การควบคุมแสงธรรมชาติของศูนย์การค้าชุมชน เพื่อสร้างสภาวะน่าสบาย

นางสาวจณัญญา คติการ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทคัดย่อและแฟ้มข้อมูลฉบับเต็มของวิทยานิพนธ์ตั้งแต่ปีการศึกษา 2554 ที่ให้บริการในคลังปัญญาจุฬาฯ (CUIR)
เป็นแฟ้มข้อมูลของนิสิตเจ้าของวิทยานิพนธ์ ที่ส่งผ่านทางบัณฑิตวิทยาลัย
The abstract and full text of theses from the academic year 2011 in Chulalongkorn University Intellectual Repository (CUIR)
are the thesis authors' files submitted through the University Graduate School.

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาสถาปัตยกรรม ภาควิชาสถาปัตยกรรมศาสตร์
คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2557
ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

DAYLIGHTING CONTROL TO CREATE COMFORTABLE ENVIRONMENT : CASE STUDY LOWRISE COMMUNITY MALLS

Miss Janunya Khatikarn

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Science Program in Architecture
Department of Architecture
Faculty of Architecture
Chulalongkorn University
Academic Year 2014

Copyright of Chulalongkorn University

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การควบคุมแสงธรรมชาติของศูนย์การค้าชุมชน เพื่อสร้างสภาวะน่าสบาย
โดย	นางสาวจณัญญา คติการ
สาขาวิชา	สถาปัตยกรรม
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก	ศาสตราจารย์ ดร. สุนทร บุญญาธิการ

คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

.....คณบดีคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์
(รองศาสตราจารย์ ดร. ปิ่นรัชฎ์ กาญจนัษฐิติ)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร. วรสัณฑ์ บูรณากาญจน์)

.....อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก
(ศาสตราจารย์ ดร. สุนทร บุญญาธิการ)

.....กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. วรภัทร์ อิงคโรจน์ฤทธิ์)

.....กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ พรรณชลัท สุริโยธิน)

.....กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย
(อาจารย์ ดร. รวิช ควรประเสริฐ)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

จณัญญา คติการ : การควบคุมแสงธรรมชาติของศูนย์การค้าชุมชน เพื่อสร้างสภาวะน่าสบาย (DAYLIGHTING CONTROL TO CREATE COMFORTABLE ENVIRONMENT : CASE STUDY LOWRISE COMMUNITY MALLS) อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: ศ. ดร. สุนทร บุญญาธิการ, 119 หน้า.

ศูนย์การค้าชุมชนที่มีอยู่ในประเทศไทยนั้น ส่วนใหญ่ไม่มีการคำนึงถึงการป้องกันอิทธิพลจากแสงแดดทั้งในด้านของปริมาณปริมาณค่าความส่องสว่างและความร้อนที่เข้ามาในอาคาร ซึ่งส่งผลต่อสภาวะน่าสบาย จึงทำให้บริเวณโถงกลางและโถงทางเดิน ซึ่งเป็นพื้นที่เปิด มีปริมาณความเข้มแสงที่มากเกินความต้องการและทำให้อุณหภูมิบริเวณดังกล่าวเพิ่มขึ้นอีกด้วย ส่งผลให้ลูกค้าไม่เดินบริเวณนั้น และไม่สามารถใช้พื้นที่ได้อย่างเต็มประสิทธิภาพ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ คือออกแบบช่องเปิดเพื่อสกัดกั้นรังสีจากดวงอาทิตย์ สามารถควบคุมปริมาณแสงให้เหมาะสมกับการใช้งานบริเวณโถงกลางและโถงทางเดินของศูนย์การค้าชุมชน และไม่ทำให้อุณหภูมิสูงขึ้น งานวิจัยนี้ได้ศึกษาตัวแปรทั้งหมด 5 ตัวแปร ได้แก่ สภาพท้องฟ้า ค่าการสะท้อนของแสงของวัสดุภายในและภายนอก ขนาดช่องเปิด ค่าความส่องสว่าง และปริมาณความร้อนที่เข้ามาภายในอาคาร โดยมีการคำนวณหาขนาดช่องเปิดที่ทำให้ค่าความส่องสว่างมีปริมาณที่เหมาะสมกับการใช้งาน คือไม่มากเกินไปจนทำให้เกิดความไม่สบายตาและไม่น้อยเกินไปจนทำไม่เพียงพอต่อการมองเห็น

ศึกษาโดยการสำรวจศูนย์การค้าตัวอย่าง หาตัวแปร และนำมาทำหุ่นจำลอง เพื่อทำการทดลองควบคุมขนาดของช่องเปิด ที่ทำให้เกิดปริมาณค่าความส่องสว่างที่พอเหมาะ จากการวิจัยพบว่าขนาดของช่องเปิดมีผลต่อค่าความส่องสว่างและอุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงของพื้นที่โถงกลางและโถงทางเดินภายในศูนย์การค้าชุมชน

ผลการวิจัยนี้สรุปได้ว่า เมื่อมีการควบคุมแสงธรรมชาติ ด้วยขนาดของช่องเปิด คือ ช่องเปิดที่มีขนาดสัดส่วน 1.5 เปอร์เซ็นต์ของพื้นที่ทั้งหมดบริเวณโถงกลางและโถงทางเดิน และหันช่องแสงไปทางทิศเหนือ เพื่อใช้แสงกระจายจากท้องฟ้า (Diffuse Radiation) การควบคุมแสงธรรมชาติในลักษณะดังกล่าว จะทำให้พื้นที่บริเวณนั้นมีปริมาณแสงสว่างอยู่ในช่วง 10 – 20 ฟุตแคนเดิล ซึ่งเพียงพอต่อการใช้งาน และบริเวณร้านค้าที่ต้องการเน้นสินค้า เพื่อดึงดูดความสนใจจากลูกค้า ต้องการค่าความส่องสว่างมากกว่าบริเวณโถงกลางและโถงทางเดิน 10 เท่า หรือเท่ากับ 100 – 200 ฟุตแคนเดิล และช่องเปิดในลักษณะดังกล่าว ส่งผลให้อุณหภูมิบริเวณผิววัสดุใกล้เคียงกับอุณหภูมิอากาศ ทำให้ไม่มีอิทธิพลต่ออุณหภูมิพื้นผิวโดยรอบที่ร้อนต่อผู้ใช้อาคาร ก่อให้เกิดสภาวะน่าสบายภายในศูนย์การค้าชุมชน

ภาควิชา สถาปัตยกรรมศาสตร์ ลายมือชื่อนิสิต .....

สาขาวิชา สถาปัตยกรรม ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาหลัก .....

ปีการศึกษา 2557

5573327125 : MAJOR ARCHITECTURE
KEYWORDS:

JANUNYA KHATIKARN: DAYLIGHTING CONTROL TO CREATE COMFORTABLE ENVIRONMENT : CASE STUDY LOWRISE COMMUNITY MALLS. ADVISOR: PROF. DR. SOONTORN BOONYATIKARN, 119 pp.

Most community malls in Thailand neglect to consider protection from sunlight. This makes the hall and walkways in the open areas receive too much sunlight, resulting in increased temperature. This causes customers to avoid walking in the open areas, and the space is not fully utilized.

The purpose of this study is to design light openings that can block solar radiation. This is to control light intensity at a level that is appropriate for use in the hall and walkways in a community mall, and does not cause an increase in temperature. This thesis examined 5 factors including the sky, reflectivity of materials inside and outside, opening size, illuminance, and amount of heat that enters the building. The opening size is found through calculation that lets in adequate light for use, that is not too much as to cause eye irritation, and not too little as to make seeing difficult.

The study was conducted through survey of a community mall to make a model to test opening size. The experiment found that the size of opening has a direct effect of temperature in the open halls and walkways within a community mall.

The study can conclude that the brightness should be controlled through opening size at 1.5 percent of total hall and walkway area, and facing north to use diffused radiation. The light level in the area will be at the 10-20 fc, which is suitable and adequate for the use within the area. Also, the light of store displays that require high contrast attract customer's attention will require only 100-200 fc, ten times contrast from the halls and walkways. This opening size will increase temperature by only 0.03 degree and makes no dicernable difference between inside and outside air temperature. Following this method the surface temperature of objects within the area is about the same as the air temperature and does not radiate heat towards customers, making community mall stay within the comfort zone.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

Department: Architecture Student's Signature .....
Field of Study: Architecture Advisor's Signature .....
Academic Year: 2014

กิตติกรรมประกาศ

กราบขอบพระคุณ ศาสตราจารย์ ดร.สุนทร บุญญาธิการ และรองศาสตราจารย์ ดร.วรสัณฑ์ บูรณากาญจน์ เป็นอย่างยิ่ง สำหรับความกรุณาและคำปรึกษาที่ดีตลอดมา กราบขอบพระคุณ คณะกรรมการตรวจวิทยานิพนธ์ทุกท่าน ที่ช่วยให้คำแนะนำที่เป็นประโยชน์อย่างยิ่งในการทำวิทยานิพนธ์

กราบขอบพระคุณ คุณพ่อ คุณแม่ พี่สาว น้องสาว และเพื่อนที่คอยสนับสนุนส่งเสริมและให้กำลังใจมาโดยตลอด

ขอบคุณเพื่อนร่วมชั้นเรียน ชั้น 11 ที่คอยให้คำปรึกษาในการทำวิทยานิพนธ์ครั้งนี้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... จ

กิตติกรรมประกาศ ..... ฉ

สารบัญ ..... ช

สารบัญภาพ 1

สารบัญตาราง 1

บทที่ 1 บทนำ 1

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา 1

1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา 3

1.3 ขอบเขตของการศึกษา 3

1.4 ระเบียบวิธีการศึกษา 3

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 3

1.6 นิยามและคำจัดกัดความที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย 4

บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 5

2.1 ทฤษฎีเกี่ยวข้องกับแสงธรรมชาติ 5

2.2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการมองเห็นแสง 9

2.3 ทฤษฎีความรู้สึกสบายด้านแสงสว่าง ความรู้สึกสบายด้านการมองเห็น 14

2.4 เขตสบายในระดับต่างๆ 24

2.5 ประเภทของค่าการส่องสว่างและค่าการส่องสว่างที่แนะนำโดย IESNA 27

2.6 ความร้อนที่เข้ามาในอาคารผ่านทางช่องเปิด 31

บทที่ 3 ระเบียบวิธีการดำเนินการวิจัย 36

3.1 สำรวจ ตรวจสอบ และเก็บข้อมูลจากศูนย์การค้าชุมชนตัวอย่าง เพื่อหาตัวแปรที่มีอิทธิพลต่อการนำแสงธรรมชาติมาใช้ในศูนย์การค้าชุมชน 37

หน้า

3.2 นำตัวแปรของแสงธรรมชาติมาวิเคราะห์ โดยการทำหุ่นจำลอง ขนาดมาตราส่วน 1:100 และเก็บข้อมูล เพื่อหาข้อสรุป 46
3.3 ข้อสรุปที่ได้นำมาซึ่งการควบคุมแสงธรรมชาติ เพื่อสร้างสภาวะน่าสบายภายในศูนย์การค้าชุมชน 52
บทที่ 4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล 53
4.1 ผลจากการศึกษาหาตัวแปรของแสงสว่างธรรมชาติ โดยการสำรวจ ตรวจสอบ และเก็บข้อมูลจากศูนย์การค้าชุมชนที่มีอยู่ 53
4.2 ผลการวิเคราะห์ตัวแปรของการนำแสงธรรมชาติมาใช้ในอาคาร และนำข้อมูลที่ได้มาทำหุ่นจำลองขนาดมาตราส่วน 1:100 เพื่อหาข้อสรุป 72
4.3 ผลการสร้างสภาวะน่าสบาย โดยการควบคุมแสงธรรมชาติภายในศูนย์การค้าชุมชน 112
บทที่ 5 บทสรุปและข้อเสนอแนะ 113
5.1 สรุปผลการวิจัย 113
5.2 ข้อเสนอแนะ 116
รายการอ้างอิง 117
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์ 119

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สารบัญภาพ

ภาพที่ 1.1 แสดงลักษณะช่องเปิดโล่งสู่ท้องฟ้า 2

ภาพที่ 2.1 แสดงตัวแปรเกี่ยวข้องกับปริมาณแสงธรรมชาติที่เข้ามาในอาคาร (IESNA, 2000) [1] 5

ภาพที่ 2.2 แสงที่สะท้อนจากพื้นดินบนวัสดุต่างๆ ขึ้นอยู่กับค่าการสะท้อนแสงของวัสดุแต่ละประเภท 6

ภาพที่ 2.3 ลักษณะสภาพท้องฟ้า 7

ภาพที่ 2.4 อุณหภูมิสีและสีของแสง (วรวีร์ ชินสมบูรณ์, 2554) [2] 9

ภาพที่ 2.5 แสดงองค์ประกอบของดวงตา (Egan, 1983) [3] 10

ภาพที่ 2.6 แสดงปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการรับรู้ของประสาทสัมผัสทางการมองเห็น 15

ภาพที่ 2.7 แสดงมุมมองในการมองเห็นของสายตา (Stein and Reynolds, 2000) 20

ภาพที่ 2.8 แสดงระดับความจ้าที่สายตายอมรับได้ในมุมมอง (angle of degrees) ที่แตกต่างกัน ... 21

ภาพที่ 2.9 แสดงลักษณะการสะท้อนแสงขึ้นอยู่กับลักษณะของพื้นผิวที่สะท้อนแสง (a) พื้นผิวมันเสมือนกระจก (polished) เกิดการสะท้อนแบบเสมือนกระจก (specular) (b) พื้นผิวมีความมันและกระด้าง (rough) เกิดการสะท้อนแบบสาดเป็นลำแสง (spread) (c) พื้นผิวด้าน (matte) เกิดการสะท้อนแบบฟุ้งกระจาย (diffuse) (IESNA, 2000) [1] 22

ภาพที่ 2.10 แสดงลักษณะการสะท้อนแสงแบบผสม (compound) (IESNA, 2000) [1] 23

ภาพที่ 2.11 แสดงตัวแปรที่ใช้ในการคำนวณค่าความเข้มของแสงบนระนาบ 24

ภาพที่ 2.12 แสดงขอบเขตของพื้นที่ทั้ง 3 พื้นที่ (สุนทร บุญญาธิการ, 2545) [5] 26

ภาพที่ 2.13 ช่องแสงด้านบนทำให้แสงเข้ามาในอาคารได้ลึกกว่าช่องแสงด้านข้าง 30

ภาพที่ 2.14 Shading Coefficients for Single Glass and Insulating Glass 32

ภาพที่ 2.15 Maximum Solar Heat Gain Factor (Btu/h ft2) for Sunlit Glass, ... 33

ภาพที่ 2.16 Cooling Load Factor (CLF) for glass Without Interior Shading, ... 34

ภาพที่ 2.17 Cooling Load Temperature Differences (CLTD) for conduction 35

ภาพที่ 3.1แสดงลักษณะการวัดค่าความส่องสว่างที่ระดับ working plane 37

ภาพที่ 3.2 แสดงวิธีการวัดค่าความจ้าตา ในมุมมองต่างๆ 38
ภาพที่ 3.3 แสดงลักษณะการใช้แสงธรรมชาติในศูนย์การค้าชุมชน A 39
ภาพที่ 3.4 แสดงลักษณะการใช้แสงธรรมชาติในศูนย์การค้าชุมชน B 40
ภาพที่ 3.5 แสดงลักษณะการใช้แสงธรรมชาติในศูนย์การค้าชุมชน C 41
ภาพที่ 3.6 แสดงลักษณะการใช้แสงธรรมชาติในศูนย์การค้าชุมชน D 42
ภาพที่ 3.7 แสดงเครื่องวัดแสงแบบดิจิตอล DIGICON รุ่น LX – 73 43
ภาพที่ 3.8 แสดงเครื่องมือวัดแสง KONICA MINOLTA รุ่น Illuminance meter T – 10 MA 44
ภาพที่ 3.9 แสดงโมเดลจำลองศูนย์การค้าชุมชน D ขนาดสเกล 1: 100 47
ภาพที่ 3.10 แสดงการวัดเพื่อหาอัตราส่วนค่าความส่องสว่างภายในและภายนอกอาคาร 48
ภาพที่ 3.11 แสดงการใช้เครื่องมือวัดค่าการสะท้อนแสงของวัสดุ 48
ภาพที่ 3.12 แสดงลักษณะการทดลองเปิดช่องเปิด จากหุ่นจำลองขนาด 1:100 49
ภาพที่ 4.1 แสดงค่าความส่องสว่างภายในศูนย์การค้าชุมชน A บริเวณโถงกิจกรรมและโถงทางเดินหน้าร้านค้า ชั้น 1 (หน่วย ฟุตแคนเดิล) 54
ภาพที่ 4.2 แสดงค่าความส่องสว่างภายในศูนย์การค้าชุมชน A บริเวณโถงกิจกรรมและโถงทางเดินหน้าร้านค้า ชั้น 2 (หน่วย ฟุตแคนเดิล) 55
ภาพที่ 4.3 แสดงลักษณะของวัสดุปกคลุมช่องเปิด บริเวณโถงกลางของศูนย์การค้า A 56
ภาพที่ 4.4 แสดงค่าความส่องสว่างภายในศูนย์การค้าชุมชน B บริเวณโถงกิจกรรมและโถงทางเดินหน้าร้านค้า ชั้น 1 (หน่วย ฟุตแคนเดิล) 57
ภาพที่ 4.5 แสดงค่าความส่องสว่างภายในศูนย์การค้าชุมชน B บริเวณโถงกิจกรรมและโถงทางเดินหน้าร้านค้า ชั้น 2 (หน่วย ฟุตแคนเดิล) 58
ภาพที่ 4.6 แสดงค่าความส่องสว่างภายในศูนย์การค้าชุมชน B บริเวณโถงกิจกรรมและโถงทางเดินหน้าร้านค้า ชั้น 3 (หน่วย ฟุตแคนเดิล) 58
ภาพที่ 4.7 แสดงค่าลักษณะของวัสดุปกคลุมช่องเปิด บริเวณโถงกลางของศูนย์การค้า B 60
ภาพที่ 4.8 แสดงค่าความส่องสว่างภายในศูนย์การค้าชุมชน C บริเวณโถงกิจกรรมและโถงทางเดินหน้าร้านค้า ชั้น 1 (หน่วย ฟุตแคนเดิล) 61

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ภาพที่ 4.9 แสดงค่าความส่องสว่างภายในศูนย์การค้าชุมชน C บริเวณโถงกิจกรรมและโถงทางเดินหน้าร้านค้า ชั้น 2 (หน่วย ฟุตแคนเดิล) 61

ภาพที่ 4.10 บริเวณหน้าร้านค้าของศูนย์การค้าชุมชน C ที่ได้รับแสงโดยตรงจากดวงอาทิตย์ 63

ภาพที่ 4.11 บริเวณหน้าร้านค้าชั้น 1 และชั้น 2 ที่ได้รับแสงโดยตรงจากดวงอาทิตย์ 64

ภาพที่ 4.12 บริเวณทางเข้าศูนย์การค้าชุมชน C ที่ได้รับแสงโดยตรงจากดวงอาทิตย์ 64

ภาพที่ 4.13 แสดงค่าความส่องสว่างภายในศูนย์การค้าชุมชน D บริเวณโถงกิจกรรมและโถงทางเดินหน้าร้านค้า ชั้น 1 (หน่วย ฟุตแคนเดิล) 65

ภาพที่ 4.14 แสดงค่าความส่องสว่างภายในศูนย์การค้าชุมชน D บริเวณโถงกิจกรรมและโถงทางเดินหน้าร้านค้า ชั้น 2 (หน่วย ฟุตแคนเดิล) 66

ภาพที่ 4.15 แสดงลักษณะช่องเปิดของศูนย์การค้าชุมชน D 67

ภาพที่ 4.16 แสดงค่าความส่องสว่างในมุม 0 – 315 องศา บริเวณโถงกลางของศูนย์การค้าชุมชน Dโดยเซนเซอร์อยู่ในระดับสายตา (หน่วย ฟุตแลมเบิร์ต) 68

ภาพที่ 4.17 แสดงตำแหน่งจุดต่างๆที่วัดค่าความส่องสว่างในมุม 0 – 180 องศา 69

ภาพที่ 4.18 แสดงค่าความส่องสว่างในมุมมอง 0 – 180 องศา ที่ระดับสายตา 0 – 5 องศา (มีหน่วยเป็น ฟุตแลมเบิร์ต) 71

ภาพที่ 4.19 แสดงตำแหน่งจุดต่างๆที่วัดค่าความส่องสว่างในแปลนชั้น 1 73

ภาพที่ 4.20 แสดงตำแหน่งจุดต่างๆที่วัดค่าความส่องสว่างในแปลนชั้น 2 74

ภาพที่ 4.21 แสดงค่าความส่องสว่างที่วัดได้จากหุ่นจำลองขนาดมาตราส่วน 1:100 ภายในเป็นวัสดุเสมือนจริง ในแปลนชั้น 1 76

ภาพที่ 4.22 แสดงค่าความส่องสว่างที่วัดได้จากหุ่นจำลองขนาดมาตราส่วน 1:100 ภายในเป็นวัสดุเสมือนจริง ในแปลนชั้น 2 77

ภาพที่ 4.23 แสดงค่าความส่องสว่างที่วัดได้จากหุ่นจำลองขนาดมาตราส่วน 1:100 ภายในเป็นวัสดุสีขาว ในแปลนชั้น 1 78

ภาพที่ 4.24 แสดงค่าความส่องสว่างที่วัดได้จากหุ่นจำลองขนาดมาตราส่วน 1:100 ภายในเป็นวัสดุสีขาว ในแปลนชั้น 2 79

ภาพที่ 4.25 แสดงการเปรียบเทียบเมื่อเปลี่ยนวัสดุเป็นสีขาวในแนวยาวของอาคาร ชั้น 1 81

ภาพที่ 4.26 แสดงการเปรียบเทียบเมื่อเปลี่ยนวัสดุเป็นสีขาวในแนวขวางของอาคาร ชั้น 1 82
ภาพที่ 4.27 แสดงการเปรียบเทียบเมื่อเปลี่ยนวัสดุเป็นสีขาวในด้านทิศตะวันตกของอาคาร ชั้น 1 .. 83
ภาพที่ 4.28 แสดงการเปรียบเทียบเมื่อเปลี่ยนวัสดุเป็นสีขาวในด้านทิศตะวันออกของอาคาร ชั้น 1 84
ภาพที่ 4.29 แสดงการเปรียบเทียบเมื่อเปลี่ยนวัสดุเป็นสีขาวในด้านทิศตะวันตกของอาคาร ชั้น 2 .. 85
ภาพที่ 4.30 แสดงการเปรียบเทียบเมื่อเปลี่ยนวัสดุเป็นสีขาวในด้านทิศตะวันออกของอาคาร ชั้น 2 86
ภาพที่ 4.31 แสดงช่องเปิดลักษณะสี่เหลี่ยมขนาด 25 ตารางเมตร 88
ภาพที่ 4.32 แสดงช่องเปิดลักษณะสามเหลี่ยมขนาด 25 ตารางเมตร 89
ภาพที่ 4.33 แสดงช่องเปิดขนาด 75 ตารางเมตร ลักษณะสี่เหลี่ยม 89
ภาพที่ 4.34 แสดงค่าความส่องสว่างที่วัดได้จากหุ่นจำลองขนาดมาตราส่วน 1:100 ภายในเป็นวัสดุสีขาว ขนาดช่องเปิด 75 ตารางเมตร ในแปลนชั้น 1 91
ภาพที่ 4.35 แสดงค่าความส่องสว่างที่วัดได้จากหุ่นจำลองขนาดมาตราส่วน 1:100 ภายในเป็นวัสดุสีขาว ขนาดช่องเปิด 75 ตารางเมตร ในแปลนชั้น 2 92
ภาพที่ 4.36 แสดงค่าความส่องสว่างที่วัดได้จากหุ่นจำลองขนาดมาตราส่วน 1:100 ภายในเป็นวัสดุสีขาว ช่องเปิดลักษณะสี่เหลี่ยม ขนาด 25 ตารางเมตร ในแปลนชั้น 1 93
ภาพที่ 4.37 แสดงค่าความส่องสว่างที่วัดได้จากหุ่นจำลองขนาดมาตราส่วน 1:100 ภายในเป็นวัสดุสีขาว ช่องเปิดลักษณะสี่เหลี่ยม ขนาด 25 ตารางเมตร ในแปลนชั้น 2 94
ภาพที่ 4.38 แสดงค่าความส่องสว่างที่วัดได้จากหุ่นจำลองขนาดมาตราส่วน 1:100 ภายในเป็นวัสดุสีขาว ช่องเปิดลักษณะสามเหลี่ยม ขนาด 25 ตารางเมตร ในแปลนชั้น 1 95
ภาพที่ 4.39 แสดงค่าความส่องสว่างที่วัดได้จากหุ่นจำลองขนาดมาตราส่วน 1:100 ภายในเป็นวัสดุสีขาว ช่องเปิดลักษณะสามเหลี่ยม ขนาด 25 ตารางเมตร ในแปลนชั้น 2 96
ภาพที่ 4.40 แสดงการเปรียบเทียบค่า Daylight Factor เมื่อเปลี่ยนลักษณะของช่องเปิดตามแนวยาวของอาคาร ชั้น 1 98
ภาพที่ 4.41 แสดงการเปรียบเทียบค่า Daylight Factor เมื่อเปลี่ยนลักษณะของช่องเปิดตามแนวขวางของอาคาร ชั้น 1 99

ภาพที่ 4.42 แสดงการเปรียบเทียบค่า Daylight Factor เมื่อเปลี่ยนลักษณะของช่องเปิดในด้านทิศตะวันตกของอาคาร ชั้น 1 100

ภาพที่ 4.43 แสดงการเปรียบเทียบค่า Daylight Factor เมื่อเปลี่ยนลักษณะของช่องเปิดในด้านทิศตะวันออกของอาคาร ชั้น 1 101

ภาพที่ 4.44 แสดงการเปรียบเทียบค่า Daylight Factor เมื่อเปลี่ยนลักษณะของช่องเปิดในด้านทิศตะวันตกของอาคาร ชั้น 2 102

ภาพที่ 4.45 แสดงการเปรียบเทียบค่า Daylight Factor เมื่อเปลี่ยนลักษณะของช่องเปิดในด้านทิศตะวันออกของอาคาร ชั้น 2 103

ภาพที่ 4.46 แสดงค่าความส่องสว่างที่เปลี่ยนแปลงตั้งแต่ทางเข้าไปจนถึงร้านค้า 107

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สารบัญตาราง

ตารางที่ 2.1 แสดงค่าการสะท้อนแสงของวัสดุภายในและภายนอกอาคาร 16

ตารางที่ 2.2 แสดงค่าความเปรียบต่างของแสงในการมองเห็น..... 17

ตารางที่ 2.3 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างการแสดงการออกแบบที่ยึดอัตวิสัยส่วนตัวของผู้ออกแบบและความต้องการแสงเพื่อการมองเห็นงานของผู้ใช้งานที่ควรคำนึงถึง (Egan, 2001) [6] 28

ตารางที่ 2.4 แสดงค่าการส่องสว่างที่แนะนำโดย IESNA (Egan, 2001) [6]..... 29

ตารางที่ 4.1 แสดงค่าความส่องสว่างในมุม 0 – 180 องศา บริเวณโถงทางเดินหน้าร้านค้าของศูนย์การค้าชุมชน D โดยเซนเซอร์อยู่ในระดับสายตา (หน่วย ฟุตแลมเบิร์ต)..... 70

ตารางที่ 4.2 ค่าการสะท้อนแสงของวัสดุชนิดต่างๆ เก็บข้อมูลจริง..... 75

ตารางที่ 4.3 เปรียบเทียบค่าความส่องสว่างภายใน ภายนอก และค่าเดย์ไลท์แฟคเตอร์ เมื่อเปลี่ยนจากวัสดุเสมือนจริงเป็นวัสดุสีขาว 80

ตารางที่ 4.4 เปรียบเทียบค่าความส่องสว่างภายใน ภายนอก และอัตราส่วนค่าความส่องสว่างภายในและภายนอก เมื่อเปลี่ยนขนาดและลักษณะของช่องเปิด 97

ตารางที่ 4.5 แสดงค่าความส่องสว่างภายในอาคาร เมื่อค่าความส่องสว่างท้องฟ้าเท่ากับ 1,000 ฟุตแคนเดิล 105

ตารางที่ 4.6 เปรียบเทียบค่าความร้อนที่เข้ามาในอาคารผ่านช่องเปิดขนาดต่างๆ (กรณีที่เป็นอาคารเปิด ที่ช่องเปิดปิดด้วยกระจกใส 6 มิลลิเมตร)..... 111

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ศูนย์การค้าชุมชน คือ ศูนย์การค้าขนาดเล็กที่ตั้งอยู่ใกล้ที่พักอาศัย ซึ่งถูกออกแบบมาเพื่อตอบสนองความต้องการของคนในชุมชนบริเวณรอบๆ และยังต้องตอบโจทย์พฤติกรรมในการดำรงชีวิต หรือไลฟ์สไตล์ (lifestyle) ของกลุ่มลูกค้า เป็นสถานที่ที่คนในชุมชนพบปะสังสรรค์กัน และเป็นสถานที่พักผ่อนหย่อนใจ ดังนั้นการตกแต่งและบรรยากาศของศูนย์การค้าชุมชน ควรมีลักษณะอิงความเป็นธรรมชาติ โดยเฉพาะอย่างยิ่งบริเวณโถงกลางและโถงทางเดินภายในศูนย์การค้าชุมชน เป็นบริเวณที่มนุษย์มีปฏิสัมพันธ์กัน ทั้งมนุษย์กับมนุษย์ และมนุษย์กับสภาพแวดล้อม จึงควรนำแสงธรรมชาติมาประยุกต์ใช้ในอาคาร เนื่องจากช่วงเวลาที่แสงธรรมชาติมีความเข้มแสงเพียงพอ คือช่วงเวลา 7.00 - 18.00 น. และช่วงเวลาเปิดให้บริการของศูนย์การค้าชุมชน คือช่วงเวลา 9.00 - 22.00 น. ซึ่งเวลาส่วนใหญ่เป็นช่วงเวลาที่มีความเข้มแสงเพียงพอ ส่งผลให้ศูนย์การค้าชุมชนสามารถลดการใช้พลังงานไฟฟ้าลงได้ อีกทั้งยังช่วยส่งเสริมด้านความงามสร้างบรรยากาศให้กับอาคาร และสร้างปฏิสัมพันธ์ระหว่างมนุษย์กับธรรมชาติอีกด้วย การนำแสงธรรมชาติมาใช้ในศูนย์การค้าชุมชนต้องตระหนักถึงปริมาณความเข้มแสงที่ต้องการในพื้นที่นั้นให้เหมาะกับการทำกิจกรรม เพราะแสงธรรมชาติมีความแปรปรวนตลอดทั้งวัน และในช่วงเวลาที่มีแสงธรรมชาติจะมีความร้อนปะปนอยู่ด้วย ดังนั้นเมื่อนำแสงธรรมชาติเข้ามาใช้ในอาคารควรนำความร้อนเข้ามาให้น้อยที่สุด เพื่อไม่ก่อให้เกิดสภาวะไม่สบายภายในศูนย์การค้าชุมชน

ปัจจุบันการออกแบบแสงธรรมชาติในศูนย์การค้าชุมชน นำแนวทางการออกแบบจากต่างประเทศมาใช้ ซึ่งไม่เหมาะกับประเทศไทย เห็นได้จากการเปิดช่องเปิดโล่งสู่ท้องฟ้า และการเปิดช่องเปิดขนาดใหญ่ ซึ่งการใช้ช่องเปิดลักษณะดังกล่าว เป็นการนำความร้อนเข้ามาภายในอาคาร อีกทั้งยังทำให้ปริมาณแสงเข้ามามากเกินความต้องการ ส่งผลให้ร้านค้าบริเวณรอบโถงกลางและบริเวณทางเดิน ต้องใช้แสงประดิษฐ์ปริมาณมาก เพื่อให้ได้ปริมาณแสงสว่างมากกว่าหรือเท่ากับปริมาณแสงสว่างของแสงธรรมชาติ สำหรับโชว์สินค้าภายในร้านให้ลูกค้าสนใจ ถือเป็นการเพิ่มการใช้พลังงานไฟฟ้าอีกด้วย และยังส่งผลต่อคุณภาพสินค้า ซึ่งได้รับผลกระทบจากรังสีอัลตราไวโอเลตที่มาพร้อมกับแสงสว่างปริมาณสูง เช่น สินค้าสีซีด พลาสติกแห้งกรอบ เป็นต้น

ภาพที่ 1.1 แสดงลักษณะช่องเปิดโล่งสู่ท้องฟ้า

การใช้แสงธรรมชาติบริเวณโถงกลางและทางเดินภายในศูนย์การค้าชุมชน ควรได้รับการออกแบบที่แยกระบบการควบคุมสภาพแวดล้อม เพื่อการประหยัดพลังงาน ตามลักษณะของกิจกรรมต่างๆ กล่าวคือ

- บริเวณโถงกลาง ซึ่งติดกับภายนอก ควรถูกออกแบบเป็นพื้นที่ส่วนแพสซีพ (Passive zone)เนื่องจากเป็นบริเวณที่ลูกค้าพบปะพูดคุย มีกิจกรรมร่วมกัน ซึ่งกิจกรรมดังกล่าวเป็นลักษณะสบายๆ (Casual activity) จึงเป็นบริเวณที่ยอมให้มีการเปลี่ยนแปลงสภาพแวดล้อมได้ค่อนข้างมาก เน้นให้มีสภาพแวดล้อมที่มีการผสมผสานกันระหว่างภายนอกกับภายใน ส่งผลให้บริเวณโถงกลางเป็นบริเวณที่ทำให้ลูกค้าสามารถปรับสภาพร่างกายระหว่างภายนอกและภายในศูนย์การค้า

- บริเวณทางเดิน เป็นบริเวณที่ควรถูกออกแบบเป็นพื้นที่ส่วนกึ่งแพสซีพ (Semi-passive zone) เพื่อให้ลูกค้าได้ปรับสภาพร่างกายอีกครั้งหนึ่งก่อนเข้าไปบริเวณร้านค้า ซึ่งเป็นพื้นที่ส่วนควบคุม (Control zone)

การออกแบบในลักษณะดังกล่าวนี้จะทำให้ลูกค้ามีการปรับสภาพร่างกายในด้านของแสงสว่าง โดยการใช้การปรับสายตาของม่านตามนุษย์ (Eye adaptation) กล่าวคือ โดยปกติม่านตาของคนเราจะขยายขึ้น เมื่อความสว่างลดลง และม่านตาจะแคบลง เมื่อความสว่างเพิ่มขึ้น ดังนั้น การเดินจากภายนอกอาคาร ไปบริเวณโถงกลาง ไปบริเวณทางเดิน ไปสู่ร้านค้า คือการเดินจากสภาพแวดล้อมภายนอก (Outdoor condition) ไปพื้นที่ส่วนแพสซีพ (Passive zone) ไปพื้นที่ส่วนกึ่งแพสซีพ (Semi-passive zone) ไปสู่พื้นที่ส่วนควบคุม (Control zone) ตามลำดับ ทำให้ม่านตาสามารถค่อยๆปรับตัวเข้ากับการเปลี่ยนแปลงของแสงสว่างที่ลดลงเรื่อยๆ ทำให้ศูนย์การค้า

ชุมชนไม่ต้องเพิ่มปริมาณแสงสว่างในการทำให้ร้านค้าและสินค้าเด่น เพื่อดึงดูดลูกค้า ถือเป็นการลดการใช้พลังงานด้วย

1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา

1.2.1 ศึกษาตัวแปรที่มีอิทธิพลต่อการนำแสงธรรมชาติมาใช้ในศูนย์การค้าชุมชน เพื่อสร้างสภาวะน่าสบาย

1.2.2 วิเคราะห์หาตัวแปรที่สำคัญและมีอิทธิพลต่อการนำแสงธรรมชาติมาใช้ในอาคารศูนย์การค้าชุมชน เพื่อสร้างสภาวะน่าสบาย

1.2.3 สรุปผลเพื่อสร้างสภาวะน่าสบายภายในศูนย์การค้าชุมชน โดยการควบคุมแสงธรรมชาติ

1.3 ขอบเขตของการศึกษา

1.3.1 กำหนดให้อาคารศูนย์การค้าชุมชน มี 2 ชั้น อยู่ในประเทศไทย

1.3.2 ระบบแสงสว่างที่ใช้ในอาคารศูนย์การค้าชุมชน คำนึงถึงการออกแบบโดยเน้นการใช้แสงธรรมชาติเป็นหลัก

1.3.3 งานวิจัยนี้เน้นการออกแบบบริเวณพื้นที่โถงกลางและโถงทางเดินของศูนย์การค้าชุมชน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

1.4 ระเบียบวิธีการศึกษา

1.4.1 สำรวจ ตรวจสอบ และเก็บข้อมูลจากศูนย์การค้าชุมชนตัวอย่าง เพื่อหาตัวแปรที่มีอิทธิพลต่อการนำแสงธรรมชาติมาใช้ในศูนย์การค้าชุมชน

1.4.2 นำตัวแปรของแสงธรรมชาติมาวิเคราะห์ โดยการทำหุ่นจำลองขนาดมาตราส่วน 1:100 และเก็บข้อมูล เพื่อหาข้อสรุป

1.4.3 ข้อสรุปที่ได้เป็นวิธีการควบคุมแสงธรรมชาติ เพื่อสร้างสภาวะน่าสบายภายในศูนย์การค้าชุมชน

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.5.1 ได้ตัวแปรที่มีอิทธิพลต่อการนำแสงธรรมชาติมาใช้ในศูนย์การค้าชุมชน เพื่อสร้างสภาวะน่าสบาย

1.5.2 ได้ตัวแปรที่สำคัญและมีอิทธิพลต่อการนำแสงธรรมชาติมาประยุกต์ใช้และสร้างสภาวะน่าสบายภายในศูนย์การค้าชุมชน

1.5.3 ควบคุมการใช้แสงธรรมชาติ เพื่อสร้างสภาวะน่าสบายภายในศูนย์การค้าชุมชน

1.6 นิยามและคำจัดกัดความที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย

1.6.1 Illuminance หรือความส่องสว่าง คือระดับความส่องสว่าง

ความสว่างของแสง เป็นปริมาณแสงที่ออกจากแหล่งกำเนิดตกกระทบบนพื้นผิว ดังสมการ

ความส่องสว่าง=ปริมาณแสง / พื้นที่

โดยในระบบ SI มีหน่วยเป็น ลูเมนต่อตารางเมตร (lm/m^2) หรือ ลักซ์ (lux) และในระบบ IP มีหน่วยเป็น ลูเมนต่อตารางฟุต หรือฟุตแคนเดิล (footcandles, fc) โดย 1 ลักซ์ จะมีค่าเท่ากับ 10.76 ฟุตแคนเดิล

1.6.2 Luminance คือความสว่าง

ความส่องสว่าง เป็นปริมาณแสงที่สะท้อนจากวัตถุเข้าสู่ตา มีค่ามากหรือน้อยขึ้นอยู่กับปริมาณความส่องสว่างและค่าสะท้อนแสงของวัตถุนั้นๆ ดังสมการ

ความสว่าง = ความส่องสว่าง × ค่าการสะท้อนแสงของวัตถุ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

โดยในระบบ SI มีหน่วยเป็น แคนเดลาต่อตารางเมตรและในระบบ IP มีหน่วยเป็น ฟุตแลมเบิร์ต (foot-Lamberts, fL)

1.6.3 สภาวะน่าสบาย หรือ Comfort zone

สภาวะน่าสบาย หมายถึง ความรู้สึกถึงความแตกต่างและการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิระหว่างภายในกับภายนอกอาคารเพียงเล็กน้อย หรือไม่รู้สึกถึงความเปลี่ยนแปลงเลย

1.6.4 ความจ้าตา หรือ Glare

ความจ้าตา หมายถึงความรู้สึกไม่สบายตาในการมองเห็นบริเวณที่มีปริมาณความสว่างมากเกินไป

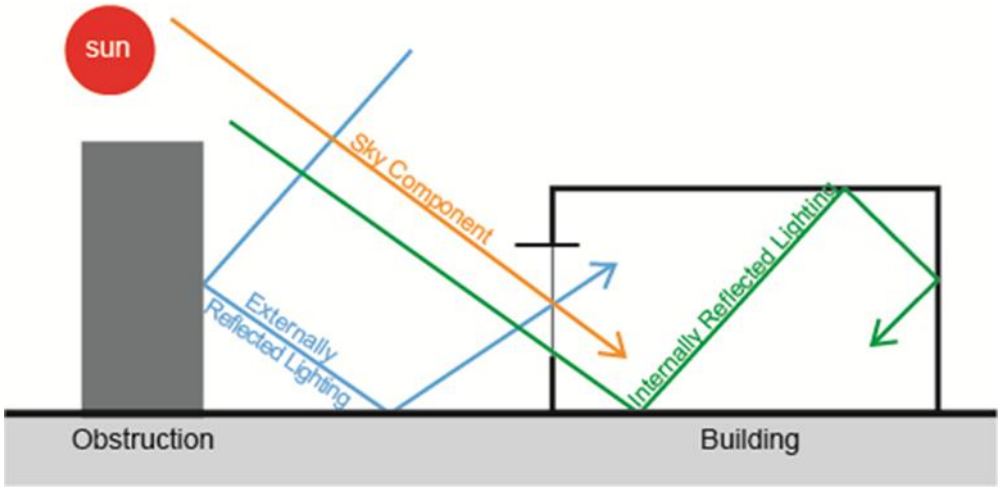
บทที่ 2
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ทฤษฎีเกี่ยวข้องกับแสงธรรมชาติ

การนำแสงธรรมชาติมาประยุกต์ใช้ในอาคาร

แสงธรรมชาติเป็นทรัพยากรธรรมชาติ สามารถนำมาใช้ได้โดยไม่สิ้นเปลืองพลังงานและไม่มีวันหมด หากนำมาใช้ประโยชน์ในสถาปัตยกรรม จะเป็นการประหยัดพลังงานไฟฟ้าได้เป็นอย่างมาก อีกทั้งยังช่วยส่งเสริมด้านความสวยงาม และยังช่วยสร้างบรรยากาศให้กับอาคารได้อีกด้วย ซึ่งประเทศไทยมีสภาพภูมิอากาศร้อนชื้น มีปริมาณแสงสว่างเพียงพอกับการใช้งาน มีช่วงเวลากลางวันที่ยาวนานเมื่อเทียบกับเมืองหนาว จึงเหมาะอย่างยิ่งที่จะประยุกต์นำแสงธรรมชาติมาใช้ในอาคารสถาปัตยกรรม แสงธรรมชาติเป็นแสงที่มีประสิทธิภาพสูงและมีค่าดัชนีชี้วัดความถูกต้องของสีที่ดี แต่แสงธรรมชาติมีความแปรปรวน ดังนั้นเทคนิคการออกแบบช่องแสงเพื่อนำแสงธรรมชาติมาใช้ในอาคารต้องมีความสม่ำเสมอและเข้ามา และต้องนำแสงเข้ามาภายในอาคารให้ลึกที่สุด การเลือกใช้วัสดุของช่องแสง ต้องเลือกที่มีคุณสมบัติที่ยอมให้ความร้อนผ่านเข้ามาน้อย ตัดรังสียูวี และยอมให้มีปริมาณแสงเข้ามามาก แต่ต้องไม่ทำให้เกิดความจ้าระคายเคืองตาจากภายนอก แสงธรรมชาติที่เข้ามาสู่อาคารสถาปัตยกรรม (Daylight Factor) มาจากหลายตัวแปร ได้แก่ (IESNA, 2000) [1]

- แสงจากดวงอาทิตย์โดยตรง (Sunlight)
- รังสีดวงอาทิตย์ที่กระจายมาจากท้องฟ้า (Sky Component)
- แสงสะท้อนจากพื้นดินหรืออาคารข้างเคียง (Externally Reflected Lighting)
- แสงสะท้อนภายในอาคาร (Internally Reflected Lighting)



ภาพที่ 2.1 แสดงตัวแปรเกี่ยวข้องกับปริมาณแสงธรรมชาติที่เข้ามาในอาคาร (IESNA, 2000) [1]

แสงจากดวงอาทิตย์โดยตรง

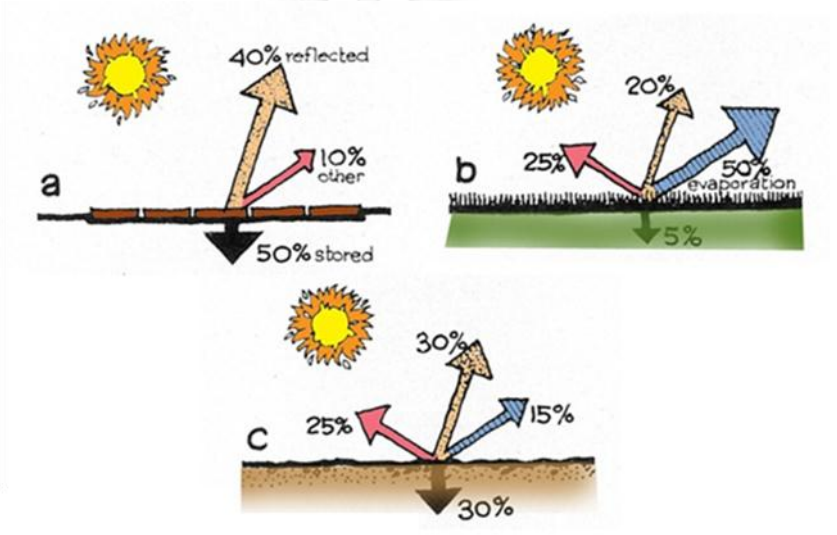
แสงจากดวงอาทิตย์ เป็นแสงที่เกิดจากการแผ่รังสีของดวงอาทิตย์ มีความเข้มของแสงมาก จึงไม่ควรนำมาใช้โดยตรง ควรให้แสงจากดวงอาทิตย์ทะลุผ่านวัสดุกระจายแสงก่อนเข้ามาในอาคาร

รังสีดวงอาทิตย์ที่กระจายมาจากท้องฟ้า

รังสีดวงอาทิตย์ที่กระจายมาจากท้องฟ้า เป็นแสงที่เกิดจากการกระจายและสะท้อนของแสงจากท้องฟ้า ปริมาณของความสว่างที่เกิดขึ้น ขึ้นอยู่กับสภาพท้องฟ้า

แสงสะท้อนจากพื้นดินหรืออาคารข้างเคียง

แสงสะท้อนจากพื้นดินหรือปริมาณของแสงจะมากหรือน้อย ขึ้นอยู่กับค่าการสะท้อนแสงของวัสดุแต่ละชนิดและทิศทางการสะท้อนแสง ของการสะท้อนบริเวณพื้นดินและอาคารที่ตั้งอยู่โดยรอบเข้ามาในอาคาร



ภาพที่ 2.2 แสงที่สะท้อนจากพื้นดินบนวัสดุต่างๆ ขึ้นอยู่กับค่าการสะท้อนแสงของวัสดุแต่ละประเภท (สมสิทธิ์ นิตยะ, 2541) [2]

แสงสะท้อนภายในอาคาร

แสงสะท้อนภายในอาคาร เป็นแสงที่เกิดจากการสะท้อนของวัตถุที่ตั้งอยู่ภายใน โดยรับแสงจากรังสีดวงอาทิตย์ที่กระจายมาจากท้องฟ้าและแสงสะท้อนจากพื้นดินหรืออาคารข้างเคียง

ค่าความสะท้อนแสงของส่วนต่างๆภายในห้อง

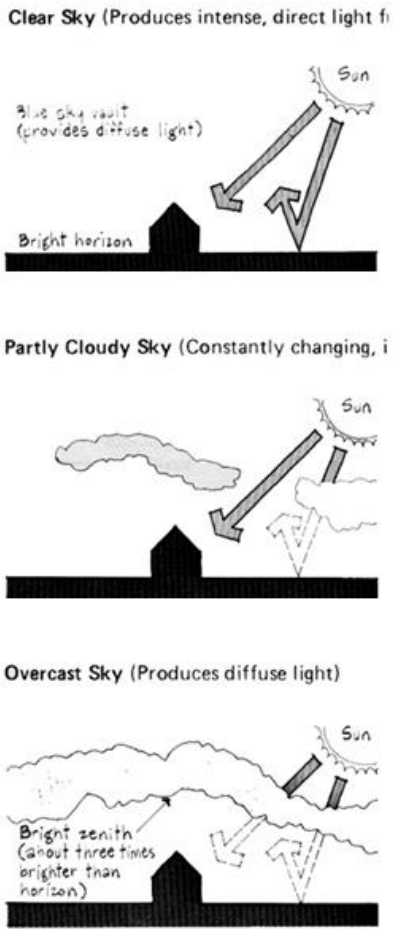
- เพดาน	80%	(สีอ่อน)
- ผนัง	50-80%	(สีปานกลางค่อนข้างอ่อน)
- พื้น	20-30%	(สีเข้ม)

สภาพท้องฟ้า มีอิทธิพลต่อการนำแสงธรรมชาติมาใช้ในอาคาร เนื่องจากค่าความส่องสว่างของท้องฟ้ามีการเปลี่ยนแปลงตลอดเวลา ซึ่งขึ้นอยู่กับ ตำแหน่งดวงอาทิตย์ ปริมาณเมฆ และอนุภาคในอากาศ เช่น ไอน้ำ ฝุ่น ควัน สามารถแบ่งลักษณะของสภาพท้องฟ้าออกเป็น 3 ลักษณะ คือ

สภาพท้องฟ้าโปร่ง ไม่มีเมฆปกคลุม (Clear sky) ปริมาณแสงสว่างขึ้นอยู่กับตำแหน่งของดวงอาทิตย์ ดังนั้นความสว่างของท้องฟ้าจะเกิดจากแสงจากดวงอาทิตย์และการกระจายแสงจากท้องฟ้า มีค่าความส่องสว่างอยู่ที่ 300 – 2,000 ฟุตแคนเดิล และมีค่าเฉลี่ยประมาณ 1,000 ฟุตแคนเดิล

สภาพท้องฟ้ามีเมฆปกคลุมบางส่วน (Partly cloudy sky) ความสว่างของท้องฟ้าในลักษณะนี้มีการเปลี่ยนแปลงตลอดเวลา ขึ้นกับปริมาณเมฆ คือ ถ้าเมฆน้อย เมฆจะช่วยสะท้อนและกระจายแสง ส่งผลให้มีค่าความส่องสว่างจะมากขึ้น แต่ถ้ามีเมฆมาก แสงจะถูกดูดกลืน ทำให้ค่าความส่องสว่างลดลง

สภาพท้องฟ้ามีเมฆมาก มองไม่เห็นแหล่งกำเนิด (Overcast sky) ความสว่างของท้องฟ้าเกิดจากแสงกระจายจากท้องฟ้าเพียงอย่างเดียว ทำให้มีความแปรปรวนน้อยและมีค่าสม่ำเสมอตลอดทั้งวัน หรือเรียกว่า Uniform brightness



ภาพที่ 2.3 ลักษณะสภาพท้องฟ้า
(สมสิทธิ์ นิตยะ, 2541) [2]

แสงธรรมชาติมีประโยชน์เป็นอย่างมากในด้านการให้แสงสว่างที่มีความเข้มและประสิทธิภาพสูง อย่างไรก็ตามแสงธรรมชาติไม่ได้ให้เพียงความสว่างเพียงอย่างเดียว ได้นำเอาความร้อนเข้ามาในอาคารด้วย ดังนั้นในการนำแสงธรรมชาติมาใช้ จึงต้องคำนึงถึงการนำเอาปริมาณแสงสว่างเข้ามาในอาคาร และการสกัดกั้นความร้อนที่จะเข้ามาในอาคารอีกด้วย ซึ่งเป็นการนำแสงเข้ามาสู่อาคารทางอ้อม (Indirect Light) เป็นแสงอาทิตย์ที่ผ่านการสะท้อนหรือหักเหก่อนที่จะกระจายเข้าสู่อาคาร แนวความคิดที่จะนำแสงธรรมชาติมาประยุกต์ใช้ เพื่อการประหยัดพลังงานในด้านแสงสว่างในอาคารสถาปัตยกรรมนั้น คือลดการใช้พลังงานสำหรับแสงประดิษฐ์ และนำประโยชน์จากแสงธรรมชาติที่มีคุณภาพดีมาใช้ในอาคารนั่นเอง

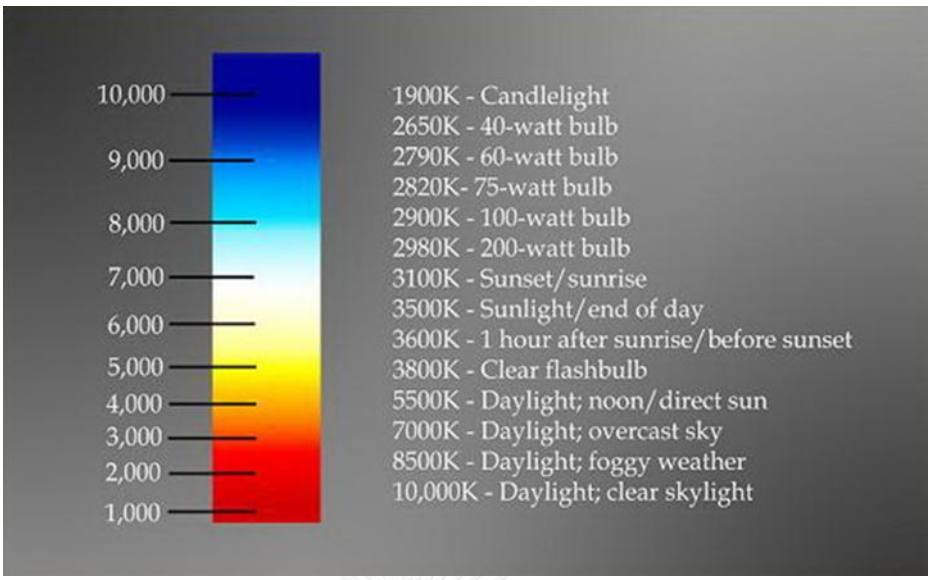
การใช้แสงธรรมชาติในอาคารสถาปัตยกรรมที่มีประสิทธิภาพ คือ การนำแสงสะท้อนจากท้องฟ้ามาใช้ เนื่องจากแสงสะท้อนจากท้องฟ้า เป็นแสงที่มีคุณภาพสูงและมีความสม่ำเสมอ ดังนั้นการออกแบบที่จะนำแสงสะท้อนจากท้องฟ้ามาใช้ จึงจำเป็นต้องควบคุมความสม่ำเสมอของแสงสะท้อนจากท้องฟ้าและสภาพแวดล้อมข้างเคียง โดยพยายามให้แสงเข้ามาได้มากที่สุด และไม่ให้แสงจากดวงอาทิตย์โดยตรงเข้ามาสู่ภายในอาคาร

การออกแบบช่องเปิดเพื่อนำแสงธรรมชาติมาใช้ภายในอาคารที่มีประสิทธิภาพที่สุด โดยไม่นำความร้อนเข้ามาด้วย คือ ช่องเปิดทางด้านทิศเหนือในส่วนบนของอาคาร เนื่องจากแสงที่ที่เข้ามาจากด้านบนจะมีประสิทธิภาพสูงกว่ามาจากด้านข้างอาคาร และแสงเหนือเป็นแสงที่มีประสิทธิภาพสูง โดยมีประสิทธิภาพสูงถึงประมาณ 140 ลูเมนต่อวัตต์ และไม่มีความแปรปรวนด้านความสว่าง ซึ่งมีค่าความต่างของแสงสว่างทั้งวันไม่เกิน 3 เท่า ซึ่งเป็นค่าที่สายตาคนเราไม่สามารถแยกออกได้

สิ่งที่ต้องคำนึงในการออกแบบระบบแสงสว่าง คือ

- ปริมาณแสง คือแสงที่ออกมาจากแหล่งกำเนิดทั้งหมด หน่วยคือ ลูเมน (lumen : lm)
- ประสิทธิผลของแสง คืออัตราส่วนระหว่างปริมาณของแสงกับปริมาณพลังงานที่ใช้เพื่อให้ได้แสงนั้น หน่วยคือ ลูเมนต่อวัตต์ (lm/W)
- สีของแสง อุณหภูมิสีของแสง มีหน่วยเป็น เคลวิน (K) สามารถบอกสีของแสงได้ กล่าวคือ ถ้าค่าอุณหภูมิสีต่ำ แสงที่ได้จะให้สีของแสงในโทนอุ่นหรือโทนสีเหลือง และถ้าค่าอุณหภูมิสีสูง แสงที่ได้จะให้สีของแสงในโทนเย็นหรือโทนสีขาว

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University



ภาพที่ 2.4 อุณหภูมิสีและสีของแสง (วรวีร์ ชินสมบูรณ์, 2554) [3]

- ดัชนีชี้วัดความถูกต้องของสี (Color Rendering Index: CRI) แสงที่ส่องไปที่วัตถุ ควรมีสีของแสงที่ทำให้มองเห็นสีของวัตถุนั้นถูกต้อง แสงที่มีค่า CRI เท่ากับ 100 แสดงว่าแสงนั้นทำให้มองเห็นสีของวัตถุนั้นถูกต้อง

2.2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการมองเห็นแสง

2.2.1 ส่วนประกอบของตา

นัยน์ตา เป็นสิ่งสำคัญสำหรับการมองเห็น นัยน์ตามีเซลล์รับ ซึ่งทำหน้าที่รับแสงสว่าง ทำให้สามารถมองเห็นสิ่งต่างๆ และสามารถบอกสีของวัตถุได้ นัยน์ตามีส่วนประกอบต่างๆ ดังนี้

กระจกตา (cornea) มีลักษณะเป็นเนื้อเยื่อโปร่งใส อยู่บริเวณด้านหน้าสุดของนัยน์ตา กระจกตามีหน้าที่รับและยอมให้แสงผ่านเข้าสู่ภายใน ปัจจุบันนี้ถ้ากระจกตาเสีย สามารถนำกระจกตาของผู้บริจาคที่เสียชีวิตแล้ว มาเปลี่ยนทดแทนได้

ม่านตา (iris) เป็นส่วนที่เป็นสีของนัยน์ตา มีสีแตกต่างกันไปตามเชื้อชาติ เช่น สีดำ สีน้ำตาล หรือสีฟ้า ม่านตาทำหน้าที่ในการ ม่านตาเป็นตัวควบคุมการทำงานของรูม่านตา เพื่อควบคุมปริมาณแสงให้เหมาะกับเลนส์ตา คือเมื่อมีแสงสว่างมาก ม่านตาจะควบคุมให้รูม่านตาเปิดน้อย แต่เมื่อมีแสงสว่างน้อย ม่านตาก็จะควบคุมให้รูม่านตาเปิดกว้างขึ้น

รูม่านตา (pupil) อยู่บริเวณตรงกลางม่านตา มีสีดำ ทำหน้าที่เป็นช่องที่ให้แสงผ่านเข้าไปสู่เลนส์ตา

เลนส์ตา (lens) มีหน้าที่ในการโฟกัสภาพให้ไปตกที่เรตินา เลนส์ตามีลักษณะเป็นเลนส์นูนยืดหยุ่นได้ โดยมีเซล์รอดรับแสง เพื่อให้มองเห็นรูปร่างของวัตถุ และเซลล์โคนรับสี เพื่อให้มองเห็นสีของวัตถุ และจะทำงานได้ดีเมื่อมีแสงสว่างมาก

จอประสาทตา หรือเรตินา่ (retina) เป็นชั้นบางๆ ของเซลล์รับภาพที่อยู่ด้านหลังของดวงตา ประกอบด้วยเซลล์ 4 ชั้น จุดแต่ละจุดในประสาทตาจะส่งภาพผ่านเส้นประสาทไปที่สมอง การมองเห็นเกิดที่สมอง ภาพในจอประสาทตา จุดในสมองแต่ละจุดจะสัมพันธ์กันกับภาพในจอประสาทตา

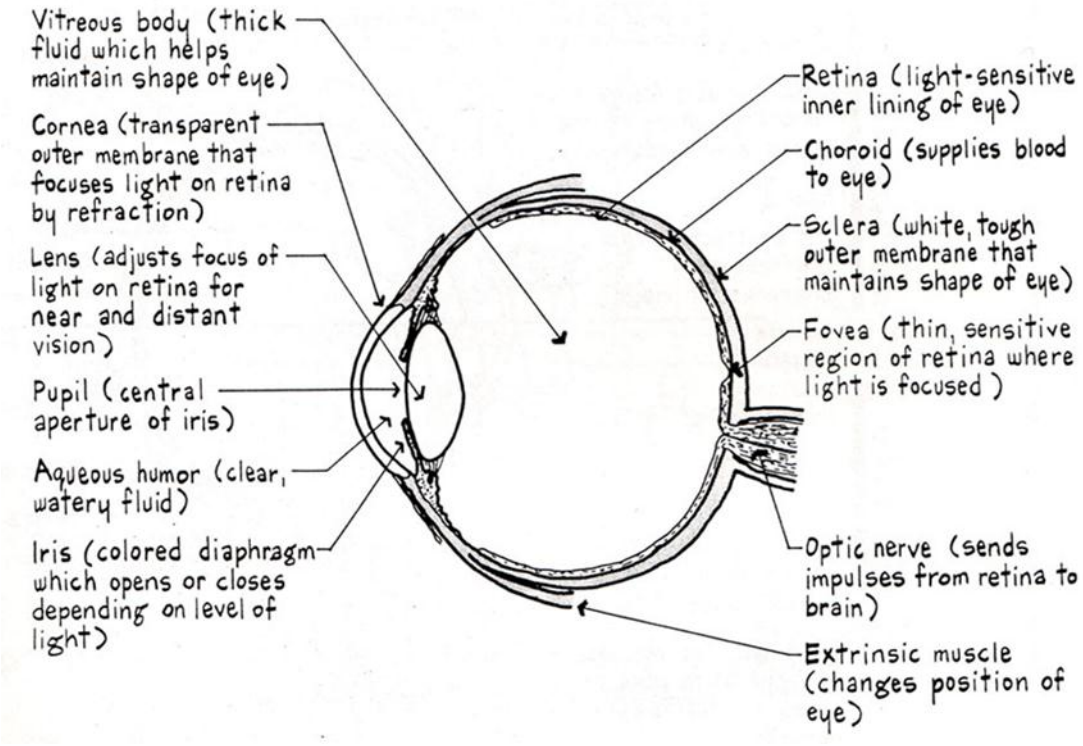
จุดรับภาพ (macula) เป็นส่วนที่ใช้มองตรงกลาง ส่วนการมองด้านข้างภาพจะใช้ส่วนอื่นของจอประสาทตา ที่เรียกว่า ขั้วประสาทตา

โฟเวีย (fovea) เป็นบริเวณที่มีเซลล์โคนอยู่เป็นจำนวนมาก ทำให้มองเห็นภาพชัดเจนที่สุด

จุดบอดแสง (blind spot) เป็นบริเวณที่ไม่มีเซลล์รอดและเซลล์โคนอยู่เลย ทำให้บริเวณไม่สามารถมองไม่เห็นวัตถุได้

เปลือกตา (rid) มีหน้าที่ปิดเลนส์ในตา เพื่อไม่ให้สิ่งสกปรกเข้าสู่ดวงตา

กระบอกตา (sclera) อยู่ชั้นนอกสุด ซึ่งประกอบด้วย ส่วนตาขาวและกระจกตา



ภาพที่ 2.5 แสดงองค์ประกอบของดวงตา (Egan, 1983) [4]

2.2.2 การมองเห็น (vision)

การมองเห็น เป็นการรับข้อมูลอย่างหนึ่งของการมีปฏิสัมพันธ์ระหว่างมนุษย์และวัตถุ และถือเป็นรับข้อมูลที่สำคัญที่สุด สำหรับคนส่วนใหญ่ที่ปกติ ดวงตามีระบบการทำงานเหมือนกับการรับภาพของกล้องถ่ายรูป แสงจากวัตถุจะผ่านกระจกตาและเลนส์ตา ซึ่งทำหน้าที่ในการรวมโฟกัส มีม่านตา

ทำหน้าที่ควบคุมปริมาณแสงที่จะตกบนบริเวณจอประสาทตาหรือเรตินา ให้ภาพที่มองเห็นมาตกอยู่ที่จอประสาทตา ที่ทำหน้าที่เป็นฉากรับรูป โดยจะมีเซลล์รับแสง (photoreceptor) อยู่ 2 ประเภทคือ เซลล์รอด (rod cell) มีลักษณะเป็นรูปแท่ง คุณสมบัติของเซลล์รอดคือ เป็นส่วนที่ทำให้สามารถมองเห็นได้แม้มีปริมาณแสงน้อย เนื่องจากเซลล์รอดมีความไวต่อความเข้มแสง แต่ถึงอย่างไรก็ตาม ก็ไม่สามารถมองเห็นรายละเอียดของวัตถุได้อย่างชัดเจน

เซลล์โคน (cone cell) มีลักษณะเป็นรูปกรวย เป็นส่วนที่ทำให้มองเห็นรายละเอียดของวัตถุ เซลล์นี้จะไม่ไวต่อความเข้มแสง และแบ่งเป็น 3 ประเภทตามความไวต่อความเข้มแสงที่มีความยาวคลื่นต่างกัน ได้แก่ สีเขียว สีแดง และสีน้ำเงิน ตาของมนุษย์ข้างนึงจะมีเซลล์โคนประมาณ 6 ล้านเซลล์ บริเวณโฟเวีย การทำงานในการมองเห็นของมนุษย์ เซลล์รอดและเซลล์โคนจะสลับกัน กล่าวคือ การมองเห็นปกติหรือแสงเพียงพอนั้น เซลล์โคนจะข่มเซลล์รอด แต่เมื่อมองในที่มืดหรือแสงไม่เพียงพอ สภาวะที่แสงไม่เพียงพอ เซลล์รอดจะข่มเซลล์โคนแทน เนื่องจากเซลล์โคนไม่สามารถทำงานได้ดีเท่ากับเซลล์รอด

บนจอประสาทตายังมีเซลล์ปมประสาท หรือ ganglion cell ซึ่งแบ่งออกเป็น เอ็กซ์เซลล์ (x-cell) และวายเซลล์ (y-cell) โดยที่เอ็กซ์เซลล์ทำหน้าที่ในการแยกแยะรูปร่าง เซลล์นี้อยู่บริเวณโฟเวียจำนวนมาก และเซลล์วายทำหน้าที่ดูการเคลื่อนไหวของวัตถุ เซลล์นี้อยู่บริเวณทั่วเรตินา มนุษย์มีจุดบอด หรือ Blind spot เป็นจุดอับในการมองเห็น เนื่องจากบริเวณดังกล่าวไม่มีเซลล์รับแสงใดๆ อยู่เลย ทำให้ไม่สามารถมองเห็นวัตถุได้

2.2.3 การมองเห็นความสว่างและสีของวัตถุ

ในการมองเห็นความสว่างของวัตถุจะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับ ความเข้มแสงที่ตกกระทบวัตถุ และค่าการสะท้อนแสงของวัตถุนั้น ปริมาณของแสงจะเป็นตัวกำหนดการใช้งานของเซลล์ต่างๆให้เหมาะสม เช่น เมื่อมีแสงน้อย เซลล์รอดจะทำงาน ทำให้สามารถมองเห็นได้ แต่ไม่สามารถมองเห็นรายละเอียดของวัตถุได้ เนื่องจากเซลล์รอดไม่มีความสามารถในการแยกแยะรายละเอียด ส่วนในการมองเห็นสีของวัตถุนั้น จะเป็นไปตามรูปแบบของ HSB model แบ่งออกเป็น 3 ส่วน ได้แก่
Hue หรือความเข้มของเนื้อสี (สีแท้) คือสีที่สะท้อนจากวัตถุเข้าตาเรา ซึ่งมักจะเรียกสีตามชื่อสี เช่น สีเขียว สีเหลือง สีแดง เป็นต้น

Saturation หรือความอิ่มตัวของสี คือความสดของสี โดยค่าความสดของสีจะเริ่มที่ 0 ถึง 100 คือ สีที่มีความสดน้อยจะเท่ากับ 0 และสีที่มีความสดมากจะเท่ากับ 100
Brightness หรือความสว่างของสี โดยค่าความสว่างของสีจะเริ่มที่ 0 ถึง 100 คือสีดำจะมีค่าความสว่างน้อย เท่ากับ 0 และสีที่มีความสว่างมากสุดจะเท่ากับ 100

เซลล์โคนทำหน้าที่ในการแยกแยะสี เนื่องจากเซลล์โคนมี 3 ประเภท ซึ่งแต่ละประเภทจะตอบสนองกับแสงที่มีความยาวคลื่นที่ต่างกัน คือ สีเขียว สีแดง และสีน้ำเงิน มนุษย์มองเห็นสีน้ำเงินแย่กว่าสีอื่น เพราะเซลล์โคนที่ตอบสนองกับสีน้ำเงินบริเวณโฟเวียนั้น มี 3-4 เปอร์เซ็นต์เท่านั้น จากสถิติพบว่า คนตาบอดสี ในสภาวะที่แสงเพียงพอนั้น สีที่แยกไม่ออก คือสีเขียวและสีแดง

2.2.4 การรับรู้ขนาดและความลึก

การมองเห็นของมนุษย์ เกิดจากการที่แสงจากวัตถุถูกโฟกัสมาที่จอประสาทตา สิ่งที่มีผลต่อการมองเห็นของมนุษย์ คือ Visual angle เราจะมองเห็นวัตถุชัด จะต้องมีค่าในระดับหนึ่ง เช่น มนุษย์ที่มีสายตาปกติ จะมองเห็นเส้นตรงแนวนอนได้นั้น ก็ต่อเมื่อเส้นตรงนั้นมี visual angle = 0.5 second of arc (1 degree = 60 minute of arc = 3600 second of arc เพราะฉะนั้น 0.5 second of arc = 1/7200 degree) ถ้าวัตถุยิ่งห่าง visual angle ก็จะเล็กลง และภาพที่เห็นก็จะเล็กลงด้วย (สุธีวัน โล่สุวรรณ, 2552) [5]

การรับรู้ความลึกเป็นอีกหนึ่งปัจจัยที่มีผลต่อการรับรู้ขนาด การรวมภาพของตาทั้งสองข้างทำให้มนุษย์แยกแยะความลึกของวัตถุได้ เมื่อมนุษย์มองเห็นและรับรู้ความลึก ทำให้สามารถบอกขนาดและระยะทางของวัตถุได้ นอกจากนี้ความคุ้นเคยก็ยังเป็นอีกส่วนหนึ่ง ที่ทำให้การรับรู้ขนาดคงที่โดยไม่ขึ้นอยู่กับระยะทาง

2.2.5 การปรับตัวของดวงตา

การปรับตัวของตากับความสว่าง

ระยะเวลาในการปรับตัวของตาระหว่างจากที่มืดไปสู่ที่สว่างกับจากที่สว่างไปที่มืดจะไม่เท่ากัน เพราะเซลล์รอดที่ทำหน้าที่ในการปรับตัวกับการมองเห็นในเวลากลางคืน จะทำได้ช้ากว่าเซลล์โคน เช่น ระยะการปรับตัวของตา เพื่อให้ได้ความไวต่อแสงสูงสุดของเซลล์รอดจะประมาณ 30 วินาที ในขณะที่เซลล์โคนใช้เวลาเพียง 2-3 วินาที ดังนั้นระยะเวลาของการปรับตัวของตาจากที่สว่างไปที่มืดจะนานกว่า จะเห็นได้ว่าความส่องสว่างและระยะเวลาในการมองมีอิทธิพลต่อความสามารถในการปรับตัวของสายตา เพราะฉะนั้นในการออกแบบในพื้นที่เดียวกันนั้น ควรให้มีความส่องสว่างใกล้เคียงกัน เพื่อให้เกิดความสบายตาต่อผู้ใช้งาน

การปรับตัวของตาในบริเวณพื้นที่มืดและพื้นที่สว่าง (Light and dark adaptation of the eye) ที่พบบ่อยๆ เรียกว่า “การตาบอดชั่วขณะหนึ่ง” จะเกิดขึ้นเมื่อมีความต่างของความสว่างระหว่างพื้นที่มาก เช่น พื้นที่ภายในและภายนอกโรงภาพยนตร์ ซึ่งพื้นที่ทั้งสองมีความต่างของความสว่าง กล่าวคือภายในมีความสว่างน้อยกว่าภายนอกโรงภาพยนตร์ เมื่อเดินออกจากโรงภาพยนตร์มาสู่ภายนอก ที่มีความสว่างที่เกิดจากแสงอาทิตย์และแสงสะท้อนจากอาคารข้างเคียง ทำให้ไม่สามารถมองเห็นชั่วระยะเวลาหนึ่ง เนื่องจากเมื่ออยู่ภายในโรงภาพยนตร์ ตาจะปรับให้เข้ากับความสว่างของภายในโรงภาพยนตร์ แต่เมื่อเดินออกมาภายนอก ตาจะต้องใช้เวลา 2 – 3 นาทีในการปรับให้เข้ากับความสว่างภายนอกโรงภาพยนตร์ (light adaptation) โดยการปรับม่านให้แคบลง เพื่อลดปริมาณแสงที่เข้ามาสู่จอประสาทตา (Michel, 1996) [6]

แต่ในทางกลับกันนั้น เมื่อเดินจากพื้นที่ที่มีความสว่างมากไปพื้นที่ที่มีความสว่างน้อยกว่า ตาจะต้องปรับให้เข้ากับพื้นที่ที่มีความสว่างน้อย (dark adaptation) ซึ่งจะใช้เวลาในการมองเห็นประมาณ 10 – 30 นาที หรือบางครั้งอาจจะมากกว่า ซึ่งถือเป็นอุปสรรคในการมองเห็นเป็นอย่างมาก

และเมื่อมีความสว่างน้อย การมองเห็นรายละเอียดและความชัดเจนของภาพจะลดลง เนื่องจากประสิทธิภาพการทำงานของโฟเวียลดลง

การออกแบบแสงสว่างให้กับพื้นที่นั้น สิ่งที่ต้องตระหนักถึงสำหรับการปรับตัวของตาในบริเวณพื้นที่มืดและพื้นที่สว่าง คือการปรับตาต่อปริมาณแสงที่จะทำให้เกิดความไม่สบายตา เมื่อมีการเปลี่ยนจากพื้นที่หนึ่งไปยังอีกพื้นที่หนึ่ง ดังนั้นผู้ที่ออกแบบจึงไม่ควรให้เกิดการปรับตัวของตาอย่างฉับพลัน ที่จะเกิดจากการเปลี่ยนแปลงความแตกต่างของความสว่างของพื้นที่มากเกินไป (Michel, 1996) [6]

การปรับตัวของตากับสี (color adaptation)

การปรับตัวของตาให้เข้ากับสีนั้น เป็นหน้าที่ของเรตินา โดยจะปรับตัวของตาให้เข้ากับสีทั้งหมดที่อยู่ในบริเวณมุมมองทั้งหมดที่มองเห็น เพราะฉะนั้นแสงสว่างมีความจำเป็นและสำคัญสำหรับสี และการปรับตัวของตาต่อสีกับแสง เพื่อจะได้ความสัมพันธ์ระหว่างรูปร่างกับความเข้มของสีในพื้นที่นั้นๆ ซึ่ง แสดงว่าตาได้มีการปรับตัวของเรตินา เช่น เทคนิคการให้แสงแบบส่องผนัง (wall wash) จะทำให้ผนังในส่วนที่อยู่ต่ำลงมาจากแหล่งกำเนิดแสงมีความเข้มของเนื้อสีเด่นชัด และความจัดของสีเพิ่มมากขึ้น

การปรับตัวของตากับระยะการมองภาพ

การมองวัตถุระยะต่างๆได้ชัดเจนนั้น เป็นหน้าที่ของเลนส์ตา โดยเลนส์ตามีความยืดหยุ่นควบคุมให้แบนหรือนูนได้ ซึ่งจะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการหักเหแสงและยังโฟกัสภาพให้ชัดเจนมากขึ้นอีกด้วย อีกทั้งยังส่งผลต่อรูม่านตาให้แคบหรือกว้างได้ตามระยะของการมองเห็น เมื่อตามองวัตถุที่อยู่ใกล้มากๆเป็นระยะเวลานานๆ จะส่งผลต่อกล้ามเนื้อตา ทำให้ปวดตาและเมื่อยล้าได้ ซึ่งเกิดจากกล้ามเนื้อต้องมีการปรับตัวเป็นระยะเวลานาน การหดและขยายของรูม่านตาขึ้นอยู่กับปริมาณของแสง ซึ่งการปรับตัวของตานั้นจะเกิดขึ้นก็ต่อเมื่อเกิดการเปลี่ยนแปลงของความส่องสว่างแบบฉับพลัน คือจากที่มืดไปสู่ที่สว่าง หรือจากที่สว่างไปสู่ที่มืด ขณะที่มีการปรับตัวของตาจะทำให้เกิดความล่าช้าในการมองเห็น เนื่องจากตาต้องใช้เวลาในการปรับตัว

การปรับตัวของตากับแสงธรรมชาติ

การปรับตามีการเชื่อมโยงกับความเร็วในการเปลี่ยนแปลงขนาดของรูม่านตา ซึ่งมีหน้าที่ในการควบคุมปริมาณแสงที่ผ่านเข้ามายังนัยย์ตา และการปรับตัวของเรตินาในการรับภาพเป็นไปอย่างช้าๆ ซึ่งการเปลี่ยนแปลงความสว่างของท้องฟ้า มักเกิดขึ้นอย่างช้าๆ ดังนั้นการปรับตัวของตากับความสว่างของท้องฟ้าที่มีความแปรปรวน จึงไม่มีปัญหาในเรื่องของความไม่สบายตา เนื่องจากความไม่สบายตาในการมองเห็น ที่เกิดจากการเปลี่ยนความสว่างอย่างฉับพลัน การเปลี่ยนแปลงความสว่างของแสงธรรมชาติที่เกิดจากความแปรปรวนของท้องฟ้าจะไม่มีผลต่อการปรับตามากนัก เนื่องจากการ

เปลี่ยนแปลงความสว่างของแสงธรรมชาติเป็นไปอย่างช้าๆ ดังนั้นจึงทำให้ไม่ต้องปรับตาแบบทันทีทันใด

ความเข้มส่องสว่างของแสงธรรมชาติ จะบอกเป็นค่าเดย์ไลท์แฟคเตอร์ (Daylight Factor หรือ DF) เป็นอัตราส่วนของปริมาณความส่องสว่างภายในอาคารต่อปริมาณความส่องสว่างภายนอกอาคาร ดังสมการ 2.1

Daylight Factor (%) = (ค่าความส่องสว่างภายใน x 100)/(ค่าความส่องสว่างภายนอก (ไม่รวมแสงแดดโดยตรง)

ค่าเดย์ไลท์แฟคเตอร์เหมาะสำหรับการกำหนดระดับความส่องสว่างในการมองเห็นมากกว่าการกำหนดปริมาณความส่องสว่างเพื่อการปรับตัวของตา ดังนั้นการใช้ประโยชน์ความสว่างของท้องฟ้า โดยการใช้แสงธรรมชาติ สามารถคาดคะเนได้จากค่าเดย์ไลท์แฟคเตอร์

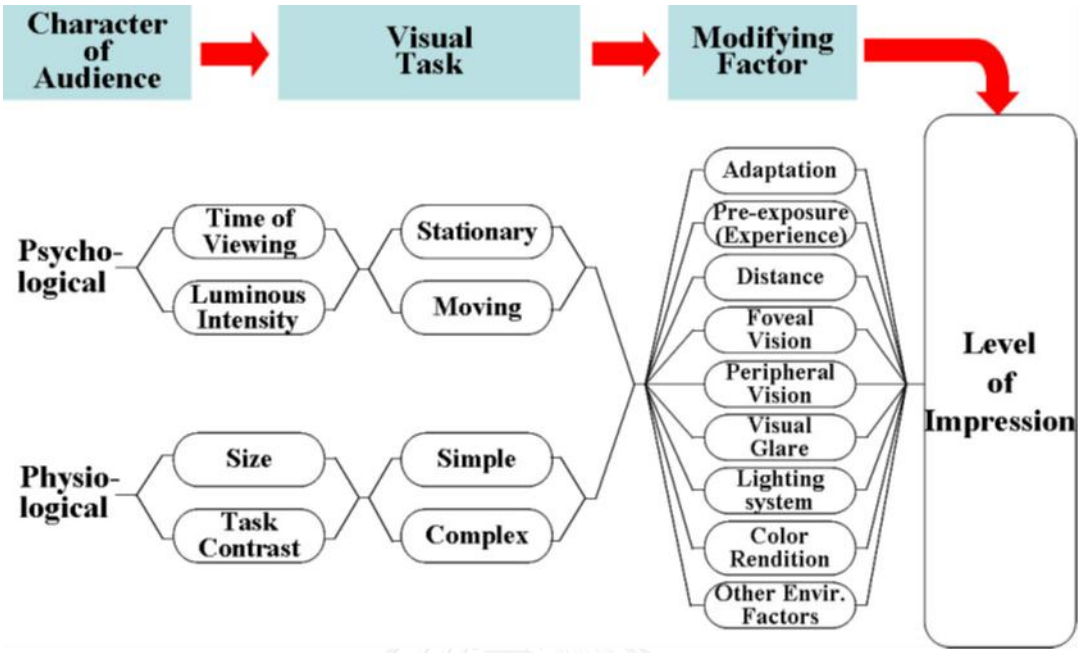
ความเปรียบต่างของความสว่างจ้าของตำแหน่งที่มองเห็น (local brightness contrast) การปรับตัวของตากับความสว่างจ้านั้น ตาจะปรับตัวต่อความสว่างจ้าเฉลี่ยของมุมมองที่เราเห็น ซึ่งจะมีค่าใกล้เคียงกับความสว่างบริเวณจุดศูนย์กลางของมุมมองที่มอง ถ้าบริเวณนั้นมีค่าความสว่างมาก ตาก็จะปรับตัวให้เข้ากับความสว่างเฉลี่ยนั้น ทำให้การมองเห็นในบริเวณที่มีค่าความสว่างที่ต่างกันมากจะทำได้ยาก กล่าวคือตาจะปรับให้เข้ากับความสว่างจ้ามาก ทำให้ไม่สามารถมองเห็นรายละเอียดของบริเวณที่มีความสว่างน้อยกว่าได้ ส่งผลให้เกิดความไม่สบายตา เพราะฉะนั้นการเลือกใช้ค่าการสะท้อนแสงของวัสดุควรมีค่าใกล้เคียงกัน เพื่อลดค่าการเปรียบต่างของความสว่าง เช่น ความสว่างของช่องแสงที่มีความสว่างมาก ควรเลือกใช้กรอบหน้าต่างที่มีค่าการสะท้อนแสงสูง เพื่อให้ความสว่างของกรอบหน้าต่างและช่องแสงมีความสัมพันธ์กัน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

2.3 ทฤษฎีความรู้สึกสบายด้านแสงสว่าง ความรู้สึกสบายด้านการมองเห็น

ตัวแปรที่จะตอบสนองความต้องการด้านจิตภาพและกายภาพ คือแสงสว่างและการมองเห็น ซึ่งสำหรับในศูนย์การค้าชุมชน แสงสว่างและการมองเห็นจะช่วยสร้างบรรยากาศ ความสวยงาม ความประทับใจ ช่วยกระตุ้นและดึงดูดความสนใจโดยการรับรู้ผ่านทางดวงตา การออกแบบและสร้างสภาพแวดล้อมสำหรับการรับรู้ด้านแสงสว่างนั้น ต้องมีความรู้และความเข้าใจเกี่ยวกับปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการรับรู้ของประสาทสัมผัสทางสายตา เพื่อให้รู้สึกถึงความสบายด้านความสว่าง (lighting comfort) และความสบายด้านการมองเห็น (visual comfort) ซึ่งปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับคุณภาพของการมองเห็นวัตถุนั้น ประกอบด้วย

- ปัจจัยหลักของการมองเห็นภาพและวัตถุ
- ปัจจัยที่เป็นการปรุงแต่งการมองเห็น (modifying factor)



ภาพที่ 2.6 แสดงปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการรับรู้ของประสาทสัมผัสทางการมองเห็น (สุธีวัน โลห์สุวรรณ, 2544) [5]

2.3.1 ปัจจัยหลักของการมองเห็นภาพและวัตถุ

ปัจจัยของการมองเห็นมี 4 ปัจจัยหลัก ได้แก่

ระยะเวลาในการมอง (time of viewing)

ระยะเวลาในการมอง คือช่วงเวลาในการมองวัตถุหรือภาพ เนื่องจากตาจะไม่สามารถมองเห็นวัตถุตรงหน้าได้ทันที ตาจะต้องมีระยะเวลาในการปรับตัว เพื่อให้เกิดการมองเห็น กล่าวคือ ปริมาณแสงสว่างและระยะเวลาในการมองนั้นจะมีความสัมพันธ์กัน เมื่อมีปริมาณแสงน้อยลง ระยะเวลาในการมองเห็นก็จะนานขึ้น เพราะกล้ามเนื้อตาจะเป็นตัวควบคุมปริมาณแสงที่เข้ามาด้วยการยืดและหดตัว ยกตัวอย่างเช่น บริเวณสนามบอล ควรออกแบบให้มีปริมาณแสงที่ค่อนข้างสูง เนื่องจากวัตถุต่างๆมีการเคลื่อนที่ สำหรับส่วนบริเวณ โถงกลางและโถงทางเดินภายในศูนย์การค้าชุมชน จะมีระยะเวลาในการมองค่อนข้างสั้น เนื่องจากมีการเคลื่อนที่ค่อนข้างสูง

ความสว่าง (luminance)

หมายถึงความเข้มแสงที่สะท้อนเข้าสู่ดวงตา ซึ่งเกิดจากความส่องสว่าง (illuminance) ตกกระทบผิววัตถุ แล้วสะท้อนเข้าสู่ดวงตา ทำให้สามารถมองเห็นวัตถุนั้น ปริมาณความเข้มของแสงสว่างที่เข้าสู่ดวงตา ขึ้นอยู่กับค่าความส่องสว่างและค่าการสะท้อนแสงของวัตถุ ตามสมการ และระดับการส่องสว่างบริเวณโถงกลางและโถงทางเดินในศูนย์การค้าชุมชน ต้องการค่าความส่องสว่าง 150 ลักซ์ หรือ 15 ฟุตแคนเดิล (IESNA, 2000) [1]

$$FL = fc * RF \qquad \text{..... สมการที่ 2.2}$$

เมื่อ FL คือ ความสว่าง มีหน่วยเป็นฟุตแลมเบิร์ต (Foot – Lamberts: FL)
fc คือ ความส่องสว่าง มีหน่วยเป็นฟุตแคนเดิล (Foot – candles: fc)
RF คือ ค่าการสะท้อนแสง (%)
(Stein and Reynolds, 2000) [7]

ค่าการสะท้อนแสงของวัสดุทั่วไปภายในและภายนอกอาคาร ตามตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 แสดงค่าการสะท้อนแสงของวัสดุภายในและภายนอกอาคาร

วัสดุ	**ค่าการสะท้อนแสง (%)**
หินทราย	18
อิฐ	
- อิฐสีเหลืองอ่อน	48
- อิฐสีเหลืองเข้ม	40
- อิฐสีแดงมัน	30
ซีเมนต์	27
คอนกรีต	55
แกรนิต	40
หินอ่อน (สีขาว)	45
สีทา (สีขาว)	
- สีใหม่	75
- สีเก่า	55
ยางมะตอย	7
ดินชุ่มชื้น	7
ทางเดิน	17
หญ้าเขียว	6
กรวด	13
โคลน	8

เมื่อปริมาณแสงตกกระทบวัตถุหรือความส่องสว่าง มีหน่วยเป็น ฟุตแคนเดิล (Foot – Candle: fc) และสิ่งที่ตาเห็น คือความสว่างจ้าของแสง ที่เกิดจากการสะท้อนแสงจากวัตถุเข้าสู่ตาเรา มีหน่วยเป็น ฟุตแลมเบิร์ต (Foot – Lambert: FL) ความสว่างจ้าจะมากขึ้นหรือน้อยลง ขึ้นอยู่กับปริมาณแสงและค่าความสามารถในการสะท้อนแสง (Reflection Factor: RF) ของวัสดุนั้น ดังนั้น สถาปนิกหรือผู้ออกแบบต้องควบคุมความสว่างจ้าให้เหมาะสม กล่าวคือในการออกแบบระบบแสง

สว่างโดยทั่วไป ต้องคำนึงถึงองค์ประกอบโดยรอบบริเวณที่ออกแบบ เช่น พื้น เพดาน ผนัง เฟอร์นิเจอร์ เป็นต้น โดยผู้ออกแบบต้องออกแบบให้ความสว่างจ้ามีความสอดคล้องกลมกลืนกัน เพื่อสร้างความสบายตาในการมองเห็น

ปัจจัยทางจิตภาพ

ระยะเวลาในการมองเห็นและความเข้มแสงสว่างเป็นปัจจัยทางจิตภาพ ซึ่งจะส่งผลต่อความรู้สึกที่มีต่อความส่องสว่างในการมองเห็น ทำให้เกิดความรู้สึกสบายตาและมีผลต่อความชัดเจนในการมอง ระยะเวลาในการมองเห็นจะมีความสัมพันธ์กับความเข้มของแสงสว่าง คือถ้าวัตถุมีความเข้มส่องสว่างน้อย จะต้องใช้ระยะเวลาในการมองนาน เพื่อให้เห็นวัตถุชัด แต่เมื่อวัตถุมีความเข้มส่องสว่างมากและใช้ระยะเวลาในการมองนาน จะทำให้รู้สึกไม่สบายตา

ขนาดของการมองภาพในการมองเห็น (size)

ขนาดของวัตถุที่มองเห็นนั้น ไม่ได้หมายถึงขนาดของวัตถุจริง แต่เป็นสัดส่วนของขนาดวัตถุนั้นกับระยะทางของการมอง โดยอาจจะมองอักษรที่อยู่ใกล้กับอักษรที่อยู่ไกลมีขนาดเท่ากัน เนื่องจากทั้งสองมีสัดส่วนเท่ากัน

ความเปรียบต่างระหว่างวัตถุกับพื้นภาพ (task contrast)

ค่าการเปรียบต่างของวัตถุกับพื้นภาพนั้น เป็นค่าการเปรียบเทียบระหว่างค่าการส่องสว่างของวัตถุกับพื้นภาพสำหรับการมองเห็น โดยถ้ามีค่าการเปรียบต่างของวัตถุกับพื้นภาพมากจะทำให้มองเห็นวัตถุได้อย่างชัดเจน ซึ่งสัดส่วนของค่าการเปรียบต่างกับความรู้สึกในการมองเห็นนั้นสามารถอธิบายได้ตามตารางที่ 2.2 (Stein and Reynolds, 2000) [7] จากตารางสามารถอธิบายได้ว่า ยิ่งมีค่าการเปรียบต่างของแสงในการมองเห็นมาก จะทำให้มองเห็นวัตถุได้ชัดเจนขึ้น แต่หากมากเกินไปจะทำให้เกิดความไม่สบายตาในการมองเห็น

ตารางที่ 2.2 แสดงค่าความเปรียบต่างของแสงในการมองเห็น

อัตราส่วน	ผลการมองเห็น
3:01	สามารถสังเกตเห็นความแตกต่าง
10:01	เป็นจุดสนใจและดึงดูดใจ
50:01:00	โดดเด่นมากและข่มวัตถุอื่นในมุมมอง

(Stein and Reynolds, 2000) [7]

ปัจจัยทางกายภาพ

ขนาดของภาพและค่าความเปรียบต่างของแสงในการมองเห็น เป็นปัจจัยทางกายภาพ ซึ่งทำให้เกิดความสบายตาและมีผลต่อความชัดเจนในการมอง โดยขนาดของภาพมีความสัมพันธ์กับค่าความเปรียบต่างของแสง กล่าวคือ ภาพที่มีขนาดใหญ่ จะมีความต้องการความเปรียบต่างจะน้อย เมื่อเทียบกับภาพที่มีขนาดเล็ก ซึ่งต้องการค่าความเปรียบต่างที่สูง เพื่อความชัดเจนของภาพ นอกจากนี้ยังมีปัจจัยที่เกี่ยวกับความละเอียดของภาพอีกด้วย เช่น ภาพที่มีความละเอียดมาก (complex) ต้องการค่าความเปรียบต่างสูงกว่าภาพที่มีความละเอียดน้อย (simple)
ความแตกต่างของความขาว – ดำระหว่างวัตถุกับสิ่งต่างๆที่อยู่รอบข้าง จะเห็นว่าเมื่อความแตกต่างของความขาว – ดำยิ่งมาก การมองเห็นก็จะง่ายขึ้น และความต้องการปริมาณแสงก็จะน้อยลง เช่น ตัวหนังสือสีดำบนกระดาษสีขาวอ่านง่ายกว่าตัวหนังสือสีดำบนกระดาษสีเทา แต่ถ้าความแตกต่างของความขาว – ดำน้อย จะต้องการปริมาณแสงมากขึ้น
กรณีพิจารณาความเปรียบต่างของวัตถุหรือภาพกับพื้นภาพหรือสภาพแวดล้อม จะสามารถอธิบายค่าความเปรียบต่างด้วยสมการที่ 2 เช่น ภาพของตัวหนังสือสีขาวบนพื้นสีดำเห็นได้ชัดกว่าภาพตัวหนังสือดำบนพื้นสีขาว

$$C = \left| \frac{L_B - L_T}{L_T} \right|$$

..... สมการที่ 2.3 (Stein and Reynolds, 2000) [7]

เมื่อ C คือ ค่าความเปรียบต่าง
LB คือ ค่าความสว่างของพื้นหลัง
มีหน่วยเป็นฟุตแลมเบิร์ท (Foot-lamberts, fl)
LT คือ ค่าความสว่างของวัตถุ
มีหน่วยเป็นฟุตแลมเบิร์ท (Foot-lamberts, fl)

2.3.2 ปัจจัยด้านตัวแปรปรุงแต่งการมองเห็นสภาพแวดล้อมและลักษณะผู้มอง

เป็นปัจจัยที่เกี่ยวข้องการมองเห็นที่ทำให้เกิดความประทับใจนั้น (Level of impression) เกิดขึ้นจากการปรุงแต่งด้านการมองเห็นสภาพแวดล้อมและลักษณะของผู้มอง โดยความประทับใจในการมองเห็นนั้น เป็นพื้นฐานการเรียนรู้ที่สำคัญต่อการรับข้อมูลผ่านการมองเห็น

การปรับตัวของสายตา (Eyes adaptation) การทำงานของดวงตา เริ่มจากการจับโฟกัสของแสงมาที่เรตินา โดยกระจกตากับเลนส์ตา ซึ่งเรตินาเป็นที่รวมของเส้นประสาทที่เกี่ยวข้องกับการมองเห็น รูม่านตาและม่านตาทำหน้าที่ปรับตัวตามปริมาณความจ้าของแสง เรตินาซึ่งประกอบด้วยชั้นของเส้นประสาทที่ซับซ้อน เมื่อแสงตกกระทบระบบประสาทที่อยู่ภายในจะทำงานด้วยประสาท 2

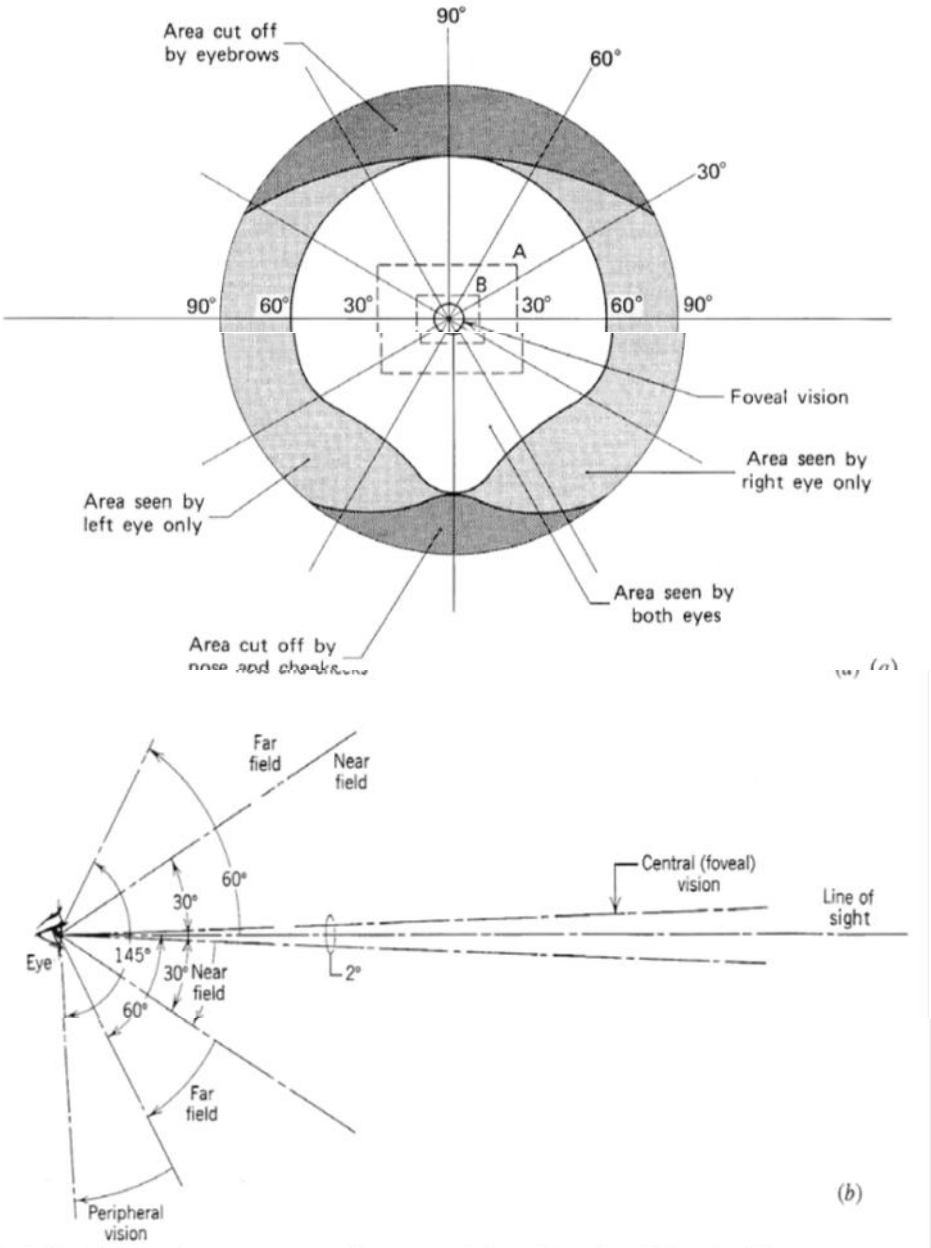
ส่วน คือ รอด ซึ่งทำหน้าที่ตอบสนองกับแสงสว่างน้อยและมองเห็นภาพเป็นขาวดำ ส่วนโคนจะตอบสนองกับแสงสว่างและมองเห็นภาพเป็นสี ดังนั้นม่านตาเป็นส่วนประกอบที่สำคัญในการปรับรับปริมาณแสงเข้าสู่ดวงตา เมื่ออยู่ในที่มืด ม่านตาจะขยายกว้าง และเมื่ออยู่ในที่สว่าง ม่านตาจะปรับให้รูม่านตาเล็กลง

ประสบการณ์ของผู้มองในอดีต (Pre-exposure หรือ experience) เป็นผลจากกระบวนการเรียนรู้ที่ถูกบันทึกข้อมูลสารสนเทศไว้ในความจำและเรียกกลับมาเพื่อประมวลผลกับสารสนเทศใหม่ที่ได้รับจากสภาพแวดล้อม (สุธีวัน โล่ห์สุวรรณ, 2552) [5] เช่น การออกแบบโถงกลางและโถงทางเดินภายในศูนย์การค้าชุมชน เพื่อให้เกิดความรู้สึกผ่อนคลายและกระตุ้นการเดินเลือกซื้อสินค้า ดังนั้นควรออกแบบให้มีความรู้สึกถึงความเป็นธรรมชาติ ซึ่งจะส่งผลให้ลูกค้ารู้สึกผ่อนคลาย มีความสุขในการเลือกซื้อสินค้า เนื่องจากลูกค้าเกิดปฏิสัมพันธ์กับธรรมชาติ ที่เป็นประสบการณ์ของผู้มอง

ระยะทางในการมอง (Distance) มีความเกี่ยวข้องกับการมองเห็นในเรื่องของขนาด และความซับซ้อนของภาพ ตาจะมีการปรับตัวให้เข้ากับระยะการมอง โดยมีเลนส์ตาเป็นตัวที่ทำหน้าที่ในการโฟกัสภาพหรือวัตถุที่อยู่ในระยะใกล้หรือไกล ให้มองเห็นได้อย่างชัดเจน เพราะเลนส์ตามีความสามารถในการควบคุมให้แบนหรือนูน ให้เกิดการหักเหของแสงที่เหมาะสม อีกทั้งยังส่งผลให้รูม่านตาปรับขนาดตามระยะของวัตถุอีกด้วย

มุมมองในการมองเห็น (Visual field) กล่าวคือมุมมองของดวงตาจะมีแกนแนวการมอง โดยแกนนี้เมื่อยืนจะเอียงลง 10 องศา และเมื่อนั่งจะเอียงลง 15 องศาจากเส้นนอน มีจุดโฟกัสอยู่ในมุมมองที่มีแนวรัศมีประมาณ 1 องศา เรียกว่า มุมมองเป้าหมายหลัก ถือเป็นบริเวณที่ตอบสนองต่อภาพสีได้เป็นอย่างดี ตามภาพที่ 2 – 7 มุมมองในการมองเห็นสามารถแบ่งออกเป็น 3 ระยะ คือ

- มุมมองที่อยู่ใกล้เป้าหมายหลัก หรือ near visual field โดยจะทำมุมประมาณ 1 – 30 องศาจากแกนแนวการมอง
- มุมมองที่อยู่โดยรอบ หรือ far visual field โดยมุมนี้จะทำมุมประมาณ 30 – 60 องศาจากแกนแนวการมอง
- มุมมองที่อยู่นอกจากมุมมองที่อยู่โดยรอบ หรือ monocular vision โดยมุมมองนี้จะนอกเหนือจากมุม 60 องศา จะแบ่งออกเป็น คือฝั่งตาซ้ายและฝั่งตาขวา

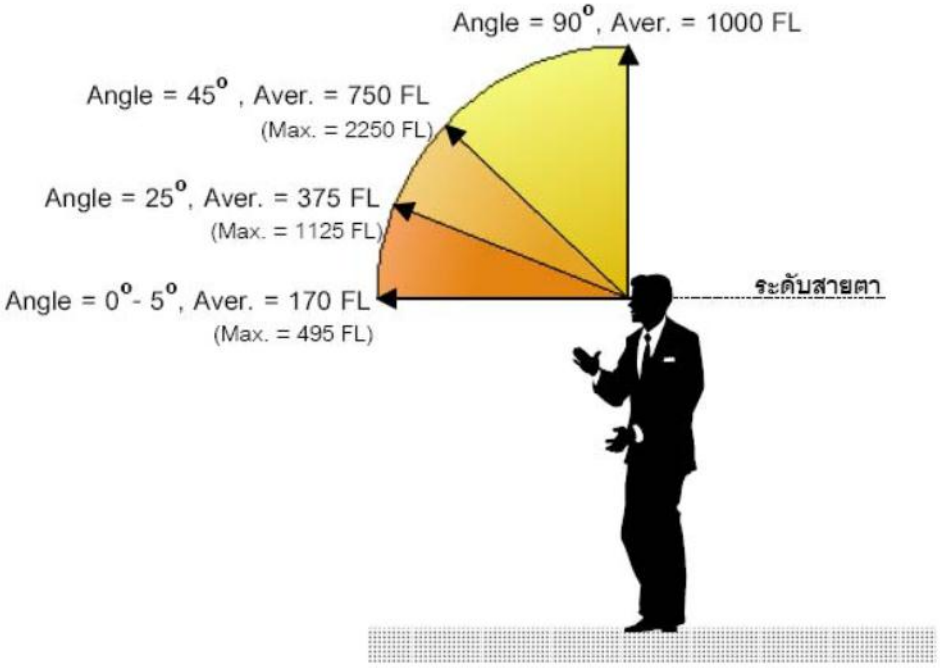


The fields of vision of a normal pair of human eyes (a) *and the subtended angles* (*b*). *The rectangles A and B superimposed on the field of vision in* (a) *represent a large magazine and a small book, respectively.*

ภาพที่ 2.7 แสดงมุมมองในการมองเห็นของสายตา (Stein and Reynolds, 2000) [7]

การระคายเคืองตาและความไม่สบายตาในการมองเห็น (glare) แสงสว่างไม่ได้ทำให้การมองเห็นมีความชัดเจนและสบายตาเสมอไป เนื่องจากหากมีปริมาณความส่องสว่างมากเกินไป จะทำให้เกิดแสงจ้าบาดตา เป็นเหตุให้เกิดความไม่สบายตาและการมองเห็นมีความชัดเจนน้อยลง โดยเฉพาะอย่างยิ่งการสะท้อนของแสงจากวัสดุที่มีพื้นผิวเรียบเข้าสู่ตา จะทำให้เกิดความระคายเคืองและเป็นแสงจ้าได้ (Michel, 1996) [6] จากการวิจัยพบว่าค่าความส่องสว่างที่ตาสามารถยอมรับได้นั้น ขึ้นอยู่กับองศาของมุมมองที่ความส่องสว่างนั้นเข้าสู่ตา กล่าวคือถ้าองศาการมองเป็นมุมเงยและมี

องศาที่มากขึ้น จะส่งผลให้ความสามารถของตาในการยอมรับค่าความส่องสว่างจะมีค่ามากขึ้นด้วย (สุนทร บุญญาธิการ, 2541) [8] จากเอกสารเผยแพร่ อาคารอนุรักษ์พลังงานเฉลิมพระเกียรติ ของศาสตราจารย์ ดร.สุนทร บุญญาธิการ ได้แสดงให้เห็นถึงความสามารถของตาที่ยอมรับระดับค่าความส่องสว่างในมุมมองต่างๆได้ กล่าวคือ ค่าความสว่างจ้าที่ตายอมรับได้มากสุดในมุมมองที่ 0 – 5 องศา คือ 495 ฟุตแลมเบิร์ต และมุมมองที่ 25 – 45 องศา มีค่าความสว่างจ้าที่ตายอมรับได้ มากสุดเท่ากับ 1125 – 2250 ฟุตแลมเบิร์ต เห็นได้จากภาพที่ 2.8



ภาพที่ 2.8 แสดงระดับความจ้าที่สายตายอมรับได้ในมุมมอง (angle of degrees) ที่แตกต่างกัน (สุนทร บุญญาธิการ, 2541) [8]

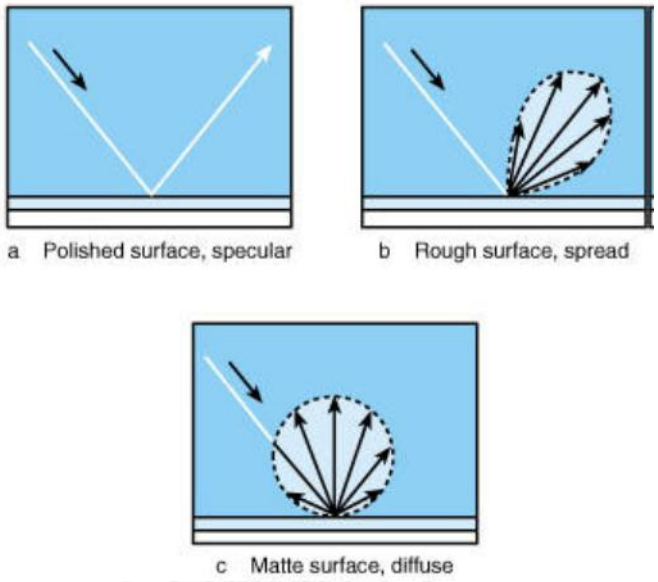
การระคายเคืองตาและความไม่สบายตาในการมองเห็น สามารถแบ่งได้ 2 ลักษณะ คือ การระคายเคืองตาโดยตรง หรือ direct discomfort glare และการเกิดเงาสะท้อนรบกวนการมองเห็น หรือ reflected glare

การระคายเคืองตาโดยตรง เกิดจากค่าความส่องสว่างของแสงมีค่ามากกว่าค่าความส่องสว่างที่ตายอมรับได้ในมุมมองต่างๆ

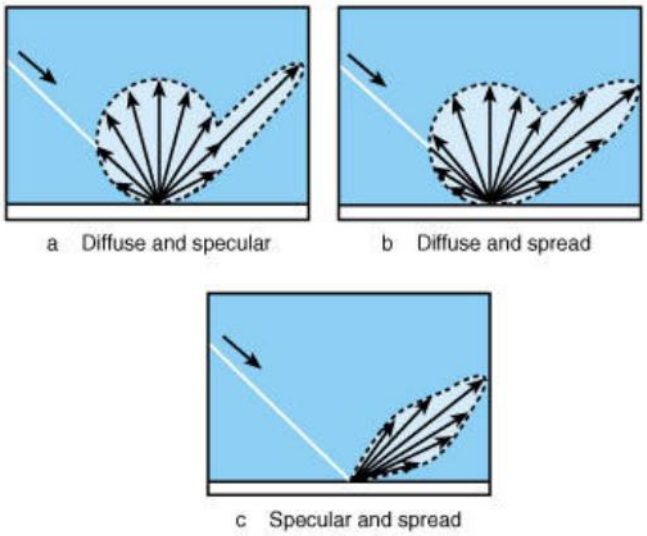
การเกิดเงาสะท้อนรบกวนการมองเห็น เนื่องจากแสงสะท้อนที่เข้าสู่ตานั้น จะทำให้ความสามารถในการมองเห็นลดลง การสะท้อนแสงที่เกิดขึ้นนั้น มาจาก การสะท้อนแสงของพื้นผิววัตถุ และมุมของการสะท้อนแสงกับมุมมองของผู้มอง การสะท้อนแสง (reflection) เป็นปรากฏการณ์หนึ่งของแสงเมื่อตกกระทบพื้นผิว และพื้นผิวทำหน้าที่เป็นตัวสะท้อนแสง ซึ่งมีลักษณะการสะท้อนแสงหลายแบบ การสะท้อนแสงของพื้นผิววัสดุมีหลายลักษณะ ตามภาพที่ 2.9 และภาพที่ 2.10 (IESNA, 2000) [1] คือ

- เสมือนกระจก หรือ specular
- สาดเป็นลำแสง หรือ spread
- ฟุ้งกระจาย หรือ diffuse
- แบบผสม หรือ compound

โดยถ้าเกิดการสะท้อนแสงของพื้นผิววัสดุในลักษณะเสมือนกระจก หรือสาดเป็นลำแสงเข้าสู่มุมมองของตา จะรบกวนการมองเห็น เนื่องจากเกิดเงาสะท้อน



ภาพที่ 2.9 แสดงลักษณะการสะท้อนแสงขึ้นอยู่กับลักษณะของพื้นผิวที่สะท้อนแสง (a) พื้นผิวมันเสมือนกระจก (polished) เกิดการสะท้อนแบบเสมือนกระจก (specular) (b) พื้นผิวมีความมันและกระด้าง (rough) เกิดการสะท้อนแบบสาดเป็นลำแสง (spread) (c) พื้นผิวด้าน (matte) เกิดการสะท้อนแบบฟุ้งกระจาย (diffuse) (IESNA, 2000) [1]



ภาพที่ 2.10 แสดงลักษณะการสะท้อนแสงแบบผสม (compound) (IESNA, 2000) [1]

ตัวอย่างของการเกิดเงาสะท้อนรบกวนการมองเห็น คือ หน้าปกนิตยสาร เนื่องจากพื้นผิวของหน้าปกนิตยสารมีมันเงา เมื่อมีแสงจากแหล่งกำเนิดมาตกกระทบ จะเกิดการสะท้อน ซึ่งเป็นการเพิ่มค่าความสว่างของหน้าปกนิตยสารให้มีค่ามากขึ้น ส่งผลให้ค่าความเปรียบต่างลดลง ทำให้การมองเห็นและความชัดเจนของหน้าปกลดลง แต่ถึงอย่างไรก็ตามการเกิดเงาสะท้อนก็ควบคุมได้โดย แหล่งกำเนิดแสงควรติดตั้งในบริเวณที่จะไม่ให้เกิดการสะท้อนเข้ามาในมุมมองในการมองเห็น และควรลดความสว่างของแหล่งกำเนิดแสงที่มีค่าความเข้มแสงมากๆ โดยให้เกิดการกระจายแสงบนระนาบการทำงานเป็นบริเวณกว้าง จะทำให้การมองเห็นเงาสะท้อนมีค่าลดลง โดยมุมวิกฤติของโต๊ะทำงานที่ไม่เอียง เท่ากับ 25 องศา นั่นคือ เมื่อมีแสงจากดวงโคมตกกระทบบนแนวระนาบของโต๊ะที่มุม 25 องศา จะทำให้เกิดแสงจ้าสะท้อนและเกิดเงาสะท้อนเหนือภาพเข้าสู่มุมมองของตา ดังนั้นจึงควรหลีกเลี่ยงไม่ให้เกิดมุมสะท้อนที่ 25 องศา

สีในการมองเห็น (Color rendition) ประกอบด้วยสีของแสงกับสีของวัตถุ ในทางสถาปัตยกรรมการออกแบบสีต้องคำนึงถึงความถูกต้องของสี และยังต้องคำนึงถึงการใช้สีของแสง เพื่อส่งเสริมความสวยงามของสีวัตถุ ซึ่งจะช่วยสร้างความประทับใจในการมองเห็น

ระบบแสงสว่างภายในสถาปัตยกรรม (Lighting system) การออกแบบแสงสว่างในสถาปัตยกรรมต้องผสมผสานการใช้แสงธรรมชาติกับแสงประดิษฐ์อย่างมีประสิทธิภาพและเหมาะสม เพื่อทำให้เกิดการประหยัดพลังงานที่สูงสุด

ปริมาณแสงสว่างของแสงที่ตกลงบนพื้นที่ทำงาน หรือ working plane มีหน่วยเป็น ฟุตแคนเดิล โดยคำนวณหาได้จากปริมาณของแสงสว่างที่ตกกระทบพื้นที่ใช้งานกับมุมตกกระทบของแสง ซึ่งมุมนี้จะมีค่าแปรผกผันกันกับค่าความเข้มของปริมาณแสงสว่างบนพื้นที่ทำงาน ตามสมการที่ 2.4 และภาพที่ 2.11

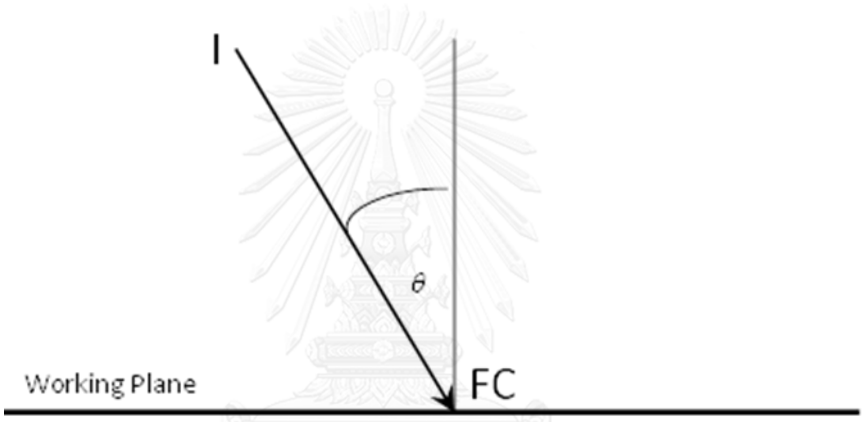
คำนวณหาค่าความเข้มของแสงสว่างบนระนาบการใช้งาน

$$Fc = I * \cos\theta$$ ..... สมการที่ 2.4 (สุนทร บุญญาธิการ, 2541) [8]

เมื่อ Fc คือ ค่าความเข้มของปริมาณแสงสว่างบนระนาบใช้งาน (illumination) มีหน่วยเป็น ฟุตแคนเดิล (footcandle)

I คือ ปริมาณแสงสว่างที่ตกกระทบบนพื้นที่ใช้งาน (Intensity) มีหน่วยเป็น แคนเดลา (candela)

θ คือ มุมตกกระทบของแสง (incident Angle)



ภาพที่ 2.11 แสดงตัวแปรที่ใช้ในการคำนวณค่าความเข้มของแสงบนระนาบ (สุนทร บุญญาธิการ, 2541) [8]

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

2.4 เขตสบายในระดับต่างๆ

กิจกรรมภายในศูนย์การค้าชุมชนมีความหลากหลาย สามารถจำแนกออกเป็นระดับการควบคุมที่แตกต่างกันในแต่ละพื้นที่ แบ่งออกเป็น 4 ระดับ ได้แก่ พื้นที่ธรรมชาติ พื้นที่ควบคุมด้วยระบบธรรมชาติ พื้นที่กึ่งควบคุมสภาพแวดล้อม และพื้นที่ควบคุมสภาพแวดล้อมอย่างสมบูรณ์ (สุนทร บุญญาธิการ, 2545) [8]

พื้นที่ธรรมชาติ (Natural condition)

พื้นที่ธรรมชาติ เป็นบริเวณที่อยู่ติดกับสภาพแวดล้อมโดยตรงและเป็นพื้นที่ที่อยู่ภายนอกของอาคาร ทำให้บริเวณนี้มีการเปลี่ยนแปลงตลอดทั้งวัน ทั้งทางด้านอุณหภูมิและความชื้น แต่เนื่องจากสภาพแวดล้อมได้รับการปรุงแต่งมาแล้ว จึงส่งผลให้การเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นไม่เกินภาวะน่าสบายของมนุษย์ไปมากนัก ดังนั้นพื้นที่ธรรมชาติมีข้อดี คือทำให้ได้สัมผัสถึงการเปลี่ยนแปลงของธรรมชาติ แต่ข้อเสียของพื้นที่บริเวณนี้ คือกันฝน แดด ลม ฝุ่นและความปลอดภัยไม่ได้ พื้นที่บริเวณนี้เหมาะกับ

การทำกิจกรรมลักษณะลำลอง หรือ Casual activities เช่น การเดินเล่น เดินช้อปปิ้ง รับประทานอาหาร บริเวณนี้ร่างกายจะมีการเปลี่ยนแปลงตามธรรมชาติโดยตรง

พื้นที่ควบคุมด้วยระบบธรรมชาติ (Passive zone)

พื้นที่ควบคุมด้วยระบบธรรมชาติ เป็นบริเวณที่สามารถปรุงแต่งสภาพแวดล้อมมากกว่าพื้นที่ธรรมชาติ กิจกรรมจะเป็นลักษณะไม่ต้องใช้ความคิดและสมาธิมากนัก ร่างกายจะมีเวลาในการปรับตัวโดยการคายความร้อนออกจากร่างกายก่อนเข้าสู่พื้นที่ต่อไป บริเวณนี้ต้องการอุณหภูมิประมาณ 20 – 32 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 30 – 80 เปอร์เซ็นต์ ที่ระดับความเร็วลม 0 – 500 ฟุตต่อนาที และมีระดับความส่องสว่างที่ 5 – 500 ฟุตแคนเดิล

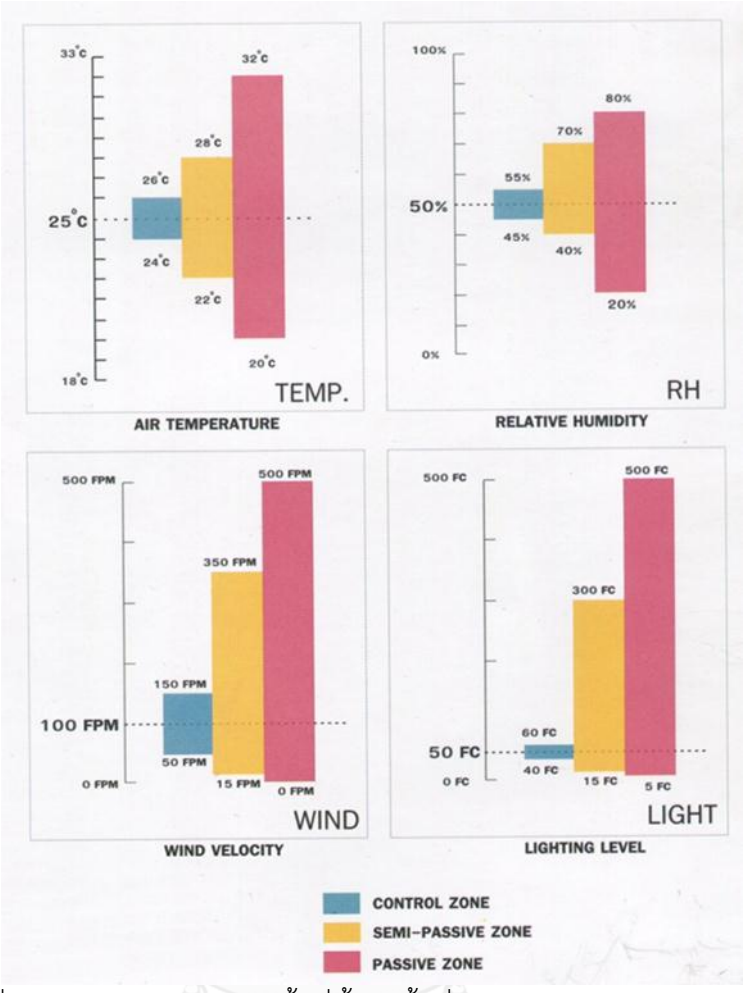
พื้นที่กึ่งควบคุมสภาพแวดล้อม (Semi – passive zone)

พื้นที่กึ่งควบคุมสภาพแวดล้อม บริเวณนี้มีการเปลี่ยนแปลงที่เป็นไปตามธรรมชาติอยู่บ้าง ดังนั้นลักษณะของกิจกรรม คือต้องใช้ความคิดและสมาธิมากขึ้น ร่างกายจะมีการปรับตัวอีกครั้งก่อนเข้าพื้นที่ที่เป็นกิจกรรมที่สมาธิสูง โดยบริเวณนี้ต้องการอุณหภูมิประมาณ 22 – 28 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 40 – 70 เปอร์เซ็นต์ ที่ระดับความเร็วลม 15 – 350 ฟุตต่อนาที และระดับความส่องสว่างที่ 15 – 300 ฟุตแคนเดิล

พื้นที่ควบคุมสภาพแวดล้อมอย่างสมบูรณ์ (Control zone)

พื้นที่ควบคุมสภาพแวดล้อมอย่างสมบูรณ์ เป็นบริเวณที่มีสภาพแวดล้อมภายในที่คงที่ตลอดเวลา เนื่องจากถูกควบคุมทั้งอุณหภูมิ ความชื้น ความเร็วลม และแสงสว่าง ดังนั้นลักษณะของกิจกรรมจะเป็นแบบที่ต้องมีสมาธิและต้องใช้ความคิดเป็นอย่างมาก โดยบริเวณนี้จะมีอุณหภูมิ 24 – 26 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์อยู่ที่ 45 – 55 เปอร์เซ็นต์ ที่ระดับความเร็วลม 50 – 150 ฟุตต่อนาที และมีระดับความส่องสว่างที่ 40 – 60 ฟุตแคนเดิล

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY



ภาพที่ 2.12 แสดงขอบเขตของพื้นที่ทั้ง 3 พื้นที่ (สุนทร บุญญาธิการ, 2545) [9]

จากข้อมูลข้างต้น พบว่าเมื่อพื้นที่ที่มีกิจกรรมการใช้ความคิดและสมาธิมากขึ้น ความต้องการในการควบคุมความแปรปรวนของสภาพแวดล้อมก็มากขึ้นด้วย ส่งผลให้ต้องใช้ระบบเครื่องกลมาช่วยในการปรุงแต่งสภาพแวดล้อมให้เหมาะสมกับพื้นที่และกิจกรรม ทำให้ต้องใช้พลังงานมากขึ้นอีกด้วย ดังนั้นการออกแบบต้องมีความรู้และความเข้าใจ เพื่อทำให้การประหยัดพลังงานและใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพสูงสุด

การใช้แสงธรรมชาติบริเวณโถงกลางและทางเดินภายในศูนย์การค้าชุมชน ควรได้รับการออกแบบที่แยกระบบการควบคุมสภาพแวดล้อมที่แตกต่างกัน เพื่อการประหยัดพลังงาน ตามลักษณะของกิจกรรมต่างๆ กล่าวคือ

- บริเวณโถงกลาง ซึ่งติดกับภายนอก ควรถูกออกแบบเป็นพื้นที่ควบคุมด้วยระบบธรรมชาติ (Passive zone) เนื่องจากเป็นบริเวณที่ลูกค้าพบปะพูดคุย มีกิจกรรมร่วมกัน ซึ่งกิจกรรมดังกล่าวเป็นลักษณะลำลอง จึงเป็นบริเวณที่ยอมให้มีการเปลี่ยนแปลงสภาพแวดล้อมได้ค่อนข้างมาก เน้นให้มีสภาพแวดล้อมที่มีการผสมผสานกันระหว่างภายนอกกับภายใน ส่งผลให้บริเวณโถงกลางเป็นบริเวณที่ทำให้ลูกค้าสามารถปรับสภาพร่างกายระหว่างภายนอกและภายในศูนย์การค้า

- บริเวณทางเดิน เป็นบริเวณที่ควรถูกออกแบบเป็นพื้นที่กึ่งควบคุมสภาพแวดล้อม (Semi-Passive zone) เพื่อให้ลูกค้าได้ปรับสภาพร่างกายอีกครั้งหนึ่งก่อนเข้าไปบริเวณร้านค้า ซึ่งเป็นพื้นที่ควบคุมสภาพแวดล้อมอย่างสมบูรณ์ (Control zone)

การออกแบบในลักษณะดังกล่าวนี้จะทำให้ลูกค้ามีการปรับสภาพร่างกายในด้านของแสงสว่าง โดยการใช้การปรับสายตาของม่านตามนุษย์ (Eye adaptation) กล่าวคือ โดยปกติม่านตาของคนเราจะขยายขึ้น เมื่อความสว่างลดลง และม่านตาจะแคบลง เมื่อความสว่างเพิ่มขึ้น ดังนั้น การเดินจากภายนอกอาคาร ไปบริเวณโถงกลาง ไปบริเวณทางเดิน ไปสู่ร้านค้า คือการเดินจากสภาพแวดล้อมภายนอก (Natural condition) ไปพื้นที่ควบคุมด้วยระบบธรรมชาติ (Passive zone) ไปพื้นที่กึ่งควบคุมสภาพแวดล้อม (Semi-Passive zone) ไปสู่พื้นที่ควบคุมสภาพแวดล้อมอย่างสมบูรณ์ (Control zone) ตามลำดับ ทำให้เกิดการปรับตัวของม่านตาให้เข้ากับการเปลี่ยนแปลงของปริมาณแสงที่ลดลงเรื่อยๆ ส่งผลให้ร้านค้าภายในศูนย์การค้าชุมชน ไม่ต้องเพิ่มปริมาณแสงสว่างสำหรับการไฮล์ไลท์สินค้า เพื่อการดึงดูดความสนใจจากลูกค้า และยังสามารถช่วยลดการใช้พลังงานได้อีกด้วย

2.5 ประเภทของค่าการส่องสว่างและค่าการส่องสว่างที่แนะนำโดย IESNA

ผู้ออกแบบระบบแสงสว่างควรตระหนักถึงค่าความส่องสว่างของพื้นที่ที่มีความสัมพันธ์กับลักษณะของกิจกรรมที่ต้องใช้สายตาในลักษณะต่างๆ โดยในตารางที่ 2.3 แสดงถึงความสัมพันธ์ระหว่างการแสดงการออกแบบที่ยึดอัตวิสัยส่วนตัวของผู้ออกแบบและความต้องการแสงเพื่อการมองเห็นงานของผู้ใช้งานที่ควรคำนึงถึง เช่น ทางเดินเชื่อม (corridor) โถงกลาง (lobby) หรือพื้นที่ในลักษณะเช่นนี้ ซึ่งมีความต้องการแสงเพื่อการมองเห็นงานเป็นบางครั้ง โดยควรที่จะให้มีการจัดการพื้นที่ไว้สำหรับรองรับแสงธรรมชาติบ้าง และในพื้นที่อื่นๆ เช่น โรงเรียน โรงพยาบาล และธนาคาร ควรได้รับการควบคุมการใช้แสงธรรมชาติควบคู่ไปกับการใช้แสงประดิษฐ์ เพื่อลดการใช้พลังงานในระบบแสงสว่าง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 2.3 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างการแสดงการออกแบบที่ยึดอัตวิสัยส่วนตัวของผู้ออกแบบและความต้องการแสงเพื่อการมองเห็นงานของผู้ใช้งานที่ควรคำนึงถึง (Egan, 2001) [10]

การเพิ่มขึ้นของความต้องการแสงเพื่อการมองเห็นงานของผู้ใช้งานที่ควรคำนึงถึง ↓↓↓	ประเภทของค่าการส่องสว่าง	ประเภทของงานและกิจกรรม	การเพิ่มขึ้นของการแสดงออกแบบที่ยึดติดวิสัยส่วนตัวของผู้ออกแบบ ↑↑↑
	A	ทางเดินเชื่อม (ในเวลากลางคืน)	
		พื้นที่สำหรับรอ (เช่น พื้นที่รอรับการตรวจร่างกาย)	
	B	โถงสำหรับเต้นรำ	
		โถงรับประทานอาหาร	
		พื้นที่อยู่อาศัย (สำหรับการสนทนา, การพักผ่อนและความบันเทิง)	
		พื้นที่ภายในสนามบิน	
	C	ทางเดินเชื่อม, โถงกลาง, พื้นที่รอ	
		โบสถ์ (สำหรับพื้นที่ในการพิธีหลัก)	
	D	โรงแรม (ห้องพัก, พื้นที่โถงกลางสำหรับอ่านหนังสือได้)	
		พื้นที่อยู่อาศัย (ครัว, ส่วนซักล้าง และห้องเย็บผ้า)	
	E	ธนาคาร (พื้นที่ทำงานพนักงาน)	
		โบสถ์ (แท่นพิธี)	
		ห้องเรียน (ห้องปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์)	
		สำนักงาน (สำหรับงานธุรการ)	
	F	พื้นที่เขียนแบบ (ความเปรียบต่างต่ำ, การพิมพ์น้อยสี)	
	G	โรงพยาบาล (เตียงชันสูตรศพ)	
	H	โรงพยาบาล (เตียงผ่าตัด)	
	I	โรงงานอุตสาหกรรม (การตรวจสอบความเรียบร้อยเสื้อผ้า)	

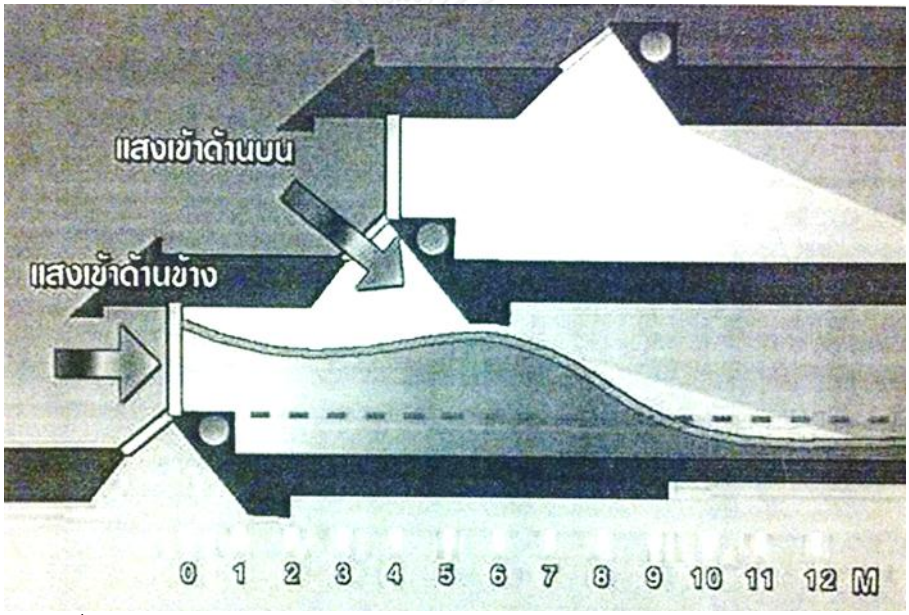
ตารางที่ 2.4 แสดงค่าการส่องสว่างที่แนะนำโดย IESNA (Egan, 2001) [10]

ประเภทค่าการส่องสว่าง	ช่วงค่าการส่องสว่าง, ลักซ์ (ฟุตแคนเดิล)	ประเภทของกิจกรรม
ค่าการส่องสว่างทั่วไปตลอดทั่วทั้งห้อง :		
A	20-30-50 (2-3-5)	พื้นที่สาธารณะที่สภาพแวดล้อมโดยรอบมีสภาพมืด
B	50-75-100 (5-7.5-10)	พื้นที่ปรับเปลี่ยนสำหรับการเข้าถึงในระยะชั่วคราว
C	100-150-200 (10-15-20)	พื้นที่ทำงานซึ่งต้องใช้สายตาบางครั้งคราว
ค่าการส่องสว่างบนงาน :		
D	200-300-500 (20-30-50)	การทำงานที่มีความเปรียบต่างสูง/ตัวหนังสือมีขนาดใหญ่ เช่น การอ่านสิ่งพิมพ์ ต้นฉบับ ลายมือที่เขียนจากหมึก งานที่ถ่ายเอกสารคุณภาพดี การทำงานกับเครื่องจักร/ตรวจสอบ/เชื่อมต่อที่ต้องใช้สายตาน้อย
E	500-750-1000 (50-75-100)	การทำงานที่มีความเปรียบต่างปานกลาง/ตัวหนังสือมีขนาดเล็ก เช่น การอ่านลายมือขนาดปานกลางที่เขียนด้วยดินสอ สิ่งพิมพ์คุณภาพด้อย/ข้อความที่มีการทำซ้ำอีกครั้ง การทำงานกับเครื่องจักร/ตรวจสอบ/เชื่อมต่อที่ต้องใช้สายตาปานกลาง
F	1000-1500-2000 (100-150-200)	การทำงานที่มีความเปรียบต่างต่ำ/ตัวหนังสือมีขนาดเล็กมาก เช่น การอ่านลายมือหวัดบนกระดาษที่มีคุณภาพต่ำ/ข้อความที่มีการทำซ้ำอีกครั้งที่มีคุณภาพต่ำ การตรวจสอบที่ต้องใช้สายตามาก
ค่าการส่องสว่างบนงานที่ได้รับการให้แสงสว่างแบบทั่วไปผสมผสานกับการให้แสงสว่างเฉพาะจุด:		
G	2000-3000-5000 (200-300-500)	การทำงานที่มีความเปรียบต่างต่ำ/ตัวหนังสือมีขนาดเล็กมาก ตลอดชั่วระยะเวลาหนึ่ง เช่น การทำงานกับเครื่องจักร/ตรวจสอบ/เชื่อมต่ออย่างละเอียด
H	5000-7500-10000 (500-750-1000)	การทำงานที่ใช้ระยะเวลายาวนาน/งานที่ต้องใช้สายตาสูง เช่น การทำงานกับเครื่องจักร/ตรวจสอบ/เชื่อมต่อที่ต้องใช้สายตาสูง
I	10000-15000-20000 (1000-1500-2000)	การทำงานที่มีความเปรียบต่างต่ำมาก/ต้องใช้สายตาสูงมาก และตัวหนังสือมีขนาดเล็กมาก เช่น การผ่าตัด

ในที่นี้จะกล่าวถึงการออกแบบบริเวณโถงกลางและโถงทางเดินในศูนย์การค้าชุมชน หรือ Community mall โดยใช้ระบบแสงสว่างธรรมชาติเป็นหลัก ทำได้โดย

- การนำแสงเหนือมาใช้ โดยเปิดช่องเปิดทางด้านทิศเหนือ เพราะเป็นแสงที่มีประสิทธิภาพสูง มีความสม่ำเสมอของแสงตลอดทั้งวัน ไม่นำความร้อนเข้ามาในอาคาร ส่งผลให้เกิดสภาวะน่าสบายภายในศูนย์การค้าชุมชน เนื่องจากจะรู้สึกเสมือนว่าอุณหภูมิภายนอกและภายในมีความแตกต่างกันน้อยมาก และทางเข้าศูนย์การค้าชุมชนควรอยู่ทางด้านตะวันออกเฉียงเหนือ เนื่องจากเป็นด้านที่ไม่โดนแดดตลอดทั้งปี ยกเว้นในเดือนมิถุนายนเท่านั้น

- ช่องเปิดควรอยู่ด้านบนด้านทิศเหนือ เพื่อแสงสว่างที่ได้จะไม่ระคายเคืองสายตาต่อผู้ใช้อาคาร เพราะสายตาของมนุษย์สามารถรับความจ้าของแสงได้มากขึ้น เมื่อแหล่งของแสงมาจากเหนือระดับสายตาขึ้นไป และช่องแสงด้านบนจะทำให้แสงธรรมชาติเข้ามาในอาคารได้ลึกกว่าช่องแสงด้านข้าง



ภาพที่ 2.13 ช่องแสงด้านบนทำให้แสงเข้ามาในอาคารได้ลึกกว่าช่องแสงด้านข้าง

(สุนทร บุญญาธิการ, 2545) [9]

- โถงทางเข้าควรเป็นโถงที่สามารถควบคุมแสง สี และบรรยากาศได้ ดังนั้นโถงทางเข้าควรเป็นโถงภายใน ควรมีลักษณะแสงที่ม่านตาจะหดตัว เพราะเมื่อเดินเข้าไปในอาคารแล้ว จะทำให้รู้สึกสว่าง โดยไม่มีความจำเป็นต้องใช้แสงในปริมาณมาก

- เมื่อความเข้มของแสงบรรยากาศทั้งหมดมีปริมาณแสงสว่างไม่มาก ส่งผลให้ไม่สิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้า ในการทำให้สินค้าภายในร้านเป็นที่น่าสนใจ (Highlight) ของผู้พบเห็น เนื่องจากการทำให้สินค้าสามารถดึงดูดความสนใจจากลูกค้าได้นั้น จะต้องมีปริมาณค่าเปรียบต่างมากกว่าแสงสว่างบริเวณรอบข้างประมาณ 10 เท่า

2.6 ความร้อนที่เข้ามาในอาคารผ่านทางช่องเปิด

การออกแบบช่องเปิดสำหรับศูนย์การค้าชุมชน เพื่อนำแสงธรรมชาติมาใช้ในอาคาร ต้องออกแบบให้มีปริมาณแสงที่เหมาะสมกับการใช้งาน และสิ่งที่ต้องคำนึงถึงอีกประการหนึ่ง คือความร้อนที่เข้ามาในอาคารด้วย ดังนั้นช่องเปิดควรมีปริมาณที่พอเหมาะ เพื่อให้ได้ปริมาณแสงที่พอเหมาะและนำความร้อนเข้ามาในอาคารน้อยที่สุด โดยสามารถคำนวณหาความร้อนที่ผ่านเข้ามาในอาคารผ่านทางช่องเปิด โดยใช้สูตร

Q solar = A x SC x SHGF x CLF .... สมการที่ 2.5 (ASHRAE; 2001) [11]

เมื่อ A = Area (net glass area)
SC = Shading coefficients for combination of type of glass and type of shading (ภาพที่ 2.14)
SHGF = Maximum solar heat gain factor for specific orientation of Surface, latitude, and month (ภาพที่ 2.15)
CLF = Cooling load factor with no interior shading (ภาพที่ 2.16)

Q conduction = U x A x (CLTD) ..... สมการที่ 2.6 (ASHRAE; 2001) [11]

เมื่อ U = Type of glass and interior shading if used
A = Area (net glass area)
CLTD = Cooling load temperature difference for conduction load through glass (ภาพที่ 2.17)

ภาพที่ 2.14 Shading Coefficients for Single Glass and Insulating Glass (ASHRAE; 2001) [11]

Part A. Single Glass

Type of Glass	Nominal Thickness[b]	Solar Trans.[b]	Shading Coefficient, SC[c]
Clear	3 mm (⅛ in.)	0.86	1.00
	6 mm (¼ in.)	0.78	0.94
	10 mm (⅜ in.)	0.72	0.90
	12 mm (½ in.)	0.67	0.87
Heat absorbing	3 mm (⅛ in.)	0.64	0.83
	6 mm (¼ in.)	0.46	0.69
	10 mm (⅜ in.)	0.33	0.60
	12 mm (½ in.)	0.24	0.53

Part B. Insulating Glass

Clear out, clear in	3 mm (⅛ in.)[d]	0.71[e]	0.88
Clear out, clear in	6-mm (¼ in.)	0.61	0.81
Heat absorbing[f] out, clear in	6 mm (¼ in.)	0.36	0.55

Source: Copyright © by the American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers, Inc., Atlanta, GA. Reprinted by permission from the *ASHRAE Handbook of Fundamentals*, 1981.

[a]Refers to factory-fabricated units with 5-, 6-, or 12-mm (3/16-, ¼-, or ½-in.) air space or to prime windows plus storm sash.

[b]Refer to manufacturer's literature for values.

[c]Based on outdoor air at 12 km/h (7.5 mph) and still air indoors.

[d]Thickness of each pane of glass, not thickness of assembled unit.

[e]Combined transmittance for assembled unit.

[f]Refers to gray-, bronze-, and green-tinted heat-absorbing float glass.

ภาพที่ 2.15 Maximum Solar Heat Gain Factor (Btu/h ft2) for Sunlit Glass, North Latitudes (ASHRAE; 2001) [11]

16 Deg

	N	NNE/ NNW	NE/ NW	ENE/ WNW	E/ W	ESE/ WSW	SE/ SW	SSE/ SSW	S	Hor.
Jan.	30	30	55	147	210	244	251	223	199	248
Feb.	33	33	96	180	231	247	233	188	154	275
Mar.	35	53	140	205	239	235	197	138	93	291
Apr.	39	99	172	215	227	204	150	77	45	289
May	52	132	189	218	215	179	115	45	41	282
June	66	142	194	217	207	167	99	41	41	277
July	55	132	187	214	210	174	111	44	42	277
Aug.	41	100	168	209	219	196	143	74	46	282
Sep.	36	50	134	196	227	224	191	134	93	282
Oct.	33	33	95	174	223	237	225	183	150	270
Nov.	30	30	55	145	206	241	247	220	196	246
Dec.	29	29	41	132	198	241	254	233	212	234

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาพที่ 2.16 Cooling Load Factor (CLF) for glass Without Interior Shading, North Latitudes (ASHRAE; 2001) [11]

Fenestration Facing	Room Construction	Solar Time, h																						
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
N (Shaded)	L	0.17	0.14	0.11	0.09	0.08	0.33	0.42	0.48	0.56	0.63	0.71	0.76	0.80	0.82	0.82	0.79	0.75	0.84	0.61	0.48	0.38	0.31	0.25	0.20
	M	0.23	0.20	0.18	0.16	0.14	0.34	0.41	0.46	0.53	0.59	0.65	0.70	0.73	0.75	0.76	0.74	0.75	0.79	0.61	0.50	0.42	0.36	0.31	0.27
	H	0.25	0.23	0.21	0.20	0.19	0.38	0.45	0.49	0.55	0.60	0.65	0.69	0.72	0.72	0.72	0.70	0.70	0.75	0.57	0.46	0.39	0.34	0.31	0.28
NNE	L	0.06	0.05	0.04	0.03	0.03	0.26	0.43	0.47	0.44	0.41	0.40	0.39	0.39	0.38	0.36	0.33	0.30	0.26	0.20	0.16	0.13	0.10	0.08	0.07
	M	0.09	0.08	0.07	0.06	0.06	0.24	0.38	0.42	0.39	0.37	0.37	0.36	0.36	0.36	0.34	0.33	0.30	0.27	0.22	0.18	0.16	0.14	0.12	0.10
	H	0.11	0.10	0.09	0.09	0.08	0.26	0.39	0.42	0.39	0.36	0.35	0.34	0.34	0.33	0.32	0.31	0.28	0.25	0.21	0.18	0.16	0.14	0.13	0.12
NE	L	0.04	0.04	0.03	0.02	0.02	0.23	0.41	0.51	0.51	0.45	0.39	0.36	0.33	0.31	0.28	0.26	0.23	0.19	0.15	0.12	0.10	0.08	0.06	0.05
	M	0.07	0.06	0.06	0.05	0.04	0.21	0.36	0.44	0.45	0.40	0.36	0.33	0.31	0.30	0.28	0.26	0.23	0.21	0.17	0.15	0.13	0.11	0.09	0.08
	H	0.09	0.08	0.08	0.07	0.07	0.23	0.37	0.44	0.44	0.39	0.34	0.31	0.29	0.27	0.26	0.24	0.22	0.20	0.17	0.14	0.13	0.12	0.11	0.10
ENE	L	0.04	0.03	0.03	0.02	0.02	0.21	0.40	0.52	0.57	0.53	0.45	0.39	0.34	0.31	0.28	0.25	0.22	0.18	0.14	0.12	0.09	0.08	0.06	0.05
	M	0.07	0.06	0.05	0.05	0.04	0.20	0.35	0.45	0.49	0.47	0.41	0.36	0.33	0.30	0.28	0.26	0.23	0.20	0.17	0.14	0.12	0.11	0.09	0.08
	H	0.09	0.09	0.08	0.07	0.07	0.22	0.36	0.46	0.49	0.45	0.38	0.33	0.30	0.27	0.25	0.23	0.21	0.19	0.16	0.14	0.13	0.12	0.11	0.10
E	L	0.04	0.03	0.03	0.02	0.02	0.19	0.37	0.51	0.57	0.57	0.50	0.42	0.37	0.32	0.29	0.25	0.22	0.19	0.15	0.12	0.10	0.08	0.06	0.05
	M	0.07	0.06	0.06	0.05	0.05	0.18	0.33	0.44	0.50	0.51	0.46	0.39	0.35	0.31	0.29	0.26	0.23	0.21	0.17	0.15	0.13	0.11	0.10	0.08
	H	0.09	0.09	0.08	0.08	0.07	0.20	0.34	0.45	0.49	0.49	0.43	0.36	0.32	0.29	0.26	0.24	0.22	0.19	0.17	0.15	0.13	0.12	0.11	0.10
ESE	L	0.05	0.04	0.03	0.03	0.02	0.17	0.34	0.49	0.58	0.61	0.57	0.48	0.41	0.36	0.32	0.28	0.24	0.20	0.16	0.13	0.10	0.09	0.07	0.06
	M	0.08	0.07	0.06	0.05	0.05	0.16	0.31	0.43	0.51	0.54	0.51	0.44	0.39	0.35	0.32	0.29	0.26	0.22	0.19	0.16	0.14	0.12	0.11	0.09
	H	0.10	0.09	0.09	0.08	0.08	0.19	0.32	0.43	0.50	0.52	0.49	0.41	0.36	0.32	0.29	0.26	0.24	0.21	0.18	0.16	0.14	0.13	0.12	0.11
SE	L	0.05	0.04	0.04	0.03	0.03	0.13	0.28	0.43	0.55	0.62	0.63	0.57	0.48	0.42	0.37	0.33	0.28	0.24	0.19	0.15	0.12	0.10	0.08	0.07
	M	0.09	0.08	0.07	0.06	0.05	0.14	0.26	0.38	0.48	0.54	0.56	0.51	0.45	0.40	0.36	0.33	0.29	0.25	0.21	0.18	0.16	0.14	0.12	0.10
	H	0.11	0.10	0.10	0.09	0.08	0.17	0.28	0.40	0.49	0.53	0.53	0.48	0.41	0.36	0.33	0.30	0.27	0.24	0.20	0.18	0.16	0.14	0.13	0.12
SSE	L	0.07	0.05	0.04	0.04	0.03	0.06	0.15	0.29	0.43	0.55	0.63	0.64	0.60	0.52	0.45	0.40	0.35	0.29	0.23	0.18	0.15	0.12	0.10	0.08
	M	0.11	0.09	0.08	0.07	0.06	0.08	0.16	0.26	0.38	0.48	0.55	0.57	0.54	0.48	0.43	0.39	0.35	0.30	0.25	0.21	0.18	0.16	0.14	0.12
	H	0.12	0.11	0.11	0.10	0.09	0.12	0.19	0.29	0.40	0.49	0.54	0.55	0.51	0.44	0.39	0.35	0.31	0.27	0.23	0.20	0.18	0.16	0.15	0.13
S	L	0.08	0.07	0.05	0.04	0.04	0.06	0.09	0.14	0.22	0.34	0.48	0.59	0.65	0.65	0.59	0.50	0.43	0.36	0.28	0.22	0.18	0.15	0.12	0.10
	M	0.12	0.11	0.09	0.08	0.07	0.08	0.11	0.14	0.21	0.31	0.42	0.52	0.57	0.58	0.53	0.47	0.41	0.36	0.29	0.25	0.21	0.18	0.16	0.14
	H	0.13	0.12	0.12	0.11	0.10	0.11	0.14	0.17	0.24	0.33	0.43	0.51	0.56	0.55	0.50	0.43	0.37	0.32	0.26	0.22	0.20	0.18	0.16	0.15
SSW	L	0.10	0.08	0.07	0.06	0.05	0.06	0.09	0.11	0.15	0.19	0.27	0.39	0.52	0.62	0.67	0.65	0.58	0.46	0.36	0.28	0.23	0.19	0.15	0.12
	M	0.14	0.12	0.11	0.09	0.08	0.09	0.11	0.13	0.15	0.18	0.25	0.35	0.46	0.55	0.59	0.59	0.53	0.44	0.35	0.30	0.25	0.22	0.19	0.16
	H	0.15	0.14	0.13	0.12	0.11	0.12	0.14	0.16	0.18	0.21	0.27	0.37	0.46	0.53	0.57	0.55	0.49	0.40	0.32	0.26	0.23	0.20	0.18	0.16
SW	L	0.12	0.10	0.08	0.06	0.05	0.06	0.08	0.10	0.12	0.14	0.16	0.24	0.36	0.49	0.60	0.66	0.66	0.58	0.43	0.33	0.27	0.22	0.18	0.14
	M	0.15	0.14	0.12	0.10	0.09	0.09	0.10	0.12	0.13	0.15	0.17	0.23	0.33	0.44	0.53	0.58	0.59	0.53	0.41	0.33	0.28	0.24	0.21	0.18
	H	0.15	0.14	0.13	0.12	0.11	0.12	0.13	0.14	0.16	0.17	0.19	0.25	0.34	0.44	0.52	0.56	0.56	0.49	0.37	0.30	0.25	0.21	0.19	0.17
WSW	L	0.12	0.10	0.08	0.07	0.05	0.06	0.07	0.09	0.10	0.12	0.13	0.17	0.26	0.40	0.52	0.62	0.66	0.61	0.44	0.34	0.27	0.22	0.18	0.15
	M	0.15	0.13	0.12	0.10	0.09	0.09	0.10	0.11	0.12	0.13	0.14	0.17	0.24	0.35	0.46	0.54	0.58	0.55	0.42	0.34	0.28	0.24	0.21	0.18
	H	0.15	0.14	0.13	0.12	0.11	0.11	0.12	0.13	0.14	0.15	0.16	0.19	0.26	0.36	0.46	0.53	0.56	0.51	0.38	0.30	0.25	0.21	0.19	0.17
W	L	0.12	0.10	0.08	0.06	0.05	0.06	0.07	0.08	0.10	0.11	0.12	0.14	0.20	0.32	0.45	0.57	0.64	0.61	0.44	0.34	0.27	0.22	0.18	0.14
	M	0.15	0.13	0.11	0.10	0.09	0.09	0.09	0.10	0.11	0.12	0.13	0.14	0.19	0.29	0.40	0.50	0.56	0.55	0.41	0.33	0.27	0.23	0.20	0.17
	H	0.14	0.13	0.12	0.11	0.10	0.11	0.12	0.13	0.14	0.14	0.15	0.16	0.21	0.30	0.40	0.49	0.54	0.52	0.38	0.30	0.24	0.21	0.18	0.16
WNW	L	0.12	0.10	0.08	0.06	0.05	0.06	0.07	0.09	0.10	0.12	0.13	0.15	0.17	0.26	0.40	0.53	0.63	0.62	0.44	0.34	0.27	0.22	0.18	0.14
	M	0.15	0.13	0.11	0.10	0.09	0.09	0.10	0.11	0.12	0.13	0.14	0.15	0.17	0.24	0.35	0.47	0.55	0.55	0.41	0.33	0.27	0.23	0.20	0.17
	H	0.14	0.13	0.12	0.11	0.10	0.11	0.12	0.13	0.14	0.15	0.16	0.17	0.18	0.25	0.36	0.46	0.53	0.52	0.38	0.30	0.24	0.20	0.18	0.16
NW	L	0.11	0.09	0.08	0.06	0.05	0.06	0.08	0.10	0.12	0.14	0.16	0.17	0.19	0.23	0.33	0.47	0.59	0.60	0.42	0.33	0.26	0.21	0.17	0.14
	M	0.14	0.12	0.11	0.09	0.08	0.09	0.10	0.11	0.13	0.14	0.16	0.17	0.18	0.21	0.30	0.42	0.51	0.54	0.39	0.32	0.26	0.22	0.19	0.16
	H	0.14	0.12	0.11	0.10	0.10	0.10	0.12	0.13	0.15	0.16	0.18	0.18	0.19	0.22	0.30	0.41	0.50	0.51	0.36	0.29	0.23	0.20	0.17	0.15
NNW	L	0.12	0.09	0.08	0.06	0.05	0.07	0.11	0.14	0.18	0.22	0.25	0.27	0.29	0.30	0.33	0.44	0.57	0.62	0.44	0.33	0.26	0.21	0.17	0.14
	M	0.15	0.13	0.11	0.10	0.09	0.10	0.12	0.15	0.18	0.21	0.23	0.26	0.27	0.28	0.31	0.39	0.51	0.56	0.41	0.33	0.27	0.23	0.20	0.17
	H	0.14	0.13	0.12	0.11	0.10	0.12	0.15	0.17	0.20	0.23	0.25	0.26	0.28	0.28	0.31	0.38	0.49	0.53	0.38	0.30	0.25	0.21	0.18	0.16
HOR	L	0.11	0.09	0.07	0.06	0.05	0.07	0.14	0.24	0.36	0.48	0.58	0.66	0.72	0.74	0.73	0.67	0.59	0.47	0.37	0.29	0.24	0.19	0.16	0.13
	M	0.16	0.14	0.12	0.11	0.09	0.11	0.16	0.24	0.33	0.43	0.52	0.59	0.64	0.67	0.66	0.62	0.56	0.47	0.38	0.32	0.28	0.24	0.21	0.18
	H	0.17	0.16	0.15	0.14	0.13	0.15	0.20	0.28	0.36	0.45	0.52	0.59	0.62	0.64	0.62	0.58	0.51	0.42	0.35	0.29	0.26	0.23	0.21	0.19

L = Light construction: frame exterior wall, 2-in. concrete floor slab, approximately 30 lb of material/ft^2 of floor area.
M = Medium construction: 4-in. concrete exterior wall, 4-in. concrete floor slab, approximately 70 lb of building material/ft^2 of floor area.
H = Heavy construction: 6-in. concrete exterior wall, 6-in. concrete floor slab, approximately 130 lb of building materials/ft^2 of floor area.

ภาพที่ 2.17 Cooling Load Temperature Differences (CLTD) for conduction Through Glass (ASHRAE; 2001) [11]

Solar time, h	CLTD °F	Solar time, h	CLTD °F
0100	1	1300	12
0200	0	1400	13
0300	−1	1500	14
0400	−2	1600	14
0500	−2	1700	13
0600	−2	1800	12
0700	−2	1900	10
0800	0	2000	8
0900	2	2100	6
1000	4	2200	4
1100	7	2300	3
1200	9	2400	2

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทที่ 3
ระเบียบวิธีการดำเนินการวิจัย

วัตถุประสงค์ของการวิจัยนี้ เพื่อสร้างสภาวะน่าสบายของศูนย์การค้าชุมชน หรือคอมมูนิตี้มอลล์ (Community Malls) โดยการควบคุมการใช้แสงธรรมชาติ มุ่งเน้นให้ศูนย์การค้าชุมชนได้นำแสงธรรมชาติมาประยุกต์ใช้ภายในอาคารได้อย่างเหมาะสม เพื่อช่วยลดการใช้พลังงานในระบบไฟฟ้าแสงสว่าง โดยมีขั้นตอนการดำเนินการวิจัยดังนี้ คัดเลือกศูนย์การค้าชุมชนจากทั้งหมด เพื่อศึกษาข้อดี – ข้อเสีย และหาตัวแปรที่สำคัญที่มีอิทธิพลต่อการนำแสงธรรมชาติมาใช้ในอาคาร จากนั้นนำตัวแปรที่ได้มาใช้ในการปรับปรุงแก้ไขศูนย์การค้าชุมชนที่มีการนำเอาแสงธรรมชาติเข้ามาใช้ในอาคารที่แย่ที่สุด ให้กลายเป็นอาคารที่ใช้แสงธรรมชาติได้อย่างเหมาะสมและทำให้ภายในของศูนย์การค้าชุมชนเกิดสภาวะน่าสบาย โดยทำการแก้ไขและวิเคราะห์ผลจากหุ่นจำลอง ขนาด 1: 100 การศึกษาวิจัยนี้เน้นบริเวณโถงกลางและโถงทางเดินภายในศูนย์การค้าชุมชน

โดยมีขั้นตอนการดำเนินการวิจัยตามลำดับ ดังนี้

1) เลือกศูนย์การค้าชุมชนตัวอย่าง

2) ศึกษาหาข้อดี ข้อเสีย ของแต่ละแห่ง

3) วิเคราะห์เพื่อหาความสำคัญของตัวแปรที่เกี่ยวข้อง กับการนำแสงธรรมชาติมาใช้ในศูนย์การค้าชุมชน

4) นำตัวแปรที่ได้มาออกแบบการควบคุมแสงธรรมชาติ ด้วยช่องเปิดเพื่อสร้างสภาวะน่าสบาย

5) สรุปผลออกแบบจากงานวิจัย เพื่อนำไปปรับปรุงการควบคุมการนำแสงธรรมชาติมาใช้ในปริมาณที่เพียงพอและทำให้เกิดสภาวะน่าสบายภายในศูนย์การค้าชุมชน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

3.1 สำรวจ ตรวจสอบ และเก็บข้อมูลจากศูนย์การค้าชุมชนตัวอย่าง เพื่อหาตัวแปรที่มีอิทธิพลต่อการนำแสงธรรมชาติมาใช้ในศูนย์การค้าชุมชน

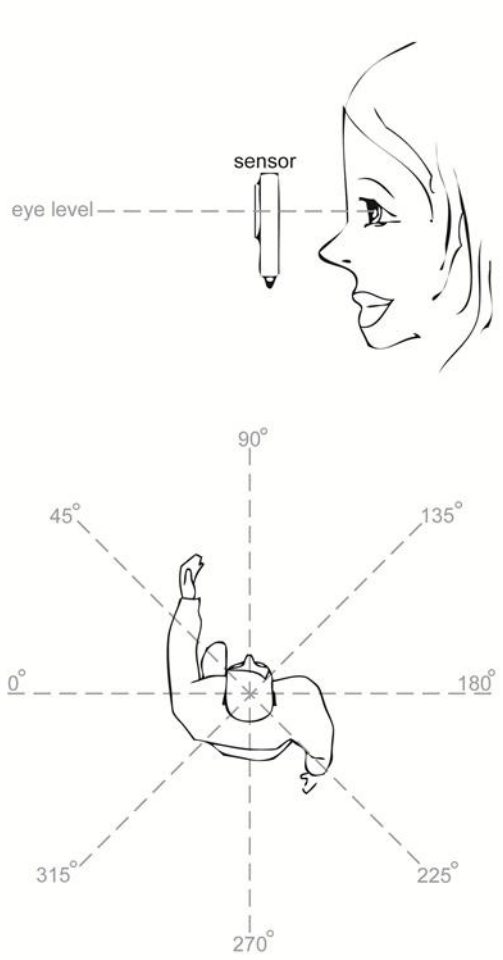
3.1.1 ศูนย์การค้าชุมชนที่เลือกมีจำนวน 4 แห่ง ได้แก่ ศูนย์การค้าชุมชน A, B, C, และ D และโดยมีเกณฑ์ในการเลือกศูนย์การค้าชุมชนทั้งหมดภายในกรุงเทพมหานครจากลักษณะดังนี้

- มีบริเวณโถงกลางและโถงทางเดินอยู่ภายในบริเวณตรงกลางของศูนย์การค้าชุมชน
- เป็นอาคารศูนย์การค้าชุมชนสูง 2 – 3 ชั้น
- ช่องเปิดมีลักษณะเป็นช่องเปิดที่แตกต่างกัน เช่นวัสดุหลังคาเป็นวัสดุโปร่งแสงและช่องเปิดตรงกลางที่มีลักษณะเปิดโล่ง

เพื่อนำมาศึกษาหาข้อดี – ข้อเสีย และหาตัวแปรที่สำคัญที่มีอิทธิพลต่อการนำแสงธรรมชาติมาใช้ในอาคาร โดยการไปวัดค่าความเข้มการส่องสว่างจากสถานที่จริง ด้วยวิธีวางเซ็นเซอร์ใน 2 ลักษณะ คือ

- วัดค่าความส่องสว่าง ด้วยการวัดแสงที่ระดับ working plane (ห่างจากระดับพื้น 75 เซนติเมตร) ดังภาพที่ 3.1
- วัดค่าความจ้าแสงที่ทำให้เกิดความไม่สบายตา ด้วยวิธีถือตัวเซ็นเซอร์ตรวจวัดแสงไว้ที่ระดับสายตาตั้งฉากกับพื้น หันตามมุมมอง 0, 45, 90, 135, และ 180 ตามลำดับ ดังภาพที่ 3.2

ภาพที่ 3.1แสดงลักษณะการวัดค่าความส่องสว่างที่ระดับ working plane (สูงจากระดับพื้น 75 เซนติเมตร)



ภาพที่ 3.2 แสดงวิธีการวัดค่าความจ้าตา ในมุมมองต่างๆ ได้แก่ 0, 45, 90, 135, 180, 225, 270, 315 องศา

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

รายละเอียดของศูนย์การค้าชุมชน ที่ศึกษาจำนวน 4 แห่ง

ศูนย์การค้าชุมชน A

พื้นที่ใช้สอย : 34,600 ตารางเมตร

ลักษณะอาคาร : มี 8 อาคาร เป็นอาคาร 4 ชั้น

ทิศทางที่ตั้งของอาคาร : ทางเข้าอยู่ทางทิศใต้

ลักษณะช่องเปิด : ด้านบนของอาคาร ปิดด้วยวัสดุโปร่งแสง

ภาพที่ 3.3 แสดงลักษณะการใช้แสงธรรมชาติในศูนย์การค้าชุมชน A

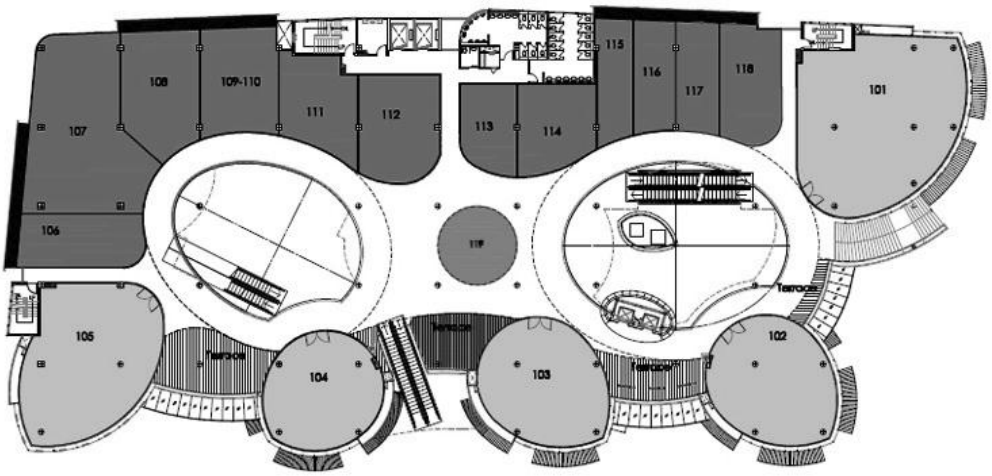
ศูนย์การค้าชุมชน B

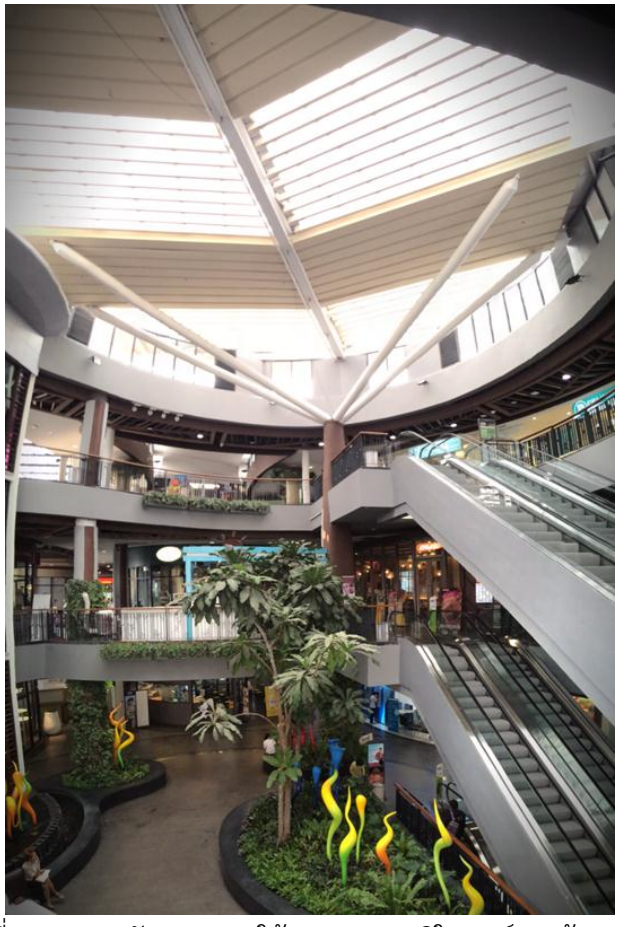
พื้นที่ใช้สอย : 24,921 ตร.ม.

ลักษณะอาคาร : อาคาร 4 ชั้น

ทิศทางที่ตั้งของอาคาร : ทางเข้าอยู่ทางทิศตะวันออกเฉียงเหนือ

ลักษณะช่องเปิด : ด้านบนของอาคาร ทำด้วยวัสดุโปร่งแสง สลับทึบแสง





ภาพที่ 3.4 แสดงลักษณะการใช้แสงธรรมชาติในศูนย์การค้าชุมชน B

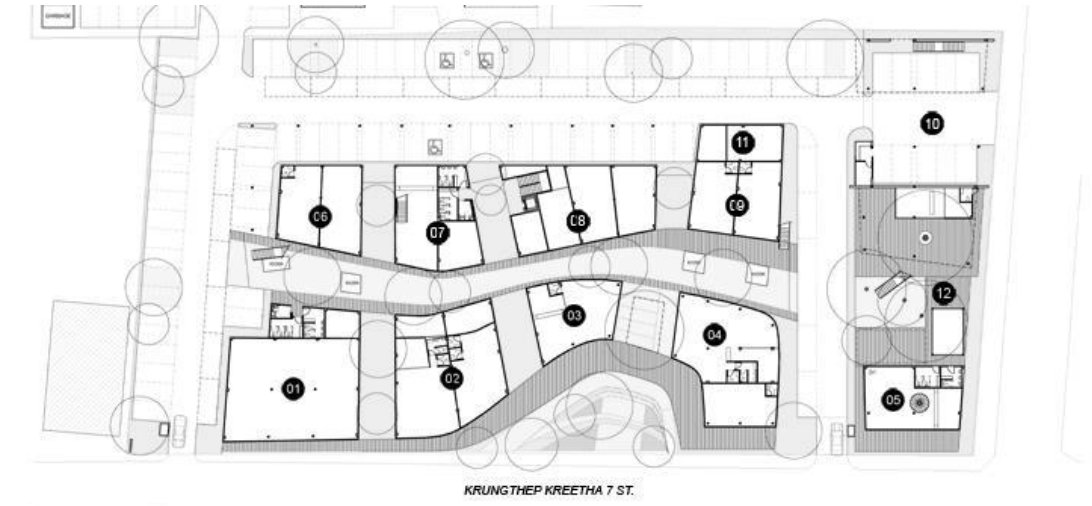
ศูนย์การค้าชุมชน C

พื้นที่ใช้สอย : 6,400 ตารางเมตร

ลักษณะอาคาร : ด้านหน้าเป็นอาคารชั้นเดียว
ด้านหลังเป็นอาคารสองชั้น

ทิศทางที่ตั้งของอาคาร : ทางเข้าอยู่ทางทิศตะวันตกเฉียงใต้

ลักษณะช่องเปิด : เปิดโล่ง ไม่มีวัสดุปกคลุมบริเวณโถงกลาง
แต่มีวัสดุโปร่งแสงปกคลุมบริเวณโถงทางเดินหน้าร้านค้า



ภาพที่ 3.5 แสดงลักษณะการใช้แสงธรรมชาติในศูนย์การค้าชุมชน C

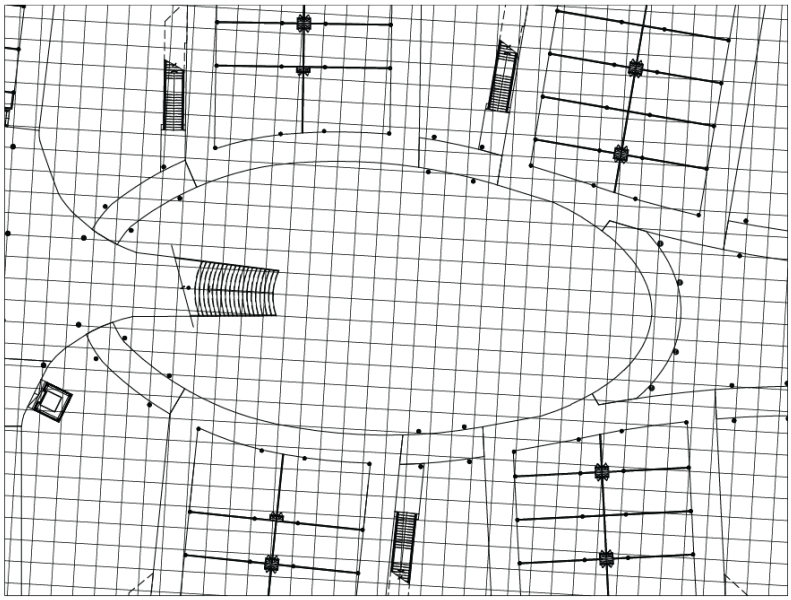
ศูนย์การค้าชุมชน D

พื้นที่ใช้สอย : พื้นที่บริเวณโถงทางเดินและลานกิจกรรม
รวม 1,650 ตารางเมตร

ลักษณะอาคาร : อาคาร 2 ชั้น

ทิศทางที่ตั้งของอาคาร : ทางเข้าอยู่ทางทิศเหนือและใต้

ลักษณะช่องเปิด : เปิดโล่ง ไม่มีวัสดุปกคลุมบริเวณโถงกลาง
แต่มีหลังคาปกคลุมบริเวณโถงทางเดิน



ภาพที่ 3.6 แสดงลักษณะการใช้แสงธรรมชาติในศูนย์การค้าชุมชน D

3.1.2 วิธีการวัดแสงสำหรับการศึกษาข้อมูล เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย คือเครื่องวัดระดับความส่องสว่าง (LUX meter) จำนวน 2 เครื่อง ได้แก่ เครื่องวัดความเข้มแสงแบบดิจิตอล DIGICON รุ่น LX – 73 และ KONICA MINALTA รุ่น Illuminance meter T – 10MA โดยหน่วยที่ใช้ในการวัดเพื่อการศึกษาวิจัยนี้ คือ ฟุตแคนเดิล (footcandle : fc)

เครื่องวัดความเข้มแสงแบบดิจิตอล DIGICON รุ่น LX – 73 มีคุณสมบัติสามารถวัดได้ 5 ย่าน คือ 40 Lux, 400 Lux, 4,000 Lux, 40,000 Lux, และ 400,000 Lux วัดได้ทั้งหน่วย ลักซ์ (Lux) และ ฟุตแคนเดิล (Foot – Candle) ขนาดตัวเซนเซอร์ตรวจวัดแสง 55 x 82 x 20 มม. นำมาใช้วัดระดับความส่องสว่างของแสงและค่าการสะท้อนแสงของวัตถุในสถานที่จริง

ภาพที่ 3.7 แสดงเครื่องวัดแสงแบบดิจิตอล DIGICON รุ่น LX – 73

KONICA MINALTA รุ่น Illuminance meter T – 10MA มีคุณสมบัติสามารถวัดค่าความส่องสว่างได้ตั้งแต่ช่วง 0.01 – 299,900 Lux หรือ 0.001 – 29,990 Foot – candle และมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของตัวเซนเซอร์ตรวจวัดแสง เท่ากับ 14 มม. ซึ่งมีขนาดเล็กกว่า DIGICON LX – 73 ดังนั้นจึงนำมาใช้วัดค่าความเข้มการส่องสว่างของแสงในหุ่นจำลองขนาดมาตราส่วน 1:100 เพื่อศึกษาและเก็บข้อมูลในลักษณะต่างๆ

ภาพที่ 3.8 แสดงเครื่องมือวัดแสง KONICA MINOLTA รุ่น Illuminance meter T – 10 MA

3.1.3 ตัวแปรต่างๆ ซึ่งมีอิทธิพลต่อการนำแสงธรรมชาติมาใช้ในอาคารศูนย์การค้าชุมชน

เมื่อศึกษาศูนย์การค้าชุมชนจำนวน 4 แห่ง จะได้ตัวแปรที่มีอิทธิพลต่อการนำแสงธรรมชาติมาใช้ภายในอาคารศูนย์การค้าชุมชน ได้แก่ สภาพท้องฟ้า ค่าการสะท้อนแสงของวัสดุภายในและภายนอกอาคาร ขนาดช่องเปิด ค่าความส่องสว่าง และปริมาณความร้อนที่เข้ามาภายในอาคาร

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สภาพท้องฟ้า

สภาพของท้องฟ้าเป็นตัวแปรที่ไม่สามารถควบคุมได้ มีความแปรปรวนตลอดทั้งวัน ซึ่งจะส่งผลต่อปริมาณค่าความส่องสว่างภายในอาคาร สามารถคำนวณหาปริมาณความส่องสว่างภายในได้จากค่าเดย์ไลท์แฟคเตอร์ (Daylight Factor หรือ DF) ซึ่งเป็นอัตราส่วนของปริมาณความส่องสว่างภายในอาคารต่อปริมาณความส่องสว่างภายนอกอาคาร ไม่รวมแสงโดยตรงจากพระอาทิตย์

ค่าการสะท้อนแสงของวัสดุภายในและภายนอก

ค่าการสะท้อนแสงของวัสดุมีผลต่อปริมาณแสงสว่างที่ตาเห็น เนื่องจากความเข้มส่องสว่างที่ตาเห็นเกิดจากแสงตกกระทบกับพื้นผิววัสดุที่มีค่าการสะท้อนแสงของวัสดุต่างกันและสะท้อนเข้าสู่ตา ดังนั้นปริมาณแสงสว่างจะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับปริมาณแสงที่ตกกระทบวัตถุและค่าการสะท้อนแส

ของวัสดุนั้น และค่าการสะท้อนแสงของวัสดุไม่ควรมากเกินไป เนื่องจากเมื่อมีแสงสว่างปริมาณมากตกลงมากระทบ จะทำให้เกิดความไม่สบายตาหรือจ้าตาได้ (glare)

ขนาดช่องเปิด

ขนาดของช่องเปิดมีความสัมพันธ์กับค่าความส่องสว่างภายในอาคาร กล่าวคือเมื่อช่องเปิดของอาคารมีขนาดใหญ่ จะส่งผลให้ปริมาณส่องสว่างภายในอาคารมีปริมาณมากขึ้นด้วย ซึ่งถ้ามีขนาดที่ใหญ่เกินไป จะทำให้ปริมาณแสงที่เข้ามาในอาคารมีปริมาณมากเกินความต้องการ ส่งผลให้เกิดความไม่สบายตาต่อผู้ใช้งาน ดังนั้นในการนำแสงธรรมชาติมาใช้ในอาคารต้องคำนึงถึงขนาดช่องเปิดที่พอเหมาะ เพื่อให้ได้ปริมาณแสงที่เหมาะสมและเพียงพอต่อการใช้งานในลักษณะต่างๆ

ค่าความส่องสว่าง

ปริมาณค่าความส่องสว่างภายในอาคาร จะขึ้นอยู่กับลักษณะของกิจกรรมในพื้นที่นั้นๆ โดยบริเวณโถงกลางและโถงทางเดินภายในศูนย์การค้าชุมชนควรมีปริมาณค่าความส่องสว่างอยู่ในช่วง 100 – 150 – 200 ลักซ์ หรือ 10 – 15 – 20 ฟุตแคนเดิล ตามตารางที่ 2.3 และ 2.4 พื้นที่ดังกล่าวเป็นพื้นที่ทางเดินเชื่อม โถงกลาง พื้นที่รอ อยู่ในกลุ่มค่าความส่องสว่าง C ใน IESNA ประเภทของกิจกรรม คือพื้นที่ทำงานซึ่งต้องใช้สายตาบางครั้งคราว และควรมีค่าความส่องสว่างที่มีความสม่ำเสมอกันในทุกพื้นที่ เพื่อเป็นการให้แสงโดยรวม (ambient light) ของพื้นที่ ซึ่งจะช่วยให้ประหยัดพลังงานไฟฟ้า ในการจัดโชว์สินค้าภายในร้านค้าที่ติดกับโถงกลางและโถงทางเดินภายในศูนย์การค้าชุมชน รวมถึงการจัดกิจกรรมต่างๆบริเวณโถงกลางด้วย โดยร้านค้าภายในศูนย์การค้าชุมชนต้องมีพื้นที่ในการเน้นสินค้า ต้องการค่าความเปรียบต่างของแสงในการมองเห็นอัตราส่วนเท่ากับ 1:10 (ตามตารางที่ 2.2) เพื่อดึงดูดความสนใจจากลูกค้า ถ้าหากบริเวณโดยรอบ เช่น บริเวณโถงกลางหรือโถงทางเดินมีค่าความส่องสว่างสูง บริเวณที่ต้องการจะโชว์สินค้า จำเป็นต้องเพิ่มปริมาณค่าความส่องสว่างเป็น 10 เท่า (Stein and Reynolds, 2000) เพื่อดึงดูดความสนใจจากลูกค้า ส่งผลให้มีการใช้พลังงานมากขึ้น ดังนั้นหากสามารถลดปริมาณค่าความส่องสว่างบริเวณโถงกลางและโถงทางเดินได้ จะทำให้ลดการใช้พลังงานไฟฟ้าในการเน้นสินค้าได้ด้วย

ปริมาณความร้อนที่เข้ามาในอาคาร

เมื่อมีการนำเอาแสงธรรมชาติเข้ามาในอาคาร จะนำเอาความร้อนเข้ามาด้วย ดังนั้นควรนำแสงธรรมชาติเข้ามาในปริมาณที่พอเหมาะ เพื่อให้ความร้อนเข้ามาภายในอาคารน้อยที่สุด จะช่วยลดการใช้พลังงาน และทำให้ลูกค้าที่เดินอยู่ภายในศูนย์การค้าชุมชนรู้สึกสบาย ไม่รู้สึกร้อน อีกทั้งยังเป็นการใช้งานพื้นที่ได้อย่างเต็มประสิทธิภาพอีกด้วย

3.2 นำตัวแปรของแสงธรรมชาติมาวิเคราะห์ โดยการทำหุ่นจำลอง ขนาดมาตราส่วน 1:100 และเก็บข้อมูล เพื่อหาข้อสรุป

3.2.1 วิธีทำหุ่นจำลอง เพื่อทดสอบตัวแปร

การศึกษาวิจัยเรื่องตัวแปรที่มีอิทธิพลต่อการนำแสงธรรมชาติมาใช้ในอาคาร ได้ทำการศึกษาจากหุ่นจำลองศูนย์การค้าชุมชน D ขนาดมาตราส่วน 1:100 เนื่องจากบริเวณโถงกลางของศูนย์การค้าชุมชนแห่งนี้มีขนาดใหญ่มาก แต่ไม่สามารถใช้งานพื้นที่ได้อย่างเต็มประสิทธิภาพ สามารถใช้งานพื้นที่บริเวณนั้นได้เพียงบางช่วงเวลาเท่านั้น เพราะบริเวณโถงกลางและโถงทางเดินได้รับแสงโดยตรงจากดวงอาทิตย์ ส่งผลให้บริเวณดังกล่าวร้อน ทำให้ไม่มีผู้มาใช้งาน

ศูนย์การค้าชุมชน D เป็นอาคารสองชั้น แต่ละชั้นมีความสูง 5 เมตร โดยบริเวณโถงกลางและโถงทางเดินของศูนย์การค้าชุมชน D มีลักษณะเป็นวงรี ขนาดความกว้าง 30 เมตรและยาว 55 เมตร มีพื้นที่บริเวณโถงกลางและโถงทางเดิน 1,650 ตารางเมตร

3.2.2 ตัวแปรที่ทดสอบจากหุ่นจำลอง ได้แก่ สภาพท้องฟ้า, ค่าการสะท้อนแสงของวัสดุภายในและภายนอก, ขนาดของช่องเปิด, ค่าความส่องสว่าง, และความร้อนที่เข้ามาภายในอาคาร เพื่อนำข้อมูลที่ได้จากการทดสอบมาออกแบบและปรับปรุงแก้ไขการนำแสงธรรมชาติมาใช้ในศูนย์การค้าชุมชน เพื่อให้เกิดการใช้ประโยชน์จากแสงธรรมชาติสูงสุดและประหยัดพลังงาน โดยใช้เครื่องวัดระดับความส่องสว่างแบบดิจิตอล DIGICON รุ่น LX – 73 และ KONICA MINALTA รุ่น Illuminance meter T – 10MA

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาพที่ 3.9 แสดงโมเดลจำลองศูนย์การค้าชุมชน D ขนาดสเกล 1: 100

สภาพท้องฟ้า

ในการทำวิจัยนี้ จะใช้ค่าความส่องสว่างของท้องฟ้าเท่ากับ 10,000 ฟุตแคนเดิล เนื่องจากเป็นค่าเฉลี่ยของค่าความส่องสว่างของท้องฟ้าโปร่ง ไม่มีเมฆปกคลุม และวัดเทียบกับภายในอาคาร จะสามารถหาค่าความส่องสว่างที่เปลี่ยนแปลงภายในได้จากค่าเดย์ไลท์แฟคเตอร์ เมื่อสภาพของท้องฟ้ามีการเปลี่ยนแปลง

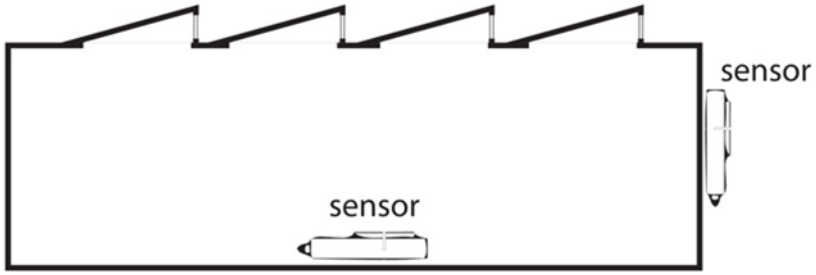
วิธีการศึกษา

คำนวณหาอัตราส่วนของปริมาณค่าความส่องสว่างภายในต่อภายนอกอาคาร ได้จากสูตร

ปริมาณค่าความส่องสว่าง (%) = (ค่าความส่องสว่างภายใน/ค่าความส่องสว่างภายนอก) x 100

.... สมการที่ 3.1

Chulalongkorn University



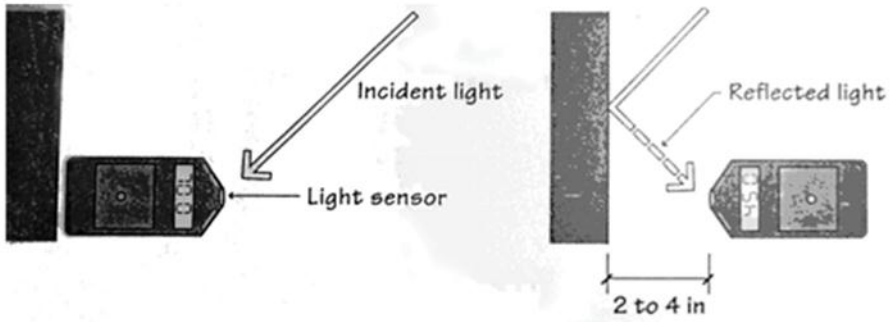
ภาพที่ 3.10 แสดงการวัดเพื่อหาอัตราส่วนค่าความส่องสว่างภายในและภายนอกอาคาร

ค่าการสะท้อนแสงของวัสดุภายในและภายนอก

การศึกษาค่าการสะท้อนแสงของวัสดุภายในและภายนอกอาคาร เพื่อหาความสัมพันธ์ของค่าการสะท้อนแสงของวัสดุกับค่าความส่องสว่างภายใน

วิธีการศึกษา

วัดค่าการสะท้อนแสงของวัสดุจากศูนย์การค้าชุมชนจริง ด้วยวิธีการวัดปริมาณแสงก่อนที่จะตกกระทบพื้นผิววัสดุและวัดปริมาณแสงที่สะท้อนออกมาจากพื้นผิววัสดุนั้น โดยถือตัวเซ็นเซอร์วัดความส่องสว่างของแสงห่างจากพื้นผิววัสดุนั้นออกมาประมาณ 2 – 4 นิ้ว โดยค่าการสะท้อนแสงของวัสดุหรือสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสงของวัสดุจะเท่ากับอัตราส่วนระหว่างปริมาณแสงที่สะท้อนออกมาจากพื้นผิววัสดุกับปริมาณที่ตกกระทบลงบนวัสดุนั้น



ภาพที่ 3.11 แสดงการใช้เครื่องมือวัดค่าการสะท้อนแสงของวัสดุ

(Egan, D.M. Architectural Design. New York: Mcgrew-hill Co., 1983) [4]

ศึกษาจากหุ่นจำลองขนาดมาตราส่วน 1:100 โดยทำโมเดลสีเสมือนวัสดุจริง และวัดค่าความส่องสว่างภายใน จากนั้นเปลี่ยนวัสดุเป็นสีขาวทั้งหมด และวัดค่าความส่องสว่างภายใน นำทั้งสองข้อมูลมาเปรียบเทียบกัน เพื่อหาข้อสรุปของความสัมพันธ์ของค่าการสะท้อนแสงของวัสดุกับค่าความส่องสว่างภายในศูนย์การค้าชุมชน

ขนาดช่องเปิด

การศึกษาขนาดของช่องเปิด เพื่อหาขนาดของช่องเปิดที่เหมาะสม ที่จะนำแสงธรรมชาติมาใช้ในอาคารในปริมาณที่เพียงพอต่อการใช้งาน

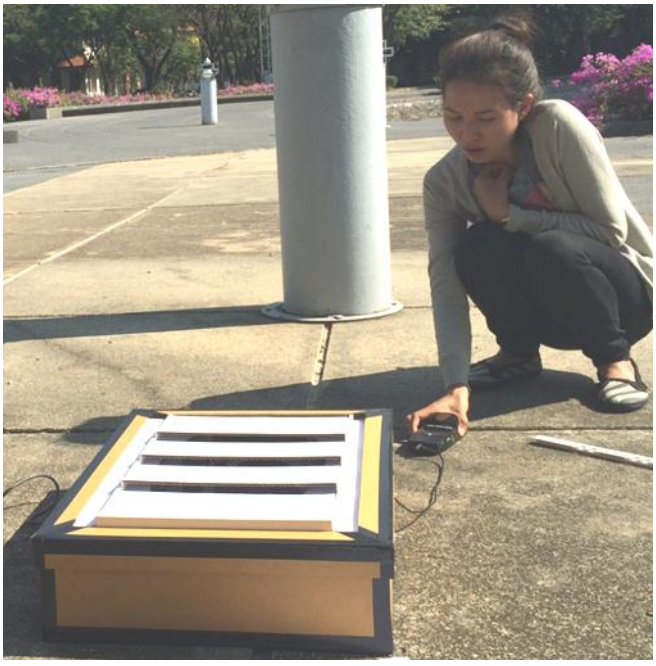
วิธีการศึกษา

คำนวณหาขนาดของช่องเปิดที่เหมาะสมกับปริมาณแสงที่เข้ามาในอาคาร จากสูตร

ความส่องสว่าง (FC) = ปริมาณแสง (lumen) / พื้นที่ (ft^2)

ดังนั้น Lumen = FC x ft2 ..... สมการที่ 3.2

จากนั้นทำหุ่นจำลองขนาดมาตราส่วน 1:100 โดยทดลองเปิดช่องเปิดตามขนาดที่ได้จากการคำนวณ เพื่อนำข้อมูลมาศึกษาและสรุปผล



ภาพที่ 3.12 แสดงลักษณะการทดลองเปิดช่องเปิด จากหุ่นจำลองขนาด 1:100

ค่าความส่องสว่าง

การศึกษาค่าความส่องสว่างของพื้นที่บริเวณโถงกลางและโถงทางเดินของศูนย์การค้าชุมชนนั้น เพื่อนำเอาแสงธรรมชาติมาใช้ภายในอาคารให้เกิดประโยชน์สูงสุด คือมีปริมาณค่าความส่องสว่างที่เพียงพอต่อการใช้งานและช่วยประหยัดพลังงาน ซึ่งพื้นที่บริเวณดังกล่าวควรมีค่าความส่องสว่างอยู่ในช่วง 10 – 20 ฟุตแคนเดิล หรือ 100 – 200 ลักซ์ ตามค่าความส่องสว่างมาตรฐานตารางที่ 2.3 และ 2.4

วิธีการศึกษา

ศึกษาจากหุ่นจำลองศูนย์การค้าชุมชน D ขนาดมาตราส่วน 1:100 ด้วยการวัดและเก็บข้อมูลจากลักษณะช่องเปิดที่ต่างกันเพื่อหาวิธีที่จะทำให้เกิดค่าความส่องสว่างที่เหมาะสมภายในบริเวณโถงกลางและโถงทางเดินของศูนย์การค้าชุมชน ซึ่งทำให้ประหยัดพลังงานในการเน้นสินค้า เพื่อดึงดูดความสนใจจากลูกค้า ซึ่งต้องการค่าความส่องสว่างมากกว่าค่าความส่องสว่างบริเวณโดยรอบถึง 10 เท่า

ปริมาณความร้อนที่เข้ามาในอาคาร

การศึกษาเรื่องปริมาณความร้อนที่เข้ามาในอาคารผ่านทางช่องเปิด เพื่อคำนวณหาปริมาณความร้อนที่เข้ามาภายในอาคารศูนย์การค้าชุมชน ซึ่งจะส่งผลให้ผู้ใช้อาคารรู้สึกร้อน เมื่ออยู่ภายในอาคารศูนย์การค้าชุมชน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

วิธีการศึกษา

คำนวณหาปริมาณความร้อนที่เข้ามาในอาคารผ่านทางช่องเปิด เมื่อเปิดช่องเปิดขนาดที่เหมาะสมที่ทำให้ค่าความส่องสว่างบริเวณโถงกลางและโถงทางเดินภายในศูนย์การค้าชุมชนมีค่าอยู่ในช่วงค่าความส่องสว่างมาตรฐาน คือ 10 – 15 – 20 ฟุตแคนเดิล ตามตารางที่ 2.3 และ 2.4 โดยคำนวณจากสูตรสมการที่ 3.3 และกำหนดให้เป็นกรณีที่อาคารเปิด ซึ่งช่องเปิดปิดด้วยกระจกใส หนา 3 มิลลิเมตร

$$Q_{solar} = A \times SC \times SHGF \times CLF \quad \text{..... สมการที่ 3.3 (ASHRAE; 2001) [11]}$$

เมื่อ A = Area (net glass area)

SC = Shading coefficients for combination of type of glass and type of shading (ภาพที่ 2.14)

SHGF = Maximum solar heat gain factor for specific orientation of Surface, latitude, and month (ภาพที่ 2.15)

CLF = Cooling load factor with no interior shading (ภาพที่ 2.16)

Q conduction = U x A x (CLTD) .... สมการที่ 3.4 (ASHRAE ; 2001) [11]

เมื่อ U = Type of glass and interior shading if used

A = Area (net glass area)

CLTD = Cooling load temperature difference for conduction load through glass (ภาพที่ 2.17)

ดังนั้น ความร้อนที่เข้ามาในอาคารผ่านทางช่องเปิดทั้งหมด เท่ากับสมการที่ 3.3 บวกกับสมการที่ 3.4

Q total = Q solar + Q conduction .... สมการที่ 3.5

เมื่อคำนวณหาค่าความร้อนที่เข้ามาในอาคารทั้งหมดได้แล้ว จากนั้นคำนวณหาค่าความจุความร้อนของวัสดุพื้นภายในอาคาร เพื่อหาค่าอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นที่ผิววัสดุภายในอาคารศูนย์การค้าชุมชน หลังจากเปิดช่องเปิดเพื่อนำแสงธรรมชาติเข้ามาใช้ในอาคาร และเปรียบเทียบค่าความร้อนเมื่อช่องเปิดมีขนาด 25, 75 ตารางเมตร และเปิดช่องเปิดทั้งหมด ตามลำดับ โดยใช้สูตร

$$Q = ms\,\Delta T$$ .... สมการที่ 3.6 (ASHRAE ; 2001) [11]

เมื่อ m = มวลสาร

S = ความจุความร้อนจำเพาะ

ΔT = อุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงระหว่างภายนอกและภายในอาคารศูนย์การค้าชุมชน

ในการศึกษาหาปริมาณความร้อนที่เพิ่มขึ้นภายในศูนย์การค้าชุมชน กำหนดให้พื้นเป็นคอนกรีตหนา 10 เซนติเมตร หรือ 4 นิ้ว

3.3 ข้อสรุปที่ได้นำมาซึ่งการควบคุมแสงธรรมชาติ เพื่อสร้างสภาวะน่าสบายภายในศูนย์การค้าชุมชน

นำข้อมูลที่ได้จากการศึกษาวิจัย และผ่านการวิเคราะห์ข้อมูลมาออกแบบและควบคุมการนำแสงธรรมชาติมาใช้ภายในอาคาร เพื่อให้เกิดความรู้และความเข้าใจในการนำแสงธรรมชาติมาประยุกต์ใช้ในอาคารได้อย่างถูกต้องและเหมาะสม

การควบคุมแสงธรรมชาติสำหรับศูนย์การค้าชุมชนนั้น จะพิจารณาจากตัวแปร ดังนี้

สภาพท้องฟ้า

ค่าการสะท้อนแสงของวัสดุ

ขนาดช่องเปิด

ค่าความส่องสว่าง

ปริมาณความร้อนที่เข้ามาภายในอาคาร

การออกแบบนี้ เหมาะกับอาคารศูนย์การค้าชุมชน เฉพาะบริเวณพื้นที่โถงกลางและโถงทางเดินภายในศูนย์ชุมชนที่มีขนาด 1,650 ตารางเมตร แต่ผู้ออกแบบหรือสถาปนิกสามารถนำแนวคิดไปประยุกต์ใช้ในการออกแบบศูนย์การค้าชุมชนขนาดอื่นๆได้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทที่ 4
ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

จากการศึกษาวิจัยเรื่อง การควบคุมแสงธรรมชาติของศูนย์การค้าชุมชน เพื่อสร้างสภาวะน่าสบาย ผู้วิจัยได้ทำการวิเคราะห์ข้อมูลและประมวลผลข้อมูลจากการวัดค่าความส่องสว่างภายในศูนย์การค้าชุมชนจากสถานที่จริงทั้ง 4 แห่ง คือ ศูนย์การค้าชุมชน A, B, C, D เพื่อศึกษาหาตัวแปรของแสงสว่างธรรมชาติที่มีผลต่อค่าความส่องสว่างภายในศูนย์การค้าชุมชนและนำศูนย์การค้าชุมชนที่นำแสงธรรมชาติเข้ามาใช้ภายในอาคาร ที่ทำให้เกิดผลกระทบมากที่สุด นำมาทดลองทำหุ่นจำลองขนาดมาตราส่วน 1:100 เพื่อหาวิธีการปรับปรุงและแก้ไขปัญหาการใช้แสงธรรมชาติภายในศูนย์การค้าชุมชน ให้เกิดเป็นอาคารที่ใช้แสงธรรมชาติอย่างมีประสิทธิภาพ ช่วยลดการใช้พลังงานและสร้างสภาวะน่าสบายภายในศูนย์การค้าชุมชน ตามวัตถุประสงค์ของงานวิจัย

4.1 ผลจากการศึกษาหาตัวแปรของแสงสว่างธรรมชาติ โดยการสำรวจ ตรวจสอบ และเก็บข้อมูลจากศูนย์การค้าชุมชนที่มีอยู่

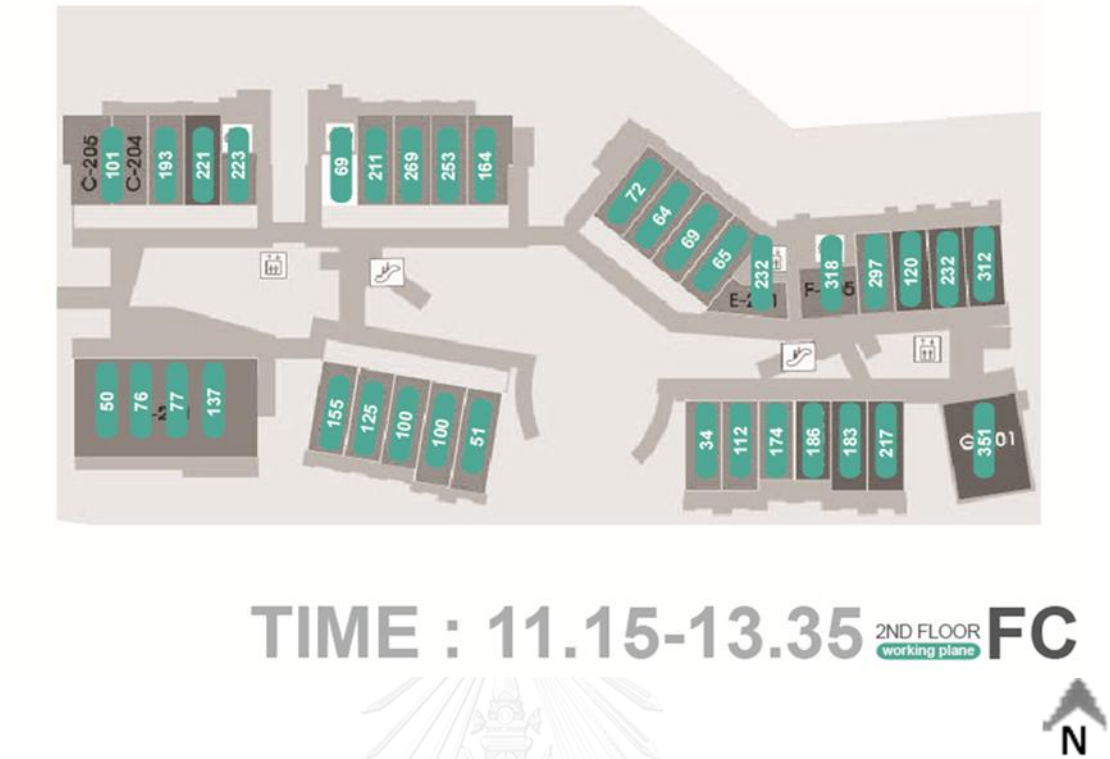
4.1.1 ศูนย์การค้าชุมชน A

วันที่ทำการศึกษา: วันที่ 15 มกราคม พ.ศ. 2557
สภาพท้องฟ้า : ท้องฟ้ามีเมฆปกคลุมบางส่วน
ช่วงเวลา : 11.15 – 13.35 น.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาพที่ 4.1 แสดงค่าความส่องสว่างภายในศูนย์การค้าชุมชน A บริเวณโถงกิจกรรมและโถงทางเดินหน้าร้านค้า ชั้น 1 (หน่วย ฟุตแคนเดิล)

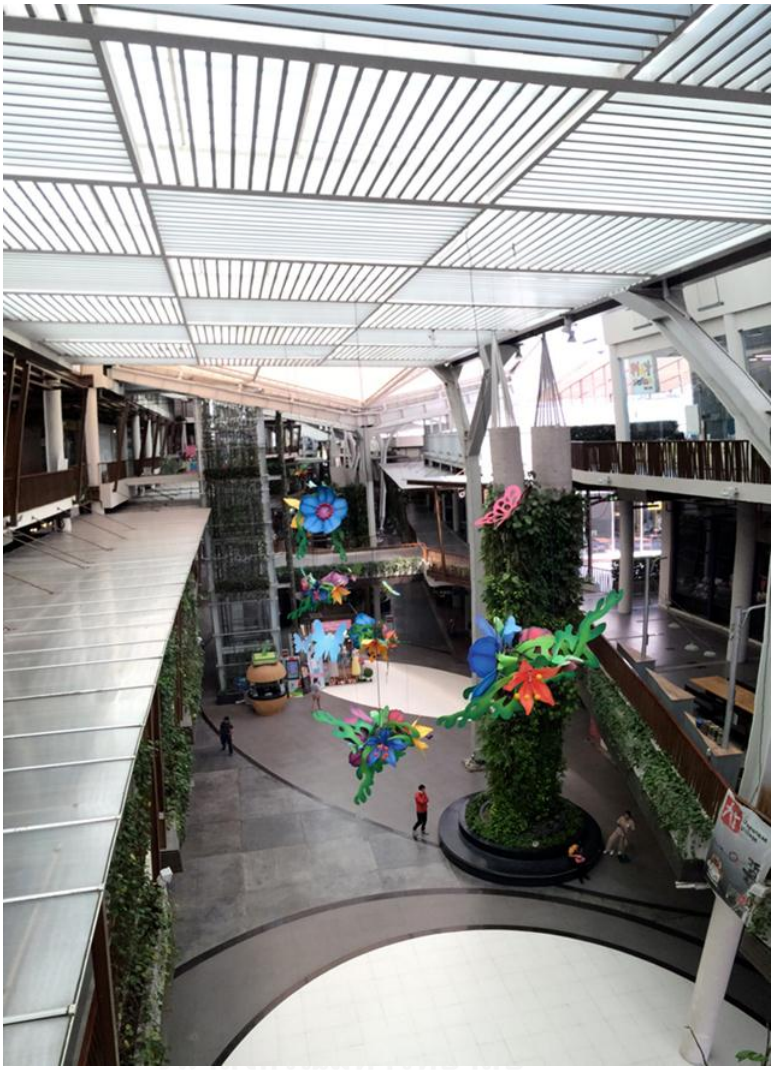
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University



ภาพที่ 4.2 แสดงค่าความส่องสว่างภายในศูนย์การค้าชุมชน A บริเวณโถงกิจกรรมและโถงทางเดินหน้าร้านค้า ชั้น 2 (หน่วย ฟุตแคนเดิล)

ศูนย์การค้าชุมชน A เป็นอาคารศูนย์การค้าชุมชนที่มีหลังคา ลักษณะโปร่งและตีระแนงด้วยวัสดุสีขาว เพื่อลดปริมาณแสงสว่างและปริมาณความร้อนที่มากับแสงธรรมชาติเข้าสู่ภายในอาคาร แต่จากการสำรวจและเก็บข้อมูลพบว่าเป็นอาคารที่มีค่าความส่องสว่างภายในบริเวณโถงทางเดินมากเกินกว่าค่ามาตรฐานตามตารางที่ 2.3 และ 2.4 คือบริเวณทางเดินและโถงกลางจัดอยู่ในประเภทของค่าการส่องสว่างในกลุ่ม C ซึ่งต้องการช่วงค่าการส่องสว่างที่ 10 – 20 ฟุตแคนเดิล โดยชั้นหนึ่งของอาคาร มีค่าความส่องสว่างตั้งแต่ 27 – 250 ฟุตแคนเดิล และชั้นสองของอาคารมีค่าความส่องสว่างระหว่าง 34 – 351 ฟุตแคนเดิล ในบริเวณโถงทางเดินด้านหน้าบริเวณร้านค้า

จากค่าความส่องสว่างที่วัดได้ จะเห็นว่าได้ค่าความส่องสว่างในแต่ละจุดมีความแตกต่างกันมาก ทำให้ตาเกิดความเมื่อยล้าและการเน้นสินค้าเพื่อดึงดูดความสนใจจากลูกค้าทำได้ยาก อีกทั้งเมื่อลูกค้าเข้าไปในอาคารยังรู้สึกร้อนอีกด้วย



ภาพที่ 4.3 แสดงลักษณะของวัสดุปกคลุมช่องเปิด บริเวณโถงกลางของศูนย์การค้า A

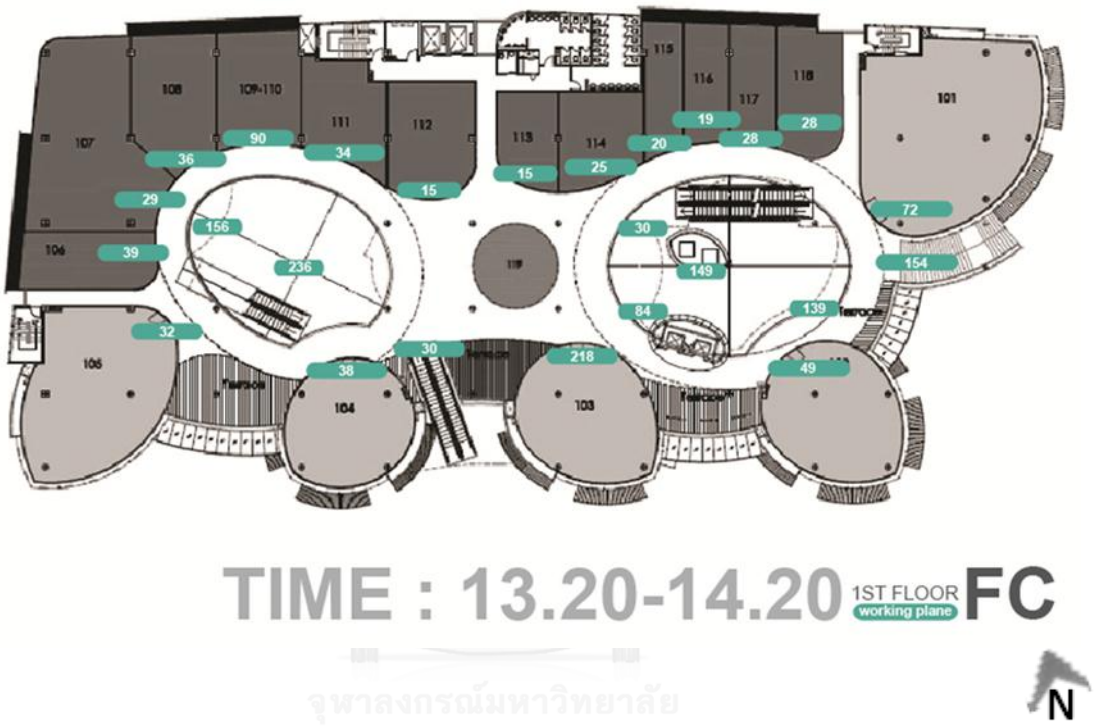
CHULALONGKORN UNIVERSITY

4.1.2 ศูนย์การค้าชุมชน B

วันที่ทำการศึกษา: วันที่ 14 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2557

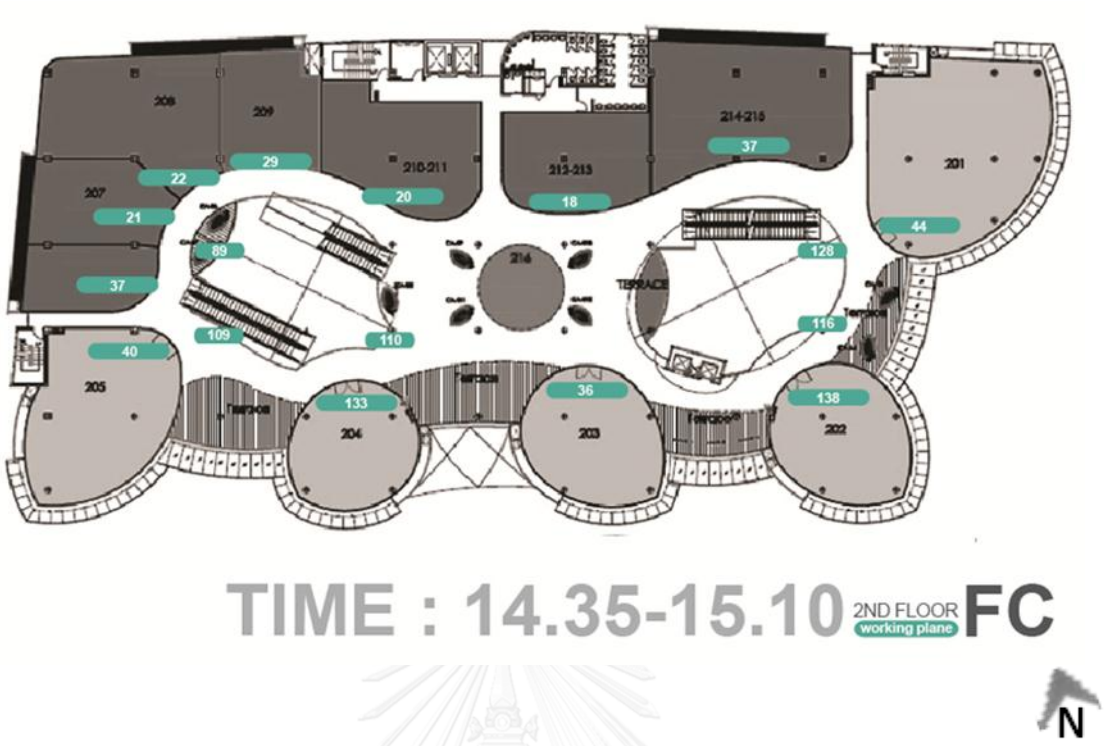
สภาพท้องฟ้า : ท้องฟ้าโปร่ง

ช่วงเวลา : 13.20 – 16.00 น.

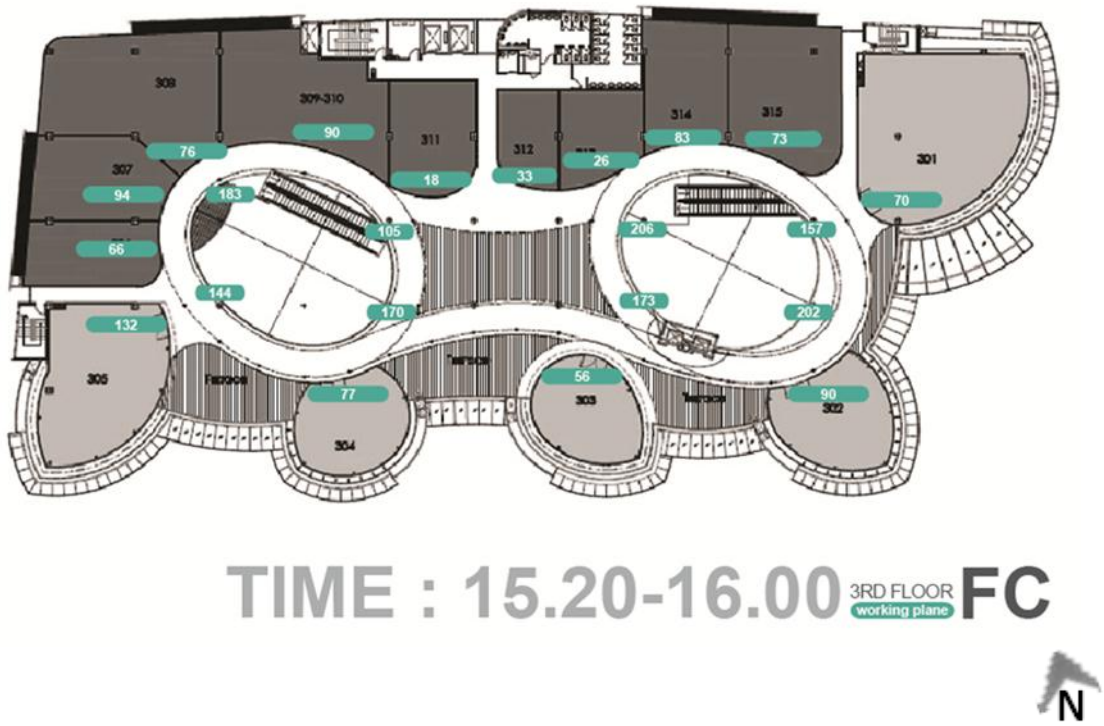


จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาพที่ 4.4 แสดงค่าความส่องสว่างภายในศูนย์การค้าชุมชน B บริเวณโถงกิจกรรมและโถงทางเดินหน้าร้านค้า ชั้น 1 (หน่วย ฟุตแคนเดิล)



ภาพที่ 4.5 แสดงค่าความส่องสว่างภายในศูนย์การค้าชุมชน B บริเวณโถงกิจกรรมและโถงทางเดินหน้าร้านค้า ชั้น 2 (หน่วย ฟุตแคนเดิล)



ภาพที่ 4.6 แสดงค่าความส่องสว่างภายในศูนย์การค้าชุมชน B บริเวณโถงกิจกรรมและโถงทางเดินหน้าร้านค้า ชั้น 3 (หน่วย ฟุตแคนเดิล)

ศูนย์การค้าชุมชน B เป็นอาคารศูนย์การค้าที่มีหลังคา ลักษณะโปร่งสลับทึบ โดยการเปิดสลับในอัตราส่วนประมาณ 50 เปอร์เซ็นต์ของพื้นที่ช่องเปิด เพื่อลดปริมาณค่าความส่องสว่างและปริมาณความร้อนที่เข้ามาในอาคาร แต่จากการสำรวจและเก็บข้อมูลพบว่า

บริเวณโถงทางเดินหน้าร้านค้า

ชั้นหนึ่งมีค่าความส่องสว่างตั้งแต่ 15 – 154 ฟุตแคนเดิล

ชั้นสองมีค่าความส่องสว่างตั้งแต่ 18 – 138 ฟุตแคนเดิล

ชั้นสามมีค่าความส่องสว่างตั้งแต่ 18 – 132 ฟุตแคนเดิล

บริเวณโถงกลางหรือโถงกิจกรรม

ชั้นหนึ่งมีค่าความส่องสว่างอยู่ที่ระหว่าง 30 – 236 ฟุตแคนเดิล

ชั้นสองมีค่าตั้งแต่ 89 – 128 ฟุตแคนเดิล

ชั้นสามอยู่ที่ 105 – 206 ฟุตแคนเดิล

ค่าความส่องสว่างในแต่ละจุดของทั้ง 3 ชั้นนั้น มีเพียงส่วนน้อยเท่านั้นที่ค่าอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน นอกนั้นปริมาณค่าความส่องสว่างมีค่าเกินค่าที่มาตรฐานกำหนดตามตารางที่ 2.3 และ 2.4 ในแต่ละบริเวณของโถงกลางและโถงทางเดินมีค่าความส่องสว่างที่แตกต่างกันมาก ทำให้เมื่อลูกค้าเดินไปในพื้นที่ต่างๆ ตาจะต้องมีการปรับตัวให้เข้ากับความส่องสว่างที่เปลี่ยนแปลงตลอดเวลา ทำให้ตาเกิดความเมื่อยล้าได้ และการดึงดูดความสนใจจากลูกค้าบริเวณที่โชว์สินค้าก็ทำได้ยาก แต่ถึงอย่างไรก็ตาม ศูนย์การค้าชุมชน B ได้ถูกออกแบบให้ทางเข้าอยู่ทางทิศตะวันออกเฉียงเหนือ ซึ่งเป็นทิศทางที่เหมาะสม เนื่องจากเป็นทิศที่ไม่โดนแสงแดดโดยตรงตลอดทั้งปี ยกเว้นเพียงเดือนมิถุนายนเท่านั้น ส่งผลให้เมื่อลูกค้าเดินเข้าไปจะไม่เกิดความจ้าต่อตา

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาพที่ 4.7 แสดงค่าลักษณะของวัสดุปกคลุมช่องเปิด บริเวณโถงกลางของศูนย์การค้า B

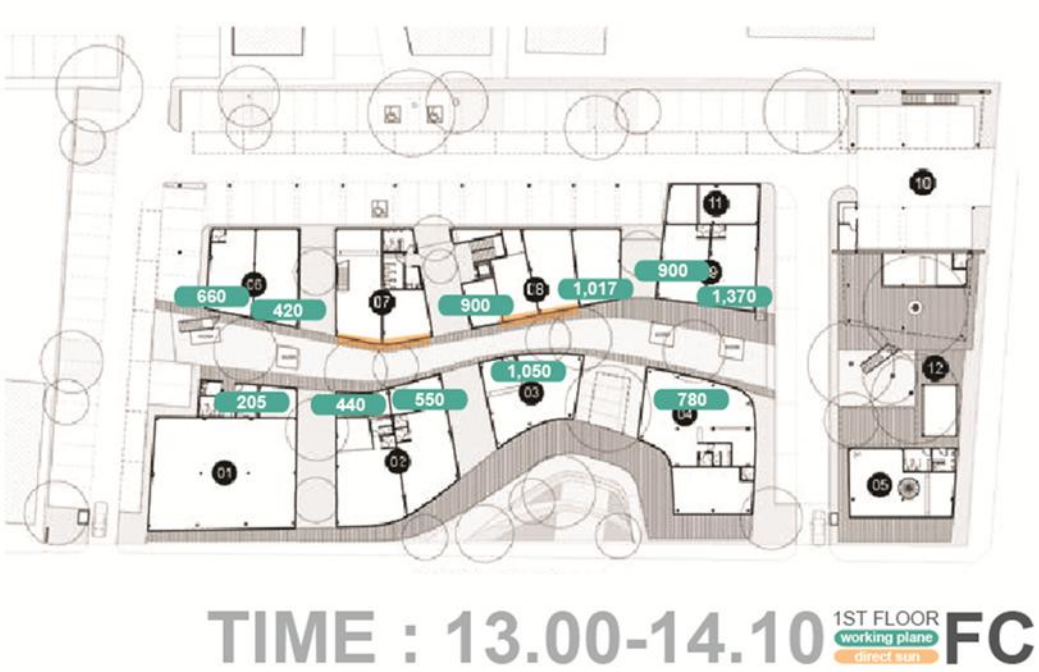
4.1.3 ศูนย์การค้าชุมชน C

วันที่ทำการศึกษา: วันที่ 4 มีนาคม พ.ศ. 2557

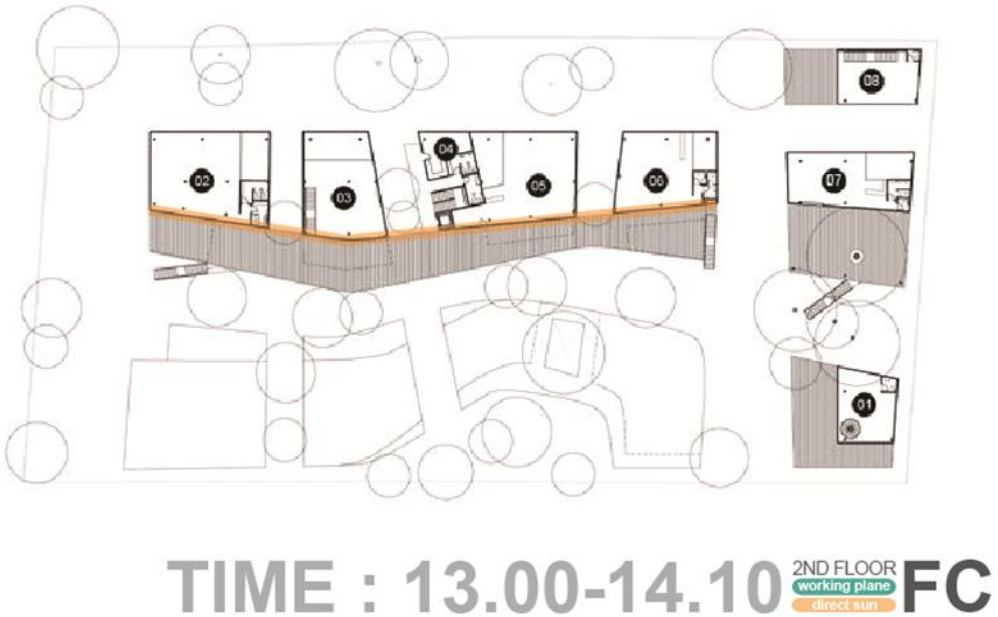
สภาพท้องฟ้า : ท้องฟ้าโปร่ง

ช่วงเวลา : 13.00 – 14.10 น.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University



ภาพที่ 4.8 แสดงค่าความส่องสว่างภายในศูนย์การค้าชุมชน C บริเวณโถงกิจกรรมและโถงทางเดินหน้าร้านค้า ชั้น 1 (หน่วย ฟุตแคนเดิล)



ภาพที่ 4.9 แสดงค่าความส่องสว่างภายในศูนย์การค้าชุมชน C บริเวณโถงกิจกรรมและโถงทางเดินหน้าร้านค้า ชั้น 2 (หน่วย ฟุตแคนเดิล)

ศูนย์การค้าชุมชน C เป็นอาคารศูนย์การค้าชุมชนที่ไม่มีหลังคาคลุม ช่องเปิดเป็นลักษณะเปิดโล่งสู่ท้องฟ้า ทำให้ไม่สามารถควบคุมหรือลดปริมาณแสงสว่างและปริมาณความร้อนที่มาจากแสงธรรมชาติได้เลย เมื่อไปสำรวจและเก็บข้อมูล พบว่าตรงบริเวณโถงทางเดินหน้าร้านค้าชั้นหนึ่งมีค่าความส่องสว่างตั้งแต่ 205 – 1,372 ฟุตแคนเดิล และบางร้านค้าของบริเวณหน้าร้านค้าชั้นหนึ่งจะโดนแสงแดดจากพระอาทิตย์โดยตรง และบริเวณหน้าร้านค้าบริเวณทางเดินชั้นสองนั้น เป็นบริเวณที่ได้รับแสงแดดจากพระอาทิตย์โดยตรง เนื่องจากอาคารหันหน้าไปทางทิศตะวันตกเฉียงใต้ ส่งผลให้ค่าความส่องสว่างภายในโถงกลางและโถงทางเดินมีค่าเกินกว่ามาตรฐาน ตามตารางที่ 2.3 และ 2.4 แสงอาทิตย์โดยตรงที่เข้ามาภายในบริเวณโถงกลางและโถงทางเดินนั้น ทำให้เกิดความไม่สบายตาและทำให้บริเวณดังกล่าวร้อนอีกด้วย ทำให้ไม่มีลูกค้ามาเดินในช่วงเวลาที่มีแดดหรือแสงธรรมชาติเลย ส่วนร้านค้าที่หันหน้าร้านรับแสงโดยตรงจากดวงอาทิตย์ จะไม่สามารถจัดโชว์สินค้าเพื่อดึงดูดความสนใจจากลูกค้าได้เลย เนื่องจากค่าความส่องสว่างบริเวณหน้าร้านมีปริมาณที่สูงมาก และสินค้าเกิดความเสียหาย เช่น สีของสินค้าซีด พลาสติกแห้งกรอบ เนื่องจากโดยรังสีจากดวงอาทิตย์โดยตรง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาพที่ 4.10 บริเวณหน้าร้านค้าของศูนย์การค้าชุมชน C ที่ได้รับแสงโดยตรงจากดวงอาทิตย์

ภาพที่ 4.11 บริเวณหน้าร้านค้าชั้น 1 และชั้น 2 ที่ได้รับแสงโดยตรงจากดวงอาทิตย์

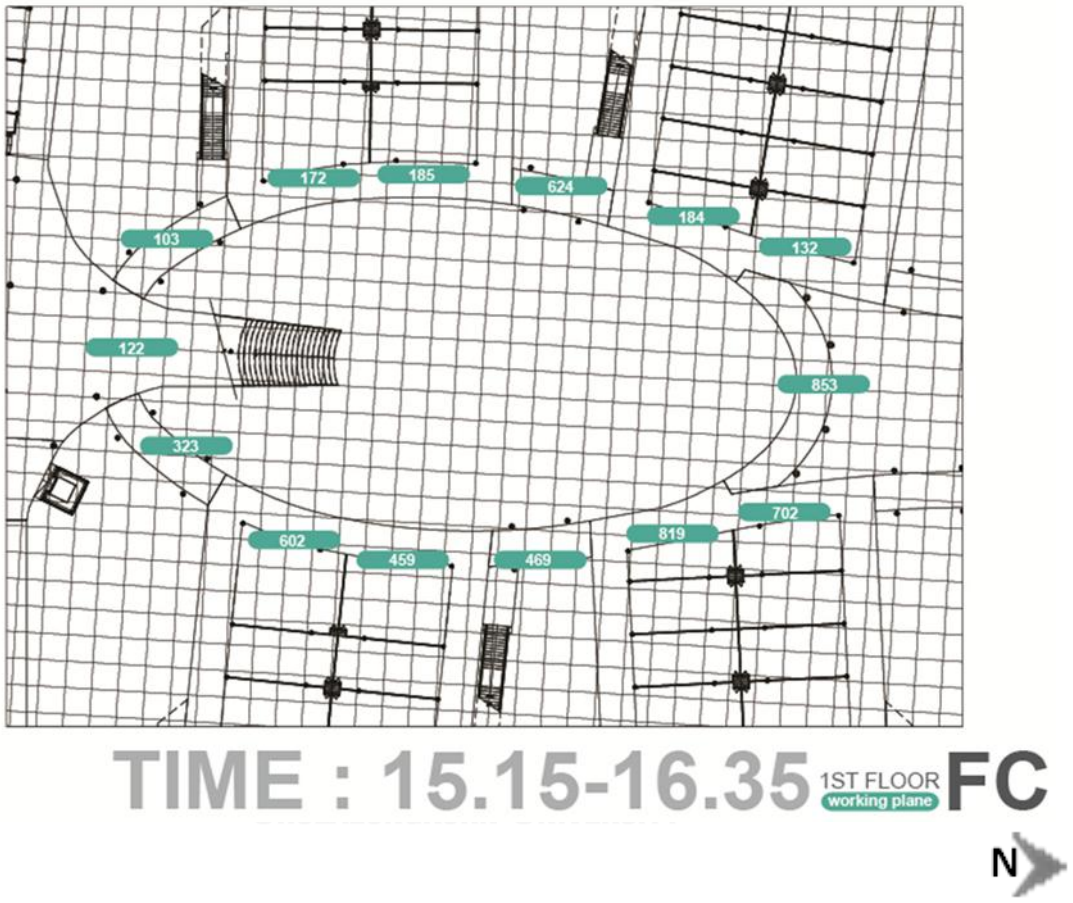
ภาพที่ 4.12 บริเวณทางเข้าศูนย์การค้าชุมชน C ที่ได้รับแสงโดยตรงจากดวงอาทิตย์

4.1.4 ศูนย์การค้าชุมชน D

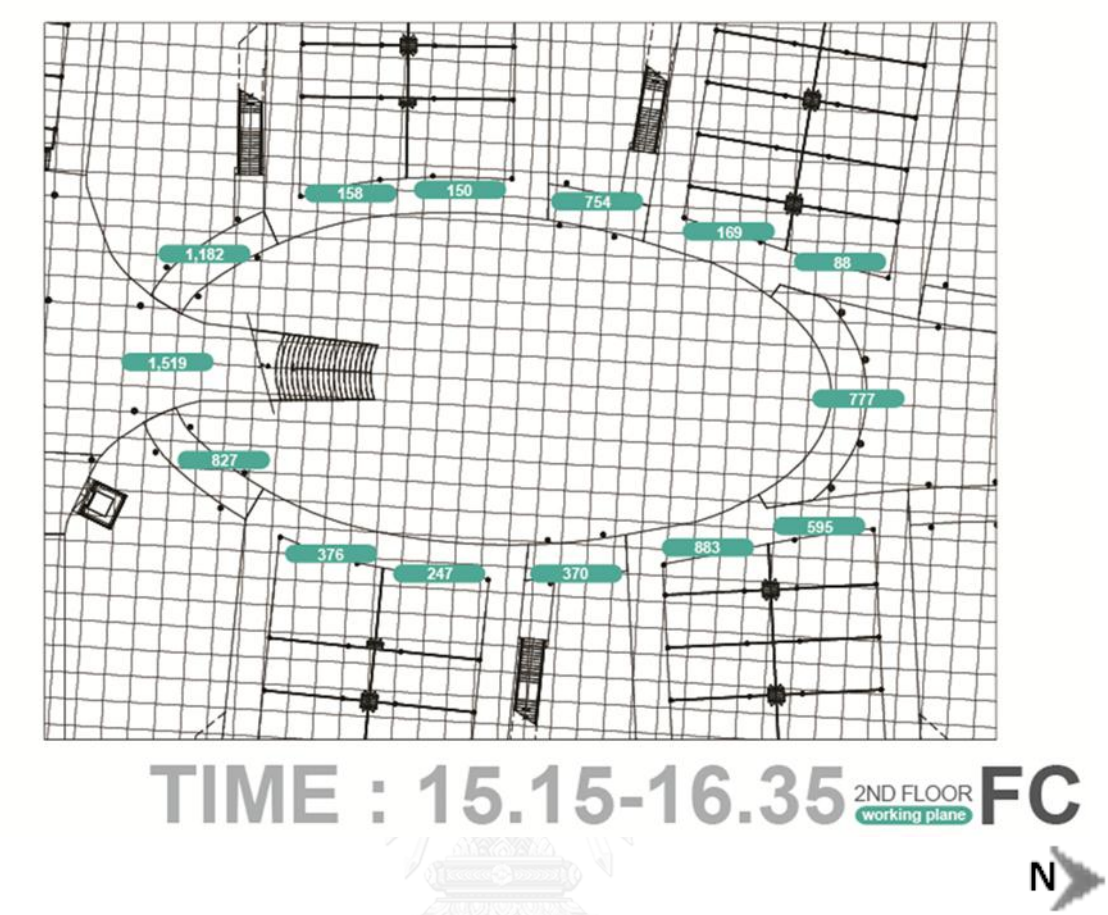
วันที่ทำการศึกษา: วันที่ 13 มีนาคม พ.ศ.2557

สภาพท้องฟ้า : ท้องฟ้าโปร่ง

ช่วงเวลา : 15.15 – 16.35 น.



ภาพที่ 4.13 แสดงค่าความส่องสว่างภายในศูนย์การค้าชุมชน D บริเวณโถงกิจกรรมและโถงทางเดินหน้าร้านค้า ชั้น 1 (หน่วย ฟุตแคนเดิล)



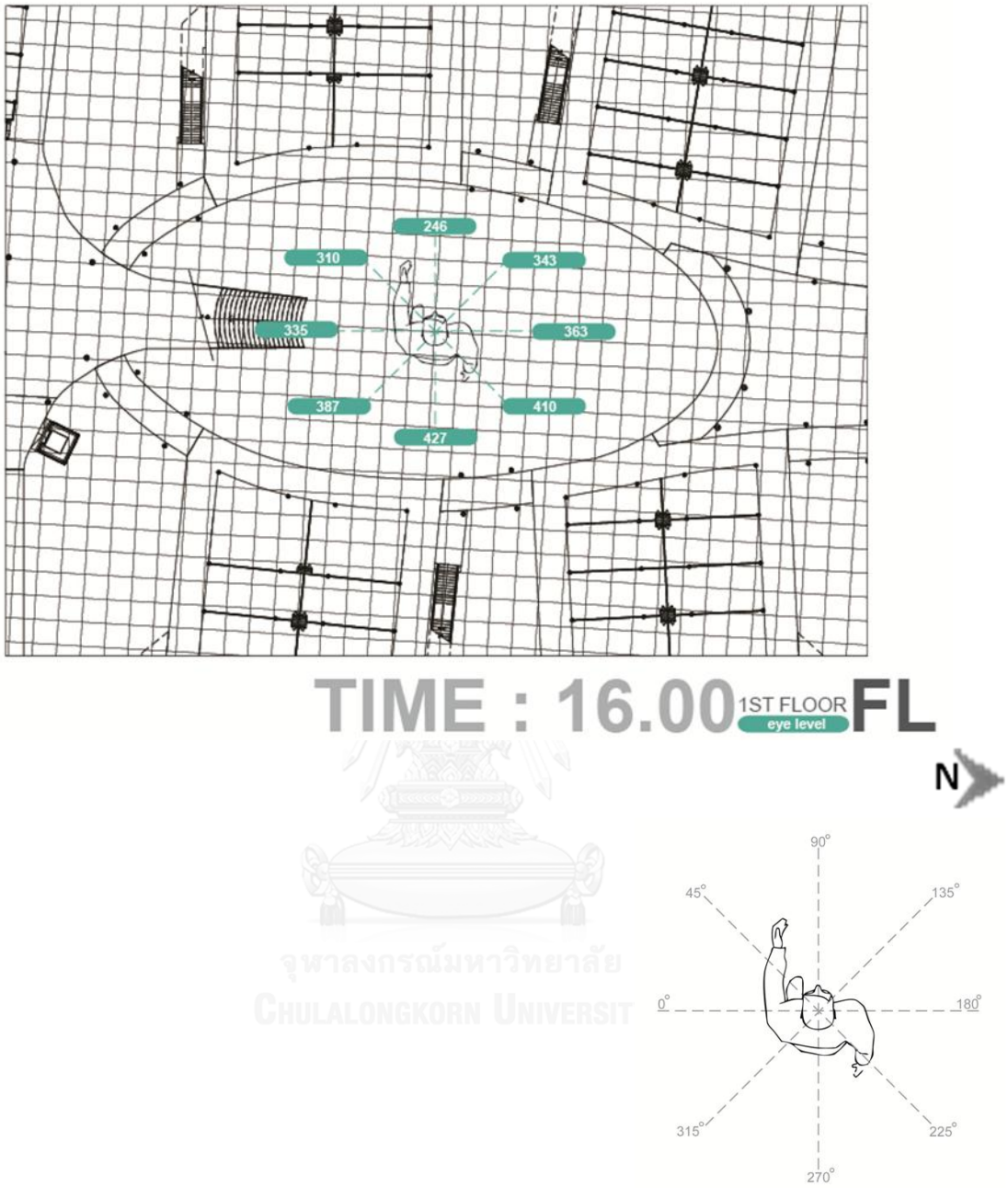
ภาพที่ 4.14 แสดงค่าความส่องสว่างภายในศูนย์การค้าชุมชน D บริเวณโถงกิจกรรมและโถงทางเดินหน้าร้านค้า ชั้น 2 (หน่วย ฟุตแคนเดิล)

ศูนย์การค้าชุมชน D เป็นอาคารศูนย์การค้าชุมชนที่มีช่องเปิดเป็นลักษณะเปิดโล่งสู่ท้องฟ้า โดยไม่มีสามารถสกัดกั้นรังสีความร้อนจากดวงอาทิตย์และปริมาณแสงสว่างได้เลย ทำให้บริเวณโถงกลางและโถงทางเดินของศูนย์การค้าชุมชนดังกล่าวร้อนและมีปริมาณค่าความส่องสว่างที่สูงเกินค่ามาตรฐานตามตารางที่ 2.3 และ 2.4 จากการสำรวจและเก็บข้อมูล พบว่าค่าความส่องสว่างบริเวณโถงทางเดินหน้าร้านค้าชั้นหนึ่งมีค่าระหว่าง 103 – 853 ฟุตแคนเดิล และชั้นสองมีค่าความส่องสว่างอยู่ระหว่าง 88 – 1,182 ฟุตแคนเดิล ซึ่งแต่ละจุดมีค่าความส่องสว่างที่แตกต่างกันมาก เมื่อเดินเข้าไปภายใน ตาจะเกิดอาการเมื่อยล้าได้ เนื่องจากต้องมีการปรับตัวของม่านตาให้เข้ากับปริมาณแสงในบริเวณต่างๆ ร้านค้าบริเวณโดยรอบโถงกลางและโถงทางเดินต้องใช้พลังงานไฟฟ้าที่สูงมาก เพื่อที่จะดึงดูดความสนใจจากลูกค้า เพราะบริเวณภายนอกร้านมีค่าความส่องสว่างที่สูงมาก

ภาพที่ 4.15 แสดงลักษณะช่องเปิดของศูนย์การค้าชุมชน D

เมื่อศึกษาศูนย์การค้าชุมชน D เพิ่มเติม พบว่าเมื่อยืนอยู่บริเวณตรงกลางของโถงกลางและโถงทางเดินสว่างบริเวณดังกล่าวส่วนมากมีค่าเกินระดับความจ้าที่สายตายอมรับได้ในมุมมองที่ 0 – 5 องศา ดังภาพที่ 2.8 คือในมุมมองที่ 0 – 5 องศา สายตาสามารถยอมรับระดับค่าความส่องสว่างเฉลี่ยที่ 170 ฟุตแลมเบิร์ต และสูงสุดที่ 495 ฟุตแลมเบิร์ต

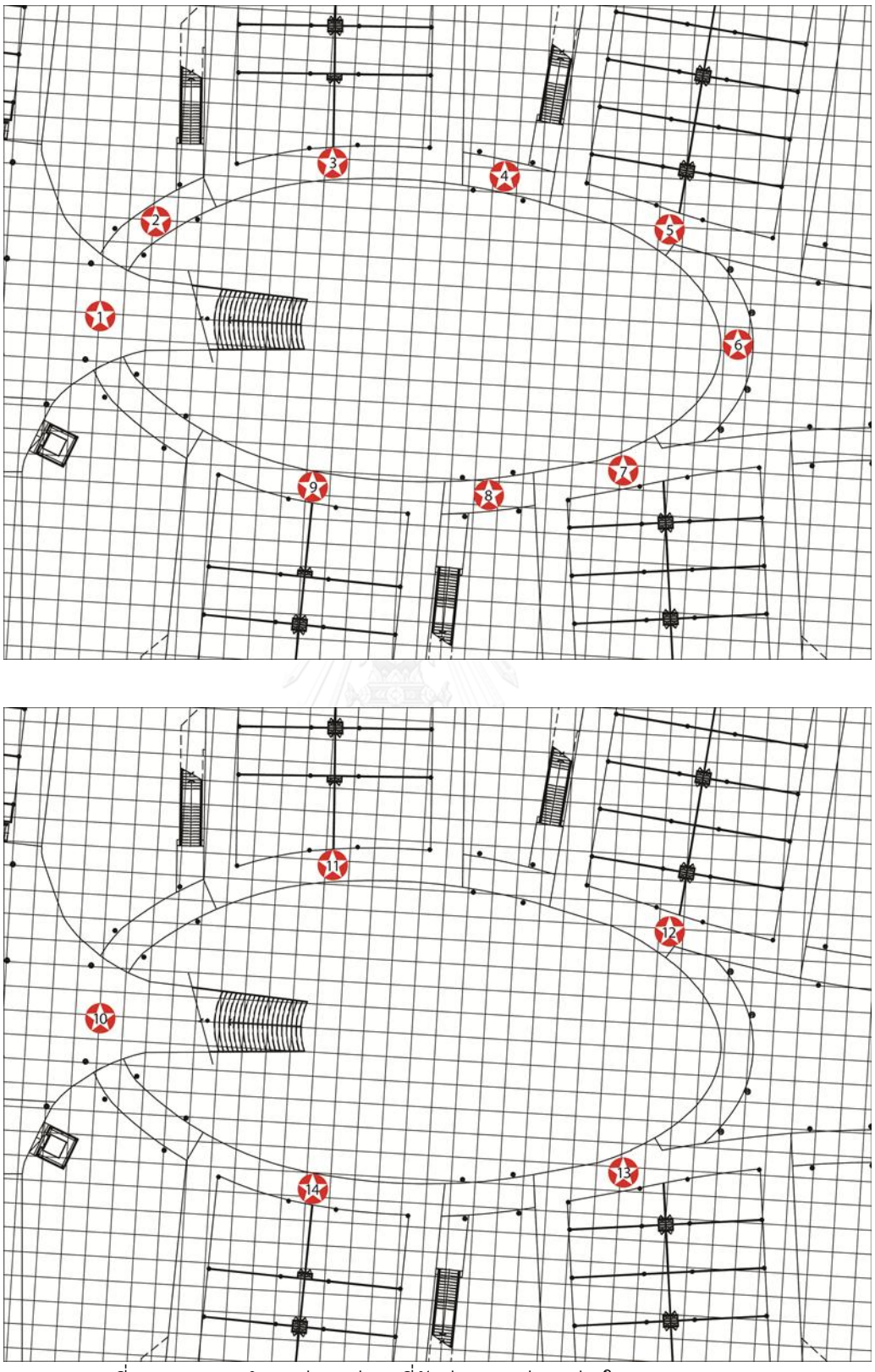
ผู้วิจัยได้ศึกษาค่าความส่องสว่างที่สายตายอมรับได้ในมุมมองที่ 0 – 5 องศา บริเวณตรงกลางของโถงกลางภายในศูนย์การค้า D โดยหมุนรอบตัว เป็นมุม 0 – 360 องศา และวางตัวเซ็นเซอร์ให้อยู่ในระดับสายตาของผู้วิจัย ดังภาพที่ 4.16 พบว่าค่าความส่องสว่างอยู่ระหว่าง 246 – 427 ฟุตแลมเบิร์ต ซึ่งเกินค่าความจ้าตาและไม่สบายตาต่อผู้มอง



จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาพที่ 4.16 แสดงค่าความส่องสว่างในมุม 0 – 315 องศา บริเวณโถงกลางของศูนย์การค้าชุมชน D โดยเซนเซอร์อยู่ในระดับสายตา (หน่วย ฟุตแลมเบิร์ต)

ทั้งนี้ผู้วิจัยได้ศึกษาเพิ่มเติม โดยการวัดค่าความส่องสว่างในมุม 0 – 180 องศา บริเวณโถงทางเดินหน้าร้านค้าชั้น 1 และชั้น 2 ตามจุดต่างๆ ดังภาพที่ 4.17 เพื่อศึกษาปริมาณค่าความส่องสว่างที่เข้าสู่ตา เมื่อลูกค้าเดินออกจากร้านค้ามาสู่ทางเดินหน้าร้านค้า จะเกิดอาการตาบอดชั่วขณะหรือมองไม่เห็นชั่วขณะหรือไม่ เนื่องจากค่าความส่องสว่างมีค่าเกินกว่าที่ระดับสายตายอมรับได้



ภาพที่ 4.17 แสดงตำแหน่งจุดต่างๆที่วัดค่าความส่องสว่างในมุม 0 – 180 องศา ในแปลนชั้น 1 และชั้น 2 ตามลำดับ

ตารางที่ 4.1 แสดงค่าความส่องสว่างในมุม 0 – 180 องศา บริเวณโถงทางเดินหน้าร้านค้าของศูนย์การค้าชุมชน D โดยเซนเซอร์อยู่ในระดับสายตา (หน่วย ฟุตแลมเบิร์ต)

องศา	0°	45°	90°	135°	180°
1	76	117	107	82	36
2	251	246	159	130	119
3	36	89	155	133	19
4	131	120	115	84	79
5	86	149	124	53	24
6	142	270	425	379	155
7	177	187	2,140	3,930	1,952
8	122	250	329	300	137
9	192	355	348	182	53
10	1,134	794	536	383	318
11	45	29	81	115	106
12	69	119	90	29	19
13	240	284	2,165	656	377
14	61	151	1,015	626	96

	ระดับความจ้าที่สายตายอมรับได้
	เกินค่าเฉลี่ยระดับความจ้าที่สายตายอมรับได้
	เกินค่าสูงสุดของระดับความจ้าที่สายตายอมรับได้

Chulalongkorn University

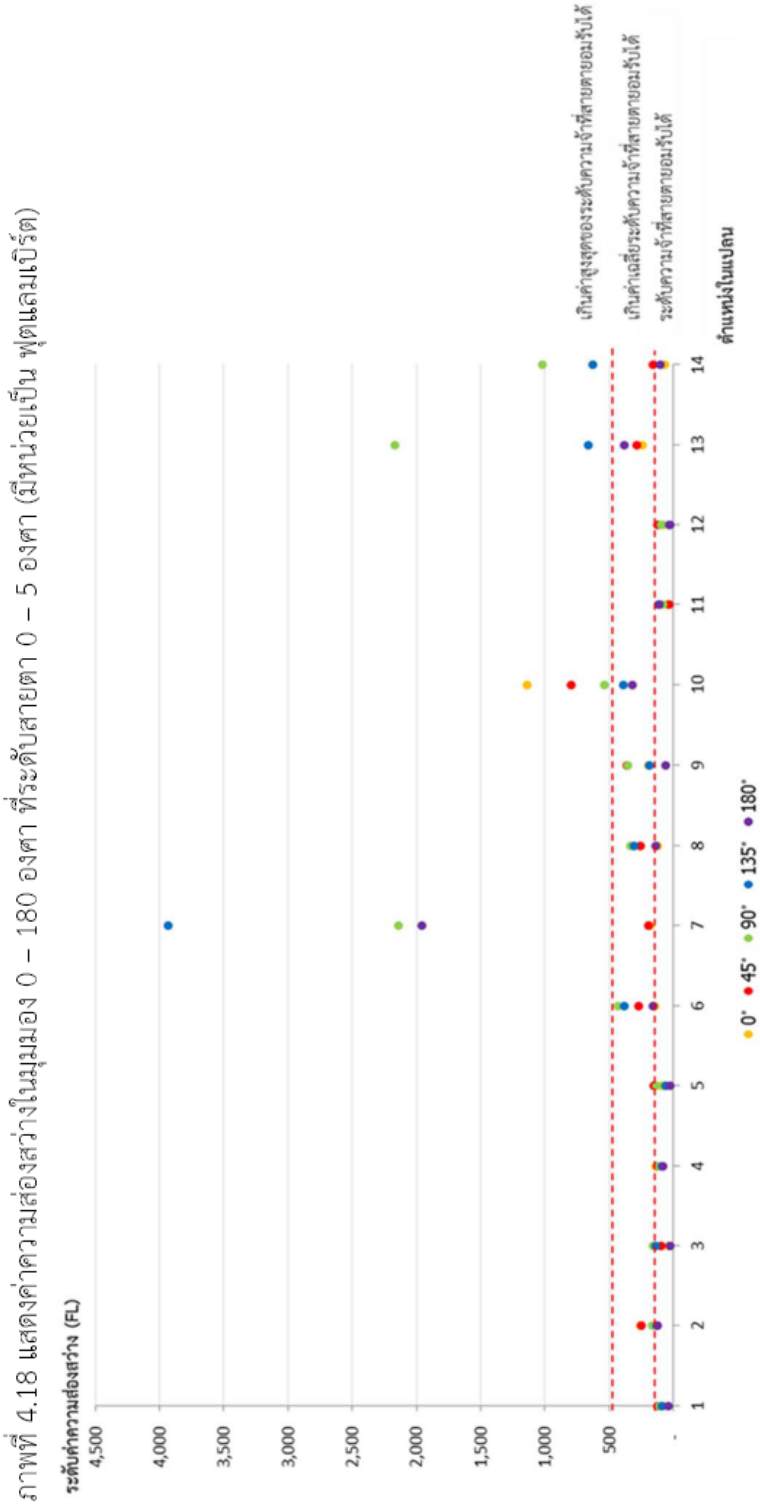
จากตารางที่ 4.1 และกราฟที่ 4.1 จะพบว่าค่าความส่องสว่างจะมีค่าที่แตกต่างกันมากในมุมมองต่างๆ ที่ระดับสายตา 0 – 5 องศา มีทั้ง 3 ระดับ คือ

ระดับความจ้าที่สายตายอมรับได้ คือมีค่าอยู่ในช่วง 170 ฟุตแลมเบิร์ต

ระดับที่เกินค่าเฉลี่ยระดับความจ้าที่สายตายอมรับได้ คือมีค่าอยู่ระหว่าง 170 – 495 ฟุตแลมเบิร์ต

เกินค่าสูงสุดของระดับความจ้าที่สายตายอมรับได้ คือมีค่าเกิน 495 ฟุตแลมเบิร์ต

ดังกราฟที่ 4.1 เนื่องจากค่าการสะท้อนแสงของวัสดุมีค่าไม่เท่ากัน ดังนั้นเมื่อมีปริมาณแสงที่มีปริมาณเท่ากันลงมาตกกระทบพื้นผิวที่มีค่าการสะท้อนแสงของวัสดุที่แตกต่างกัน จะทำให้ปริมาณแสงที่สะท้อนเข้าสู่ตามีปริมาณที่ต่างกัน ซึ่งจะส่งผลให้เกิดความไม่สบายตา และตาอาจเกิดอาการเมื่อยล้าได้ เมื่อลูกค้าเดินออกจากร้านค้าซึ่งมีค่าความส่องสว่างน้อยกว่าภายนอก ทำให้มองไม่เห็นชั่วขณะ เกิดแสงจ้าต่อตาและไม่สบายตา



ภาพที่ 4.18 แสดงค่าความส่องสว่างในมุมมอง 0 – 180 องศา ที่ระดับสายตา 0 – 5 องศา (มีหน่วยเป็น ฟุตแลมเบิร์ต)

ผลจากการวัดค่าความส่องสว่างบริเวณโถงกลางและโถงทางเดินจากสถานที่จริงทั้ง 4 แห่ง พบว่าค่าความส่องสว่างมีค่าสูงกว่าค่ามาตรฐานมาก โดยค่าความส่องสว่างมาตรฐานบริเวณทางเดินและโถงกลางนั้น ควรมีค่าความส่องสว่างเพียง 10 – 20 ฟุตแคนเดิล ดังนั้นจากการศึกษาจะได้ตัวแปรที่มีผลต่อการนำแสงธรรมชาติมาใช้ในอาคารศูนย์การค้าชุมชน ซึ่งตัวแปรทั้งหมดมีผลต่อปริมาณแสงที่เข้ามาในอาคาร ได้แก่

- สภาพท้องฟ้า
- ค่าการสะท้อนแสงของวัสดุภายในและภายนอก
- ขนาดช่องเปิด
- ค่าความส่องสว่าง
- ปริมาณความร้อนที่เข้ามาในอาคาร

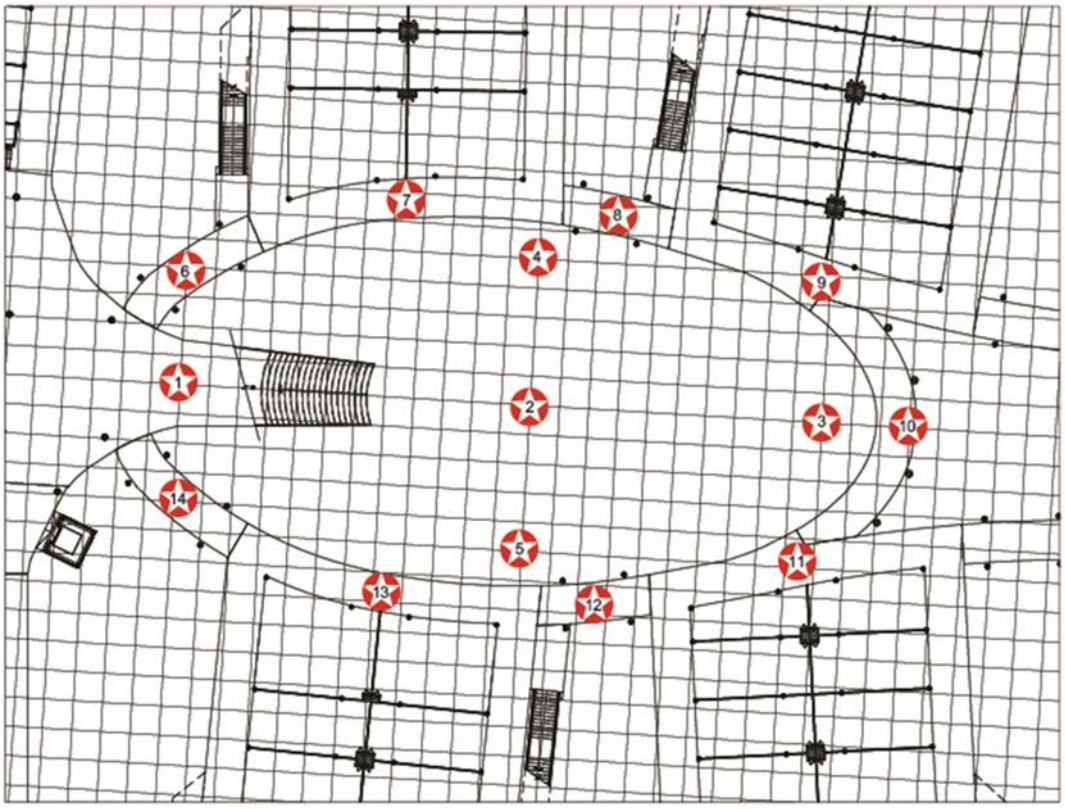
ค่าความส่องสว่างที่วัดได้ในศูนย์การค้าชุมชนทั้ง 4 แห่ง มีค่าความส่องสว่างภายในที่แตกต่างกัน จากการศึกษาพบว่าขนาดของช่องเปิดและค่าการสะท้อนแสงของวัสดุภายในอาคาร มีอิทธิพลต่อค่าความส่องสว่างมาก กล่าวคือเมื่อช่องเปิดมีขนาดใหญ่ และวัสดุที่ใช้ภายในมีค่าการสะท้อนแสงของวัสดุมาก จะทำให้ค่าความส่องสว่างภายในมีค่ามากด้วย โดยจากการศึกษา ศูนย์การค้าชุมชน C และ D ช่องเปิดเป็นลักษณะเปิดโล่ง พบว่าปริมาณแสงเข้ามามากเกินความต้องการ และบริเวณโถงกลางและโถงทางเดิน โดนแสงโดยตรงจากดวงอาทิตย์ ความร้อนเข้ามาภายในอาคาร ซึ่งไม่เป็นผลดีกับศูนย์การค้าชุมชน ส่วน ศูนย์การค้าชุมชน A กับ ศูนย์การค้าชุมชน B มีหลังคาปกคลุม แต่ขนาดช่องเปิดมีขนาดมากเกินไป ทำให้ภายในมีค่าความส่องสว่างที่มากเกินความต้องการ ดังนั้นการออกแบบการนำแสงธรรมชาติมาใช้ในศูนย์การค้าชุมชนนั้น ควรมีการออกแบบช่องเปิดให้เหมาะสม คือ ศูนย์การค้าชุมชนควรได้รับการออกแบบให้มีหลังคาปกคลุม บริเวณโถงกลางและโถงทางเดิน เพื่อกันแดด กันฝน และควรมีลักษณะทึบแสง เพื่อควบคุมปริมาณแสงสว่างธรรมชาติที่เข้ามาในอาคาร และแก้ปัญหาความไม่คงที่ของแสงธรรมชาติอีกด้วย

4.2 ผลการวิเคราะห์ตัวแปรของการนำแสงธรรมชาติมาใช้ในอาคาร และนำข้อมูลที่ได้มาทำหุ่นจำลองขนาดมาตราส่วน 1:100 เพื่อหาข้อสรุป

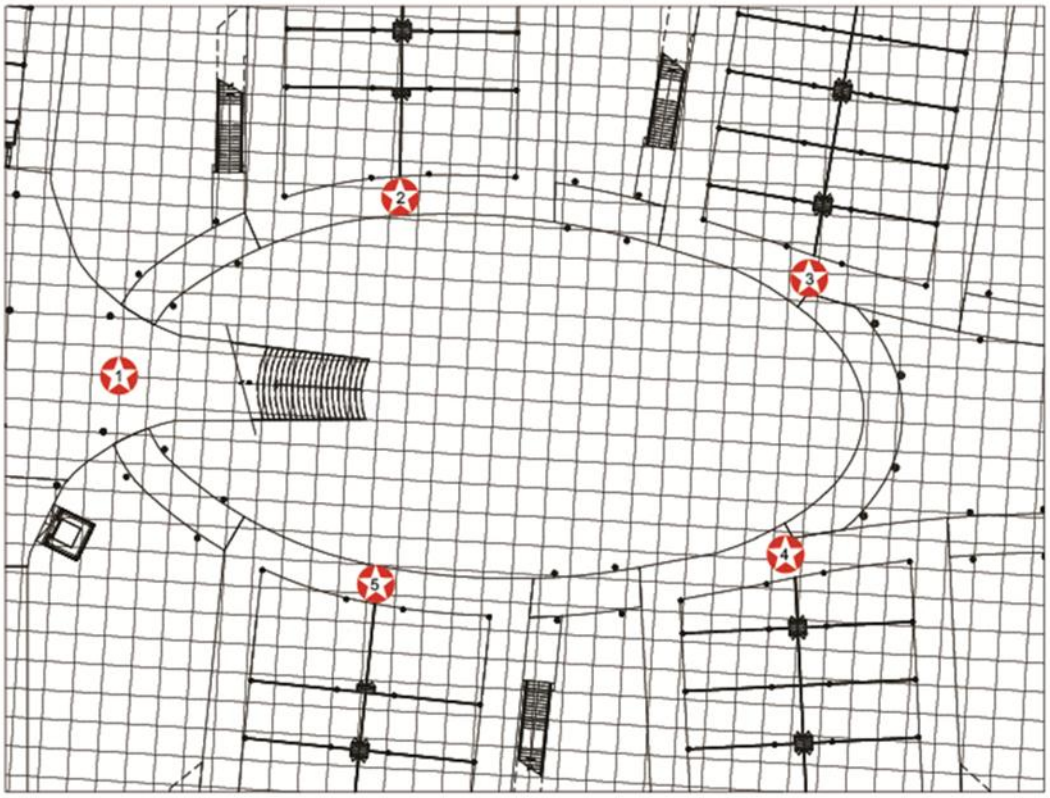
จากการศึกษาศูนย์การค้าชุมชนทั้งหมด 4 แห่งข้างต้นนั้น พบว่าศูนย์การค้าชุมชน D เป็นศูนย์การค้าชุมชนที่เหมาะกับการนำมาปรับปรุงและแก้ไข เนื่องจากเป็นศูนย์การค้าชุมชนที่มีพื้นที่บริเวณโถงทางเดินและลานกิจกรรมขนาดใหญ่ เหมาะกับการจัดกิจกรรม เพื่อช่วยส่งเสริมให้มนุษย์มีปฏิสัมพันธ์กัน แต่พื้นที่ดังกล่าวกลับถูกใช้เพียงช่วงเวลาตอนเย็นเท่านั้น เนื่องจากพื้นที่บริเวณนี้มีปริมาณความส่องสว่างของแสงมากเกินไปและยังได้รับแสงโดยตรงจากดวงอาทิตย์อีกด้วย ทำให้ไม่มี

ผู้ใช้งานบริเวณดังกล่าว ดังนั้นจึงควรได้รับการปรับปรุงและแก้ไข เพื่อให้เกิดการใช้งานในบริเวณนั้น ซึ่งจะทำให้ศูนย์การค้าชุมชนมีพื้นที่การใช้งานเพิ่มมากขึ้น และทำให้ลูกค้าสามารถเข้ามาใช้งานในพื้นที่ดังกล่าวได้มากขึ้นอีกด้วย ซึ่งจะส่งผลดีกับศูนย์การค้าชุมชน ทั้งในแง่ของการลงทุนและการใช้พื้นที่อย่างคุ้มค่า

โดยทำการศึกษาหาแนวทางการปรับปรุงจากหุ่นจำลองขนาดมาตราส่วน 1:100 ทำการวัดค่าตามจุดต่างๆ เก็บข้อมูลจากสภาพท้องฟ้าจริง ดังภาพที่ 4.19 และ 4.20



ภาพที่ 4.19 แสดงตำแหน่งจุดต่างๆที่วัดค่าความส่องสว่างในแปลนชั้น 1



ภาพที่ 4.20 แสดงตำแหน่งจุดต่างๆที่วัดค่าความส่องสว่างในแปลนชั้น 2

ผลการวิเคราะห์ตัวแปรสภาพท้องฟ้า

สภาพท้องฟ้าเป็นตัวแปรที่ไม่สามารถควบคุมได้ เนื่องจากมีความแปรปรวนตลอดทั้งวัน ส่งผลให้ค่าความส่องสว่างของท้องฟ้าก็มีการเปลี่ยนแปลงตลอดทั้งวันด้วย เมื่อสภาพท้องฟ้าเปลี่ยนแปลง ทำให้ค่าความส่องสว่างของท้องฟ้าภายนอกเปลี่ยน ส่งผลให้ค่าความส่องสว่างภายในเปลี่ยนแปลงด้วย ดังนั้นในการศึกษาวิจัยการนำแสงธรรมชาติมาใช้ในอาคารศูนย์การค้าชุมชนนี้จะกำหนดให้ค่าความส่องสว่างของท้องฟ้ามีค่าเฉลี่ยที่ 1,000 ฟุตแคนเดิล หรือ 10,000 ลักซ์ ซึ่งเป็นค่าเฉลี่ยของค่าความส่องสว่างของท้องฟ้ามีเมฆปกคลุมบางส่วน

ผลการวิเคราะห์ตัวแปรค่าการสะท้อนแสงของวัสดุภายในอาคารและภายนอกอาคาร

การศึกษาทดลองจากการไปวัดค่าการสะท้อนแสงของวัสดุชนิดต่างๆที่ศูนย์การค้าชุมชน D ได้ค่าการสะท้อนแสงของวัสดุตามตาราง

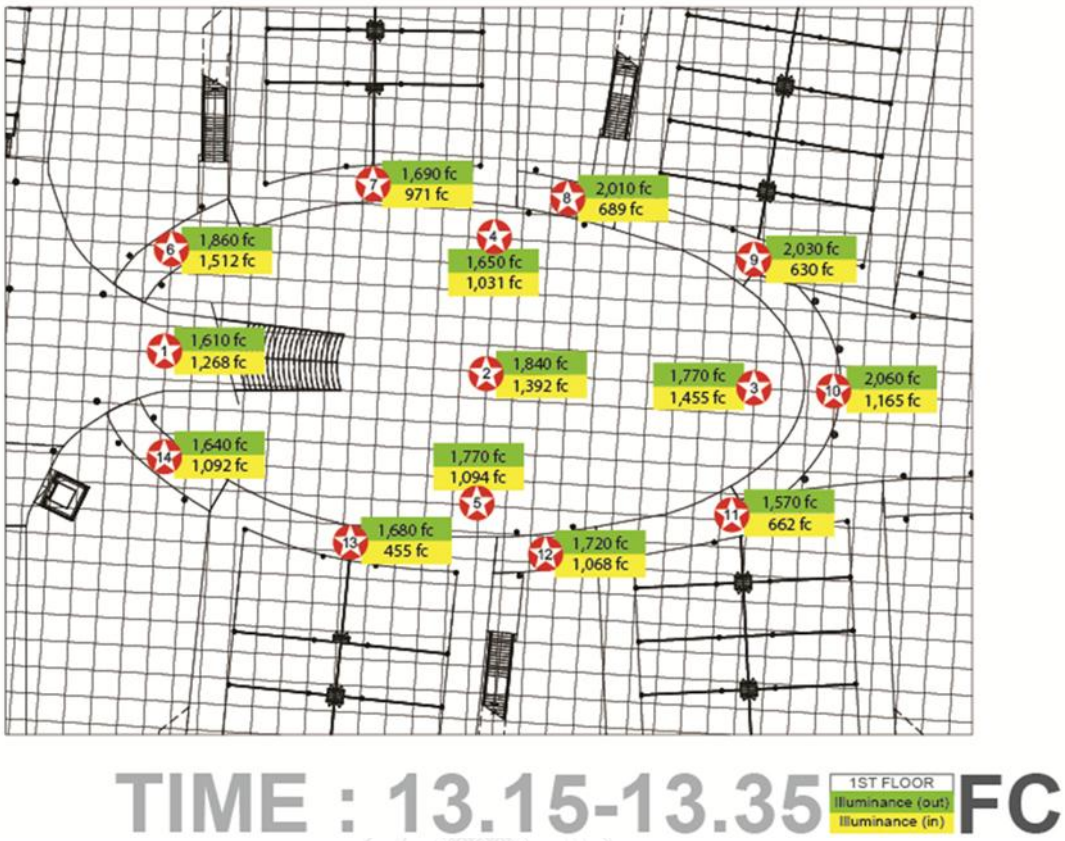
ตารางที่ 4.2 ค่าการสะท้อนแสงของวัสดุชนิดต่างๆ เก็บข้อมูลจริง

ประเภทของวัสดุ	ปริมาณแสงตกกระทบ (FC)	ปริมาณแสงสะท้อน (FL)	ค่าการสะท้อนแสงของวัสดุ (%)
คอนกรีต ทาสีดำ	574	125.3	21.8
คอนกรีต ทาสีเทา	131.3	72.9	55.5
ไม้ระแนง (สีเข้ม)	60.3	10.8	17.9
ปูนฉาบ สีส้ม	70.2	17.6	25.1
กระเบื้องดำด้าน	808	69.4	8.6
ไม้ธรรมชาติ	563	115	20.4

การศึกษาทดลองจากหุ่นจำลอง โดยทำหุ่นจำลองวัสดุคล้ายจริง แล้ววัดค่าความส่องสว่างภายใน จากนั้นเปลี่ยนวัสดุเป็นสีขาวทั้งหมด เพื่อดูปริมาณค่าความส่องสว่างที่เปลี่ยนแปลง มาเปรียบเทียบหาความสัมพันธ์ของค่าการสะท้อนแสงของวัสดุกับค่าความส่องสว่างภายในศูนย์การค้าชุมชน

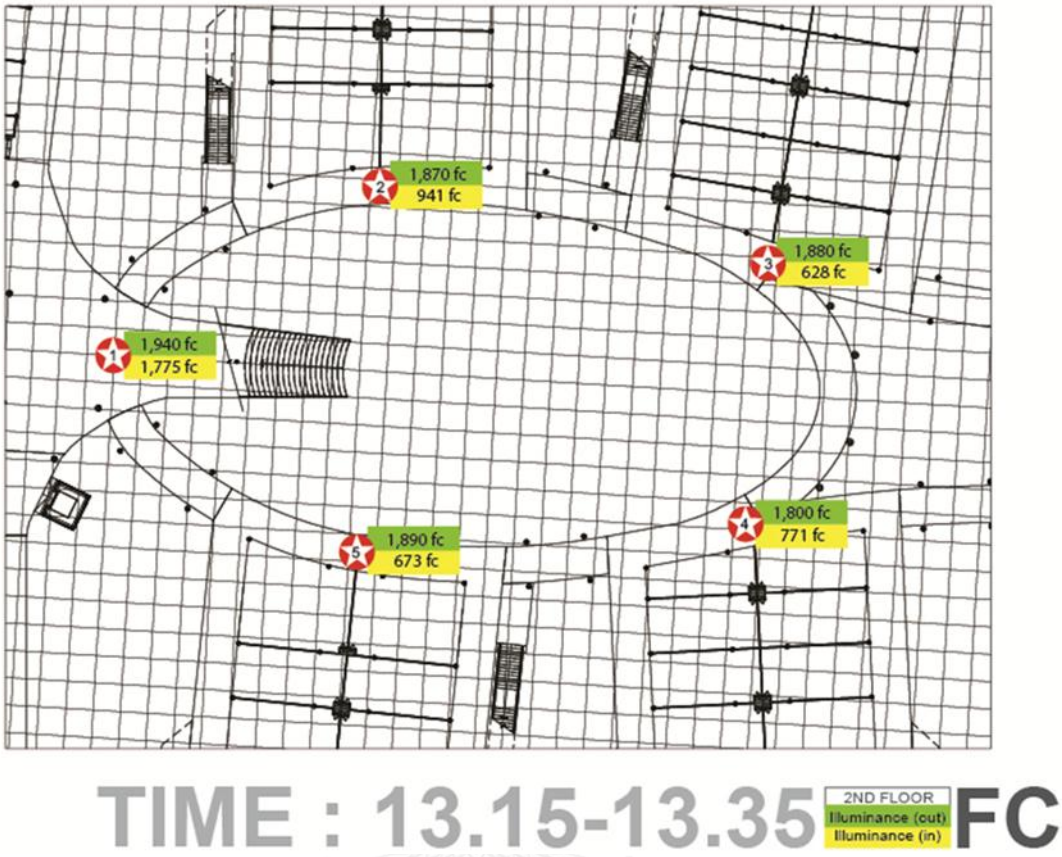
วันที่ทำการศึกษา: วันที่ 27 มีนาคม พ.ศ. 2557
ลักษณะท้องฟ้า : ท้องฟ้ามีเมฆปกคลุมบางส่วน (Partly cloudy sky)
เวลา : 13.20 – 14.00 น.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University



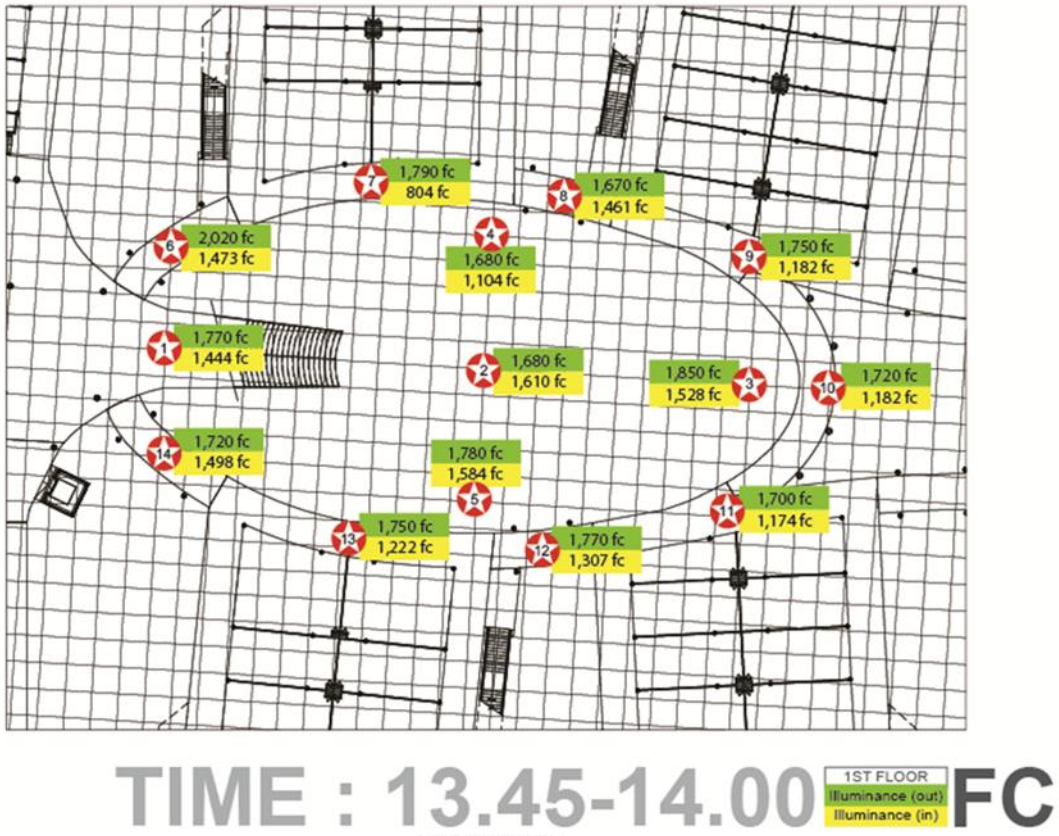
ภาพที่ 4.21 แสดงค่าความส่องสว่างที่วัดได้จากหุ่นจำลองขนาดมาตราส่วน 1:100 ภายในเป็นวัสดุเสมือนจริง ในแปลนชั้น 1

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University



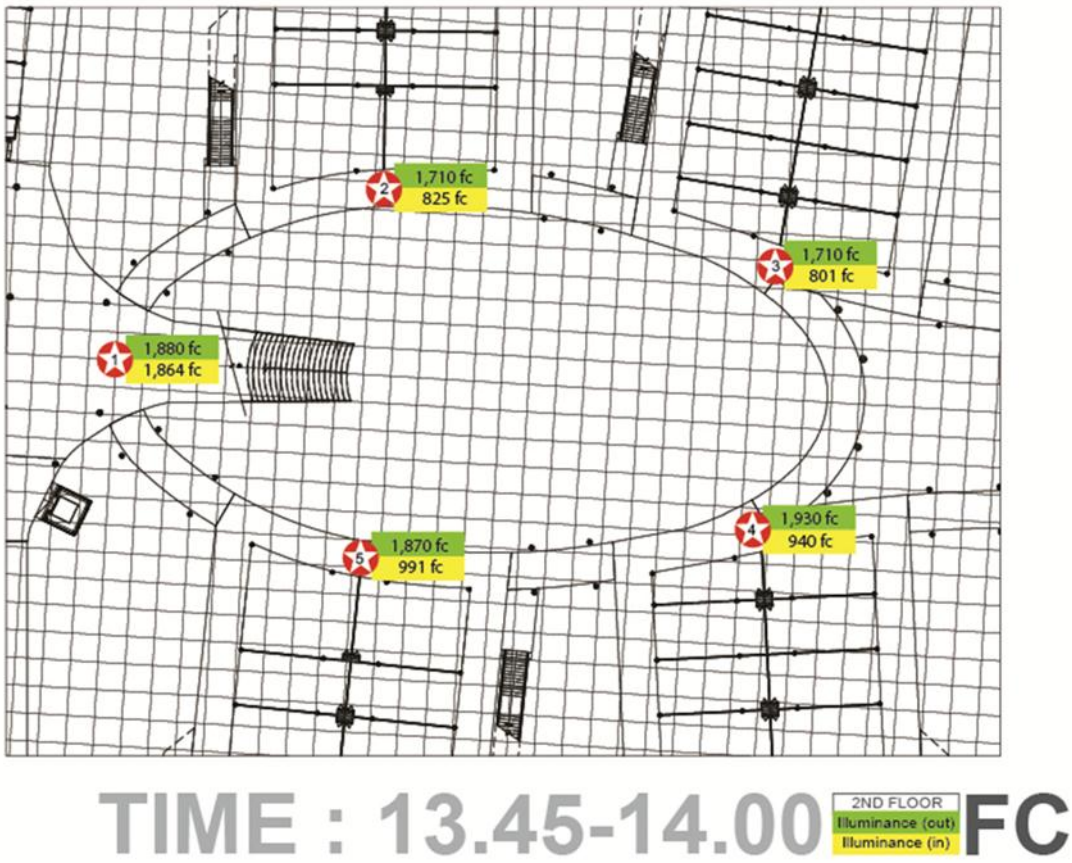
ภาพที่ 4.22 แสดงค่าความส่องสว่างที่วัดได้จากหุ่นจำลองขนาดมาตราส่วน 1:100 ภายในเป็นวัสดุเสมือนจริง ในแปลนชั้น 2

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University



ภาพที่ 4.23 แสดงค่าความส่องสว่างที่วัดได้จากหุ่นจำลองขนาดมาตราส่วน 1:100 ภายในเป็นวัสดุสีขาว ในแปลนชั้น 1

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

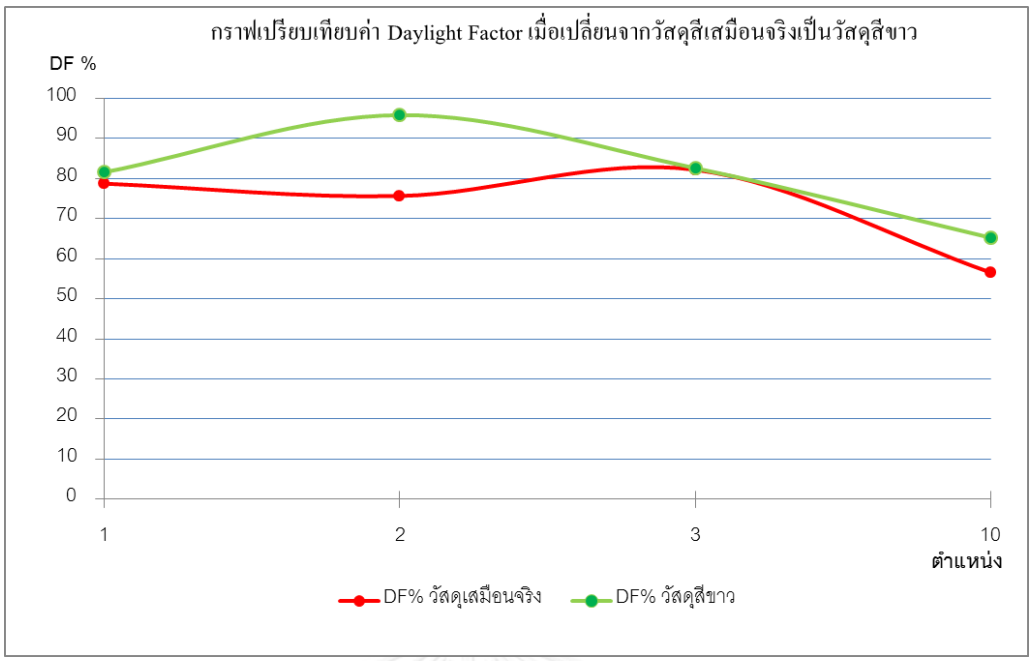


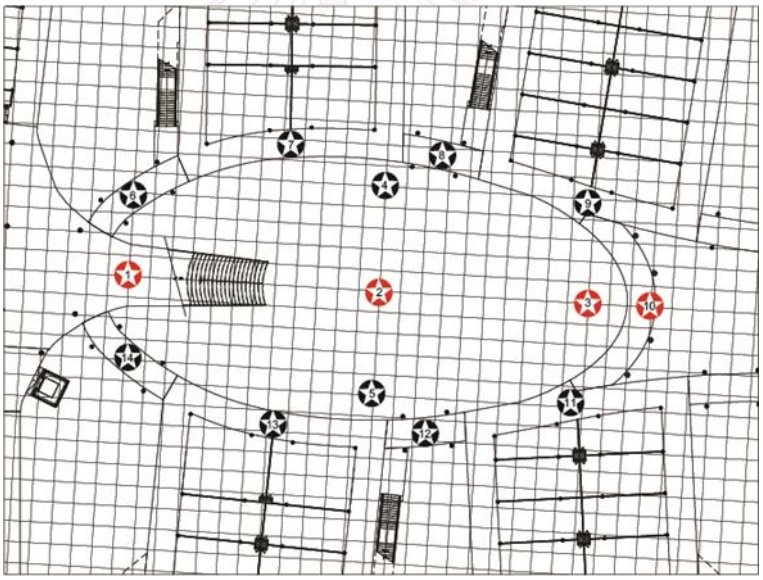
ภาพที่ 4.24 แสดงค่าความส่องสว่างที่วัดได้จากหุ่นจำลองขนาดมาตราส่วน 1:100 ภายในเป็นวัสดุสีขาว ในแปลนชั้น 2

ตารางที่ 4.3 เปรียบเทียบค่าความส่องสว่างภายใน ภายนอก และค่าเดย์ไลท์แฟคเตอร์ เมื่อเปลี่ยนจากวัสดุเสมือนจริงเป็นวัสดุสีขาว

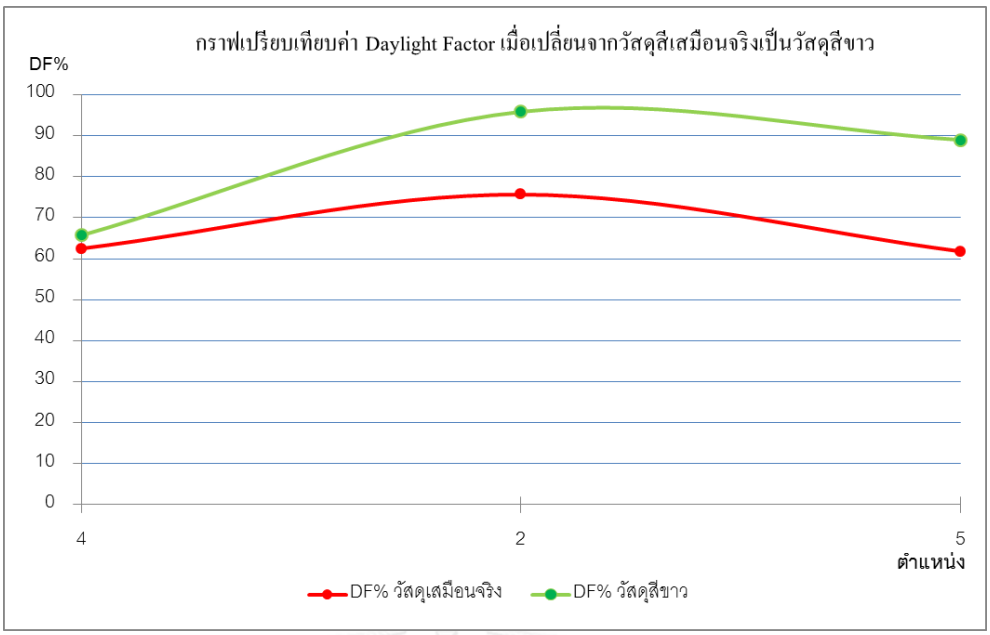
ตารางที่ 4.3 เปรียบเทียบค่าความส่องสว่างภายใน ,ภายนอก ,และค่าเดย์ไลท์แฟคเตอร์ เมื่อเปลี่ยนจากวัสดุเสมือนจริงเป็นวัสดุสีขาว

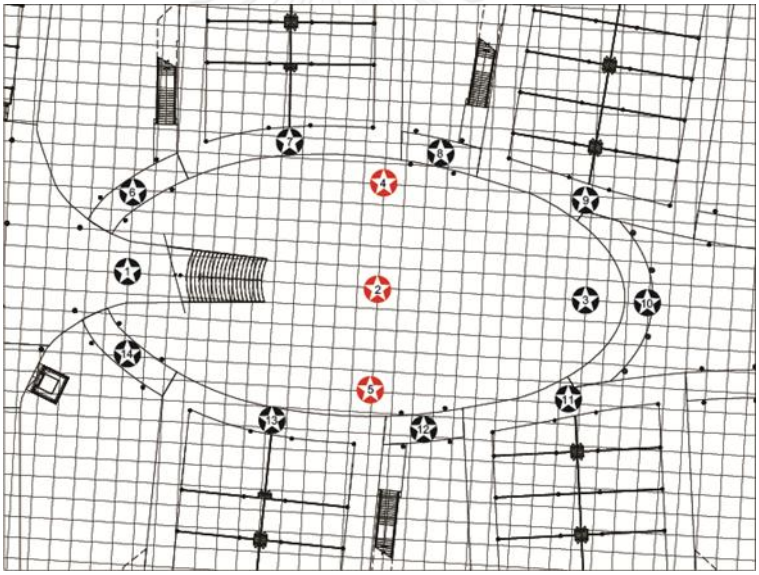
ชั้น	ตำแหน่ง	วัสดุเสมือนจริง			วัสดุสีขาว		
		ค่าความส่องสว่างภายใน (fc)	ค่าความส่องสว่างภายนอก (fc)	เดย์ไลท์แฟคเตอร์ (DF%)	ค่าความส่องสว่างภายใน (fc)	ค่าความส่องสว่างภายนอก (fc)	เดย์ไลท์แฟคเตอร์ (DF%)
1	1	1,268	1,610	78.76	1,444	1,770	81.58
	2	1,392	1,840	75.65	1,610	1,680	95.83
	3	1,455	1,770	82.20	1,528	1,850	82.59
	4	1,031	1,650	62.48	1,104	1,680	65.71
	5	1,094	1,770	61.81	1,584	1,780	88.99
	6	1,512	1,860	81.29	1,473	2,020	72.92
	7	971	1,690	57.46	804	1,790	44.92
	8	689	2,010	34.28	1,461	1,670	87.49
	9	630	2,030	31.03	1,182	1,750	67.54
	10	1,165	2,060	56.55	1,122	1,720	65.23
	11	662	1,570	42.17	1,174	1,700	69.06
	12	1,068	1,720	62.09	1,307	1,770	73.84
	13	455	1,680	27.08	1,222	1,750	69.83
	14	1,092	1,640	66.59	1,498	1,720	87.09
2	1	1,775	1,940	91.49	1,864	1,880	99.15
	2	941	1,870	50.32	825	1,710	48.25
	3	628	1,880	33.40	801	1,710	46.84
	4	771	1,800	42.83	940	1,930	48.70
	5	673	1,890	35.61	991	1,870	52.99



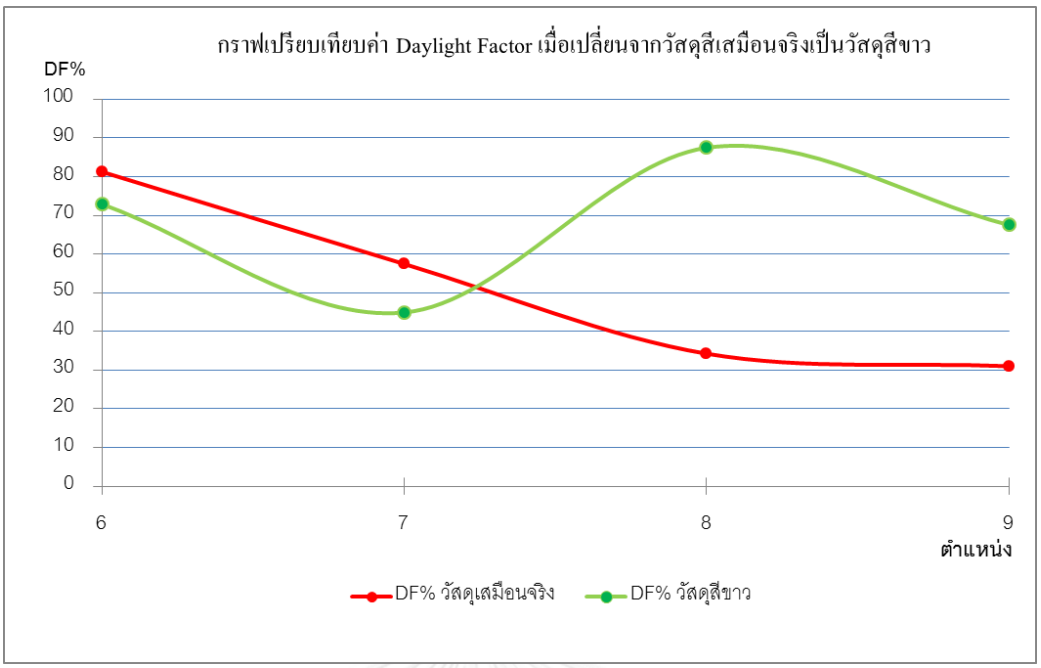


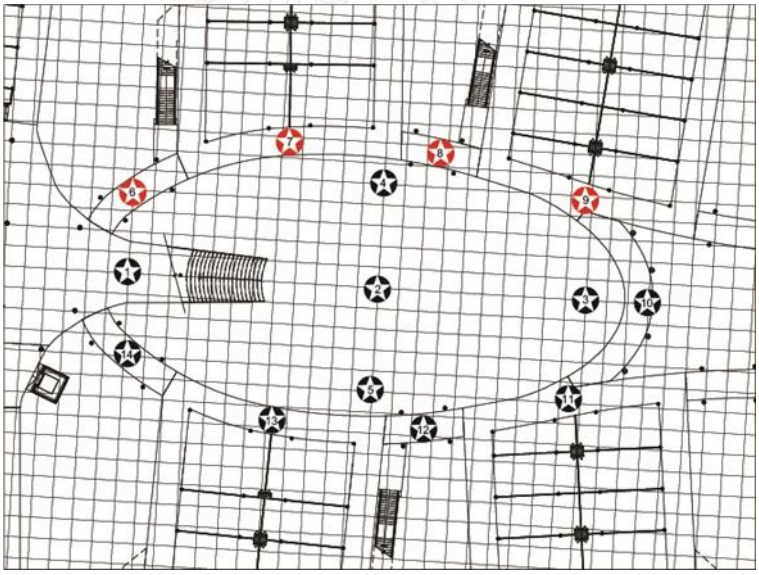
ภาพที่ 4.25 แสดงการเปรียบเทียบเมื่อเปลี่ยนวัสดุเป็นสีขาวในแนวยาวของอาคาร ชั้น 1



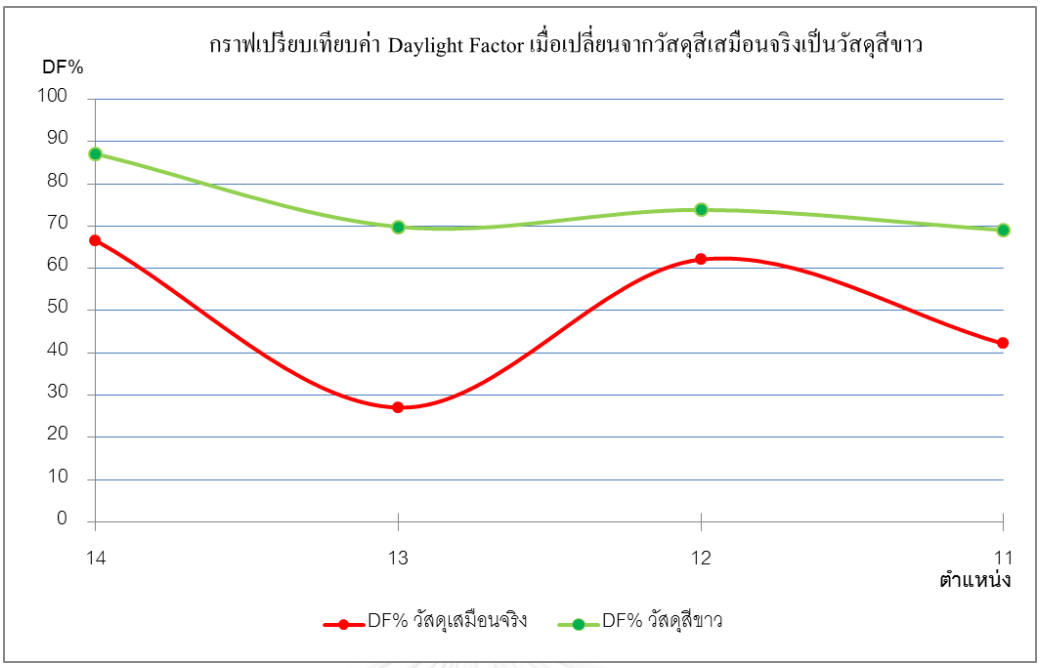


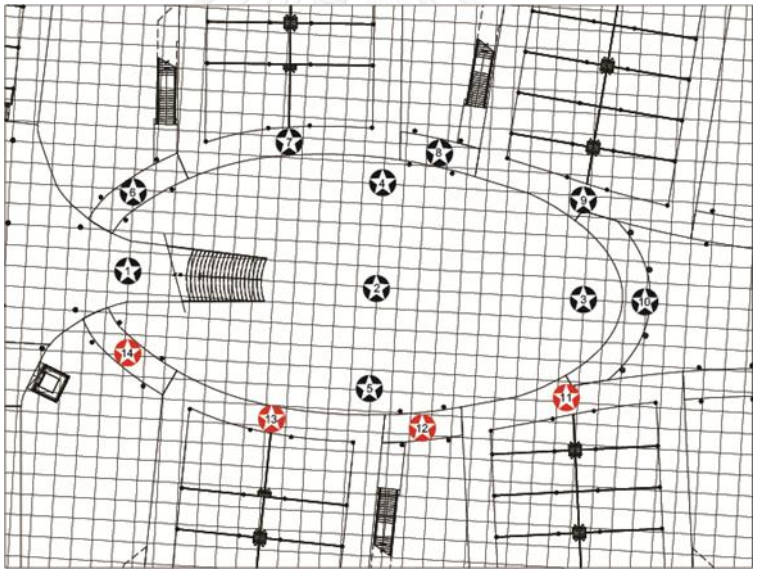
ภาพที่ 4.26 แสดงการเปรียบเทียบเมื่อเปลี่ยนวัสดุเป็นสีขาวในแนวขวางของอาคาร ชั้น 1



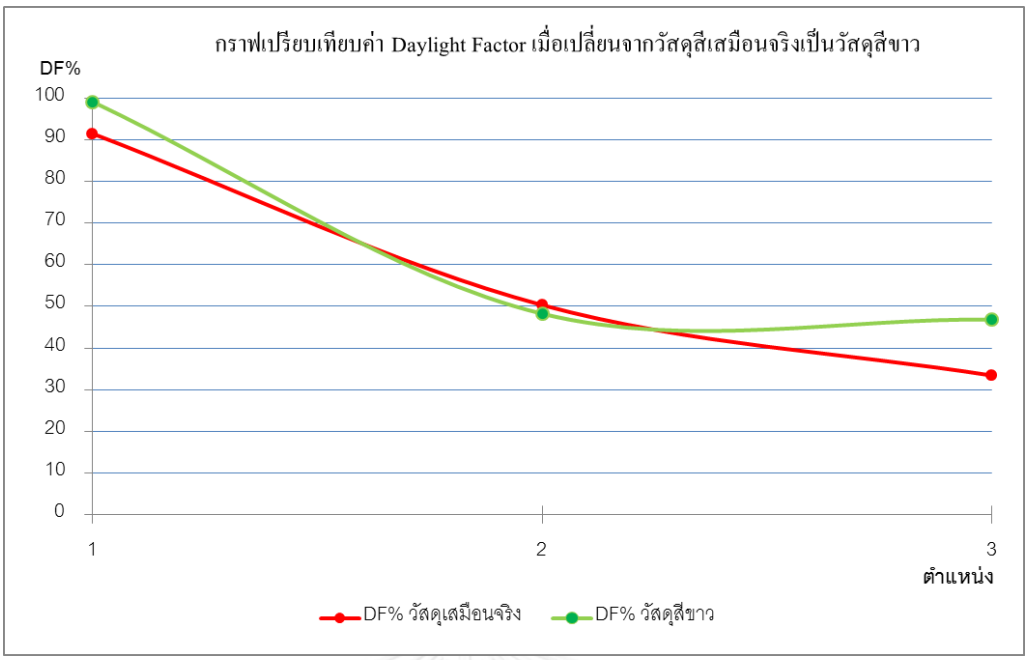


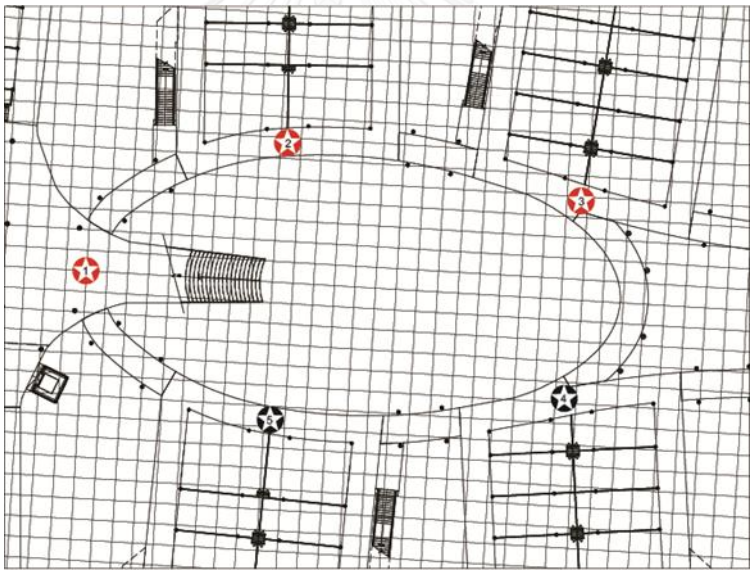
ภาพที่ 4.27 แสดงการเปรียบเทียบเมื่อเปลี่ยนวัสดุเป็นสีขาวในด้านทิศตะวันตกของอาคาร ชั้น 1



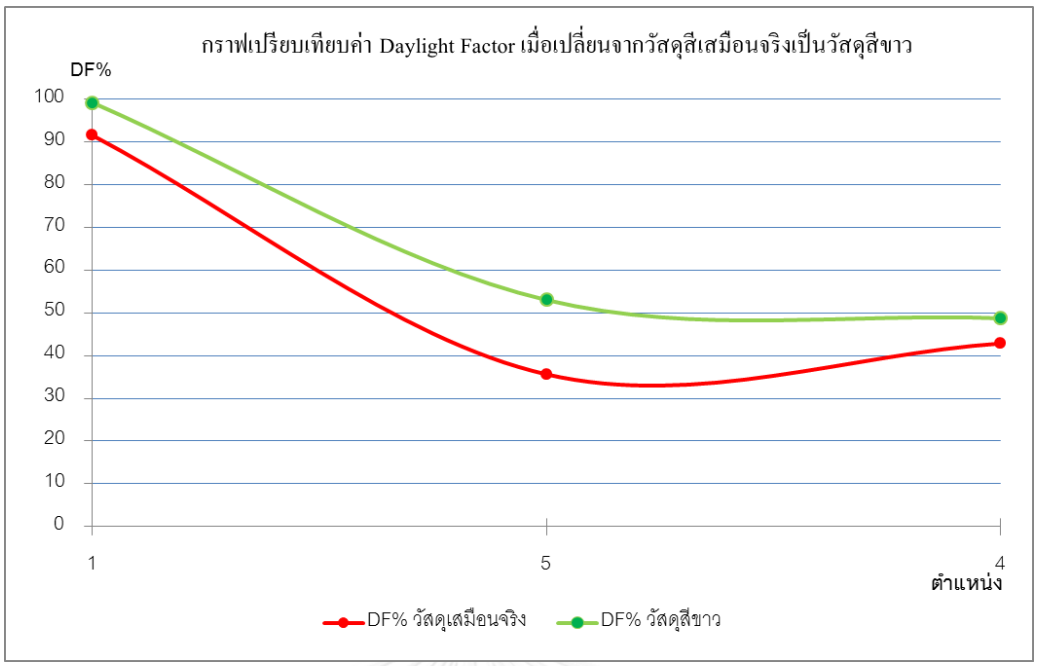


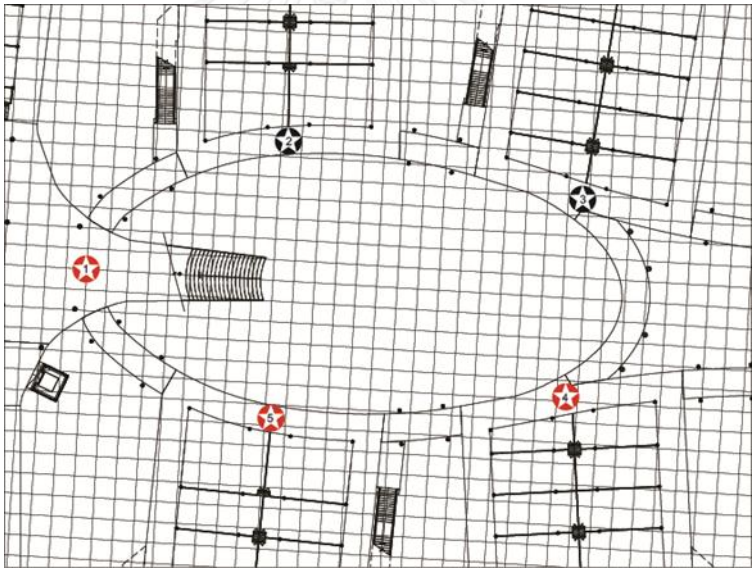
ภาพที่ 4.28 แสดงการเปรียบเทียบเมื่อเปลี่ยนวัสดุเป็นสีขาวในด้านทิศตะวันออกของอาคาร ชั้น 1





ภาพที่ 4.29 แสดงการเปรียบเทียบเมื่อเปลี่ยนวัสดุเป็นสีขาวในด้านทิศตะวันตกของอาคาร ชั้น 2





ภาพที่ 4.30 แสดงการเปรียบเทียบเมื่อเปลี่ยนวัสดุเป็นสีขาวในด้านทิศตะวันออกของอาคาร ชั้น 2

จากการศึกษา อธิบายได้ว่าเมื่อเปลี่ยนวัสดุเป็นสีขาว ซึ่งมีค่าการสะท้อนแสงของวัสดุมากเท่ากับ 75 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมีค่ามากกว่าค่าการสะท้อนแสงของวัสดุเดิม จะส่งผลให้ค่าความส่องสว่างภายในศูนย์การค้าชุมชนบริเวณโถงกลางและโถงทางเดินในจุดต่างๆส่วนมากมีค่าเพิ่มมากขึ้น

ดังนั้นจึงกล่าวได้ว่า ค่าการสะท้อนแสงของวัสดุมีความสัมพันธ์กับค่าความส่องสว่างภายในศูนย์การค้าชุมชน คือเมื่อเปลี่ยนวัสดุให้มีค่าการสะท้อนแสงของวัสดุมากขึ้น จะช่วยทำให้ค่าการส่องสว่างภายในอาคารเพิ่มมากขึ้นด้วย แต่ถ้าเดิมค่าความส่องสว่างภายในมีค่ามาก ไม่ควรใช้วัสดุที่มีค่าการสะท้อนแสงมาก เนื่องจากจะทำให้เกิดความจ้าตา หรือไม่สบายตา ควรใช้วัสดุที่มีค่าการสะท้อนแสงที่ค่อนข้างต่ำ เพื่อช่วยลดปริมาณค่าความส่องสว่างของแสงภายใน

ผลการวิเคราะห์ตัวแปรขนาดของช่องเปิด

การศึกษาวิจัยนี้เน้นบริเวณโถงกลางและโถงทางเดินของศูนย์การค้าชุมชน ซึ่งพื้นที่ดังกล่าวต้องการค่าความส่องสว่างอยู่ในช่วงที่ 10 – 15 – 20 ฟุตแคนเดิล นำค่าความส่องสว่างที่ต้องการมาคำนวณหาขนาดของช่องเปิดที่เหมาะสมกับพื้นที่การใช้งานทั้งหมด

หาขนาดจากสูตร lumen = fc x ft^2

คำนวณหาพื้นที่การใช้งานของศูนย์การค้าชุมชน D บริเวณโถงกลางและโถงทางเดิน

พื้นที่วงรี ; A= (**ΠΠ**/4) ผลคูณความยาวของแกนทั้งสองของวงรี

แทนค่า A = (**ΠΠ**/4) x 30 x 55

= 1,650 m^2 = 16,500 ft^2

จากนั้นแทนค่าในสูตร lumen = fc x ft^2

= 15 x 16,500

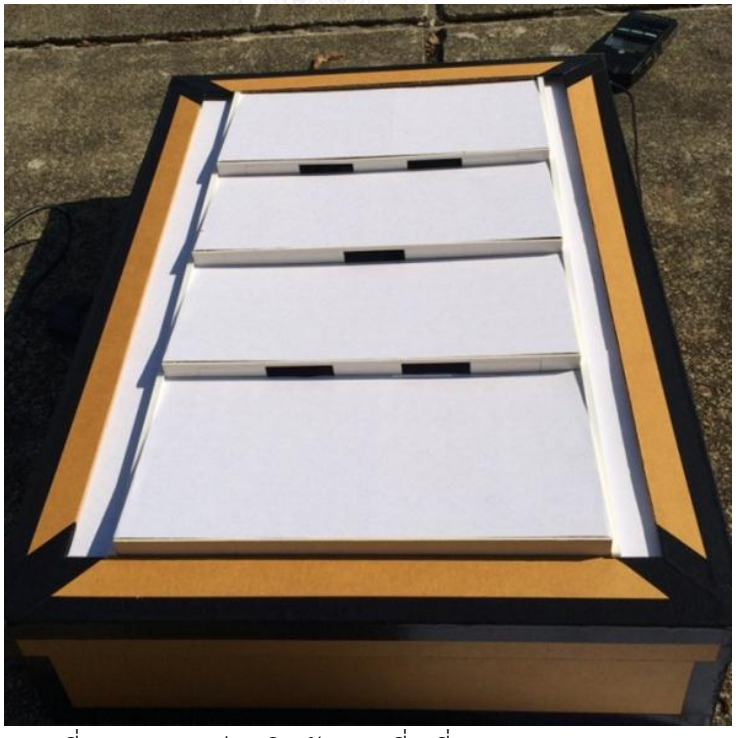
= 247,500 lumen

คำนวณหาขนาดของช่องเปิด เมื่อท้องฟ้ามีค่าความส่องสว่าง เท่ากับ 1000 ฟุตแคนเดิล

ดังนั้นช่องเปิดต้องมีขนาด 247.5 ตารางฟุต หรือเท่ากับ 24.75 ตารางเมตร (ประมาณ 25 ตารางเมตร) คิดเป็น 1.51 เปอร์เซ็นต์ของพื้นที่หลังคาที่ปกคลุมบริเวณโถงกลางและโถงทางเดินของ

ศูนย์การค้า D เมื่อลดขนาดของช่องเปิดให้มีขนาดเล็กลงแล้วนั้น ควรเพิ่มค่าการสะท้อนแสงของวัสดุภายในอาคารให้มีค่ามากขึ้น เช่น บริเวณพื้น ผนัง ฝ้าเพดาน ควรใช้สีขาว ที่มีค่าการสะท้อนแสงของวัสดุเท่ากับ 75 เปอร์เซ็นต์ เพื่อเพิ่มค่าความส่องสว่างภายในศูนย์การค้าชุมชนให้อยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน

โดยการออกแบบลักษณะที่ตั้งของช่องเปิดขนาด 25 ตารางเมตรนั้น ออกแบบหลังคาคลุมบริเวณโถงกลางและโถงทางเดินให้มีเป็นลักษณะเพิงหมาแหงน มีความสูง 1 เมตร หันไปทางทิศเหนือเพื่อนำแสงเหนือมาใช้ภายในอาคาร เนื่องจากแสงธรรมชาติที่นำมาใช้เป็นแสงสะท้อนจากท้องฟ้า ซึ่งมีประสิทธิภาพสูง (140 ลูเมนต่อวัตต์) และมีความสม่ำเสมอของแสงตลอดทั้งวัน และแบ่งหลังคาออกเป็น 4 ส่วน เพื่อให้เกิดการกระจายแสงที่มีความสม่ำเสมอ เท่ากันในทุกพื้นที่ และได้ศึกษาลักษณะรูปร่างของช่องเปิดในลักษณะสี่เหลี่ยมและสามเหลี่ยม โดยช่องเปิดลักษณะสี่เหลี่ยมมีขนาดกว้าง 1 เมตร และยาว 5 เมตร ขนาดช่องละ 5 ตารางเมตร จำนวน 5 ช่อง (ภาพที่ 4.31) และช่องเปิดลักษณะสามเหลี่ยมเปิดแบบสลับฟันปลา ขนาดช่องละ 1 ตารางเมตร จำนวน 25 ช่อง (ภาพที่ 4.32) เพื่อดูความแตกต่างของค่าความส่องสว่างภายในอาคารศูนย์การค้าชุมชนและค่าเดย์ไลท์แฟคเตอร์ที่เปลี่ยนแปลง



ภาพที่ 4.31 แสดงช่องเปิดลักษณะสี่เหลี่ยมขนาด 25 ตารางเมตร

ภาพที่ 4.32 แสดงช่องเปิดลักษณะสามเหลี่ยมขนาด 25 ตารางเมตร

เมื่อท้องฟ้ามีค่าความส่องสว่างต่ำสุด เท่ากับประมาณ 300 ฟุตแคนเดิล จะต้องการช่องเปิดขนาด 750 ตารางฟุต หรือเท่ากับ 75 ตารางเมตร คิดเป็น 4.55 เปอร์เซ็นต์ของพื้นที่หลังคาที่ปกคลุมบริเวณโถงกลางและโถงทางเดินทั้งหมดของศูนย์การค้า D เพื่อให้ได้ปริมาณส่องสว่างของแสงภายในบริเวณดังกล่าวโดยเฉลี่ยเท่ากับ 15 ฟุตแคนเดิล

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

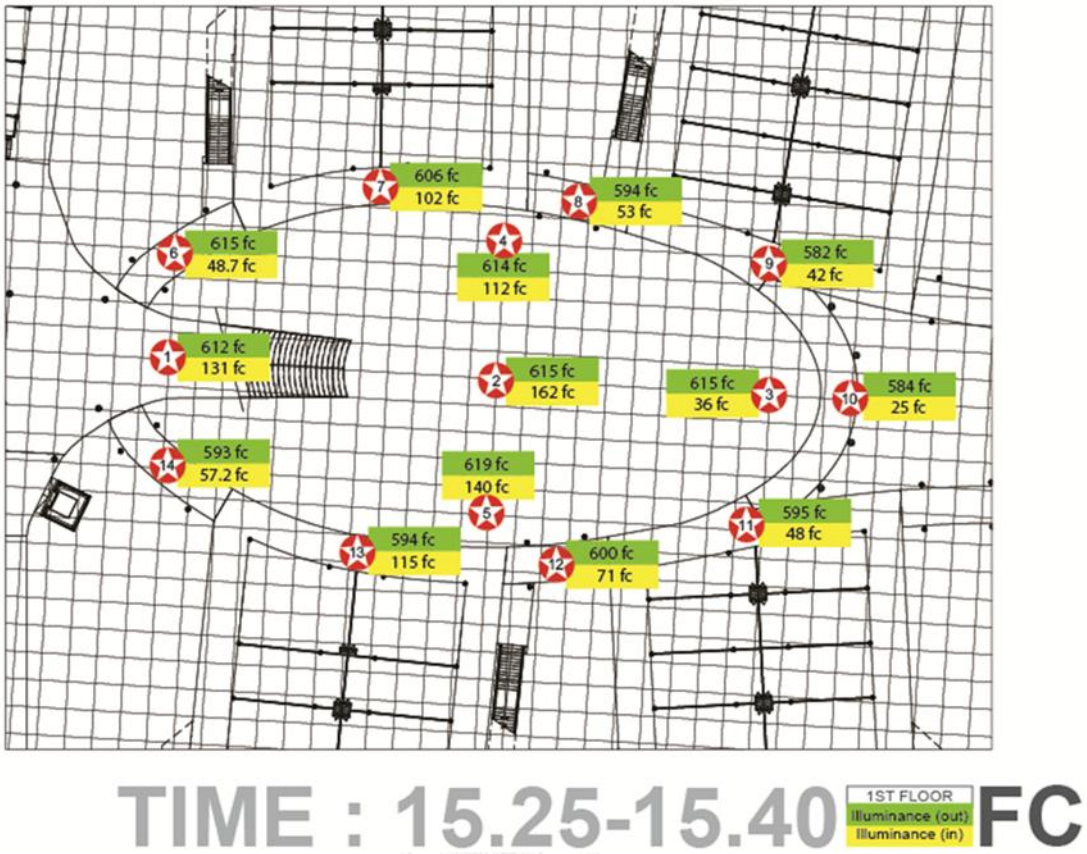
ภาพที่ 4.33 แสดงช่องเปิดขนาด 75 ตารางเมตร ลักษณะสี่เหลี่ยม

วันที่ทำการศึกษา : วันที่ 2 เมษายน พ.ศ. 2557
ลักษณะท้องฟ้า : ท้องฟ้ามีเมฆบางส่วน (Partly cloudy sky)
เวลา : 15.20 – 16.15 น.

ค่าความส่องสว่างของท้องฟ้าในวันและช่วงเวลาที่ศึกษา อยู่ในช่วง 497 – 619 ฟุตแคนเดิล

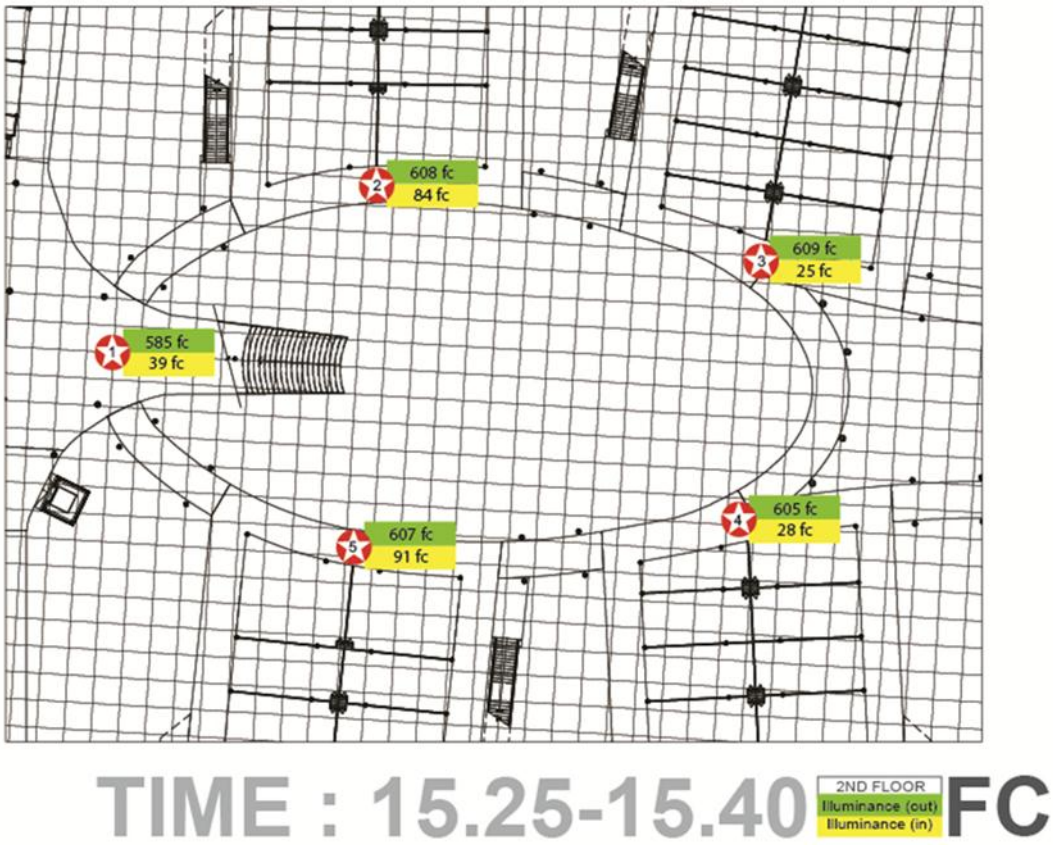
จากการศึกษาการเปิดช่องเปิดขนาดต่างๆ และลักษณะต่างๆ พบว่าเมื่อเปิดช่องเปิดขนาด 75 ตารางเมตร จะนำแสงธรรมชาติเข้ามาในอาคารมากเกินความต้องการเกือบตลอดทั้งวัน เนื่องจากส่วนมากค่าความส่องสว่างของท้องฟ้าทั้งวันมีค่ามากกว่า 500 ฟุตแคนเดิล ดังนั้นแสงที่ผ่านช่องเปิดนั้นเข้ามาในอาคารจึงมีปริมาณที่มากเกินไป แต่เมื่อเปิดช่องเปิดขนาด 25 ตารางเมตร ปริมาณค่าความส่องสว่างเฉลี่ยบริเวณโถงกลางและโถงทางเดินภายในศูนย์การค้าชุมชนมีปริมาณเพียงพอต่อการใช้งาน ซึ่งอยู่ในช่วงค่าความส่องสว่างตามเกณฑ์มาตรฐาน ไม่ทำให้เกิดความไม่สบายตา และเมื่อทำการทดลองเปลี่ยนลักษณะช่องเปิดจากสี่เหลี่ยมเป็นลักษณะสามเหลี่ยมแบบสลับในขนาด 25 ตารางเมตรเท่ากันนั้น พบว่าค่าความส่องสว่างและค่า Daylight Factor มีค่าไม่ต่างกันมากนัก ดังที่แสดงในภาพที่ 4.40 ถึง 4.45 เนื่องจากวัสดุที่ใช้ภายในอาคารบริเวณผนัง พื้น และเพดานนั้น เป็นสีขาว ซึ่งมีค่าการสะท้อนแสงของวัสดุที่ค่อนข้างมาก ทำให้เกิดการกระจายแสงได้อย่างทั่วถึงและสม่ำเสมอในทุกพื้นที่

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University



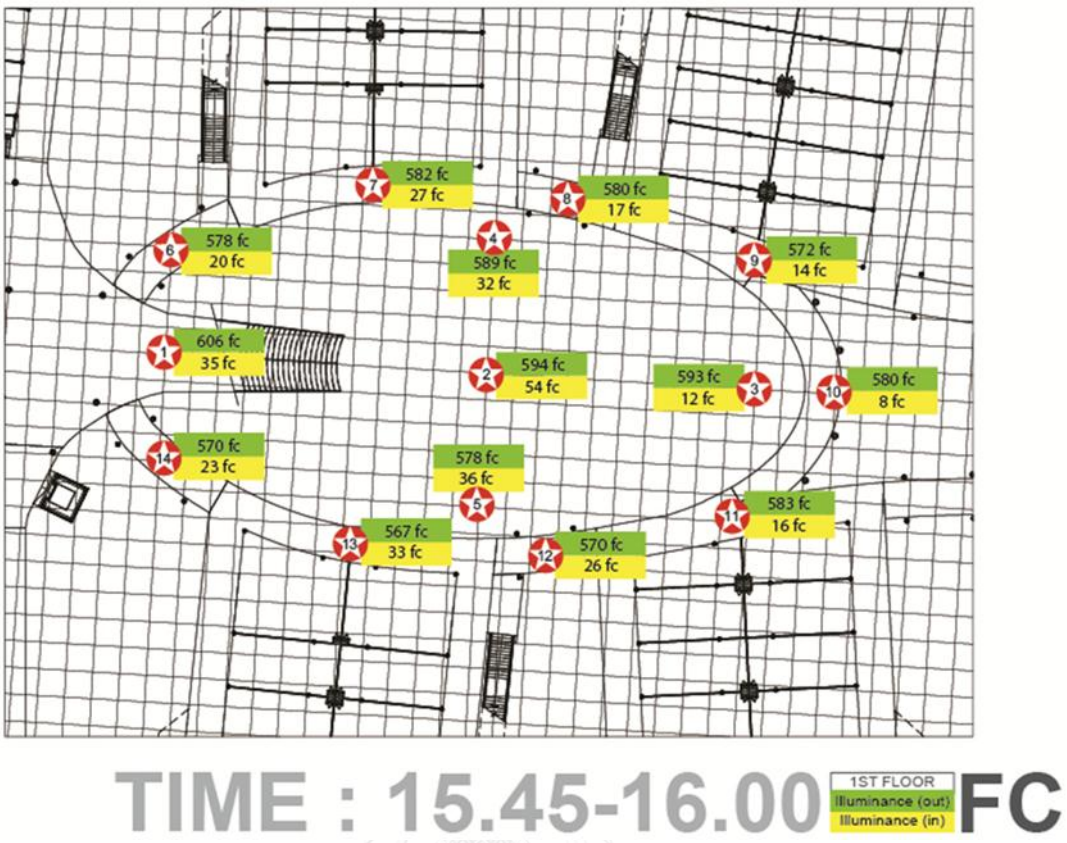
ภาพที่ 4.34 แสดงค่าความส่องสว่างที่วัดได้จากหุ่นจำลองขนาดมาตราส่วน 1:100 ภายในเป็นวัสดุสีขาว ขนาดช่องเปิด 75 ตารางเมตร ในแปลนชั้น 1

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University



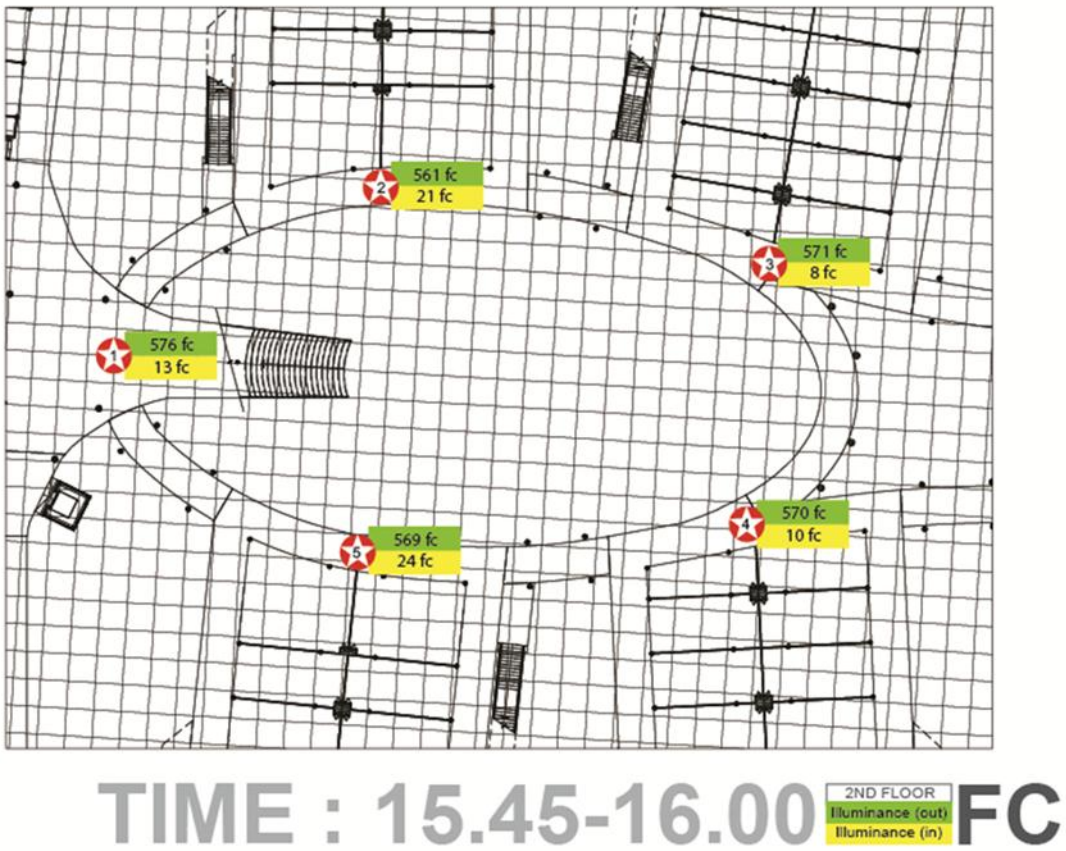
ภาพที่ 4.35 แสดงค่าความส่องสว่างที่วัดได้จากหุ่นจำลองขนาดมาตราส่วน 1:100 ภายในเป็นวัสดุสีขาว ขนาดช่องเปิด 75 ตารางเมตร ในแปลนชั้น 2

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University



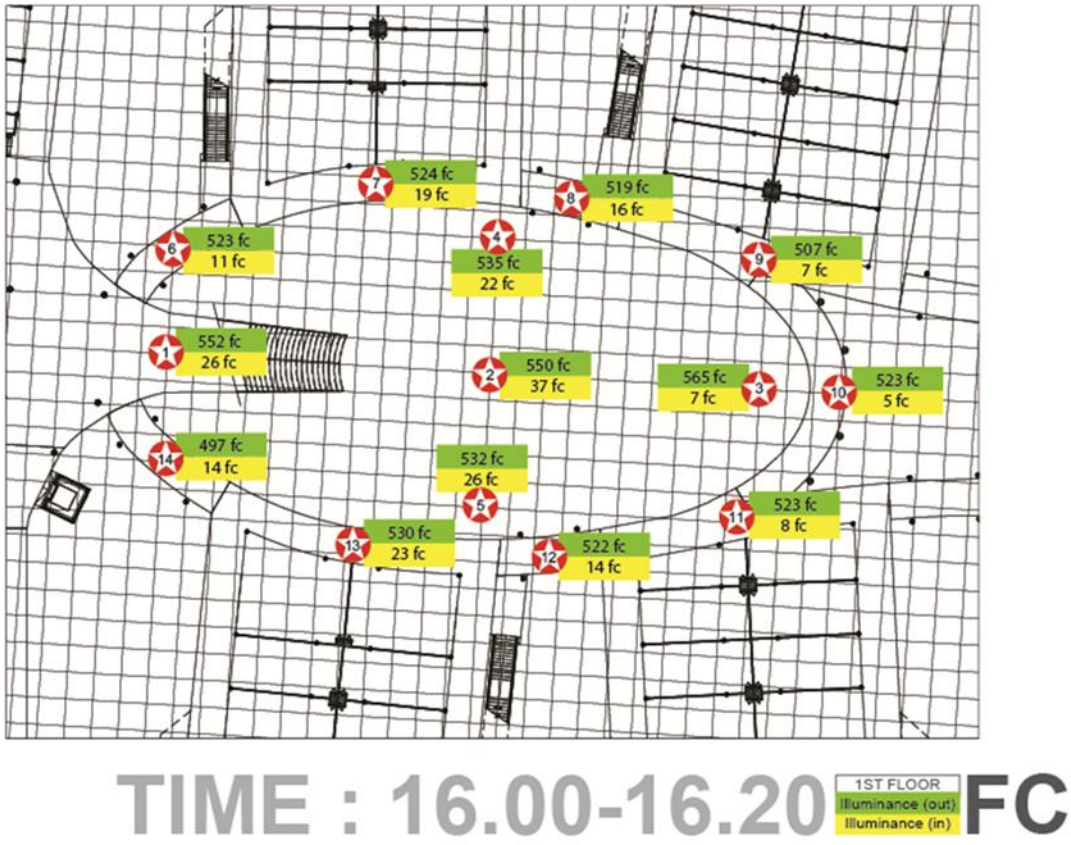
ภาพที่ 4.36 แสดงค่าความส่องสว่างที่วัดได้จากหุ่นจำลองขนาดมาตราส่วน 1:100 ภายในเป็นวัสดุสีขาว ช่องเปิดลักษณะสี่เหลี่ยม ขนาด 25 ตารางเมตร ในแปลนชั้น 1

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University



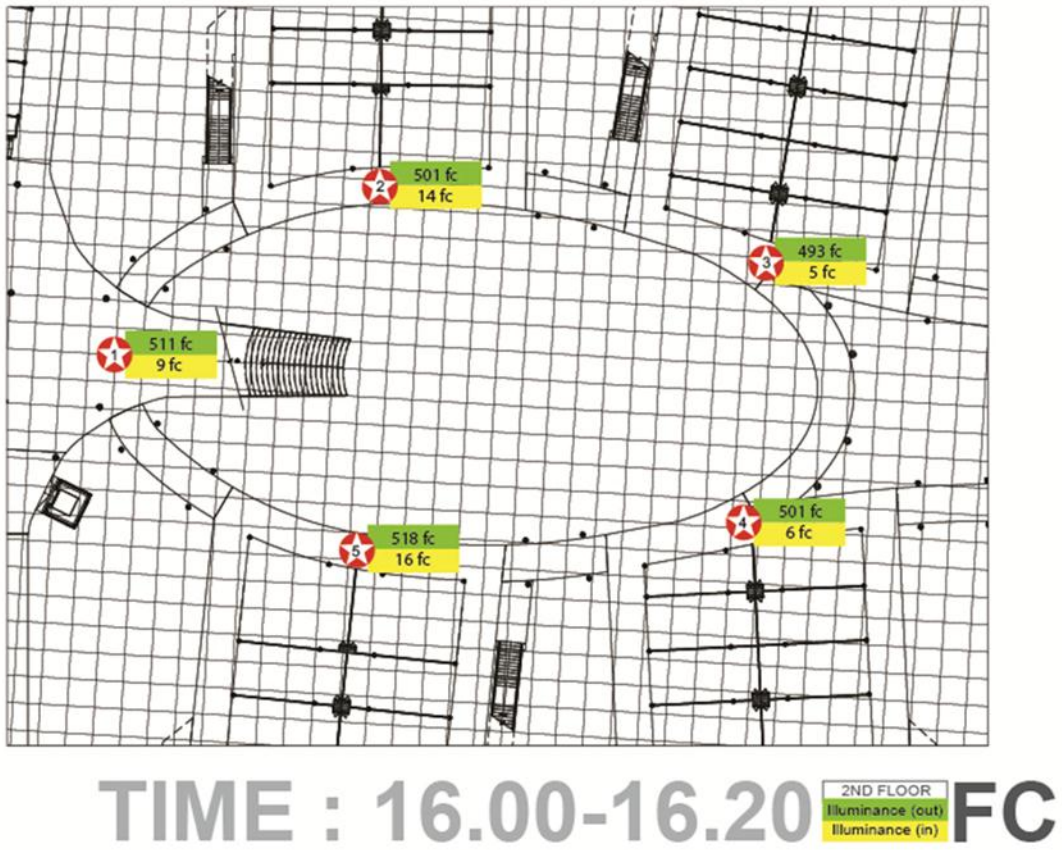
ภาพที่ 4.37 แสดงค่าความส่องสว่างที่วัดได้จากหุ่นจำลองขนาดมาตราส่วน 1:100 ภายในเป็นวัสดุสีขาว ช่องเปิดลักษณะสี่เหลี่ยม ขนาด 25 ตารางเมตร ในแปลนชั้น 2

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University



ภาพที่ 4.38 แสดงค่าความส่องสว่างที่วัดได้จากหุ่นจำลองขนาดมาตราส่วน 1:100 ภายในเป็นวัสดุสีขาว ช่องเปิดลักษณะสามเหลี่ยม ขนาด 25 ตารางเมตร ในแปลนชั้น 1

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University



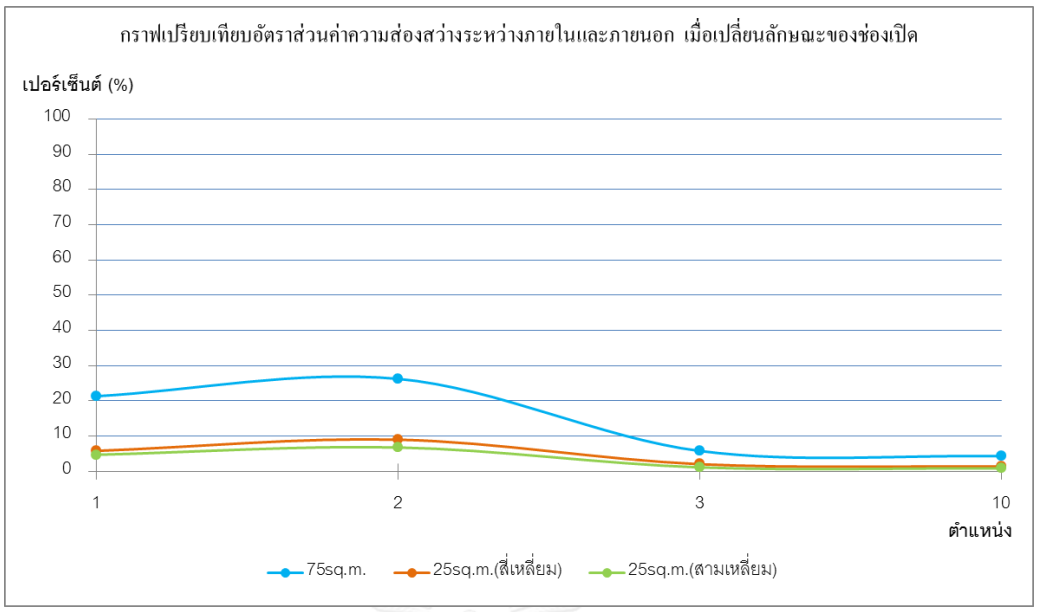
ภาพที่ 4.39 แสดงค่าความส่องสว่างที่วัดได้จากหุ่นจำลองขนาดมาตราส่วน 1:100 ภายในเป็นวัสดุสีขาว ช่องเปิดลักษณะสามเหลี่ยม ขนาด 25 ตารางเมตร ในแปลนชั้น 2

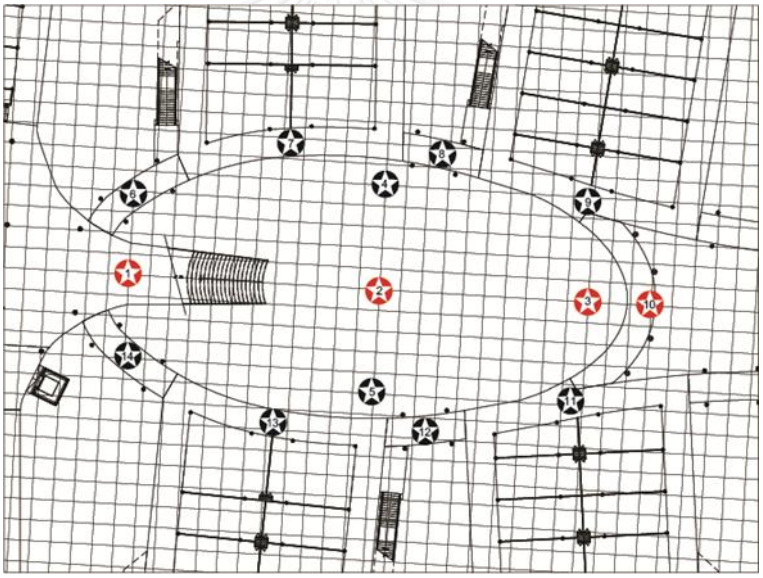
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 4.4 เปรียบเทียบค่าความส่องสว่างภายใน ภายนอก และอัตราส่วนค่าความส่องสว่างภายในและภายนอก เมื่อเปลี่ยนขนาดและลักษณะของช่องเปิด

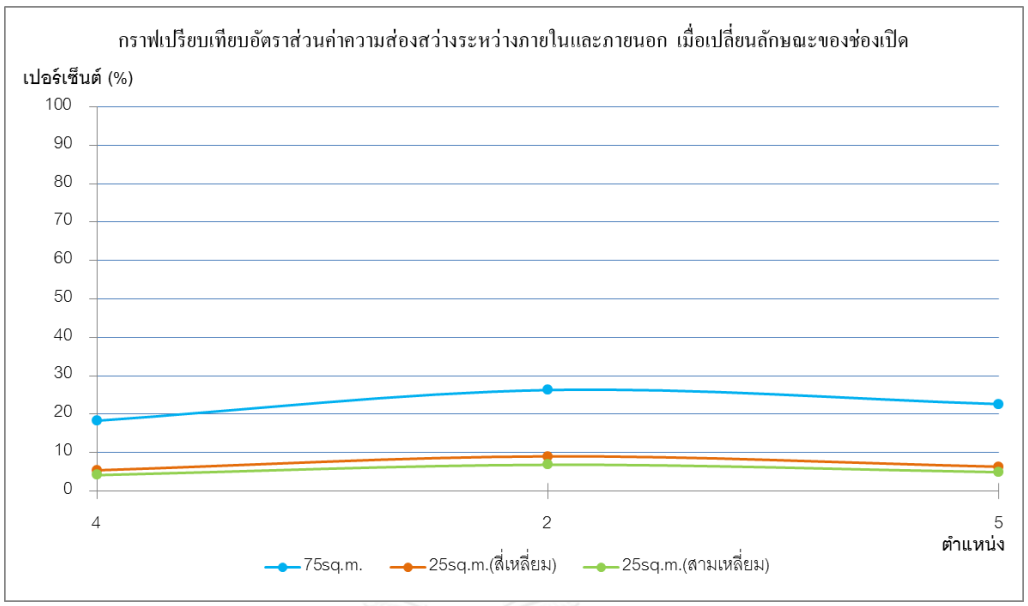
ตารางที่ 4.4 เปรียบเทียบค่าความส่องสว่างภายใน ภายนอก และอัตราส่วนค่าความส่องสว่างระหว่างภายในและภายนอก เมื่อเปลี่ยนขนาดและลักษณะของช่องเปิด

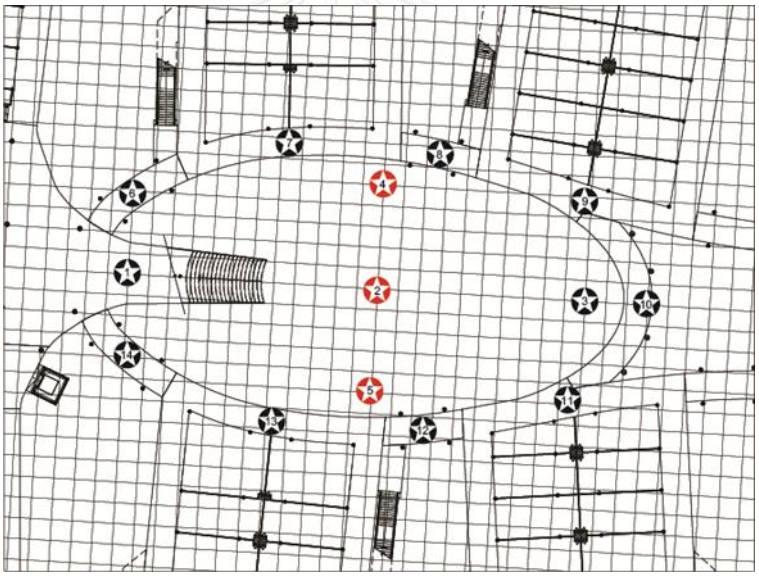
ชั้น	ตำแหน่ง	ช่องเปิดขนาด 75 ตารางเมตร			ช่องเปิดขนาด 25 ตารางเมตร (สี่เหลี่ยม)			ช่องเปิดขนาด 25 ตารางเมตร (สามเหลี่ยม)		
		ค่าความส่องสว่างภายใน (fc)	ค่าความส่องสว่างภายนอก (fc)	อัตราส่วนค่าความส่องสว่างภายในและภายนอก (%)	ค่าความส่องสว่างภายใน (fc)	ค่าความส่องสว่างภายนอก (fc)	อัตราส่วนค่าความส่องสว่างภายในและภายนอก (%)	ค่าความส่องสว่างภายใน (fc)	ค่าความส่องสว่างภายนอก (fc)	อัตราส่วนค่าความส่องสว่างภายในและภายนอก (%)
1	1	131	612	21.34	35	606	5.83	26	552	4.71
	2	162	615	26.28	54	594	9.01	37	550	6.80
	3	36	615	5.80	12	593	2.05	6	565	1.15
	4	112	614	18.29	32	589	5.38	22	535	4.11
	5	140	619	22.62	36	578	6.30	26	532	4.87
	6	49	615	7.92	20	578	3.38	11	523	2.08
	7	102	606	16.90	27	582	4.57	19	524	3.66
	8	53	594	8.91	17	580	3.01	16	519	3.07
	9	42	582	7.25	14	572	2.52	7	507	1.41
	10	25	584	4.32	8	580	1.37	5	523	0.88
	11	48	595	8.03	16	583	2.78	8	523	1.49
	12	71	600	11.83	26	570	4.55	14	522	2.72
	13	115	594	19.31	33	567	5.87	23	530	4.38
	14	57	593	9.65	23	570	4.01	14	497	2.74
2	1	39	585	6.60	13	576	2.28	9	511	1.81
	2	84	608	13.73	21	561	3.73	14	501	2.78
	3	25	609	4.14	8	571	1.38	5	493	0.94
	4	28	605	4.71	10	570	1.72	6	501	1.21
	5	91	607	14.99	24	569	4.16	16	518	3.10



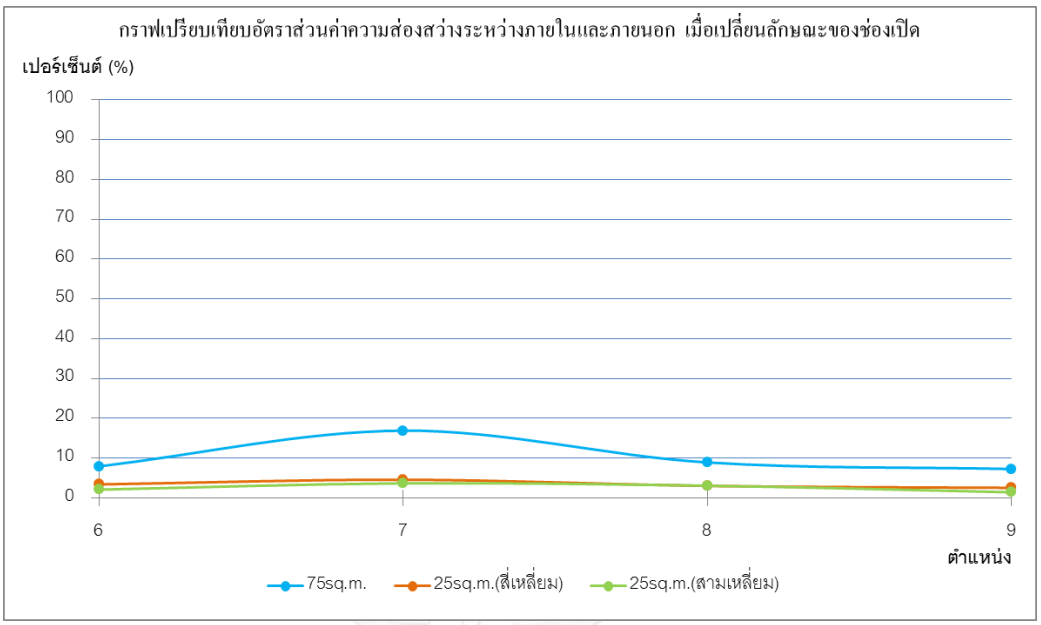


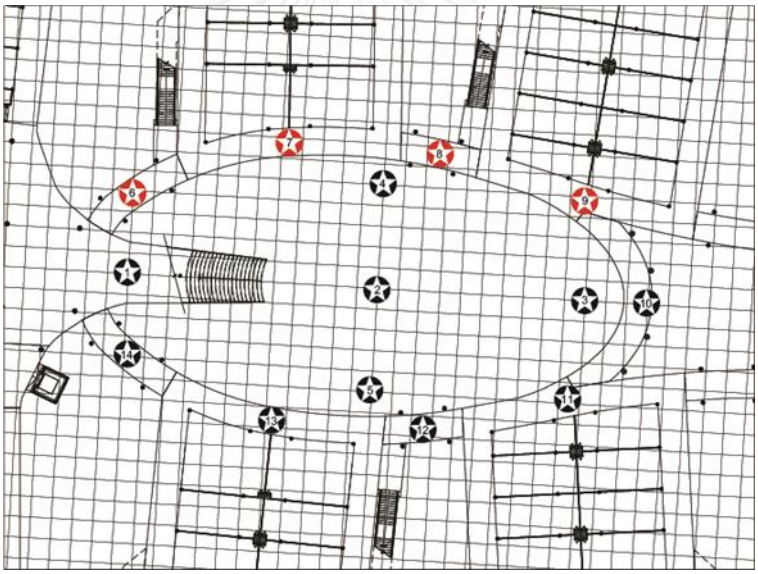
ภาพที่ 4.40 แสดงการเปรียบเทียบค่า Daylight Factor เมื่อเปลี่ยนลักษณะของช่องเปิดตามแนวยาวของอาคาร ชั้น 1



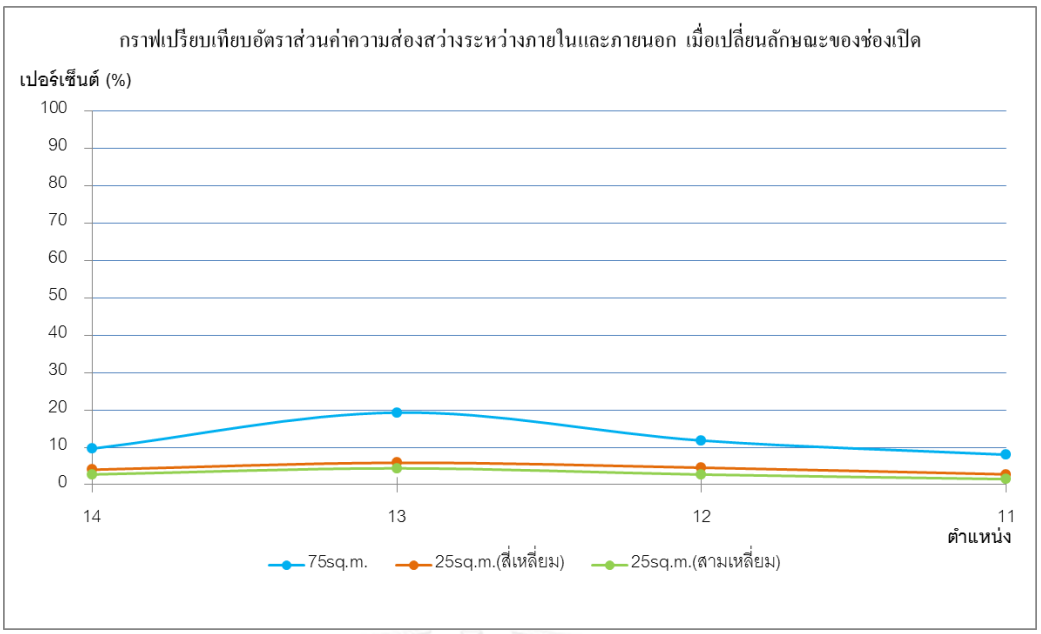


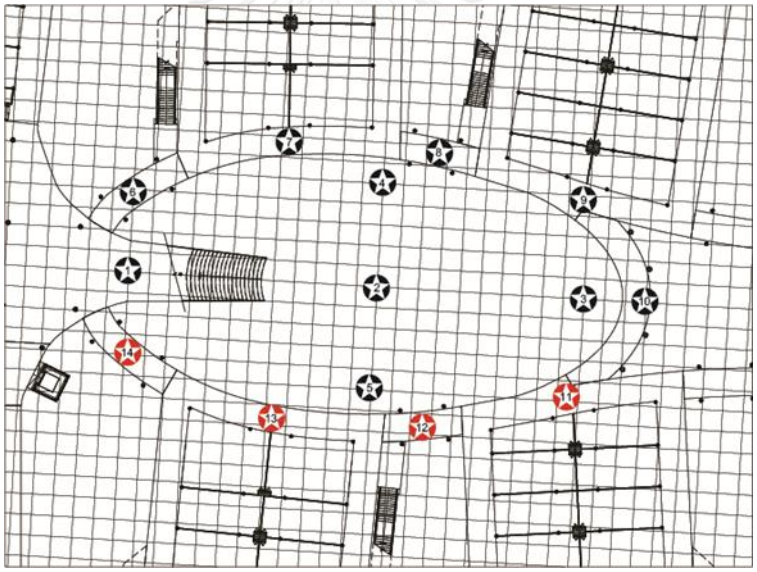
ภาพที่ 4.41 แสดงการเปรียบเทียบค่า Daylight Factor เมื่อเปลี่ยนลักษณะของช่องเปิดตามแนวขวางของอาคาร ชั้น 1



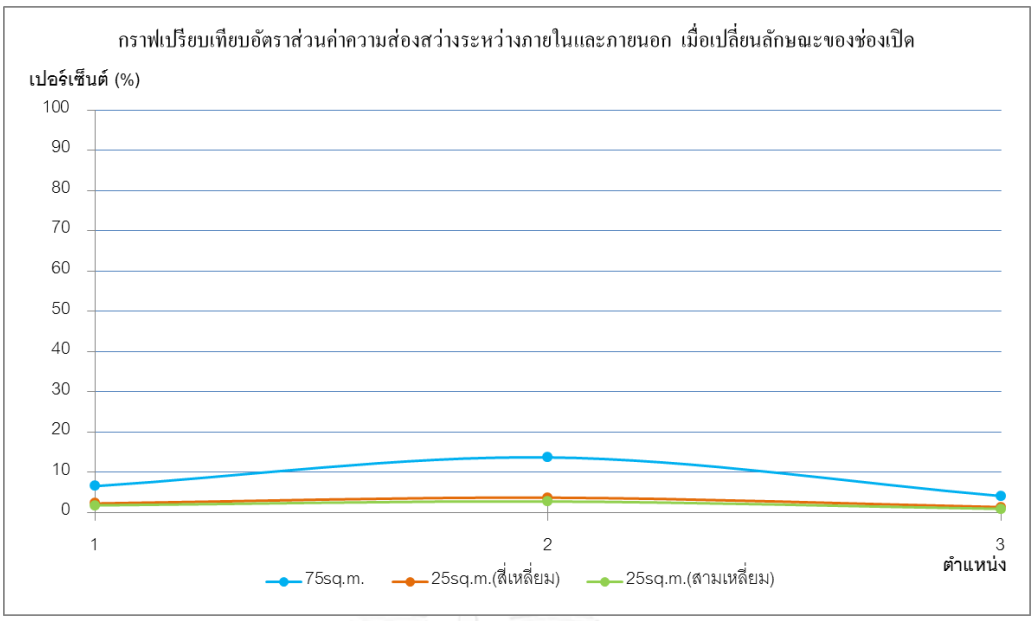


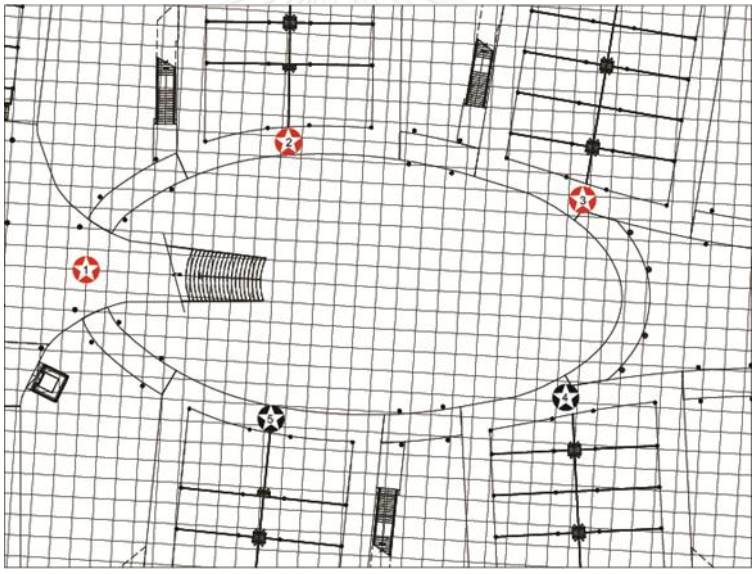
ภาพที่ 4.42 แสดงการเปรียบเทียบค่า Daylight Factor เมื่อเปลี่ยนลักษณะของช่องเปิดในด้านทิศตะวันตกของอาคาร ชั้น 1



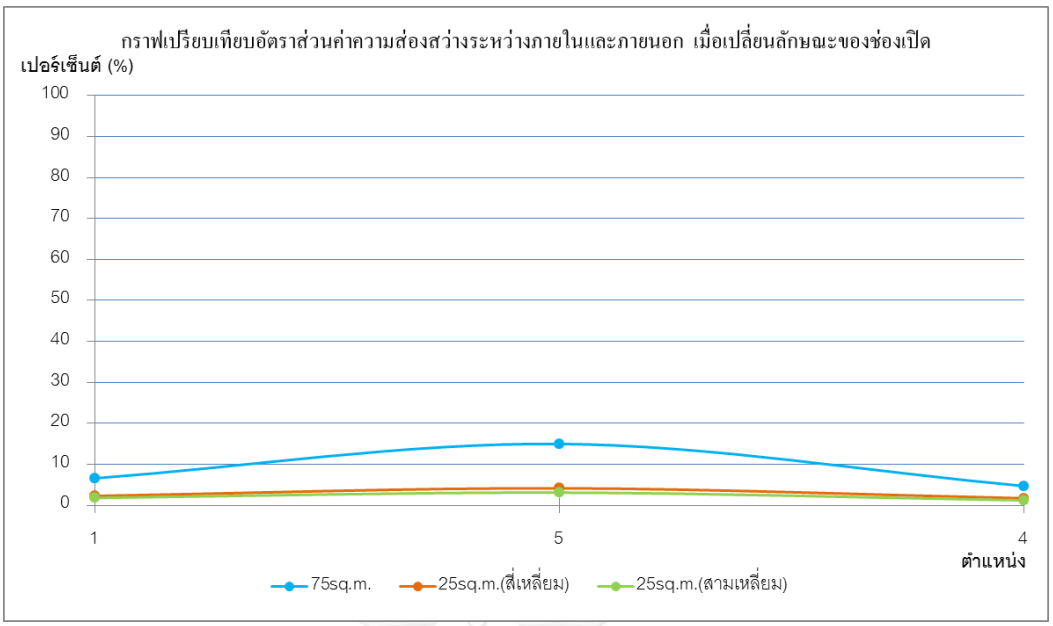


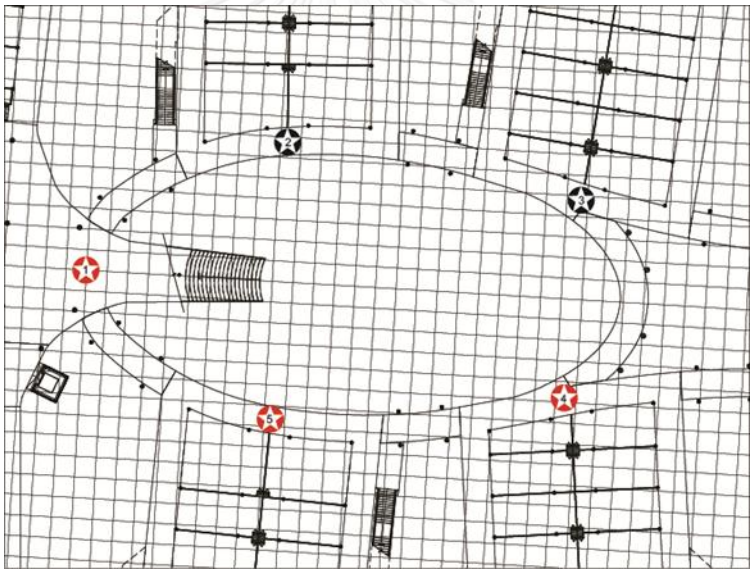
ภาพที่ 4.43 แสดงการเปรียบเทียบค่า Daylight Factor เมื่อเปลี่ยนลักษณะของช่องเปิดในด้านทิศตะวันออกของอาคาร ชั้น 1





ภาพที่ 4.44 แสดงการเปรียบเทียบค่า Daylight Factor เมื่อเปลี่ยนลักษณะของช่องเปิดในด้านทิศตะวันตกของอาคาร ชั้น 2





ภาพที่ 4.45 แสดงการเปรียบเทียบค่า Daylight Factor เมื่อเปลี่ยนลักษณะของช่องเปิดในด้านทิศตะวันออกของอาคาร ชั้น 2

ดังนั้นหากคำนวณจากค่าความส่องสว่างของท้องฟ้าเฉลี่ยที่ 10,000 ฟุตแคนเดิล โดยใช้ค่า Daylight Factor มาพิจารณาในแต่ละจุด ตามตารางที่ 4.5 จะพบว่าแต่ละจุดในหุ่นจำลองค่าความส่องสว่างภายในมีค่าเพิ่มมากขึ้น และเพียงพอต่อปริมาณแสงที่ต้องการในบริเวณโถงกลางและโถงทางเดิน แต่มีเพียงไม่กี่จุดเท่านั้นที่ค่าความส่องสว่างไม่เพียงพอ และมีบางจุดที่มีปริมาณเกินค่าความส่องสว่างที่ต้องการ แต่ก็เป็นปริมาณแสงที่ไม่ก่อให้เกิดความจ้าตาและไม่สบายตา ดังภาพที่ 2.8

บริเวณที่มีค่าความส่องสว่างไม่เพียงพอหรือมากเกินความต้องการในการใช้งานในพื้นที่นั้น สามารถแก้ไขได้ โดยการเลือกใช้วัสดุที่มีค่าการสะท้อนของแสงมากหรือน้อยตามความเหมาะสม คือ เมื่อบริเวณที่มีปริมาณแสงที่น้อย ควรเลือกใช้วัสดุที่มีค่าการสะท้อนแสงของวัสดุมาก แต่เมื่อบริเวณใดมีปริมาณแสงมาก ก็ควรเลือกใช้วัสดุที่มีค่าการสะท้อนแสงต่ำ และในบางบริเวณอาจมีแสงสว่างจากแสงประดิษฐ์จากภายในร้านค้า มาช่วยเพิ่มปริมาณให้ค่าความส่องสว่างให้เหมาะสมกับการใช้งานอีกด้วย

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 4.5 แสดงค่าความส่องสว่างภายในอาคาร เมื่อค่าความส่องสว่างท้องฟ้าเท่ากับ 1,000 ฟุตแคนเดิล

ชั้น	ตำแหน่ง	ช่องเปิดขนาด 25 ตารางเมตร (สามเหลี่ยม)		
		ค่าความส่องสว่างภายใน (fc)	ค่าความส่องสว่างภายนอก (fc)	อัตราส่วนค่าความส่องสว่างภายในและภายนอก (%)
1	1	47	1,000	4.71
	2	68		6.80
	3	11		1.15
	4	41		4.11
	5	49		4.87
	6	21		2.08
	7	37		3.66
	8	31		3.07
	9	14		1.41
	10	9		0.88
	11	15		1.49
	12	27		2.72
	13	44		4.38
	14	27		2.74
2	1	18		1.81
	2	28		2.78
	3	9		0.94
	4	12		1.21
	5	31		3.10

ค่าความส่องสว่างภายในอาคารนั้น เกิดจากวัสดุผนังของหุ่นจำลองเป็นสีขาว ทำให้มีค่าความส่องสว่างที่ค่อนข้างสูงกว่ามาตรฐาน ซึ่งโดยปกติผนังของร้านค้าจะเป็นสีอื่น ตามลักษณะของผู้ออกแบบจะส่งผลให้ค่าความส่องสว่างภายในศูนย์การค้าลดลง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ผลการวิเคราะห์ตัวแปรค่าความส่องสว่าง

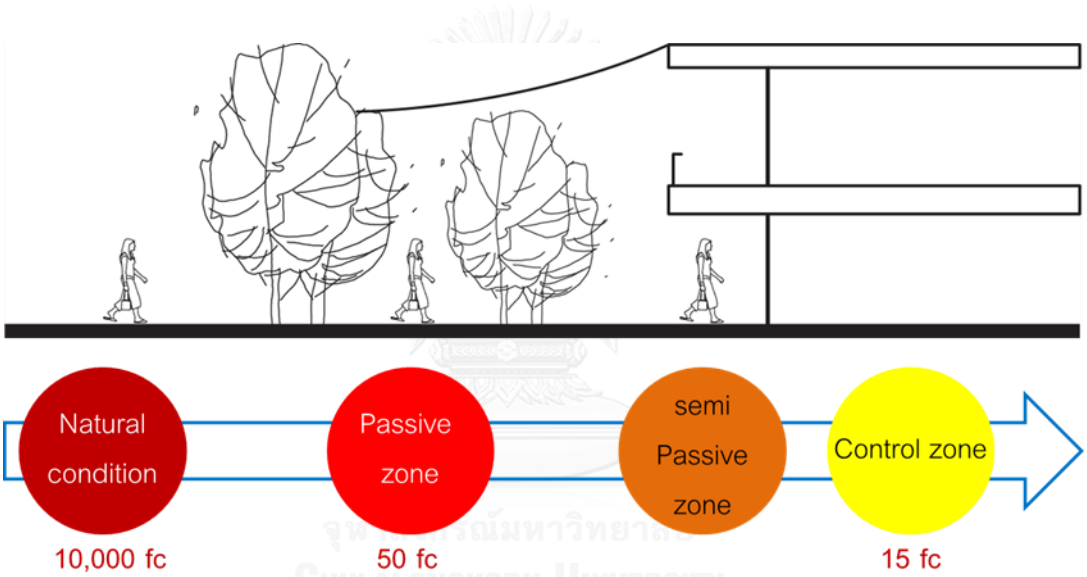
ค่าความส่องสว่างภายในศูนย์การค้าชุมชนจะขึ้นอยู่กับสภาพท้องฟ้า ค่าความสะท้อนแสงของวัสดุ และขนาดของช่องเปิด เห็นได้จาก เมื่อทำการเปลี่ยนวัสดุให้มีค่าการสะท้อนแสงของวัสดุมากขึ้น ค่าความส่องสว่างภายในจะมีการเปลี่ยนแปลง และเมื่อมีการออกแบบช่องเปิดในขนาดต่างๆ จะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของค่าความส่องสว่างภายในอีกด้วย ดังนั้นเมื่อมีการออกแบบขนาดช่องเปิดที่เหมาะสมจะนำเอาแสงธรรมชาติเข้ามาในอาคารในปริมาณที่พอเหมาะ ซึ่งค่าความส่องสว่างที่พอเหมาะกับพื้นที่บริเวณโถงกลางและโถงทางเดินจะอยู่ในช่วง 10 – 15 – 20 ฟุตแคนเดิล

จากการศึกษาจากหุ่นจำลอง ขนาดมาตราส่วน 1:100 พบว่าเมื่อเปิดช่องเปิดตามขนาดที่ได้คำนวณ จากสูตร lumen = fc x ft^2 จะได้ช่องเปิดที่มีขนาด 25 ตารางเมตร คิดเป็น 1.5 เปอร์เซ็นต์ของพื้นที่โถงกลางและโถงทางเดินภายในศูนย์การค้าชุมชนทั้งหมด จะได้ค่าความส่องสว่างของพื้นที่โดยเฉลี่ยเท่ากับ 16.74 ฟุตแคนเดิล ซึ่งเป็นค่าความส่องสว่างอยู่ในช่วงที่พอเหมาะกับพื้นที่โถงกลางและโถงทางเดิน อีกทั้งยังพบว่าสามารถช่วยลดพลังงานในระบบไฟฟ้าแสงสว่างได้ เนื่องจากร้านค้าบริเวณโดยรอบของบริเวณดังกล่าวนั้น จะต้องใช้ค่าความส่องสว่างที่สูงกว่าค่าความส่องสว่างของพื้นที่รอบข้าง โดยต้องใช้ค่าความส่องสว่างที่มากกว่าถึง 10 เท่า เพื่อดึงดูดความสนใจจากลูกค้า เพราะฉะนั้นในกรณีนี้ ร้านค้าจะต้องมีค่าความส่องสว่างบริเวณที่ต้องการจะโชว์สินค้า เท่ากับ 167.36 ฟุตแคนเดิล ซึ่งก่อนปรับปรุงพื้นที่โถงกลางและโถงทางเดินของศูนย์การค้าชุมชนแห่งนี้ มีค่าความส่องสว่างเฉลี่ยที่ 497 ฟุตแคนเดิล หากต้องการโชว์สินค้า เพื่อดึงดูดความสนใจจากลูกค้า ต้องใช้ค่าความส่องสว่างสูงถึง 4,965 ฟุตแคนเดิล ซึ่งเป็น 30 เท่าของค่าความส่องสว่างหลังปรับปรุง

เมื่อลูกค้าเดินจากภายนอกเข้ามาภายในศูนย์การค้าในเวลากลางวันหรือช่วงเวลาที่มีแสงธรรมชาตินั้น การให้แสงสว่างบริเวณทางเข้าควรจะค่อยๆลดปริมาณความส่องสว่างลง เพื่อทำให้รูม่านตาขยายกว้างขึ้น ให้ตาได้ปรับสายตาให้เข้ากับค่าความส่องสว่างภายในที่มีค่าความส่องสว่างที่ต่างกับภายนอกอาคารเป็นปริมาณมาก และเมื่อลูกค้าอยู่ในศูนย์การค้าชุมชนเป็นระยะเวลานาน จะทำให้รู้สึกว่าภายในสว่าง เนื่องจากตาได้มีการปรับตัวให้เข้ากับความสว่างภายในแล้ว ดังนั้นไม่จำเป็นต้องเปิดช่องเปิดขนาดใหญ่เพื่อให้แสงเข้ามาในปริมาณมากและไม่ต้องใช้พลังงานไฟฟ้าแสงประดิษฐ์ช่วยมากนัก

ในกรณีศูนย์การค้าชุมชน D หลังจากได้รับการออกแบบการนำแสงธรรมชาติมาใช้อย่างเหมาะสม บริเวณทางเข้าจะเป็นบริเวณที่ตาได้ปรับตัวก่อนที่จะเข้าไปสู่ภายในอาคาร โดยค่อยๆลดระดับค่าความส่องสว่างลงจาก 10,000 ฟุตแคนเดิล โดยการใช้ต้นไม้ เพื่อช่วยลดปริมาณค่าความส่องสว่างเป็น 500 ฟุตแคนเดิล (ต้นไม้มีค่าการสะท้อนแสงของวัสดุเท่ากับ 5 เปอร์เซ็นต์) และลดค่าความส่องสว่างไปเรื่อยๆจนถึง 15 ฟุตแคนเดิล ซึ่งเป็นค่าความส่องสว่างเฉลี่ยโดยรอบพื้นที่ภายในอาคารและบริเวณที่โชว์สินค้าภายในร้านค้าจะมีค่าความส่องสว่างอยู่ที่ประมาณ 150 ฟุตแคนเดิล ซึ่งเป็น

10 เท่าของค่าความส่องสว่างเฉลี่ย เพื่อดึงดูดความสนใจจากลูกค้า หรืออาจกล่าวได้ว่าการเดินจากพื้นที่ภายนอกอาคาร ไปสู่ทางเข้าอาคาร เข้าไปยังพื้นที่โถงทางเดิน โถงกลาง และเดินเข้าไปในร้านค้านั้น เป็นการเดินจากพื้นที่ธรรมชาติ (Natural condition) ไปพื้นที่ควบคุมด้วยระบบธรรมชาติ (Passive zone) ไปยังพื้นที่กึ่งควบคุมสภาพแวดล้อม (Semi – passive zone) และเข้าไปสู่พื้นที่ควบคุมสภาพแวดล้อมอย่างสมบูรณ์ (Control zone) ตามลำดับ ดังภาพที่ 4.46 โดยรูม่านตาจะค่อยๆขยายให้เหมาะสมกับค่าความส่องสว่างที่เปลี่ยนแปลงจากการเดินผ่านบริเวณทางเข้าไปจนถึงภายในอาคารศูนย์การค้าชุมชน ซึ่งจะช่วยให้ไม่รู้สึกมืด เมื่ออยู่ภายในอาคาร ส่งผลให้ไม่จำเป็นต้องเพิ่มปริมาณค่าความส่องสว่างภายใน ด้วยการเปิดช่องเปิดขนาดใหญ่หรือเพิ่มการใช้แสงประดิษฐ์ ซึ่งจะเป็นการช่วยประหยัดพลังงานอีกด้วย



ภาพที่ 4.46 แสดงค่าความส่องสว่างที่เปลี่ยนแปลงตั้งแต่ทางเข้าไปจนถึงร้านค้า

ผลการวิเคราะห์ตัวแปรปริมาณความร้อนที่เข้ามาในอาคาร

การออกแบบขนาดช่องเปิดที่เหมาะสม สามารถช่วยลดอุณหภูมิภายในศูนย์การค้าชุมชนได้อีกด้วย ซึ่งปัญหาเรื่องความร้อนของศูนย์การค้าชุมชน D นั้น ถือเป็นปัญหาใหญ่ที่ทำให้ลูกค้าหลีกเลี่ยงการเข้ามาใช้งานในบริเวณโถงทางเดินและโถงกลาง เมื่อศูนย์การค้าชุมชนได้รับการปรับปรุงและแก้ไข โดยการเปลี่ยนขนาดของช่องเปิดให้มีขนาด 25 ตารางเมตร จะทำให้ลูกค้าสามารถเข้ามาใช้งานในบริเวณดังกล่าว ถือเป็นการใช้พื้นที่อย่างเต็มประสิทธิภาพ โดยสามารถคำนวณค่าอุณหภูมิได้ดังนี้

คำนวณหาค่าความร้อนที่เข้ามาในอาคารในเดือนเมษายน เวลา 14.00 น. ในกรณีที่เป็นอาคารเปิด ที่ช่องเปิดปิดด้วยกระจกใส 6 มิลลิเมตร

จากสูตร

$$Q_{solar} = A \times SC \times SHGF \times CLF$$

แทนค่า A = ขนาดพื้นที่ช่องเปิด 25 ตารางเมตร หรือ 250 ตารางฟุต
= ขนาดพื้นที่ช่องเปิด 75 ตารางเมตร หรือ 750 ตารางฟุต
= เปิดโล่งทั้งหมด (1,650 ตารางเมตร หรือ 16,500 ตารางฟุต)
ตามลำดับ

SC = 0.94 (clear glass 6 mm)

SHGF = 39 Btu/h ft^2 (16 Deg, N, April)
= 289 Btu/h ft^2 (16 Deg, Horizontal, April)

CLF = 1

(เนื่องจากในกรณีนี้ต้องการหา Cooling Load ที่มากที่สุด จึงให้ค่า CLF = 1)

เพราะฉะนั้น เมื่อช่องเปิดมีขนาด 25 ตารางเมตร หรือ 250 ตารางฟุต

Q_{solar} = 250 x 0.94 x 39 x 1
= 9,165 Btu/hr•ft^2•°F

เมื่อช่องเปิดมีขนาด 75 ตารางเมตร หรือ 750 ตารางฟุต

Q_{solar} = 750 x 0.94 x 39 x 1
= 27,495 Btu/hr•ft^2•°F

เมื่อช่องเปิดมีขนาด 1,650 ตารางเมตร หรือ 16,500 ตารางฟุต
(เปิดทั้งหมด)

Q_{solar} = 16,500 x 0.94 x 289 x 1
= 4,482,390 Btu/hr•ft^2•°F

$$Q_{conduction} = U \times A \times \Delta T$$

แทนค่า U = ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนของกระจก 6 mm

$= 5.6\ W/m^2K$

$= 5.6/5.67 = 0.98\ Btu/hr \cdot ft^2 \cdot {}^oF$

A = ขนาดพื้นที่ช่องเปิด 25 ตารางเมตร หรือ 250 ตารางฟุต

$\Delta T = 0$

(เนื่องจากเป็นอาคารระบบเปิด ทำให้อุณหภูมิภายนอกและภายในเท่ากัน)

เพราะฉะนั้น เมื่อช่องเปิดมีขนาด 25 ตารางเมตร หรือ 250 ตารางฟุต

$Q_{conduction} = 0.98 \times 250 \times 0$

$= 0\ Btu/hr \cdot ft^2 \cdot {}^oF$

เมื่อช่องเปิดมีขนาด 75 ตารางเมตร หรือ 750 ตารางฟุต

$Q_{conduction} = 0.98 \times 750 \times 0$

$= 0\ Btu/hr \cdot ft^2 \cdot {}^oF$

เมื่อช่องเปิดมีขนาด 1,650 ตารางเมตร หรือ 16,500 ตารางฟุต (เปิดทั้งหมด)

$Q_{conduction} = 0.98 \times 16{,}500 \times 0$

$= 0\ Btu/hr \cdot ft^2 \cdot {}^oF$

ดังนั้น ความร้อนทั้งหมดที่เข้ามาในอาคารผ่านทางช่องเปิดขนาด 25 ตารางเมตร เท่ากับ

$$Q_{total} = Q_{solar} + Q_{conduction}$$

เมื่อช่องเปิดมีขนาด 25 ตารางเมตร

$Q_{total} = 9{,}165 + 0$

$= 9{,}165\ Btu/hr \cdot ft^2 \cdot {}^oF$

เมื่อช่องเปิดมีขนาด 75 ตารางเมตร

Q total = 27,495 + 0

= 27,495 Btu/hr•ft^2•ºF

เมื่อช่องเปิดมีขนาด 1,650 ตารางเมตร (เปิดทั้งหมด)

Q total = 4,482,390 + 0

= 4,482,390 Btu/hr•ft^2•Fº

เมื่อคำนวณหาค่าความร้อนที่เข้ามาในอาคารทั้งหมดแล้ว จากนั้นคำนวณหาค่าความจุความร้อนของวัสดุพื้นภายในอาคาร เพื่อหาค่าอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นภายในอาคารศูนย์การค้าชุมชน หลังจากเปิดช่องเปิดเพื่อนำแสงธรรมชาติเข้ามาใช้ในอาคาร และเปรียบเทียบค่าความร้อนเมื่อช่องเปิดมีขนาด 25, 75 ตารางเมตร และเปิดช่องเปิดทั้งหมด ตามลำดับ

โดยใช้สูตร

$$Q = m\ s\ \Delta T$$

ในการศึกษาหาปริมาณความร้อนที่เพิ่มขึ้นภายในศูนย์การค้าชุมชน จะคำนวณเทียบกับความจุความร้อนของคอนกรีต 1 นิ้ว

แทนค่า m = พื้นที่ทั้งหมด (m^2) x ความลึก (m) x ความหนาแน่นของวัสดุ (kg/m^3)

= 1,650 x 0.1 x 2,400

= 396,000 Kg = 871,200 lbs.

(เมื่อพื้นเป็นคอนกรีตหนา 10 เซนติเมตร)

S = ความจุความร้อนจำเพาะของคอนกรีต = 0.2 Btu/lb ºF

เพราะฉะนั้น Q total = 871,200 x 0.2 x ΔT

= 174,240 x ΔT

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ดังนั้น เมื่อช่องเปิดมีขนาด 25 ตารางเมตร

$$9{,}165 = 174{,}240 \times \Delta T$$

$$\Delta T = 0.05\ ^{\circ}F / 0.03\ ^{\circ}C$$

เมื่อช่องเปิดมีขนาด 75 ตารางเมตร

$$27{,}495 = 174{,}240 \times \Delta T$$

$$\Delta T = 0.16\ ^{\circ}F / 0.09\ ^{\circ}C$$

เมื่อช่องเปิดมีขนาด 1,650 ตารางเมตร (เปิดทั้งหมด)

$$4{,}482{,}390 = 174{,}240 \times \Delta T$$

$$\Delta T = 25.73\ ^{\circ}F / 14.29\ ^{\circ}C$$

จากการคำนวณข้างต้น เมื่อช่องเปิดมีขนาด 25 ตารางเมตร เพื่อนำแสงธรรมชาติมาใช้ในอาคารศูนย์การค้าชุมชน บริเวณโถงกลางและโถงทางเดินภายในอาคารนั้น จะพบว่ามีค่าความร้อนที่เข้ามาในอาคารทั้งหมด 9,165 Btu/hr•ft^2•°F ซึ่งจะส่งผลให้มีอุณหภูมิสูงขึ้นเพียง 0.05 °F หรือ 0.03 °C เมื่อพื้นที่โถงกลางและโถงทางเดินเป็นพื้นคอนกรีต ซึ่งความร้อนทะลุทะลวงผ่านคอนกรีต 1 นิ้ว ต่อ ชั่วโมง

จากนั้นคำนวณเปรียบเทียบความร้อนที่เข้ามาในอาคาร เมื่อช่องเปิดมีขนาด 25, 75 ตารางเมตร และช่องเปิดแบบเปิดโล่ง ตามลำดับ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 4.6 เปรียบเทียบค่าความร้อนที่เข้ามาในอาคารผ่านช่องเปิดขนาดต่างๆ (กรณีที่เป็นอาคารเปิด ที่ช่องเปิดปิดด้วยกระจกใส 6 มิลลิเมตร)

ขนาดช่องเปิด	25 m^2	75 m^2	1,650 m^2
Q solar (Btu/hr·ft^2·°F)	9,165	27,495	4,482,390
Q conduction (Btu/hr·ft^2·°F)	0	0	0
Q total (Btu/hr·ft^2·°F)	12,350	27,495	4,482,390
ΔT (°F/°C)	0.05 °F 0.03 °C	0.16 °F 0.09 °C	25.73 °F 14.29 °C

จากตารางเมื่อพิจารณาให้เป็นอาคารปิด โดยมีช่องเปิดที่ปิดด้วยกระจก และพื้นเป็นคอนกรีตหนา 4 นิ้ว หรือ 10 เซนติเมตร จะเห็นว่าค่าความร้อนที่เข้ามาในอาคารผ่านช่องเปิดขนาด 25 ตารางเมตรจะทำให้อุณหภูมิพื้นผิวสูงขึ้นเพียงเล็กน้อย เมื่อเทียบกับขนาดช่องเปิด 75 ตารางเมตรและมีอุณหภูมิพื้นผิวสูงขึ้นมากเมื่อเปิดช่องเปิดช่องเปิดทั้งหมด และเมื่อลองคิดช่วงเวลาระหว่าง 8.00 – 16.00 น. ซึ่งเป็นเวลาที่แสงธรรมชาติเข้ามาในอาคาร ทั้งหมด 8 ชั่วโมงนั้น จะพบว่า เมื่อเวลาผ่านไป 8 ชั่วโมง ช่องเปิดขนาด 25 ตารางเมตร จะทำให้อุณหภูมิสูงขึ้นเพียง 0.24 องศาเซลเซียส อีกทั้งแสงสว่างธรรมชาติยังสามารถเข้ามาในอาคาร ซึ่งทำให้ภายในอาคารมีค่าความส่องสว่างที่เพียงพอกับความต้องการในการใช้งานในพื้นที่โถงกลางและโถงทางเดิน ส่วนในกรณีที่เปิดช่องเปิดขนาด 1,650 ตารางเมตร จะทำให้อุณหภูมิพื้นผิวของคอนกรีต มีอุณหภูมิสูงขึ้นมาก ซึ่งเป็นอุณหภูมิที่สูงกว่าผิวกายมนุษย์ ทำให้ความร้อนจากผิวคอนกรีต แผ่รังสีความร้อนเข้าหาคน ทำให้คนรู้สึกร้อนอีกด้วย ดังนั้น ช่องเปิดที่มีประสิทธิภาพ ควรยอมให้แสงสว่างผ่านเข้าไปได้ในปริมาณที่พอเหมาะ และยอมให้ความร้อนเข้าไปในอาคารน้อย โดยไม่เพิ่มอุณหภูมิพื้นผิวของสภาพแวดล้อม

4.3 ผลการสร้างสภาวะน่าสบาย โดยการควบคุมแสงธรรมชาติภายในศูนย์การค้าชุมชน

การออกแบบแสงสว่างสำหรับศูนย์การค้าชุมชนในบริเวณโถงกลางและโถงทางเดินนั้น ต้องมีความรู้และความเข้าใจเรื่องตัวแปรของแสงธรรมชาติ ได้แก่ ค่าการสะท้อนแสงของวัสดุและขนาดของช่องเปิด เพื่อให้เกิดค่าความส่องสว่างภายในอาคาร และปริมาณความร้อนที่เข้ามาภายในอาคารที่พอเหมาะ ส่งผลให้สามารถลดการใช้พลังงานลงได้ ซึ่งจากการศึกษาตัวแปรจากหุ่นจำลอง พบว่า ผู้ออกแบบสามารถคำนวณหาขนาดของช่องเปิดที่เหมาะสม จากพื้นที่การใช้งานทั้งหมด ประเภทของการใช้งาน และค่าความส่องสว่างมาตรฐานที่เหมาะสมกับพื้นที่นั้นๆได้ เพื่อนำแสงธรรมชาติมาใช้ในอาคารให้เกิดประโยชน์สูงสุด

บทที่ 5
บทสรุปและข้อเสนอแนะ

การศึกษาวิจัยเรื่องการควบคุมแสงธรรมชาติของศูนย์การค้าชุมชน มีวัตถุประสงค์เพื่อให้เกิดการนำแสงธรรมชาติมาใช้ในอาคารได้อย่างมีประสิทธิภาพ ช่วยลดการใช้พลังงานไฟฟ้า และสร้างสภาวะน่าสบายภายในศูนย์การค้าชุมชน โดยนำเอาตัวแปรของแสงธรรมชาตินั้น มาทดลอง ปรับปรุงและแก้ไขศูนย์การค้าชุมชนที่มีอยู่เดิม และทำการทดสอบด้วยการวัดค่า เพื่อหาการนำแสงธรรมชาติมาให้ในอาคารศูนย์การค้าชุมชนได้อย่างเหมาะสม

5.1 สรุปผลการวิจัย

5.1.1 ผลการวิเคราะห์ตัวแปรที่มีอิทธิพลกับการนำแสงธรรมชาติมาใช้ในอาคารศูนย์การค้าชุมชน

วิธีการวิจัยนี้ เริ่มจากการศึกษาศูนย์การค้าชุมชนที่มีอยู่จำนวน 4 แห่ง เพื่อหาตัวแปรสำคัญที่มีอิทธิพลต่อการนำแสงธรรมชาติมาใช้ ในการเก็บข้อมูลได้เอาทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการนำแสงธรรมชาติมาใช้ในอาคารและงานวิจัยต่างๆที่เกี่ยวข้อง นำมาวิเคราะห์หาตัวแปรที่สำคัญและมีอิทธิพลต่อปริมาณแสงธรรมชาติที่นำเข้ามาใช้ภายในอาคารศูนย์การค้าชุมชน โดยขั้นตอนแรกของการเก็บข้อมูลนั้น ได้เลือกตัวแปรที่มีอิทธิพลต่อการนำแสงธรรมชาติมาใช้ทั้งหมด 5 ตัวแปร ได้แก่

- สภาพท้องฟ้า
- ค่าการสะท้อนแสงของวัสดุภายในและภายนอก
- ขนาดช่องเปิด
- ค่าความส่องสว่าง
- ปริมาณความร้อนที่เข้ามาในอาคาร

5.1.2 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้ศึกษาจากศูนย์การค้าที่มีอยู่ นำมาใช้ทดสอบกับหุ่นจำลองขนาดมาตราส่วน 1:100 เพื่อหาการนำแสงธรรมชาติมาใช้อย่างเหมาะสม

ผลการทดสอบสภาพท้องฟ้า

สภาพท้องฟ้าจะมีความสัมพันธ์กับปริมาณแสงส่องสว่างภายในอาคาร ซึ่งค่าความส่องสว่างของท้องฟ้าจะมีความแปรปรวนตลอดทั้งวัน การศึกษานี้จึงได้กำหนดค่าความส่องสว่างของท้องฟ้าเท่ากับ 1,000 ฟุตแคนเดิล เนื่องจากเป็นค่าเฉลี่ยของค่าความส่องสว่างของท้องฟ้าโปร่ง ไม่มีเมฆปก

คลุม และสามารถหาค่าความส่องสว่างที่เปลี่ยนแปลงตามค่าความส่องสว่างภายนอกได้ โดยคำนวณหาค่า Daylight Factor ซึ่งเป็นอัตราส่วนของค่าความส่องสว่างภายในและค่าความส่องสว่างภายนอก ไม่รวมแสงโดยตรงจากดวงอาทิตย์เพื่อคาดคะเนค่าความส่องสว่างภายใน เมื่อท้องฟ้ามีการเปลี่ยนแปลงหรือค่าความส่องสว่างของท้องฟ้าเปลี่ยนแปลงนั่นเอง

ผลการทดสอบค่าการสะท้อนแสงของวัสดุภายในและภายนอก

จากการทดสอบ พบว่าเมื่อเปลี่ยนวัสดุให้มีค่าการสะท้อนแสงมากขึ้น จะส่งผลให้ค่าความส่องสว่างภายในอาคารมีค่าเพิ่มมากขึ้นด้วย จึงกล่าวได้ว่าค่าความส่องสว่างภายในจะแปรตามค่าการสะท้อนแสงของวัสดุที่เปลี่ยนแปลง เนื่องจากปริมาณแสงที่ตกกระทบวัสดุมีปริมาณเท่ากันแต่แสงที่สะท้อนเข้าสู่ตาไม่เท่ากัน เพราะแสงที่เข้าตานั้น เป็นแสงที่สะท้อนจากวัสดุมา ดังนั้นจะมากหรือน้อยขึ้นกับค่าการสะท้อนของวัสดุนั้นๆ

ในกรณีการทำหุ่นจำลองขนาดมาตราส่วน 1:100 ศูนย์การค้าชุมชน D ได้ออกแบบให้วัสดุภายในบริเวณพื้น ผนัง และฝ้าเพดานเป็นสีขาว ซึ่งมีค่าการสะท้อนแสงของวัสดุเท่ากับ 75 เปอร์เซ็นต์ เพื่อเพิ่มการกระจายแสงให้ทั่วถึงทุกบริเวณภายในศูนย์การค้าชุมชน

ผลการทดสอบขนาดช่องเปิด

จากการคำนวณขนาดของช่องเปิด เพื่อให้ได้ปริมาณแสงที่เหมาะสมกับการใช้งานในบริเวณโถงกลางและโถงทางเดินของศูนย์การค้าชุมชนนั้น คือมีค่าความส่องสว่างที่ 15 ฟุตแคนเดิล ตามตารางที่ 2.3 ในกรณีของศูนย์การค้าชุมชนที่นำมาปรับปรุงและแก้ไข คือ ศูนย์การค้าชุมชน D ได้ทำหุ่นจำลองและเก็บข้อมูลช่องเปิดในลักษณะต่างๆ โดยหันช่องเปิดไปทางทิศเหนือ เพื่อนำแสงเหนือมาใช้ เพราะเป็นแสงที่มีประสิทธิภาพสูง มีความสม่ำเสมอของแสงตลอดทั้งวัน ได้ข้อสรุปว่าขนาดช่องเปิดที่เหมาะสม กับพื้นที่บริเวณทางเดินและโถงกลางของอาคารคือ 25 ตารางเมตร หรือคิดเป็น 1.5 เปอร์เซ็นต์ของพื้นที่หลังคาที่ปกคลุมพื้นที่บริเวณโถงกลางและโถงทางเดินทั้งหมด ทำให้พื้นที่บริเวณดังกล่าวมีค่าความส่องสว่างเฉลี่ย 16.76 ฟุตแคนเดิล ซึ่งเป็นปริมาณแสงที่เหมาะสมกับการใช้งานในพื้นที่นั้น

ผลการทดสอบค่าความส่องสว่าง

เมื่อช่องเปิดมีขนาดที่เหมาะสมกับพื้นที่บริเวณโถงกลางและโถงทางเดินของอาคารศูนย์การค้าชุมชน ทำให้มีปริมาณค่าความส่องสว่างภายในอาคารที่เหมาะสมกับการใช้งานในพื้นที่นั้นและมีความสม่ำเสมอกันทุกบริเวณ ซึ่งเหมาะกับการให้แสงโดยรวมของพื้นที่ (ambient light) ส่งผลให้ง่ายต่อการจัดแสงของการจัดกิจกรรมและจัดแสงของการโชว์สินค้าภายในร้านค้าอีกด้วย เนื่องจาก

บริเวณโชว์สินค้าของร้านค้าต้องใช้ค่าความส่องสว่างเปรียบต่างของพื้นที่เท่ากับ 10 เท่า เพื่อดึงดูดความสนใจจากลูกค้า จากเดิมร้านค้าต้องใช้พลังงานไฟฟ้าเป็นจำนวนมาก เพื่อเพิ่มค่าความส่องสว่างบริเวณที่โชว์สินค้าให้มากกว่าหรือเท่ากับปริมาณค่าความส่องสว่างภายนอกร้าน เนื่องจากขนาดช่องเปิดที่มีขนาดใหญ่ จึงนำแสงธรรมชาติเข้ามาภายในอาคารในปริมาณมาก ซึ่งเกินความต้องการในการใช้พื้นที่นั้น ในกรณีนี้ โถงกลางและโถงทางเดินถูกออกแบบให้มีปริมาณแสงสว่างเฉลี่ยโดยรวมของพื้นที่ (ambient light) เท่ากับ 15 ฟุตแคนเดิล ดังนั้นบริเวณที่โชว์สินค้าภายในร้านค้า ควรมีค่าความส่องสว่าง 150 ฟุตแคนเดิล เพื่อทำให้ลูกค้าสนใจสินค้า จะสามารถช่วยลดการใช้พลังงานไฟฟ้าระบบแสงสว่างได้อีกด้วย

ผลการทดสอบปริมาณความร้อนที่เข้ามาในอาคาร

จากการศึกษาพบว่า เมื่ออาคารศูนย์การค้าชุมชนถูกออกแบบให้มีขนาดของช่องเปิดที่เหมาะสมกับขนาดของพื้นที่การใช้งานและประเภทการใช้งานของพื้นที่นั้นแล้ว จะทำให้ความร้อนที่เข้ามาในอาคารมีปริมาณน้อยลง ทำให้สามารถประหยัดพลังงาน และยังส่งผลให้ลูกค้าที่ใช้งานในพื้นที่ดังกล่าว รู้สึกไม่ร้อนและรู้สึกสบายเมื่อเดินอยู่ภายในอาคาร

5.1.3 การควบคุมแสงธรรมชาติสำหรับอาคารศูนย์การค้าชุมชนที่เหมาะกับการใช้งานเพื่อสร้างสภาวะน่าสบาย

บริเวณโถงกลางและโถงทางเดินของศูนย์การค้าชุมชนในประเทศไทยนั้น ส่วนมากไม่สามารถใช้งานได้ในเวลากลางวัน เนื่องจากมีปริมาณแสงที่มากเกินความต้องการและมีความร้อนปริมาณมาก ดังนั้นจึงต้องลดปริมาณค่าความส่องสว่างและลดความร้อนที่เข้ามาในอาคารศูนย์การค้าชุมชน โดยจากการวิจัยนี้สามารถสรุปได้ว่า พื้นที่ช่องเปิดด้านบน หรือ Skylight ของศูนย์การค้าชุมชนนั้นสามารถออกแบบและควบคุมขนาดให้มีอัตราส่วนเป็น 1.5 เปอร์เซ็นต์ของพื้นที่ทั้งหมดบริเวณโถงกลางและโถงทางเดินของศูนย์การค้าชุมชน และหันช่องเปิดไปทางทิศเหนือ เพื่อนำแสงสะท้อนจากท้องฟ้าทางทิศเหนือมาใช้ จะส่งผลให้ความร้อนเข้ามาในอาคารน้อยลง จากเดิมอาคารศูนย์การค้าชุมชนมีช่องเปิดโล่งหรือขนาดใหญ่ จะทำให้พื้นของอาคารจะกักเก็บความร้อนที่เข้ามาสะสม ทำให้ไม่สามารถใช้งานได้ในตอนกลางวันและตอนเย็น เพราะพื้นที่ผิวของพื้นจะมีอุณหภูมิสูง

เมื่ออาคารศูนย์การค้าชุมชนได้รับการออกแบบ โดยการควบคุมแสงธรรมชาติด้วยช่องเปิดที่มีขนาด 1.5 เปอร์เซ็นต์ของพื้นที่โถงกลางและโถงทางเดินทั้งหมด จะทำให้พื้นที่บริเวณดังกล่าวมีค่าความส่องสว่างเท่ากับ 10 – 15 – 20 ฟุตแคนเดิล ซึ่งเพียงพอต่อการใช้งานและง่ายต่อการเพิ่มค่าความส่องสว่างบริเวณที่ต้องการเน้นสินค้า ซึ่งต้องการค่าความส่องสว่างสูงกว่าบริเวณรอบข้าง 10

เท่า และช่องเปิดขนาดดังกล่าวจะทำให้ความร้อนเข้ามาในอาคารน้อยลง ส่งผลให้ภายในศูนย์การค้าชุมชนอยู่ในสภาวะน่าสบาย ลูกค้าสามารถเข้ามาใช้พื้นที่ได้ตลอดทั้งวัน

5.2 ข้อเสนอแนะ

งานวิจัยเรื่องการควบคุมแสงธรรมชาติของศูนย์การค้าชุมชน เน้นตัวแปรขนาดช่องเปิด ค่าการสะท้อนแสงของวัสดุภายใน ค่าความส่องสว่าง และปริมาณความร้อนที่เข้ามาในอาคาร หากต้องการมีต้นไม้เพื่อสร้างความเป็นธรรมชาติภายในอาคารศูนย์การค้าชุมชน ควรเป็นต้นไม้ที่ไม่ทึบมาก เนื่องจากหากใช้ต้นไม้ที่มีพุ่มหนา จะส่งผลให้มีค่าความส่องสว่างของน้อยเกินความต้องการ ดังนั้นจึงควรมีการศึกษาเพิ่มเติมของชนิดและลักษณะของต้นไม้

การเลือกใช้วัสดุและสีของพื้นผิวภายในศูนย์การค้าชุมชนนั้น จะส่งผลต่อค่าความส่องสว่างภายในอาคาร ควรมีการศึกษาเพิ่มเติมเกี่ยวกับคุณสมบัติและค่าการสะท้อนแสงของวัสดุเพิ่มเติม เพื่อออกแบบและควบคุมการใช้แสงธรรมชาติได้อย่างสมบูรณ์

ในเวลากลางคืน หากต้องการให้มีบรรยากาศเหมือนในเวลากลางวัน โดยมีค่าความส่องสว่างภายในศูนย์การค้าชุมชนเท่ากับหรือใกล้เคียงกับในเวลากลางวัน สามารถให้แสงผ่านทางช่องเปิดด้านบนได้ จะทำให้ภายในอาคารศูนย์การค้าชุมชนมีค่าความส่องสว่างที่คงที่และใกล้เคียงกันในทุกพื้นที่ภายในโถงกลางและโถงทางเดิน ดังนั้นควรศึกษาเพิ่มเติมของลักษณะการให้แสงผ่านทางช่องเปิดดังกล่าว

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

รายการอ้างอิง

1. America, I.i.E.S.o.N., *IES Lighting Handbook 2000 Reference Volume*. 2000, New York.
2. สมสิทธิ์ นิตยะ, การออกแบบอาคารสำหรับภูมิอากาศเขตร้อนชื้น. 2541, กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
3. วรวีร์ ชินสมบูรณ์, ปัจจัยการออกแบบระบบการให้แสงสว่างเพื่อส่งเสริมให้เกิดความรู้สึกผ่อนคลายในสปา, in สถาปัตยกรรมศาสตร์. 2554, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย: กรุงเทพมหานคร.
4. Egan, M.D., *Concepts in Architectural Lighting*. 1983, USA: McGraw-Hill.
5. สุธีวัน โล่ห์สุวรรณ, นวัตกรรมการสร้างสรรค์ห้องเรียนคุณภาพสูงด้วยระบบธรรมชาติ, in สถาปัตยกรรมศาสตร์. 2552, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย: กรุงเทพมหานคร.
6. Lou Michel, *Light the Shape of Space*. 1996, USA: Van Nostrand Reinhold.
7. Stein, B., and Raynolds, *Mechanical and Electrical Equipment for Buildings*. 9 ed. 2000, New York John Wiley & Sons.
8. สุนทร บุญญาธิการ, การประยุกต์ใช้แสงธรรมชาติในอาคาร. วารสารอาษา, 2541.
9. สุนทร บุญญาธิการ, อาคารอนุรักษ์พลังงานเฉลิมพระเกียรติ. 2545, กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์ เดอะมาสเตอร์ เจอร์นัล จำกัด
10. Egan, M.D., *Architectural Lighting*. 2 ed. 2001, USA: McGraw-Hill.
11. American Society of Heating, R., and Air-conditioning Engineers, *2001 ASHRAE Handbook : Fundamentals* 2001, ASHRAE: Atlanta, GA.

ภาคผนวก

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นางสาว จณัญญา คติการ

เกิดวันที่ 4 กันยายน พ.ศ.2530

ประวัติการศึกษา

พ.ศ.2548 - พ.ศ.2552 หลักสูตรปริญญาสถาปัตยกรรมศาสตรบัณฑิต มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

ประวัติการทำงาน

พ.ศ.2553 - พ.ศ.2555 Interior designer บริษัท ยินดีออกแบบ

พ.ศ.2557 - ปัจจุบัน Project Manager บริษัท เบทาโกร เรสเทอรองท์ จำกัด

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University