ำกว่าร้อยละ 25 (ต่ำกว่า 13,280.68 Lux)	A
ค่าความส่องสว่างอยู่ในระดับที่มากกว่าร้อยละ 25 แต่ไม่เกินร้อยละ 50 (ระหว่าง 13,280.68 - 26,617.87 Lux)	B
ค่าความส่องสว่างอยู่ในระดับที่มากกว่าร้อยละ 50 แต่ไม่เกินร้อยละ 75 (ระหว่าง 26,617.87 - 37,631.13 Lux)	C
ค่าความส่องสว่างสูงกว่าร้อยละ 75 (มากกว่า 37,631.13 Lux)	D

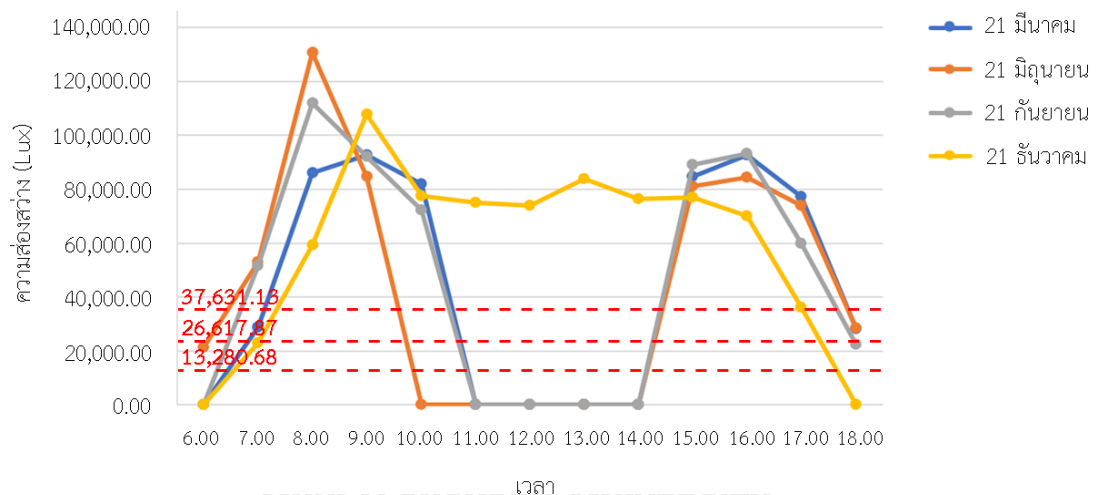
สำหรับแสงสะท้อนที่กระทำต่อบริบทโดยรอบในแนวตั้งนั้น พบว่า ค่าความส่องสว่างที่ร้อยละ 75 ร้อยละ 50 และร้อยละ 25 มีค่าน้อยกว่าแสงสะท้อนที่ตกกระทบลงบนพื้น และทั้ง 3 ค่ามีความใกล้เคียงกัน โดยเมื่อนำกราฟค่าความส่องสว่างสูงสุดของอาคารแต่ละรูปทรงที่ตกกระทบลงบนบริบทโดยรอบในรัศมี 100 เมตร มาเปรียบเทียบกับเกณฑ์ระดับคะแนนดังกล่าว มีรายละเอียดดังนี้



แผนภูมิที่ 38 ค่าความส่องสว่างสูงสุดของแสงที่สะท้อนจากเปลือกอาคารรูปทรงสี่เหลี่ยมจัตุรัส ที่กระทำต่อบริบทโดยรอบในแนวตั้ง ในรัศมี 100 เมตร

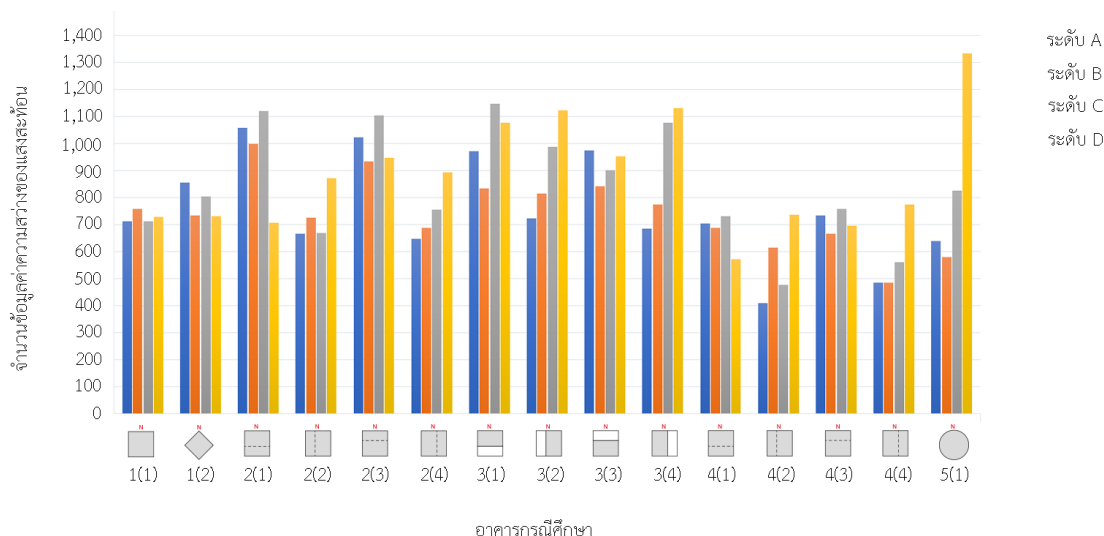


แผนภูมิที่ 39 ค่าความส่องสว่างสูงสุดของแสงที่สะท้อนจากเปลือกอาคารรูปทรงโค้งเว้า (หันด้านที่โค้งเว้าทางทิศเหนือ) ที่กระทำต่อบริบทโดยรอบในแนวตั้ง ในรัศมี 100 เมตร



แผนภูมิที่ 40 ค่าความส่องสว่างสูงสุดของแสงที่สะท้อนจากเปลือกอาคารรูปทรงโค้งเว้า (หันด้านที่โค้งเว้าทางทิศตะวันออก) ที่กระทำต่อบริบทโดยรอบในแนวตั้ง ในรัศมี 100 เมตร

เมื่อพิจารณาแผนภูมิที่ 38 39 และ 40 พบว่า หากเปรียบเทียบกราฟกับเกณฑ์ระดับคะแนน อาคารทุกรูปทรงมีค่าความส่องสว่างที่สูงเกินระดับร้อยละ 75 ตั้งแต่เวลา 7.00 น. ของเดือนมิถุนายน และกันยายน เนื่องจากค่าความส่องสว่างของแสงสะท้อนที่หาได้จากวิธีการทางสถิติ มีค่าไม่สูงมาก เมื่อเทียบกับค่าความส่องสว่างสูงสุดที่เกิดขึ้นของอาคารกรณีศึกษาแต่ละรูปทรง โดยเมื่อทำการเปรียบเทียบข้อมูลค่าความส่องสว่างของแสงสะท้อนทั้งหมดที่เกิดขึ้นในแต่ละระดับคะแนนของอาคาร แต่ละรูปแบบ พบว่า มีรายละเอียดดังนี้



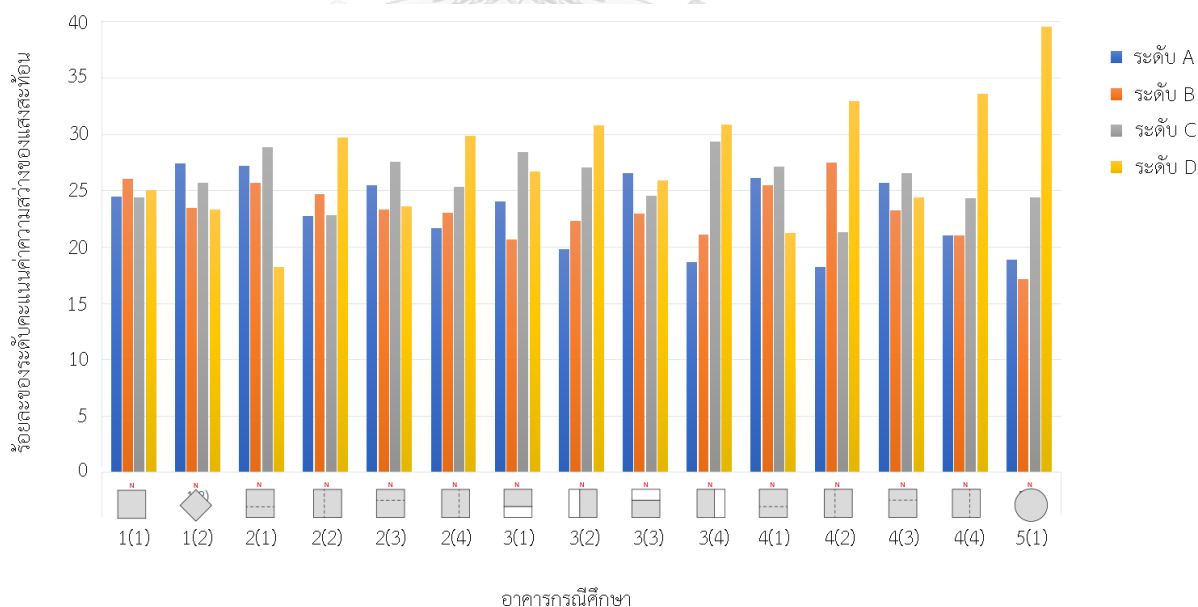
แผนภูมิที่ 41 แผนภูมิแท่งเปรียบเทียบข้อมูลค่าความส่องสว่างทั้งหมดของแสงสะท้อนที่กระทำต่อบริบทโดยรอบในแนวตั้งที่รัศมี 100 เมตร ในแต่ละระดับคะแนน ของอาคารกรณีศึกษาแต่ละรูปทรง

จากแผนภูมิที่ 41 พบว่า แผนภูมิข้อมูลค่าความส่องสว่างของแสงสะท้อนของอาคารรูปทรงที่ 5 หรืออาคารรูปทรงเตี้ยกว่า มีข้อมูลค่าความส่องสว่างของแสงสะท้อนในระดับคะแนน D สูงที่สุด โดยสูงกว่ารูปทรงอื่นๆ ทั้งหมด ซึ่งแสดงให้เห็นได้ว่า สำหรับบริบทโดยรอบอาคารในแนวตั้งนั้น อาคารรูปทรงเตี้ยกว่าก่อให้เกิดแสงสะท้อนส่วนใหญ่มากที่มีค่าความส่องสว่างสูงมาก จึงถือได้ว่าก่อให้เกิดผลกระทบอย่างชัดเจนมากที่สุด ในขณะที่อาคารรูปทรงที่ 3 หรืออาคารรูปทรงสี่เหลี่ยมเปลือกอาคารลาดเอียงออกจากอาคารในแนวตั้ง มีแผนภูมิค่าแสงสะท้อนส่วนใหญ่อยู่ในระดับ D สูงรองลงมา จึงถือว่าเป็นอีกรูปทรงก่อให้เกิดผลกระทบต่อบริบทโดยรอบในแนวตั้งค่อนข้างมาก โดยหากลองเปรียบเทียบจากเปอร์เซ็นต์ของค่าความส่องสว่างของแสงสะท้อนที่เกิดขึ้นในแต่ละระดับคะแนนของอาคารแต่ละรูปทรง เพื่อพิจารณาสัดส่วนของระดับคะแนนที่เกิดขึ้น พบว่า มีรายละเอียด ดังนี้

ตารางที่ 9 เปอร์เซนต์ค่าความส่องสว่างของแสงสะท้อนที่เกิดขึ้นในแต่ละระดับคะแนน ของอาคารกรณีศึกษาแต่ละรูปทรงที่กระทำต่อบริบทโดยรอบในรัศมี 100 เมตร

อาคารกรณีศึกษา	ทิศทางการวางอาคาร	ระดับคะแนน (ร้อยละ)			
		A	B	C	D
รูปทรงที่ 1: รูปทรงสี่เหลี่ยมจัตุรัสเปลือกอาคารเรียบตรง	1(1)	24.47	26.05	24.44	25.02
	1(2) วางเอียง 45 องศา	27.42	23.48	25.72	18.20

อาคารกรณีศึกษา	ทิศทางการวางอาคาร	ระดับคะแนน (ร้อยละ)			
		A	B	C	D
รูปทรงที่ 2: รูปทรงสี่เหลี่ยมเปลือกอาคารลาดเอียงเข้าหาอาคารในแนวตั้ง	2(1) ทิศใต้	27.23	25.69	28.85	18.20
	2(2) ทิศตะวันตก	22.74	24.72	22.81	29.70
	2(3) ทิศเหนือ	25.51	23.32	27.53	23.62
	2(4) ทิศตะวันออก	21.70	23.07	25.31	29.90
รูปทรงที่ 3: รูปทรงสี่เหลี่ยมเปลือกอาคารลาดเอียงออกจากอาคารในแนวตั้ง	3(1) ทิศใต้	24.08	20.71	28.45	26.74
	3(2) ทิศตะวันตก	19.80	22.35	27.06	30.78
	3(3) ทิศเหนือ	26.56	22.94	24.55	25.93
	3(4) ทิศตะวันออก	18.66	21.09	29.38	30.85
รูปทรงที่ 4: รูปทรงโค้งเว้า	4(1) ทิศใต้	26.12	25.49	27.16	21.22
	4(2) ทิศตะวันตก	18.21	27.5	21.33	32.94
	4(3) ทิศเหนือ	25.73	23.28	26.57	24.40
	4(4) ทิศตะวันออก	21.05	21.05	24.30	24.44
รูปทรงที่ 5: รูปทรงแตงกวา	5(1)	18.88	17.13	24.44	39.53



แผนภูมิที่ 42 แผนภูมิแท่งเปรียบเทียบร้อยละค่าความส่องสว่างของแสงสะท้อนที่กระทำต่อบริบทโดยรอบในแนวตั้งที่รัศมี 100 เมตร ในแต่ละระดับคะแนน ของอาคารกรณีศึกษาแต่ละรูปทรง

เมื่อพิจารณาแผนภูมิที่ 42 พบว่า มีเพียงอาคารรูปทรงสี่เหลี่ยมเปลือกอาคารเรียบตรงและวางทิศทางอาคารเอียง 45 องศา และอาคารรูปทรงสี่เหลี่ยมเปลือกอาคารลาดเอียงออกจากอาคารในแนวตั้งและหันด้านที่ลาดเอียงทางทิศเหนือเท่านั้น ที่เปอร์เซ็นต์ของแสงสะท้อนที่เกิดขึ้นมากที่สุดอยู่ในระดับคะแนน A แต่แสงสะท้อนที่เกิดจากอาคารกรณีศึกษาส่วนใหญ่มีเปอร์เซ็นต์ค่าความส่องสว่างของแสงสะท้อนอยู่ในระดับคะแนน D ทั้งอาคารรูปทรงสี่เหลี่ยมเปลือกอาคารลาดเอียงเข้าหาอาคารในแนวตั้ง อาคารรูปทรงสี่เหลี่ยมเปลือกอาคารลาดเอียงออกจากอาคารในแนวตั้ง อาคารรูปทรงโค้งเว้า และอาคารรูปทรงแตงกวา โดยเฉพาะแสงที่สะท้อนจากอาคารรูปทรงแตงกวา ที่มีเปอร์เซ็นต์ค่าความส่องสว่างของแสงสะท้อนเกิดขึ้นในช่วงระดับคะแนน D สูงที่สุดในทุกรูปทรง จึงถือได้ว่า เป็นรูปทรงที่ก่อให้เกิดผลกระทบต่อบริบทโดยรอบในแนวตั้งมากที่สุด

ตารางที่ 10 ระดับคะแนนที่เรียงลำดับจากเปอร์เซ็นต์ที่มากไปน้อย

อาคารกรณีศึกษา	ทิศทางวางอาคาร	ลำดับคะแนน
รูปทรงที่ 1: รูปทรงสี่เหลี่ยมจัตุรัสเปลือกอาคารเรียบตรง	1(1)	B-D-A-C
	1(2) วางเอียง 45 องศา	A-C-B-D
รูปทรงที่ 2: รูปทรงสี่เหลี่ยมเปลือกอาคารลาดเอียงเข้าหาอาคารในแนวตั้ง	2(1) ทิศใต้	C-A-B-D
	2(2) ทิศตะวันตก	D-B-C-A
	2(3) ทิศเหนือ	C-A-D-B
	2(4) ทิศตะวันออก	D-C-B-A
รูปทรงที่ 3: รูปทรงสี่เหลี่ยมเปลือกอาคารลาดเอียงออกจากอาคารในแนวตั้ง	3(1) ทิศใต้	C-D-A-B
	3(2) ทิศตะวันตก	D-C-B-A
	3(3) ทิศเหนือ	A-D-C-B
	3(4) ทิศตะวันออก	D-C-B-A
รูปทรงที่ 4: รูปทรงโค้งเว้า	4(1) ทิศใต้	C-A-B-D
	4(2) ทิศตะวันตก	D-B-C-A
	4(3) ทิศเหนือ	C-A-D-B
	4(4) ทิศตะวันออก	D-C-A/B
รูปทรงที่ 5: รูปทรงแตงกวา	5(1)	D-C-A-B

จากตารางที่ 10 จะเห็นได้ว่า อาคารส่วนใหญ่มีเปอร์เซ็นต์ของแสงสะท้อนที่เกิดขึ้นมากที่สุดอยู่ในระดับ D ซึ่งอาคารที่ดีควรก่อให้เกิดแสงสะท้อนในระดับคะแนนแบบ A-B-C-D เนื่องจากค่าความส่องสว่างของแสงสะท้อนที่เกิดขึ้นต่อบริบทโดยรอบในแนวตั้ง มีค่าความส่องสว่างสูงทั้งในช่วง

เช้าและเย็น ซึ่งแตกต่างจากแสงสะท้อนในแนวราบที่มักมีค่าแสงสะท้อนสูงสุดในช่วงกลางวัน ทำให้แสงสะท้อนส่วนใหญ่ที่เกิดขึ้นมีค่าความส่องสว่างมากกว่าร้อยละ 75 ที่หาได้จากวิธีการทางสถิติ โดยสำหรับอาคารรูปทรงเตี้ยกว่า พบว่า มีค่าความส่องสว่างของแสงสะท้อนเกิดขึ้นในช่วงระดับคะแนน D สูงที่สุด จึงถือได้ว่า เป็นรูปทรงที่ก่อให้เกิดผลกระทบต่อบริบทโดยรอบในแนวตั้งมากที่สุด และเป็นรูปแบบอาคารที่ควรระมัดระวังในการออกแบบมากที่สุด

จากข้อมูลทั้งหมด สรุปได้ว่า รูปทรงอาคาร ทิศทางการวางอาคาร และวัสดุเปลือกอาคาร ถือเป็นปัจจัยหลักที่ส่งผลโดยตรงต่อการเกิดแสงสะท้อนจากเปลือกอาคาร โดยรูปทรงนั้น เป็นตัวกำหนดองศาความลาดเอียงของอาคาร ซึ่งเป็นส่วนที่รับแสงจากดวงอาทิตย์และสะท้อนได้โดยตรง ซึ่งจากการวิเคราะห์ พบว่า สำหรับอาคารที่รูปด้านมีลักษณะเป็นพื้นผิวเรียบตรง แม้ผนังอาคารจะมีองศาที่ลาดเอียงเข้าหาอาคารหรือลาดเอียงออกจากอาคาร ค่าความส่องสว่างของแสงสะท้อนที่เกิดขึ้นจะมีค่าใกล้เคียงกัน รวมถึงทิศทางที่เกิดแสงสะท้อนในแต่ละวันก็เป็นไปในทิศทางเดียวกัน โดยสิ่งที่แตกต่างกัน คือ ขนาดพื้นที่ทั้งความกว้างและความยาวของแสงสะท้อนที่เกิดขึ้นเท่านั้น โดยสำหรับอาคารที่มีเปลือกอาคารลาดเอียง รูปทรงที่ลาดเอียงเข้าหาอาคารจะก่อให้เกิดแสงสะท้อนลงบนพื้นเป็นบริเวณน้อยกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับอาคารรูปทรงสี่เหลี่ยมผืนผ้าตรง ในขณะที่อาคารที่มีรูปทรงที่ลาดเอียงออก จะก่อให้เกิดแสงสะท้อนทอดยาวลงบนพื้นมากกว่าปกติ โดยเฉพาะเมื่อหันด้านที่ลาดเอียงไปทางทิศใต้ในเดือนธันวาคมที่ดวงอาทิตย์เคลื่อนที่อ้อมใต้ อีกทั้งในช่วงเวลาเที่ยงวันที่แสงสะท้อนมีค่าความส่องสว่างสูงมาก การเกิดแสงสะท้อนบาดตาเป็นบริเวณกว้างอาจก่อให้เกิดอันตรายแก่ผู้ที่กำลังขับขี่ยานพาหนะบนท้องถนนได้ ทั้งนี้ ความยาวของแสงสะท้อนยังขึ้นอยู่กับองศาความลาดเอียงของอาคาร โดยยิ่งมีองศาที่ลาดเอียงมากเท่าไร แสงที่สะท้อนลงพื้นจะมีบริเวณมากขึ้นเท่านั้น

จากการจำลองโดยหาความส่องสว่างของแสงสะท้อน ณ ตำแหน่งพื้นผิวของสภาพแวดล้อมโดยรอบที่รับแสงสะท้อน เพื่อวิเคราะห์ผลกระทบของอาคารแต่ละรูปทรงที่กระทำต่อสภาพแวดล้อมโดยรอบ พบว่า อาคารรูปทรงโค้งเว้า เป็นรูปทรงที่ก่อให้เกิดความส่องสว่างของแสงสะท้อนต่อสภาพแวดล้อมในแนวราบและบริบทโดยรอบในแนวตั้งรุนแรงมากที่สุด เนื่องจากแสงที่สะท้อนออกมามีลักษณะรวมแสง ณ จุดใดจุดหนึ่ง โดยในตำแหน่งที่รับแสงสะท้อนในแนวราบ มีค่าความส่องสว่างสูงกว่า 160,000 Lux ซึ่งมีความเปรียบต่างมากกว่าแสงธรรมชาติในบริเวณข้างเคียงเกือบ 2 เท่า อีกทั้งแสงสะท้อนที่ตกกระทบต่อบริบทโดยรอบในแนวตั้ง ก็พบว่ามีความเปรียบต่างกว่าแสงธรรมชาติในบริเวณข้างเคียงกว่า 4 เท่า จึงอาจสร้างความเสียหายอย่างรุนแรงได้ทั้งในเรื่องของแสงบาดตาและความร้อนสูงที่ตามมา และไม่ว่าในการออกแบบผังอาคารจะหันด้านที่โค้งเว้าไปทิศทางใด ก็สามารถก่อให้เกิดแสงสะท้อนในรูปแบบที่รวมแสงไปยังที่ใดที่หนึ่งในช่วงเวลาใดเวลาหนึ่งได้ อาคารรูปทรงนี้จึงถือเป็นรูปทรงที่ควรระมัดระวังเป็นอย่างยิ่งในการออกแบบ

สำหรับอาคารรูปทรงเตี้ยกว่า เป็นรูปทรงที่ก่อให้เกิดแสงสะท้อนกระจายไปในทุกทิศทาง รอบด้านอย่างต่อเนื่องตลอดวัน ทั้งสะท้อนลงบนพื้นราบและสะท้อนใส่บริบทโดยรอบในทุกทิศทาง ตลอดแนวความสูงอาคาร ในรัศมีกว่า 200 เมตรที่ได้ทำการศึกษา เนื่องจากอาคารรูปทรงเตี้ยกว่าจะมีพื้นผิวโค้งรับแสงจากดวงอาทิตย์ในหลากหลายมุมในทุกทิศทางรอบด้าน ในช่วงเวลาใดเวลาหนึ่งจึงก่อให้เกิดค่าความสว่างของแสงสะท้อนที่มีหลายหลายค่าแตกต่างกันไปในแต่ละทิศทางการสะท้อน

ในส่วนของแนวทางในการประเมินผลกระทบด้านแสงสะท้อนที่เกิดจากรูปทรงและทิศทางในการวางอาคารที่แตกต่างกัน เมื่อนำค่าความส่องสว่างของแสงสะท้อนที่เกิดขึ้นจากอาคารกรณีศึกษา แต่ละรูปทรงมาใช้วิธีการทางสถิติในการแบ่งระดับคะแนนของแสงสะท้อนจากเปลือกอาคารออกเป็น A B C และ D โดยระดับ A เป็นระดับที่ก่อให้เกิดค่าความส่องสว่างต่ำที่สุด ซึ่งต่ำกว่าร้อยละ 25 ของค่าแสงสะท้อนที่เกิดขึ้นทั้งหมด ในขณะที่ระดับ D เป็นระดับที่ก่อให้เกิดค่าความส่องสว่างสูงที่สุด ซึ่งเกินร้อยละ 75 ของค่าแสงสะท้อนที่เกิดขึ้นทั้งหมด พบว่า อาคารรูปทรงเตี้ยกว่า เป็นรูปแบบที่แสงสะท้อนส่วนใหญ่ที่เกิดขึ้นมีค่าความส่องสว่างอยู่ในระดับคะแนน D เป็นเปอร์เซ็นต์สูงที่สุดในรูปทรงทั้งหมดทั้งสภาพแวดล้อมแนวราบและแนวตั้ง จึงถือเป็นรูปแบบอาคารที่ควรระมัดระวังเป็นอย่างยิ่งในการออกแบบ โดยเฉพาะการออกแบบเปลือกอาคารเป็นกระจกล้วน เนื่องจากแสงสะท้อนส่วนใหญ่ที่เกิดขึ้นก่อให้เกิดผลกระทบด้านความส่องสว่างของแสงสะท้อนโดยรวมมากที่สุด

จากงานวิจัยนี้ สถาปนิกหรือผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้องในการออกแบบอาคาร สามารถนำรูปทรงของอาคารที่ออกแบบมาเปรียบเทียบกับรูปทรงของอาคารกรณีศึกษาในงานวิจัยที่มีรูปร่างที่ใกล้เคียงกัน ก็จะสามารถประเมินผลกระทบด้านแสงสะท้อนที่อาจเกิดขึ้นในเบื้องต้นได้ ทั้งทิศทางและค่าความส่องสว่าง โดยหากผู้ออกแบบไม่สามารถหลีกเลี่ยงรูปทรงที่อาจก่อให้เกิดปัญหาแสงสะท้อนดังกรณีศึกษาข้างต้นได้ อาจเลือกใช้วัสดุเปลือกอาคารที่มีค่าการสะท้อนแสงที่ลดน้อยลงก็จะช่วยลดผลกระทบจากแสงสะท้อนได้เช่นกัน

5.3 ข้อเสนอแนะ

เนื่องจากงานวิจัยนี้ ได้ทำการศึกษาโดยจำลองในกรณีรุนแรงที่สุดที่อาจเกิดขึ้น (Worst Case Scenario) โดยการกำหนดให้อาคารกรณีศึกษา เป็นอาคารที่มีวัสดุเปลือกอาคารเป็นกระจกล้วน ที่มีค่าการสะท้อนแสงของเปลือกอาคารร้อยละ 30 ซึ่งเป็นค่าสูงสุดตามที่พระราชบัญญัติควบคุมอาคาร กำหนดเป็นตัวอย่างในการตั้งต้นศึกษา โดยในกรณีที่วัสดุเปลือกอาคารมีค่าการสะท้อนแสงที่ต่ำกว่าร้อยละ 30 ความส่องสว่างของแสงสะท้อนต่อสภาพแวดล้อมที่เกิดขึ้นจะมีค่าที่ต่ำลง และในส่วนของสภาพแวดล้อมที่กำหนดในการใช้วิเคราะห์ในงานวิจัยนี้ สำหรับแสงสะท้อนที่เกิดขึ้นในแนวราบ ผู้วิจัยกำหนดพื้นที่ที่ใช้ในการศึกษาขนาด 500 เมตร x 500 เมตร ซึ่งมีขนาดเล็กกว่าความยาวของแสงสะท้อนที่อาจเกิดขึ้นในบางเวลา เช่นเดียวกับแสงสะท้อนที่ตกกระทบต่อบริบทโดยรอบในแนวตั้ง ได้

ศึกษาที่ระยะห่าง 12 เมตร 100 เมตร และ 200 เมตร จากตัวอาคาร ซึ่งในบางเวลาแสงสะท้อนสามารถสะท้อนไปได้ไกลกว่า 200 เมตร โดยเหตุผลที่กำหนดพื้นที่จำกัดเท่านี้ เนื่องจากข้อมูลค่าความส่องสว่างทั้งหมดที่ได้จากการจำลองมีความเหมาะสมต่องานวิจัย และสะดวกต่อการนำไปเรียบเรียงเพื่อนำไปวิเคราะห์ต่อไปได้ในเวลาที่จำกัด โดยหากวิเคราะห์ด้วยความละเอียดของการจำลองมากกว่านี้ อาจจะได้ข้อมูลที่แม่นยำมากยิ่งขึ้น อย่างไรก็ตาม ผู้วิจัยได้สรุปประเด็นและข้อเสนอแนะอื่นๆ ที่สำคัญ เพื่อผู้ที่สนใจสามารถนำไปศึกษาต่อในอนาคต ดังนี้

1. แสงสะท้อนจากเปลือกอาคาร ประกอบไปด้วยหลายตัวแปร ทั้งค่าความสว่างของแสงสะท้อนซึ่งเกิดจากรังสีอาทิตย์ที่ตกกระทบและเปล่งแสงสะท้อนจากบริเวณเปลือกอาคารออกมาเป็นแสงบาดตา (Luminance, Cd/m²) รวมถึงแสงสะท้อนที่ตกกระทบลงบนพื้นผิวของสภาพแวดล้อมโดยรอบ ซึ่งสามารถวัดได้เป็นค่าความส่องสว่าง (Illuminance, Lux) โดยสำหรับงานวิจัยนี้ จะพิจารณาที่ค่าความส่องสว่าง ณ ตำแหน่งพื้นผิวของสภาพแวดล้อมโดยรอบที่รับแสงสะท้อนเท่านั้น โดยสำหรับผู้ที่ต้องการศึกษาต่อ อาจพิจารณาไปในส่วนของค่าแสงบาดตาที่เปล่งออกจากแหล่งกำเนิดแสงสะท้อนในบริเวณเปลือกอาคารที่เป็นกระจก

2. เนื่องจากแสงสะท้อนจากเปลือกอาคารสามารถส่งผลกระทบต่อสภาพแวดล้อมอย่างรุนแรงในหลายด้าน โดยประเด็นที่เด่นชัดอีกอย่างหนึ่ง คือ ความร้อนสูงที่มาพร้อมกับรังสีสะท้อนจากดวงอาทิตย์ ซึ่งในงานวิจัยนี้ ไม่ได้พิจารณาเรื่องอุณหภูมิที่เกิดจากแสงสะท้อน ดังนั้น หากมีวิจัยในเรื่องอุณหภูมิที่เกิดจากแสงสะท้อนควบคู่ไปด้วย จะเป็นประโยชน์มากยิ่งขึ้น

3. การหาค่าความส่องสว่างของแสงสะท้อนในงานวิจัยนี้ กำหนดให้วัสดุเปลือกอาคารมีการสะท้อนแสงร้อยละ 30 ซึ่งอ้างอิงตัวเลขตามพระราชบัญญัติควบคุมอาคารของประเทศไทย แต่ในแต่ละประเทศนั้นมีข้อกำหนดที่แตกต่างกันไป สำหรับงานวิจัยขึ้นไปอาจศึกษาข้อกำหนดของหลายๆ ประเทศเพิ่มเติมเพื่อลองเปรียบเทียบหาค่าการสะท้อนแสงที่เหมาะสมที่สุดในการนำมาใช้เป็นเกณฑ์ของวัสดุเปลือกอาคาร

4. ประเภทของอาคารที่ทำการศึกษาวิจัย คือ อาคารประเภทสำนักงานที่เป็นอาคารสูงเพียงอย่างเดียว ดังนั้น งานวิจัยต่อไปอาจศึกษาเพิ่มเติมในอาคารประเภทอื่น เช่น อาคารพักอาศัย หลังหรือบ้านพักอาศัยที่มีส่วนที่เป็นกระจกหน้าต่างบานขนาดเล็ก หรือแม้แต่หลังคาหรือผนังโรงงานที่เป็นเมทัลชีท ซึ่งเป็นโลหะที่มีค่าการสะท้อนแสงสูงและอาจก่อให้เกิดแสงบาดตาได้ เนื่องจากอาคารประเภทอื่นๆ จะมีสัดส่วนและรูปทรงที่แตกต่างกันไป จะได้สามารถขยายขอบเขตงานวิจัยให้กว้างมากขึ้น

5. ทิศทางในการจัดวางอาคารเพื่อศึกษาลักษณะการเกิดแสงสะท้อน ในงานวิจัยนี้ พิจารณาการหันรูปด้านอาคารไปตามทิศหลักทั้ง 4 ทิศ คือ ทิศเหนือ ทิศใต้ ทิศตะวันออก และทิศตะวันตก โดยไม่ได้ทำการจำลองในทิศตะวันออกเฉียงเหนือ ทิศตะวันออกเฉียงใต้ ทิศตะวันตกเฉียงเหนือ และ

ทิศตะวันตกเฉียงใต้ แต่จากการจำลองรูปทรงสี่เหลี่ยมจัตุรัสเปลือกอาคารเรียงตรงที่หันรูปด้านทั้ง 4 ไปในทิศดังกล่าว พบว่า แสงสะท้อนที่เกิดขึ้นมีทิศทางที่แตกต่างกันกับการหันรูปด้านไปในทิศหลักทั้ง 4 เป็นอย่างมาก ดังนั้น งานวิจัยขั้นต่อไปอาจทำการพิจารณาอีก 4 ทิศที่เหลือเพิ่มเติม เพื่อให้งานวิจัยสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น

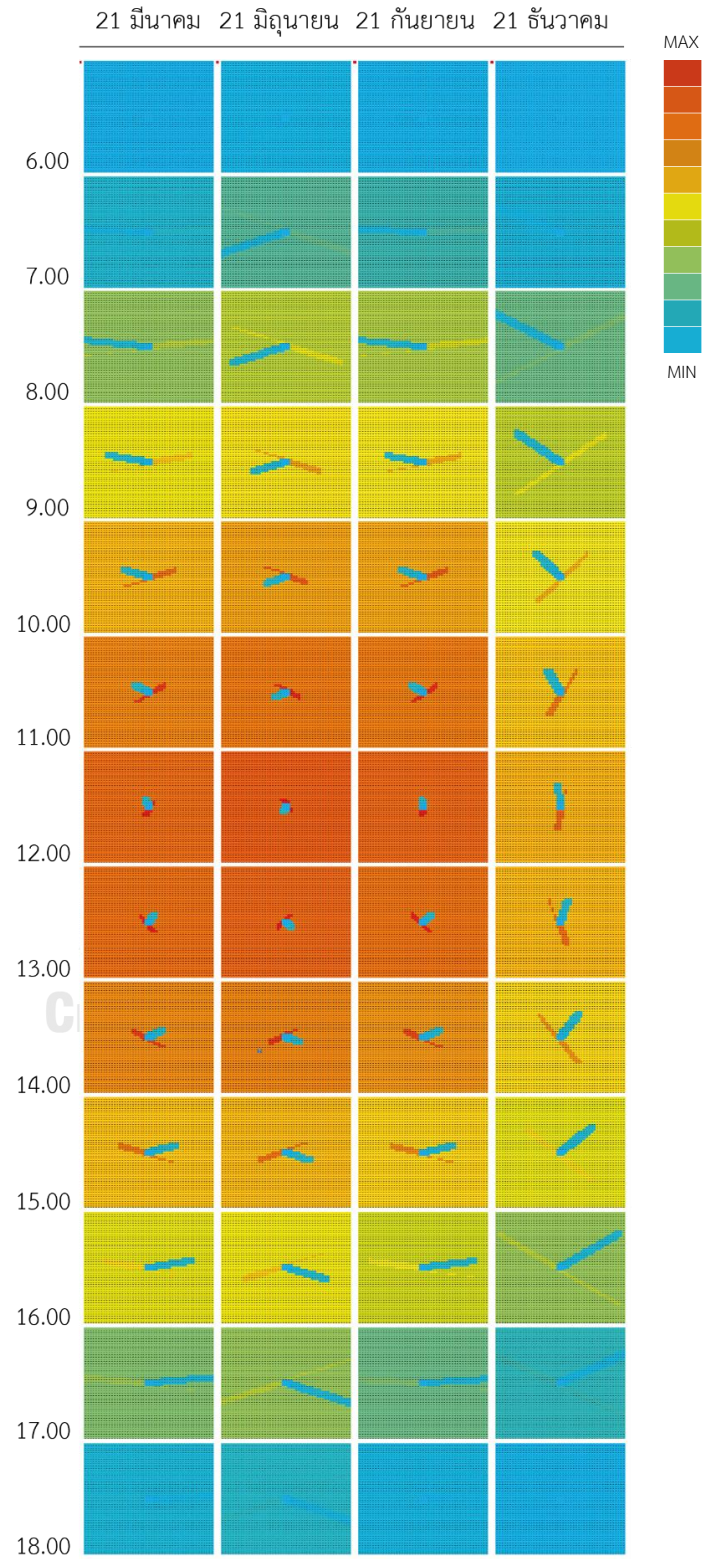
6. งานวิจัยนี้ไม่ได้มีการลงพื้นที่สำรวจสภาพแวดล้อมจริงที่เกิดปัญหาแสงสะท้อน เพื่อนำมาใช้เป็นข้อมูลเพิ่มเติมและเปรียบเทียบกับผลการจำลองด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ในการศึกษาสำหรับงานวิจัยขั้นต่อไป อาจเลือกอาคารกรณีศึกษาและสภาพแวดล้อมเมืองที่มีอยู่จริงที่เกิดปัญหาแสงสะท้อนมาใช้ในการวิจัยในอนาคตได้

หากนักออกแบบหรือผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้องในการออกแบบอาคาร ได้ทราบถึงปัญหาของแสงสะท้อนจากเปลือกอาคารว่าส่งผลกระทบต่อสภาพแวดล้อมได้มากเพียงใด และคำนึงถึงปัญหานี้ตั้งแต่กระบวนการเริ่มต้นในการออกแบบอาคาร จวบจนคิดวิธีป้องกันไม่ให้เกิดผลกระทบด้านแสงสะท้อนขึ้นในภายหลังได้ อาคารที่เกิดขึ้นจะเป็นอาคารที่มีคุณภาพและสร้างสภาพแวดล้อมที่ดีให้แก่เมืองได้

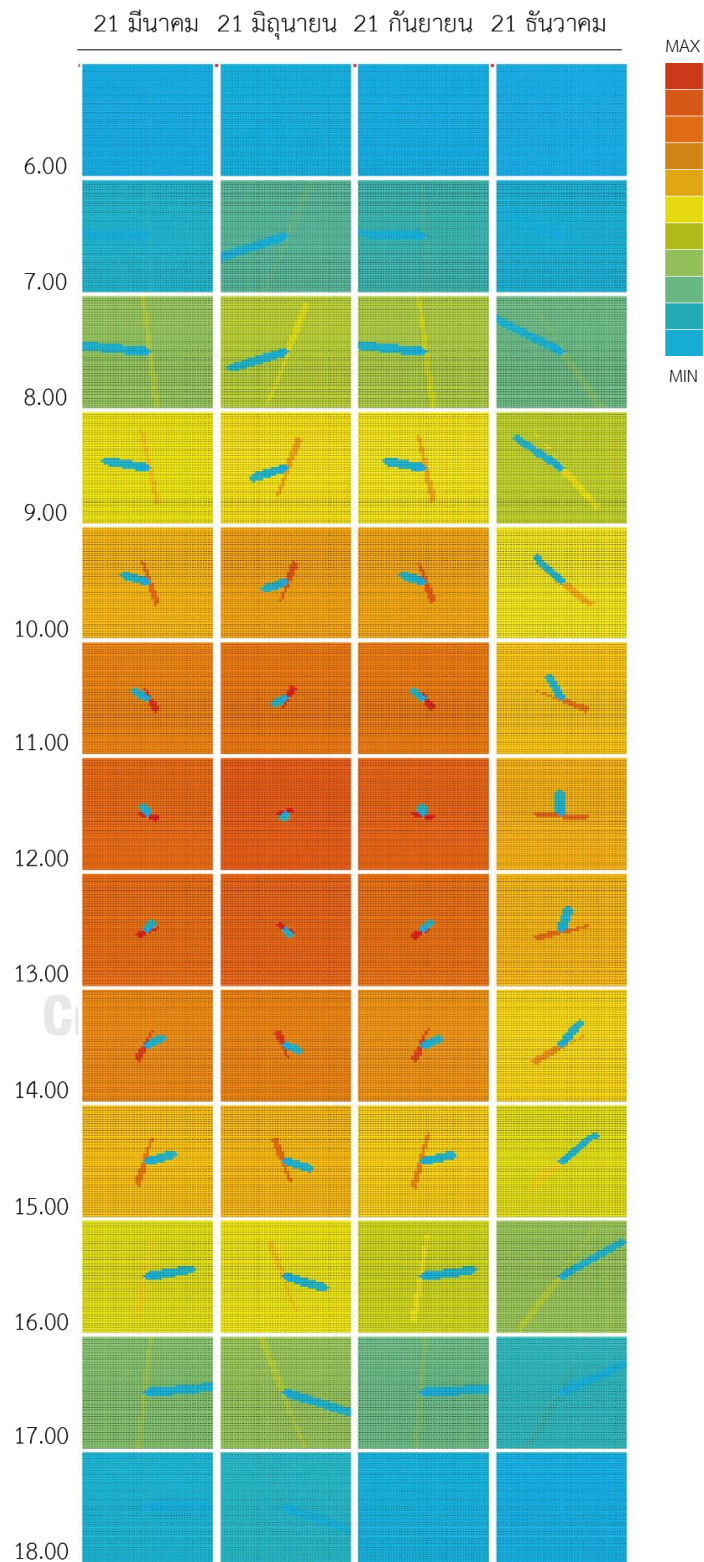




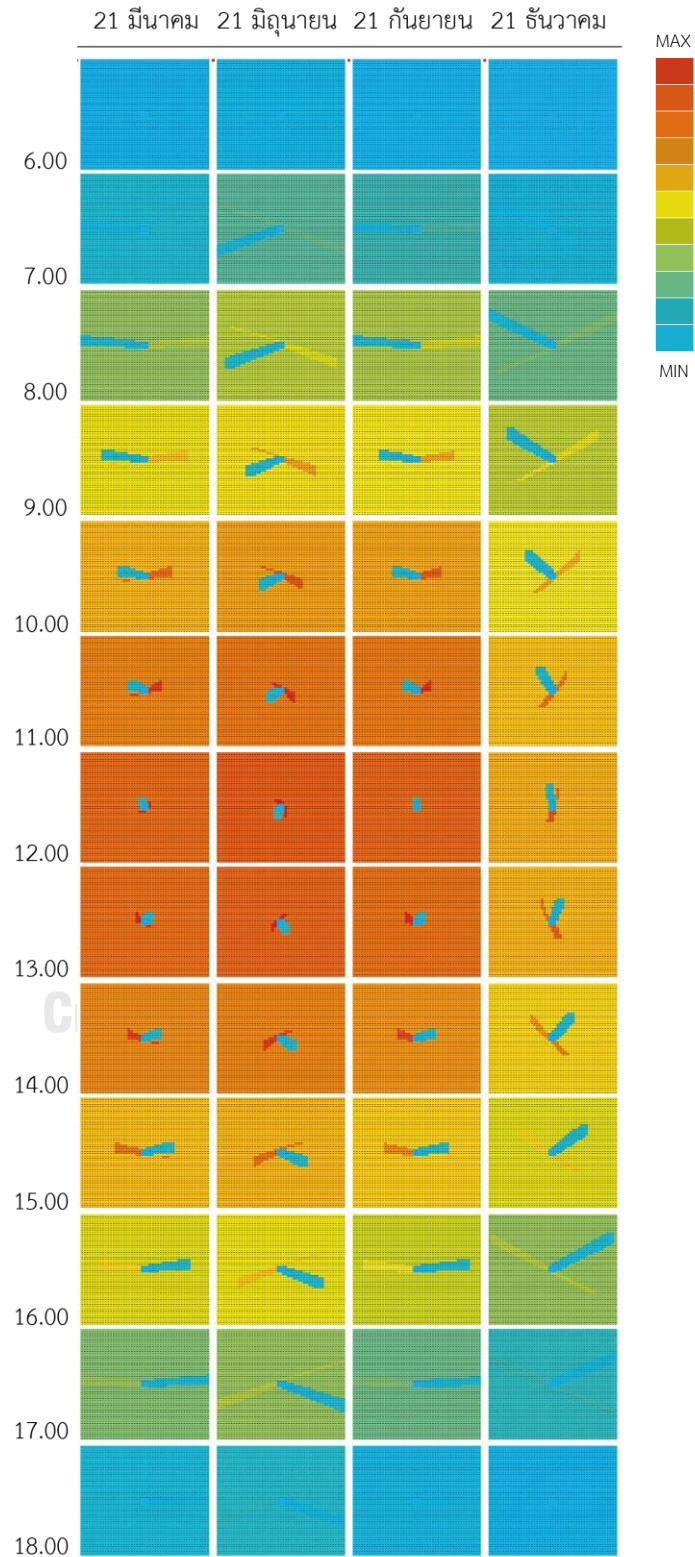
ภาพแสดงทิศทางของแสงที่สะท้อนจากเปลือกอาคารกรณีศึกษารูปทรงที่ 1: รูปทรงสี่เหลี่ยมจัตุรัสเปลือกอาคารเรียบตรง



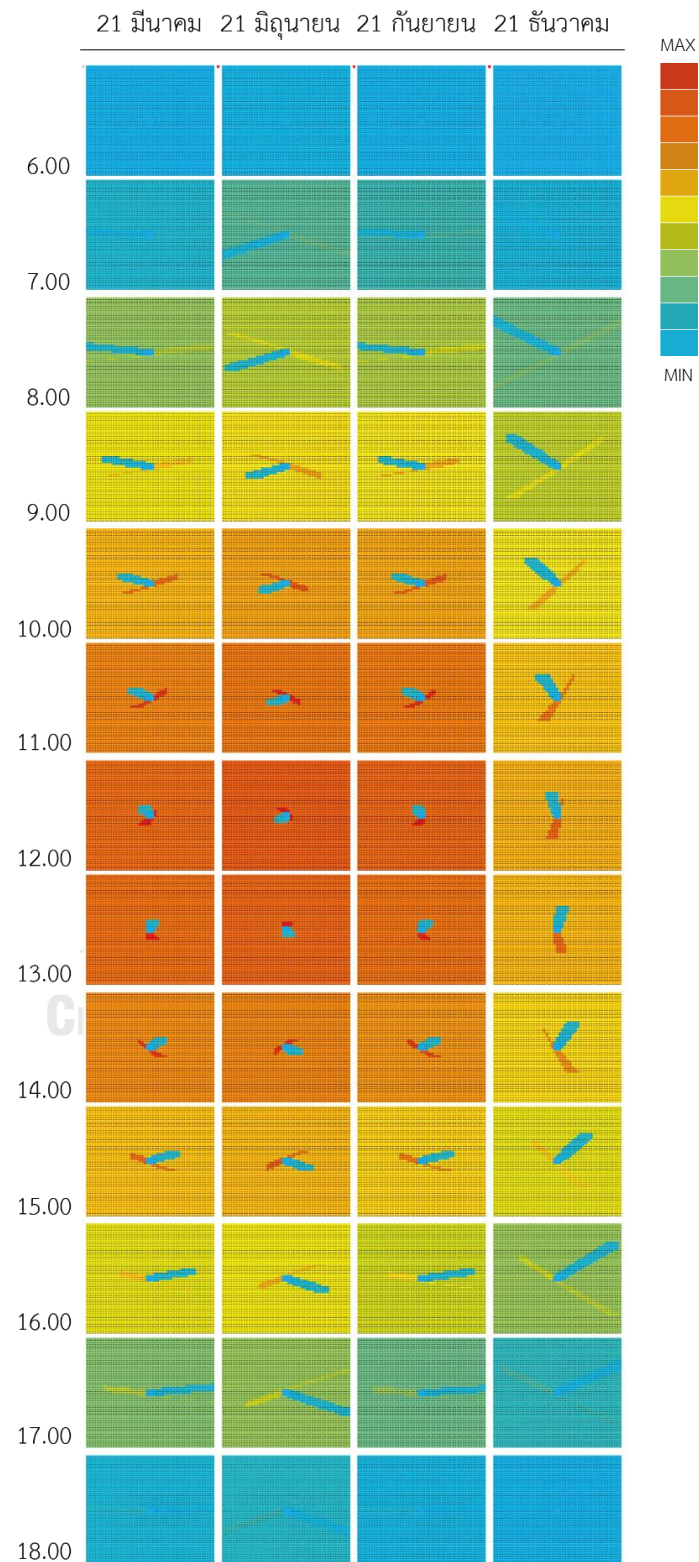
ภาพแสดงทิศทางของแสงที่สะท้อนจากเปลือกอาคารกรณีศึกษารูปทรงที่ 1: รูปทรงสี่เหลี่ยมจัตุรัสเปลือกอาคารเรียบตรง วางทิศทางอาคารเอียง 45 องศา



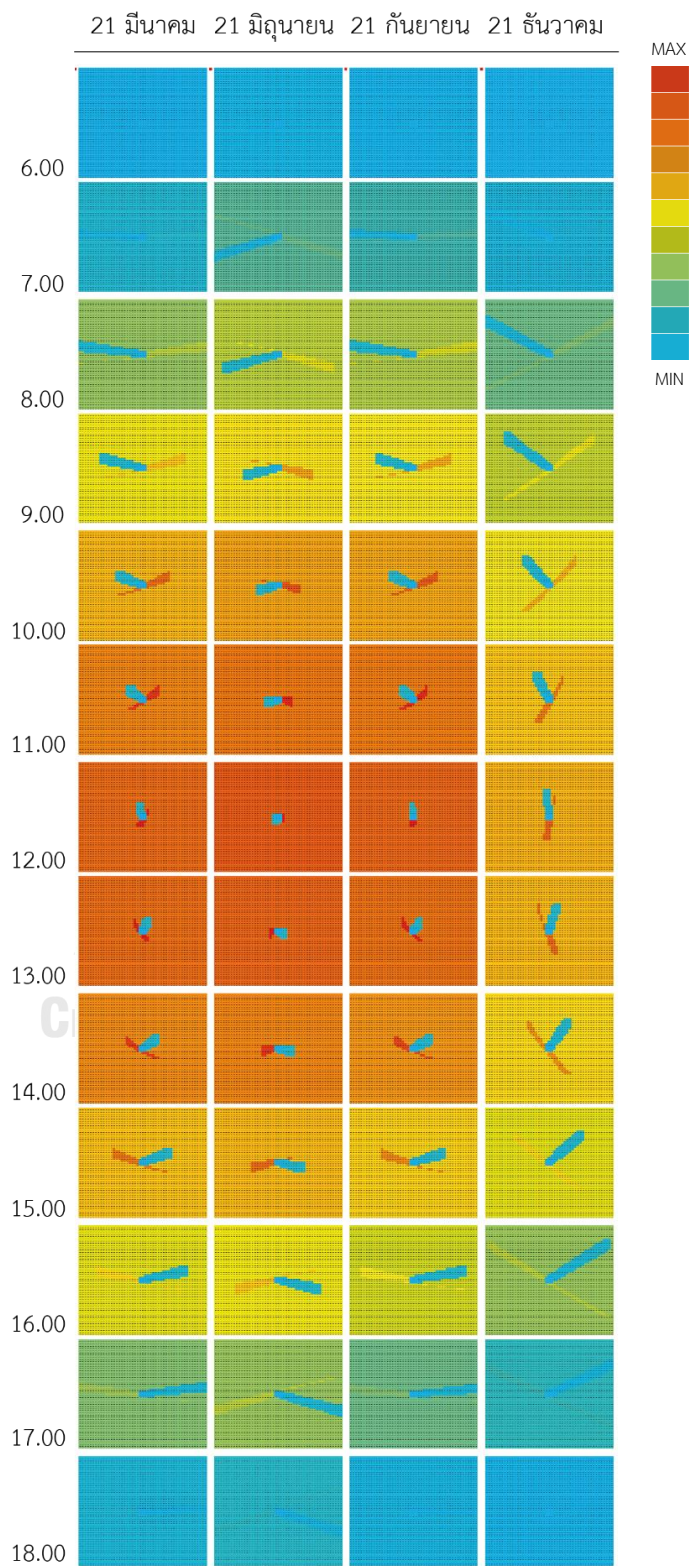
ภาพแสดงทิศทางของแสงที่สะท้อนจากเปลือกอาคารกรณีศึกษารูปทรงที่ 2: รูปทรงสี่เหลี่ยมเปลือกอาคารลาดเอียงเข้าหาอาคารในแนวตั้ง (หันด้านที่ลาดเอียงทางทิศใต้)



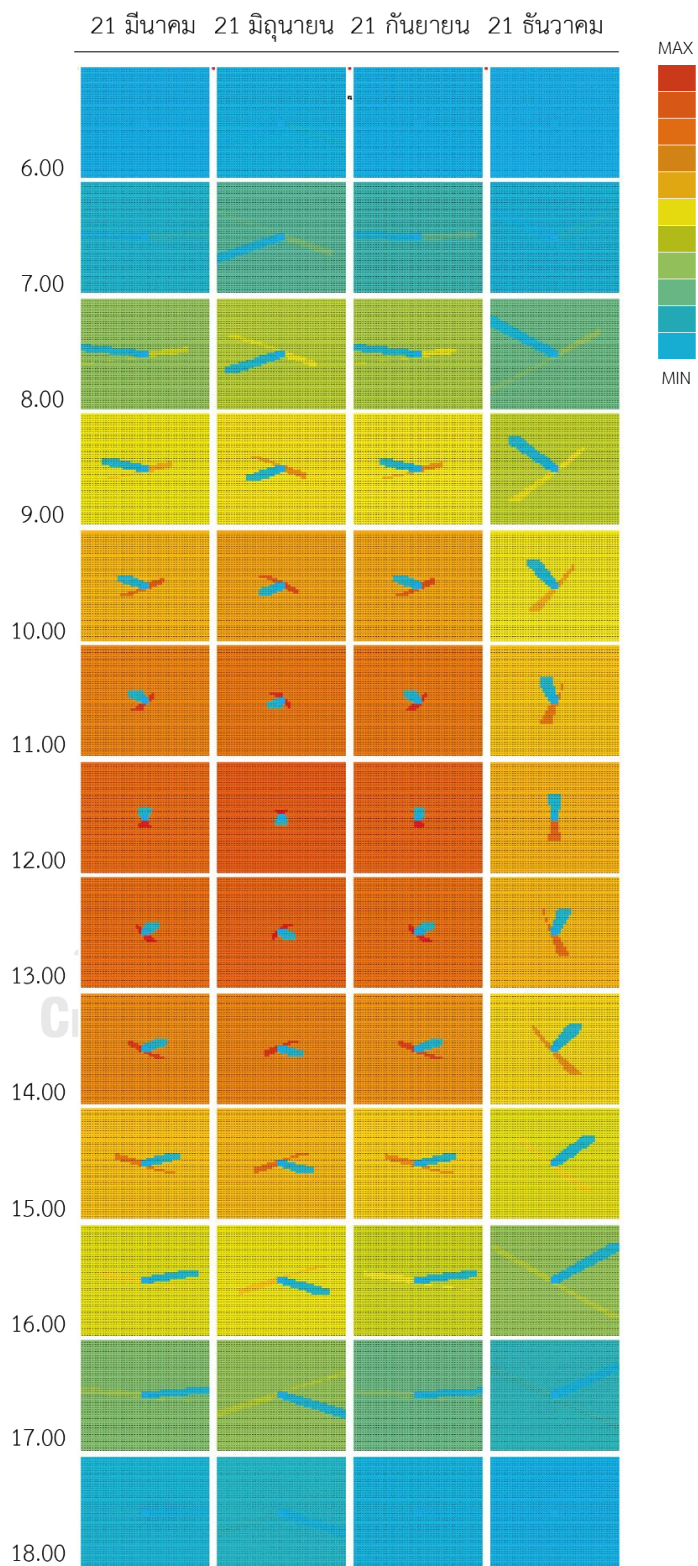
ภาพแสดงทิศทางของแสงที่สะท้อนจากเปลือกอาคารกรณีศึกษารูปทรงที่ 2: รูปทรงสี่เหลี่ยมเปลือกอาคารลาดเอียงเข้าหาอาคารในแนวตั้ง (หันด้านที่ลาดเอียงทางทิศตะวันตก)



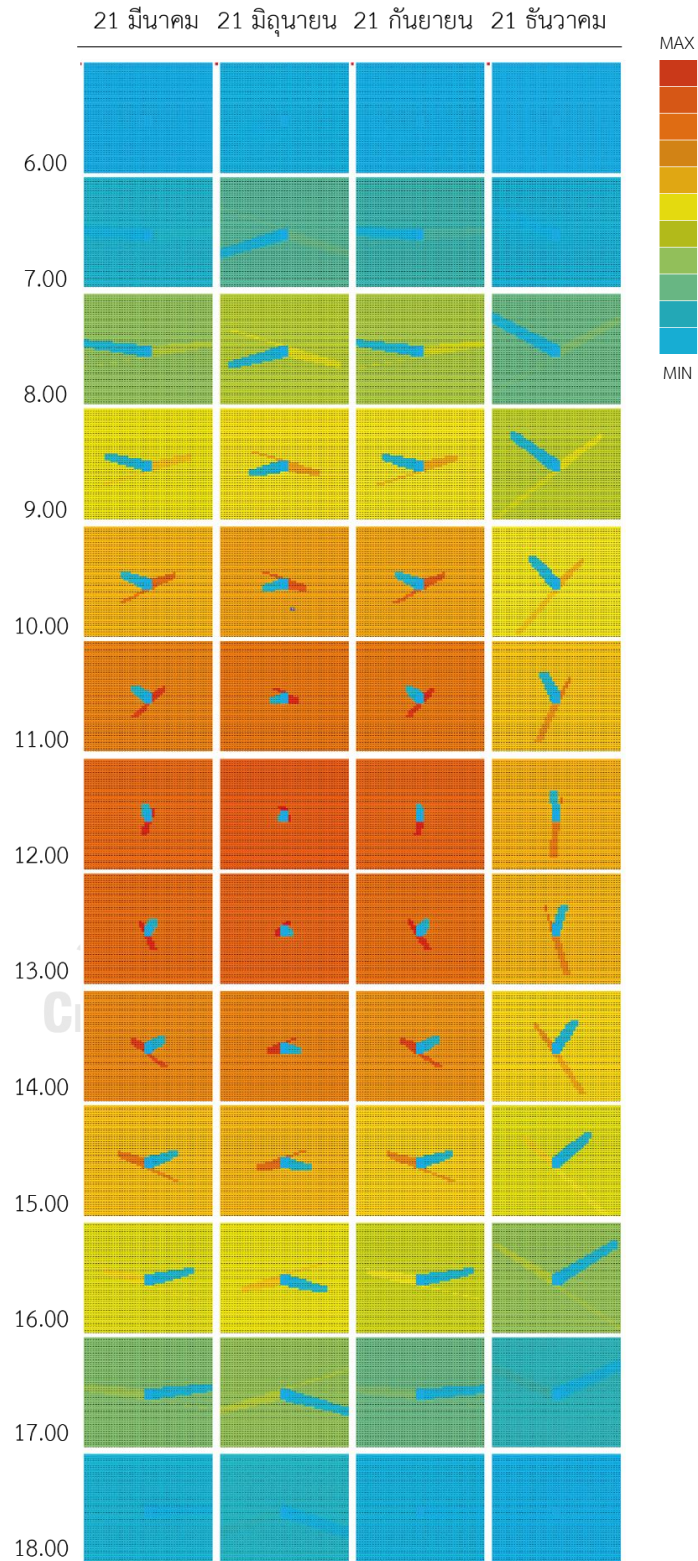
ภาพแสดงทิศทางของแสงที่สะท้อนจากเปลือกอาคารกรณีศึกษารูปทรงที่ 2: รูปทรงสี่เหลี่ยมเปลือกอาคารลาดเอียงเข้าหาอาคารในแนวตั้ง (หันด้านที่ลาดเอียงทางทิศเหนือ)



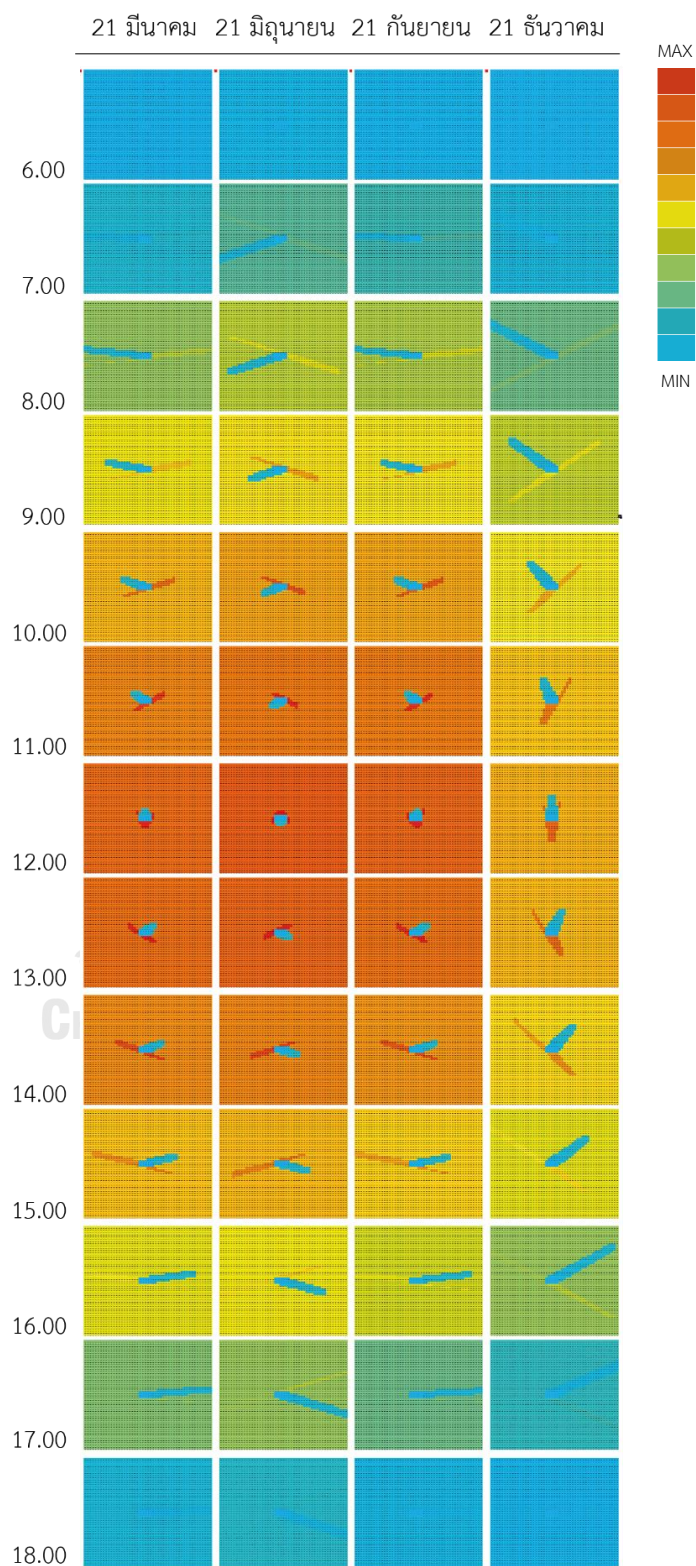
ภาพแสดงทิศทางของแสงที่สะท้อนจากเปลือกอาคารกรณีศึกษารูปทรงที่ 2: รูปทรงสี่เหลี่ยมเปลือกอาคารลาดเอียงเข้าหาอาคารในแนวตั้ง (หันด้านที่ลาดเอียงทางทิศตะวันออก)



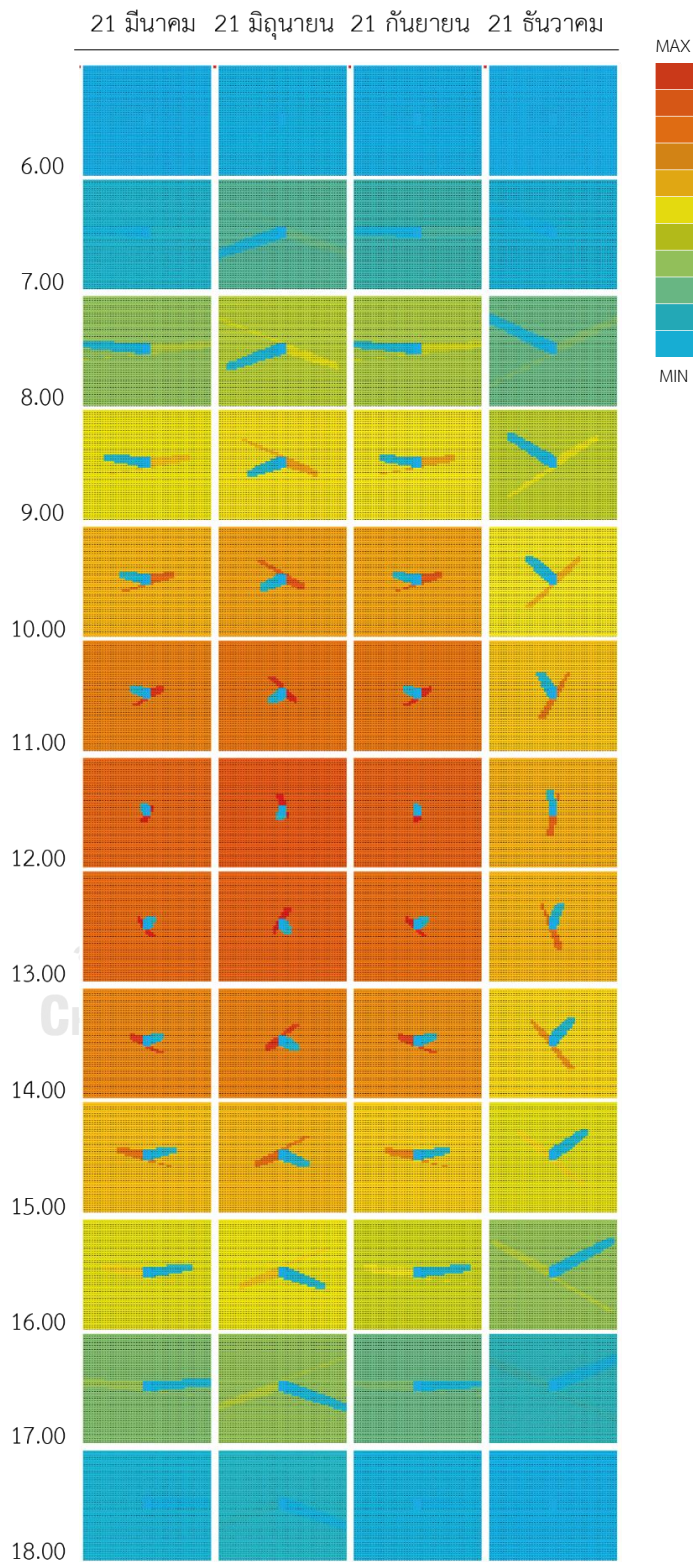
ภาพแสดงทิศทางของแสงที่สะท้อนจากเปลือกอาคารกรณีศึกษารูปทรงที่ 3: รูปทรงสี่เหลี่ยมเปลือกอาคารลาดเอียงออกจากอาคารในแนวตั้ง (หน้าด้านที่ลาดเอียงทางทิศใต้)



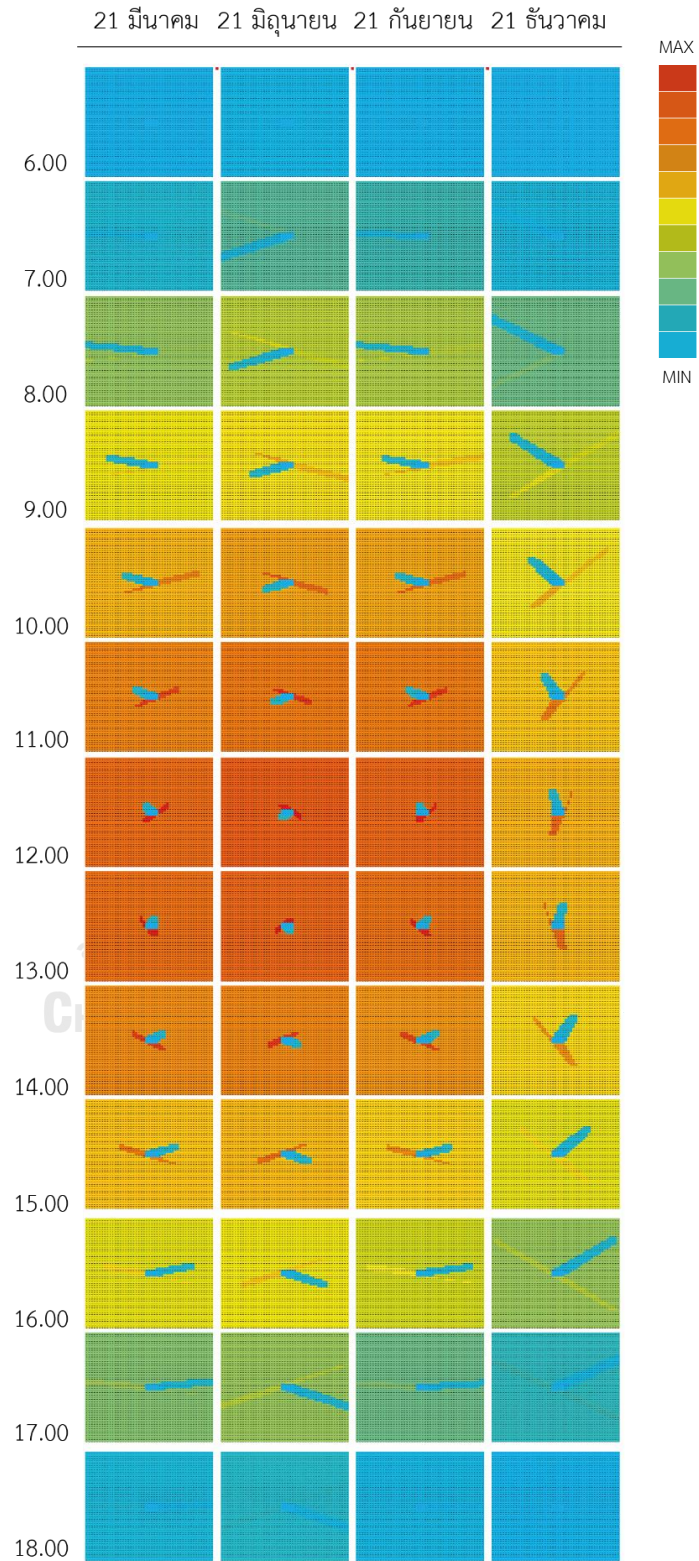
ภาพแสดงทิศทางของแสงที่สะท้อนจากเปลือกอาคารกรณีศึกษารูปทรงที่ 3: รูปทรงสี่เหลี่ยมเปลือกอาคารลาดเอียงออกจากอาคารในแนวตั้ง (หน้าด้านที่ลาดเอียงทางทิศตะวันตก)



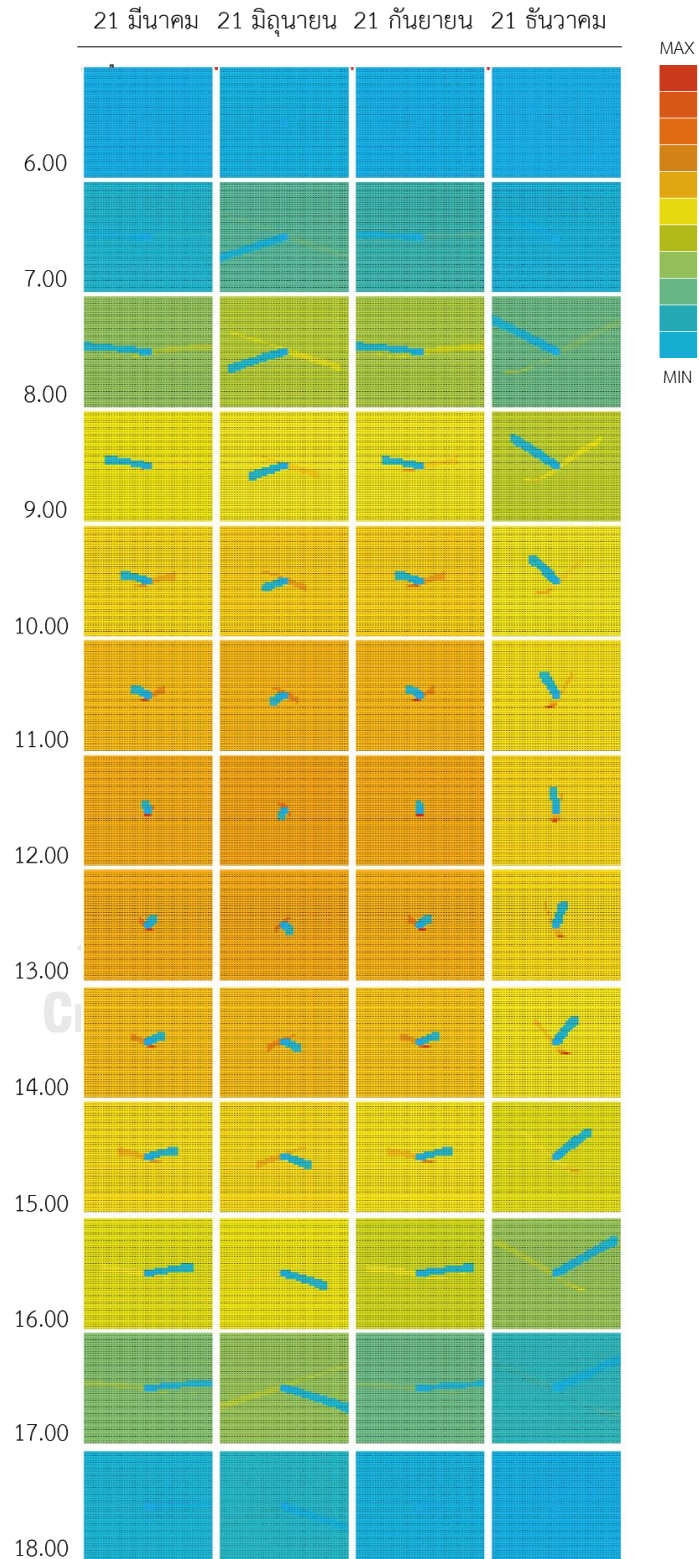
ภาพแสดงทิศทางของแสงที่สะท้อนจากเปลือกอาคารกรณีศึกษารูปทรงที่ 3: รูปทรงสี่เหลี่ยมเปลือกอาคารลาดเอียงออกจากอาคารในแนวตั้ง (หน้าด้านที่ลาดเอียงทางทิศเหนือ)



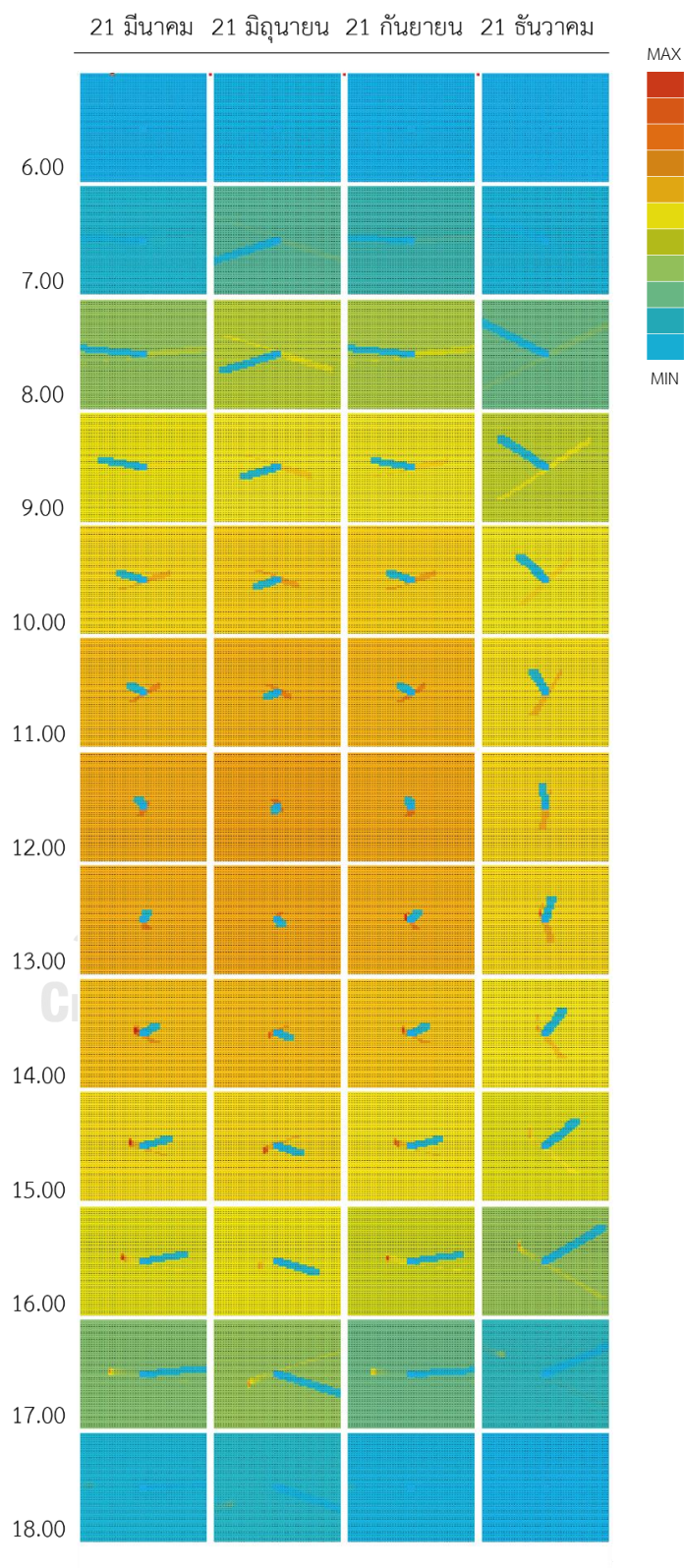
ภาพแสดงทิศทางของแสงที่สะท้อนจากเปลือกอาคารกรณีศึกษารูปทรงที่ 3: รูปทรงสี่เหลี่ยมเปลือกอาคารลาดเอียงออกจากอาคารในแนวตั้ง (หน้าด้านที่ลาดเอียงทางทิศตะวันออก)



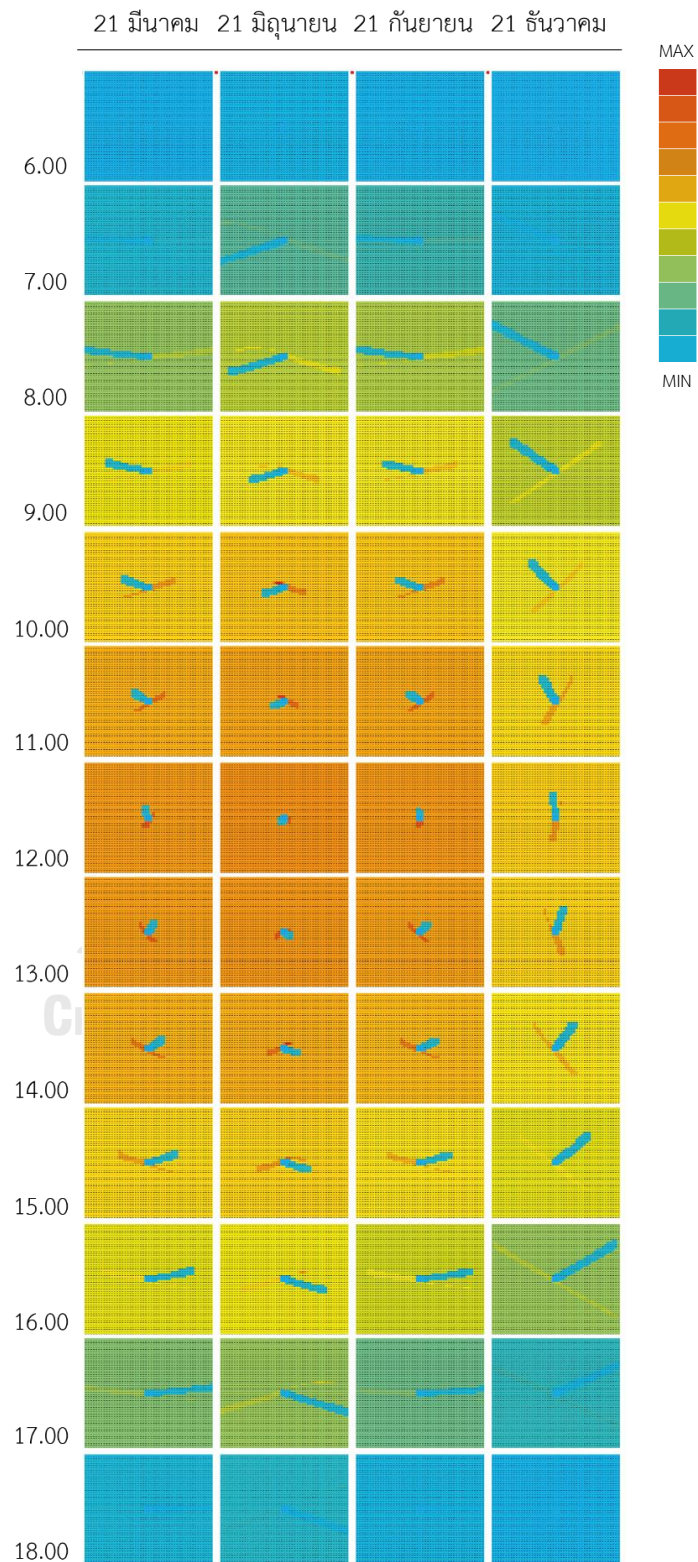
ภาพแสดงทิศทางของแสงที่สะท้อนจากเปลือกอาคารกรณีศึกษารูปทรงที่ 4: รูปทรงโค้งเว้า (หันด้านที่โค้งเว้าทางทิศใต้)



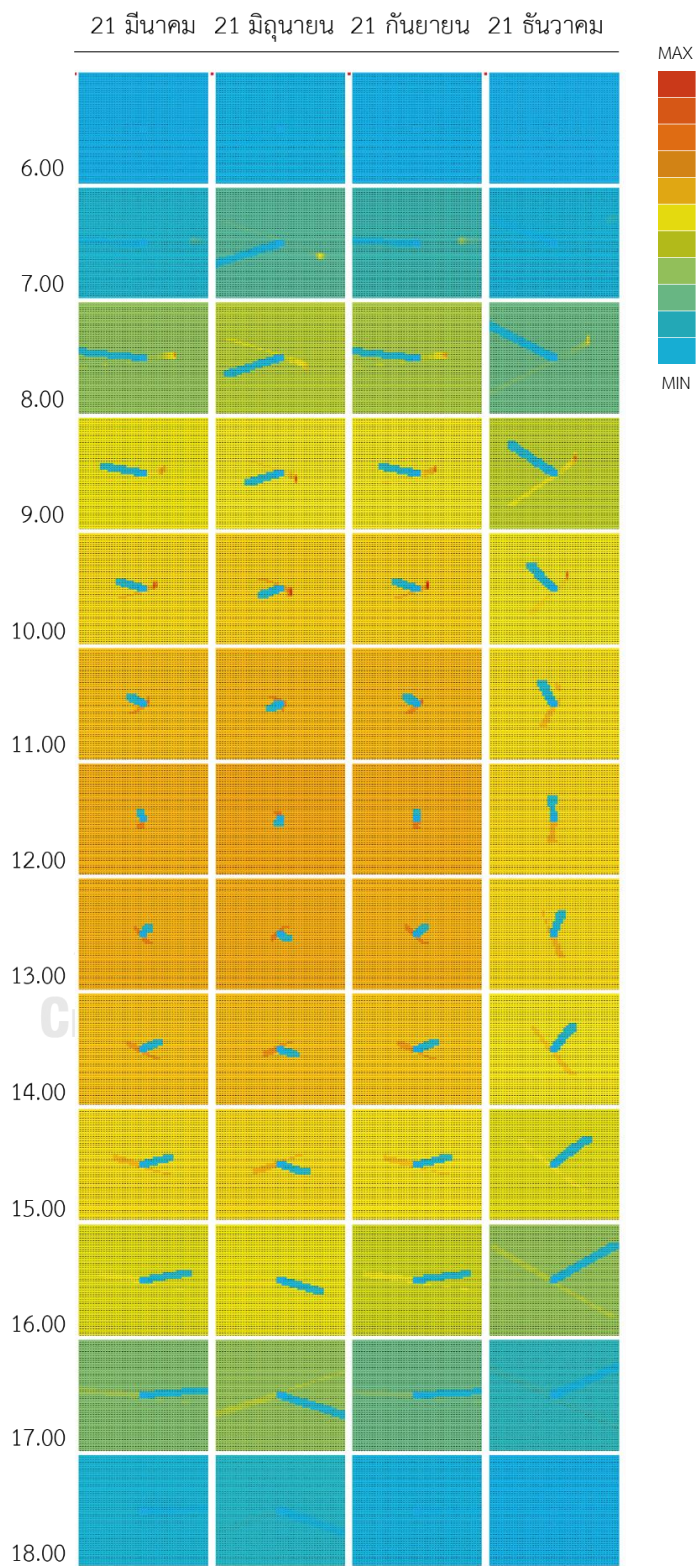
ภาพแสดงทิศทางของแสงที่สะท้อนจากเปลือกอาคารกรณีศึกษารูปทรงที่ 4: รูปทรงโค้งเว้า (เห็นด้านที่โค้งเว้าทางทิศตะวันตก)



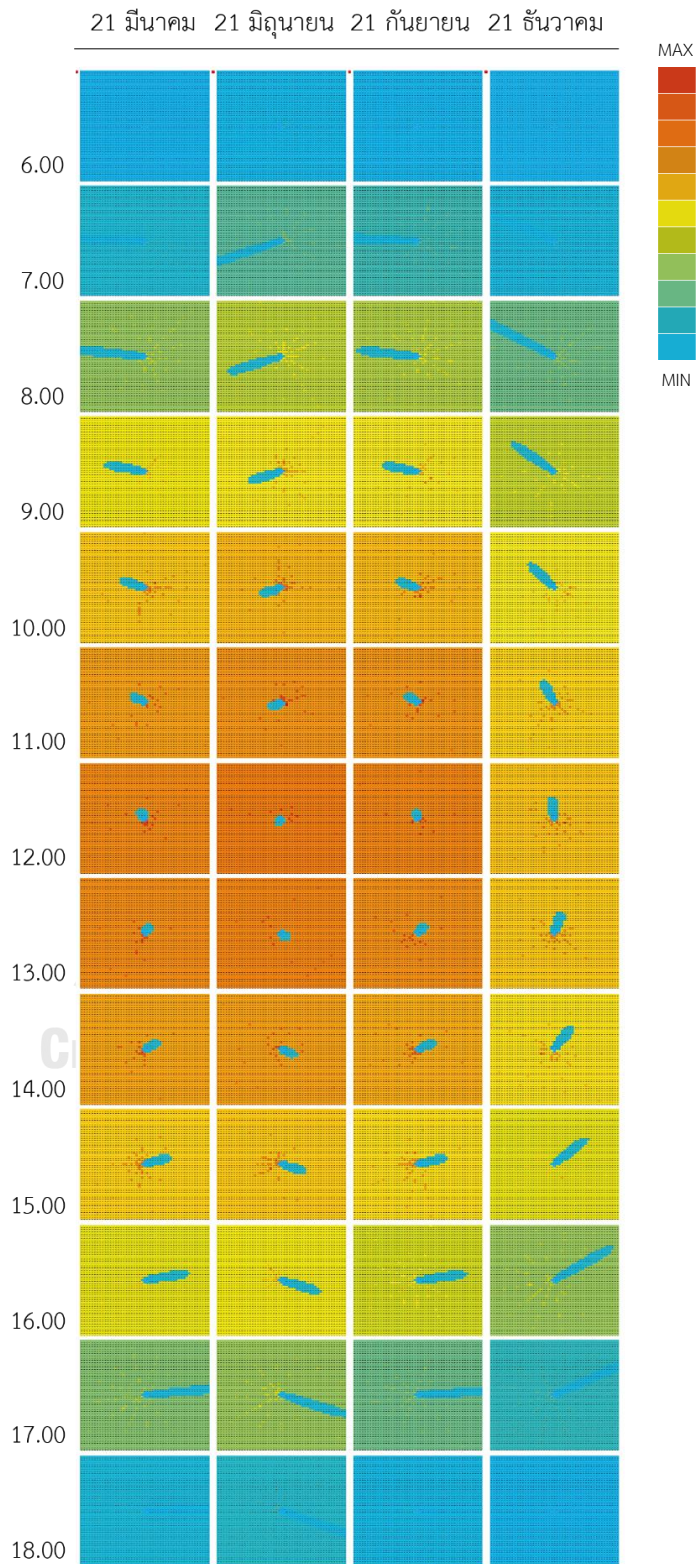
ภาพแสดงทิศทางของแสงที่สะท้อนจากเปลือกอาคารกรณีศึกษารูปทรงที่ 4: รูปทรงโค้งเว้า (หันด้านที่โค้งเว้าทางทิศเหนือ)



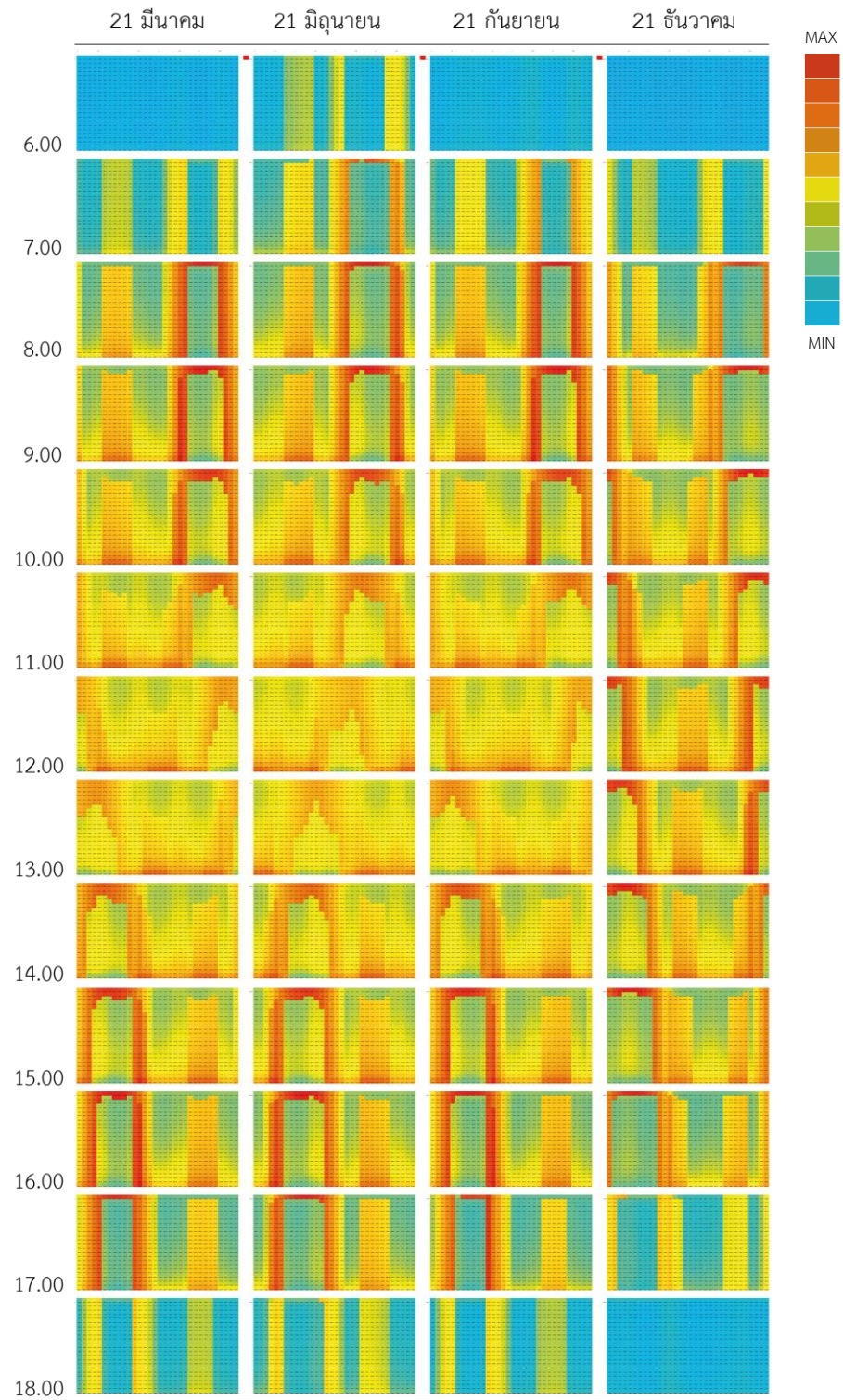
ภาพแสดงทิศทางของแสงที่สะท้อนจากเปลือกอาคารกรณีศึกษารูปทรงที่ 4: รูปทรงโค้งเว้า (หันด้านที่โค้งเว้าทางทิศตะวันออก)



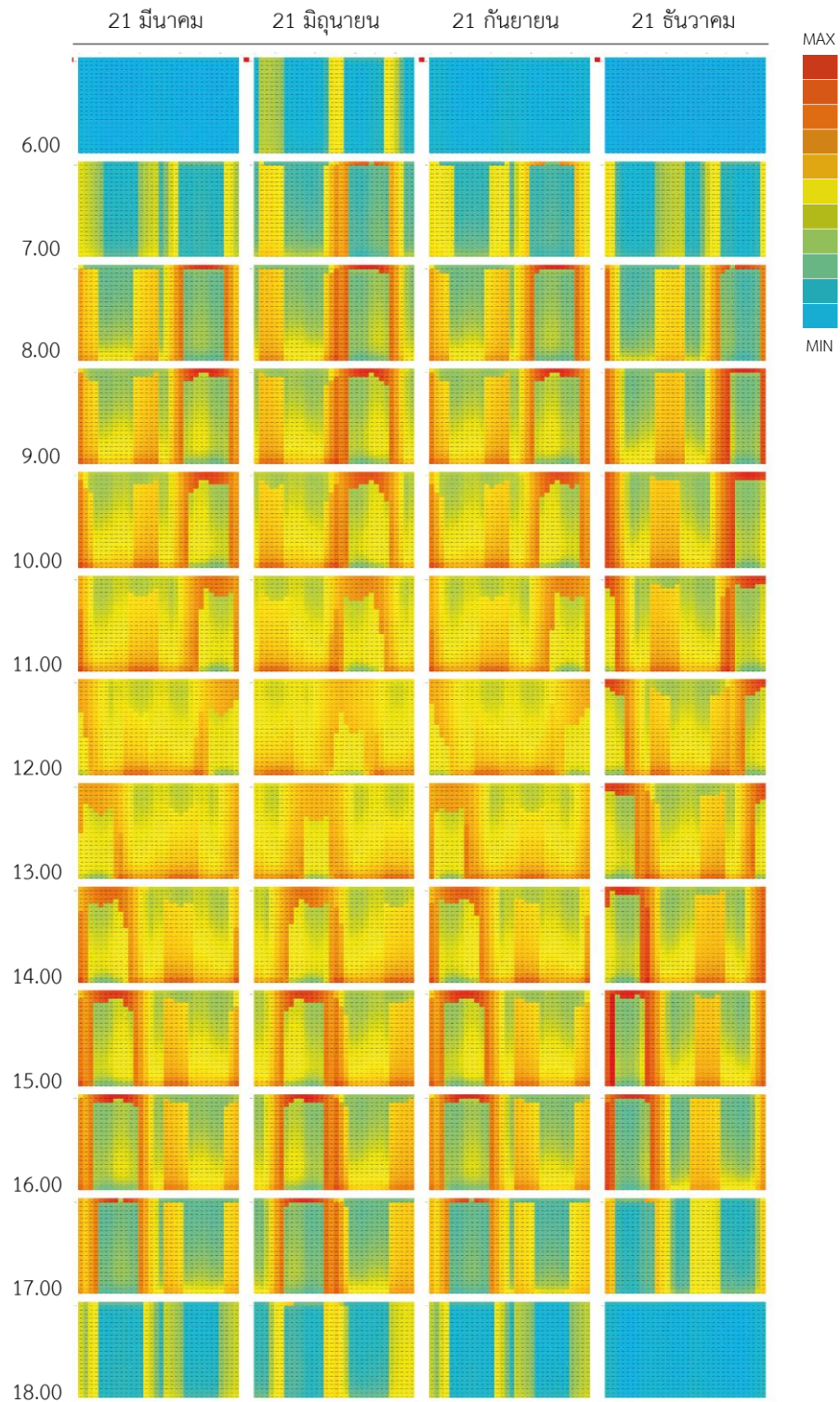
ภาพแสดงทิศทางของแสงที่สะท้อนจากเปลือกอาคารกรณีศึกษารูปทรงที่ 5: รูปทรงแตงกวา



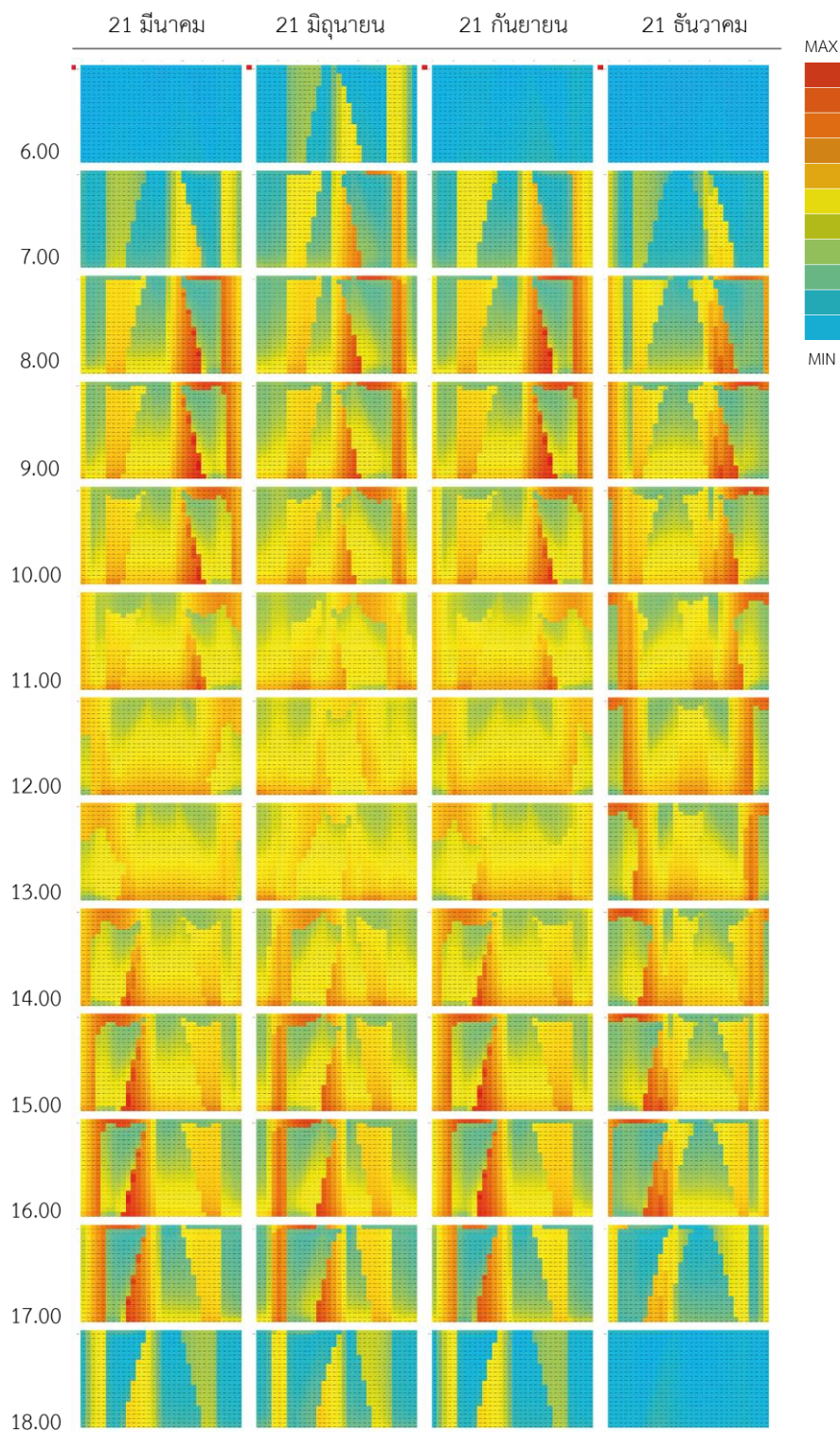
ภาพแสดงทิศทางของแสงที่สะท้อนจากเปลือกอาคารกรณีศึกษารูปทรงที่ 1: รูปทรงสี่เหลี่ยมจัตุรัสเปลือกอาคารเรียบตรง ที่กระทำต่อบริบทโดยรอบในแนวตั้งในรัศมี 12 เมตร



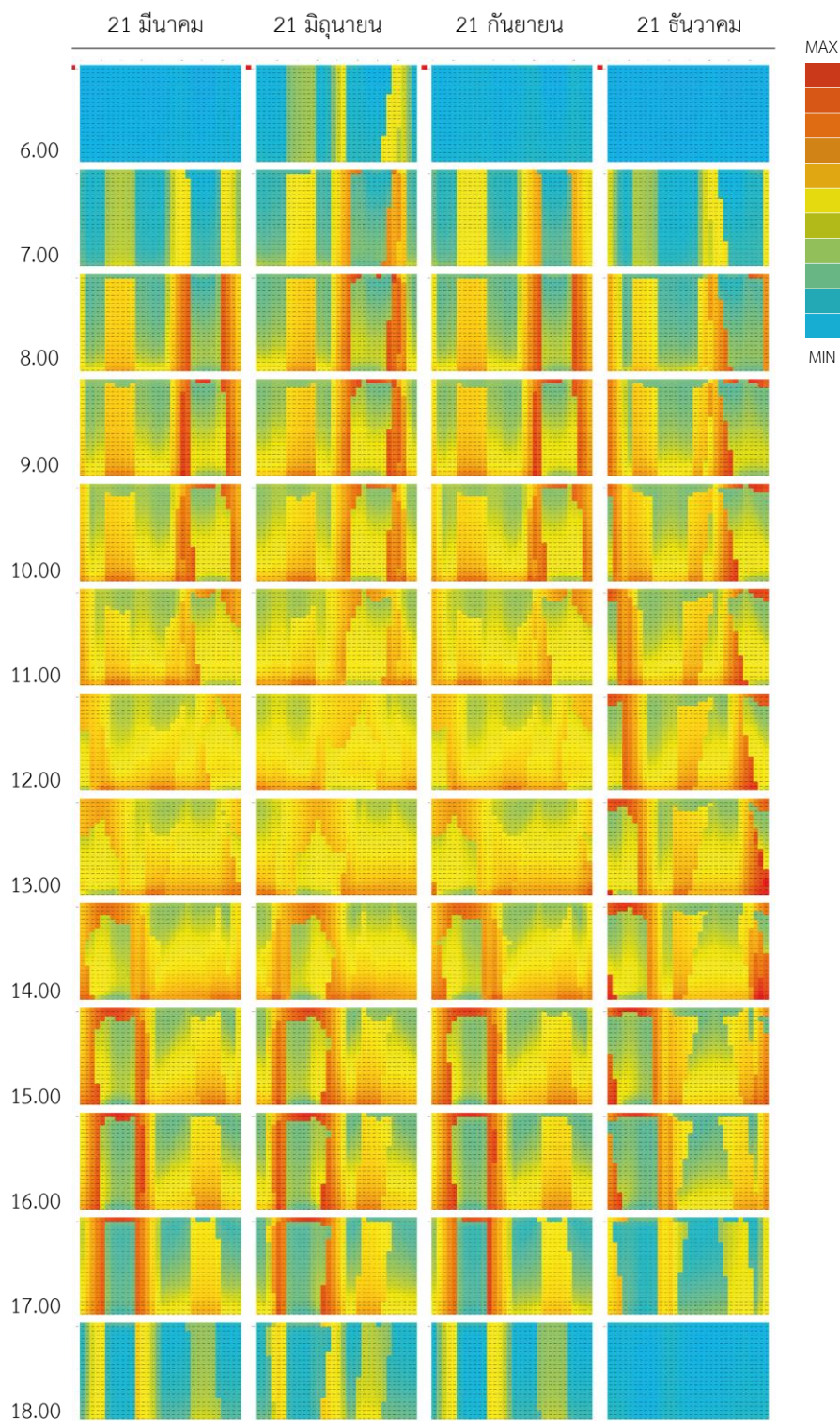
ภาพแสดงทิศทางของแสงที่สะท้อนจากเปลือกอาคารกรณีศึกษารูปทรงที่ 1: รูปทรงสี่เหลี่ยมจัตุรัสเปลือกอาคารเรียบตรง วางทิศทางอาคารเอียง 45 องศา ที่กระทำต่อบริบทโดยรอบในแนวตั้งในรัศมี 12 เมตร



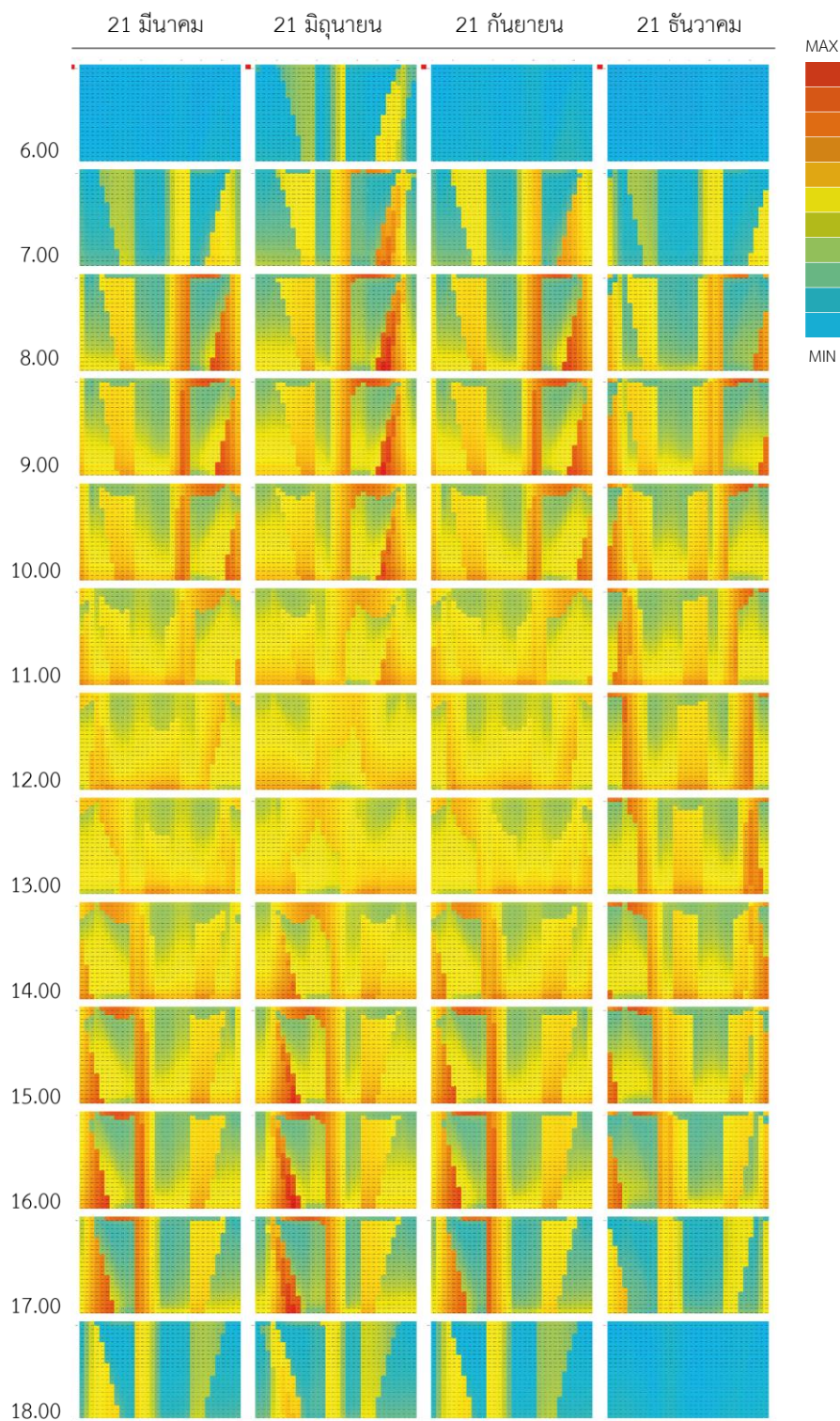
ภาพแสดงทิศทางของแสงที่สะท้อนจากเปลือกอาคารกรณีศึกษารูปทรงที่ 2: รูปทรงสี่เหลี่ยมเปลือกอาคารลาดเอียงเข้าหาอาคารในแนวตั้ง (หันด้านที่ลาดเอียงทางทิศใต้) ที่กระทำต่อบริบทโดยรอบในแนวตั้งในรัศมี 12 เมตร



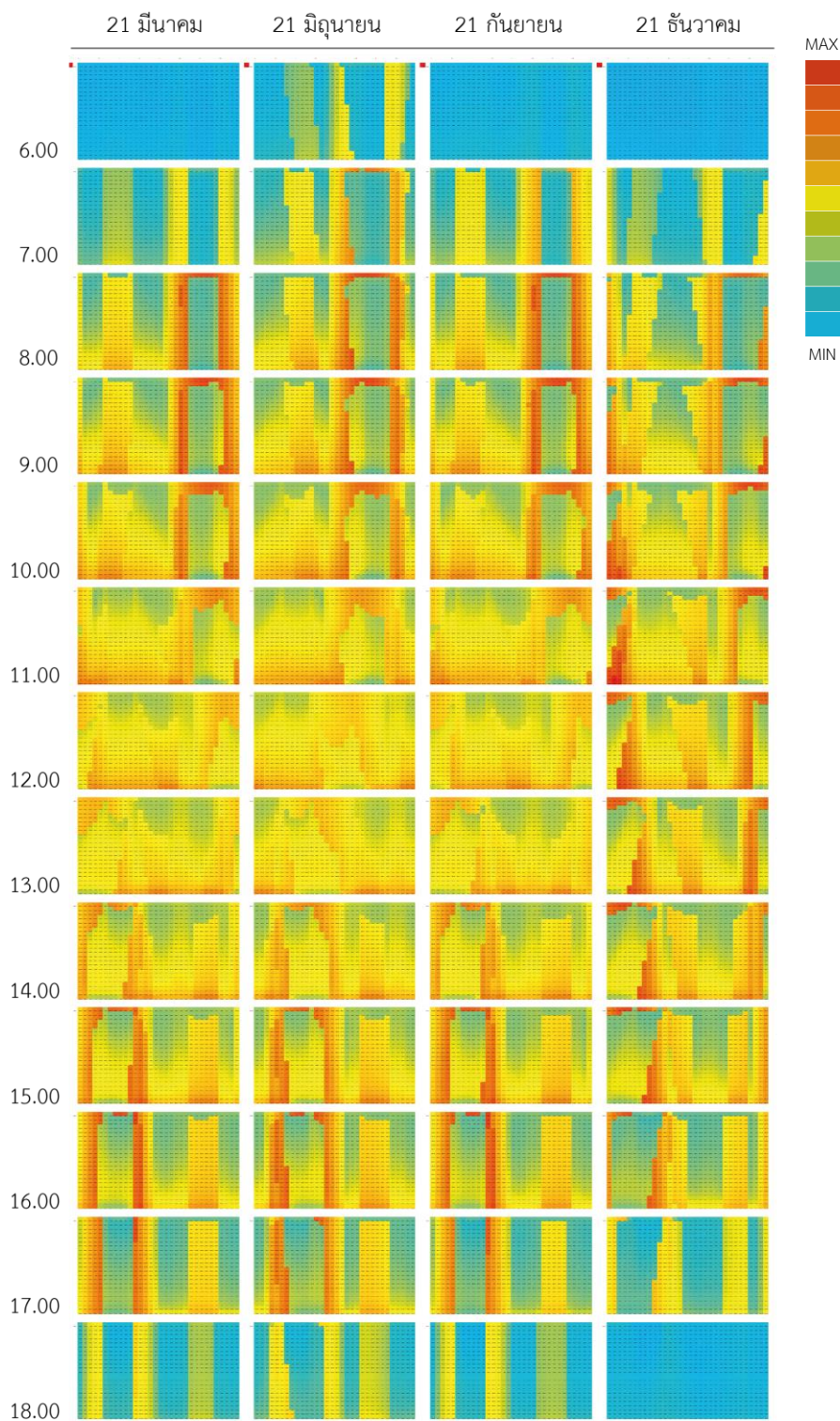
ภาพแสดงทิศทางของแสงที่สะท้อนจากเปลือกอาคารกรณีศึกษารูปทรงที่ 2: รูปทรงสี่เหลี่ยมเปลือกอาคารลาดเอียงเข้าหาอาคารในแนวตั้ง (หันด้านที่ลาดเอียงทางทิศตะวันตก) ที่กระทำต่อปริบทโดยรอบในแนวตั้งในรัศมี 12 เมตร



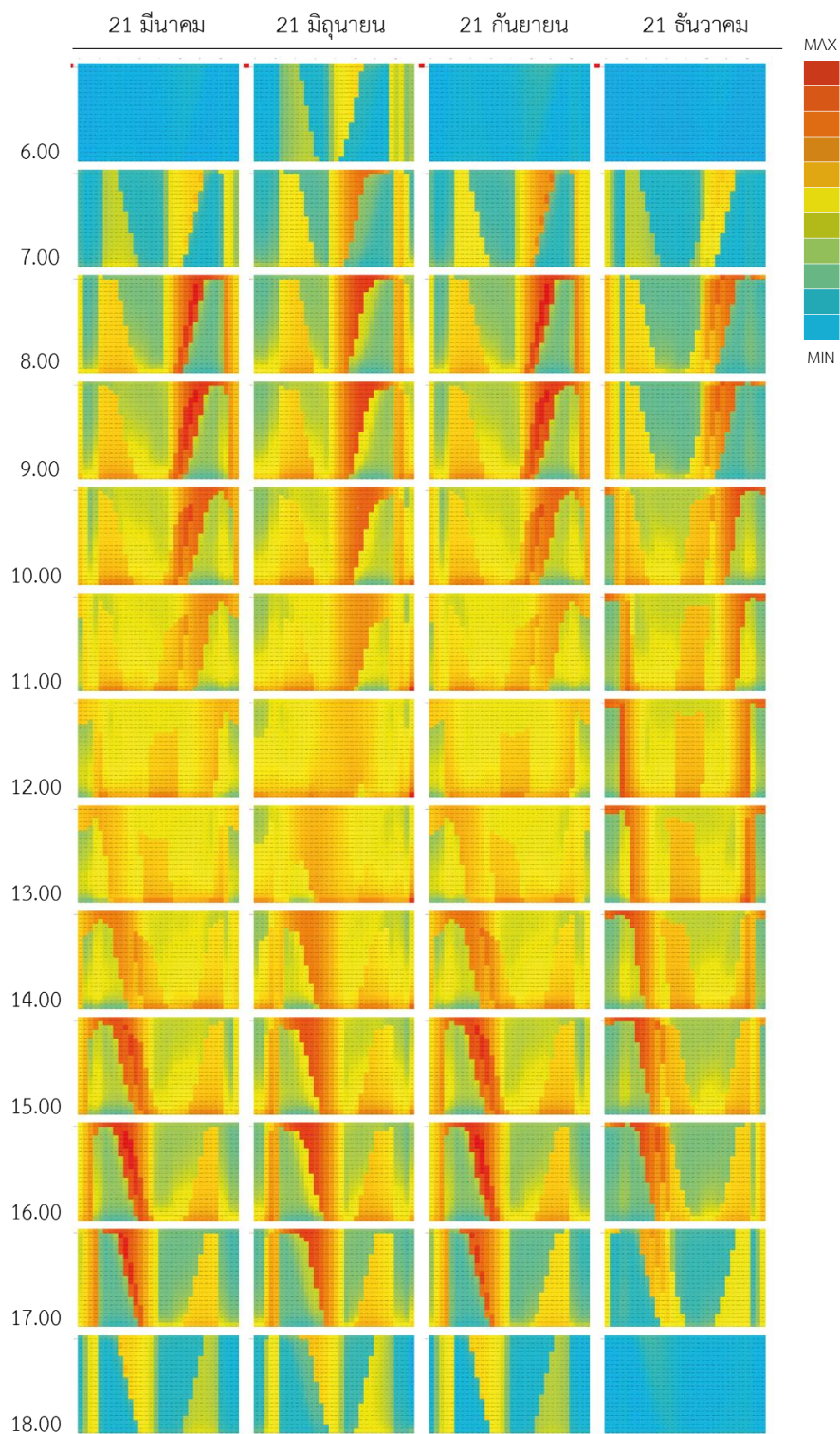
ภาพแสดงทิศทางของแสงที่สะท้อนจากเปลือกอาคารกรณีศึกษารูปทรงที่ 2: รูปทรงสี่เหลี่ยมเปลือกอาคารลาดเอียงเข้าหาอาคารในแนวตั้ง (หันด้านที่ลาดเอียงทางทิศเหนือ) ที่กระทำต่อบริบทโดยรอบในแนวตั้งในรัศมี 12 เมตร



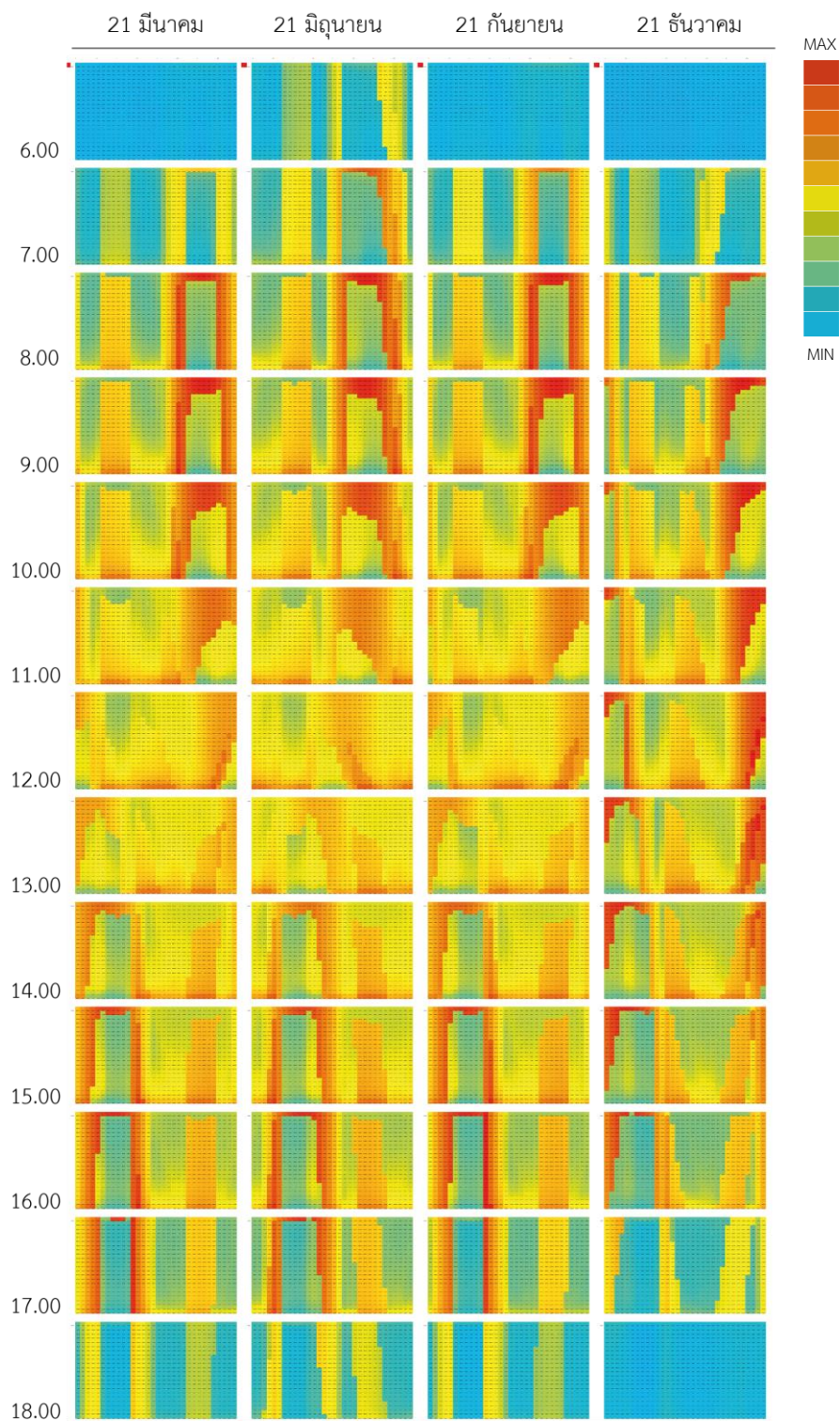
ภาพแสดงทิศทางของแสงที่สะท้อนจากเปลือกอาคารกรณีศึกษารูปทรงที่ 2: รูปทรงสี่เหลี่ยมเปลือกอาคารลาดเอียงเข้าหาอาคารในแนวตั้ง (หันด้านที่ลาดเอียงทางทิศตะวันออก) ที่กระทำต่อปริบทโดยรอบในแนวตั้งในรัศมี 12 เมตร



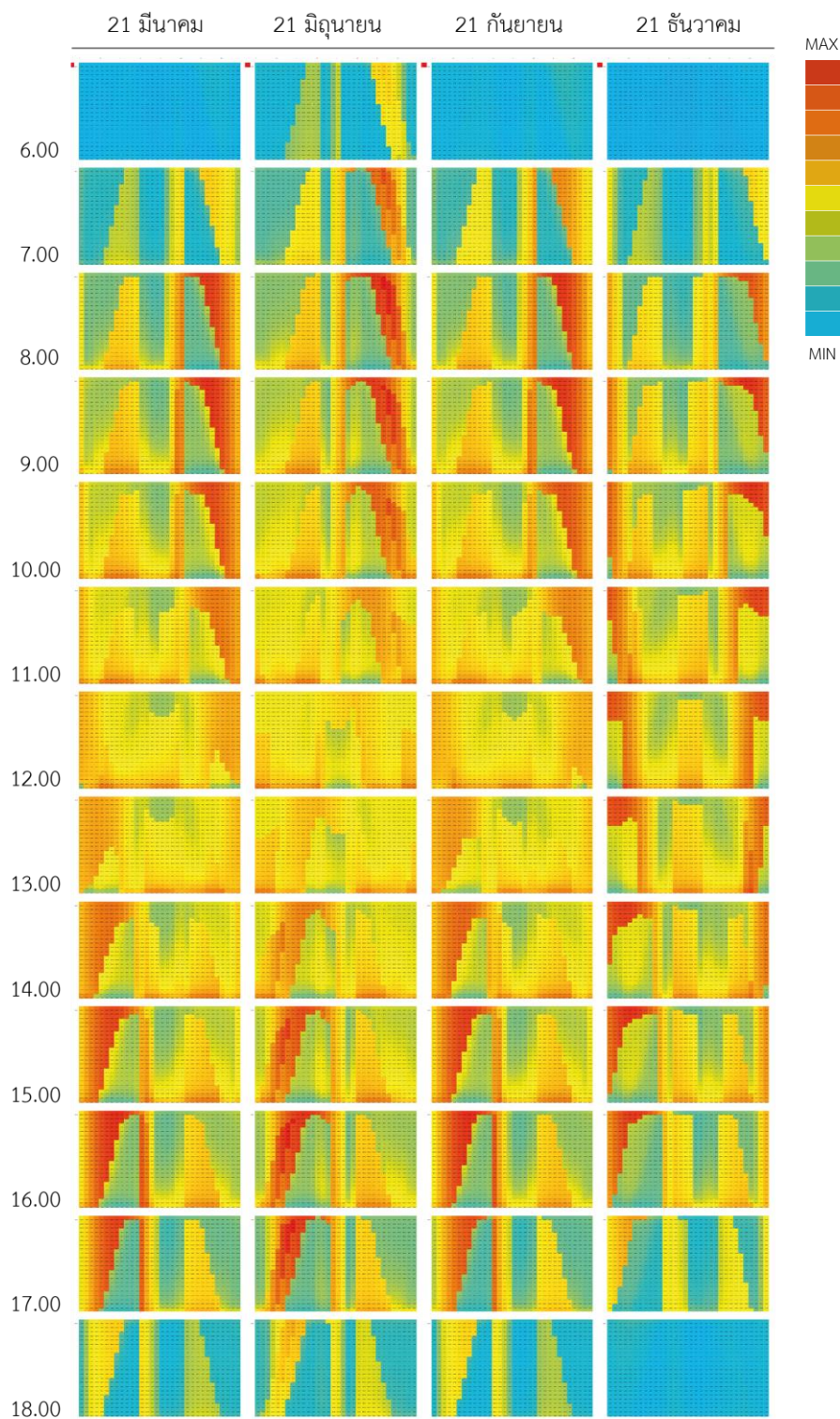
ภาพแสดงทิศทางของแสงที่สะท้อนจากเปลือกอาคารกรณีศึกษารูปทรงที่ 3: รูปทรงสี่เหลี่ยมเปลือกอาคารลาดเอียงออกจากอาคารในแนวตั้ง (หันด้านที่ลาดเอียงทางทิศใต้) ที่กระทำต่อบริบทโดยรอบในแนวตั้งในรัศมี 12 เมตร



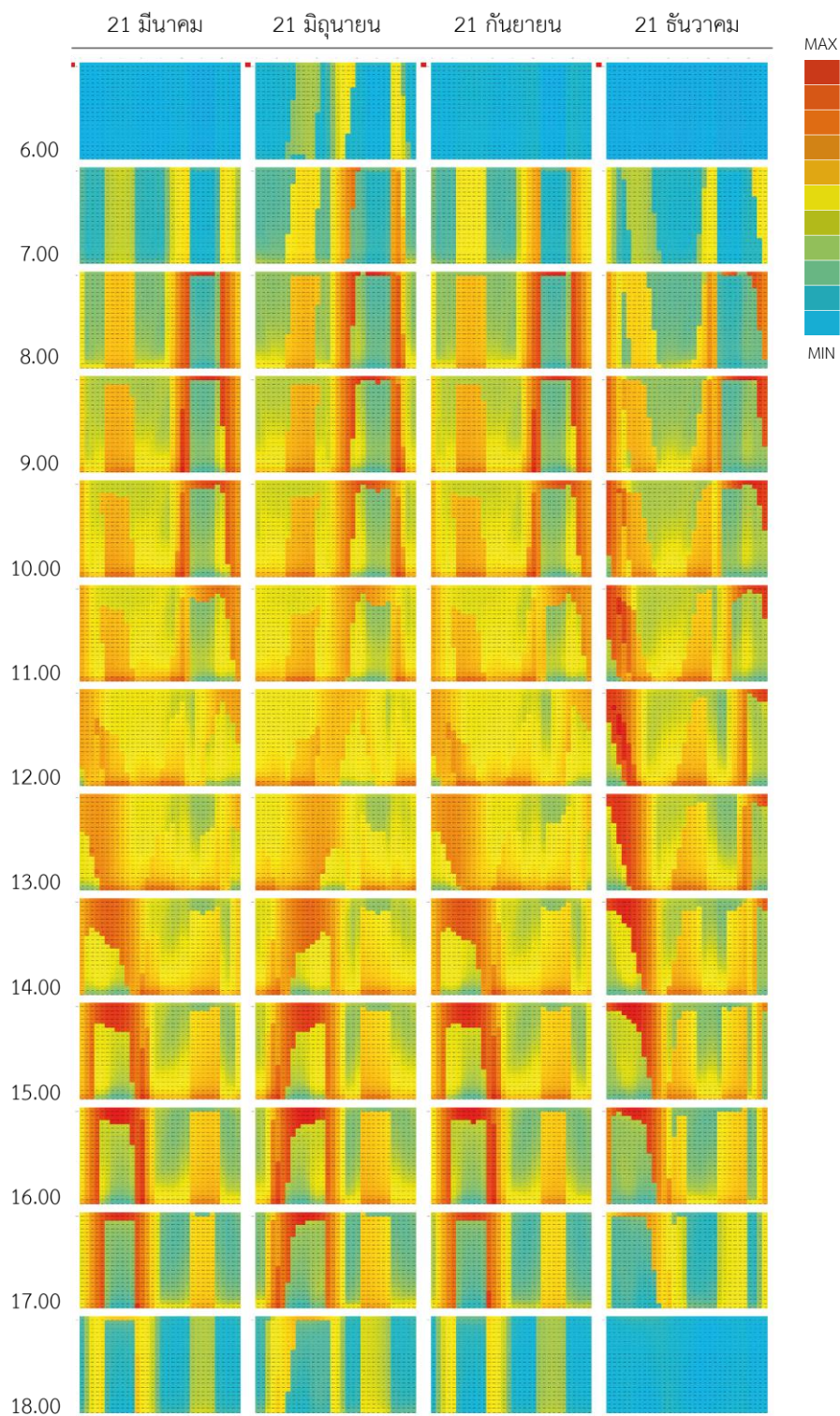
ภาพแสดงทิศทางของแสงที่สะท้อนจากเปลือกอาคารกรณีศึกษารูปทรงที่ 3: รูปทรงสี่เหลี่ยมเปลือกอาคารลาดเอียงออกจากอาคารในแนวตั้ง (หน้าด้านที่ลาดเอียงทางทิศตะวันตก) ที่กระทำต่ออบริบทโดยรอบในแนวตั้งในรัศมี 12 เมตร



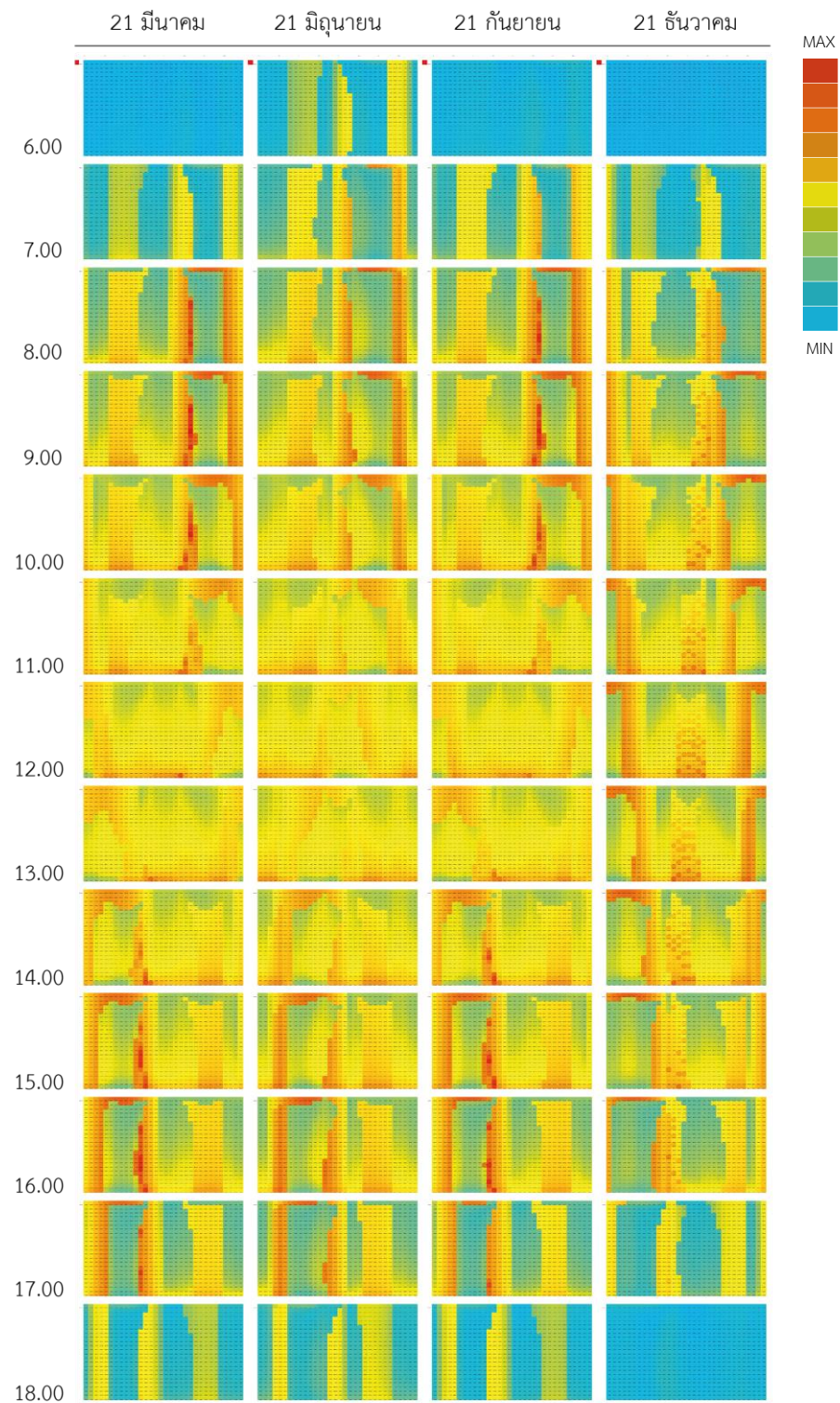
ภาพแสดงทิศทางของแสงที่สะท้อนจากเปลือกอาคารกรณีศึกษารูปทรงที่ 3: รูปทรงสี่เหลี่ยมเปลือกอาคารลาดเอียงออกจากอาคารในแนวตั้ง (หันด้านที่ลาดเอียงทางทิศเหนือ) ที่กระทำต่อปริบทโดยรอบในแนวตั้งในรัศมี 12 เมตร



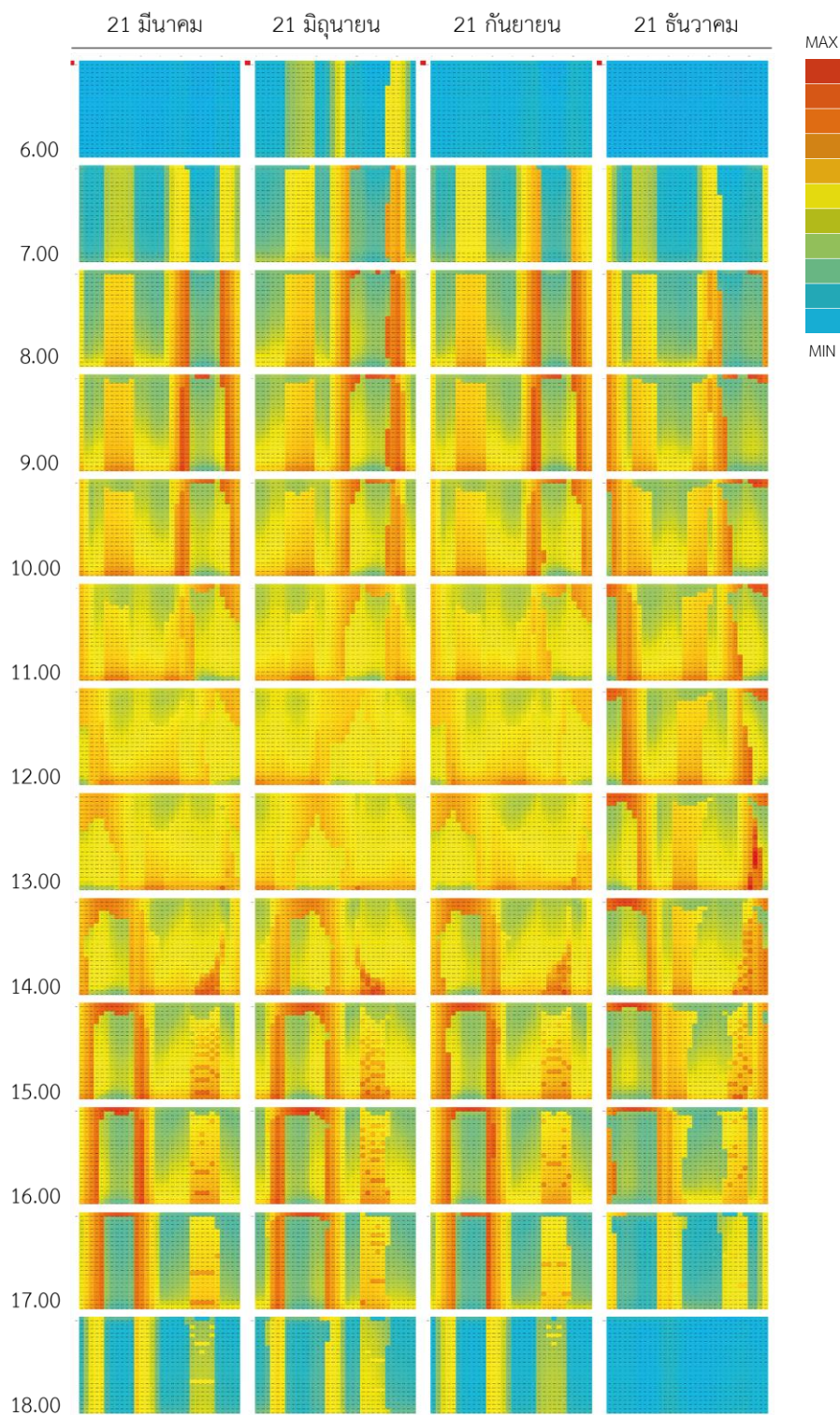
ภาพแสดงทิศทางของแสงที่สะท้อนจากเปลือกอาคารกรณีศึกษารูปทรงที่ 3: รูปทรงสี่เหลี่ยมเปลือกอาคารลาดเอียงออกจากอาคารในแนวตั้ง (หันด้านที่ลาดเอียงทางทิศตะวันออก) ที่กระทำต่อบริบทโดยรอบในแนวตั้งในรัศมี 12 เมตร



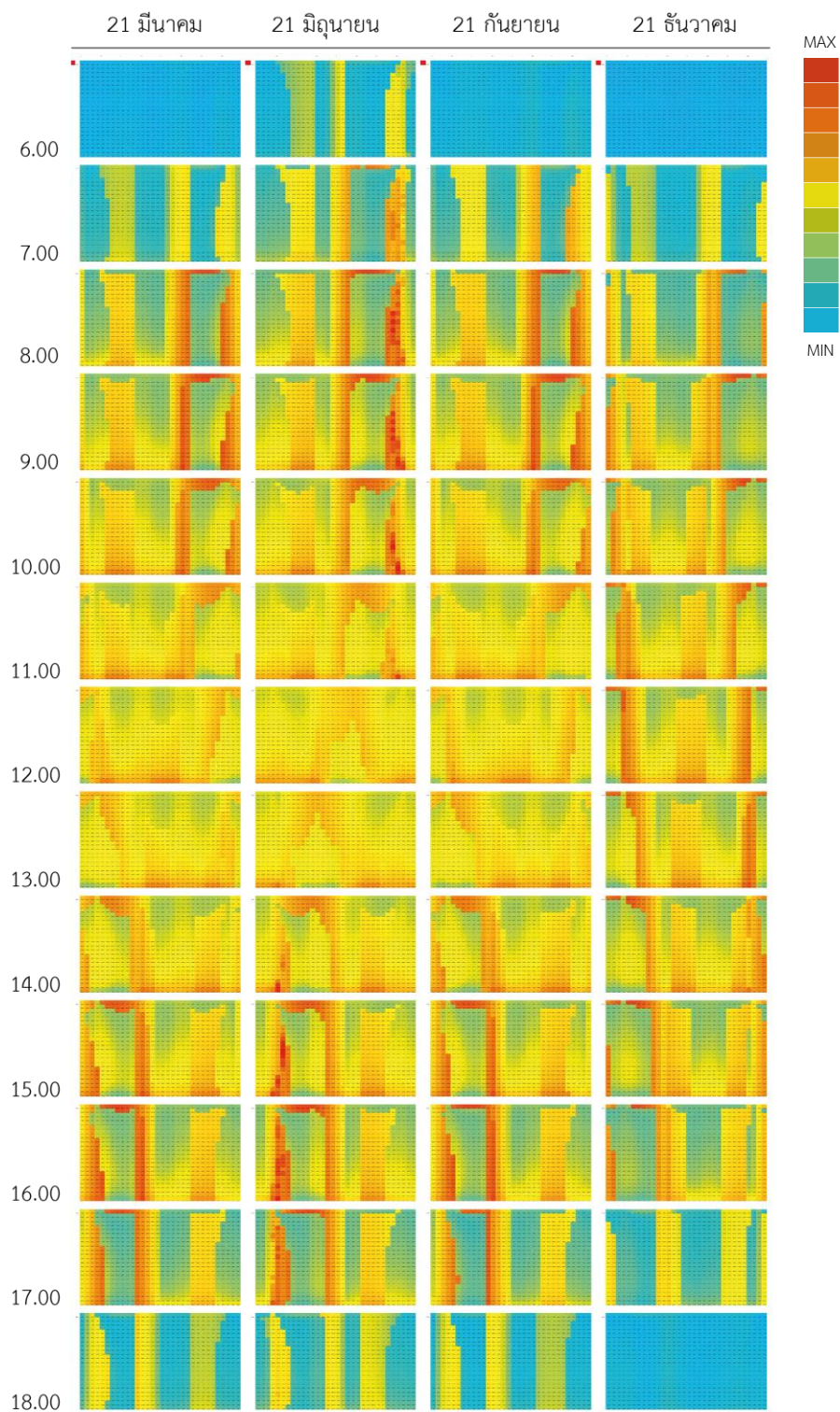
ภาพแสดงทิศทางของแสงที่สะท้อนจากเปลือกอาคารกรณีศึกษารูปทรงที่ 4: รูปทรงโค้งเว้า (หันด้านที่โค้งเว้าทางทิศใต้) ที่กระทำต่อบริบทโดยรอบในแนวตั้งในรัศมี 12 เมตร



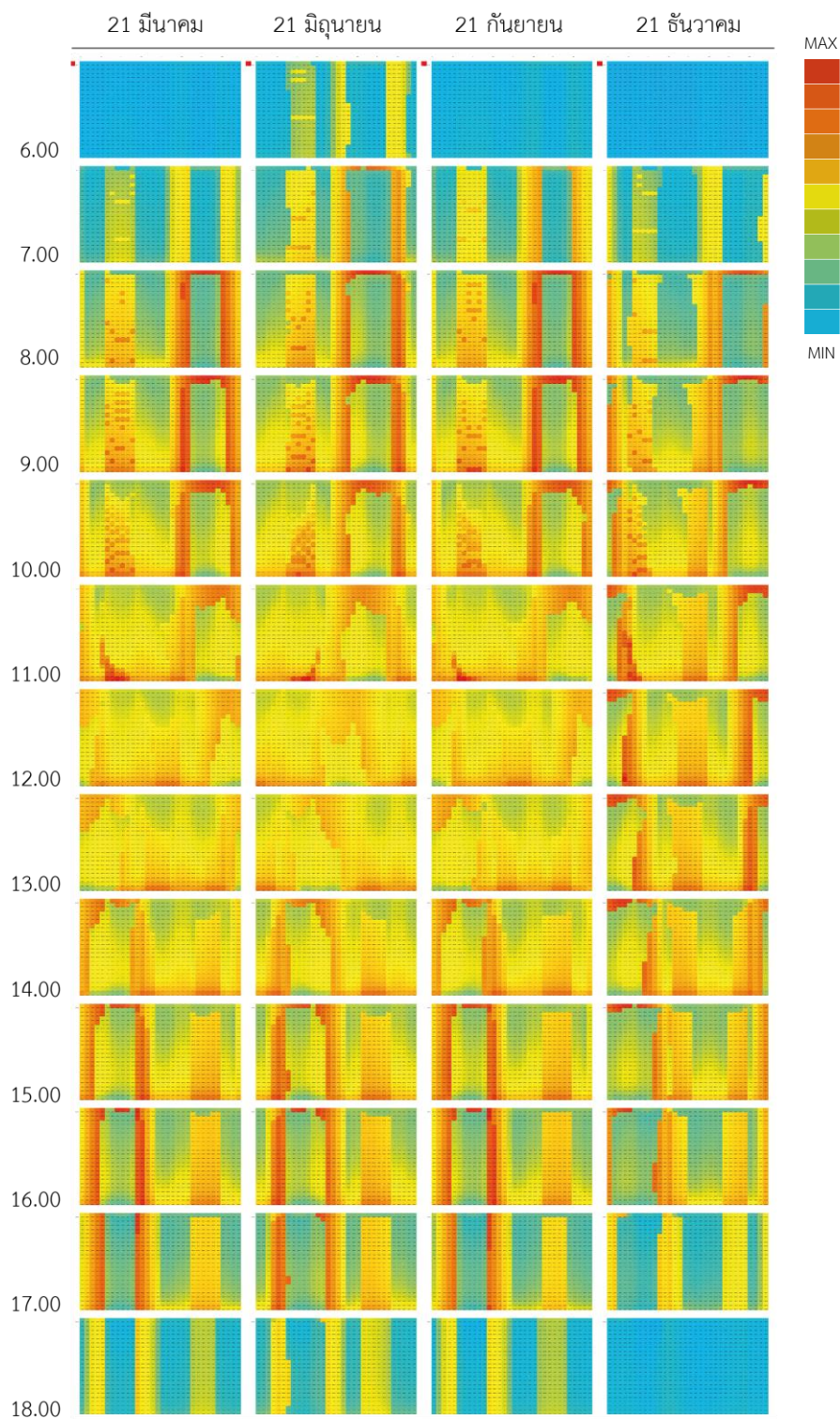
ภาพแสดงทิศทางของแสงที่สะท้อนจากเปลือกอาคารกรณีศึกษารูปทรงที่ 4: รูปทรงโค้งเว้า (หันด้านที่โค้งเว้าทางทิศตะวันตก) ที่กระทำต่อบริบทโดยรอบในแนวตั้งในรัศมี 12 เมตร



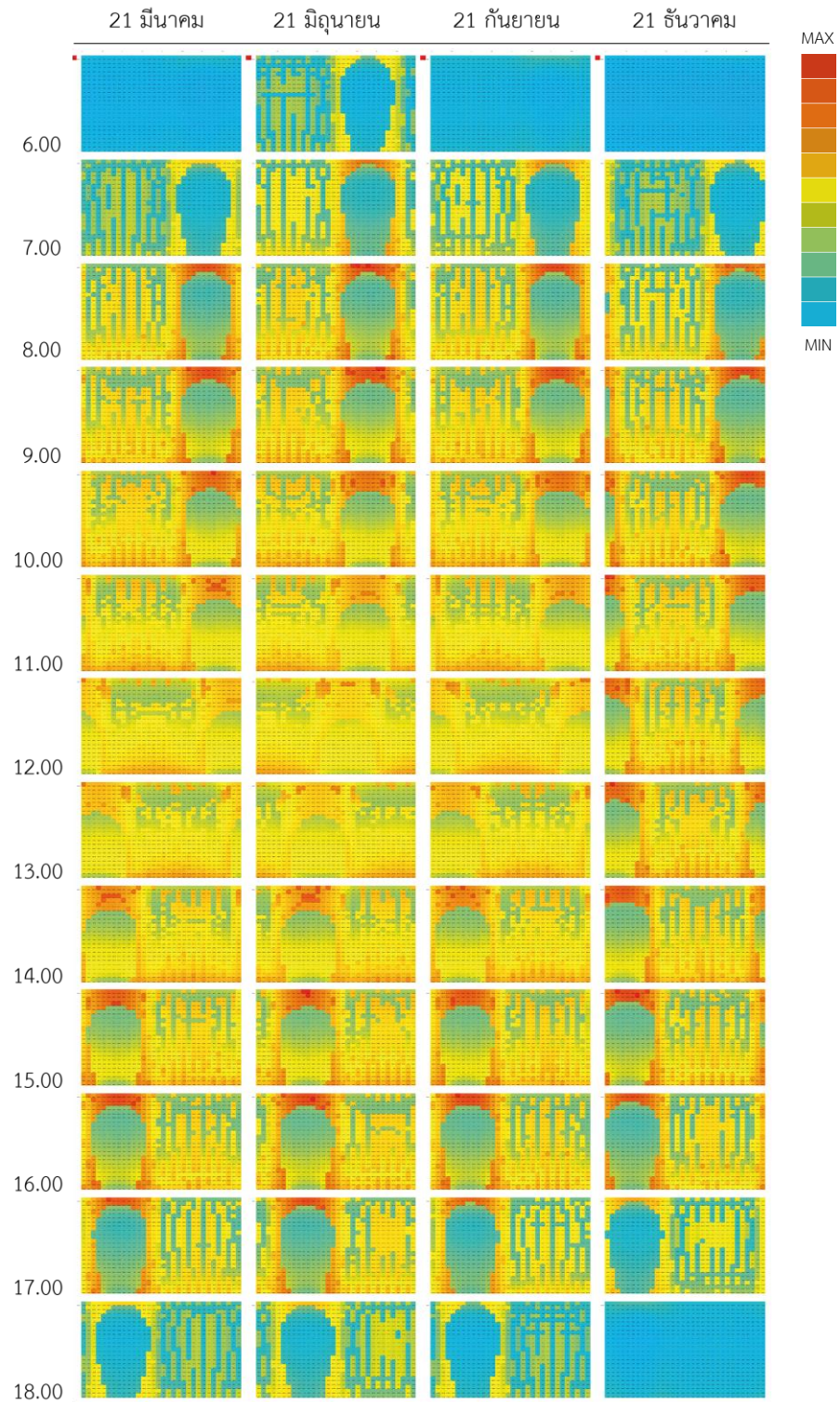
ภาพแสดงทิศทางของแสงที่สะท้อนจากเปลือกอาคารกรณีศึกษารูปทรงที่ 4: รูปทรงโค้งเว้า (หันด้านที่โค้งเว้าทางทิศเหนือ) ที่กระทำต่อบริบทโดยรอบในแนวตั้งไนร์ศมี 12 เมตร



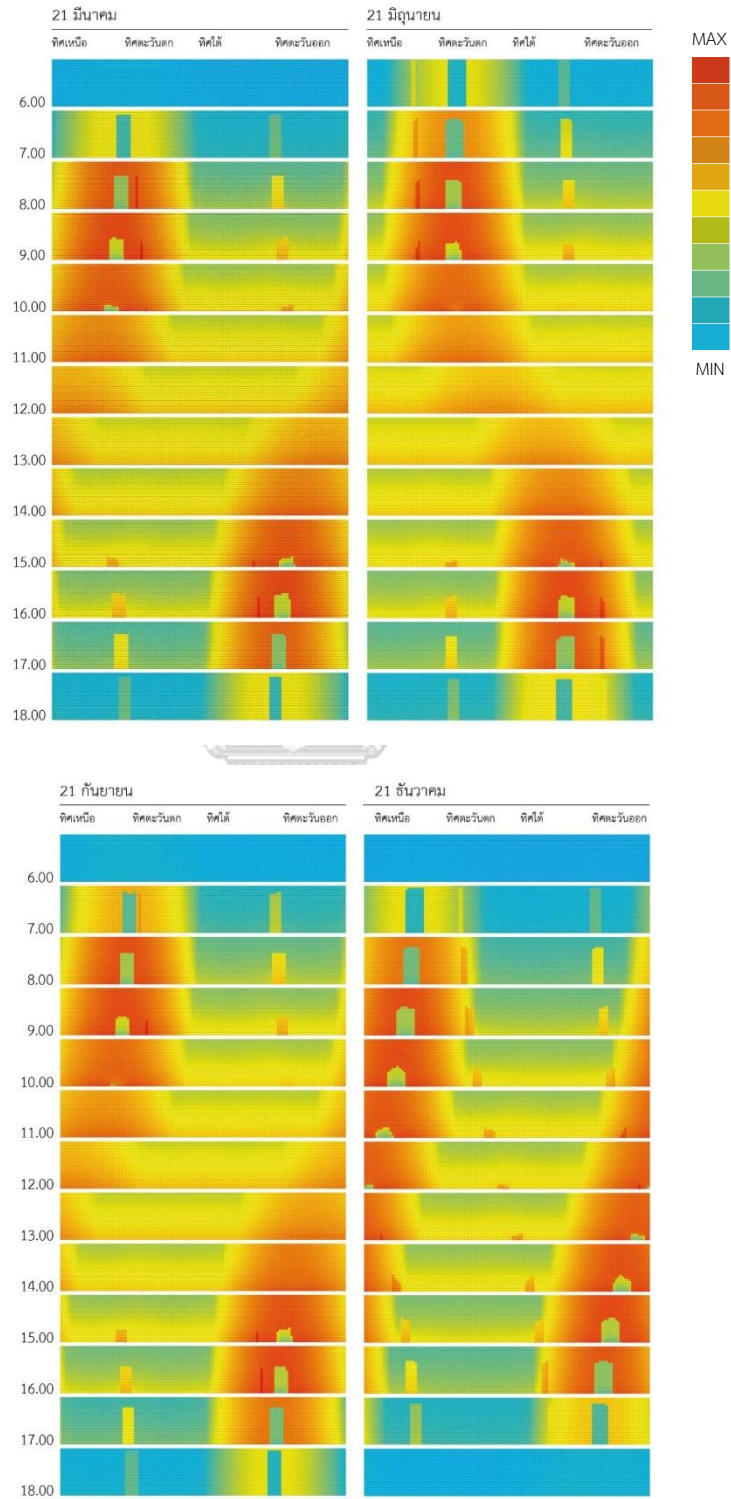
ภาพแสดงทิศทางของแสงที่สะท้อนจากเปลือกอาคารกรณีศึกษารูปทรงที่ 4: รูปทรงโค้งเว้า (หันด้านที่โค้งเว้าทางทิศตะวันออก) ที่กระทำต่อปริบทโดยรอบในแนวตั้งในรัศมี 12 เมตร



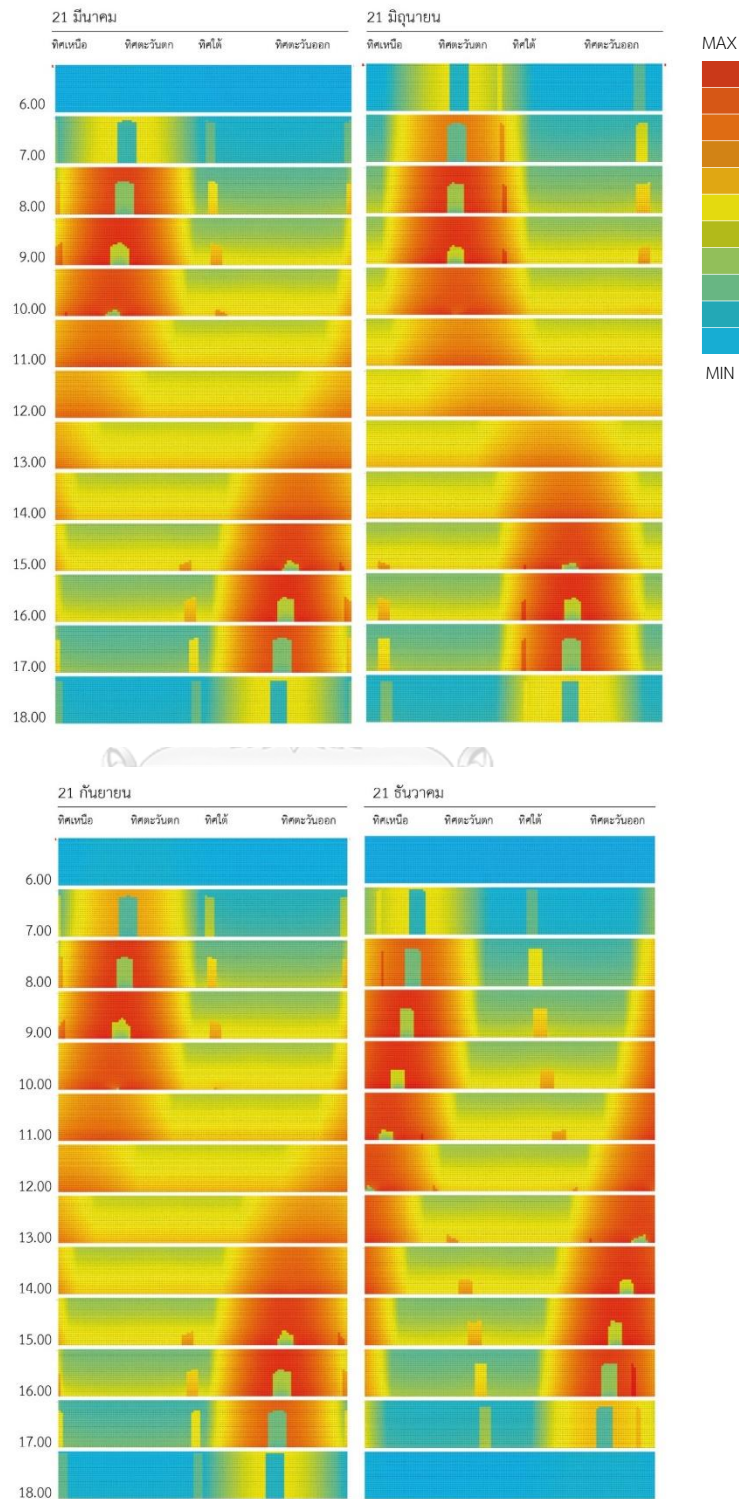
ภาพแสดงทิศทางของแสงที่สะท้อนจากเปลือกอาคารกรณีศึกษารูปทรงที่ 5: รูปทรงแดงกวาง ที่กระทำ
ต่อปริบทโดยรอบในแนวตั้งในรัศมี 12 เมตร



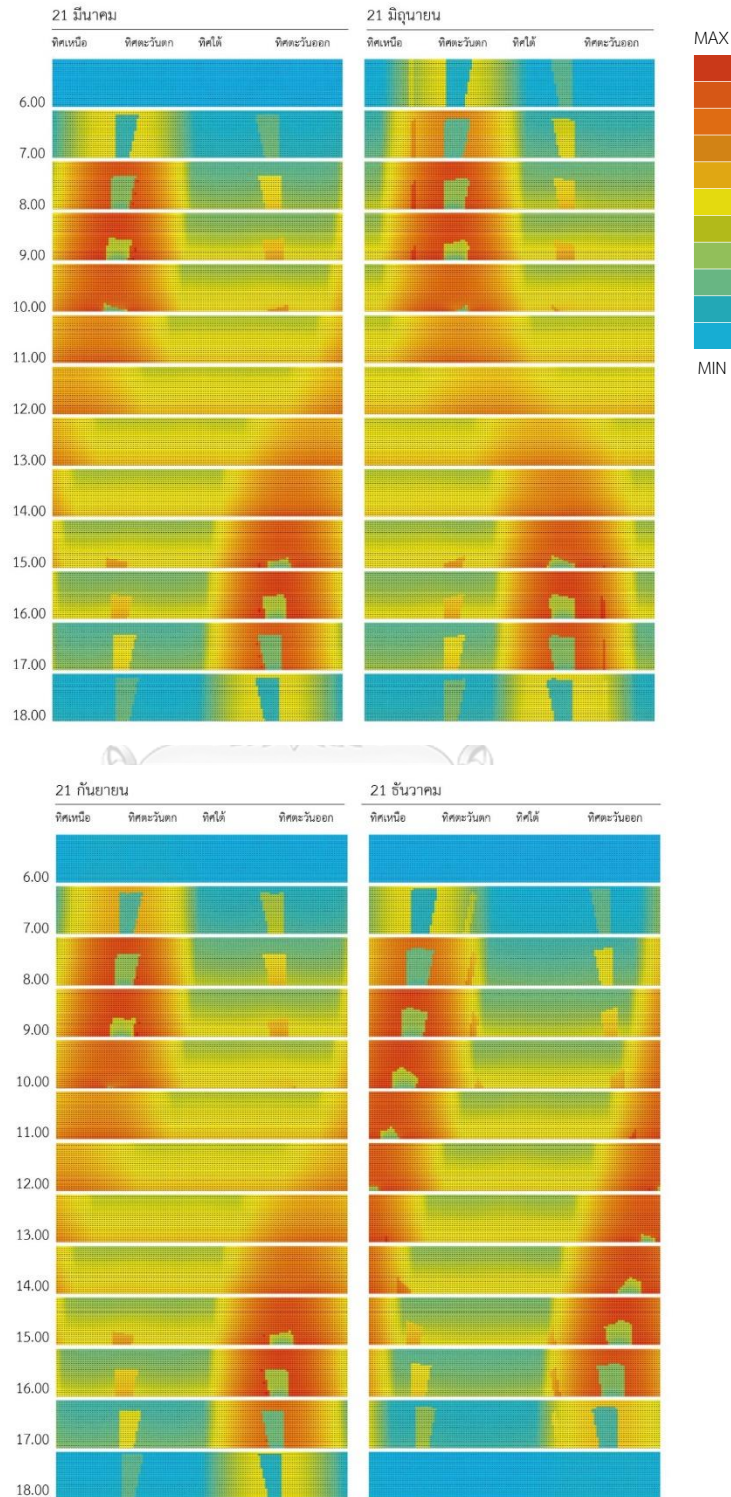
ภาพแสดงทิศทางของแสงที่สะท้อนจากเปลือกอาคารกรณีศึกษารูปทรงที่ 1: รูปทรงสี่เหลี่ยมจัตุรัสเปลือกอาคารเรียบตรง ที่กระทำต่อบริบทโดยรอบในแนวตั้งในรัศมี 100 เมตร



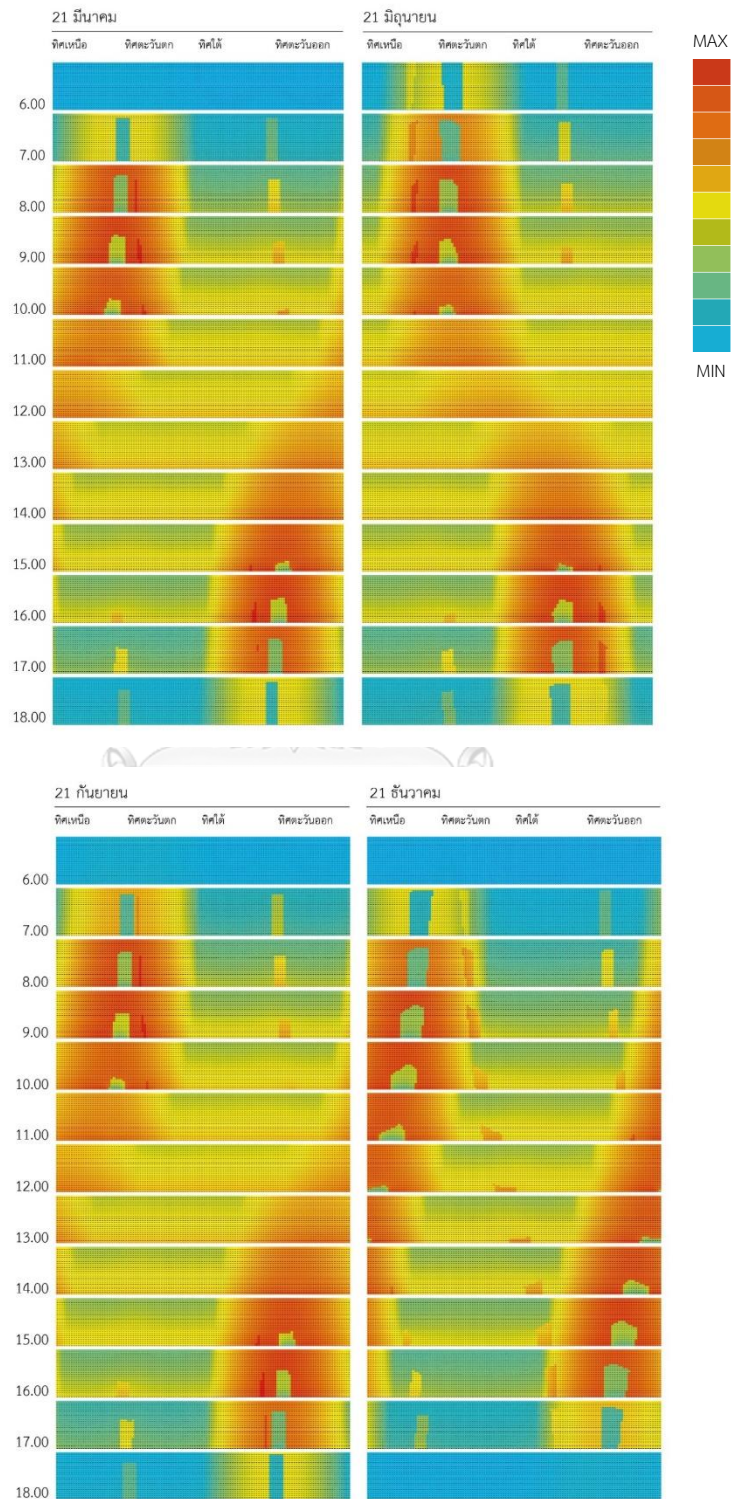
ภาพแสดงทิศทางของแสงที่สะท้อนจากเปลือกอาคารกรณีศึกษารูปทรงที่ 1: รูปทรงสี่เหลี่ยมจัตุรัสเปลือกอาคารเรียบตรง วางทิศทางอาคารเอียง 45 องศา ที่กระทำต่อบริบทโดยรอบในแนวตั้งในรัศมี 100 เมตร



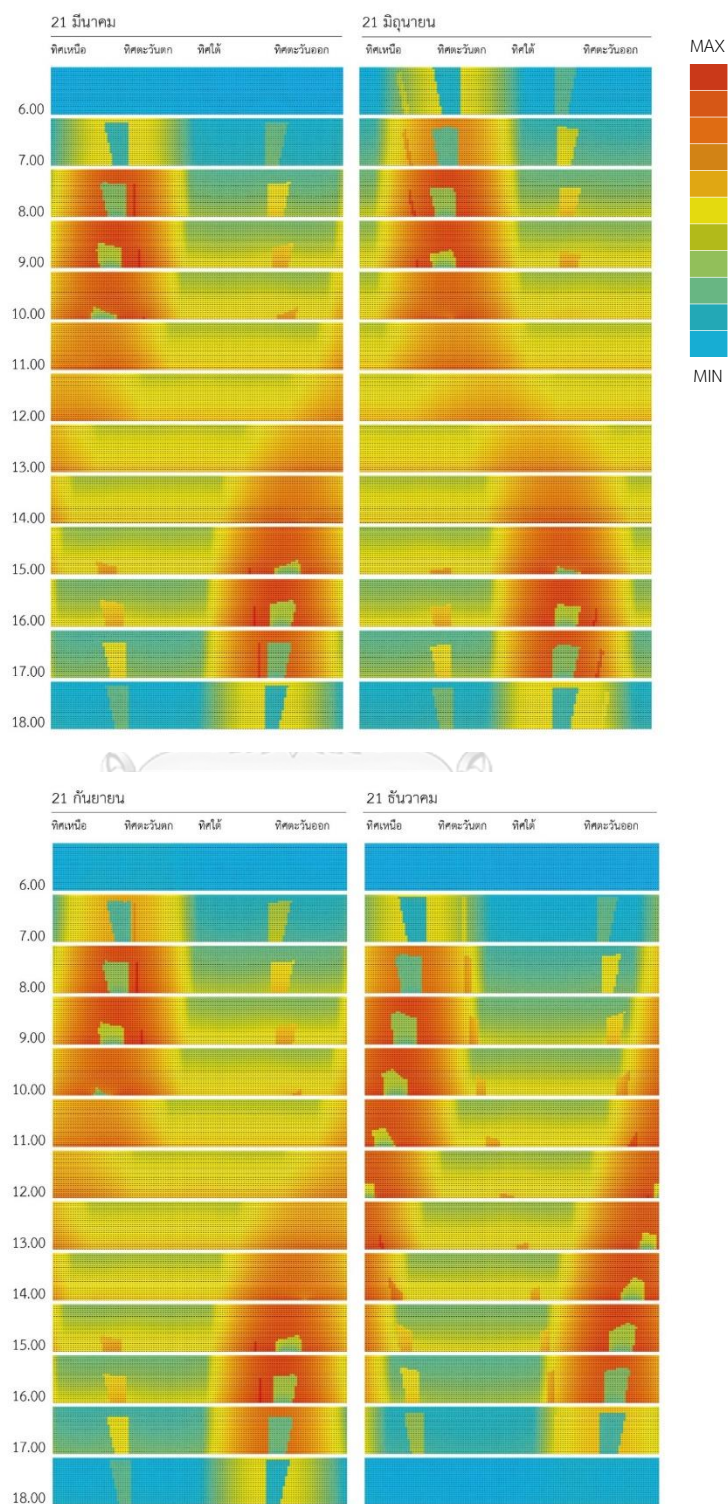
ภาพแสดงทิศทางของแสงที่สะท้อนจากเปลือกอาคารกรณีศึกษารูปทรงที่ 2: รูปทรงสี่เหลี่ยมจัตุรัสเปลือกอาคารลาดเอียงเข้าหาอาคารในแนวตั้ง (หันด้านที่ลาดเอียงทางทิศใต้) ที่กระทำต่อบริบทโดยรอบในแนวตั้งในรัศมี 100 เมตร



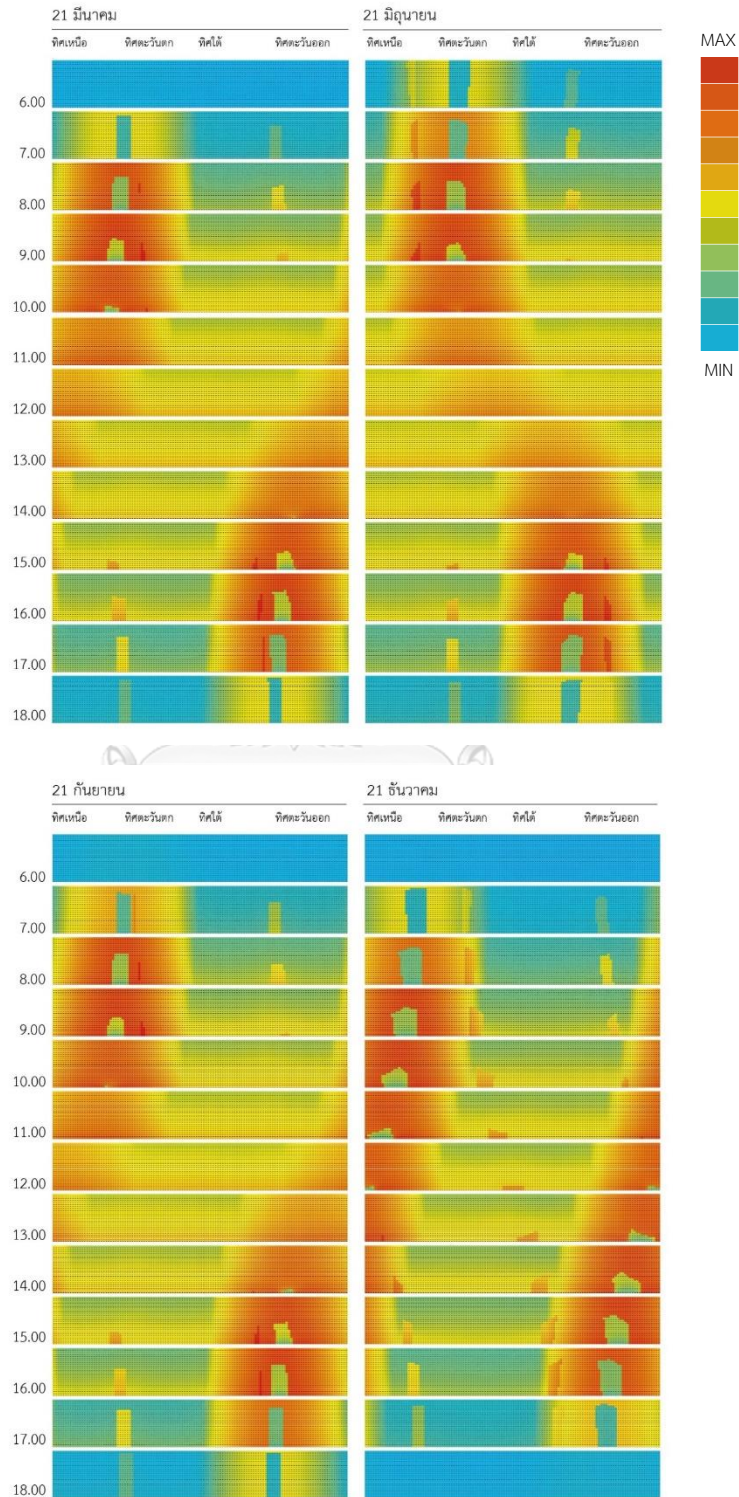
ภาพแสดงทิศทางของแสงที่สะท้อนจากเปลือกอาคารกรณีศึกษารูปทรงที่ 2: รูปทรงสี่เหลี่ยมจัตุรัสเปลือกอาคารลาดเอียงเข้าหาอาคารในแนวตั้ง (หน้าด้านที่ลาดเอียงทางทิศตะวันตก) ที่กระทำต่อบริบทโดยรอบในแนวตั้งในรัศมี 100 เมตร



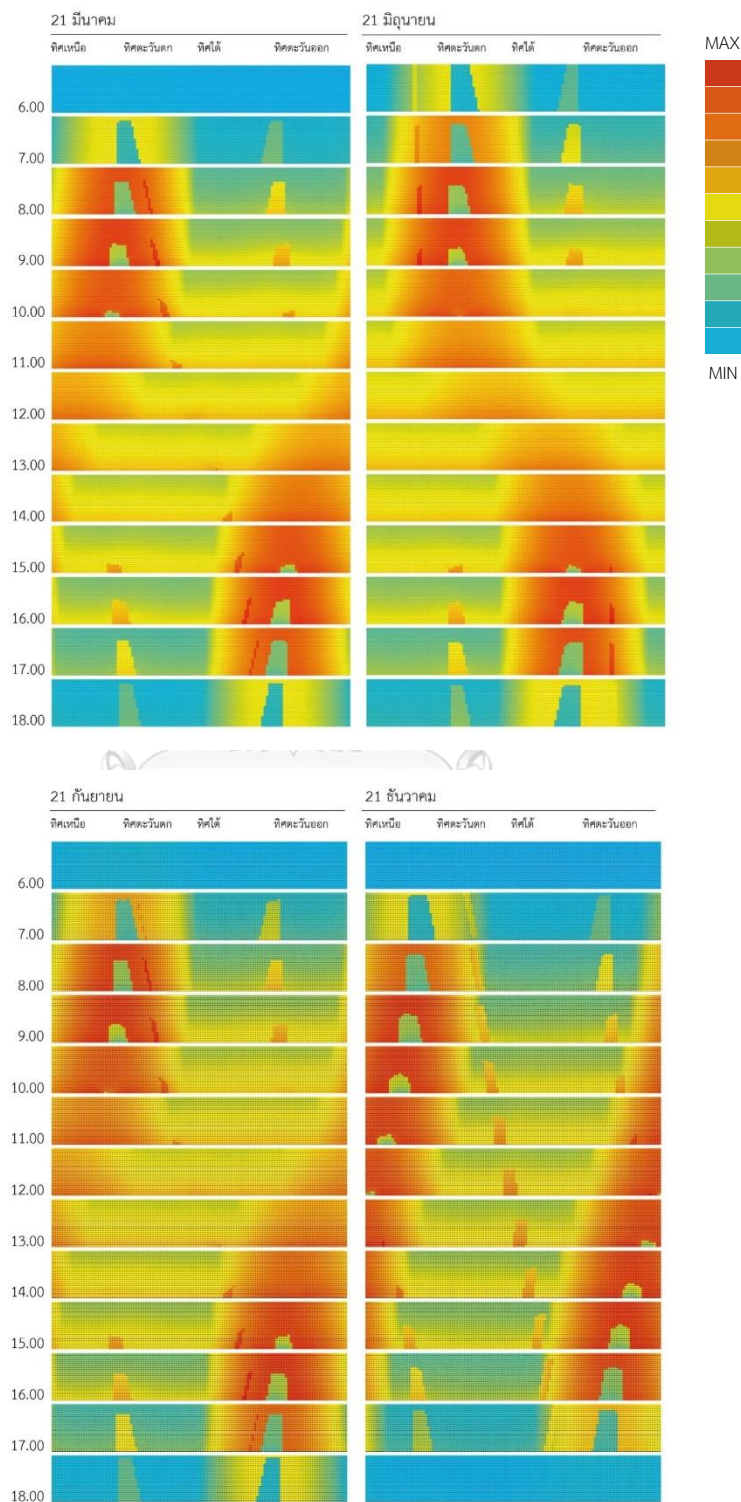
ภาพแสดงทิศทางของแสงที่สะท้อนจากเปลือกอาคารกรณีศึกษารูปทรงที่ 2: รูปทรงสี่เหลี่ยมจัตุรัสเปลือกอาคารลาดเอียงเข้าหาอาคารในแนวตั้ง (หน้าด้านที่ลาดเอียงทางทิศเหนือ) ที่กระทำต่อปริบทโดยรอบในแนวตั้งในรัศมี 100 เมตร



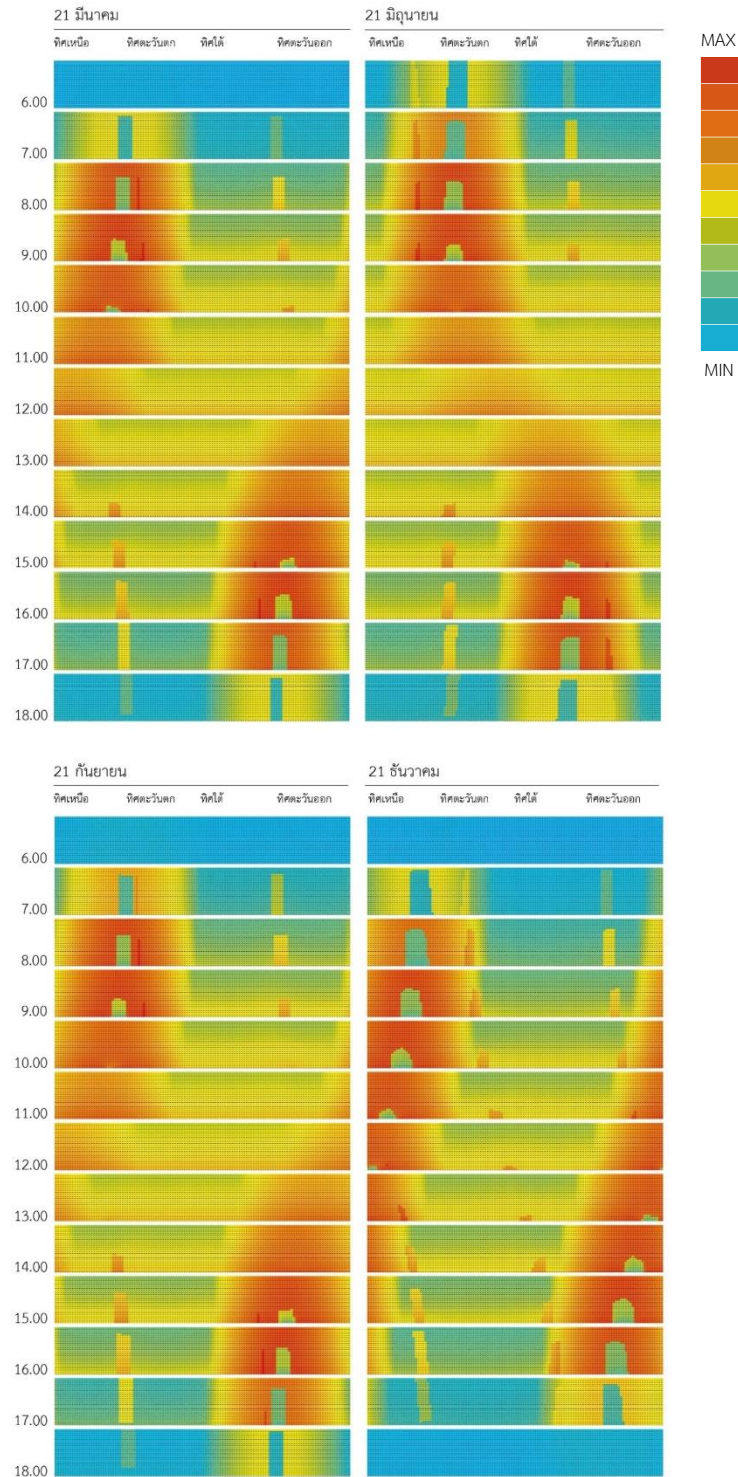
ภาพแสดงทิศทางของแสงที่สะท้อนจากเปลือกอาคารกรณีศึกษารูปทรงที่ 2: รูปทรงสี่เหลี่ยมจัตุรัสเปลือกอาคารลาดเอียงเข้าหาอาคารในแนวตั้ง (หันด้านที่ลาดเอียงทางทิศตะวันออก) ที่กระทำต่อบริบทโดยรอบในแนวตั้งในรัศมี 100 เมตร



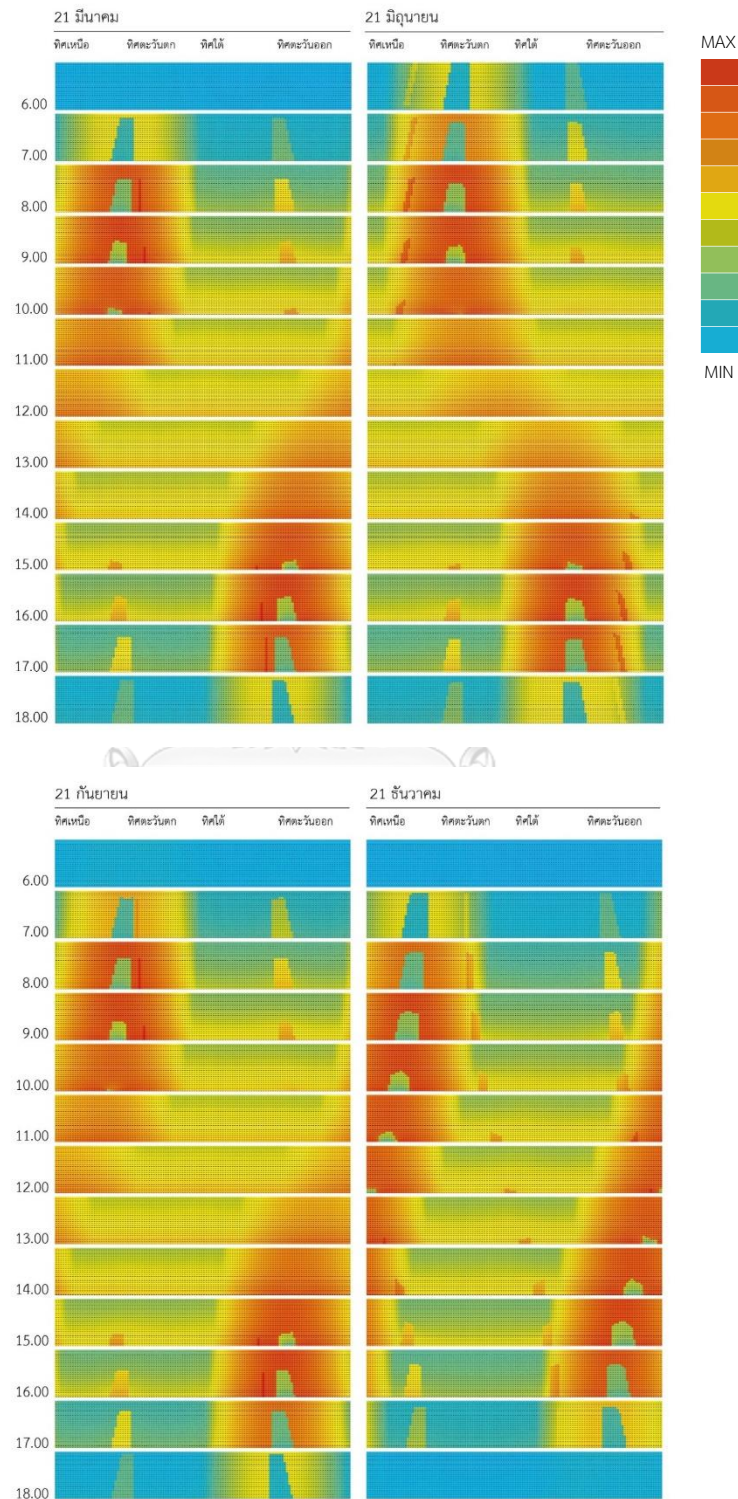
ภาพแสดงทิศทางของแสงที่สะท้อนจากเปลือกอาคารกรณีศึกษารูปทรงที่ 3: รูปทรงสี่เหลี่ยมจัตุรัสเปลือกอาคารลาดเอียงออกจากอาคารในแนวตั้ง (หน้าด้านที่ลาดเอียงทางทิศใต้) ที่กระทำต่อปริบทโดยรอบในแนวตั้งในรัศมี 100 เมตร



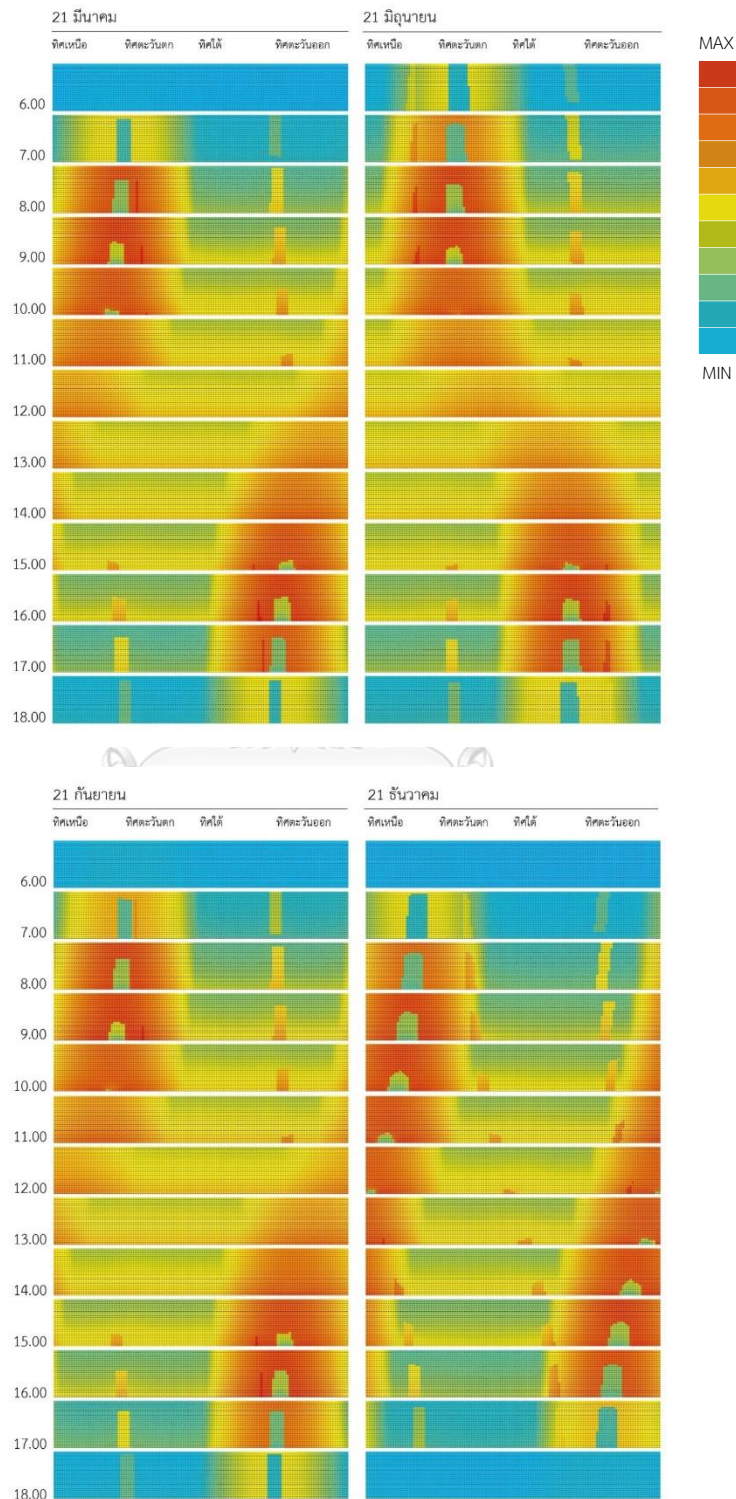
ภาพแสดงทิศทางของแสงที่สะท้อนจากเปลือกอาคารกรณีศึกษารูปทรงที่ 3: รูปทรงสี่เหลี่ยมจัตุรัสเปลือกอาคารลาดเอียงออกจากอาคารในแนวตั้ง (หันด้านที่ลาดเอียงทางทิศตะวันตก) ที่กระทำต่อบริบทโดยรอบในแนวตั้งในรัศมี 100 เมตร



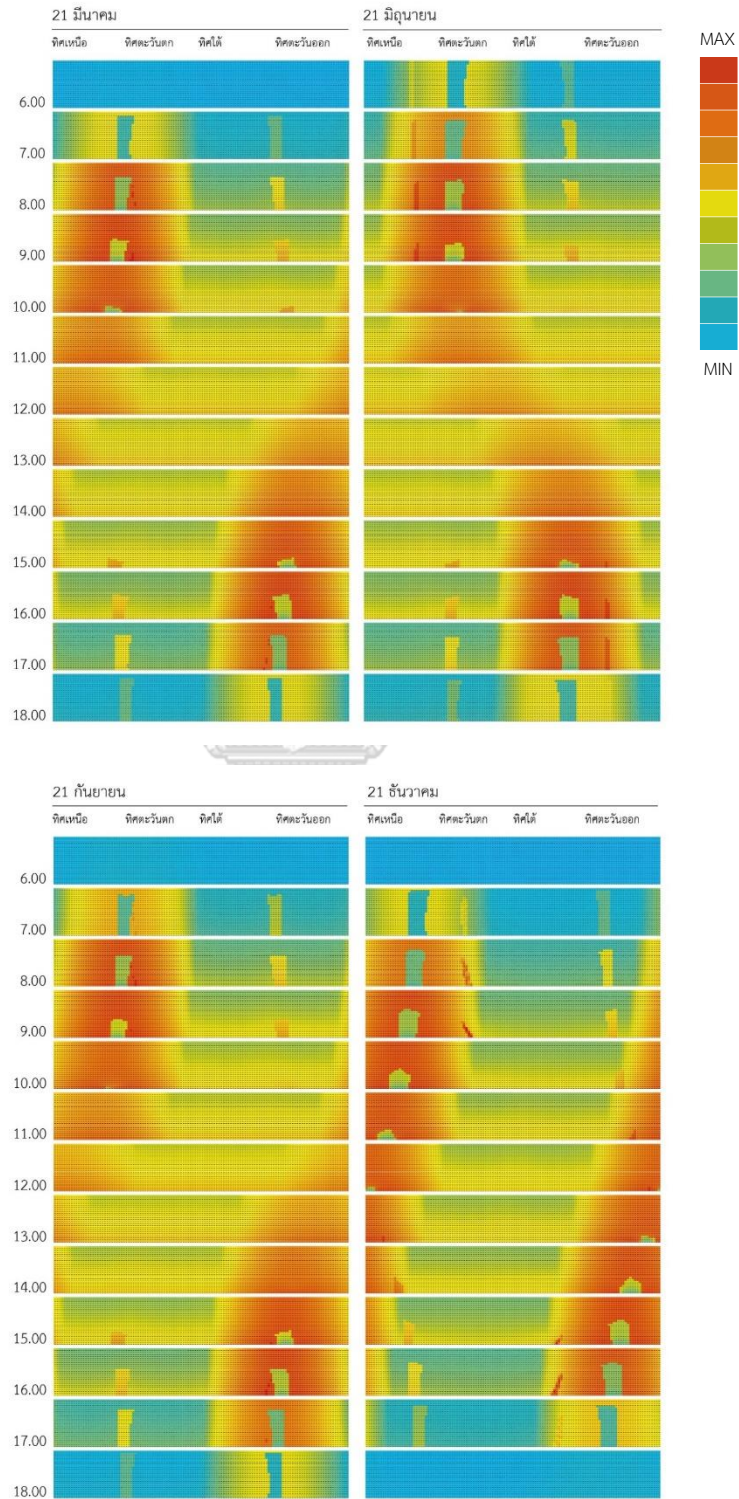
ภาพแสดงทิศทางของแสงที่สะท้อนจากเปลือกอาคารกรณีศึกษารูปทรงที่ 3: รูปทรงสี่เหลี่ยมจัตุรัสเปลือกอาคารลาดเอียงออกจากอาคารในแนวตั้ง (หันด้านที่ลาดเอียงทางทิศเหนือ) ที่กระทำต่อบริบทโดยรอบในแนวตั้งในรัศมี 100 เมตร



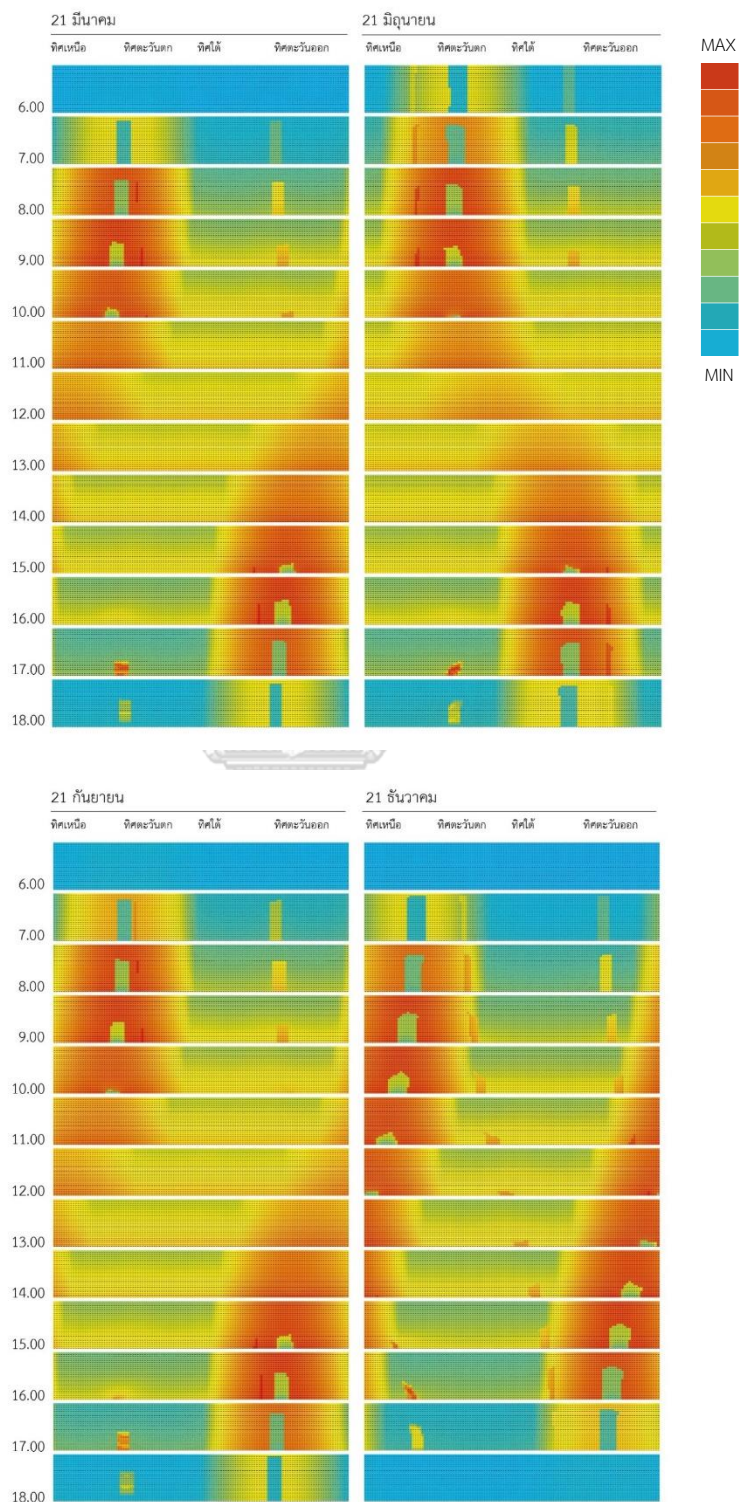
ภาพแสดงทิศทางของแสงที่สะท้อนจากเปลือกอาคารกรณีศึกษารูปทรงที่ 3: รูปทรงสี่เหลี่ยมจัตุรัสเปลือกอาคารลาดเอียงออกจากอาคารในแนวตั้ง (หันด้านที่ลาดเอียงทางทิศตะวันออก) ที่กระทำต่อบริบทโดยรอบในแนวตั้งในรัศมี 100 เมตร



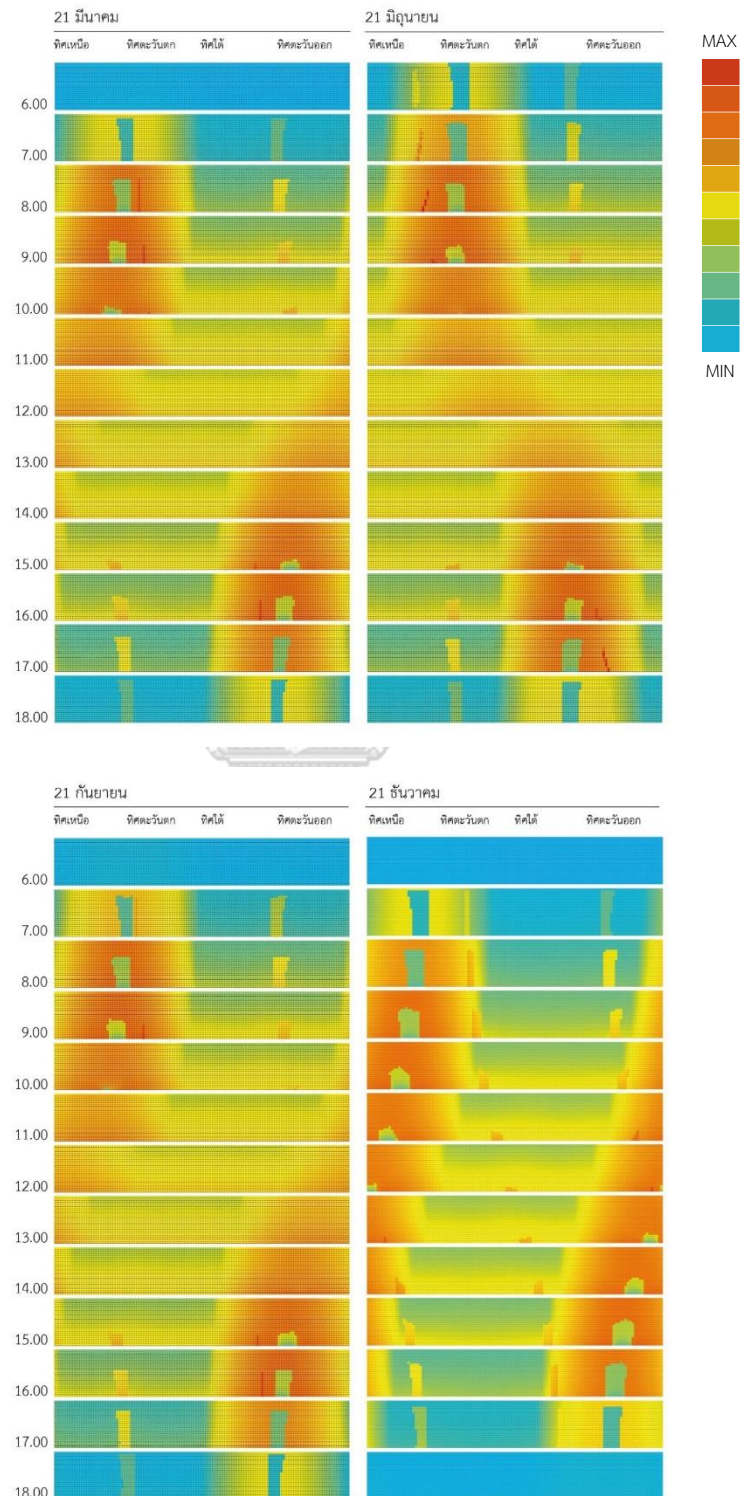
ภาพแสดงทิศทางของแสงที่สะท้อนจากเปลือกอาคารกรณีศึกษารูปทรงที่ 4: รูปทรงโค้งเว้า (หันด้านที่โค้งเว้าทางทิศใต้) ที่กระทำต่อบริบทโดยรอบในแนวตั้งในรัศมี 100 เมตร



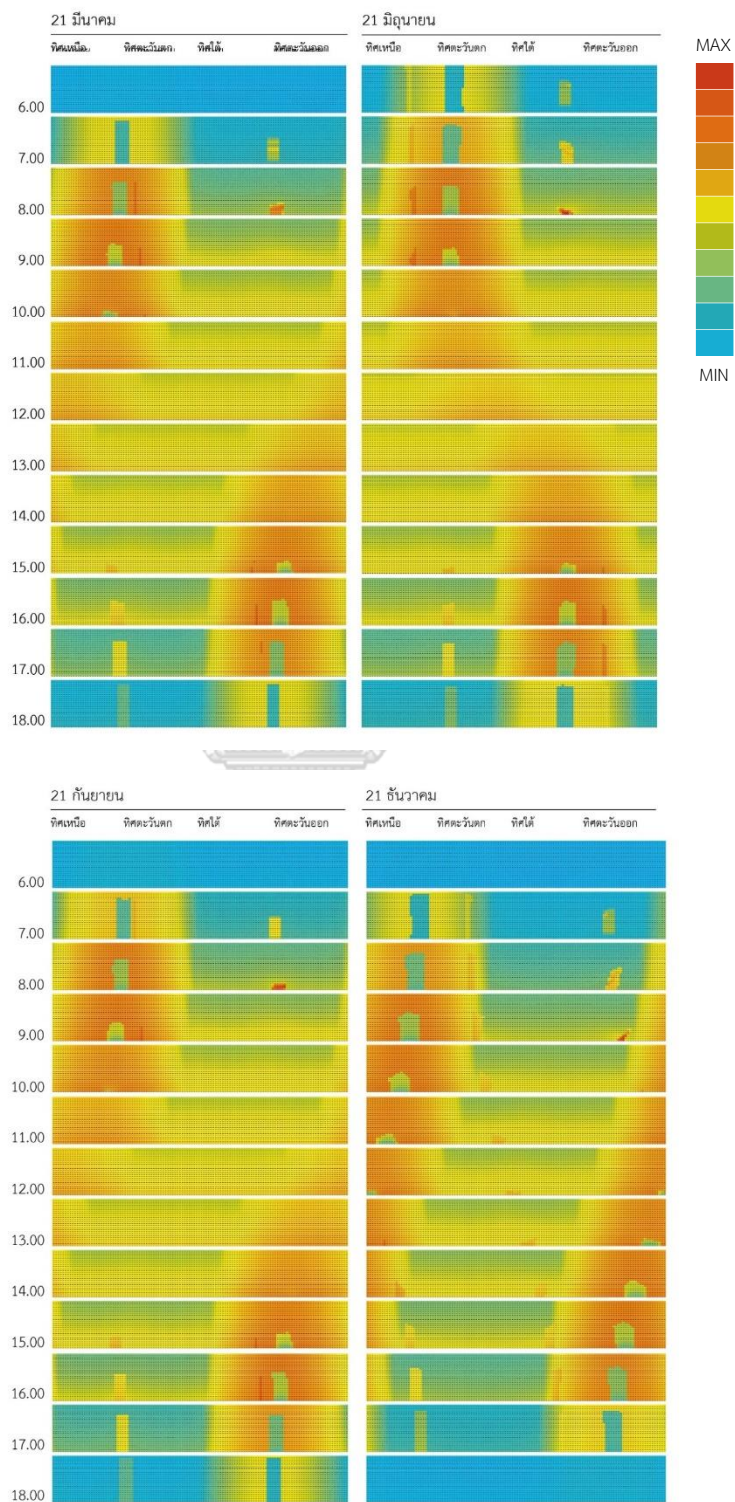
ภาพแสดงทิศทางของแสงที่สะท้อนจากเปลือกอาคารกรณีศึกษารูปทรงที่ 4: รูปทรงโค้งเว้า (หันด้านที่โค้งเว้าทางทิศตะวันตก) ที่กระทำต่อบริบทโดยรอบในแนวตั้งในรัศมี 100 เมตร



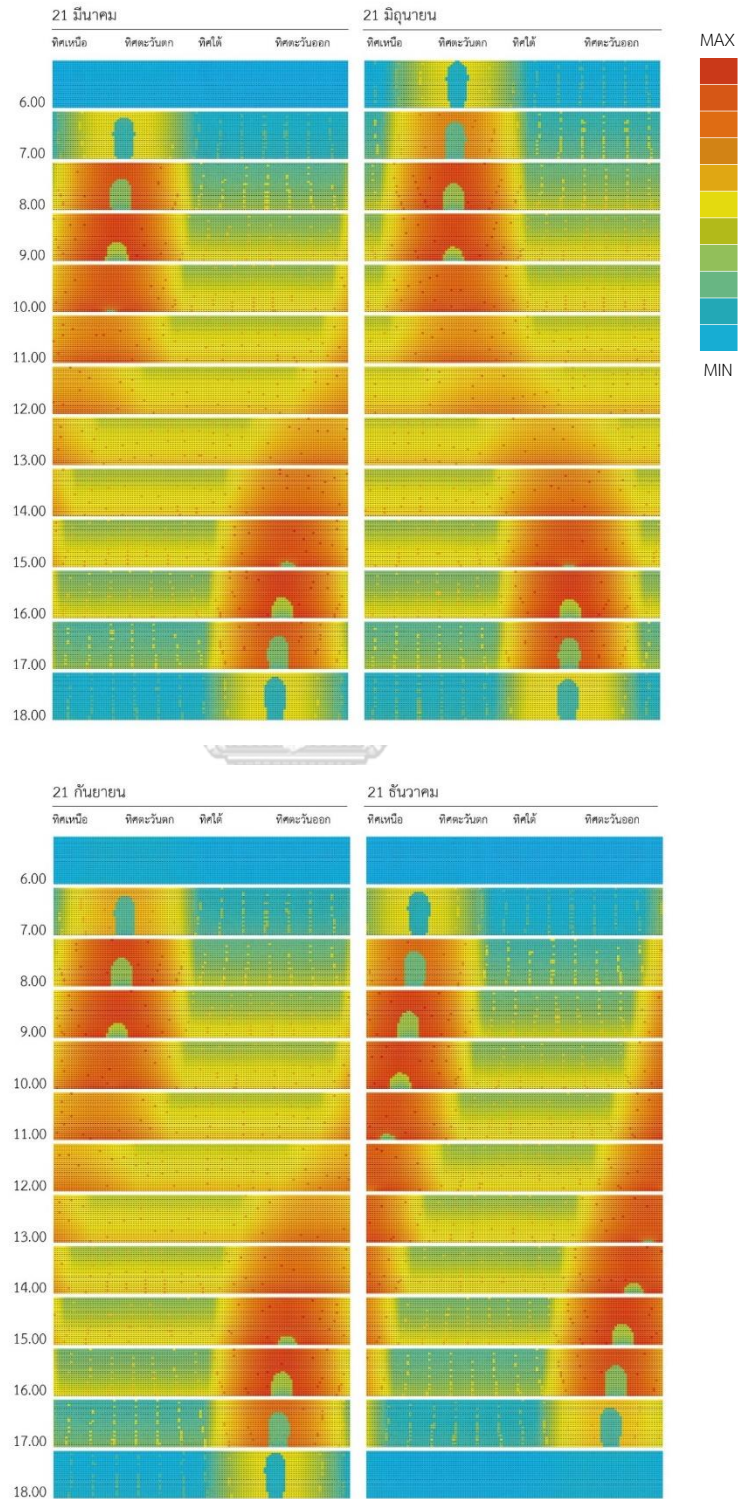
ภาพแสดงทิศทางของแสงที่สะท้อนจากเปลือกอาคารกรณีศึกษารูปทรงที่ 4: รูปทรงโค้งเว้า (หันด้านที่โค้งเว้าทางทิศเหนือ) ที่กระทำต่อบริบทโดยรอบในแนวตั้งไนร์ศมี 100 เมตร



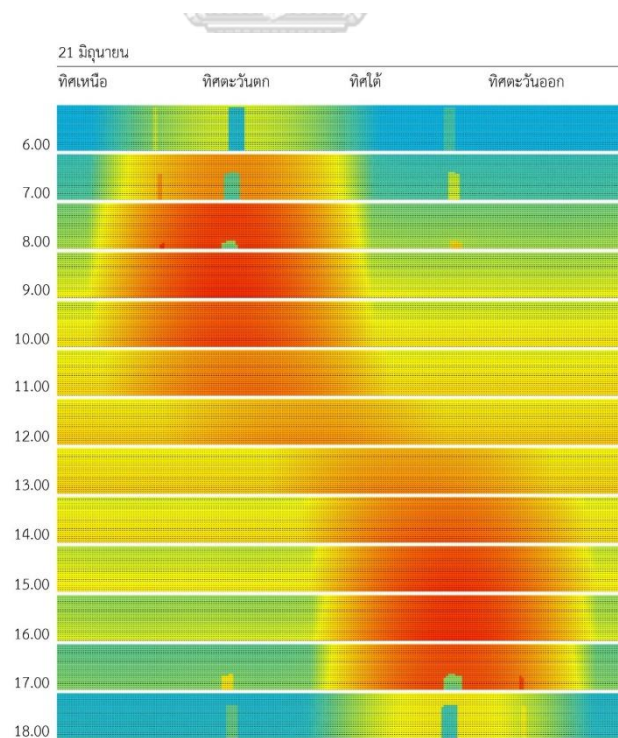
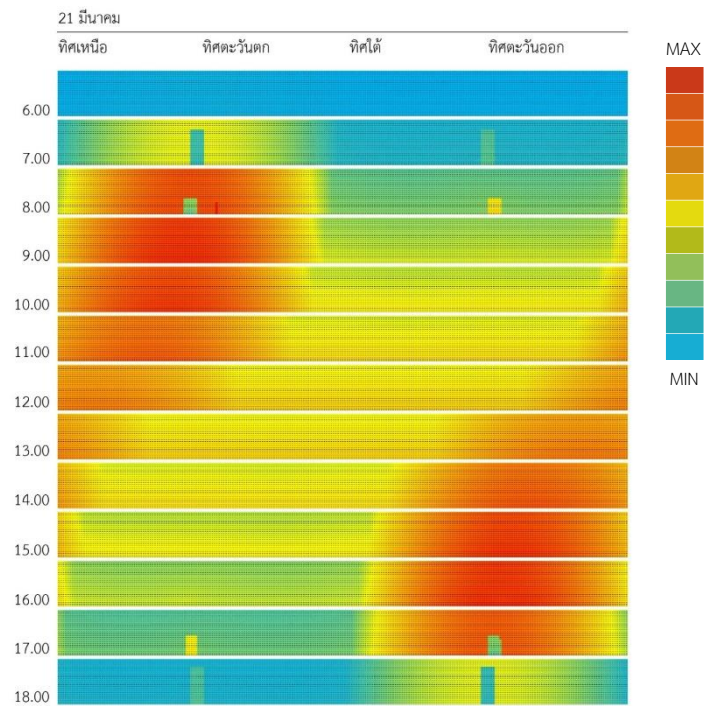
ภาพแสดงทิศทางของแสงที่สะท้อนจากเปลือกอาคารกรณีศึกษารูปทรงที่ 4: รูปทรงโค้งเว้า (หันด้านที่โค้งเว้าทางทิศตะวันออก) ที่กระทำต่อปริบทโดยรอบในแนวตั้งในรัศมี 100 เมตร



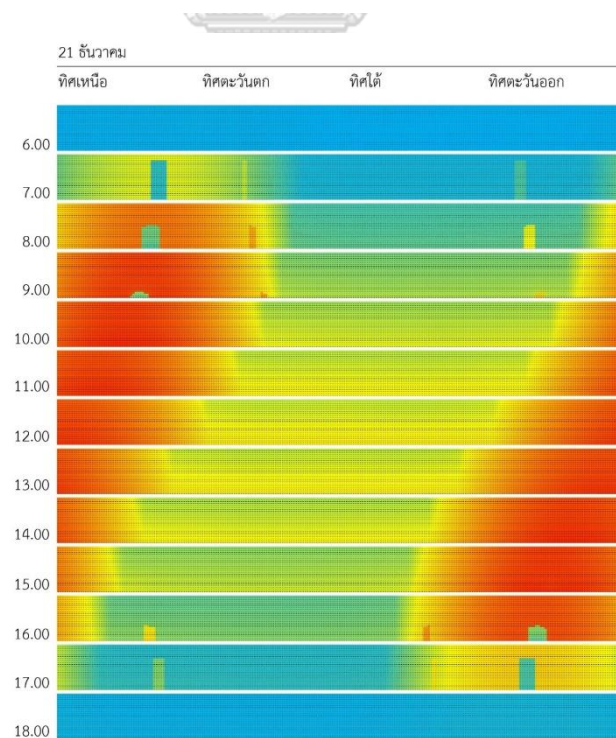
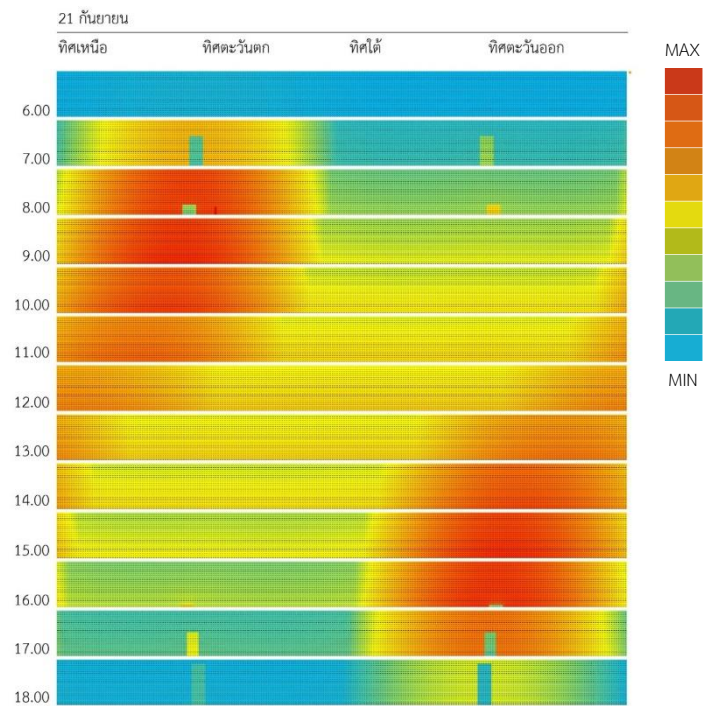
ภาพแสดงทิศทางของแสงที่สะท้อนจากเปลือกอาคารกรณีศึกษารูปทรงที่ 5: รูปทรงแตงกวา ที่กระทำต่อปริบทโดยรอบในแนวตั้งในรัศมี 100 เมตร



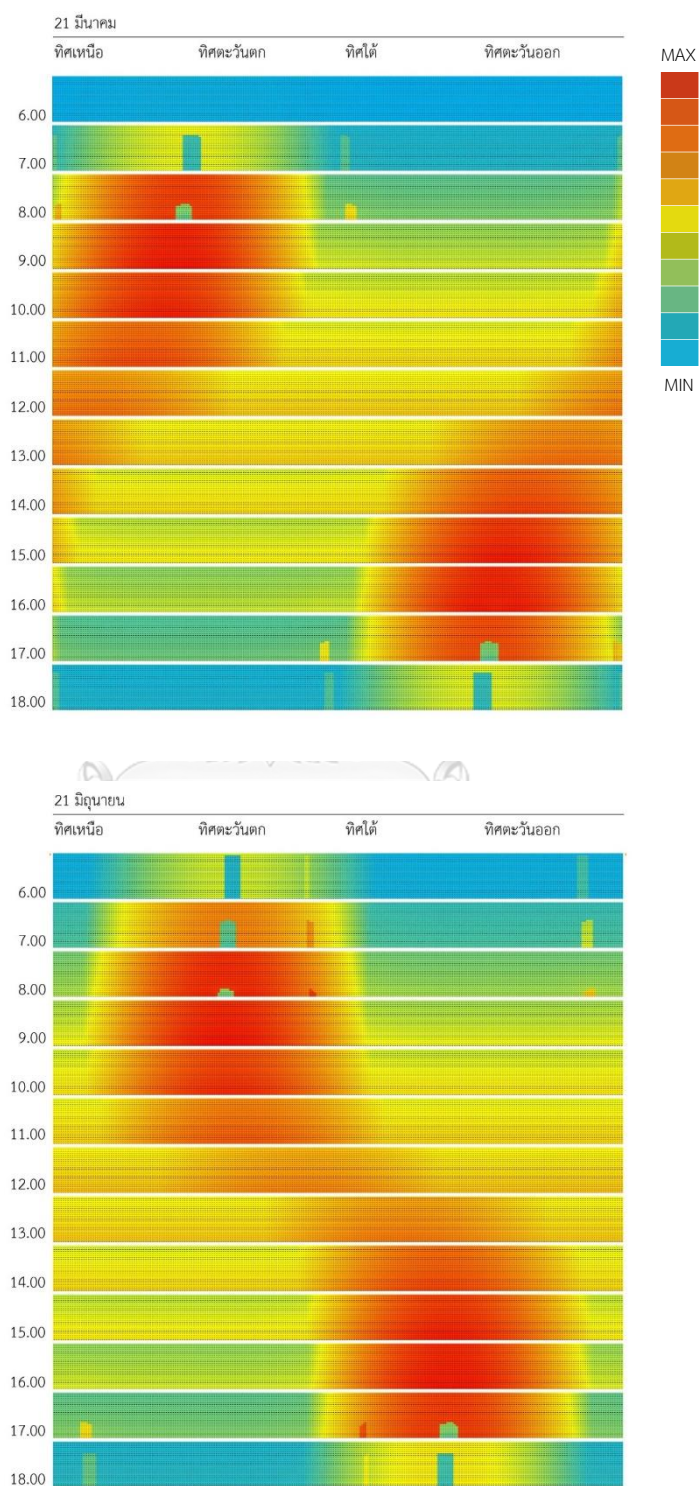
ภาพแสดงทิศทางของแสงที่สะท้อนจากเปลือกอาคารกรณีศึกษารูปทรงที่ 1: รูปทรงสี่เหลี่ยมจัตุรัสเปลือกอาคารเรียบตรง ที่กระทำต่อบริบทโดยรอบในแนวตั้งในรัศมี 200 เมตร



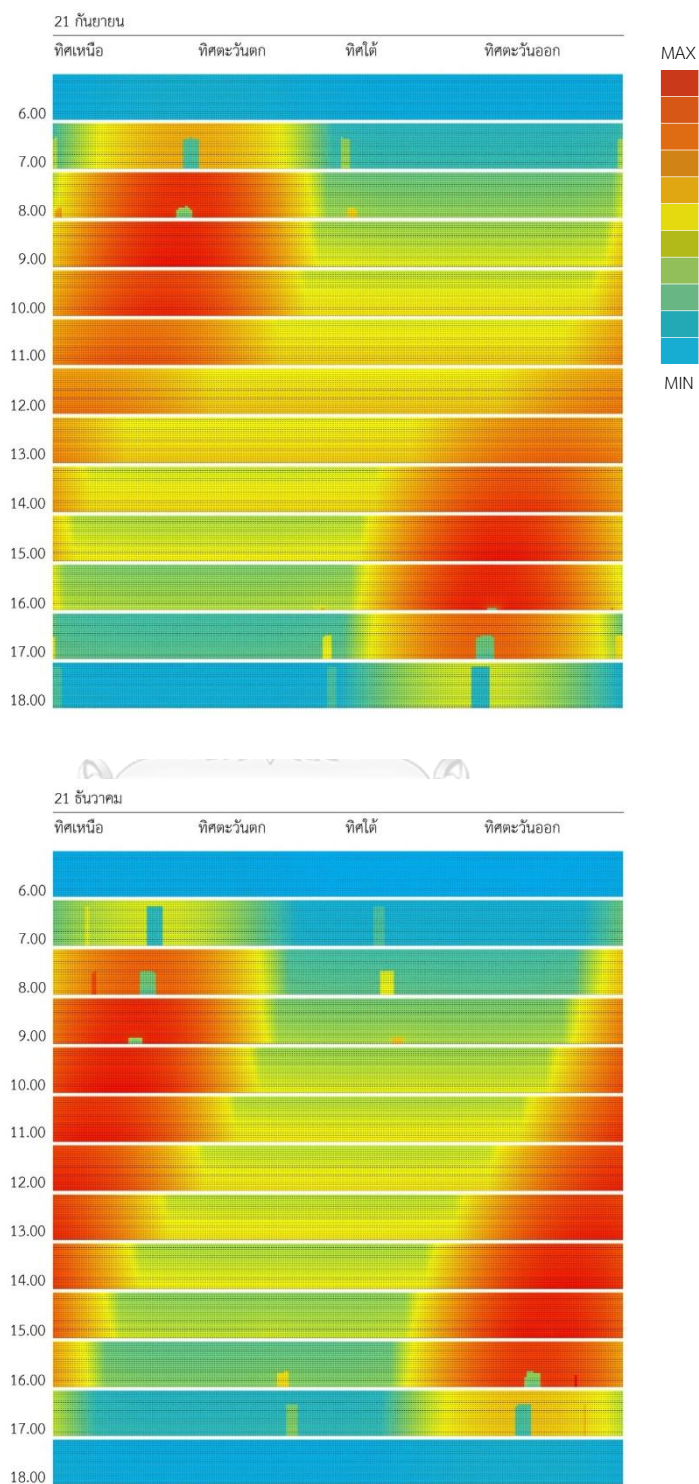
ภาพแสดงทิศทางของแสงที่สะท้อนจากเปลือกอาคารกรณีศึกษารูปทรงที่ 1: รูปทรงสี่เหลี่ยมจัตุรัสเปลือกอาคารเรียบตรง ที่กระทำต่อบริบทโดยรอบในแนวตั้งในรัศมี 200 เมตร



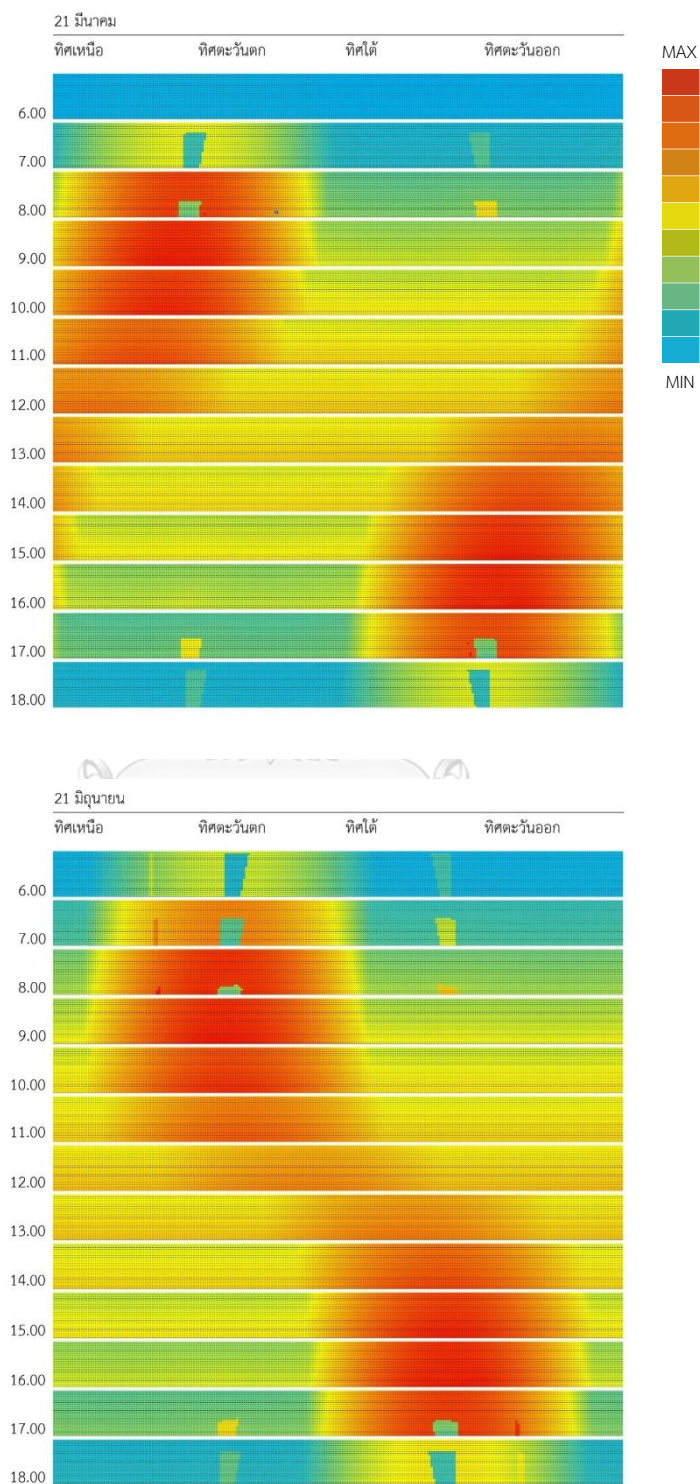
ภาพแสดงทิศทางของแสงที่สะท้อนจากเปลือกอาคารกรณีศึกษารูปทรงที่ 1: รูปทรงสี่เหลี่ยมจัตุรัสเปลือกอาคารเรียบตรง วางทิศทางอาคารเอียง 45 องศา ที่กระทำต่อบริบทโดยรอบในแนวตั้งในรัศมี 200 เมตร



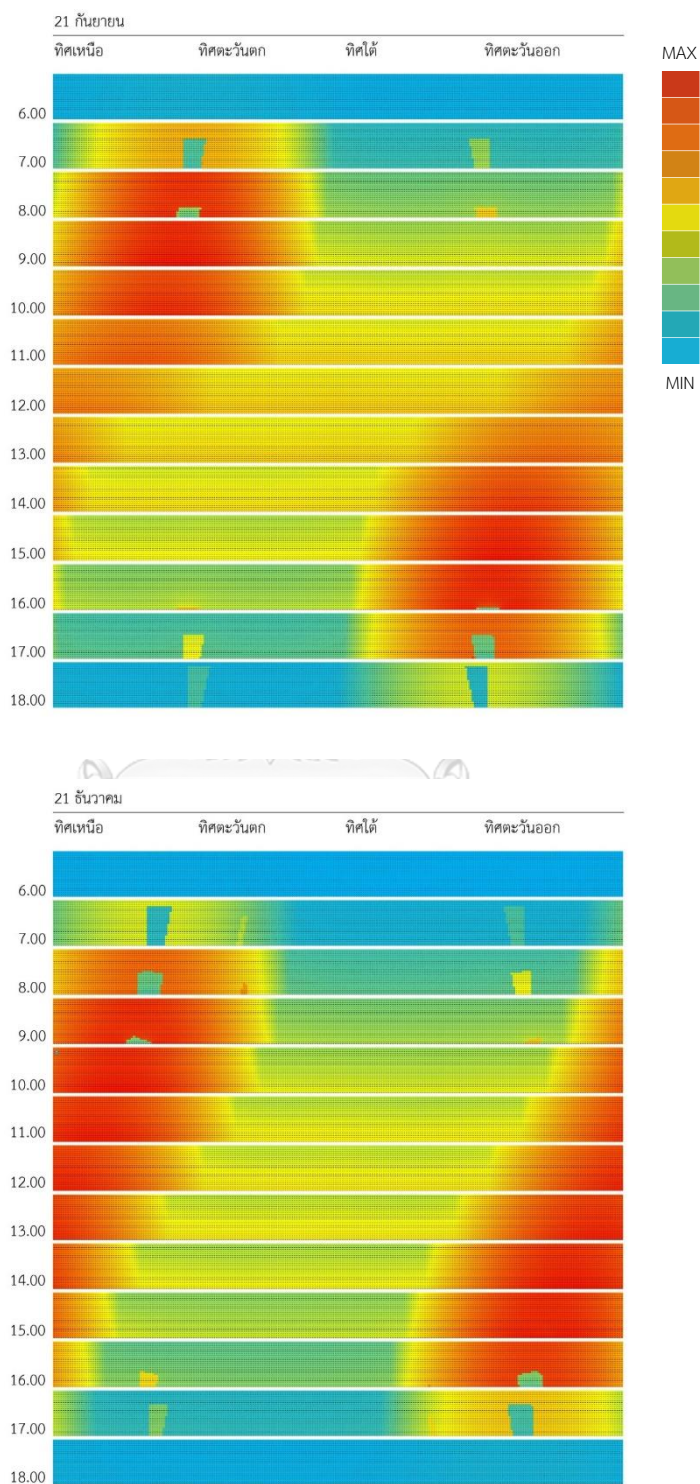
ภาพแสดงทิศทางของแสงที่สะท้อนจากเปลือกอาคารกรณีศึกษารูปทรงที่ 1: รูปทรงสี่เหลี่ยมจัตุรัสเปลือกอาคารเรียบตรง วางทิศทางอาคารเอียง 45 องศา ที่กระทำต่อบริบทโดยรอบในแนวตั้งในรัศมี 200 เมตร



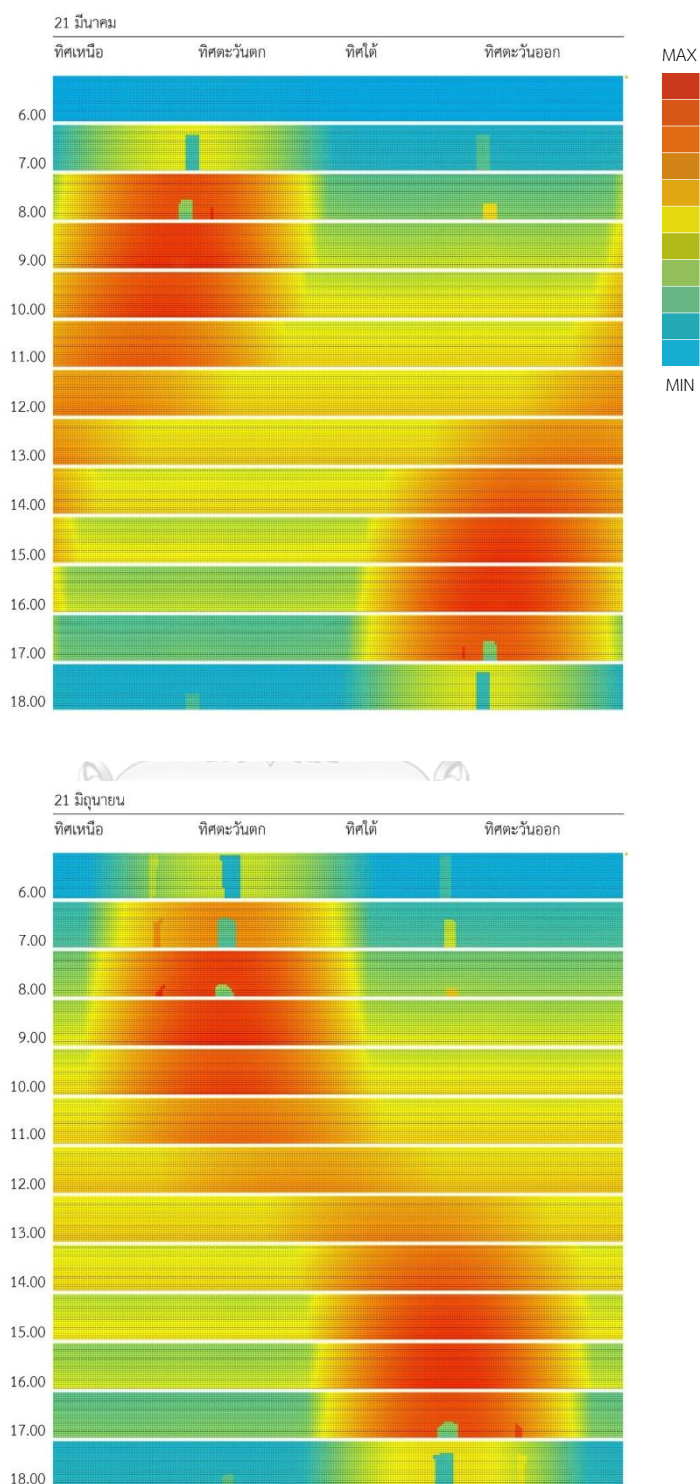
ภาพแสดงทิศทางของแสงที่สะท้อนจากเปลือกอาคารกรณีศึกษารูปทรงที่ 2: รูปทรงสี่เหลี่ยมจัตุรัสเปลือกอาคารลาดเอียงเข้าหาอาคารในแนวตั้ง (หันด้านที่ลาดเอียงทางทิศใต้) ที่กระทำต่อปริบทโดยรอบในแนวตั้งในรัศมี 200 เมตร



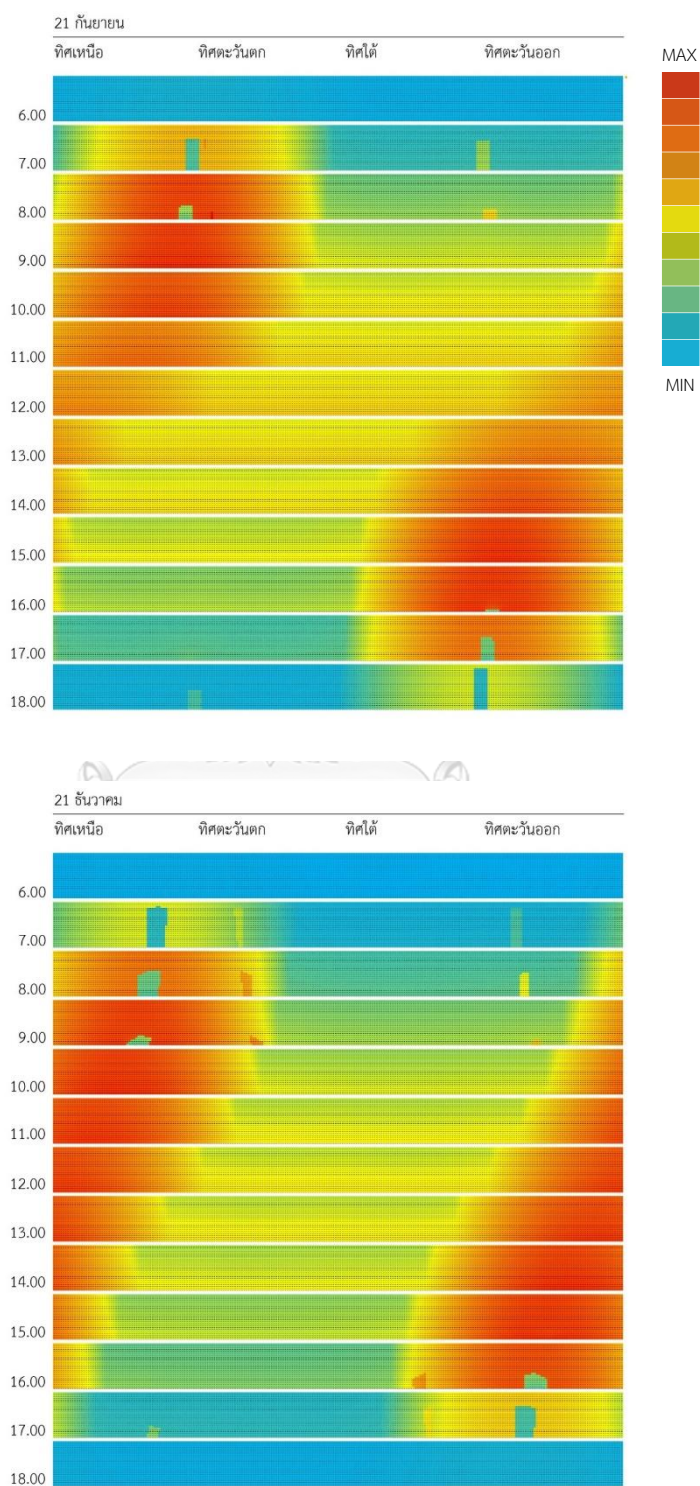
ภาพแสดงทิศทางของแสงที่สะท้อนจากเปลือกอาคารกรณีศึกษารูปทรงที่ 2: รูปทรงสี่เหลี่ยมจัตุรัสเปลือกอาคารลาดเอียงเข้าหาอาคารในแนวตั้ง (หันด้านที่ลาดเอียงทางทิศใต้) ที่กระทำต่อปริบทโดยรอบในแนวตั้งในรัศมี 200 เมตร



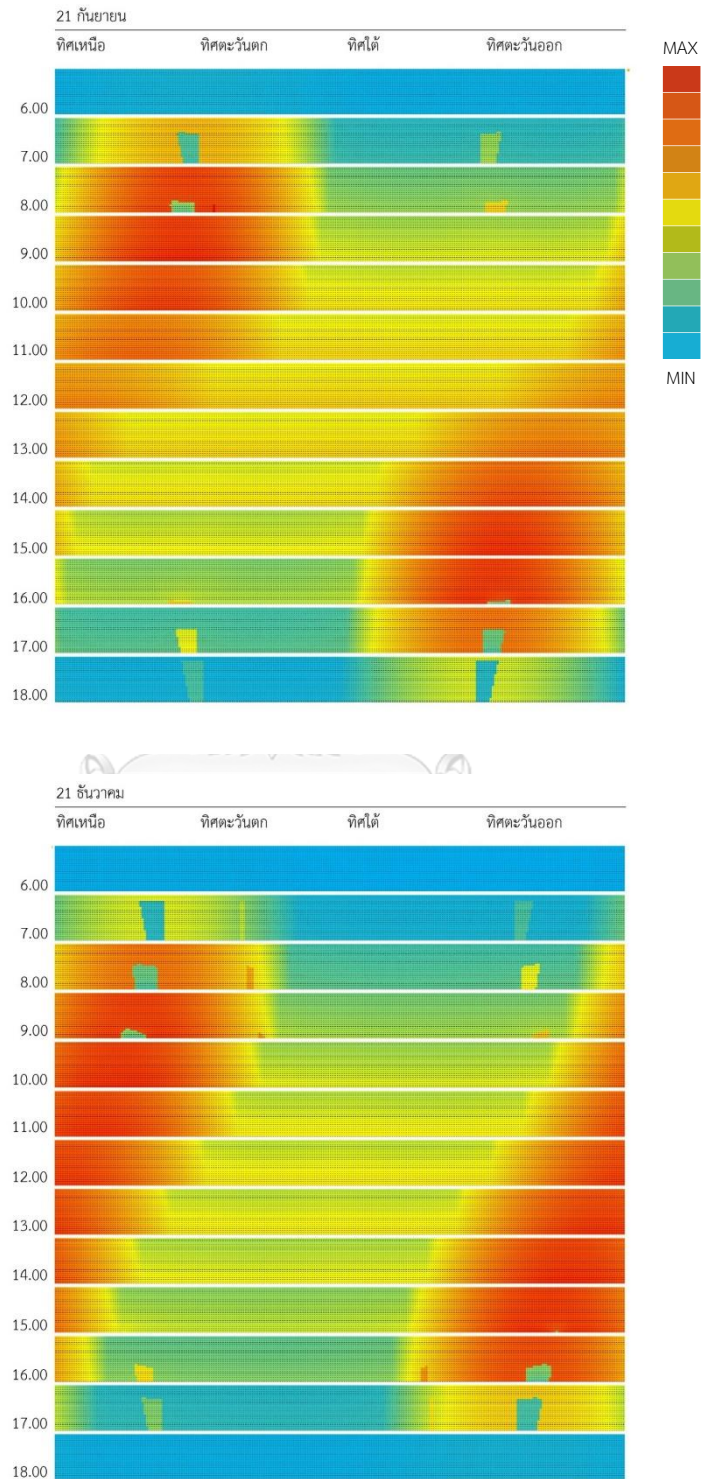
ภาพแสดงทิศทางของแสงที่สะท้อนจากเปลือกอาคารกรณีศึกษารูปทรงที่ 2: รูปทรงสี่เหลี่ยมจัตุรัสเปลือกอาคารลาดเอียงเข้าหาอาคารในแนวตั้ง (หันด้านที่ลาดเอียงทางทิศตะวันตก) ที่กระทำต่อบริบทโดยรอบในแนวตั้งในรัศมี 200 เมตร



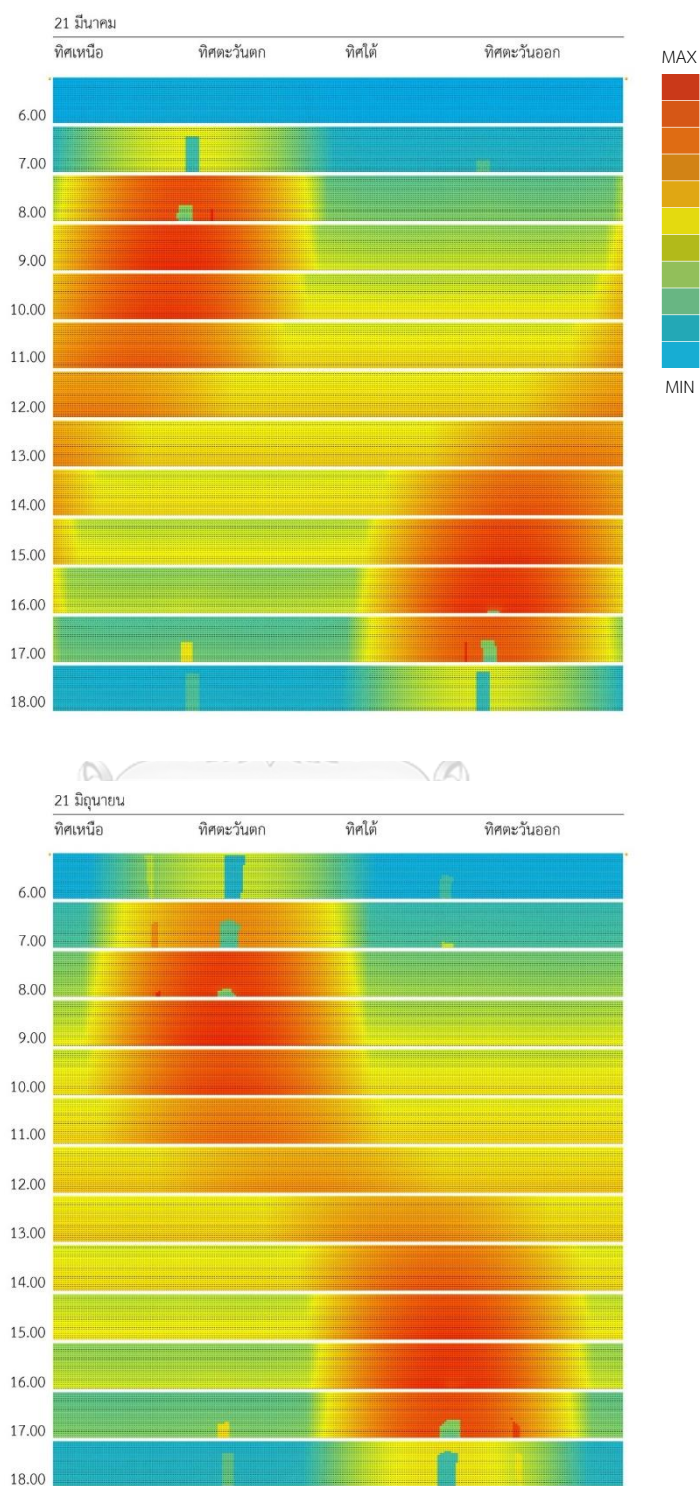
ภาพแสดงทิศทางของแสงที่สะท้อนจากเปลือกอาคารกรณีศึกษารูปทรงที่ 2: รูปทรงสี่เหลี่ยมจัตุรัสเปลือกอาคารลาดเอียงเข้าหาอาคารในแนวตั้ง (หันด้านที่ลาดเอียงทางทิศตะวันตก) ที่กระทำต่อบริบทโดยรอบในแนวตั้งในรัศมี 200 เมตร



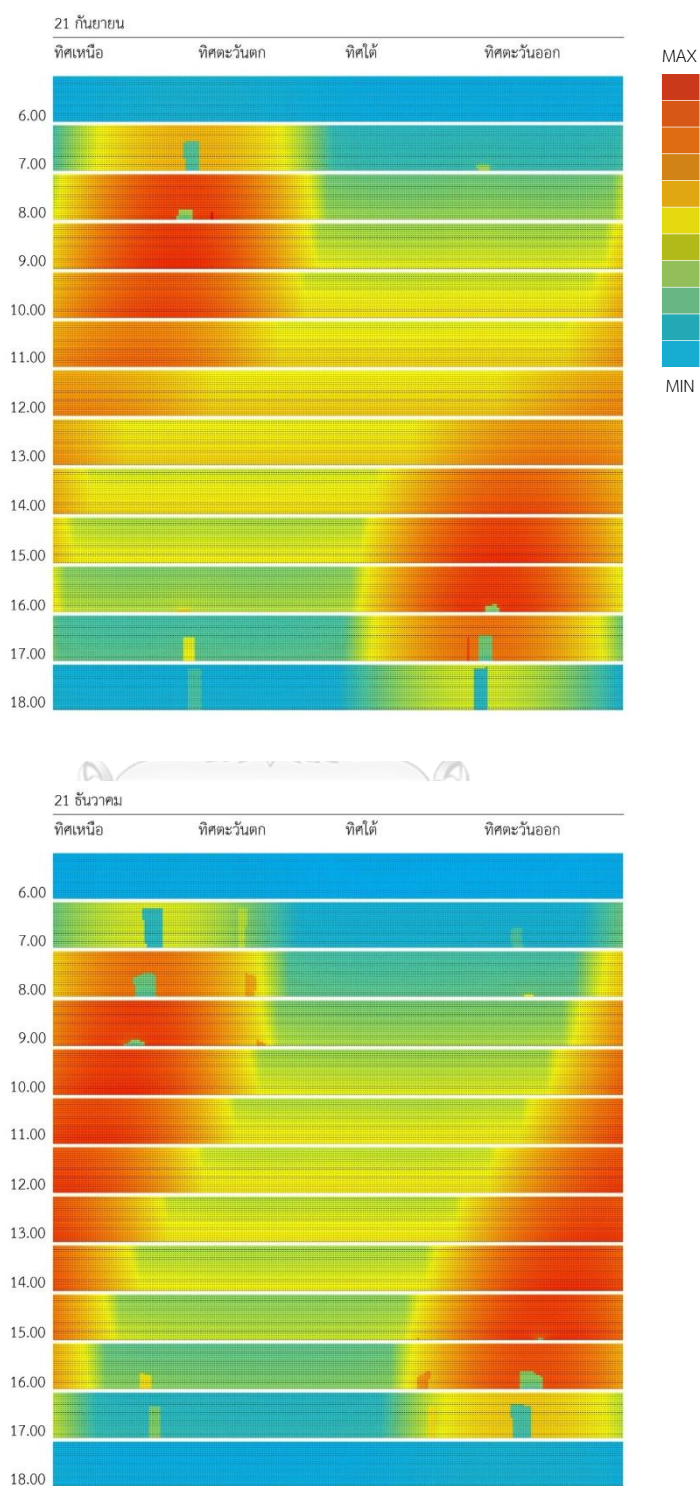
ภาพแสดงทิศทางของแสงที่สะท้อนจากเปลือกอาคารกรณีศึกษารูปทรงที่ 2: รูปทรงสี่เหลี่ยมจัตุรัสเปลือกอาคารลาดเอียงเข้าหาอาคารในแนวตั้ง (หน้าด้านที่ลาดเอียงทางทิศเหนือ) ที่กระทำต่อปริบทโดยรอบในแนวตั้งในรัศมี 200 เมตร



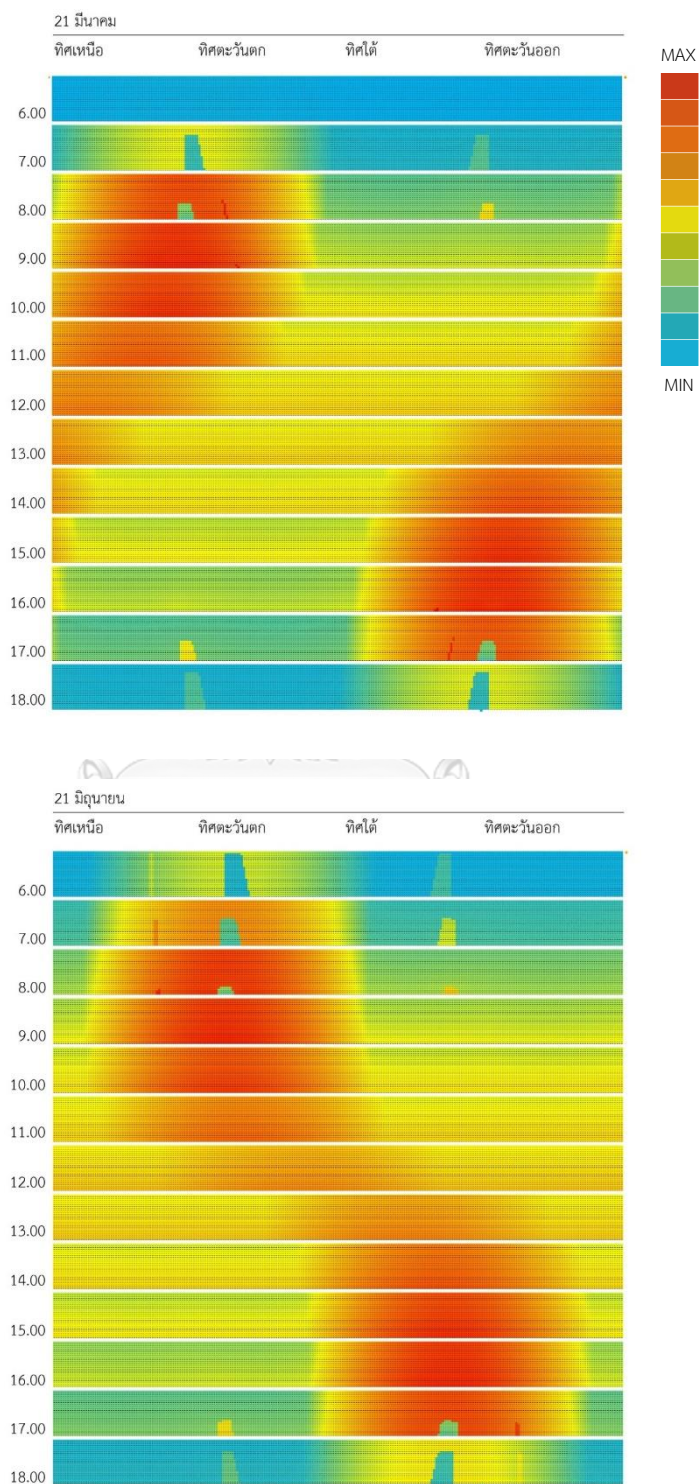
ภาพแสดงทิศทางของแสงที่สะท้อนจากเปลือกอาคารกรณีศึกษารูปทรงที่ 2: รูปทรงสี่เหลี่ยมจัตุรัสเปลือกอาคารลาดเอียงเข้าหาอาคารในแนวตั้ง (หันด้านที่ลาดเอียงทางทิศตะวันออก) ที่กระทำต่อบริบทโดยรอบในแนวตั้งในรัศมี 200 เมตร



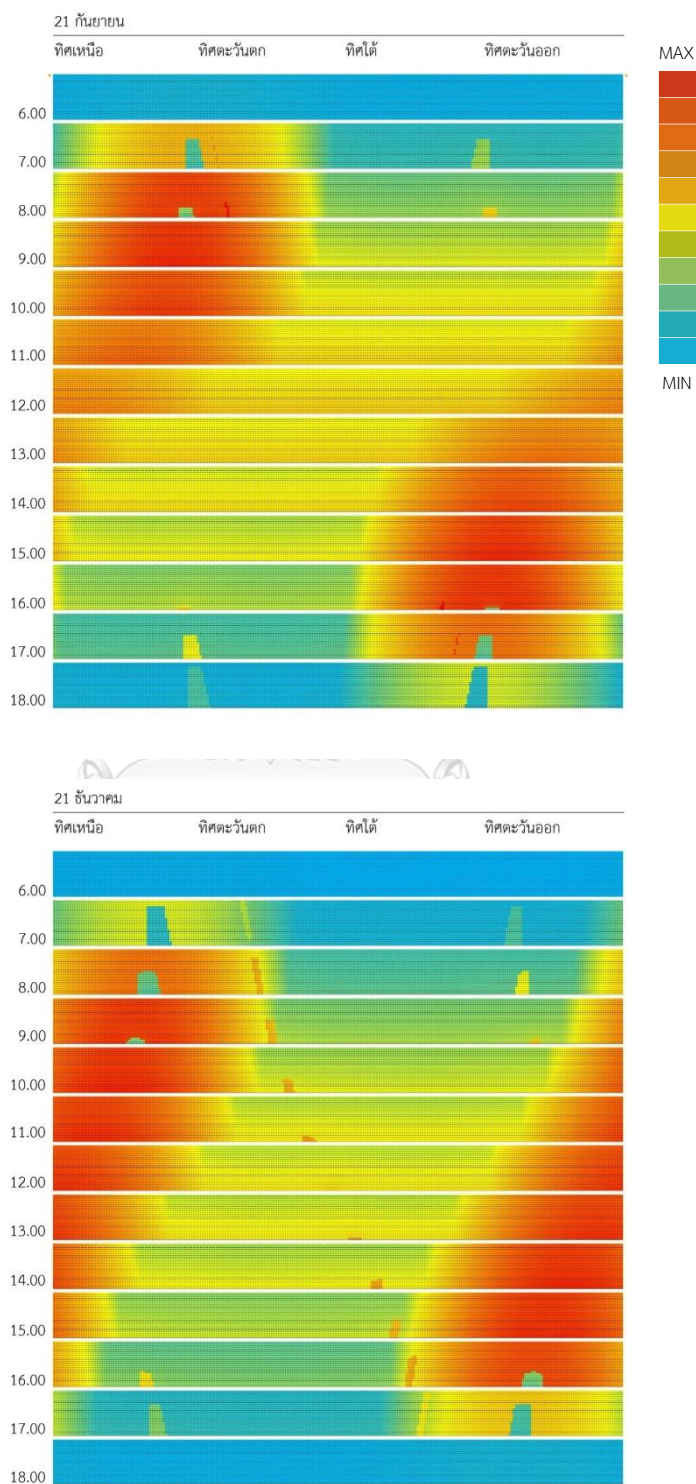
ภาพแสดงทิศทางของแสงที่สะท้อนจากเปลือกอาคารกรณีศึกษารูปทรงที่ 2: รูปทรงสี่เหลี่ยมจัตุรัสเปลือกอาคารลาดเอียงเข้าหาอาคารในแนวตั้ง (หันด้านที่ลาดเอียงทางทิศตะวันออก) ที่กระทำต่อบริบทโดยรอบในแนวตั้งในรัศมี 200 เมตร



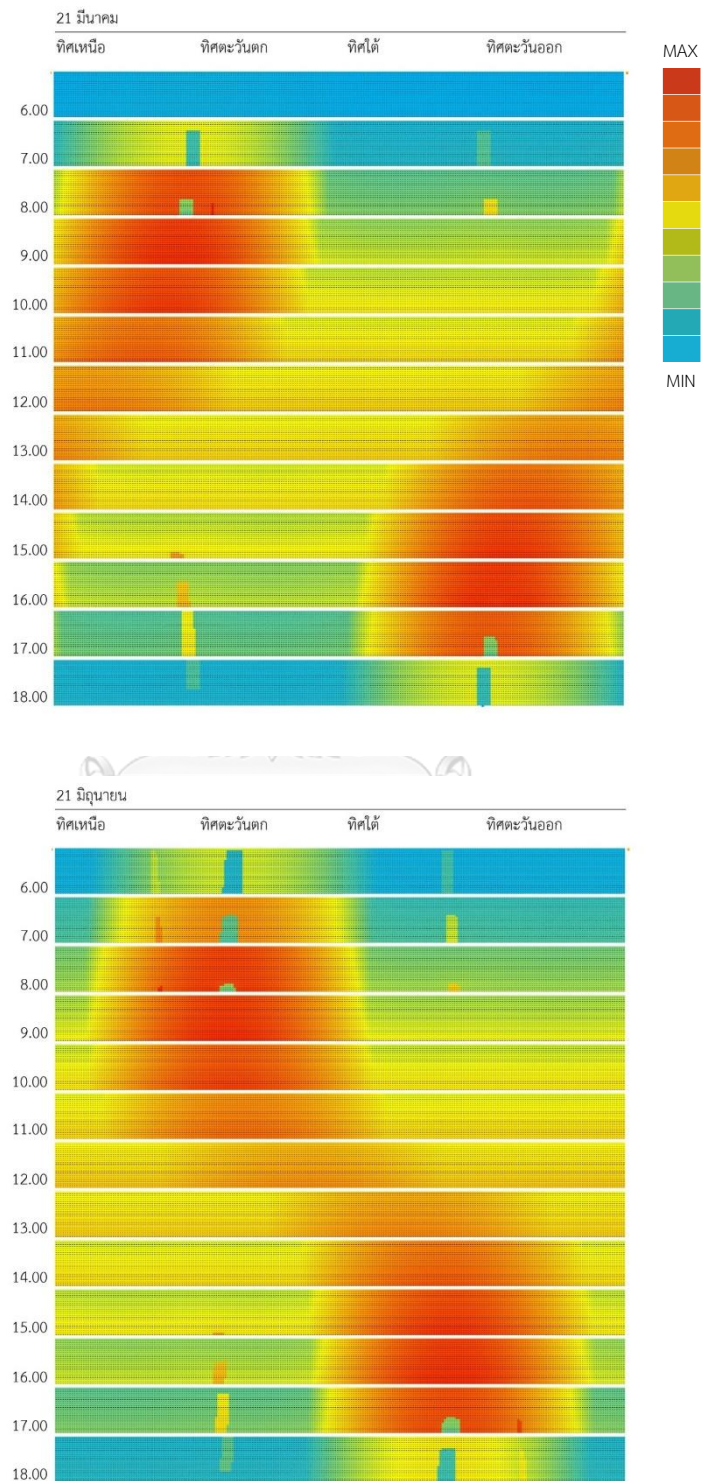
ภาพแสดงทิศทางของแสงที่สะท้อนจากเปลือกอาคารกรณีศึกษารูปทรงที่ 3: รูปทรงสี่เหลี่ยมจัตุรัส เปลือกอาคารลาดเอียงออกจากอาคารในแนวตั้ง (หน้าด้านที่ลาดเอียงทางทิศใต้) ที่กระทำต่อปริบท โดยรอบในแนวตั้งในรัศมี 200 เมตร



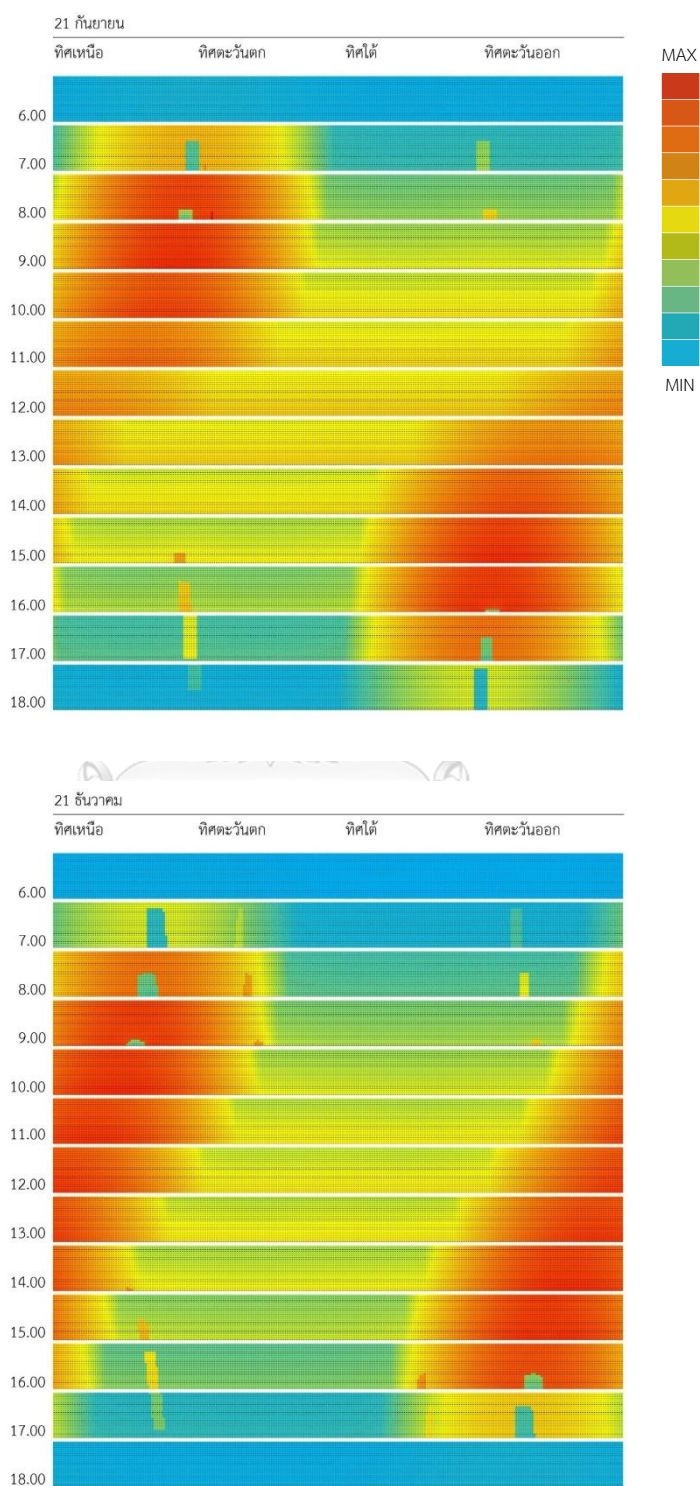
ภาพแสดงทิศทางของแสงที่สะท้อนจากเปลือกอาคารกรณีศึกษารูปทรงที่ 3: รูปทรงสี่เหลี่ยมจัตุรัสเปลือกอาคารลาดเอียงออกจากอาคารในแนวตั้ง (หน้าด้านที่ลาดเอียงทางทิศใต้) ที่กระทำต่อบริบทโดยรอบในแนวตั้งในรัศมี 200 เมตร



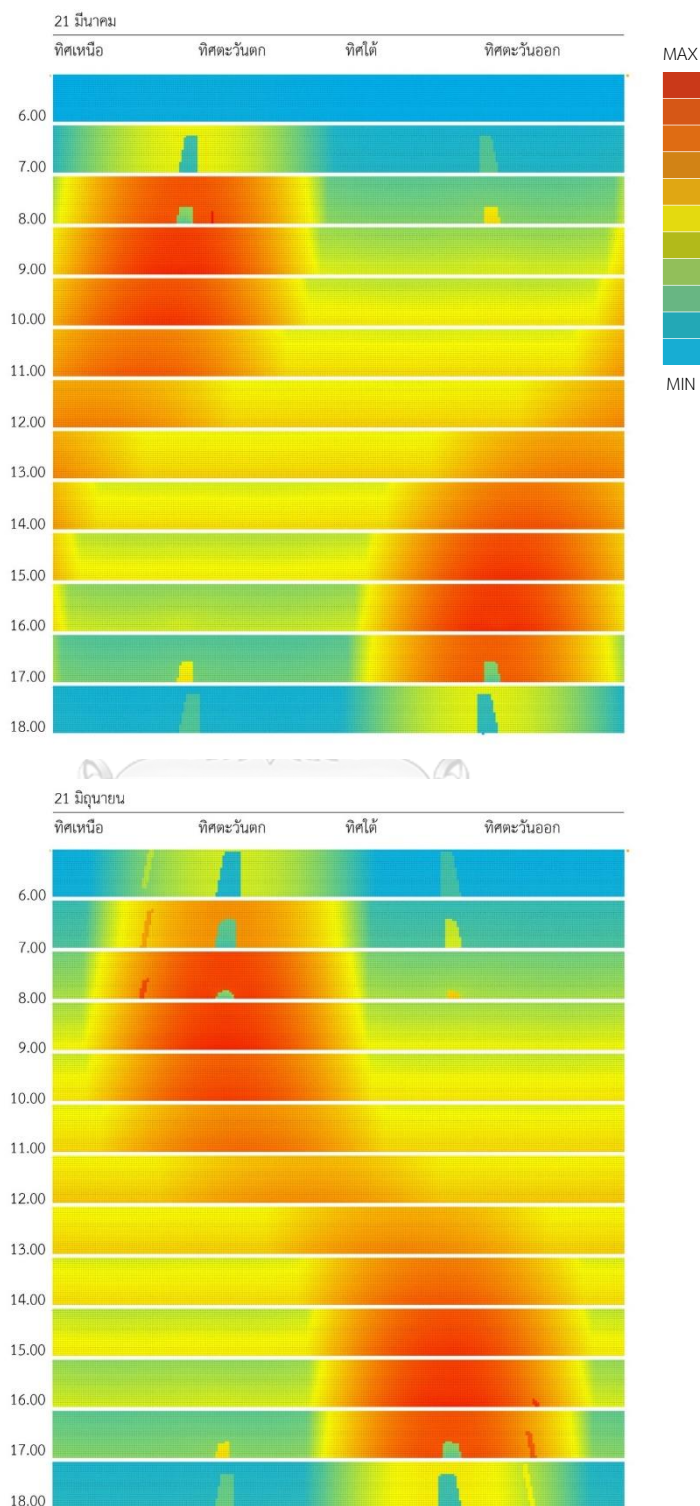
ภาพแสดงทิศทางของแสงที่สะท้อนจากเปลือกอาคารกรณีศึกษารูปทรงที่ 3: รูปทรงสี่เหลี่ยมจัตุรัสเปลือกอาคารลาดเอียงออกจากอาคารในแนวตั้ง (หันด้านที่ลาดเอียงทางทิศตะวันตก) ที่กระทำต่อบริบทโดยรอบในแนวตั้งในรัศมี 200 เมตร



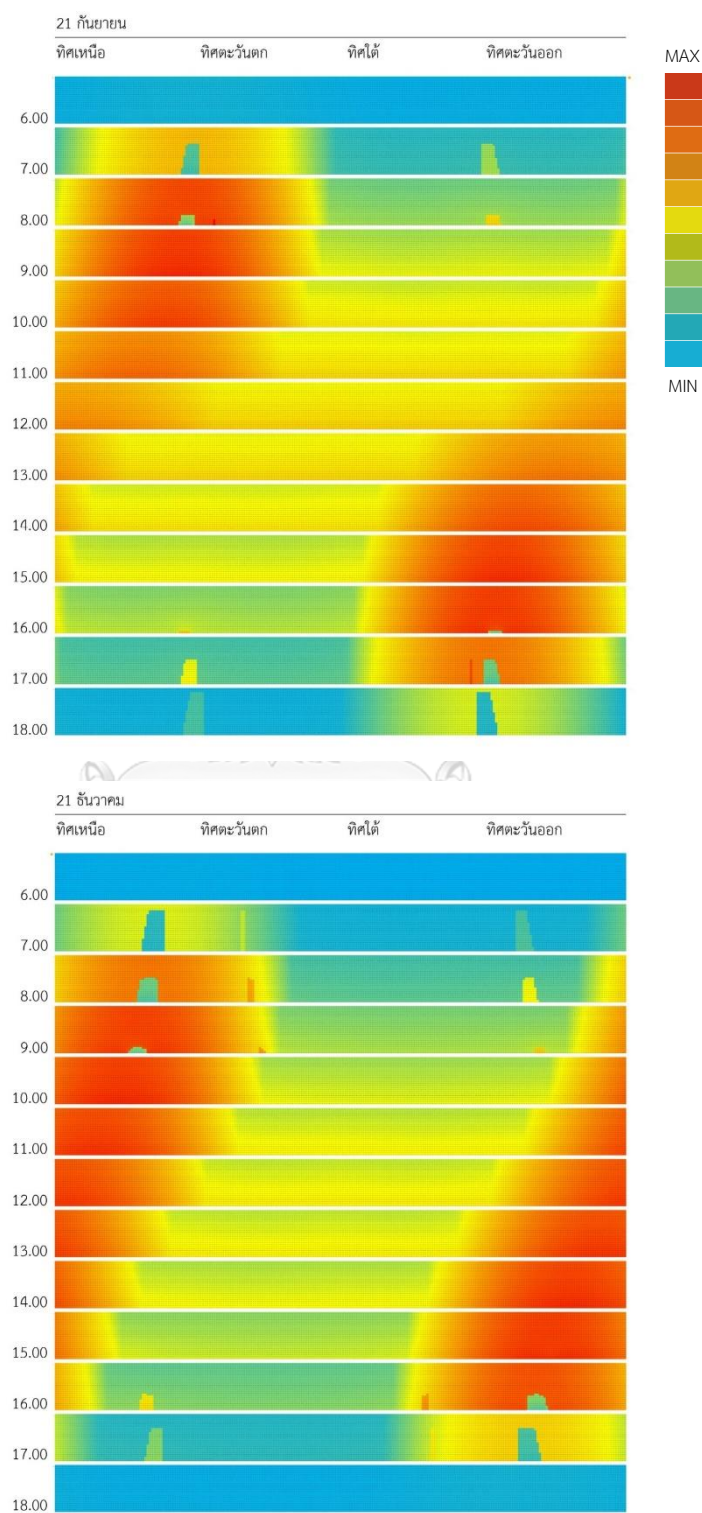
ภาพแสดงทิศทางของแสงที่สะท้อนจากเปลือกอาคารกรณีศึกษารูปทรงที่ 3: รูปทรงสี่เหลี่ยมจัตุรัสเปลือกอาคารลาดเอียงออกจากอาคารในแนวตั้ง (หันด้านที่ลาดเอียงทางทิศตะวันตก) ที่กระทำต่อบริบทโดยรอบในแนวตั้งในรัศมี 200 เมตร



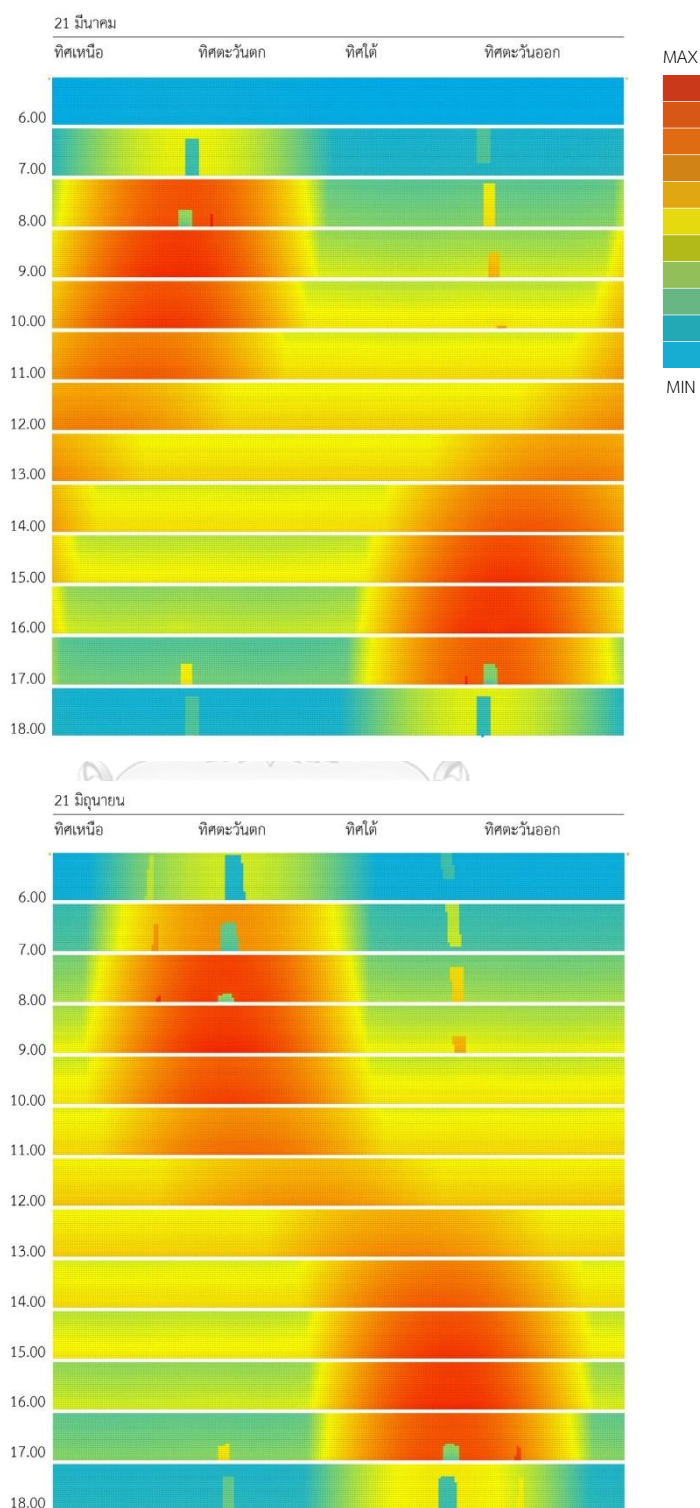
ภาพแสดงทิศทางของแสงที่สะท้อนจากเปลือกอาคารกรณีศึกษารูปทรงที่ 3: รูปทรงสี่เหลี่ยมจัตุรัสเปลือกอาคารลาดเอียงออกจากอาคารในแนวตั้ง (หันด้านที่ลาดเอียงทางทิศเหนือ) ที่กระทำต่อบริบทโดยรอบในแนวตั้งในรัศมี 200 เมตร



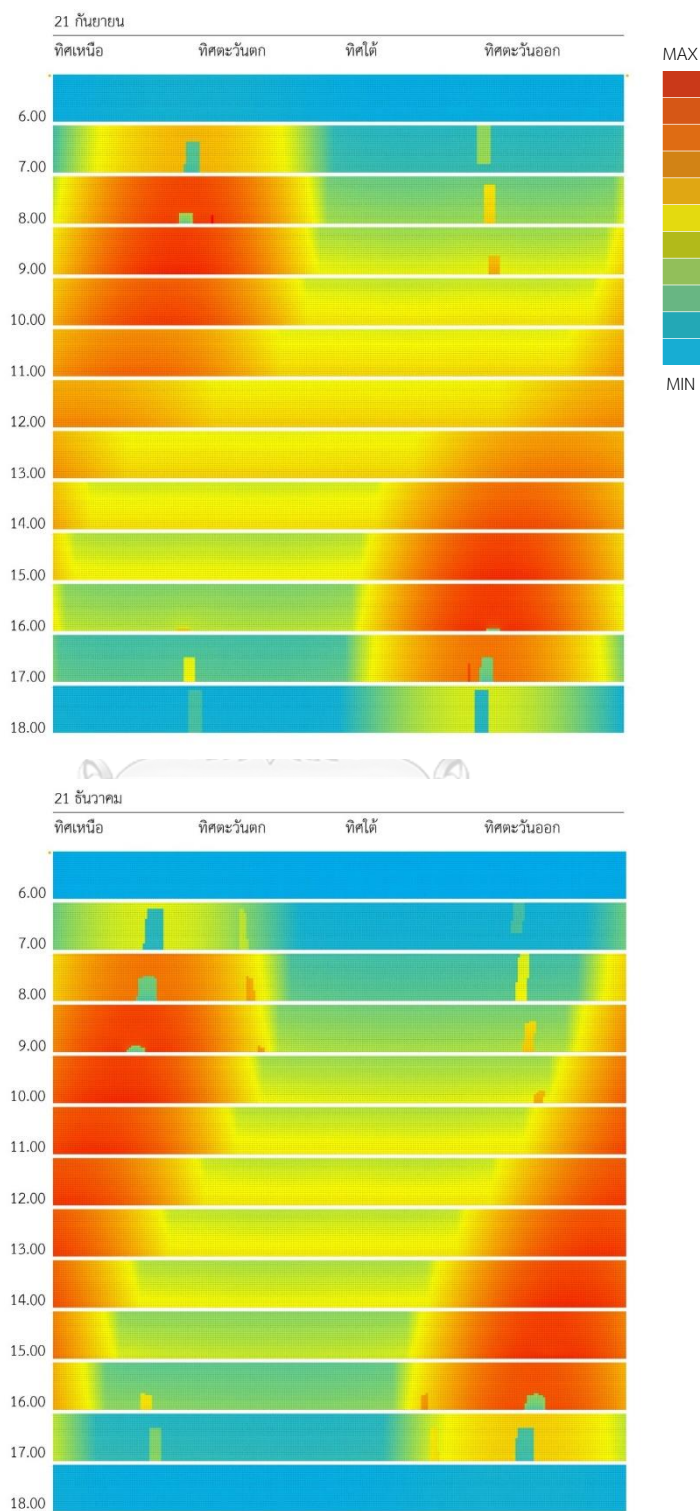
ภาพแสดงทิศทางของแสงที่สะท้อนจากเปลือกอาคารกรณีศึกษารูปทรงที่ 3: รูปทรงสี่เหลี่ยมจัตุรัสเปลือกอาคารลาดเอียงออกจากอาคารในแนวตั้ง (หันด้านที่ลาดเอียงทางทิศเหนือ) ที่กระทำต่อบริบทโดยรอบในแนวตั้งในรัศมี 200 เมตร



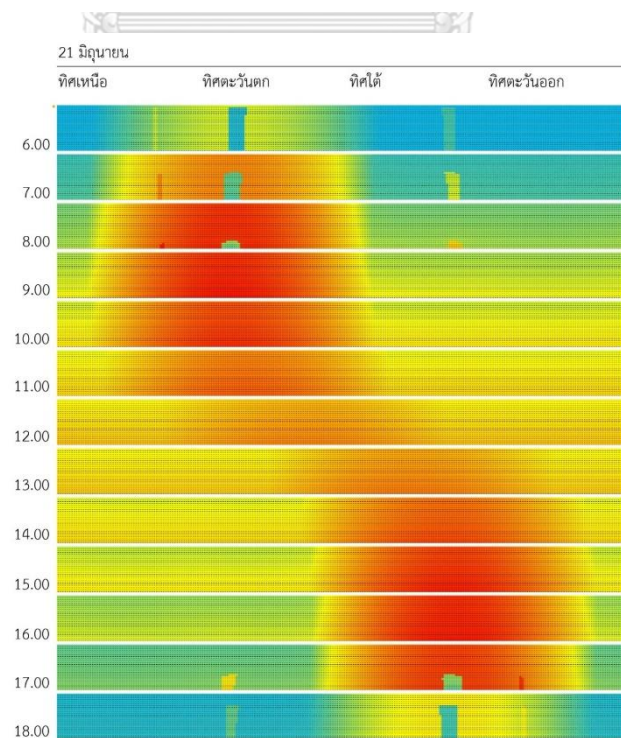
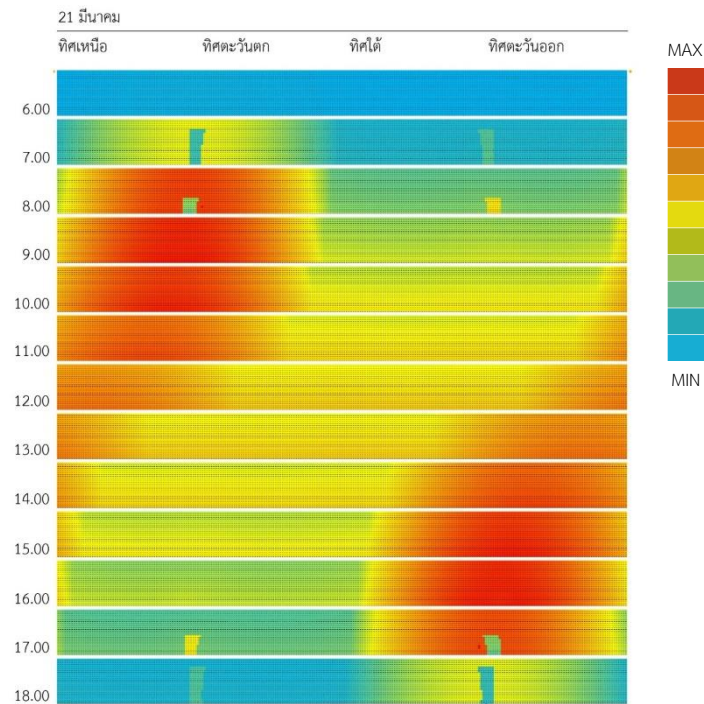
ภาพแสดงทิศทางของแสงที่สะท้อนจากเปลือกอาคารกรณีศึกษารูปทรงที่ 3: รูปทรงสี่เหลี่ยมจัตุรัสเปลือกอาคารลาดเอียงออกจากอาคารในแนวตั้ง (หันด้านที่ลาดเอียงทางทิศตะวันออก) ที่กระทำต่อบริบทโดยรอบในแนวตั้งในรัศมี 200 เมตร



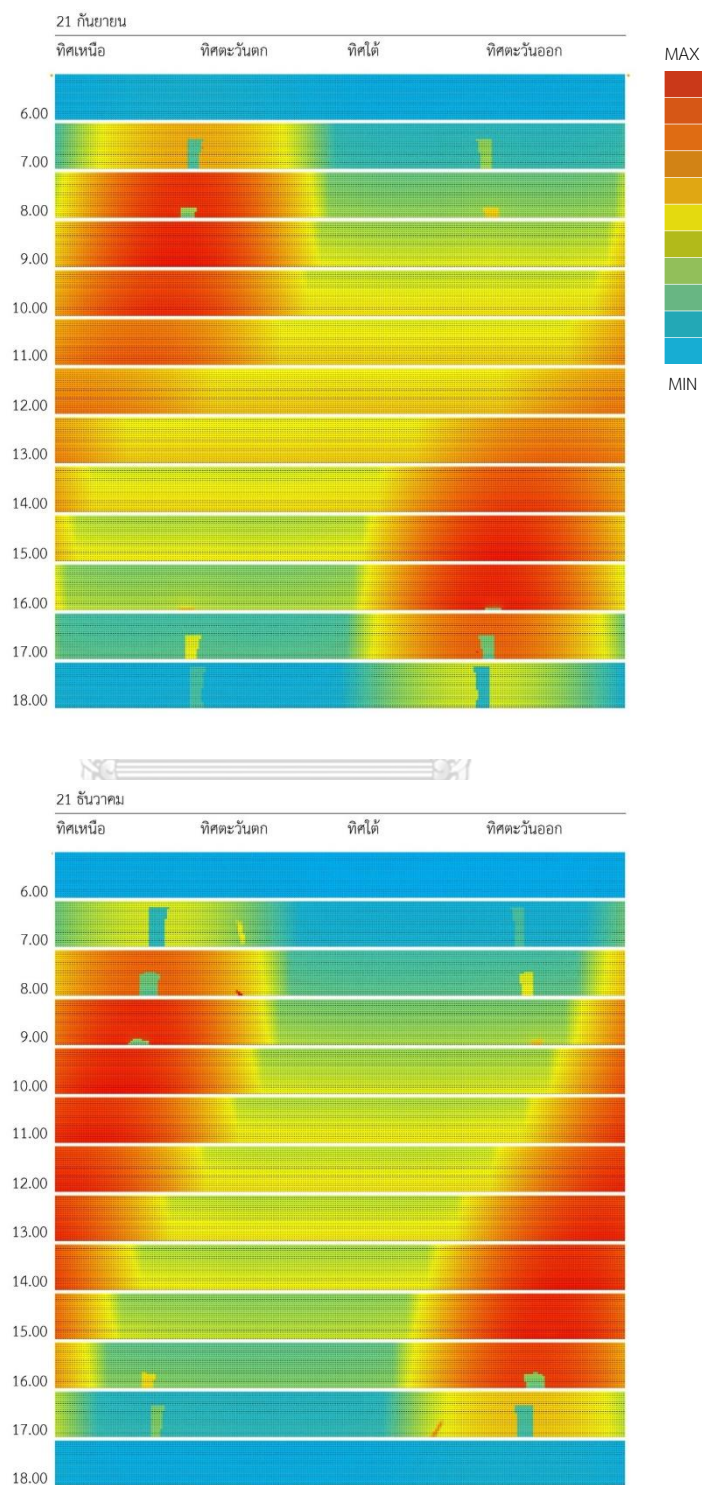
ภาพแสดงทิศทางของแสงที่สะท้อนจากเปลือกอาคารกรณีศึกษารูปทรงที่ 3: รูปทรงสี่เหลี่ยมจัตุรัสเปลือกอาคารลาดเอียงออกจากอาคารในแนวตั้ง (หันด้านที่ลาดเอียงทางทิศตะวันออก) ที่กระทำต่อบริบทโดยรอบในแนวตั้งในรัศมี 200 เมตร



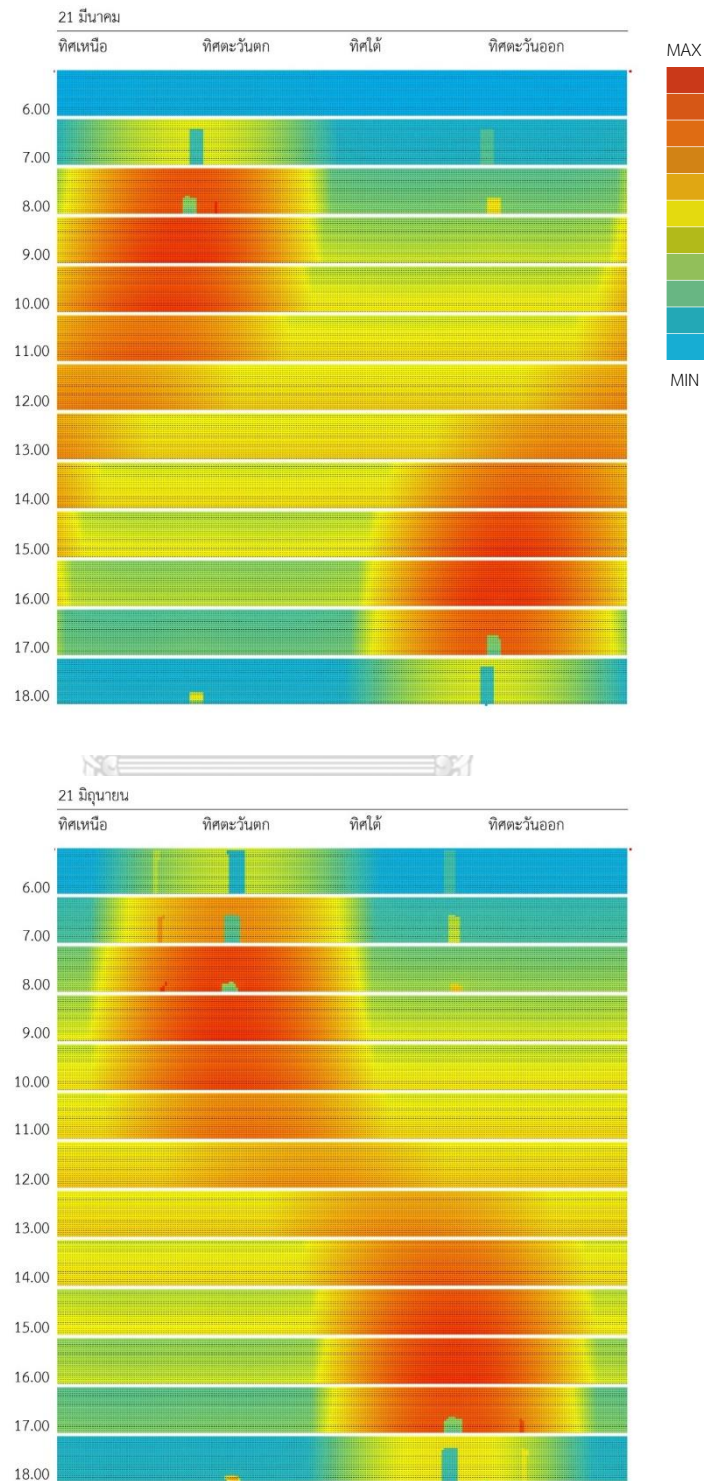
ภาพแสดงทิศทางของแสงที่สะท้อนจากเปลือกอาคารกรณีศึกษารูปทรงที่ 4: รูปทรงโค้งเว้า (หันด้านที่โค้งเว้าทางทิศใต้) ที่กระทำต่อบริบทโดยรอบในแนวตั้งในรัศมี 200 เมตร



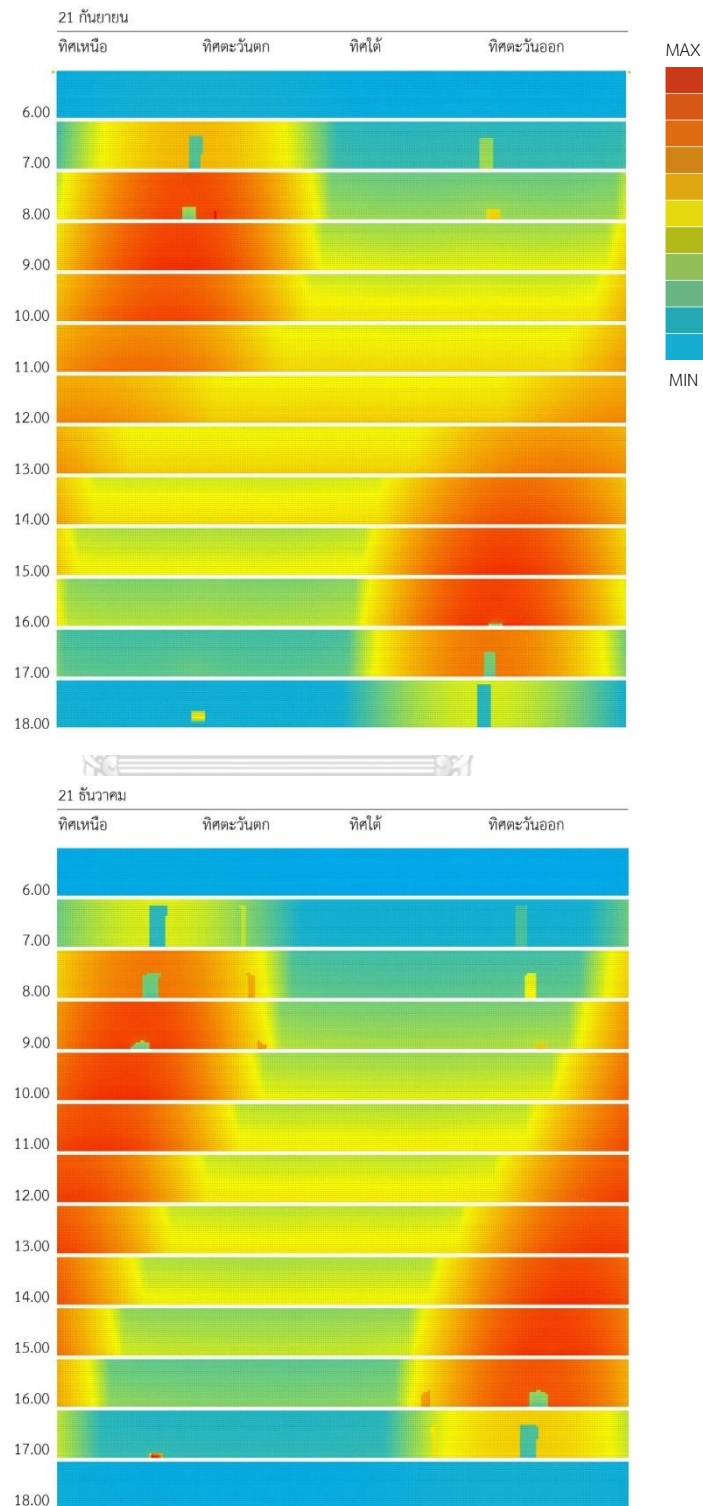
ภาพแสดงทิศทางของแสงที่สะท้อนจากเปลือกอาคารกรณีศึกษารูปทรงที่ 4: รูปทรงโค้งเว้า (หันด้านที่โค้งเว้าทางทิศใต้) ที่กระทำต่อบริบทโดยรอบในแนวตั้งในรัศมี 200 เมตร



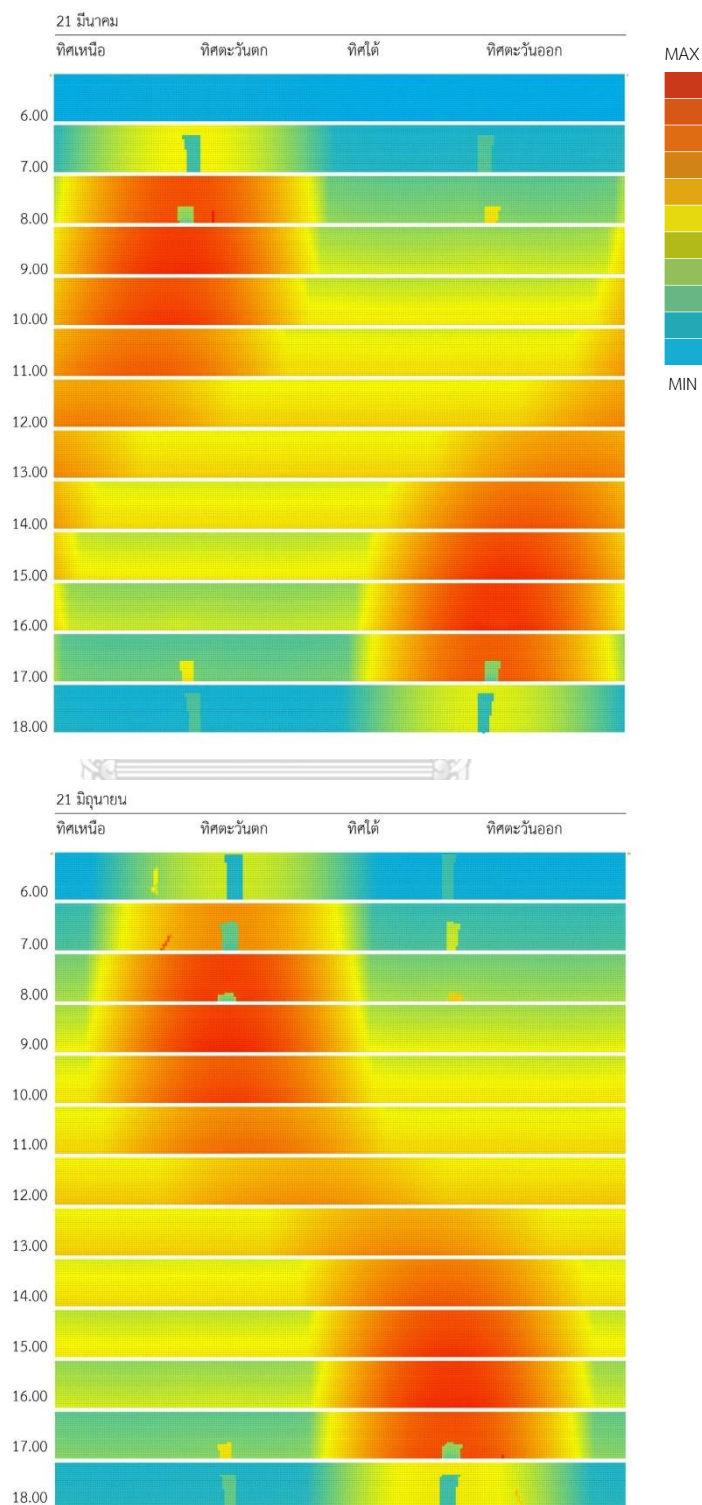
ภาพแสดงทิศทางของแสงที่สะท้อนจากเปลือกอาคารกรณีศึกษารูปทรงที่ 4: รูปทรงโค้งเว้า (หันด้านที่โค้งเว้าทางทิศตะวันตก) ที่กระทำต่อปริบทโดยรอบในแนวตั้งในรัศมี 200 เมตร



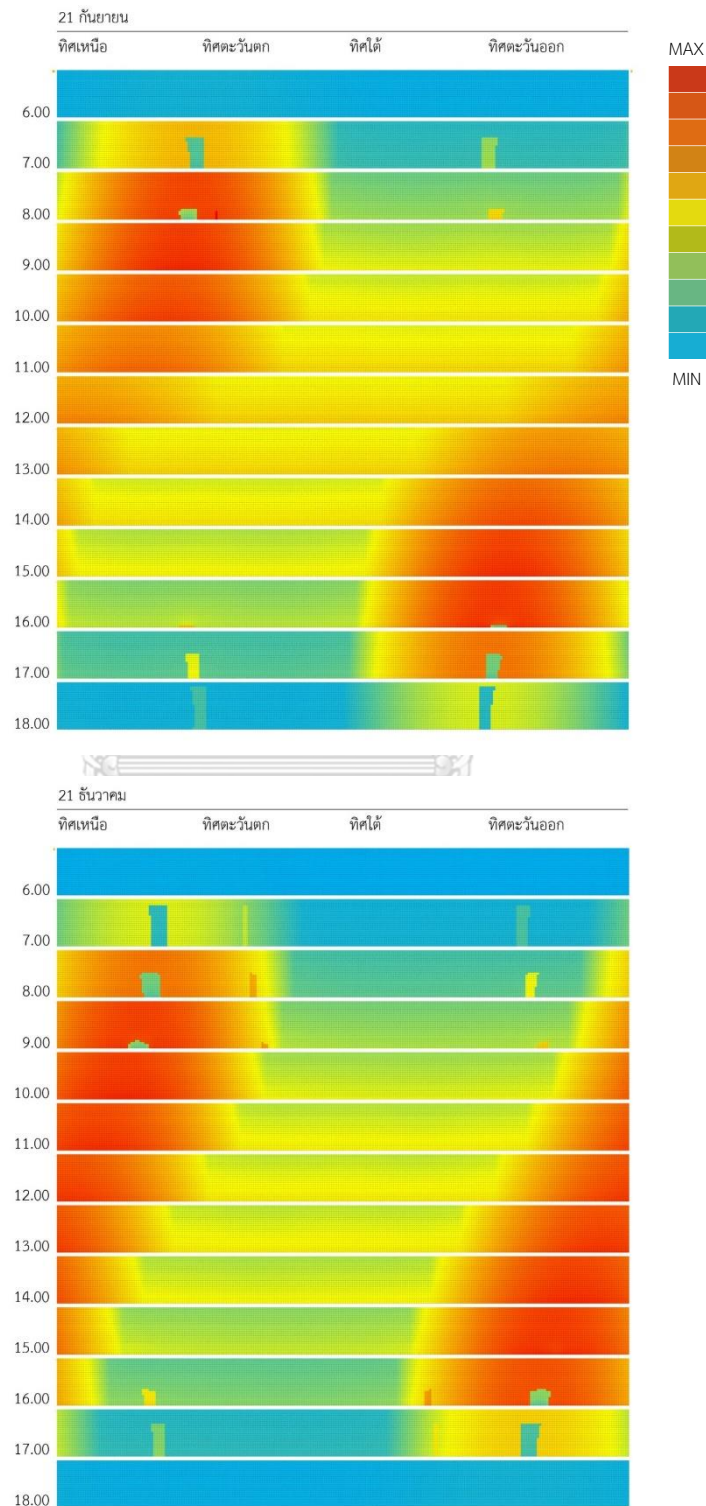
ภาพแสดงทิศทางของแสงที่สะท้อนจากเปลือกอาคารกรณีศึกษารูปทรงที่ 4: รูปทรงโค้งเว้า (หันด้านที่โค้งเว้าทางทิศตะวันตก) ที่กระทำต่อบริบทโดยรอบในแนวตั้งในรัศมี 200 เมตร



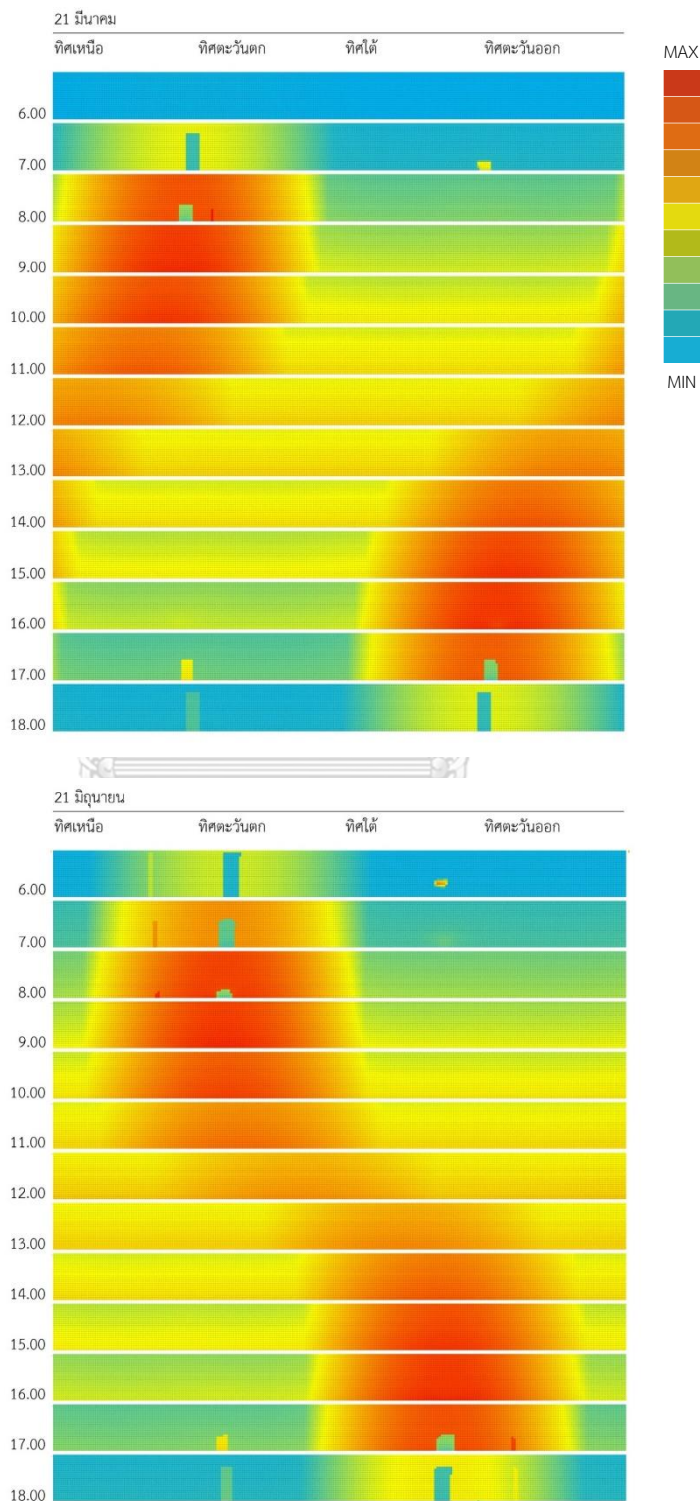
ภาพแสดงทิศทางของแสงที่สะท้อนจากเปลือกอาคารกรณีศึกษารูปทรงที่ 4: รูปทรงโค้งเว้า (หันด้านที่โค้งเว้าทางทิศเหนือ) ที่กระทำต่อริบท์โดยรอบในแนวตั้งไนร์ศมี 200 เมตร



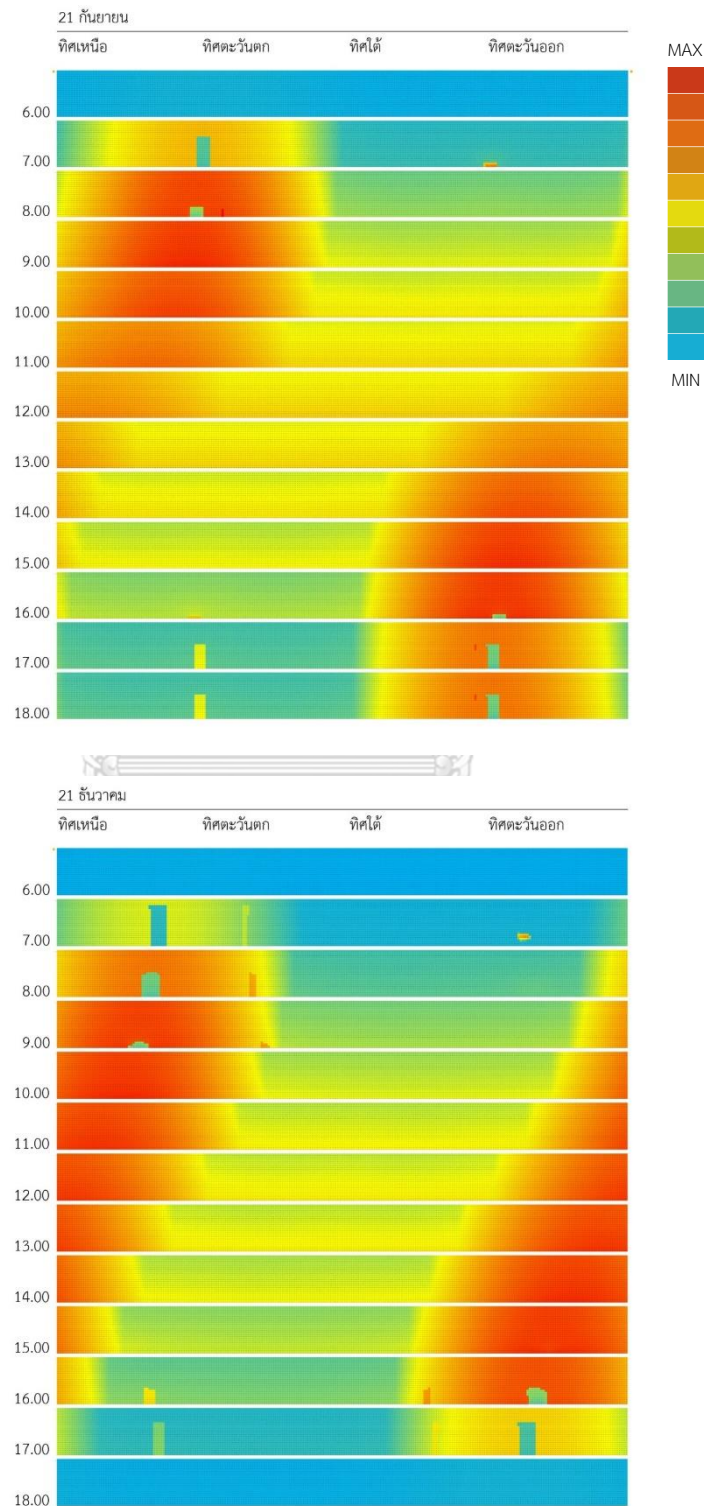
ภาพแสดงทิศทางของแสงที่สะท้อนจากเปลือกอาคารกรณีศึกษารูปทรงที่ 4: รูปทรงโค้งเว้า (หันด้านที่โค้งเว้าทางทิศเหนือ) ที่กระทำต่อริบทโดยรอบในแนวตั้งไนร์ศมี 200 เมตร



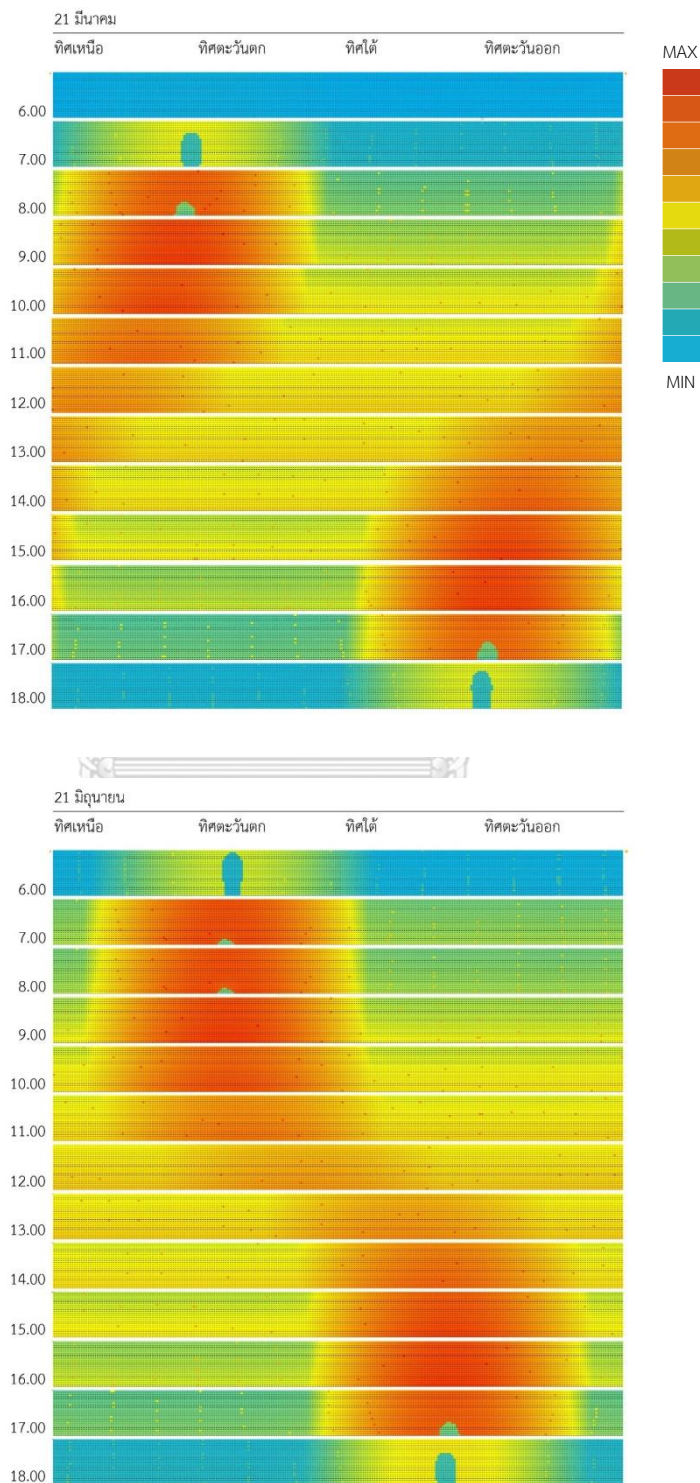
ภาพแสดงทิศทางของแสงที่สะท้อนจากเปลือกอาคารกรณีศึกษารูปทรงที่ 4: รูปทรงโค้งเว้า (หันด้านที่โค้งเว้าทางทิศตะวันออก) ที่กระทำต่อปริบทโดยรอบในแนวตั้งในรัศมี 200 เมตร



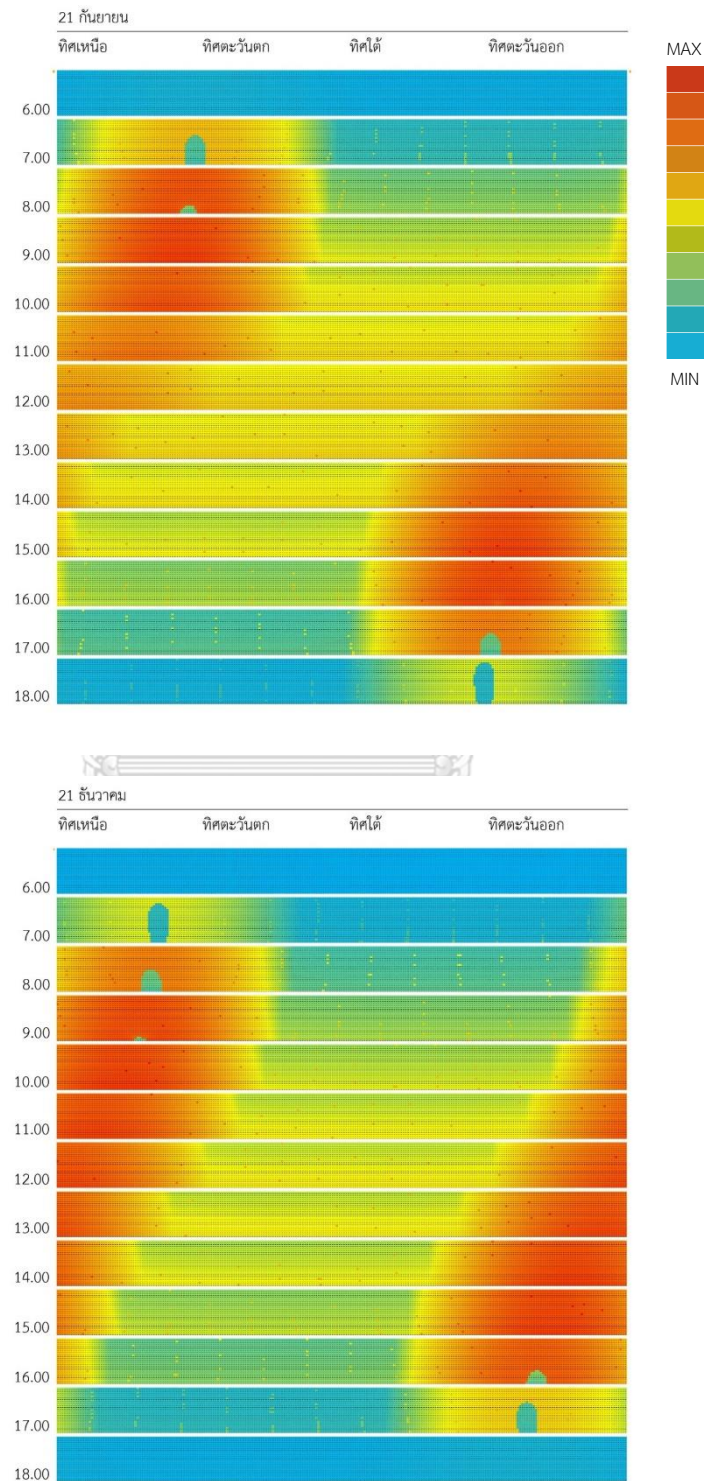
ภาพแสดงทิศทางของแสงที่สะท้อนจากเปลือกอาคารกรณีศึกษารูปทรงที่ 4: รูปทรงโค้งเว้า (หันด้านที่โค้งเว้าทางทิศตะวันออก) ที่กระทำต่อปริบทโดยรอบในแนวตั้งในรัศมี 200 เมตร



ภาพแสดงทิศทางของแสงที่สะท้อนจากเปลือกอาคารกรณีศึกษารูปทรงที่ 5: รูปทรงแตงกวา ที่กระทำต่อปริบทโดยรอบในแนวตั้งในรัศมี 200 เมตร



ภาพแสดงทิศทางของแสงที่สะท้อนจากเปลือกอาคารกรณีศึกษารูปทรงที่ 5: รูปทรงเตี้ยกว่า ที่กระทำต่อปริบทโดยรอบในแนวตั้งในรัศมี 200 เมตร





ภาคผนวก ข

ขนาดพื้นที่ที่แสงสะท้อนจากเปลือกอาคารตกกระทบบนพื้นในแนวราบ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตารางแสดงขนาดพื้นที่ที่แสงสะท้อนจากเปลือกอาคารตกระบบลงบนพื้นในแนวราบขนาด 500 เมตร x 500 เมตร (250,000 ตารางเมตร) โดยรอบอาคาร

วันที่	เวลา	ขนาดพื้นที่ที่แสงสะท้อนตกลงบนพื้นที่ 500 เมตร x 500 เมตร (250,000 ตารางเมตร)														
		1(1)	1(2)	2(1)	2(2)	2(3)	2(4)	3(1)	3(2)	3(3)	3(4)	4(1)	4(2)	4(3)	4(4)	5(1)
21 มี.ค.	6.00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	7.00	6300	8900	7100	6600	7100	6700	11000	6800	10200	4000	6600	6400	6000	2300	7900
	8.00	7000	9300	8200	7300	9100	5300	10300	7400	9900	7000	6900	7000	6600	3700	4800
	9.00	5100	6000	6100	5400	6700	3700	7100	5400	6500	6600	4700	5100	5000	2900	3700
	10.00	3300	3300	3800	3500	4400	2900	4900	3500	4300	5600	3000	3200	3400	2100	3700
	11.00	2200	1900	2200	2600	2900	1700	3400	2500	2700	3300	1900	2200	2100	1300	2000
	12.00	1100	1300	600	1600	1200	1200	2000	1600	1200	2200	500	1000	1100	800	2100
	13.00	1300	1300	1000	1200	1500	1600	2300	2200	1500	1700	1000	900	1400	1300	1600
	14.00	2200	2300	2100	1800	2600	2400	3400	3600	2700	2500	1700	1900	2300	2200	1900
	15.00	3600	3900	4100	2800	4500	3900	5500	6000	4400	3900	3400	2000	3500	3700	3700
	16.00	5200	6500	6300	3900	6800	5700	7700	6700	6800	5500	5100	2900	5100	5100	3500
	17.00	7000	9300	8200	5200	8500	7200	10500	800	9800	7300	6600	3900	6500	7000	5700
18.00	6400	9200	7000	6100	7000	6600	10600	500	10500	6600	6100	2100	6000	6400	6600	
21 มี.ย.	6.00	8500	8300	8400	8200	8700	6200	12400	9900	10000	4300	8400	8200	5800	500	5500
	7.00	8800	9400	10200	9500	10000	8200	12400	10000	12700	3900	8400	8500	8000	5100	5800
	8.00	7400	8000	9300	8200	8100	5900	9500	8100	10600	8500	7200	7400	6900	4400	5600
	9.00	4400	4800	5700	4800	5100	3800	5700	4900	6800	7200	4300	4400	3800	2600	4400
	10.00	2700	3000	3500	3000	2700	2600	3600	2900	4500	4600	2700	2700	2500	2000	3400
	11.00	1700	1700	2100	1900	1600	1400	200	1800	2800	2700	1700	1700	1300	1100	2500
	12.00	800	900	1100	1100	400	800	900	1400	1700	1700	800	800	300	500	1100
	13.00	1000	800	1100	800	800	1300	1200	2100	2300	1300	900	400	700	1100	1300
	14.00	2000	2000	2500	1500	2100	2200	2300	3100	3400	2300	2000	1000	1700	2000	2300
	15.00	3300	3700	4300	2800	3700	3600	4200	5500	5000	3500	3300	2000	3400	3200	3100
	16.00	5500	5800	6800	4400	6700	6000	7100	7800	8000	6000	5600	3100	4800	5500	4300
	17.00	8800	9200	10900	7100	10100	9600	11300	8900	11800	9600	8500	5200	7700	8700	5000
18.00	8900	9100	10000	6000	9700	9500	13100	4200	12300	10600	8400	4900	8900	8900	6400	
21 ก.ย.	6.00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	7.00	6600	9100	8100	6800	7700	6000	10700	6700	10200	500	6900	6500	6100	3000	6200
	8.00	7000	9200	8500	7400	9400	4600	10000	7400	9400	6800	7300	7100	6900	3600	5700
	9.00	4300	5400	4800	4600	5800	3100	6500	4400	5700	7000	4200	4400	4300	2600	2800
	10.00	2900	3100	3000	3400	3900	2800	4500	3200	3700	4900	2900	3000	3000	1700	3100
	11.00	1800	1500	1500	2100	2500	1700	3000	2100	2300	3100	1500	2000	1900	1200	2000
	12.00	800	1300	0	1100	800	1100	1600	1700	800	1700	300	900	800	800	1200
	13.00	1500	1300	1300	1100	1800	1700	2800	2500	1600	1600	1300	1100	1400	1600	1700
	14.00	2400	2500	2300	2100	3000	2900	3900	4000	3100	2700	2100	1500	2300	2400	2400
	15.00	3700	4300	4100	3100	4700	4200	5800	6800	4700	4000	3700	2100	3600	3800	4400
	16.00	6000	7300	7100	4100	8000	6400	8800	6800	7700	6300	6400	3200	5900	6000	5000
	17.00	6800	9300	8000	5500	8200	6800	10400	700	9700	6900	6400	2400	6400	6800	5400
18.00	6800	7800	6900	6900	6800	6800	11200	0	11200	6800	6800	900	6800	6800	7700	

วันที่	เวลา	ขนาดพื้นที่ที่แสงสะท้อนตกลงบนพื้นที่ 500 เมตร x 500 เมตร (250,000 ตารางเมตร)														
		1(1)	1(2)	2(1)	2(2)	2(3)	2(4)	3(1)	3(2)	3(3)	3(4)	4(1)	4(2)	4(3)	4(4)	5(1)
21 ธ.ค.	6.00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	7.00	9400	8900	10000	9600	10100	9600	10700	11300	13900	5200	6200	9300	9200	4400	6500
	8.00	10300	9200	11000	11200	12000	9700	13700	12000	13400	5900	8700	10200	9900	6300	6000
	9.00	7900	6600	8300	9300	9500	7700	11800	9300	9600	10700	6100	7900	7900	5700	5000
	10.00	5200	4100	5100	6300	6100	5300	8600	6200	6100	8400	3900	5300	5100	3800	3600
	11.00	4200	3300	3000	5000	4200	4100	6500	5000	4600	5800	2500	4100	4300	3300	4400
	12.00	2700	3700	1800	3700	2800	3400	4700	3900	2800	3900	1500	2700	2700	2400	3200
	13.00	3200	3700	2900	3400	3600	4100	5800	4800	3500	4100	2000	3300	3200	3000	3900
	14.00	4700	3900	4300	4800	5400	5800	7500	7100	5300	5700	3200	3600	4700	4600	3900
	15.00	6300	4900	6700	6600	7600	7400	10300	9900	7500	7400	4800	4600	6400	6200	4000
	16.00	9600	8400	10600	9100	11700	11200	13700	11200	11900	11300	8000	6900	9400	9700	5500
	17.00	9800	9200	10700	9700	10800	10500	13300	6100	13800	11800	9100	6100	9300	9600	7400
	18.00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0





ตารางแสดงค่าความสว่างสูงสุดของแสงสะท้อนจากเปลือกอาคารกรณีศึกษารูปทรงที่ 1: รูปทรงสี่เหลี่ยมจัตุรัสเปลือกอาคารเรียบตรง ที่สะท้อนลงบนพื้นราบ

เวลา	วันที่ทำการจำลอง			
	21 มีนาคม	21 มิถุนายน	21 กันยายน	21 ธันวาคม
6.00	0	3041.28	0	0
7.00	7245.05	19577.50	13780.17	4960.76
8.00	36523.43	47245.40	43648.06	25167.24
9.00	63087.83	70878.86	68934.53	49197.22
10.00	83772.32	89202.29	88178.00	67687.26
11.00	98028.03	101806.93	100860.31	79829.67
12.00	105774.13	109453.00	107157.46	85190.49
13.00	104881.31	106967.52	103839.69	83478.24
14.00	96133.36	97942.23	93556.75	74547.02
15.00	80828.40	83125.81	76673.70	59064.31
16.00	59064.16	62782.53	53490.91	37654.92
17.00	31610.49	37454.41	24961.03	11520.70
18.00	5841.22	8897.53	3926.74	0

ตารางแสดงค่าความสว่างสูงสุดของแสงสะท้อนจากเปลือกอาคารกรณีศึกษารูปทรงที่ 1: รูปทรงสี่เหลี่ยมจัตุรัสเปลือกอาคารเรียบตรง ที่กระทำต่อบริบทโดยรอบในแนวตั้งในรัศมี 12 เมตร

เวลา	วันที่ทำการจำลอง			
	21 มีนาคม	21 มิถุนายน	21 กันยายน	21 ธันวาคม
6.00	0	14462.01	0	0
7.00	18387.35	48082.86	33336.04	14979.26
8.00	62220.48	65639.38	64610.31	54546.95
9.00	65328.45	62801.12	64991.45	66323.83
10.00	58323.07	54486.41	56142.6	64725.66
11.00	45065.71	44630.64	44197.82	59155.06
12.00	44021.56	43283.48	45230.15	54634.17
13.00	43678.7	42789.67	43154.16	59941.54
14.00	47689.86	48721.86	51423.84	62229.76
15.00	59345.05	57556.98	61767.27	66281.72
16.00	65710.73	65197.78	65990.16	63226.22
17.00	59499.53	62784.33	56979.9	29893.66
18.00	22222.92	21876.99	17412.38	0

ตารางแสดงค่าความสว่างสูงสุดของแสงสะท้อนจากเปลือกอาคารกรณีศึกษารูปทรงที่ 1: รูปทรงสี่เหลี่ยมจัตุรัสเปลือกอาคารเรียบตรง ที่กระทำต่อปริบทโดยรอบในแนวตั้งในรัศมี 100 เมตร

เวลา	วันที่ทำการจำลอง			
	21 มีนาคม	21 มิถุนายน	21 กันยายน	21 ธันวาคม
6.00	0	21309.74	0	0
7.00	28857.44	53061.45	51513.06	22967.15
8.00	85897.12	80511.04	73891.58	59273.97
9.00	92501.9	84606.77	92181.21	74909.32
10.00	81905.97	0	72308.72	77106.35
11.00	0	0	0	75151.08
12.00	0	0	0	88378.57
13.00	0	0	0	83980.24
14.00	0	0	0	76404.27
15.00	84918.56	80708.40	89025.74	76998.3
16.00	92953.98	84775.17	93505.2	69770.62
17.00	66352.82	74422.01	59930.21	36265.38
18.00	28085.71	28621.77	22367.35	0

ตารางแสดงค่าความสว่างสูงสุดของแสงสะท้อนจากเปลือกอาคารกรณีศึกษารูปทรงที่ 1: รูปทรงสี่เหลี่ยมจัตุรัสเปลือกอาคารเรียบตรง ที่กระทำต่อปริบทโดยรอบในแนวตั้งในรัศมี 200 เมตร

เวลา	วันที่ทำการจำลอง			
	21 มีนาคม	21 มิถุนายน	21 กันยายน	21 ธันวาคม
6.00	0	22194.37	0	0
7.00	24956.72	55247.67	43181.30	23520.28
8.00	88485.05	83385.62	93313.69	61873.60
9.00	0	0	0	78783.25
10.00	0	0	0	0
11.00	0	0	0	0
12.00	0	0	0	0
13.00	0	0	0	0
14.00	0	0	0	0
15.00	0	0	0	81556.71
16.00	0	0	80561.72	73096.07
17.00	68948.94	77136.68	61998.93	37265.14
18.00	24105.27	29403.63	22826.39	0

ตารางแสดงค่าความสว่างสูงสุดของแสงสะท้อนจากเปลือกอาคารกรณีศึกษารูปทรงที่ 1: รูปทรงสี่เหลี่ยมจัตุรัสเปลือกอาคารเรียบตรง วางทิศทางอาคารเอียง 45 องศา ที่สะท้อนลงบนพื้นราบ

เวลา	วันที่ทำการจำลอง			
	21 มีนาคม	21 มิถุนายน	21 กันยายน	21 ธันวาคม
6.00	0	3056.28	0	0
7.00	7229.56	19554.73	13756.68	4954.54
8.00	36469.50	47199.24	43627.69	25164.11
9.00	63027.08	70848.24	68889.42	49272.36
10.00	83769.12	89180.00	88145.79	67826.84
11.00	98083.50	101856.76	100980.27	79848.53
12.00	105859.33	109470.35	106982.93	85051.56
13.00	104951.83	107235.18	104035.32	83437.18
14.00	96166.10	97928.29	93567.11	74647.37
15.00	80780.12	83092.89	76610.26	59198.20
16.00	59001.19	62754.45	53435.76	37684.06
17.00	31576.37	37440.61	24935.56	11520.60
18.00	5823.06	8888.42	3922.35	0

ตารางแสดงค่าความสว่างสูงสุดของแสงสะท้อนจากเปลือกอาคารกรณีศึกษารูปทรงที่ 1: รูปทรงสี่เหลี่ยมจัตุรัสเปลือกอาคารเรียบตรง วางทิศทางอาคารเอียง 45 องศา ที่กระทำต่อบริบทโดยรอบในแนวตั้งในรัศมี 12 เมตร

เวลา	วันที่ทำการจำลอง			
	21 มีนาคม	21 มิถุนายน	21 กันยายน	21 ธันวาคม
6.00	0	14761.38	0	0
7.00	13582.92	48019.66	36335.75	16134.33
8.00	62534.50	65661.63	65100.95	54609.15
9.00	65819.33	63007.68	64379.36	65795.40
10.00	56490.71	53509.58	53293.20	63774.65
11.00	53632.71	49750.43	51828.58	59044.23
12.00	44703.80	43330.90	43305.53	55916.58
13.00	46962.97	43713.17	44249.93	57054.99
14.00	53921.86	51551.04	53364.91	64730.36
15.00	58678.97	56877.43	61237.70	70183.88
16.00	66408.57	65264.38	66590.29	62977.34
17.00	59777.78	62839.89	54253.25	29930.60
18.00	13514.30	22503.74	12520.89	0

ตารางแสดงค่าความสว่างสูงสุดของแสงสะท้อนจากเปลือกอาคารกรณีศึกษารูปทรงที่ 1: รูปทรงสี่เหลี่ยมจัตุรัส วางทิศทางอาคารเอียง 45 องศา ที่กระทำต่อปริบทโดยรอบในแนวตั้งในรัศมี 100 เมตร

เวลา	วันที่ทำการจำลอง			
	21 มีนาคม	21 มิถุนายน	21 กันยายน	21 ธันวาคม
6.00	0	21337.24	0	0
7.00	24179.71	52065.68	41702.11	22968.54
8.00	68883.81	74507.60	72725.76	67630.39
9.00	77397.35	77392.23	77252.83	76131.09
10.00	73798.08	0	72314.45	79340.81
11.00	0	0	0	83249.54
12.00	0	0	0	73092.91
13.00	0	0	0	74079.62
14.00	0	0	0	77402.01
15.00	75104.66	75332.11	76084.89	78662.91
16.00	77002.97	77663.05	76242.79	83718.99
17.00	65329.00	69860.45	58887.08	38897.15
18.00	23488.72	28645.10	22346.21	0

ตารางแสดงค่าความสว่างสูงสุดของแสงสะท้อนจากเปลือกอาคารกรณีศึกษารูปทรงที่ 1: รูปทรงสี่เหลี่ยมจัตุรัส วางทิศทางอาคารเอียง 45 องศา ที่กระทำต่อปริบทโดยรอบในแนวตั้งในรัศมี 200 เมตร

เวลา	วันที่ทำการจำลอง			
	21 มีนาคม	21 มิถุนายน	21 กันยายน	21 ธันวาคม
6.00	0	22180.71	0	0
7.00	24933.34	54213.77	42818.98	23955.00
8.00	72273.48	78050.12	76473.30	70645.64
9.00	0	0	0	79209.06
10.00	0	0	0	0
11.00	0	0	0	0
12.00	0	0	0	0
13.00	0	0	0	0
14.00	0	0	0	0
15.00	0	0	0	0
16.00	0	0	80026.83	86518.61
17.00	68399.30	72975.15	61570.54	40198.54
18.00	24054.48	29420.41	22801.50	0

ตารางแสดงค่าความสว่างสูงสุดของแสงสะท้อนจากเปลือกอาคารกรณีศึกษารูปทรงที่ 2: รูปทรงสี่เหลี่ยม เปลือกอาคารลาดเอียงเข้าหาอาคารในแนวตั้ง (หันด้านที่ลาดเอียงทางทิศใต้) ที่สะท้อนลงบนพื้นราบ

เวลา	วันที่ทำการจำลอง			
	21 มีนาคม	21 มิถุนายน	21 กันยายน	21 ธันวาคม
6.00	0	3047.87	0	0
7.00	7257.11	19555.54	13779.35	5675.95
8.00	36524.66	47199.31	43661.93	27290.57
9.00	63094.56	70870.95	68953.57	52142.23
10.00	83800.75	89206.46	88199.96	71163.33
11.00	98022.14	101763.45	100840.47	83561.20
12.00	105563.27	109390.05	85146.14	89050.51
13.00	104668.48	106918.67	103729.43	87245.40
14.00	96125.34	97896.08	93563.51	78213.22
15.00	80845.03	83137.34	76693.70	62331.76
16.00	59091.09	62791.62	53461.59	40258.76
17.00	31633.35	37464.11	24955.52	12721.99
18.00	5819.82	8912.70	3916.90	0

ตารางแสดงค่าความสว่างสูงสุดของแสงสะท้อนจากเปลือกอาคารกรณีศึกษารูปทรงที่ 2: รูปทรงสี่เหลี่ยม เปลือกอาคารลาดเอียงเข้าหาอาคารในแนวตั้ง (หันด้านที่ลาดเอียงทางทิศใต้) ที่กระทำต่อบริบทโดยรอบ ในแนวตั้งในรัศมี 12 เมตร

เวลา	วันที่ทำการจำลอง			
	21 มีนาคม	21 มิถุนายน	21 กันยายน	21 ธันวาคม
6.00	0	19392.46	0	0
7.00	26680.00	47833.92	40321.20	22467.68
8.00	78920.92	66975.18	82139.21	58030.61
9.00	83998.86	64827.41	81387.65	67633.45
10.00	74894.71	55575.76	71035.79	64652.47
11.00	65070.20	44898.43	60316.36	59176.64
12.00	44054.78	43344.09	45717.72	54610.05
13.00	43156.19	42859.67	52552.62	59585.08
14.00	68113.60	48679.99	71208.50	62243.94
15.00	77190.42	60866.84	76950.54	66309.11
16.00	83528.95	67652.94	83428.59	65087.37
17.00	75322.59	63019.84	62414.66	35121.60
18.00	23998.98	25098.03	21037.59	0

ตารางแสดงค่าความสว่างสูงสุดของแสงสะท้อนจากเปลือกอาคารกรณีศึกษารูปทรงที่ 2: รูปทรงสี่เหลี่ยมเปลือกอาคารลาดเอียงเข้าหาอาคารในแนวตั้ง (หันด้านที่ลาดเอียงทางทิศใต้) ที่กระทำต่อบริบทโดยรอบในแนวตั้งในรัศมี 100 เมตร

เวลา	วันที่ทำการจำลอง			
	21 มีนาคม	21 มิถุนายน	21 กันยายน	21 ธันวาคม
6.00	0	21268.11	0	0
7.00	28061.54	52882.14	49661.94	22882.39
8.00	82248.43	79168.77	85300.72	58845.52
9.00	92491.39	83604.81	91703.37	74463.84
10.00	73520.23	70889.04	71921.82	76914.92
11.00	0	0	0	75139.27
12.00	0	0	0	88154.14
13.00	0	0	0	84234.38
14.00	0	0	0	76303.24
15.00	85489.02	79928.62	79921.66	76414.03
16.00	86545.87	84056.55	89306.61	69114.70
17.00	79385.25	72475.14	71313.00	36158.48
18.00	27549.42	28504.20	22281.36	0

ตารางแสดงค่าความสว่างสูงสุดของแสงสะท้อนจากเปลือกอาคารกรณีศึกษารูปทรงที่ 2: รูปทรงสี่เหลี่ยมเปลือกอาคารลาดเอียงเข้าหาอาคารในแนวตั้ง (หันด้านที่ลาดเอียงทางทิศใต้) ที่กระทำต่อบริบทโดยรอบในแนวตั้งในรัศมี 200 เมตร

เวลา	วันที่ทำการจำลอง			
	21 มีนาคม	21 มิถุนายน	21 กันยายน	21 ธันวาคม
6.00	0	22140.46	0	0
7.00	29688.85	55150.27	52016.29	23450.29
8.00	87099.14	83054.82	76358.37	61706.50
9.00	0	0	0	78460.42
10.00	0	0	0	0
11.00	0	0	0	0
12.00	0	0	0	0
13.00	0	0	0	0
14.00	0	0	0	0
15.00	0	0	0	0
16.00	0	0	79972.76	72777.82
17.00	82838.33	76782.11	75620.37	37201.70
18.00	28895.29	29372.77	22756.58	0

ตารางแสดงค่าความสว่างสูงสุดของแสงสะท้อนจากเปลือกอาคารกรณีศึกษารูปทรงที่ 2: รูปทรงสี่เหลี่ยมเปลือกอาคารลาดเอียงเข้าหาอาคารในแนวตั้ง (หันด้านที่ลาดเอียงทางทิศตะวันตก) ที่สะท้อนลงบนพื้นราบ

เวลา	วันที่ทำการจำลอง			
	21 มีนาคม	21 มิถุนายน	21 กันยายน	21 ธันวาคม
6.00	0	3049.12	0	0
7.00	7240.53	19541.70	13774.01	4958.44
8.00	36519.35	47222.13	43662.61	25172.97
9.00	63090.64	70888.98	68930.84	49185.57
10.00	83781.36	89165.07	88188.16	67663.72
11.00	98017.46	101820.82	100881.68	79836.85
12.00	105704.73	109330.57	107061.10	85196.68
13.00	104824.10	106896.63	103765.37	83471.91
14.00	98022.87	99689.09	95995.72	76220.80
15.00	84817.69	86793.44	81068.54	62854.04
16.00	64491.67	67826.23	59121.09	42284.01
17.00	37075.08	42768.86	29982.10	14247.03
18.00	7740.80	11075.43	5802.99	0

ตารางแสดงค่าความสว่างสูงสุดของแสงสะท้อนจากเปลือกอาคารกรณีศึกษารูปทรงที่ 2: รูปทรงสี่เหลี่ยมเปลือกอาคารลาดเอียงเข้าหาอาคารในแนวตั้ง (หันด้านที่ลาดเอียงทางทิศตะวันตก) ที่กระทำต่อบริบทโดยรอบในแนวตั้งในรัศมี 12 เมตร

เวลา	วันที่ทำการจำลอง			
	21 มีนาคม	21 มิถุนายน	21 กันยายน	21 ธันวาคม
6.00	0	17010.32	0	0
7.00	18384.08	44051.90	32528.63	17615.67
8.00	52824.78	59436.12	55464.75	51888.74
9.00	65410.77	59735.73	65130.57	64061.01
10.00	53523.59	50209.82	50322.34	62745.50
11.00	44652.73	43902.08	44008.30	59975.71
12.00	44230.93	44188.81	45270.60	62208.19
13.00	44801.21	43708.46	53074.37	73532.83
14.00	48681.31	48760.11	51373.11	72867.97
15.00	59248.72	57462.21	61581.40	66270.76
16.00	65602.40	65071.47	65924.54	63130.94
17.00	59527.95	62788.74	57021.01	29925.65
18.00	22276.02	22028.44	17433.85	0

ตารางแสดงค่าความสว่างสูงสุดของแสงสะท้อนจากเปลือกอาคารกรณีศึกษารูปทรงที่ 2: รูปทรงสี่เหลี่ยมเปลือกอาคารลาดเอียงเข้าหาอาคารในแนวตั้ง (หันด้านที่ลาดเอียงทางทิศตะวันตก) ที่กระทำต่อบริบทโดยรอบในแนวตั้งในรัศมี 100 เมตร

เวลา	วันที่ทำการจำลอง			
	21 มีนาคม	21 มิถุนายน	21 กันยายน	21 ธันวาคม
6.00	0	21232.6	0	0
7.00	28777.58	53236.47	51470.24	22850.44
8.00	85921.77	81358.36	90575.73	58868.30
9.00	92881.03	86020.15	92643.26	74485.22
10.00	83957.05	78819.35	80488.38	76946.72
11.00	0	0	0	74567.70
12.00	0	0	0	74276.89
13.00	0	0	0	73888.02
14.00	0	0	0	76142.48
15.00	84879.52	80840.37	89294.49	76699.91
16.00	93372.98	85093.24	93555.55	69506.29
17.00	76319.77	74559.60	73993.55	36238.28
18.00	28096.58	28586.29	22378.47	0

ตารางแสดงค่าความสว่างสูงสุดของแสงสะท้อนจากเปลือกอาคารกรณีศึกษารูปทรงที่ 2: รูปทรงสี่เหลี่ยมเปลือกอาคารลาดเอียงเข้าหาอาคารในแนวตั้ง (หันด้านที่ลาดเอียงทางทิศตะวันตก) ที่กระทำต่อบริบทโดยรอบในแนวตั้งในรัศมี 200 เมตร

เวลา	วันที่ทำการจำลอง			
	21 มีนาคม	21 มิถุนายน	21 กันยายน	21 ธันวาคม
6.00	0	22168.44	0	0
7.00	29804.39	55987.88	52342.10	23470.86
8.00	88717.10	84582.92	93734.95	61609.23
9.00	0	0	0	78655.57
10.00	0	0	0	0
11.00	0	0	0	0
12.00	0	0	0	0
13.00	0	0	0	0
14.00	0	0	0	0
15.00	0	0	0	0
16.00	0	0	0	72897.67
17.00	83371.35	77298.41	0	37241.62
18.00	29062.35	29407.92	22823.64	0

ตารางแสดงค่าความสว่างสูงสุดของแสงสะท้อนจากเปลือกอาคารกรณีศึกษารูปทรงที่ 2: รูปทรงสี่เหลี่ยม เปลือกอาคารลาดเอียงเข้าหาอาคารในแนวตั้ง (หันด้านที่ลาดเอียงทางทิศเหนือ) ที่สะท้อนลงบนพื้นราบ

เวลา	วันที่ทำการจำลอง			
	21 มีนาคม	21 มิถุนายน	21 กันยายน	21 ธันวาคม
6.00	0	3740.73	0	0
7.00	7246.60	20810.95	13797.05	4968.09
8.00	36503.74	48154.71	43663.97	25154.58
9.00	63113.45	70966.05	68954.63	49212.63
10.00	83777.6	89194.68	88175.99	67670.56
11.00	97999.05	101774.75	100843.84	79837.37
12.00	105764.96	108650.33	107148.18	85220.88
13.00	104863.95	106890.26	103813.36	83463.89
14.00	96113.67	97915.92	93544.51	74556.54
15.00	80831.62	83137.68	76695.45	59088.63
16.00	59071.25	63317.99	53480.99	37667.24
17.00	31630.88	38677.30	24942.68	11529.08
18.00	5831.50	9573.95	3928.73	0

ตารางแสดงค่าความสว่างสูงสุดของแสงสะท้อนจากเปลือกอาคารกรณีศึกษารูปทรงที่ 2: รูปทรงสี่เหลี่ยม จัตุรัสเปลือกอาคารลาดเอียงเข้าหาอาคารในแนวตั้ง (หันด้านที่ลาดเอียงทางทิศเหนือ) ที่กระทำต่อบริบท โดยรอบในแนวตั้งในรัศมี 12 เมตร

เวลา	วันที่ทำการจำลอง			
	21 มีนาคม	21 มิถุนายน	21 กันยายน	21 ธันวาคม
6.00	0	21278.12	0	0
7.00	22511.35	59861.20	40043.50	20241.79
8.00	65895.89	86234.30	68900.54	54036.96
9.00	69556.35	87687.72	67648.64	65074.57
10.00	60533.36	69371.25	57457.66	62543.48
11.00	46085.23	50677.44	43629.77	55507.06
12.00	43633.51	43412.88	45835.42	56064.38
13.00	43619.98	43606.19	43303.09	54121.68
14.00	48678.05	56317.12	52118.35	59486.29
15.00	62038.30	81593.05	65306.62	64296.24
16.00	70118.59	89118.39	70377.64	62139.83
17.00	62974.74	81186.04	57354.41	31413.61
18.00	22265.25	31564.03	21037.13	0

ตารางแสดงค่าความสว่างสูงสุดของแสงสะท้อนจากเปลือกอาคารกรณีศึกษารูปทรงที่ 2: รูปทรงสี่เหลี่ยมเปลือกอาคารลาดเอียงเข้าหาอาคารในแนวตั้ง (หันด้านที่ลาดเอียงทางทิศเหนือ) ที่กระทำต่อบริบทโดยรอบในแนวตั้งในรัศมี 100 เมตร

เวลา	วันที่ทำการจำลอง			
	21 มีนาคม	21 มิถุนายน	21 กันยายน	21 ธันวาคม
6.00	0	21257.44	0	0
7.00	28734.93	54130.90	51338.31	22847.96
8.00	85775.48	81777.51	90390.65	58988.15
9.00	92318.15	86469.18	92065.25	74619.31
10.00	81799.33	0	71681.18	76859.90
11.00	0	0	0	77203.15
12.00	0	0	0	88960.31
13.00	0	0	0	85678.07
14.00	0	0	0	75937.93
15.00	84772.36	74017.55	88812.20	76556.54
16.00	92870.60	86521.96	93449.01	69466.38
17.00	81585.92	75650.53	59619.84	36095.48
18.00	27977.28	28473.09	22252.94	0

ตารางแสดงค่าความสว่างสูงสุดของแสงสะท้อนจากเปลือกอาคารกรณีศึกษารูปทรงที่ 2: รูปทรงสี่เหลี่ยมเปลือกอาคารลาดเอียงเข้าหาอาคารในแนวตั้ง (หันด้านที่ลาดเอียงทางทิศเหนือ) ที่กระทำต่อบริบทโดยรอบในแนวตั้งในรัศมี 200 เมตร

เวลา	วันที่ทำการจำลอง			
	21 มีนาคม	21 มิถุนายน	21 กันยายน	21 ธันวาคม
6.00	0	22151.14	0	0
7.00	29795.55	56437.05	43000.86	23443.19
8.00	88179.87	77809.42	93190.50	61712.78
9.00	0	0	0	78490.34
10.00	0	0	0	0
11.00	0	0	0	0
12.00	0	0	0	0
13.00	0	0	0	0
14.00	0	0	0	0
15.00	0	0	0	0
16.00	0	0	80136.26	72840.23
17.00	68551.13	78810.32	61840.96	37163.55
18.00	24026.97	29328.20	22768.19	3287.02

ตารางแสดงค่าความสว่างสูงสุดของแสงสะท้อนจากเปลือกอาคารกรณีศึกษารูปทรงที่ 2: รูปทรงสี่เหลี่ยม เปลือกอาคารลาดเอียงเข้าหาอาคารในแนวตั้ง (หันด้านที่ลาดเอียงทางทิศตะวันออก) ที่สะท้อนลงบนพื้นราบ

เวลา	วันที่ทำการจำลอง			
	21 มีนาคม	21 มิถุนายน	21 กันยายน	21 ธันวาคม
6.00	0	4786.93	0	0
7.00	9188.02	23760.61	17331.99	6669.10
8.00	42155.51	52604.96	49382.95	29494.38
9.00	68382.39	75507.07	73926.98	53572.57
10.00	87455.97	92209.11	91384.14	70617.24
11.00	99451.01	102665.65	101500.96	80163.02
12.00	105727.44	109371.67	107083.38	85210.62
13.00	104769.43	106950.26	103720.65	83512.18
14.00	96107.98	97915.24	93535.98	74544.78
15.00	80827.25	83095.34	76693.61	59049.88
16.00	59058.26	62780.47	53453.37	37672.77
17.00	31622.14	37461.89	24949.54	11522.08
18.00	5813.95	8903.12	3928.09	0

ตารางแสดงค่าความสว่างสูงสุดของแสงสะท้อนจากเปลือกอาคารกรณีศึกษารูปทรงที่ 2: รูปทรงสี่เหลี่ยม เปลือกอาคารลาดเอียงเข้าหาอาคารในแนวตั้ง (หันด้านที่ลาดเอียงทางทิศตะวันออก) ที่กระทำต่อปริบท โดยรอบในแนวตั้งในรัศมี 12 เมตร

เวลา	วันที่ทำการจำลอง			
	21 มีนาคม	21 มิถุนายน	21 กันยายน	21 ธันวาคม
6.00	0	17397.7	0	0
7.00	18339.38	48121.31	33385.53	18084.92
8.00	62214.96	65571.14	64679.13	54548.18
9.00	65144.89	62906.99	64463.29	66289.58
10.00	58210.54	54610.94	56118.23	65913.09
11.00	47871.10	45619.06	49606.01	81615.42
12.00	44809.10	44829.72	44980.12	65842.13
13.00	43826.07	43170.09	43253.79	60354.47
14.00	45890.67	45092.31	47950.58	60726.52
15.00	58977.62	53781.97	61857.96	64020.18
16.00	64462.56	61681.20	65485.89	60543.26
17.00	60572.25	56549.96	56048.32	29533.30
18.00	21888.27	22260.55	17316.45	0

ตารางแสดงค่าความสว่างสูงสุดของแสงสะท้อนจากเปลือกอาคารกรณีศึกษารูปทรงที่ 2: รูปทรงสี่เหลี่ยมเปลือกอาคารลาดเอียงเข้าหาอาคารในแนวตั้ง (หันด้านที่ลาดเอียงทางทิศตะวันออก) ที่กระทำต่อบริบทโดยรอบในแนวตั้งในรัศมี 100 เมตร

เวลา	วันที่ทำการจำลอง			
	21 มีนาคม	21 มิถุนายน	21 กันยายน	21 ธันวาคม
6.00	0	21373.35	0	0
7.00	28888.74	53158.91	51487.90	22936.73
8.00	80111.18	80566.35	86743.26	59284.08
9.00	92968.28	84610.28	92535.25	74761.69
10.00	81886.64	0	72080.28	77105.05
11.00	0	0	0	77096.83
12.00	0	0	0	73632.54
13.00	0	0	0	83666.78
14.00	0	0	72921.43	76138.51
15.00	86292.42	82773.87	89705.16	76625.19
16.00	93218.42	86257.07	93871.91	69309.64
17.00	81780.96	74926.62	59745.95	36119.91
18.00	28011.07	28483.76	22277.62	0

ตารางแสดงค่าความสว่างสูงสุดของแสงสะท้อนจากเปลือกอาคารกรณีศึกษารูปทรงที่ 2: รูปทรงสี่เหลี่ยมเปลือกอาคารลาดเอียงเข้าหาอาคารในแนวตั้ง (หันด้านที่ลาดเอียงทางทิศตะวันออก) ที่กระทำต่อบริบทโดยรอบในแนวตั้งในรัศมี 200 เมตร

เวลา	วันที่ทำการจำลอง			
	21 มีนาคม	21 มิถุนายน	21 กันยายน	21 ธันวาคม
6.00	0	22185.61	0	0
7.00	24945.45	55352.52	43167.72	23489.59
8.00	88964.93	83714.17	93867.94	61834.26
9.00	0	0	0	78605.92
10.00	0	0	0	0
11.00	0	0	0	0
12.00	0	0	0	0
13.00	0	0	0	0
14.00	0	0	0	0
15.00	0	0	0	0
16.00	0	0	80226.15	72722.90
17.00	84315.46	78146.02	76411.21	37199.52
18.00	24097.36	29370.67	22804.93	0

ตารางแสดงค่าความสว่างสูงสุดของแสงสะท้อนจากเปลือกอาคารกรณีศึกษารูปทรงที่ 3: รูปทรงสี่เหลี่ยม เปลือกอาคารลาดเอียงออกจากอาคารในแนวตั้ง (หันด้านที่ลาดเอียงทางทิศใต้) ที่สะท้อนลงบนพื้นราบ

เวลา	วันที่ทำการจำลอง			
	21 มีนาคม	21 มิถุนายน	21 กันยายน	21 ธันวาคม
6.00	0	3051.69	0	0
7.00	7250.12	19604.89	13807.32	4969.80
8.00	36524.63	47237.49	43668.16	25186.73
9.00	63087.64	70879.24	68947.86	49241.81
10.00	83785.59	89183.94	88165.30	67651.83
11.00	97992.12	101747.77	100833.19	79435.55
12.00	104747.04	109472.39	104248.72	84124.79
13.00	104397.40	106975.70	103727.24	82962.72
14.00	96096.22	97888.33	93543.79	74361.24
15.00	80834.06	83128.98	76696.95	59097.49
16.00	59100.39	62785.09	53494.85	37719.47
17.00	31658.07	37483.89	24980.54	11544.55
18.00	5843.77	8919.53	3933.42	0

ตารางแสดงค่าความสว่างสูงสุดของแสงสะท้อนจากเปลือกอาคารกรณีศึกษารูปทรงที่ 3: รูปทรงสี่เหลี่ยม เปลือกอาคารลาดเอียงออกจากอาคารในแนวตั้ง (หันด้านที่ลาดเอียงทางใต้) ที่กระทำต่อบริบทโดยรอบในแนวตั้งในรัศมี 12 เมตร

เวลา	วันที่ทำการจำลอง			
	21 มีนาคม	21 มิถุนายน	21 กันยายน	21 ธันวาคม
6.00	0	21144.75	0	0
7.00	27847.74	50553.61	49585.78	24042.76
8.00	78818.34	68341.18	81678.60	58498.39
9.00	80264.80	65519.55	78205.91	58498.39
10.00	62540.31	54429.15	58669.12	63738.32
11.00	44046.76	43740.28	43711.71	57745.84
12.00	44695.84	43116.11	44928.89	59928.31
13.00	44302.15	42462.22	44169.77	60434.52
14.00	45418.08	46016.57	50891.18	60742.81
15.00	69246.18	59193.69	73381.63	65418.20
16.00	81382.57	67798.72	82223.71	62831.81
17.00	76921.57	65593.90	70284.28	36881.18
18.00	27026.35	27624.55	26012.27	0

ตารางแสดงค่าความสว่างสูงสุดของแสงสะท้อนจากเปลือกอาคารกรณีศึกษารูปทรงที่ 3: รูปทรงสี่เหลี่ยมเปลือกอาคารลาดเอียงออกจากอาคารในแนวตั้ง (หันด้านที่ลาดเอียงทางทิศใต้) ที่กระทำต่อบริบทโดยรอบในแนวตั้งในรัศมี 100 เมตร

เวลา	วันที่ทำการจำลอง			
	21 มีนาคม	21 มิถุนายน	21 กันยายน	21 ธันวาคม
6.00	0	21300.47	0	0
7.00	28275.36	53001.35	48844.09	22926.97
8.00	77236.60	80537.29	81727.78	58825.04
9.00	81504.73	84837.38	80807.40	74597.86
10.00	73730.63	0	72159.21	77259.51
11.00	66995.01	0	64292.24	75354.14
12.00	0	0	0	88140.13
13.00	59223.97	0	60552.18	83622.88
14.00	68539.51	0	69838.25	76288.10
15.00	74947.32	80745.68	76937.52	76672.75
16.00	82010.35	84627.45	83679.13	69383.96
17.00	73893.40	74304.11	68515.14	36121.34
18.00	27711.36	28499.68	27126.10	0

ตารางแสดงค่าความสว่างสูงสุดของแสงสะท้อนจากเปลือกอาคารกรณีศึกษารูปทรงที่ 3: รูปทรงสี่เหลี่ยมเปลือกอาคารลาดเอียงออกจากอาคารในแนวตั้ง (หันด้านที่ลาดเอียงทางทิศใต้) ที่กระทำต่อบริบทโดยรอบในแนวตั้งในรัศมี 200 เมตร

เวลา	วันที่ทำการจำลอง			
	21 มีนาคม	21 มิถุนายน	21 กันยายน	21 ธันวาคม
6.00	0	22152.21	0	0
7.00	29348.78	55281.12	51826.69	23449.47
8.00	84980.39	83367.84	89439.82	61669.92
9.00	89883.67	0	0	78467.03
10.00	0	0	0	82849.98
11.00	0	0	0	80643.66
12.00	0	0	0	0
13.00	0	0	0	79497.5
14.00	0	0	0	81979.95
15.00	0	0	0	81304.83
16.00	90768.57	0	91778.62	72792.78
17.00	81140.51	77092.57	73469.32	37111.77
18.00	28709.88	29301.51	27817.12	0

ตารางแสดงค่าความสว่างสูงสุดของแสงสะท้อนจากเปลือกอาคารกรณีศึกษารูปทรงที่ 3: รูปทรงสี่เหลี่ยมเปลือกอาคารลาดเอียงออกจากอาคารในแนวตั้ง (หันด้านที่ลาดเอียงทางทิศตะวันตก) ที่สะท้อนลงบนพื้นราบ

เวลา	วันที่ทำการจำลอง			
	21 มีนาคม	21 มิถุนายน	21 กันยายน	21 ธันวาคม
6.00	0	3046.18	0	0
7.00	7242.29	19550.54	13796.58	4949.57
8.00	36529.21	47213.79	43646.32	25156.28
9.00	63089.71	70862.95	68940.56	49194.59
10.00	83778.19	89206.64	88211.02	67754.56
11.00	97991.44	101827.46	100853.83	79843.11
12.00	105631.98	109069.23	106967.64	85188.68
13.00	104759.80	106898.10	103734.55	83477.33
14.00	95716.06	97238.49	93087.21	74575.27
15.00	80246.43	82555.87	76139.98	59032.23
16.00	58593.82	62354.08	53056.75	37573.10
17.00	31229.93	37268.23	24700.41	11478.23
18.00	5661.18	8837.15	3657.25	0

ตารางแสดงค่าความสว่างสูงสุดของแสงสะท้อนจากเปลือกอาคารกรณีศึกษารูปทรงที่ 3: รูปทรงสี่เหลี่ยมเปลือกอาคารลาดเอียงออกจากอาคารในแนวตั้ง (หันด้านที่ลาดเอียงทางทิศตะวันตก) ที่กระทำต่อบริบทโดยรอบในแนวตั้งในรัศมี 12 เมตร

เวลา	วันที่ทำการจำลอง			
	21 มีนาคม	21 มิถุนายน	21 กันยายน	21 ธันวาคม
6.00	0	17863.68	0	0
7.00	23269.21	50412.91	40351.17	20387.42
8.00	64679.37	68144.12	67143.67	56958.17
9.00	67613.20	65256.36	65846.83	68466.55
10.00	59080.18	55649.06	57203.00	66552.56
11.00	46341.76	45996.25	43648.44	61048.20
12.00	51732.39	48949.17	49669.89	70291.82
13.00	43307.63	43894.26	43591.84	67863.18
14.00	48722.38	49543.42	52398.91	61632.81
15.00	60058.93	58473.76	62601.77	65329.94
16.00	64941.79	63328.86	68108.70	61349.57
17.00	61790.33	60963.94	56791.33	30214.80
18.00	21890.97	22246.63	17091.85	0

ตารางแสดงค่าความสว่างสูงสุดของแสงสะท้อนจากเปลือกอาคารกรณีศึกษารูปทรงที่ 3: รูปทรงสี่เหลี่ยมเปลือกอาคารลาดเอียงออกจากอาคารในแนวตั้ง (หันด้านที่ลาดเอียงทางทิศตะวันตก) ที่กระทำต่อปริบทโดยรอบในแนวตั้งในรัศมี 100 เมตร

เวลา	วันที่ทำการจำลอง			
	21 มีนาคม	21 มิถุนายน	21 กันยายน	21 ธันวาคม
6.00	0	21341.69	0	0
7.00	28692.63	54932.49	51366.05	22953.63
8.00	86072.03	81814.22	90747.24	58804.64
9.00	93040.14	85892.28	92411.38	74155.85
10.00	82216.48	0	0	76504.47
11.00	0	0	0	74523.11
12.00	0	0	0	81291.34
13.00	0	0	0	73797.09
14.00	68588.92	67445.45	70101.22	75886.15
15.00	84741.23	80790.51	89023.44	76594.54
16.00	93078.83	84885.74	93692.86	69711.31
17.00	66317.82	74435.16	74123.36	36183.92
18.00	28120.96	28549.24	22375.25	0

ตารางแสดงค่าความสว่างสูงสุดของแสงสะท้อนจากเปลือกอาคารกรณีศึกษารูปทรงที่ 3: รูปทรงสี่เหลี่ยมเปลือกอาคารลาดเอียงออกจากอาคารในแนวตั้ง (หันด้านที่ลาดเอียงทางทิศตะวันตก) ที่กระทำต่อปริบทโดยรอบในแนวตั้งในรัศมี 200 เมตร

เวลา	วันที่ทำการจำลอง			
	21 มีนาคม	21 มิถุนายน	21 กันยายน	21 ธันวาคม
6.00	0	22182.56	0	0
7.00	29904.31	56162.6	53179.32	23465.53
8.00	88571.85	83487.09	93484.21	61632.81
9.00	0	0	0	78391.03
10.00	0	0	0	0
11.00	0	0	0	0
12.00	0	0	0	0
13.00	0	0	0	0
14.00	0	0	0	81979.78
15.00	80459.05	79510.42	81785.86	81332.25
16.00	81606.69	82490.46	80393.83	72876.49
17.00	68839.76	77188.60	62152.28	37225.12
18.00	29055.24	29373.03	52575.71	0

ตารางแสดงค่าความสว่างสูงสุดของแสงสะท้อนจากเปลือกอาคารกรณีศึกษารูปทรงที่ 3: รูปทรงสี่เหลี่ยม เปลือกอาคารลาดเอียงออกจากอาคารในแนวตั้ง (หันด้านที่ลาดเอียงทางทิศเหนือ) ที่สะท้อนลงบนพื้นราบ

เวลา	วันที่ทำการจำลอง			
	21 มีนาคม	21 มิถุนายน	21 กันยายน	21 ธันวาคม
6.00	0	3058.27	0	0
7.00	7260.03	19586.91	13803.82	4968.62
8.00	36519.20	47253.82	43684.88	25192.82
9.00	63094.24	70874.91	68954.09	49242.26
10.00	83810.72	89183.22	88179.19	67698.30
11.00	97992.33	101751.98	100825.4	79829.49
12.00	105794.84	108632.07	107121.91	85202.35
13.00	104898.69	106859.01	103805.72	83472.43
14.00	96094.61	97876.84	93528.16	74575.16
15.00	80831.14	83134.15	76692.87	59114.79
16.00	59099.11	62786.51	53498.64	37707.07
17.00	31639.02	37474.72	24981.76	11555.74
18.00	5830.44	8932.63	3918.02	0

ตารางแสดงค่าความสว่างสูงสุดของแสงสะท้อนจากเปลือกอาคารกรณีศึกษารูปทรงที่ 3: รูปทรงสี่เหลี่ยม เปลือกอาคารลาดเอียงออกจากอาคารในแนวตั้ง (หันด้านที่ลาดเอียงทางทิศเหนือ) ที่กระทำต่อบริบท โดยรอบในแนวตั้งในรัศมี 12 เมตร

เวลา	วันที่ทำการจำลอง			
	21 มีนาคม	21 มิถุนายน	21 กันยายน	21 ธันวาคม
6.00	0	23374.38	0	0
7.00	23349.71	56683.27	40304.66	22153.38
8.00	65011.94	77156.72	67511.98	57052.24
9.00	67795.65	73847.05	66398.43	68470.73
10.00	58660.01	56458.62	55514.58	66458.38
11.00	45643.71	43722.24	43889.92	60731.11
12.00	45785.66	44725.22	47009.73	60269.52
13.00	43539.72	43644.67	42615.06	60470.13
14.00	47653.59	44854.41	50236.41	63844.75
15.00	60689.77	62365.27	62981.28	68361.88
16.00	68497.70	76797.14	68868.42	65543.31
17.00	62254.26	74113.88	56825.56	35029.11
18.00	22750	30664.65	21730.01	0

ตารางแสดงค่าความสว่างสูงสุดของแสงสะท้อนจากเปลือกอาคารกรณีศึกษารูปทรงที่ 3: รูปทรงสี่เหลี่ยมเปลือกอาคารลาดเอียงออกจากอาคารในแนวตั้ง (หันด้านที่ลาดเอียงทางทิศเหนือ) ที่กระทำต่อปริบทโดยรอบในแนวตั้งในรัศมี 100 เมตร

เวลา	วันที่ทำการจำลอง			
	21 มีนาคม	21 มิถุนายน	21 กันยายน	21 ธันวาคม
6.00	0	21309.92	0	0
7.00	24157.07	51894.10	51063.87	22946.48
8.00	85521.84	74212.44	90114.14	58794.20
9.00	92354.99	76918.45	91964.08	74346.70
10.00	81683.37	71530.04	71712.90	76672.88
11.00	0	63008.71	0	75789.69
12.00	0	0	0	88247.93
13.00	0	0	0	84869.34
14.00	0	67279.95	0	75881.71
15.00	84736.78	73899.23	88744.23	76540.13
16.00	92618.93	77316.05	93318.27	69262.62
17.00	81438.91	69427.02	59385.81	36148.75
18.00	27951.92	28504.66	26203.87	0

ตารางแสดงค่าความสว่างสูงสุดของแสงสะท้อนจากเปลือกอาคารกรณีศึกษารูปทรงที่ 3: รูปทรงสี่เหลี่ยมเปลือกอาคารลาดเอียงออกจากอาคารในแนวตั้ง (หันด้านที่ลาดเอียงทางทิศเหนือ) ที่กระทำต่อปริบทโดยรอบในแนวตั้งในรัศมี 200 เมตร

เวลา	วันที่ทำการจำลอง			
	21 มีนาคม	21 มิถุนายน	21 กันยายน	21 ธันวาคม
6.00	0	22153.22	0	0
7.00	29803.21	53897.53	42896.49	23455.48
8.00	88202.56	77808.08	93223.24	61617.18
9.00	0	0	0	78447.61
10.00	0	0	0	0
11.00	0	0	0	0
12.00	0	0	0	0
13.00	0	0	0	0
14.00	0	0	0	0
15.00	0	0	0	0
16.00	0	82352.27	80173.79	72792.61
17.00	68569.15	72860.86	76181.95	37114.99
18.00	24044.69	29369.02	27494.46	0

ตารางแสดงค่าความสว่างสูงสุดของแสงสะท้อนจากเปลือกอาคารกรณีศึกษารูปทรงที่ 3: รูปทรงสี่เหลี่ยมเปลือกอาคารลาดเอียงออกจากอาคารในแนวตั้ง (หันด้านที่ลาดเอียงทางทิศตะวันออก) ที่สะท้อนลงบนพื้นราบ

เวลา	วันที่ทำการจำลอง			
	21 มีนาคม	21 มิถุนายน	21 กันยายน	21 ธันวาคม
6.00	0	3025.02	0	0
7.00	6985.87	19448.78	13456.46	4931.38
8.00	36251.71	46952.36	43392.82	25093.87
9.00	62564.72	70403.51	68416.16	49081.66
10.00	83241.18	88702.16	87720.70	67732.63
11.00	97662.35	101236.74	100572.35	79851.61
12.00	105669.82	109356.45	107028.84	85202.12
13.00	104756.71	106935.87	103769.2	83479.66
14.00	96116.56	97899.58	93547.05	74582.41
15.00	80826.41	83114.73	76674.11	59063.57
16.00	59065.45	62782.71	53478.56	37664.59
17.00	31620.30	37485.95	24954.05	11524.38
18.00	5827.99	8895.66	3922.59	0

ตารางแสดงค่าความสว่างสูงสุดของแสงสะท้อนจากเปลือกอาคารกรณีศึกษารูปทรงที่ 3: รูปทรงสี่เหลี่ยมเปลือกอาคารลาดเอียงออกจากอาคารในแนวตั้ง (หันด้านที่ลาดเอียงทางทิศตะวันออก) ที่กระทำต่อบริบทโดยรอบในแนวตั้งในรัศมี 12 เมตร

เวลา	วันที่ทำการจำลอง			
	21 มีนาคม	21 มิถุนายน	21 กันยายน	21 ธันวาคม
6.00	0	17811.55	0	0
7.00	17682.88	44617.44	32660.73	18609.74
8.00	60778.67	63839.98	63169.97	52622.27
9.00	66078.47	61250.20	65703.23	64988.93
10.00	59051.75	55538.02	57089.67	63947.29
11.00	46098.90	45416.77	44329.48	59590.09
12.00	43307.18	43022.44	45779.28	69346.88
13.00	44258.16	42362.16	43060.73	58813.62
14.00	48981.17	49856.67	52556.39	64033.96
15.00	60237.92	58809.34	62649.72	68340.72
16.00	68226.76	67476.68	68621.86	65500.99
17.00	61891.76	65233.87	56821.40	34960.91
18.00	22526.71	27463.22	18247.92	0

ตารางแสดงค่าความสว่างสูงสุดของแสงสะท้อนจากเปลือกอาคารกรณีศึกษารูปทรงที่ 3: รูปทรงสี่เหลี่ยมจัตุรัส เปลือกอาคารลาดเอียงออกจากอาคารในแนวตั้ง (หันด้านที่ลาดเอียงทางทิศตะวันออก) ที่กระทำต่อปริบท โดยรอบในแนวตั้งในรัศมี 100 เมตร

เวลา	วันที่ทำการจำลอง			
	21 มีนาคม	21 มิถุนายน	21 กันยายน	21 ธันวาคม
6.00	0	21341.65	0	0
7.00	28845.49	53111.72	51591.01	22940.79
8.00	86026.89	79460.15	73888.54	59288.56
9.00	92940.72	84456.30	92394.13	74789.23
10.00	81765.07	71610.20	72385.32	77163.08
11.00	67162.60	63281.19	64417.76	74774.82
12.00	0	0	0	82497.43
13.00	0	0	0	84058.85
14.00	0	0	0	75828.75
15.00	85152.02	81773.59	89324.10	76434.59
16.00	93698.61	86458.42	93957.87	69094.60
17.00	81906.92	76733.26	59596.89	36199.55
18.00	0	21341.65	0	0

ตารางแสดงค่าความสว่างสูงสุดของแสงสะท้อนจากเปลือกอาคารกรณีศึกษารูปทรงที่ 3: รูปทรงสี่เหลี่ยมจัตุรัส เปลือกอาคารลาดเอียงออกจากอาคารในแนวตั้ง (หันด้านที่ลาดเอียงทางทิศตะวันออก) ที่กระทำต่อปริบท โดยรอบในแนวตั้งในรัศมี 200 เมตร

เวลา	วันที่ทำการจำลอง			
	21 มีนาคม	21 มิถุนายน	21 กันยายน	21 ธันวาคม
6.00	0	22177.48	0	0
7.00	24947.09	55352.28	43213.93	23500.88
8.00	88665.15	83328.92	93464.10	61838.67
9.00	0	82734.97	82890.68	78563.13
10.00	0	0	0	82688.56
11.00	0	0	0	0
12.00	0	0	0	0
13.00	0	0	0	0
14.00	0	0	0	0
15.00	0	0	0	0
16.00	0	0	80322.82	72745.67
17.00	84439.74	77769.47	76457.31	37174.83
18.00	24127.86	29467.23	22852.70	0

ตารางแสดงค่าความสว่างสูงสุดของแสงสะท้อนจากเปลือกอาคารกรณีศึกษารูปทรงที่ 4: รูปทรงโค้ง
เว้า (หันด้านที่โค้งเว้าทางทิศใต้) ที่สะท้อนลงบนพื้นราบ

เวลา	วันที่ทำการจำลอง			
	21 มีนาคม	21 มิถุนายน	21 กันยายน	21 ธันวาคม
6.00	0	3042	0	0
7.00	7658.90	19543.11	13775.62	4971.84
8.00	41859.15	47217.50	50793.79	41545.40
9.00	73543.65	70850.58	95175.27	70942.71
10.00	99723.73	89165.18	122150.07	88842.53
11.00	137072.51	101817.35	149744.26	132883.62
12.00	148225.98	109434.91	159782.01	127787.81
13.00	146973.52	106972.08	155354.42	125232.89
14.00	134304.02	97905.68	147508.58	156422.35
15.00	96077.00	83096.11	107035.61	88915.44
16.00	68711.33	62747.38	63352.97	54116.57
17.00	36131.35	37453.55	24951.47	17751.33
18.00	5825.92	8899.20	3916.45	0

ตารางแสดงค่าความสว่างสูงสุดของแสงสะท้อนจากเปลือกอาคารกรณีศึกษารูปทรงที่ 4: รูปทรงโค้ง
เว้า (หันด้านที่โค้งเว้าทางทิศใต้) ที่กระทำต่อบริบทโดยรอบในแนวตั้งในรัศมี 12 เมตร

เวลา	วันที่ทำการจำลอง			
	21 มีนาคม	21 มิถุนายน	21 กันยายน	21 ธันวาคม
6.00	0	14704.75	0	0
7.00	22861.45	47768.42	41090.08	19488.35
8.00	80997.62	64989.39	83824.20	54512.05
9.00	94127.23	62349.41	91068.00	66270.28
10.00	87227.79	54350.77	71939.63	64746.50
11.00	57515.85	44469.86	57900.30	60669.28
12.00	68584.54	43460.13	54718.08	56898.30
13.00	57982.00	42765.60	52178.96	59987.83
14.00	71275.10	48624.18	74274.09	62302.83
15.00	81584.93	57708.30	85708.01	66252.43
16.00	81878.31	64645.73	84559.32	63191.70
17.00	76017.16	62243.45	70107.09	29895.10
18.00	22124.32	20060.67	17323.87	0

ตารางแสดงค่าความสว่างสูงสุดของแสงสะท้อนจากเปลือกอาคารกรณีศึกษารูปทรงที่ 4: รูปทรงโค้ง
เว้า (หันด้านที่โค้งเว้าทางทิศใต้) ที่กระทำต่อปริบทโดยรอบในแนวตั้งในรัศมี 100 เมตร

เวลา	วันที่ทำการจำลอง			
	21 มีนาคม	21 มิถุนายน	21 กันยายน	21 ธันวาคม
6.00	0	21338.58	0	0
7.00	28993.39	53130.25	51762.93	25605.13
8.00	84345.64	80460.18	91324.05	62923.03
9.00	95150.83	84528.63	88966.14	97705.90
10.00	73964.81	71544.65	72367.04	77398.97
11.00	0	0	0	75452.79
12.00	0	0	0	88141.34
13.00	0	0	0	84068.92
14.00	0	0	0	76522.32
15.00	75598.37	80672.52	91863.36	87618.55
16.00	89721.47	84716.79	94829.37	82845.98
17.00	82213.24	74408.69	72942.50	39656.84
18.00	28199.61	28601.18	27088.46	0

ตารางแสดงค่าความสว่างสูงสุดของแสงสะท้อนจากเปลือกอาคารกรณีศึกษารูปทรงที่ 4: รูปทรงโค้ง
เว้า (หันด้านที่โค้งเว้าทางทิศใต้) ที่กระทำต่อปริบทโดยรอบในแนวตั้งในรัศมี 200 เมตร

เวลา	วันที่ทำการจำลอง			
	21 มีนาคม	21 มิถุนายน	21 กันยายน	21 ธันวาคม
6.00	0	22164.83	0	0
7.00	29974.48	55375.37	52581.82	31647.48
8.00	87354.29	83459.56	77075.36	84376.95
9.00	0	0	0	78661.99
10.00	0	0	0	0
11.00	0	0	0	0
12.00	0	0	0	0
13.00	0	0	0	0
14.00	0	0	0	0
15.00	0	0	0	0
16.00	0	0	80256.74	73145.83
17.00	83257.09	77175.18	75305.43	49568.30
18.00	29090.72	29419.04	22831.29	0

ตารางแสดงค่าความสว่างสูงสุดของแสงสะท้อนจากเปลือกอาคารกรณีศึกษารูปทรงที่ 4: รูปทรงโค้ง
เว้า (หันด้านที่โค้งเว้าทางทิศตะวันตก) ที่สะท้อนลงบนพื้นราบ

เวลา	วันที่ทำการจำลอง			
	21 มีนาคม	21 มิถุนายน	21 กันยายน	21 ธันวาคม
6.00	0	3046.32	0	0
7.00	7242.42	19558.36	13777.74	4961.31
8.00	36533.20	47187.66	43672.72	25174.04
9.00	63084.86	70876.43	68940.69	49176.90
10.00	83774.76	89183.83	88183.78	67678.25
11.00	98033.84	101834.19	100860.2	79841.41
12.00	105786.03	109411.39	107131.59	85182.07
13.00	104898.67	106932.74	146273.70	116321.22
14.00	159577.89	119727.32	133493.06	88217.27
15.00	159510.19	124553.59	118242.35	85729.90
16.00	133518.71	84668.02	129012.93	97310.97
17.00	84716.69	90616.03	73468.89	27814.34
18.00	10666.05	15383.22	8497.65	0

ตารางแสดงค่าความสว่างสูงสุดของแสงสะท้อนจากเปลือกอาคารกรณีศึกษารูปทรงที่ 4: รูปทรงโค้ง
เว้า (หันด้านที่โค้งเว้าทางทิศตะวันตก) ที่กระทำต่อปริบทโดยรอบในแนวตั้งในรัศมี 12 เมตร

เวลา	วันที่ทำการจำลอง			
	21 มีนาคม	21 มิถุนายน	21 กันยายน	21 ธันวาคม
6.00	0	16915.42	0	0
7.00	17895.90	44041.55	32402.00	14827.44
8.00	50580.56	59505.64	52728.87	52029.44
9.00	65275.18	60097.92	64934.32	64155.20
10.00	58286.20	54451.29	56111.80	62820.35
11.00	44470.10	44490.67	43985.41	57834.99
12.00	44163.38	43416.11	45234.67	54991.31
13.00	55195.43	50278.07	43111.08	79762.05
14.00	57096.90	62847.05	60419.80	62260.36
15.00	59263.25	57639.53	61920.76	66229.35
16.00	65813.32	65020.65	66017.64	63188.13
17.00	59520.72	62806.46	56960.42	29902.01
18.00	22247.01	21867.31	17420.17	0

ตารางแสดงค่าความสว่างสูงสุดของแสงสะท้อนจากเปลือกอาคารกรณีศึกษารูปทรงที่ 4: รูปทรงโค้ง
เว้า (หันด้านที่โค้งเว้าทางทิศตะวันตก) ที่กระทำต่อบริบทโดยรอบในแนวตั้งในรัศมี 100 เมตร

เวลา	วันที่ทำการจำลอง			
	21 มีนาคม	21 มิถุนายน	21 กันยายน	21 ธันวาคม
6.00	0	21300.33	0	0
7.00	28882.88	52999.41	51534.79	22943.16
8.00	81863.3	79221.13	84659.7	59449.04
9.00	92493.72	84155.25	92047.17	75143.35
10.00	82139.47	71733.09	72152.69	77325.03
11.00	0	0	0	75386.07
12.00	0	0	0	87986.19
13.00	0	0	0	74552.45
14.00	0	0	0	76635.80
15.00	85054.76	80735.05	89034.69	77196.49
16.00	92933.99	84827.34	93461.08	73707.89
17.00	70800.01	80873.12	59813.53	36264.79
18.00	28127.74	28651.89	22392.05	0

ตารางแสดงค่าความสว่างสูงสุดของแสงสะท้อนจากเปลือกอาคารกรณีศึกษารูปทรงที่ 4: รูปทรงโค้ง
เว้า (หันด้านที่โค้งเว้าทางทิศตะวันตก) ที่กระทำต่อบริบทโดยรอบในแนวตั้งในรัศมี 200 เมตร

เวลา	วันที่ทำการจำลอง			
	21 มีนาคม	21 มิถุนายน	21 กันยายน	21 ธันวาคม
6.00	0	22177.4	0	0
7.00	29818.83	55258.20	43163.98	23509.56
8.00	88450.22	83462.87	93353.13	61947.04
9.00	82472.93	0	0	78666.48
10.00	79223.35	0	0	0
11.00	0	0	0	0
12.00	0	0	0	0
13.00	0	0	0	0
14.00	0	0	0	0
15.00	0	0	0	0
16.00	0	0	0	72987.18
17.00	0	77150.92	0	95508.29
18.00	33932.38	54117.77	33863.69	0

ตารางแสดงค่าความสว่างสูงสุดของแสงสะท้อนจากเปลือกอาคารกรณีศึกษารูปทรงที่ 4: รูปทรงโค้ง
เว้า (หันด้านที่โค้งเว้าทางทิศเหนือ) ที่สะท้อนลงบนพื้นราบ

เวลา	วันที่ทำการจำลอง			
	21 มีนาคม	21 มิถุนายน	21 กันยายน	21 ธันวาคม
6.00	0	3058.81	0	0
7.00	7239.76	25190.22	13791.84	4948.40
8.00	36509.02	58160.04	43654.16	25149.59
9.00	63055.40	70987.05	68928.84	49187.27
10.00	83758.95	138203.97	88177.82	67682.16
11.00	98006.53	121710.07	100835.30	79837.85
12.00	105789.32	108671.78	107148.06	85214.51
13.00	104883.17	106994.57	103812.34	83471.01
14.00	96087.52	137485.35	93563.91	74565.24
15.00	80798.85	97738.44	76667.02	59045.92
16.00	59046.53	88496.72	53465.08	37664.37
17.00	31619.83	53654.39	24958.02	11523.04
18.00	5820.05	11207.17	3927.93	0

ตารางแสดงค่าความสว่างสูงสุดของแสงสะท้อนจากเปลือกอาคารกรณีศึกษารูปทรงที่ 4: รูปทรงโค้ง
เว้า (หันด้านที่โค้งเว้าทางทิศเหนือ) ที่กระทำต่อบริบทโดยรอบในแนวตั้งในรัศมี 12 เมตร

เวลา	วันที่ทำการจำลอง			
	21 มีนาคม	21 มิถุนายน	21 กันยายน	21 ธันวาคม
6.00	0	18390.25	0	0
7.00	18730.09	48014.18	33397.03	15291.94
8.00	61993.08	75330.54	64484.93	53956.01
9.00	65412.50	72540.39	64909.97	65112.46
10.00	58470.29	80475.99	56194.11	62739.92
11.00	44993.12	67231.94	44490.71	55873.59
12.00	44194.45	42581.24	45281.31	55647.09
13.00	43517.96	46648.72	43221.80	59814.95
14.00	47770.38	73542.76	51510.39	59609.37
15.00	59493.63	82065.64	62012.55	64487.13
16.00	65400.39	78675.88	65779.47	62187.21
17.00	59402.06	62734.00	57127.11	22357.50
18.00	22223.47	25393.80	17646.98	0

ตารางแสดงค่าความสว่างสูงสุดของแสงสะท้อนจากเปลือกอาคารกรณีศึกษารูปทรงที่ 4: รูปทรงโค้ง
เว้า (หันด้านที่โค้งเว้าทางทิศเหนือ) ที่กระทำต่อบริบทโดยรอบในแนวตั้งในรัศมี 100 เมตร

เวลา	วันที่ทำการจำลอง			
	21 มีนาคม	21 มิถุนายน	21 กันยายน	21 ธันวาคม
6.00	0	25332.49	0	0
7.00	28926.07	66111.65	51561.21	22959.10
8.00	85943.51	114102.22	74146.17	59420.84
9.00	92638.02	91752.97	92131.25	75314.45
10.00	81927.22	0	72088.89	77358.99
11.00	0	0	0	75106.87
12.00	0	0	0	88632.61
13.00	0	0	0	84307.06
14.00	0	0	0	76341.33
15.00	84990.19	74468.12	89044.98	77083.8
16.00	92955.29	90441.5	93450.57	70063.49
17.00	66487.03	108247.00	59937.35	36269.47
18.00	28181.03	33959.39	22349.41	0

ตารางแสดงค่าความสว่างสูงสุดของแสงสะท้อนจากเปลือกอาคารกรณีศึกษารูปทรงที่ 4: รูปทรงโค้ง
เว้า (หันด้านที่โค้งเว้าทางทิศเหนือ) ที่กระทำต่อบริบทโดยรอบในแนวตั้งในรัศมี 200 เมตร

เวลา	วันที่ทำการจำลอง			
	21 มีนาคม	21 มิถุนายน	21 กันยายน	21 ธันวาคม
6.00	0	25987.89	0	0
7.00	24965.37	69746.22	43249.01	23480.79
8.00	88549.84	78197.13	93366.61	61943.24
9.00	0	0	0	78722.43
10.00	0	0	0	0
11.00	0	0	0	0
12.00	0	0	0	0
13.00	0	0	0	0
14.00	0	0	0	0
15.00	0	0	0	0
16.00	0	0	80430.14	72960.42
17.00	68898.99	83104.71	62063.71	37256.50
18.00	24103.51	41673.48	22799.65	0

ตารางแสดงค่าความสว่างสูงสุดของแสงสะท้อนจากเปลือกอาคารกรณีศึกษารูปทรงที่ 4: รูปทรงโค้ง
เว้า (หันด้านที่โค้งเว้าทางทิศตะวันออก) ที่สะท้อนลงบนพื้นราบ

เวลา	วันที่ทำการจำลอง			
	21 มีนาคม	21 มิถุนายน	21 กันยายน	21 ธันวาคม
6.00	0	7163.75	0	0
7.00	14706.75	56627.76	30294.71	9227.75
8.00	94385.89	79825.95	93355.11	74534.90
9.00	92567.77	127744.55	115749.28	119581.77
10.00	122396.73	142290.27	164595.49	121728.13
11.00	118235.87	101925.27	121261.97	80393.21
12.00	105805.95	109471.6	107152.85	85188.05
13.00	104850.81	106959.8	103811.39	83462.51
14.00	96126.53	97923.13	93546.38	74544.84
15.00	80823.85	83111.70	76683.89	59043.65
16.00	59050.08	62740.54	53473.71	37680.84
17.00	31661.99	37476.44	24964.32	11520.83
18.00	5831.17	8905.41	3913.22	0

ตารางแสดงค่าความสว่างสูงสุดของแสงสะท้อนจากเปลือกอาคารกรณีศึกษารูปทรงที่ 4: รูปทรงโค้ง
เว้า (หันด้านที่โค้งเว้าทางทิศตะวันออก) ที่กระทำต่อบริบทโดยรอบในแนวตั้งในรัศมี 12 เมตร

เวลา	วันที่ทำการจำลอง			
	21 มีนาคม	21 มิถุนายน	21 กันยายน	21 ธันวาคม
6.00	0	14562.85	0	0
7.00	18357.84	48068.38	33372.50	15066.47
8.00	62262.00	65575.42	64609.10	54535.16
9.00	65343.16	62870.72	65020.67	66451.15
10.00	58279.80	59196.50	56283.27	64709.67
11.00	70864.68	71912.71	72609.37	62275.63
12.00	43688.20	43302.85	43787.10	72857.76
13.00	43753.50	42876.98	43376.55	59742.70
14.00	47628.68	48645.77	51435.69	60757.81
15.00	59286.21	57577.83	61926.91	64342.12
16.00	64294.44	62063.01	65393.03	60711.37
17.00	60567.24	56454.37	56928.44	29540.34
18.00	21892.55	21619.27	17053.99	0

ตารางแสดงค่าความสว่างสูงสุดของแสงสะท้อนจากเปลือกอาคารกรณีศึกษารูปทรงที่ 4: รูปทรงโค้ง
เว้า (หันด้านที่โค้งเว้าทางทิศตะวันออก) ที่กระทำต่อบริบทโดยรอบในแนวตั้งในรัศมี 100 เมตร

เวลา	วันที่ทำการจำลอง			
	21 มีนาคม	21 มิถุนายน	21 กันยายน	21 ธันวาคม
6.00	0	21378.12	0	0
7.00	28876.23	53066.18	51566.58	22960.76
8.00	85992.28	130701.7	111960.35	59241.80
9.00	92630.03	84585.35	92250.69	107939.28
10.00	81961.27	0	72294.98	77472.59
11.00	0	0	0	75093.13
12.00	0	0	0	74081.16
13.00	0	0	0	84006.06
14.00	0	0	0	76455.01
15.00	84748.76	81044.83	89003.23	77098.99
16.00	92795.61	84479.64	93282.26	70004.27
17.00	77348.48	74054.58	59933.84	36243.77
18.00	28171.33	28586.49	22338.92	0

ตารางแสดงค่าความสว่างสูงสุดของแสงสะท้อนจากเปลือกอาคารกรณีศึกษารูปทรงที่ 4: รูปทรงโค้ง
เว้า (หันด้านที่โค้งเว้าทางทิศตะวันออก) ที่กระทำต่อบริบทโดยรอบในแนวตั้งในรัศมี 200 เมตร

เวลา	วันที่ทำการจำลอง			
	21 มีนาคม	21 มิถุนายน	21 กันยายน	21 ธันวาคม
6.00	0	57917.99	0	0
7.00	31119.81	55308.94	61536.84	56499.55
8.00	88530.86	83429.64	93553.16	61856.32
9.00	0	0	0	78722.22
10.00	0	0	0	0
11.00	0	0	0	0
12.00	0	0	0	0
13.00	0	0	0	0
14.00	0	0	0	0
15.00	0	0	0	0
16.00	0	0	80341.91	73069.15
17.00	68811.28	77095.15	74565.61	37253.98
18.00	24109.53	29395.65	74565.61	0

ตารางแสดงค่าความสว่างสูงสุดของแสงสะท้อนจากเปลือกอาคารกรณีศึกษารูปทรงที่ 5: รูปทรง
 แดงกว่า ที่สะท้อนลงบนพื้นราบ

เวลา	วันที่ทำการจำลอง			
	21 มีนาคม	21 มิถุนายน	21 กันยายน	21 ธันวาคม
6.00	0	5453.6	0	0
7.00	10294.70	27457.96	19420.41	7187.58
8.00	42490.03	61561.15	56818.82	34588.03
9.00	80190.78	90396.29	88103.12	63665.37
10.00	104940.30	92317.06	109666.93	86807.38
11.00	99581.42	124580.59	123256.10	84121.48
12.00	106338.10	109408.16	107047.66	106202.09
13.00	105474.22	106750.46	104727.96	87389.15
14.00	98048.18	99694.93	95917.20	94606.60
15.00	85024.82	104088.02	94851.10	75073.47
16.00	64509.13	80571.18	69620.13	50465.09
17.00	42763.53	51281.04	33952.56	16199.88
18.00	8649.72	12391.94	6524.65	0

ตารางแสดงค่าความสว่างสูงสุดของแสงสะท้อนจากเปลือกอาคารกรณีศึกษารูปทรงที่ 5: รูปทรง
 แดงกว่า ที่กระทำต่อบริบทโดยรอบในแนวตั้งในรัศมี 12 เมตร

เวลา	วันที่ทำการจำลอง			
	21 มีนาคม	21 มิถุนายน	21 กันยายน	21 ธันวาคม
6.00	0	20261.93	0	0
7.00	23298.62	50248.78	41587.87	21710.62
8.00	64088.13	86522.82	66386.77	63874.87
9.00	69606.71	81890.90	64429.72	67350.19
10.00	78526.64	62430.66	63863.57	64993.79
11.00	62392.06	52384.21	49714.72	75398.65
12.00	51216.25	46097.44	50910.81	66410.94
13.00	50879.83	46155.26	47737.23	78744.15
14.00	63513.55	63112.70	70223.62	68488.41
15.00	70544.97	79138.33	70537.00	81514.27
16.00	71970.59	82575.02	81856.24	64722.89
17.00	71963.18	64731.65	56347.78	34902.19
18.00	22680.43	27547.54	20568.18	0

ตารางแสดงค่าความสว่างสูงสุดของแสงสะท้อนจากเปลือกอาคารกรณีศึกษารูปทรงที่ 5: รูปทรง
 แดงกว่า ที่กระทำต่อบริบทโดยรอบในแนวตั้งในรัศมี 100 เมตร

เวลา	วันที่ทำการจำลอง			
	21 มีนาคม	21 มิถุนายน	21 กันยายน	21 ธันวาคม
6.00	0	23337.37	0	0
7.00	27977.79	62522.23	49507.02	27066.20
8.00	69563.41	86612.21	87998.04	73576.09
9.00	88214.34	85483.98	0	86806.31
10.00	73650.31	0	0	89159.44
11.00	0	0	0	85839.55
12.00	0	0	0	0
13.00	0	0	0	85460.27
14.00	0	0	0	87381.91
15.00	86274.64	83027.99	85505.68	92900.94
16.00	89881.52	85605.13	90927.54	81622.23
17.00	76114.66	82248.27	67115.62	42527.98
18.00	26722.40	33078.26	25965.74	0

ตารางแสดงค่าความสว่างสูงสุดของแสงสะท้อนจากเปลือกอาคารกรณีศึกษารูปทรงที่ 5: รูปทรง
 แดงกว่า ที่กระทำต่อบริบทโดยรอบในแนวตั้งในรัศมี 200 เมตร

เวลา	วันที่ทำการจำลอง			
	21 มีนาคม	21 มิถุนายน	21 กันยายน	21 ธันวาคม
6.00	0	28542.69	0	0
7.00	24948.17	65223.99	51934.77	29260.16
8.00	87236.42	92205.82	85422.71	72929.67
9.00	90242.50	95415.14	93199.76	92964.17
10.00	93379.53	81767.12	90146.04	98374.71
11.00	83978.10	80501.54	81849.17	84917.24
12.00	77164.88	73478.73	72589.15	93941.00
13.00	77720.09	73940.92	78007.94	93748.31
14.00	86902.72	87950.77	92673.06	90490.31
15.00	99435.07	79626.46	98690.94	95709.26
16.00	96724.87	93861.02	95683.93	79671.05
17.00	77970.52	74630.83	72983.99	45637.33
18.00	28516.37	32085.42	26818.59	0

บรรณานุกรม

- Amoros, V. M. (2015). When Building Attack Their Neighbors: Strategies for Protecting Against "Death Rays". *CTBUH Journal*(1), 20-25.
- Brotas, L., & Wienold, J. (2014). Solar reflected glare.
- Danks, R., & Good, J. (2016). *Urban Solar Reflection Identification, Simulation, Analysis and Mitigation: Learning from Case Studies*. Paper presented at the Proceedings of the eSim, Hamilton, Ontario.
- Deng, L. (2016). *Exterior Glare Simulation: Understanding Solar Convergence from Concave Facades Using Heat Maps*. (Master of Building Science), University of Southern California,
- Dwyer, C. (2017). Solar Glare: Guidelines and Best Practice for Assessing Solar Glare in the City of London. *Planning Advice Note*.
- Fedele, A. (2013). "London Skyscraper's Glass Facade Melts Cars."
- Grondzik, W. T., Kwok, A. G., Stein, B., & Reynolds, J. S. (1992). *Mechanical & Electrical Equipment for Buildings* Singapore: John Wiley & Sons, Inc.
- Suk, J. Y. (2015). *Absolute Glare and Relative Glare Factors: Predicting and Quantifying Levels of Interior Glare and Exterior Glare Caused by Sunlight and Daylight*. (Doctor of Philosophy), University of Southern California
- Wasilewski, S. (2015). Radiance Workshop :: Mitigating Building Scale Solar Convergence. *Loisos+Ubbelohde Architecture, Energy*.
- Yang, X., Grobe, L., & Stephen, W. (2013). *SIMULATION OF REFLECTED DAYLIGHT FROM BUILDING ENVELOPES*. Paper presented at the 13th Conference of International Building Performance Simulation Association, Chambéry, France.
- เด่นพงษ์ เศรษฐวงศ์. (2549). แนวทางการออกแบบอาคารเพื่อหลีกเลี่ยงแสงสะท้อนบนถนน: การวางผังและการเลือกวัสดุสำหรับเปลือกอาคาร. (สถาปัตยกรรมศาสตรมหาบัณฑิต), มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์,
- สุนทร บุญญาธิการ. (2541). การประยุกต์ใช้แสงธรรมชาติในอาคาร. *อาษา*, 13.
- อาวุธ สิริสรณ์ศักดิ์. (2548). การออกแบบแผงสะท้อนแสงสำหรับอาคารสำนักงาน. (วิทยานิพนธ์มหาบัณฑิต), มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์



จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-สกุล	ทัชชา อังกนะภัทรขจร
วัน เดือน ปี เกิด	8 พฤษภาคม 2535
สถานที่เกิด	กรุงเทพมหานคร
วุฒิการศึกษา	คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหาร ลาดกระบัง
ที่อยู่ปัจจุบัน	202/17 หมู่ 4 หมู่บ้านโพธารามเมืองใหม่ ต.บ้านเลือก อ.โพธาราม จ. ราชบุรี 70120



จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY