TIEA - GD 004 : 2018

คู่มือแนวทางการออกแบบการส่องสว่างภายนอกอาคาร

Guidelines for Outdoor Lighting Design

TIEA Publication
Series I 2018

Published by:
Illuminating
Engineering Association
of Thailand (TIEA)

คู่มือแนวทางการออกแบบการส่องสว่างภายนอกอาคาร

Guidelines for Outdoor Lighting Design

สมาคมไฟฟ้าแสงสว่างแห่งประเทศไทย

คณะทำงาน

ผศ.ดร.จรรยาพร จุลตามระ	ประธาน
รศ.ไชยะ แซ่มซ้อย	ที่ปรึกษา
ดร.อัจฉราวรรณ จุฑารัตน์	คณะทำงาน
รศ.พรรณชลัท สุริโยธิน	คณะทำงาน
คุณกิตติ สุขุตมตันติ	คณะทำงาน
คุณเกษม นิลเจริญ	คณะทำงาน
คุณพีรอนงค์ วงศ์ธนากรชัย	คณะทำงาน
คุณจรินทร์ หาลาภี	คณะทำงาน
คุณจรัญ บุญยะคงรัตน์	คณะทำงาน
คุณศักดา บุญทองใหม่	คณะทำงาน
คุณวีรพล เอาทารย์สกุล	คณะทำงานและเลขานุการ

คู่มือแนวทางการออกแบบการส่องสว่างภายนอกอาคาร
(Guidelines for Outdoor Lighting Design)

ผู้เขียน/จัดทำโดย สมาคมไฟฟ้าแสงสว่างแห่งประเทศไทย
ที่อยู่ 487 ชั้น 3 อาคาร วสท. ซ.รามคำแหง 39 ถ.รามคำแหง
แขวงพลับพลา เขตวังทองหลาง กทม. 10310
โทรศัพท์. 0-2935-6905
โทรสาร. 0-2935-6569
ปีที่พิมพ์ 2018
ครั้งที่พิมพ์ 1
โรงพิมพ์ บริษัท อินดัสทรีเมท จำกัด

สารบัญ

1	บทนำ		5
2	คำศัพท์และบทนิยาม		7
3	แนวทางการออกแบบการส่องสว่าง		9
	3.1	การกระจายความสว่าง	10
	3.2	ความส่องสว่าง	10
		3.2.1 ความส่องสว่างบนพื้นที่ทำงาน	10
		3.2.2 ความส่องสว่างบนพื้นที่โดยรอบ	11
		3.2.3 จุดคำนวณความส่องสว่าง	12
		3.2.4 ความสม่ำเสมอ	13
	3.3	แสงจ้า	13
		3.3.1 พิกัดแสงจ้า	14
		3.3.2 การสะท้อนบดบัง และแสงจ้าสะท้อน	16
	3.4	มลภาวะทางแสง	16
	3.5	แสงสว่างแบบมีทิศทาง	17
		3.5.1 ทั่วไป	17
		3.5.2 การมองเห็นความเป็นสามมิติ	17
		3.5.3 แสงแบบมีทิศทางสำหรับงานที่ใช้สายตา	18
	3.6	สีของแสงขาว	18
		3.6.1 ลักษณะสีปรากฏ	18
		3.6.2 ความสามารถในการทำให้สีวัตถุปรากฏ	19
	3.7	การกระเพื่อมและปรากฏการณ์สโตรโบสโคป	19
	3.8	ตัวประกอบการบำรุงรักษา	20

3.9 การพิจารณาด้านพลังงาน 22

3.10 ความยั่งยืน 24

3.11 แสงสว่างเพื่อความปลอดภัยในสถานการณ์ฉุกเฉิน 24

4 ตารางเกณฑ์คุณภาพแสงสว่างที่ต้องการ 27

5 การตรวจวัด 39

5.1 ปัจจัยที่มีผลต่อการวัดแสง 39

5.1.1 การเสถียรของหลอดไฟ/โคมไฟ 39

5.1.2 สภาพภูมิอากาศ 39

5.1.3 แสงที่มาจากบริเวณโดยรอบและการบดบังแสง 39

5.2 การวัดค่าที่ไม่ใช่ค่าทางแสง 39

5.2.1 ข้อมูลลักษณะการติดตั้งโคมไฟ 39

5.2.2 ข้อมูลทางไฟฟ้า 40

5.2.3 อุณหภูมิแวดล้อม 40

5.3 การวัดแสง 40

5.3.1 การวัดความส่องสว่าง 40

5.3.2 การวัดความสว่าง 41

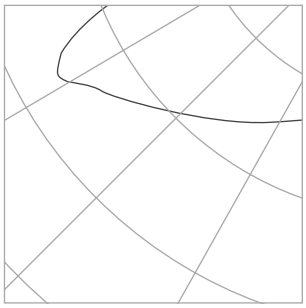
5.4 เครื่องมือวัด 41

ภาคผนวก ก มลภาวะทางแสง 43

ภาคผนวก ข ระบบส่องสว่างอัจฉริยะ 49

ภาคผนวก ค การมองเห็นของมนุษย์ภายใต้สภาพแวดล้อมการส่องสว่างต่าง ๆ 51

บทที่ 1
บทนำ



สำหรับบริเวณภายนอกอาคาร การที่ผู้คนจะมองเห็นในยามค่ำคืนได้อย่างมีประสิทธิภาพและแม่นยำจำเป็นต้องมีแสงสว่างที่เพียงพอและเหมาะสม ระดับการมองเห็นและความสบายตาที่ต้องการสำหรับพื้นที่ทำงานต่าง ๆ นั้นขึ้นกับประเภท และระยะเวลาที่ทำกิจกรรม คู่มือนี้จึงได้กำหนดคุณลักษณะของแสงสว่างที่ต้องการสำหรับงานภายนอกอาคารส่วนใหญ่ เช่น ภูมิสถาปัตยกรรม อาคารสาธารณะ โรงงานอุตสาหกรรม พื้นที่ที่เป็นที่สาธารณะ ทั้งในเชิงปริมาณและเชิงคุณภาพเพื่อให้เกิดการมองเห็นที่ดีและมีความสบายตา

แม้ว่าโดยทั่วไป คุณลักษณะแสงสว่างที่กำหนดในคู่มือนี้มีการคำนึงให้เกิดความปลอดภัยแล้วก็ตาม แต่การนำไปใช้งานยังต้องพิจารณาถึงกฎหมาย ข้อกำหนดเฉพาะ หรือคำแนะนำเพิ่มเติมซึ่งอาจกำหนดไว้เป็นพิเศษสำหรับงานแต่ละประเภท

นอกจากนี้ ในคู่มือนี้ไม่ได้ระบุวิธีในการนำไปใช้ เพื่อทำให้ไม่เป็นการจำกัดอิสระในการออกแบบ และการประยุกต์ใช้นวัตกรรม

บทที่ 2
คำศัพท์และบทนิยาม

2.1 **สถานที่ทำงาน** (work place)
สถานที่ซึ่งเป็นที่ตั้งของโต๊ะทำงานและบริเวณโดยรอบที่คนเข้าไปปฏิบัติงาน

2.2 **พื้นที่ทำงาน** (task area)
พื้นที่สำหรับทำงานที่ใช้สายตา สำหรับสถานที่ซึ่งไม่ทราบขนาด/ตำแหน่งของพื้นที่ทำงาน พื้นที่ทำงานคือบริเวณที่อาจมีการทำงานเกิดขึ้น

2.3 **โต๊ะทำงาน** (work station)
องค์ประกอบโดยรวมที่มีการจัดเตรียมอุปกรณ์ การทำงาน และมีสภาพแวดล้อมที่จัดทำขึ้นเพื่อให้เหมาะกับงาน

2.4 **งานที่ใช้สายตา** (visual task)
กิจกรรมที่ขึ้นอยู่กับองค์ประกอบในการมอง อันได้แก่ ขนาดของงาน ความสว่าง ความเปรียบต่างเมื่อเทียบกับพื้นหลัง และระยะเวลาที่ใช้ในการมอง

2.5 **พื้นที่โดยรอบ** (surrounding area)
แถบบริเวณรอบ ๆ พื้นที่ทำงานที่อยู่ในบริเวณการมอง

2.6 **ค่าดำรงความส่องสว่างเฉลี่ย** (maintained illuminance, $\bar{E}m$)
ระดับความส่องสว่างเฉลี่ยของพื้นที่ ที่ต้องคงไว้ไม่ให้ต่ำกว่านี้

2.7 **ความสม่ำเสมอของความส่องสว่าง** (illuminance uniformity, U_o)
อัตราส่วนระหว่างความส่องสว่างต่ำสุดบนพื้นผิวต่อความส่องสว่างเฉลี่ยของทั้งพื้นผิว

2.8 **ไดเวอร์ซิตี้** (diversity, U_d)
อัตราส่วนของระดับความส่องสว่าง (หรือความสว่าง) ต่ำสุดต่อระดับความส่องสว่าง (หรือ ความสว่าง) สูงสุดบน (ของ) พื้นผิว

2.9 **ขีดจำกัดพิกัดแสงจ้า** (glare rating limit, GR_L)
ขีดจำกัดของแสงจ้าที่กำหนดตามระบบ

2.10 **อัตราส่วนแสงขึ้นด้านบน** (upward light ratio, ULR)
สัดส่วนของฟลักซ์การส่องสว่างของโคมไฟที่เปล่งออกมาเหนือแนวระนาบ เมื่อยึดโคมไฟในตำแหน่งติดตั้ง

2.11 **แสงเกิน** (spill light **หรือ** stray light)
แสงที่เกินจากขอบเขตของพื้นที่ตามที่ได้ตั้งใจออกแบบไว้

2.12 **มลภาวะทางแสง** (light pollution)
คำกลาง ๆ ที่บ่งบอกถึงผลกระทบในทางลบจากแสงประดิษฐ์ที่มีต่อสภาพแวดล้อมการส่องสว่างภายนอกอาคาร

2.13 **ท้องฟ้าเรือง** (sky glow)
ท้องฟ้าตอนกลางคืนที่สว่างขึ้นอันเนื่องมาจากการสะท้อนของรังสี (ทั้งที่มองเห็น และมองไม่เห็น) ซึ่งกระเจิงเมื่อประทบกับสิ่งที่เจือปนในบรรยากาศ (โมเลกุลของก๊าซละออง และอนุภาคต่าง ๆ) มาในทิศทางของผู้สังเกต ซึ่งอาจเกิดได้เองตามธรรมชาติหรือโดยกระทำของมนุษย์

2.14 **เคอร์ฟิว** (curfew)
ช่วงเวลาที่ต้องควบคุมแสงเกินให้เป็นไปตามคุณลักษณะที่ต้องการอย่างเคร่งครัดยิ่งขึ้น ปกติกำหนดโดยหน่วยงานของรัฐ

2.15 **ความสว่างการปรับสายตา** (adaptation luminance)
ค่าความสว่างเฉลี่ยที่อยู่ในบริเวณการมอง

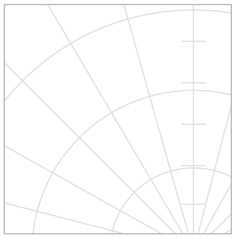
CIE ย่อมาจาก Commission Internationale de l'Eclairage แปลเป็นภาษาอังกฤษว่า International Commission on Illumination ซึ่งเป็นองค์กรสากลที่ว่าด้วยเรื่องการส่องสว่าง

บทที่ 3
แนวทางการออกแบบการส่องสว่าง

สำหรับแสงสว่างที่ดีนั้น นอกจากจะได้ค่าความส่องสว่างตามที่ต้องการแล้วนั้น ยังต้องคำนึงถึงความจำเป็นอื่น ทั้งในเชิงคุณภาพและเชิงปริมาณ ซึ่งคุณลักษณะที่ต้องการกำหนดโดยความจำเป็นพื้นฐานของมนุษย์ ได้แก่

- ความสบายตา ซึ่งคนรู้สึกได้ถึงความเป็นอยู่ที่ดี และในทางอ้อม ส่งผลถึงระดับผลิตภาพ (productivity) ที่สูงขึ้น
- ความสามารถในการมอง ซึ่งคนสามารถทำงานที่ต้องใช้สายตาได้อย่างมีประสิทธิภาพ แม้ในภาวะที่มีความยากลำบากและระหว่างช่วงเวลาที่นานยิ่งขึ้น
- ความปลอดภัย

และมีปัจจัยหลักที่เป็นตัวกำหนดสภาพแวดล้อมการส่องสว่างได้แก่



- การกระจายความสว่าง
- ความส่องสว่าง
- แสงจ้า
- ทิศทางของแสง
- การทำให้สี (ของวัตถุ) ปรากฏ และลักษณะสีปรากฏ (ของแสง)

โดยที่ค่าของความส่องสว่าง พิกัดแสงจ้า และความสามารถในการทำให้สีวัตถุปรากฏ สำหรับงานแต่ละชนิด มีแนะนำไว้ในบทที่ 4

3.1 การกระจายความสว่าง

การกระจายความสว่างที่อยู่ในบริเวณการมอง (field of view) เป็นตัวควบคุมการปรับของตา (eye adaptation) ฉะนั้นการกระจายความสว่างที่สมดุลจะช่วยเพิ่มความสามารถในการมองเห็น ดังนี้

- ความคมชัดในการมอง (visual acuity)
- ความไวต่อความเปรียบต่าง (contrast sensitivity) ซึ่งทำให้สามารถแยกแยะความสว่างที่มีความแตกต่างเพียงเล็กน้อย
- ประสิทธิภาพการทำงานของดวงตา เช่น การปรับระยะโฟกัส (accommodation) การมองร่วมของดวงตาทั้งสองข้าง (convergence) การหดและขยายของรูม่านตา (pupillary contraction) และการเคลื่อนไหวของดวงตา (eye movement)

3.2 ความส่องสว่าง

ระดับและการกระจายความส่องสว่างบนพื้นที่ทำงานและพื้นที่โดยรอบมีผลอย่างมากต่อการรับรู้ถึงความปลอดภัยและความสบายตาค่าความส่องสว่างทั้งหมดที่ระบุในคู่มือนี้เป็นค่าที่ต้องคงไว้เพื่อให้เกิดความสบายตา มีความสามารถในการมองที่ดี และเกิดความปลอดภัย

3.2.1 ความส่องสว่างบนพื้นที่ทำงาน

ค่าที่ให้ไว้ในบทที่ 4 เป็นค่าความส่องสว่างที่ต้องคงไว้ บนพื้นที่ทำงานซึ่งอาจอยู่บนระนาบแนวนอน แนวตั้ง หรือแนวเอียง ความส่องสว่างเฉลี่ยของแต่ละงานไม่ควรต่ำกว่าค่าที่ให้ไว้ในบทที่ 4 โดยไม่ขึ้นกับอายุของผู้ใช้งานและสภาพการติดตั้ง ค่าเหล่านี้ใช้สำหรับสภาพการมองเห็นปกติ และควรพิจารณาปัจจัยประกอบอื่น ๆ ดังนี้

- คุณลักษณะด้านจิตสรีรศาสตร์ (psycho-physiological aspect) เช่น ความสบายตาและความเป็นอยู่ที่ดี
- ความต้องการแสงสว่างสำหรับงานที่ใช้สายตา
- การยศาสตร์ในการมองเห็น (visual ergonomic)
- ประสบการณ์จากการใช้งานจริง
- ความปลอดภัย
- ความคุ้มค่า

ค่าความส่องสว่างนี้อาจปรับอย่างน้อย 1 ขั้น (ตามสเกลระดับความส่องสว่างข้างล่าง) ถ้าสภาพการมองเห็นแตกต่างจากข้อสันนิษฐานปกติโดย

พิจารณาปรับเพิ่มขึ้น เมื่อ	**พิจารณาปรับลดลง เมื่อ**
- งานมีความสำคัญ - งานที่ใช้สายตาหรือผู้ปฏิบัติงานกำลังเคลื่อนไหว - มีค่าใช้จ่ายสูงเมื่อเกิดความผิดพลาด - เป็นงานที่ต้องการความแม่นยำ และต้องการเพิ่มผลิตภาพหรือเป็นงานที่ต้องการสมาธิสูง - ความสามารถในการมองเห็นของผู้ปฏิบัติงานต่ำกว่าทั่วไป - รายละเอียดของงานมีขนาดเล็กกว่าปกติทั่วไป หรือมีความเปรียบต่างน้อย - เป็นงานที่ต้องใช้เวลาทำมากกว่าปกติ	- รายละเอียดของงานมีขนาดใหญ่กว่าปกติหรือมีความเปรียบต่างสูง - เป็นงานที่ทำในช่วงเวลาสั้น ๆ หรือไม่ได้เกิดขึ้นบ่อย ๆ

ระดับความส่องสว่างอย่างน้อยสุดที่ทำให้รับรู้ได้ถึงความแตกต่างอย่างชัดเจนคือ 1.5 เท่า ดังนั้นสเกลระดับความส่องสว่างที่แนะนำเป็นดังนี้

5 – 10 – 15 – 20 – 30 – 50 – 75 – 100 – 150 – 200 – 300 – 500 – 750 – 1000 – 1500 - 2000

3.2.2 ความส่องสว่างบนพื้นที่โดยรอบ

ความส่องสว่างบนพื้นที่โดยรอบต้องสัมพันธ์กับความส่องสว่างบนพื้นที่ทำงาน และมีการกระจายความสว่างภายในบริเวณการมองที่สมดุลเพียงพอ ความส่องสว่างที่หลากหลายรอบ ๆ พื้นที่ทำงานอาจทำให้เกิดความเครียดและไม่สบายตา

ความส่องสว่างบนพื้นที่โดยรอบอาจต่ำกว่าความส่องสว่างบนพื้นที่ทำงาน แต่ต้องไม่น้อยกว่าค่าที่ให้ไว้ในตารางที่ 1

พื้นที่โดยรอบนี้ควรเป็นแถบบริเวณที่มีความกว้างอย่างน้อย 2 เมตร รอบ ๆ พื้นที่ทำงานที่อยู่ในบริเวณการมอง

รูปที่ 1 อธิบายพื้นที่ทำงานและพื้นที่โดยรอบ

ตารางที่ 1 ความสัมพันธ์ของความส่องสว่างบนพื้นที่โดยรอบต่อความส่องสว่างบนพื้นที่ทำงาน

ความส่องสว่างบนพื้นที่ทำงาน ลักซ์ (lx)	**ความส่องสว่างบนพื้นที่โดยรอบ ลักซ์ (lx)**
≥500	100
300	75
200	50
150	30
50 ถึง 100	20
<50	ไม่ระบุ

3.2.3 จุดคำนวณความส่องสว่าง

เพื่อให้การคำนวณความส่องสว่างเป็นไปอย่างถูกต้อง จุดที่ใช้คำนวณความส่องสว่างบนพื้นที่ทำงาน และพื้นที่โดยรอบควรมีระยะห่างเท่า ๆ กันทั้งในแนวด้านกว้างและแนวด้านยาว โดยระยะห่างระหว่างจุดและจำนวนจุดที่คำนวณควรมีความสัมพันธ์กับความยาวของพื้นที่ซึ่งสามารถคำนวณได้โดยใช้สูตร

$$p = 0.2 \times 5^{\log d}$$

โดยที่ *d* คือ ความยาวของพื้นที่ (ถ้าอัตราส่วนของความยาวต่อความกว้างน้อยกว่า 2) หรือความกว้างของพื้นที่ (ถ้าอัตราส่วนของความยาวต่อความกว้างมากกว่า หรือเท่ากับ 2) มีหน่วยเป็น เมตร

p คือ ระยะห่างสูงสุดระหว่างจุดคำนวณ มีหน่วยเป็น เมตร ดังตัวอย่างตาม ตารางที่ 2 และมีระยะห่างระหว่างจุดสูงสุดไม่เกิน 10 เมตร

ตารางที่ 2 ระยะห่างระหว่างจุดและจำนวนจุดคำนวณที่แนะนำ

ความยาวของพื้นที่ (เมตร)	ระยะห่างระหว่างจุดไม่เกิน (เมตร)	จำนวนจุด ไม่น้อยกว่า (จุด)
1	0.2	5
2	0.3	6
5	0.6	8
10	1	10
25	2	12
50	3	17
100	5	20
≥200	10	-

3.2.4 ความสม่ำเสมอ

พื้นที่ทำงานจะต้องส่องสว่างให้มีความสม่ำเสมอที่สุดเท่าที่เป็นไปได้ ความสม่ำเสมอของความส่องสว่างบนพื้นที่ทำงานต้องไม่น้อยกว่าค่าที่ให้ไว้ในบทที่ 4 สำหรับความสม่ำเสมอของพื้นที่โดยรอบไม่ควรต่ำกว่า 0.1 ในบางกรณี เช่น รางรถไฟ/รถราง ไดเวอร์ซิตี้ความส่องสว่างเป็นเกณฑ์สำคัญที่ต้องพิจารณาเช่นเดียวกัน

3.3 แสงจ้า

แสงจ้าเป็นแสงที่ทำให้เกิดความยากลำบากในการมอง เกิดขึ้นจากพื้นผิวสว่างที่อยู่ภายในบริเวณการมอง และอาจพบได้ทั้ง “แสงจ้าระคายตา” (discomfort glare) ซึ่งทำให้รู้สึกรำคาญไม่สบายตา หรือ “แสงจ้าพร่านัยน์ตา” (disability glare) ซึ่งทำให้สูญเสียความสามารถในการมองเห็นชั่วขณะ

แสงจ้าที่เกิดจากแหล่งกำเนิดแสงที่มีความสว่างมาก ๆ อยู่ในบริเวณการมอง เรียกว่า “แสงจ้าโดยตรง” (direct glare) ส่วนแสงจ้าที่เกิดจากการสะท้อนจากพื้นผิวที่มีความมันวาว เรียกว่า “การสะท้อนบดบัง” (veiling reflection) หรือ “แสงจ้าสะท้อน” (reflected glare)

รูปที่ 2 การสะท้อนบดบังที่เกิดขึ้นบนพื้นผิวที่มีความมันวาว

และเพื่อให้สามารถจินตนาการถึงวิธีในการจำกัดแสงจ้าที่เหมาะสม จึงจำเป็นต้องเข้าใจสาเหตุของการเกิดแสงจ้านั้นด้วยโดยแสงจ้าจะเกิดขึ้นได้จากปัจจัยต่อไปนี้

1) ความสว่างและลักษณะการกระจายแสงของโคมไฟ

2) ทิศทางการมองของผู้สังเกต

3) ตำแหน่งและการปรับมุมของโคมไฟว่ามีความเข้มการส่องสว่างเข้ามาในบริเวณการมองมากน้อยเพียงใด

4) สภาพความสว่างแวดล้อมซึ่งเป็นฉากหลังของการมองว่ามีความเปรียบต่างกับความสว่างจากโคมไฟมากน้อยเพียงใด

จะเห็นว่าแสงจ้าอาจเป็นสาเหตุของความผิดพลาด ความล้า และอุบัติเหตุ ดังนั้นเพื่อหลีกเลี่ยงปัญหาดังกล่าว จึงจำเป็นต้องประเมินและหามาตรการในการจำกัดแสงจ้านั้นให้อยู่ในระดับที่ยอมรับได้

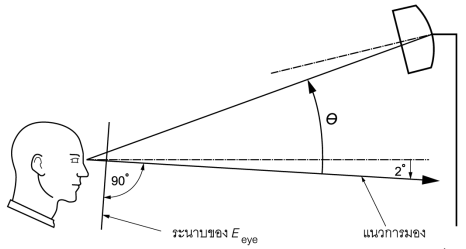
3.3.1 พิกัดแสงจ้า

แสงจ้าโดยตรงที่เกิดจากการติดตั้งโคมไฟภายนอกสามารถประเมินได้ด้วยวิธีของ CIE Glare Rating (GR) โดยใช้สูตร

$$GR = 27 + 24 \log_{10} (L_{vl} / L_{ve}^{0.9})$$

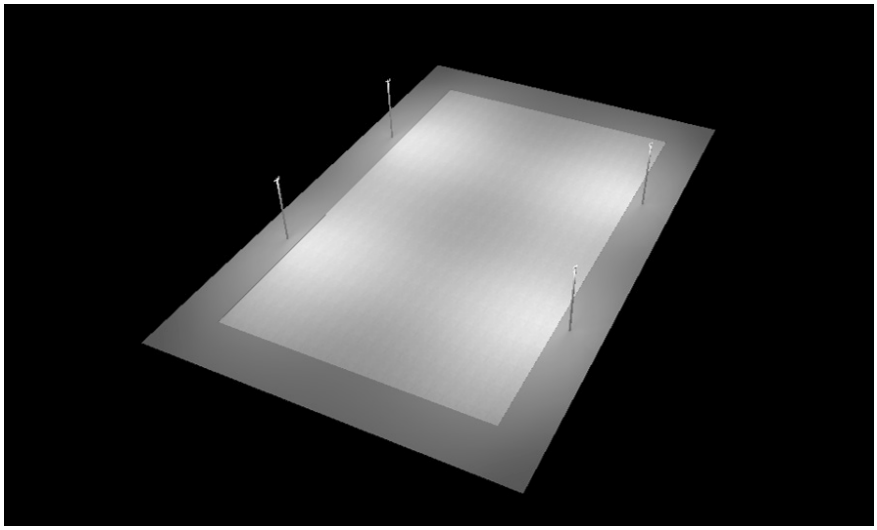
โดยที่ L_{vl} คือ ความสว่างบดบังรวม (total veiling luminance) มีหน่วยเป็น cd/m^2 เกิดจากระบบส่องสว่างที่ติดตั้งและเป็นผลรวมของความสว่างบดบังจากโคมไฟแต่ละโคม ($L_{vl} = L_{v1} + L_{v2} + ... L_{vn}$) ความสว่างบดบังของโคมไฟแต่ละโคมคำนวณได้จาก $L_v = 10.(E_{eye} / \theta^2)$ ที่ซึ่ง E_{eye} คือ ความส่องสว่างที่ดวงตาของผู้สังเกตบนระนาบที่ตั้งฉากกับแนวการมอง (line of sight) และ θ คือมุมระหว่างแนวการมองของผู้สังเกตกับทิศทางของแสงที่มาจากโคมไฟแต่ละโคม

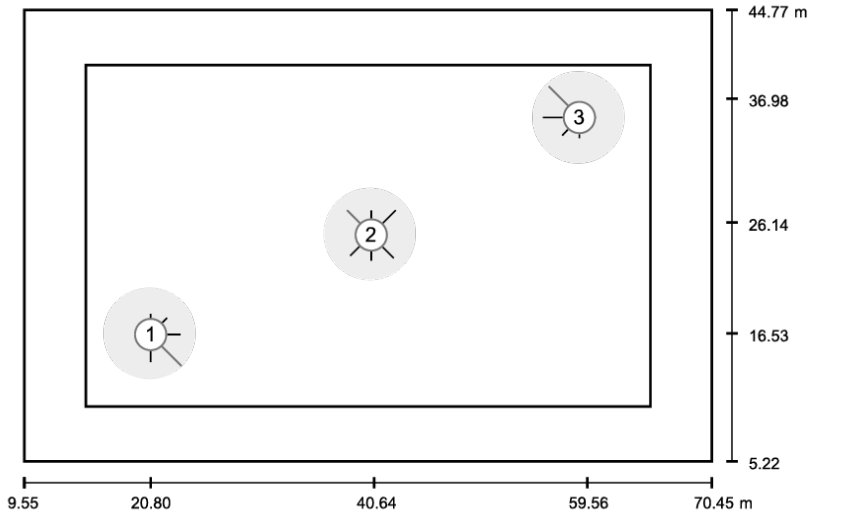
L_{ve} คือ ความสว่างบดบังสมมูลของสภาพแวดล้อม (equivalent veiling luminance of the environment) มีหน่วยเป็น cd/m^2 จากสมมติฐานที่ว่าสภาพแวดล้อมมีการสะท้อนแบบกระจายอย่างสมบูรณ์ความสว่างบดบังสมมูลจากสภาพแวดล้อมอาจคำนวณได้จาก $L_{ve} = 0.035.\rho.E_{hav} / \pi$ ที่ซึ่ง ρ แทนค่าการสะท้อนแสงเฉลี่ย และ E_{hav} คือความส่องสว่างบนแนวระนาบเฉลี่ยของพื้นที่



รูปที่ 3 มุมระหว่างแนวการมองของผู้สังเกตและทิศทางของแสงที่เกิดจากโคมไฟแต่ละโคม

พิกัดแสงจ้าควรคำนวณที่จุดคำนวณความส่องสว่างตามที่ระบุในข้อ 3.2.3 โดยมีทิศทางการมองเริ่มจากแนวที่ขนานกับด้านยาวของพื้นที่ทำงาน และหมุนไปรอบ ๆ ทีละไม่เกิน 45 องศา หรืออาจคำนวณ ณ ตำแหน่งที่มีคนปฏิบัติงาน โดยมีทิศทางการมองเป็นไปตามทิศทางปกติของการทำงานในพื้นที่นั้น ๆ ค่าพิกัดแสงจ้าสูงสุดที่คำนวณได้ต้องไม่เกินค่าที่ให้ไว้ในบทที่ 4





Scale 1 : 436

GR Observerlist

No.	Designation	Position [m]			Viewing [°]				Max
		X	Y	Z	Start	End	Increment	Slope angle	
1	GR Observer 1	20.804	16.532	1.500	0.0	360.0	45.0	-2.0	34 [2]
2	GR Observer 2	40.640	26.144	1.500	0.0	360.0	45.0	-2.0	26.0
3	GR Observer 3	59.560	36.978	1.500	0.0	360.0	45.0	-2.0	30.0 [2]

รูปที่ 4 ตัวอย่างการคำนวณแสงจ้า ณ ตำแหน่งของผู้สังเกตการณ์ 1, 2 และ 3 ขีดสีแดงคือทิศทางที่เกิดแสงจ้าสูงสุดของผู้สังเกตการณ์แต่ละตำแหน่ง

3.3.2 การสะท้อนบดบัง และแสงจ้าสะท้อน

แสงสะท้อนที่สว่างจ้ามาก ๆ บนงานที่ใช้สายตาอาจรบกวนการมองและทำให้เกิดอันตรายได้การป้องกันการสะท้อนบดบังและแสงจ้าสะท้อนสามารถทำได้โดยวิธีการ ดังนี้

- จัดวางตำแหน่งโคมไฟให้เหมาะสมกับสถานที่ทำงาน
- เลือกลักษณะพื้นผิวของวัสดุต่าง ๆ ให้เหมาะสม เช่น ใช้วัสดุผิวด้าน
- จำกัดความสว่างของโคมไฟเช่น การใส่อุปกรณ์บังแสงจ้า (glare shield)
- เพิ่มพื้นผิวการส่องสว่างของโคมไฟ เช่น การใส่อุปกรณ์กระจายแสง (diffuser)

3.4 มลภาวะทางแสง

การปกป้องสิ่งแวดล้อมในเวลากลางคืนจากมลภาวะทางแสง (รายละเอียดในภาคผนวก ก) ซึ่งอาจก่อให้เกิดปัญหาทางนิเวศวิทยาต่อทั้งสภาพแวดล้อมและผู้คน จำเป็นต้องมีการจำกัดแสงเกินสำหรับการติดตั้งระบบการส่องสว่างภายนอกอาคารดังให้ไว้ในตารางที่ 3 เพื่อให้เกิดปัญหาต่อผู้คนและระบบนิเวศพื้นถิ่นให้น้อยที่สุด

ตารางที่ 3 แสงเกินสูงสุดที่ยอมให้เกิดขึ้นได้สำหรับการติดตั้งระบบการส่องสว่างภายนอกอาคาร

โซนสิ่ง-แวดล้อม	แสงที่ตกลงบนสิ่งปลูกสร้าง		ความเข้มแสงจากโคมไฟ		อัตราส่วนแสงขึ้นด้านบน	ความสว่าง	
	E_v (lx)		I (cd)		ULR (%)	L_b (cd/m^2)	L_s (cd/m^2)
	ก่อนเคอร์ฟิว	หลังเคอร์ฟิว	ก่อนเคอร์ฟิว	หลังเคอร์ฟิว		ของผนังอาคาร	ของป้าย
E1	2	0	2500	0	0	0	50
E2	5	1	7500	500	5	5	400
E3	10	2	10000	1000	15	10	800
E4	25	5	25000	2500	25	25	1000

โดยที่ E1 คือ พื้นที่ที่มีความมืดมาก เช่น อุทยานแห่งชาติ พื้นที่สงวน เป็นต้น

E2 คือ พื้นที่ที่มีความสว่างค่อนข้างต่ำ เช่น โรงงานอุตสาหกรรม ย่านพักอาศัยในชนบท เป็นต้น

E3 คือ พื้นที่ที่มีความสว่างปานกลาง เช่น โรงงานอุตสาหกรรม ย่านพักอาศัยชานเมือง เป็นต้น

E4 คือ พื้นที่ที่มีความสว่างมาก เช่น ใจกลางเมือง ย่านการค้า เป็นต้น

E_v คือ ค่าสูงสุดของความส่องสว่างในแนวตั้งบนสิ่งปลูกสร้าง หน่วยเป็น lx

I คือ ความเข้มแสงจากแหล่งกำเนิดแสงแต่ละจุดในทิศทางที่อาจมีแสงเกิน หน่วยเป็น cd

ULR คือ สัดส่วนของฟลักซ์จากโคมไฟที่เปล่งขึ้นเหนือแนวระนาบต่อฟลักซ์ทั้งหมดเมื่อติดตั้งโคมไฟในตำแหน่งและการจัดวางของมัน ให้ไว้เป็น %

L_b คือ ความสว่างเฉลี่ยสูงสุดของผนังอาคาร หน่วยเป็น cd/m^2

L_s คือ ความสว่างเฉลี่ยสูงสุดของป้าย หน่วยเป็น cd/m^2

สำหรับผู้ที่สัญจรในเส้นทางจราจรที่มีตำแหน่งการมองที่สัมพันธ์กับพื้นที่ที่มีการส่องสว่าง ส่วนเพิ่มขีดเริ่มเปลี่ยน (threshold increment, TI) ต้องไม่เกินค่าตามตารางที่ 4 เมื่ออิงจากระดับความสว่างการปรับสายตาจริง ถ้าไม่ทราบระดับความสว่างการปรับสายตาและไม่มีข้อมูลไฟถนน ให้ใช้ค่าระดับความสว่างการปรับสายตาเป็น 0.1 cd/m^2

ตารางที่ 4 ค่าสูงสุดของส่วนเพิ่มขีดเริ่มเปลี่ยนสำหรับการติดตั้งที่ไม่ใช่ไฟถนน

พารามิเตอร์ทางแสง	**ระดับชั้นไฟถนน**			
	M1, M2	M3, M4	M5, M6	**ไม่มีไฟถนน**
ส่วนเพิ่มขีดเริ่มเปลี่ยน	15% อิงมาจากความสว่างการปรับสายตาที่ 5 cd/m^2	15% อิงมาจากความสว่างการปรับสายตาที่ 2 cd/m^2	15% อิงมาจากความสว่างการปรับสายตาที่ 1 cd/m^2	15% อิงมาจากความสว่างการปรับสายตาที่ 0.1 cd/m^2

หมายเหตุ 1 การจัดระดับชั้นไฟถนนเป็นไปตาม CIE 115 : 2010

หมายเหตุ 2 การคำนวณส่วนเพิ่มขีดเริ่มเปลี่ยนเป็นไปตาม CIE 140 : 2000

หมายเหตุ 3 ค่าความสว่างการปรับสายตาได้จาก CIE 150 : 2003 ตารางที่ 2.4

3.5 แสงสว่างแบบมีทิศทาง

3.5.1 ทั่วไป

แสงสว่างแบบมีทิศทางอาจใช้ในการส่องให้วัตถุดูเด่น การเผยให้เห็นพื้นผิว และการปรับปรุงลักษณะปรากฏของผู้คน ซึ่งอธิบายได้ด้วย “การมองเห็นความเป็นสามมิติ (modelling)” แสงสว่างแบบมีทิศทางสำหรับงานที่ใช้สายตาอาจมีผลต่อความสามารถในการมองเห็น

3.5.2 การมองเห็นความเป็นสามมิติ

การมองเห็นความเป็นสามมิติเกิดจากความสมดุลระหว่างแสงสว่างแบบกระจายและแบบมีทิศทาง และเป็นเกณฑ์คุณภาพแสงสว่างที่สามารถประยุกต์ใช้ได้ในทุก ๆ งาน การส่องสว่างที่มีคุณภาพควรจะส่องวัตถุให้เห็นรูปทรง/ลักษณะพื้นผิวอย่างชัดเจนและ

น่าพึงพอใจ ซึ่งจะเกิดขึ้นได้เมื่อมีแสงส่องมาจากด้านหลัก เพื่อให้เกิดเงาซึ่งเป็นสิ่งจำเป็นต่อการมองเห็นความเป็นสามมิติ อย่างไรก็ตามแสงสว่างแบบมีทิศทางไม่ควรจะมีความเข้มมากจนทำให้เกิดเงาชัดเกินไป

3.5.3 แสงแบบมีทิศทางสำหรับงานที่ใช้สายตา

การให้แสงจากทิศทางหนึ่ง ๆ สามารถเผยให้เห็นรายละเอียดของงานที่ใช้สายตา โดยควรมีการพิจารณาลักษณะพื้นผิวและคุณสมบัติการสะท้อนแสงของวัสดุ ซึ่งจะช่วยทำให้การมองเห็นดีขึ้นและสามารถทำงานได้ง่ายขึ้น

3.6 สีของแสงขาว

คุณภาพของแสงขาว หรือแสงที่เป็นแบบเดียวกับแสงธรรมชาติ สามารถกำหนดได้ด้วยคุณลักษณะสองประการซึ่งต้องพิจารณาแยกกัน คือ

- ลักษณะสีปรากฏ (color appearance) ของแสง
- ความสามารถในการทำให้สีวัตถุปรากฏ (color rendering)

3.6.1 ลักษณะสีปรากฏ

ลักษณะสีปรากฏของหลอดไฟหมายถึงลักษณะสีของแสงที่เปล่งออกมาสามารถอธิบายในเชิงปริมาณได้โดยใช้ค่า “อุณหภูมิสีสหสัมพันธ์” (correlated color temperature, *CCT* หรือ T_{cp}) มีหน่วยเป็น เคลวิน (K) และอธิบายอย่างกว้าง ๆ ได้ดังนี้

ตารางที่ 5 กลุ่มของลักษณะสีปรากฏ

ลักษณะสีปรากฏ	อุณหภูมิสีสหสัมพันธ์
อุ่น	ต่ำกว่า 3300 K
ปานกลาง	ระหว่าง 3300 ถึง 5300 K
เย็น	สูงกว่า 5300 K

2200 K 4000 K 6500 K

รูปที่ 5 ตัวอย่างลักษณะสีปรากฏและอุณหภูมิสีสหสัมพันธ์

การเลือกลักษณะสีปรากฏเป็นเรื่องทางด้านจิตวิทยา ความสวยงาม ความเป็นธรรมชาติ และควรต้องพิจารณาความสามารถในการมองเห็นของมนุษย์ภายใต้สภาพแวดล้อมที่มีระดับความสว่างต่าง ๆ กัน (รายละเอียดในภาคผนวก ค) นอกจากนี้การเลือกใช้ลักษณะสีปรากฏยังต้องพิจารณาผลกระทบต่อสุขภาพและความเป็นอยู่ของผู้คนในบริเวณโดยรอบ เนื่องจากแสงที่มีลักษณะสีปรากฏเย็นมีแนวโน้มที่จะมีปริมาณแสงสีฟ้ามากกว่าแสงสีปรากฏอุ่นซึ่งแสงสีฟ้านี้เองจะส่งผลกระทบต่อคุณภาพการนอนหลับพักผ่อนของผู้คนและระบบนิเวศดังนั้นจึงจำเป็นต้องเลือกใช้แสงที่มีลักษณะสีปรากฏให้เหมาะกับลักษณะการใช้งานของพื้นที่นั้น ๆ เช่น การใช้แสงที่มีลักษณะสีปรากฏอุ่นในบริเวณย่านพักอาศัย หรือการใช้แสงที่มีลักษณะสีปรากฏเย็นในบริเวณย่านการค้า เป็นต้น

อย่างไรก็ตาม หลอดไฟต่างชนิดกันแม้ว่าจะมีลักษณะสีปรากฏแบบเดียวกัน แต่อาจมีปริมาณแสงสีฟ้าไม่เท่ากัน ผู้ออกแบบจึงควรศึกษาข้อมูลด้านเทคนิคของหลอดไฟเพื่อนำมาพิจารณาควบคู่กัน

3.6.2 ความสามารถในการทำให้สีวัตถุปรากฏ

ความสามารถในการทำให้เกิดสี (ของวัตถุ) ที่ดีนั้นช่วยเพิ่มความสามารถในการมองเห็น ทำให้สบายตาและรู้สึกดี วัตถุและสิ่งแวดล้อมจะต้องทำให้ปรากฏสีที่ถูกต้อง (เท่าที่สามารถทำได้) สีผิวมนุษย์จะต้องดูเป็นธรรมชาติ แต่อาจผ่อนปรนได้บ้างสำหรับพื้นที่ทำงานภายนอกอาคาร ตัวชี้วัดความสามารถในการทำให้เกิดสีได้แก่ “ดัชนีความถูกต้องของสี” (color rendering index, *CRI* หรือ R_a) ซึ่งมีค่าสูงสุดคือ 100

CRI 60 *CRI* 70 *CRI* 80

รูปที่ 6 แสดงตัวอย่างสีของวัตถุที่เห็นภายใต้แสงที่มีค่าดัชนีความถูกต้องของสีต่าง ๆ กัน

โดยดัชนีความถูกต้องของสีที่เหมาะสำหรับการใช้งานพื้นที่ชนิดต่าง ๆ ภายนอกอาคารงานหรือกิจกรรมต่าง ๆ ไม่ควรต่ำกว่าที่กำหนดไว้ในบทที่ 4

3.7 การกระเพื่อมและปรากฏการณ์สโตรโบสโคป (flicker and stroboscopic effects)

การกระเพื่อมของแสงเป็นสาเหตุทำให้เสียสมาธิ และมีผลทางสรีรวิทยา เช่น ปวดศีรษะ ในขณะที่ปรากฏการณ์สโตรโบสโคปอาจนำไปสู่สถานการณ์ที่เป็นอันตราย เนื่องจากทำให้การรับรู้ความเคลื่อนไหวเปลี่ยนไป เช่น เครื่องจักรที่กำลังหมุนด้วยความถี่ที่สัมพันธ์กับความถี่แสง ทำให้ดูเหมือนหมุนย้อนกลับหรือหยุดนิ่ง

ดังนั้นการออกแบบระบบส่องสว่างต้องหลีกเลี่ยงไม่ให้เกิดการกระเพื่อมของแสงและปรากฏการณ์สโตรโบสโคป โดยวิธีการเช่น การใช้หลอดไฟที่ทำงานด้วยความถี่สูง (เช่น หลอดฟลูออเรสเซนต์ที่ทำงานร่วมกับบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์หรือหลอดแอลอีดีความถี่สูง)

หมายเหตุ1 แม้ว่าหลอดแอลอีดีจะทำงานด้วยไฟฟ้ากระแสตรง แต่วงจรขับกระแส (driver) ของแอลอีดีบางชนิดถูกออกแบบให้จ่ายกระแสไฟฟ้าที่ไม่ราบเรียบและมีความถี่อันอาจทำให้เกิดปัญหาการกระเพื่อมของแสงและปรากฏการณ์สโครโบสโคป

หมายเหตุ 2 รายงานด้านเทคนิค CIE TN 006:2016 แนะนำตัวชี้วัดโดยใช้ค่าของ Short-term flicker severity (P_{st}) ในการกำหนดคุณภาพแสงด้านการกระเพื่อมของแสง และค่า Stroboscopic effect visibility measure (SVM) สำหรับปรากฏการณ์สโตรโบสโคป อย่างไรก็ตาม ทั้งสองค่าประยุกต์ใช้สำหรับการส่องสว่างภายในอาคารเท่านั้น

3.8 ตัวประกอบการบำรุงรักษา

ค่าความส่องสว่างที่กำหนดให้สำหรับงานแต่ละประเภทเป็นระดับความส่องสว่างที่ต้องคงไว้ ดังนั้นในการออกแบบการส่องสว่างต้องนำตัวประกอบการบำรุงรักษารวม (overall maintenance factor) มาใช้ในการคำนวณ ค่าตัวประกอบของการบำรุงรักษานี้ขึ้นกับคุณลักษณะของอุปกรณ์ที่ใช้ (หลอดไฟและโคมไฟ) สภาพแวดล้อมการใช้งาน และการบำรุงรักษา ซึ่งสามารถคำนวณได้จากสูตร

$$MF = LLMF \times LSF \times LMF$$

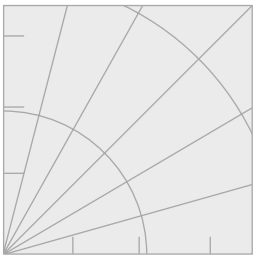
โดย

MF คือ ตัวประกอบการบำรุงรักษา (Maintenance Factor)

LLMF คือ ตัวประกอบค่าดำรงลูเมนของหลอดไฟ (Lamp Lumen Maintenance Factor) แสดงถึงค่าลูเมนของหลอดไฟที่ลดลงตามอายุการใช้งาน

LSF คือ ตัวประกอบการอยู่รอดของหลอดไฟ (Lamp Survival Factor) แสดงถึงอัตราการอยู่รอดของหลอดไฟ

LMF คือ ตัวประกอบการบำรุงรักษาของโคมไฟ (Luminaire Maintenance Factor) ซึ่งขึ้นกับการเสื่อมสภาพของอุปกรณ์ควบคุมแสงและสภาพแวดล้อมการใช้งาน โดยได้ให้แนวทางไว้ในตารางที่ 6



ตารางที่ 6 แนวทางการกำหนดค่าตัวประกอบการบำรุงรักษาของโคมไฟ (*LMF*)

ระดับการป้องกันฝุ่น-น้ำ (IP) ของส่วนควบคุมแสงของโคมไฟ	ระดับมลภาวะ	รอบระยะเวลาการบำรุงรักษา (ปี)				
		1	1.5	2	2.5	3
IP2x	สูง	0.53	0.48	0.45	0.43	0.42
	ปานกลาง	0.62	0.58	0.56	0.54	0.53
	ต่ำ	0.82	0.80	0.79	0.78	0.78
IP5x	สูง	0.89	0.87	0.84	0.80	0.76
	ปานกลาง	0.90	0.88	0.86	0.84	0.82
	ต่ำ	0.92	0.91	0.90	0.89	0.88
IP6x	สูง	0.91	0.90	0.88	0.85	0.83
	ปานกลาง	0.92	0.91	0.89	0.88	0.87
	ต่ำ	0.93	0.92	0.91	0.90	0.90

คำจำกัดความของระดับมลภาวะ

สูง มีฝุ่นหรือควันที่เกิดจากกิจกรรมใกล้ ๆ ในบริเวณรอบ ๆ โคมไฟเป็นประจำ

ปานกลาง มีกิจกรรมที่ทำให้เกิดฝุ่นหรือควันอยู่ในบริเวณใกล้ ๆ ในระดับปานกลาง เช่น บริเวณที่มีการจราจรปานกลางถึงหนาแน่น ระดับฝุ่นละอองในอากาศไม่เกิน 150 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร

ต่ำ ไม่มีกิจกรรมที่ทำให้เกิดฝุ่นหรือควันอยู่ในบริเวณใกล้ ๆ และมีสิ่งเจือปนในอากาศระดับต่ำ เช่น บริเวณที่มีการจราจรเบาบาง โดยทั่วไปจำกัดอยู่ในเขตพักอาศัยหรือชนบท ระดับฝุ่นละอองในอากาศไม่เกิน 50 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร

(อ้างอิง CIE 154:2003 ตารางที่ 3.3)

ตัวอย่างการคำนวณค่าตัวประกอบการบำรุงรักษาเมื่อใช้อุปกรณ์และสภาพแวดล้อมการใช้งานต่าง ๆ กัน ดังตารางที่ 7

ตารางที่ 7 ตัวอย่างการคำนวณค่าตัวประกอบการบำรุงรักษา

อุปกรณ์	**โคมไฟถนน หลอดโซเดียม, IP65**	**โคมไฟถนน LED, IP65 L70 = 50,000 ชั่วโมง**	**โคมไฟถนน LED, IP65 L70 = 50,000 ชั่วโมง**
สภาพแวดล้อม	ระดับมลภาวะปานกลาง	ระดับมลภาวะปานกลาง	ระดับมลภาวะสูง
การใช้งาน	วันละ 10 ชั่วโมง (3,650 ชั่วโมง/ปี)	วันละ 10 ชั่วโมง (3,650 ชั่วโมง/ปี)	วันละ 10 ชั่วโมง (3,650 ชั่วโมง/ปี)
รอบระยะเวลาการบำรุงรักษา	3 ปี	3 ปี	3 ปี
ตัวประกอบค่าดำรงลูเมนของหลอดไฟ (*LLMF*)	0.9	0.93	0.93
ตัวประกอบการอยู่รอดของหลอดไฟ (*LSF*)	0.9	0.99	0.99
ตัวประกอบการบำรุงรักษาของโคมไฟ (*LMF*)	0.87	0.87	0.83
ตัวประกอบการบำรุงรักษา (*MF*) รวม	0.9 x 0.9 x 0.87 = 0.7	0.93 x 0.99 x 0.87 = 0.8	0.93 x 0.99 x 0.83 = 0.76

ในการออกแบบ ผู้ออกแบบควรต้อง

- ระบุค่าตัวประกอบการบำรุงรักษา พร้อมทั้งรายการสมมติฐานทั้งหมดถึงที่มาของค่าตัวประกอบการบำรุงรักษาที่ใช้
- กำหนดหลอดไฟ โคมไฟและอุปกรณ์ประกอบให้เหมาะกับสภาพการใช้งาน
- จัดทำตารางกำหนดการบำรุงรักษา ความถี่ในการเปลี่ยนหลอดไฟ การทำความสะอาดโคมไฟพร้อมทั้งวิธีการทำความสะอาดที่เหมาะสม

นอกจากนี้ การพิจารณาใช้ระบบการส่องสว่างอัจฉริยะ (รายละเอียดในภาคผนวก ข) ที่สามารถติดตามการทำงานและเก็บข้อมูลการใช้งานของหลอดไฟ/โคมไฟจะช่วยให้สามารถนำข้อมูลมาใช้ในการวางแผนการบำรุงรักษาได้อย่างมีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น

3.9 การพิจารณาด้านพลังงาน

การออกแบบการส่องสว่างต้องให้มีเกณฑ์การส่องสว่างเป็นไปตามที่ต้องการ และมีการใช้พลังงานอย่างเหมาะสม ในการประหยัดพลังงานต้องไม่ทำโดยลดคุณภาพเกณฑ์การส่องสว่าง เนื่องจากเกณฑ์ที่กำหนดไว้นี้เป็นค่าเฉลี่ยต่ำสุดที่ต้องคงไว้ การประหยัดพลังงานสามารถทำได้โดยประยุกต์ใช้วิธีการต่าง ๆ ดังนี้

1) การเลือกใช้อุปกรณ์ที่มีประสิทธิภาพสูง สามารถพิจารณาได้จากอุปกรณ์ที่ผ่านการรับรองมาตรฐาน ผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (มอก.) หรือพิจารณาจากฉลากประสิทธิภาพพลังงาน (Energy Label) เช่น ฉลากเบอร์ 5 ของการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย ซึ่งปัจจุบันได้ครอบคลุมผลิตภัณฑ์ไฟฟ้าส่องสว่างอยู่หลายรายการ

ตารางที่ 8 เกณฑ์ด้านประสิทธิภาพพลังงานและผลิตภัณฑ์ไฟฟ้าส่องสว่างที่ครอบคลุม

เกณฑ์	ผลิตภัณฑ์ที่ครอบคลุม
มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม	- มอก. 2237-2557 บัลลาสต์สำหรับหลอดฟลูออเรสเซนซ์ : คุณลักษณะที่ต้องการด้านประสิทธิภาพพลังงาน - มอก. 2309-2556 หลอดฟลูออเรสเซนซ์ขั้วคู่ คุณลักษณะที่ต้องการด้านประสิทธิภาพพลังงาน - มอก. 2310-2556 หลอดมีบัลลาสต์ในตัวสำหรับการให้แสงสว่างทั่วไป - คุณลักษณะที่ต้องการด้านประสิทธิภาพพลังงาน - มอก. 2334-2557 หลอดฟลูออเรสเซนซ์ขั้วเดี่ยว - คุณลักษณะที่ต้องการด้านประสิทธิภาพพลังงาน
กฎกระทรวงพลังงาน	- กำหนดบัลลาสต์ขดลวดที่มีประสิทธิภาพสูงสำหรับหลอดฟลูออเรสเซนซ์ พ.ศ. 2558 - กำหนดโคมไฟฟ้าสำหรับการอนุรักษ์พลังงานสำหรับหลอดฟลูออเรสเซนซ์ขั้วคู่ พ.ศ. 2558
ฉลากประสิทธิภาพพลังงาน (ฉลากเบอร์ 5) ของการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย	- หลอดฟลูออเรสเซนซ์ชนิดแท่งตรง T5 - หลอดคอมแพกต์ฟลูออเรสเซนซ์ชนิดบัลลาสต์ในตัว - หลอด LED - ชนิด MR16 - ชนิด PAR30/38 - ชนิดแท่งตรง (Tube) - ชนิดขั้วเกลียว E27 (แบบไม่บังคับทิศทางแสง) - โคม LED ไฮเบย์/โลว์เบย์

2) การเลือกใช้โคมไฟที่มีลักษณะการกระจายแสงที่เหมาะกับลักษณะของพื้นที่ และจัดวางอย่างเหมาะสมควบคุมให้แสงส่องลงบนพื้นที่ที่ต้องการอย่างมีประสิทธิภาพและเกิดความสูญเสียน้อยที่สุด

3) การประยุกต์ใช้ระบบแสงสว่างที่สามารถปรับได้ (adaptive lighting) เพื่อควบคุมการส่องสว่างให้เหมาะสมกับการใช้งานในแต่ละช่วงเวลา เนื่องจากในแต่ละช่วงเวลาอาจมีความต้องการแสงสว่างแตกต่างกัน เช่น การส่องสว่างสำหรับถนนในช่วงหัวค่ำที่มีการจราจรคับคั่งจะมีความต้องการระดับความสว่างสูงกว่าถนนในช่วงดึกที่มีการจราจรเบาบางหลักแนวคิดนี้สามารถนำไปประยุกต์ใช้กับพื้นที่อื่น ๆ ได้เช่นเดียวกัน โดยไม่ถือว่าเป็นการลดคุณภาพเกณฑ์การส่องสว่างการประยุกต์ใช้ระบบแสงสว่างที่สามารถปรับได้นี้นอกจากจะช่วยประหยัดพลังงานแล้วยังช่วยลดแสงรบกวนและผลกระทบต่อผู้อาศัยใกล้เคียงและสิ่งแวดล้อมอีกด้วย

4) การวางแผนการบำรุงรักษาที่เหมาะสม จะช่วยให้การกำหนดค่าตัวประกอบการบำรุงรักษาเป็นไปอย่างสมเหตุสมผลโดยไม่จำเป็นต้องออกแบบการส่องสว่างเผื่อไว้มากจนเกินไปจึงทำให้การใช้พลังงานเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ

3.10 ความยั่งยืน

ในการออกแบบและเลือกระบบส่องสว่างที่เหมาะสมควรต้องคำนึงถึงความยั่งยืน โดยต้องให้สมดุลกันทั้งในด้านสิ่งแวดล้อมควบคู่กับด้านอื่น ๆ เช่น ความปลอดภัยและสุขภาพ คุณลักษณะที่ต้องการด้านเทคนิค คุณภาพ สมรรถนะ และความคุ้มค่าในเชิงเศรษฐศาสตร์

การพิจารณาด้านสิ่งแวดล้อม เป็นการมุ่งเพื่อที่จะลดผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมตลอดทั้งวัฏจักรของผลิตภัณฑ์ ตั้งแต่การผลิต การขนส่ง การใช้งาน การนำมาใช้ใหม่ ไปจนถึงการกำจัดทำลาย ตัวอย่างเช่น การพิจารณา จากค่าคาร์บอนฟุตพริ้นต์ (carbon foot print) ซึ่งเป็นค่าที่บอกว่าตลอดอายุการใช้งานของผลิตภัณฑ์หนึ่ง ๆ สร้างผลกระทบเทียบเท่ากับการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เพียงใด และการพิจารณาผลกระทบต่อระบบนิเวศรอบ ๆ บริเวณที่มีการส่องสว่างซึ่งควรพิจารณาแบบองค์รวม เช่น การส่องสว่างภายในชุมชน การเลือกใช้โคมไฟและการติดตั้งที่มีคุณภาพ การควบคุมแสงที่ดีไม่ก่อให้เกิดแสงจ้ารบกวนชุมชน รวมถึงการบำรุงรักษาอย่างสม่ำเสมอ แม้ว่าอาจมีราคาการลงทุนที่สูงกว่าปกติแต่จะลดข้อร้องเรียนจากแสงรบกวนที่อาจกระทบต่อสุขภาพและคุณภาพชีวิตของคนในชุมชน นอกจากนี้ยังส่งเสริมให้ผู้คนมาใช้พื้นที่ในยามค่ำคืนมากขึ้น เกิดทัศนคติที่ดีในชุมชน

3.11 แสงสว่างเพื่อความปลอดภัยในสถานการณ์ฉุกเฉิน

การออกแบบการส่องสว่างเพื่อให้เกิดความปลอดภัยในสถานการณ์ฉุกเฉินนี้ ควรต้องพิจารณาตั้งแต่ต้นของกระบวนการออกแบบ เพื่อจัดเตรียมแหล่งจ่ายไฟฟ้าสำรองเพื่อจ่ายไฟให้กับวงจรไฟแสงสว่างบางส่วน เมื่อเกิดสถานการณ์ฉุกเฉินที่แหล่งจ่ายไฟฟ้าหลักไม่สามารถทำงานได้ แหล่งจ่ายไฟฟ้าสำรองนี้อาจเป็น เครื่องปั่นไฟ แบตเตอรี่ หรือแหล่งพลังงานทางเลือกอื่น ๆ (เช่น แผงโซล่าร์เซลล์) และต้องตรวจสอบให้มี ความพร้อมใช้งานอยู่เสมอ โดยหากไม่สามารถจัดเตรียมระบบไฟฟ้าสำรองได้ทั้งหมด แนะนำให้กำหนด วงจรบางส่วนจากวงจรปกติเป็นวงจรไฟฉุกเฉิน โดยมีแนวทางในการกำหนดวงจรไฟฉุกเฉินดังนี้

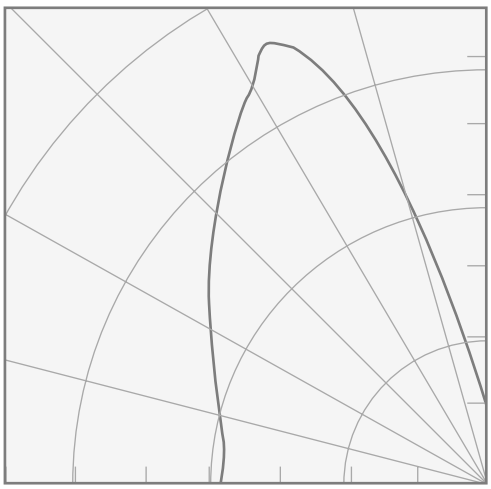
1) พื้นที่ที่เป็นแกนทางเดินหลัก เพื่อให้ผู้ใช้สอยได้สัญจรไปยังจุดหมาย เช่น ทางที่นำไปยังทางออก โดยหากมีการใช้สอยทั้งยานพาหนะและคนเดินเท้า ต้องให้ความส่องสว่างต่อผู้ใช้สอยเพียงพอที่จะสังเกตเห็นทางและผู้ร่วมใช้ทางได้อย่างชัดเจน

2) บริเวณที่มีการเปลี่ยนแปลงระดับ มีการซ่อมบำรุง หรือมีสิ่งกีดขวาง เช่น ขอบพื้นดินกับพื้นน้ำการเปลี่ยนระดับพื้น บันได สะพาน การขุดเจาะซ่อมท่อ บ่อ และสิ่งกีดขวางหรือบริเวณที่อาจเกิดอุบัติเหตุ

3) บริเวณที่มีการข้ามผ่านหรือตัดกันของเส้นทาง ตั้งแต่ 2 ทางขึ้นไป

4) ประตูทางออก ไฟฉุกเฉินควรสว่างและอยู่ในตำแหน่งสูงกว่าระดับความสูงของมนุษย์ เพื่อให้มองเห็นได้จากในระยะไกล ว่าจะต้องไปในทิศทางใด

แสงสว่างฉุกเฉินควรต้องสว่างเพียงพอที่จะให้เห็นสิ่งต่าง ๆ และสามารถระบุจดจำใบหน้าอย่างคร่าว ๆ รวมถึงเพื่อให้เห็นการเคลื่อนไหวของบุคคลอื่น เพื่อป้องกันการชน อุบัติเหตุหรือบุคคลผู้ไม่ประสงค์ดีที่จะเข้ามาทำร้าย ระดับความส่องสว่างโดยทั่ว ๆ ไปควรจัดเตรียมให้มีค่าไม่น้อยกว่า 0.1 ลักซ์ ซึ่งค่านี้เทียบได้กับค่าความส่องสว่างจากแสงจันทร์ในคืนพระจันทร์เต็มดวง ณ พื้นที่เปิดโดยที่แสงสว่างนั้นอาจจะไม่จำเป็นต้องสว่างทั่วถึงอย่างต่อเนื่อง เพียงแต่ให้มีลักษณะมองเห็นเป็นแนวทางนำไปสู่ทางออกได้ เช่น อาจมีการวางในตำแหน่งที่ห่างกัน ทุก ๆ 2 เมตร ไปจนถึงทางออก



บทที่ 4
ตารางเกณฑ์คุณภาพแสงสว่างที่ต้องการ

เกณฑ์คุณภาพแสงสว่างดังต่อไปนี้เป็นคำแนะนำสำหรับพื้นที่ทำงานและกิจกรรมที่หลากหลาย ซึ่งอาจอยู่ในแนวระนาบ แนวตั้ง หรือแนวเอียง ขึ้นอยู่กับลักษณะงาน

โดย - คอลัมน์ที่ 1 เป็นรายการชนิดของงานหรือกิจกรรมภายนอกอาคาร

- คอลัมน์ที่ 2 เป็นค่าความส่องสว่างเฉลี่ยขั้นต่ำ หรือ $\bar{E}_m$ ซึ่งต้องคงไว้ไม่ให้ต่ำกว่าค่านี้

- คอลัมน์ที่ 3 เป็นค่าความสม่ำเสมอของความส่องสว่าง หรือ U_o ซึ่งต้องคงไว้ไม่ให้ต่ำกว่านี้

- คอลัมน์ที่ 4 เป็นค่าจำกัดพิกัดแสงจ้าหรือ GR_L ซึ่งต้องไม่ให้เกินกว่าค่านี้

- คอลัมน์ที่ 5 เป็นค่าดัชนีความถูกต้องของสีต่ำสุดหรือ R_a

- คอลัมน์ที่ 6 แสดงคำแนะนำ ข้อยกเว้น และงานพิเศษของสถานการณ์ในคอลัมน์ที่ 1

ชนิดของงานหรือกิจกรรมภายนอก	$\bar{E}_m$ (ลักซ์)	U_o	GR_L	R_a	**คำแนะนำเพิ่มเติม**
1. สถานที่สัญจรทั่วไปภายนอกอาคาร					
ทางเท้าที่ไม่มีพาหนะผ่าน	5	0.25	50	20	
ทางเท้าที่มีพาหนะความเร็วต่ำผ่าน (ไม่เกิน 10 กิโลเมตรต่อชั่วโมง) เช่น รถจักรยาน รถเข็น	10	0.25	50	20	
ทางเท้าที่มีพาหนะความเร็วปานกลางผ่าน (ไม่เกิน 40 กิโลเมตรต่อชั่วโมง) รวมถึงป้ายรถเมล์และที่จอดรถแท็กซี่	20	0.40	45	20	ยกเว้น บริเวณอู่ต่อเรือและท่าเทียบเรือที่ค่า GR_L อาจเป็น 50
ทางม้าลาย จุดกลับรถ และจุดขนถ่ายสินค้า	30	0.40	50	20	
ถนน					ดูมาตรฐาน/ข้อกำหนดไฟถนนที่เกี่ยวข้อง

ชนิดของงานหรือกิจกรรมภายนอก	$\bar{E}_m$ (ลักซ์)	U_o	GR_L	R_a	คำแนะนำเพิ่มเติม
2. สนามบิน					
					1. หลีกเลี่ยงการหันทิศทางของแสงไปยังหอควบคุมการบิน และอากาศยานที่กำลังร่อนลงจอดโดยตรง 2. จำกัดแสงโดยตรงจากโคมไฟสาดแสงที่ส่องขึ้นเหนือแนวระนาบให้อยู่ในระดับต่ำที่สุด
ลานจอดอากาศยาน	20	0.10	55	20	ถ้าสนามบินอยู่ภายใต้ข้อกำหนดของ ICAO ให้ใช้ตามข้อกำหนดนั้น
ลานเทียบอากาศยาน	30	0.20	50	40	
พื้นที่ขนถ่ายสัมภาระ	30	0.20	50	40	
ลานเติมเชื้อเพลิง	50	0.20	50	40	
พื้นที่ซ่อมบำรุงอากาศยาน	200	0.50	45	60	
3. เขตพื้นที่ก่อสร้าง					
พื้นที่ว่างในเขตก่อสร้างพื้นที่ที่มีการขุดบริเวณขนถ่ายวัสดุ	20	0.25	55	20	
พื้นที่ก่อสร้างพื้นที่ติดตั้งท่อน้ำทิ้งทางสัญจรภายในบริเวณก่อสร้างบริเวณเก็บวัสดุ	50	0.40	50	20	

ชนิดของงานหรือกิจกรรมภายนอก	$\bar{E}_m$ (ลักซ์)	U_o	GR_L	R_a	คำแนะนำเพิ่มเติม
งานติดตั้งส่วนประกอบโครงสร้าง งานบีบอัดเบา งานติดตั้งแท่นและโครงไม้ งานเดินท่อและสายไฟ	100	0.40	45	40	
งานเชื่อมส่วนประกอบ งานติดตั้งเครื่องจักรและท่อ	200	0.50	45	40	
4. คลอง ประตูระบายน้ำ ท่าเทียบเรือ ที่จอดเรือ					
ท่าขึ้น/ลงเรือ	10	0.25	50	20	
ทางเดินไปยังท่าขึ้น/ลงเรือ	10	0.25	50	20	
ท่าเทียบเรือ ที่จอดเรือ	20	0.25	55	20	
พื้นที่จัดเก็บและขนถ่ายสินค้า	30	0.25	55	20	
พื้นที่ผู้โดยสาร	50	0.40	50	20	
พื้นที่ต่อเชื่อมสายท่อ และเชือก	50	0.40	50	20	
ทางเดิน ทางขับที่อันตราย	50	0.40	45	20	
5. สถานที่กลางแจ้งสำหรับการเกษตรและปศุสัตว์					
บริเวณรอบโรงนา	20	0.10	55	20	
บริเวณโรงเก็บเครื่องมือ	50	0.20	55	20	
บริเวณรอบคอกปศุสัตว์	50	0.20	50	40	
6. สถานีบริการเชื้อเพลิง					
บริเวณที่จอดรถและพื้นที่เก็บของ	5	0.25	50	20	
ทางเข้า-ทางออก ของสถานีบริการนอกเมือง (ที่ไม่มีแสงสว่างจากแหล่งอื่น)	20	0.40	45	20	

ชนิดของงานหรือกิจกรรมภายนอก	$\bar{E}_m$ (ลักซ์)	U_o	GR_L	R_a	คำแนะนำเพิ่มเติม
บริเวณเติมลมยาง ตรวจวัดระดับน้ำ และบริการอื่นๆ	150	0.40	45	40	
บริเวณหัวจ่ายเชื้อเพลิง	150	0.40	45	40	
7. พื้นที่ภายนอกอาคารและพื้นที่เก็บสินค้าภายนอกอาคารสำหรับโรงงานอุตสาหกรรม					
พื้นที่จัดเก็บชิ้นส่วนและวัตถุดิบขนาดใหญ่ชั่วคราว พื้นที่ขนถ่ายสินค้าขนาดใหญ่	20	0.25	55	20	
พื้นที่จัดเก็บชิ้นส่วน และวัตถุดิบขนาดใหญ่อย่างต่อเนื่อง พื้นที่ขนถ่ายสินค้าการยกและวางโดยใช้เครน ชานชาลาขนถ่ายไม่มีหลังคา	50	0.40	50	20	
งานอ่าน ชานชาลาขนถ่ายมีหลังคา งานใช้เครื่องมือ งานหล่อและเสริมแรงคอนกรีต (ในโรงงานคอนกรีต)	100	0.50	45	20	
พื้นที่ที่มีการติดตั้งและตรวจสอบระบบไฟฟ้า เครื่องจักร และระบบท่อ	200	0.50	45	60	ใช้แสงสว่างเฉพาะที่ เช่น แสงจากไฟฉาย
8. แท่นขุดเจาะก๊าซและน้ำมันกลางทะเล					
พื้นผิวทะเลใต้แท่นขุดเจาะ	30	0.25	50	20	
บันไดพาด, บันได, ทางเดิน (บนแท่นขุดเจาะ)	100	0.25	45	20	บนผิวขั้นบันได

ชนิดของงานหรือกิจกรรมภายนอก	$\bar{E}_m$ (ลักซ์)	U_o	GR_L	R_a	คำแนะนำเพิ่มเติม
บริเวณท่าเทียบเรือ/บริเวณขนถ่ายของ (บนแท่นขุดเจาะ)	100	0.25	50	20	
ลานจอดเฮลิคอปเตอร์	100	0.40	45	20	1. หลีกเลี่ยงการหันทิศทางของแสงไปยังหอควบคุมการบินและอากาศยานที่กำลังร่อนลงจอดโดยตรง 2. จำกัดแสงโดยตรงจากโคมไฟสาดแสงที่ส่องขึ้นเหนือในแนวระนาบให้อยู่ในระดับต่ำที่สุด
โครงสร้างที่ใช้ในการขุดเจาะ (คล้ายปั้นจั่น) (derrick)	100	0.50	45	40	
บริเวณที่ทำการขุดเจาะ (treatment areas)	100	0.50	45	40	
พื้นที่วางท่อก้านเจาะ	150	0.50	45	40	
จุดที่ทำการตรวจวัดอัตราการไหลของน้ำมันและก๊าซ (test station) ตะแกรงกรองหินออกจากแท่นขุดเจาะ (shale shaker) หัวหลุมขุดเจาะ (wellhead)	200	0.50	45	40	
พื้นที่วางปั๊มน้ำมันดิบ	200	0.50	45	20	
พื้นที่เก็บเรือช่วยชีวิต	200	0.40	50	20	
พื้นที่ทำงานส่วนที่ทำการต่ออุปกรณ์ขุดเจาะและพื้นที่ทำงานบนปั้นจั่น (monkey board)	300	0.50	40	40	จำเป็นต้องระมัดระวังเป็นพิเศษเมื่อนำก้านเจาะเข้ามาต่อ
ห้องที่ใช้ในการผสมน้ำโคลนที่ใช้ในการขุดเจาะ การสุ่มตัวอย่างน้ำโคลนเพื่อนำมาทดสอบคุณสมบัติว่าตรงตามข้อกำหนดหรือไม่ (mud room)	300	0.50	40	40	

ชนิดของงานหรือกิจกรรมภายนอก	$\bar{E}_m$ (ลักซ์)	U_o	GR_L	R_a	คำแนะนำเพิ่มเติม
ปั๊มน้ำมันดิบ	300	0.50	45	40	
บริเวณโรงงานแยกน้ำมันดิบและก๊าซออกจากกัน	300	0.50	40	40	
จานหมุนก้านเจาะบนแท่นขุดเจาะ (rotary table)	500	0.50	40	40	
9. ลานจอดรถภายนอกอาคาร					
ลานจอดรถภายนอกอาคารที่มีการจราจรไม่หนาแน่น เช่น ที่จอดรถสำหรับร้านค้าและที่อยู่อาศัย	5	0.25	55	20	
ลานจอดรถภายนอกอาคารที่มีการจราจรหนาแน่นปานกลาง เช่น ห้างสรรพสินค้า อาคารสำนักงาน โรงงานอุตสาหกรรม สนามกีฬา และอาคารอเนกประสงค์	10	0.25	50	20	
ลานจอดรถภายนอกอาคารที่มีการจราจรหนาแน่น เช่น ที่จอดรถของโรงเรียน ศาสนสถาน ศูนย์การค้าขนาดใหญ่ ศูนย์กีฬาและอาคารอเนกประสงค์ขนาดใหญ่	20	0.25	50	20	
10. อุตสาหกรรมปิโตรเคมี และ อุตสาหกรรมอันตรายอื่น ๆ					
พื้นที่จัดเก็บเครื่องมือ การปรับวาวล์ด้วยมือ การเริ่มทำงาน/หยุดทำงานของมอเตอร์ การจุดเตาเผา	20	0.25	55	20	
งานเติม/ถ่ายสารที่ไม่มีความเสี่ยง งานตรวจสอบการรั่วซึม งานเกี่ยวกับท่อและงานบรรจุ	50	0.40	50	20	

ชนิดของงานหรือกิจกรรมภายนอก	$\bar{E}_m$ (ลักซ์)	U_o	GR_L	R_a	คำแนะนำเพิ่มเติม
งานเติม/ถ่ายสารอันตรายจากรถคอนเทน-เนอร์ งานเปลี่ยนปั๊ม งานบริการทั่วไป งานอ่านค่าเครื่องมือวัด	100	0.40	45	40	
พื้นที่ขนถ่ายเชื้อเพลิง	100	0.40	45	20	
ซ่อมเครื่องจักรและอุปกรณ์ไฟฟ้า	200	0.50	45	60	ใช้แสงสว่างเฉพาะที่ เช่น แสงจากไฟฉาย
11. อุตสาหกรรมพลังงาน ไฟฟ้า ก๊าซ และ ความร้อน					
ทางเดินในบริเวณที่มีความปลอดภัยทางไฟฟ้า	5	0.25	50	20	
พื้นที่จัดเก็บเครื่องมือ ถ่านหิน	20	0.25	55	20	
งานตรวจสอบทั่วไป	50	0.40	50	20	
งานบริการทั่วไป และการอ่านเครื่องมือวัด	100	0.40	45	40	
งานบริการและซ่อมบำรุงอุโมงค์ลม	100	0.40	45	40	
งานซ่อมแซมอุปกรณ์ไฟฟ้า	200	0.50	45	60	ใช้แสงสว่างเฉพาะที่ เช่น แสงจากไฟฉาย
12. รางรถไฟ รางรถราง และสถานี					
					หลีกเลี่ยงแสงจ้าที่จะเกิดกับผู้ขับขี่ยานพาหนะ
รางในสถานีผู้โดยสาร รวมถึงจุดจอดก่อนเทียบชานชาลา	10	0.25	50	20	$U_d \geq 1/8$
ลานจอดรถขนส่งสินค้า	10	0.40	50	20	$U_d \geq 1/5$
รางรถขนส่งสินค้า มีการทำงานชั่วคราว	10	0.25	50	20	$U_d \geq 1/8$

ชนิดของงานหรือกิจกรรมภายนอก	$\bar{E}_m$ (ลักซ์)	U_o	GR_L	R_a	คำแนะนำเพิ่มเติม
ชานชาลาไม่มีหลังคาในชนบทและท้องถิ่นที่มีผู้โดยสารจำนวนน้อย	15	0.25	50	20	1. จำเป็นต้องระมัดระวังเป็นพิเศษสำหรับขอบชานชาลา 2. $U_d \geq 1/8$
ทางเดิน	20	0.40	50	20	
ทางรถไฟผ่านถนนเสมอระดับ (level crossings)	20	0.40	45	20	
ชานชาลาไม่มีหลังคา ชานเมืองและหัวเมืองที่มีผู้โดยสารจำนวนมาก หรือสถานีบริการระหว่างเมืองที่มีผู้โดยสารจำนวนน้อย	20	0.40	45	20	1. จำเป็นต้องระมัดระวังเป็นพิเศษสำหรับขอบชานชาลา 2. $U_d \geq 1/5$
รางรถขนส่งสินค้าที่มีการทำงานต่อเนื่อง	20	0.40	50	20	$U_d \geq 1/5$
ชานชาลาไม่มีหลังคาในบริเวณขนส่งสินค้า	20	0.40	50	20	$U_d \geq 1/5$
รถซ่อมบำรุงและรถลาก	20	0.40	50	40	$U_d \geq 1/5$
บริเวณชุมทางรถไฟ	30	0.40	50	20	$U_d \geq 1/5$
บริเวณเชื่อมต่อขบวนรถ	30	0.40	45	20	$U_d \geq 1/5$
จุดจอด สถานีขนาดเล็กและขนาดใหญ่	50	0.40	45	40	
ชานชาลาไม่มีหลังคา สถานีบริการระหว่างเมือง	50	0.40	45	20	1. จำเป็นต้องระมัดระวังเป็นพิเศษสำหรับขอบชานชาลา 2. $U_d \geq 1/5$

ชนิดของงานหรือกิจกรรมภายนอก	$\bar{E}_m$ (ลักซ์)	U_o	GR_L	R_a	คำแนะนำเพิ่มเติม
ชานชาลามีหลังคา สถานีชานเมือง หัวเมือง หรือสถานีบริการระหว่างเมือง ที่มีผู้โดยสารจำนวนน้อย	50	0.40	45	40	1. จำเป็นต้องระมัดระวังเป็นพิเศษสำหรับขอบชานชาลา 2. $U_d \geq 1/5$
ชานชาลามีหลังคาในบริเวณบรรทุกสินค้า มีการทำงานชั่วคราว	50	0.40	45	20	
ชานชาลามีหลังคา สถานีบริการระหว่างเมือง	100	0.50	45	40	1. จำเป็นต้องระมัดระวังเป็นพิเศษสำหรับขอบชานชาลา 2. $U_d \geq 1/3$
จุดจอด สถานีขนาดใหญ่	100	0.50	45	40	$U_d \geq 1/5$
หลุมตรวจสอบ (inspection pit)	100	0.50	40	40	ใช้แสงสว่างเฉพาะที่แบบที่มีแสงจ้าต่ำ
13. โรงเลื่อยไม้					
พื้นที่จัดเก็บท่อนซุงบนพื้นดินและในน้ำ สายพานลำเลียงขี้เลื่อยและเศษไม้	20	0.25	55	20	
พื้นที่คัดแยกท่อนซุงบนพื้นดินและในน้ำ จุดขนถ่ายท่อนซุง ยกท่อนซุงสู่สายพานลำเลียง กองท่อนซุง	50	0.40	50	20	
งานอ่านหมายเลขและเครื่องหมายบนท่อนซุง	100	0.40	45	40	
งานคัดเกรดและบรรจุ	200	0.50	45	40	
งานลำเลียงเข้าสู่เครื่องปลอกเปลือกและตัด	300	0.50	45	40	

ชนิดของงานหรือกิจกรรมภายนอก	$\bar{E}_m$ (ลักซ์)	U_o	GR_L	R_a	คำแนะนำเพิ่มเติม
14. อู่ต่อเรือ					
แสงสว่างทั่วไปสำหรับบริเวณจอดเรือ บริเวณเก็บชิ้นส่วนสำเร็จรูป	20	0.25	55	40	
พื้นที่จัดเก็บชิ้นส่วนขนาดใหญ่ชั่วคราว	20	0.25	55	20	
งานทำความสะอาดลำเรือ	50	0.25	50	20	
งานทาสีและเชื่อมลำเรือ	100	0.40	45	60	
งานติดตั้งส่วนประกอบทางไฟฟ้าและทางกล	200	0.50	45	60	
15. โรงกรองน้ำและโรงบำบัดน้ำเสีย					
พื้นที่จัดเก็บเครื่องมือ การปรับวาวล์ด้วยมือ การเริ่มทำงาน/หยุดทำงานของมอเตอร์ งานเกี่ยวกับท่อและงานบรรจุการกรองขยะ	50	0.40	45	20	
พื้นที่การจัดเก็บสารเคมี ตรวจสอบการรั่วซึม เปลี่ยนปั๊ม งานซ่อมบำรุงทั่วไป งานอ่านค่าเครื่องมือวัด	100	0.40	45	40	
งานซ่อมมอเตอร์และอุปกรณ์ไฟฟ้า	200	0.50	45	60	

บทที่ 5
การตรวจวัด

การตรวจวัดแสงและค่าอื่นที่เกี่ยวข้องของระบบไฟฟ้าส่องสว่างภายนอกอาคาร มีจุดประสงค์เพื่อให้สามารถเปรียบเทียบผลที่ได้จากการติดตั้งจริงและผลจากการคำนวณ และเพื่อให้มั่นใจได้ว่าคุณภาพการส่องสว่างเป็นไปตามที่ต้องการ อย่างไรก็ตามในการวัดค่าทางแสงอาจมีปัจจัยต่าง ๆ ที่อาจทำให้ผลการวัดไม่แม่นยำ ซึ่งควรระวังและจำกัดผลจากปัจจัยเหล่านี้ให้เหลือน้อยที่สุด

5.1 ปัจจัยที่มีผลต่อการวัดแสง

5.1.1 การเสถียรของหลอดไฟ/โคมไฟ

หลอดไฟ/โคมไฟบางประเภท เช่น หลอดคายประจุ โคมไฟแอลอีดี ต้องใช้เวลาพอสมควรหลังจากเปิดไฟจนกระทั่งได้ปริมาณแสงคงที่ การวัดต้องทำในช่วงเวลาที่มั่นใจได้ว่าหลอดไฟ/โคมไฟทำงานได้เสถียรแล้ว

5.1.2 สภาพภูมิอากาศ

อุณหภูมิที่สูงหรือต่ำอาจมีผลต่อปริมาณแสงของหลอดไฟ/โคมไฟที่ไวต่ออุณหภูมิหรือมีผลต่อเครื่องมือวัด การกลั่นตัวของความชื้นบนตัวรับแสง (light sensor) หรือบนวงจรไฟฟ้าของเครื่องมือวัดอาจกระทบต่อความแม่นยำในการวัด ความเร็วลมสูงอาจทำให้ดวงโคมไฟฟ้าเกิดการแกว่งหรือทำให้เครื่องมือวัดสั่นไหว และอาจทำให้อุณหภูมิต่ำลงและมีผลต่อปริมาณแสง

5.1.3 แสงที่มาจากบริเวณโดยรอบและการบดบังแสง

เมื่อทำการวัดแสงของการติดตั้งระบบการส่องสว่างควรป้องกันแสงโดยตรงหรือแสงที่สะท้อนมาจากบริเวณโดยรอบ และควรเลือกพื้นที่สำหรับการวัดที่ปราศจากการบดบังของแสง เช่น เงา จากต้นไม้ รถที่จอดอยู่ สิ่งก่อสร้าง หรือวัตถุอื่น ๆ หากไม่สามารถหลีกเลี่ยงได้ควรบันทึกไว้ในรายงานการวัด

5.2 การวัดค่าที่ไม่ใช่ค่าทางแสง

5.2.1 ข้อมูลลักษณะการติดตั้งโคมไฟ

ควรบันทึกข้อมูลลักษณะการติดตั้งหน้างาน ได้แก่ ตำแหน่งและระยะห่างของการติดตั้ง ความสูงของการติดตั้ง มุมเงยของโคมไฟ การหันและการหมุนของโคมไฟ

5.2.2 ข้อมูลทางไฟฟ้า

ในระหว่างการวัดแสง ควรวัดแรงดันไฟฟ้า ณ ตำแหน่งที่ใกล้ตำแหน่งติดตั้งมากที่สุดที่เท่าที่เป็นไปได้และสังเกตอย่างต่อเนื่องหากแรงดันไฟฟ้ามีการเปลี่ยนแปลงอย่างผิดปกติให้บันทึกไว้ในรายงานถ้าเป็นไปได้ แนะนำให้ใช้มิเตอร์แรงดันไฟฟ้าที่สามารถบันทึกค่าได้

5.2.3 อุณหภูมิแวดล้อม

ในระหว่างการวัดแสง ควรวัดอุณหภูมิแวดล้อมที่ความสูง 1 เมตรจากระดับพื้น

5.3 การวัดแสง

5.3.1 การวัดความส่องสว่าง

การวัดความส่องสว่างสามารถทำได้โดยใช้มิเตอร์ความส่องสว่าง (illuminance meter) ที่มีสมรรถนะเหมาะสมสำหรับจุดประสงค์ในการวัด คำแนะนำเกี่ยวกับสมรรถนะของมิเตอร์ความส่องสว่างมีให้ไว้ใน CIE 53-1982 และ CIE 69-1987

การวัดความส่องสว่างแนวนอนและแนวตั้งต้องใช้หัววัดแสง (photometer head) สำหรับการวัดความส่องสว่างเชิงระนาบ ส่วนการวัดความส่องสว่างครึ่งทรงกระบอก (semi-cylindrical) และครึ่งทรงกลม (hemispherical) ต้องใช้หัววัดแสงที่ออกแบบเฉพาะสำหรับจุดประสงค์นี้

หัววัดแสงสำหรับการวัดความส่องสว่างเชิงระนาบ

หัววัดแสงสำหรับการวัดความส่องสว่างทรงกระบอก

หัววัดแสงสำหรับการวัดความส่องสว่างครึ่งทรงกลม

รูปที่ 7 หัววัดแสงชนิดต่าง ๆ

ต้องระมัดระวังไม่ให้ผู้ที่ทำการวัดบดบังแสงที่จะตกลงบนหัววัดแสง ด้วยเหตุนี้จึงแนะนำให้ใช้มิเตอร์ความส่องสว่างที่หัววัดแสงแยกจากตัวเครื่อง หรือใช้มิเตอร์ความส่องสว่างที่มีสายเคเบิลถือระยะไกล สายเคเบิล ต้องยาวเพียงพอที่จะให้ผู้สังเกตการณ์อยู่ในตำแหน่งที่ไม่ไปบดบังแสงที่ตกลงบนหัววัดแสง

หัววัดแสงต้องวางอยู่ในระดับความสูงและหันไปในทิศทาง ดังนี้

1) การวัดความส่องสว่างแนวนอนและความส่องสว่างครึ่งทรงกลม : ระนาบของพื้นผิวไวแสงของหัววัดแสงต้องอยู่ในแนวนอนและควรวางอยู่ที่ระดับความสูงของพื้นที่ทำงาน

2) การวัดความส่องสว่างบนระนาบแนวตั้งและความส่องสว่างครึ่งทรงกระบอก : จุดศูนย์กลางของพื้นผิวไวแสงของหัววัดแสงต้องอยู่ที่ 1.5 m เหนือระดับพื้น พื้นผิวไวของแสงของหัววัดแสงต้องอยู่ในแนวตั้งและหันไปในทิศทางที่ต้องการวัด

จุดวัดความส่องสว่างควรเป็นจุดเดียวกับที่คำนวณความส่องสว่าง (ตามข้อ 3.2.3) หรือในกรณีที่พื้นที่มีขนาดใหญ่จุดวัดความส่องสว่างอาจมีระยะห่างระหว่างจุดเป็น 2 เท่าของจุดคำนวณความส่องสว่างและกระจายทั่วทั้งพื้นที่

5.3.2 การวัดความสว่าง

แม้ว่าความสว่างจะเป็นเกณฑ์คุณภาพที่สำคัญ แต่การตรวจวัดเป็นไปด้วยความยากลำบาก เนื่องจากค่าความสว่างขึ้นกับปัจจัยหลากหลาย เช่น ทิศทางการมอง การสะท้อนแสงของพื้นผิวต่าง ๆ อีกทั้งลักษณะพื้นที่ภายนอกอาคารแต่ละแบบมีความแตกต่างกัน จึงแทบจะเป็นไปไม่ได้ในการกำหนดและควบคุมปัจจัยต่าง ๆ ข้างต้น

อย่างไรก็ตามในบางพื้นที่จำเป็นต้องมีการวัดความสว่าง เช่น ป้ายโฆษณา การวัดสามารถทำได้โดยใช้เครื่องวัดความสว่าง (luminance meter) หรือกล้องถ่ายภาพที่สามารถประมวลผลเป็นค่าความสว่าง วางอยู่ในตำแหน่งและหันทิศทางการวัดให้สอดคล้องกับการใช้งานพื้นที่ตามจริง

สำหรับการวัดความสว่างของไฟถนน มีวิธีการแนะนำไว้ในมาตรฐาน CIE 194 : 2011

เครื่องวัดความสว่าง

กล้องถ่ายภาพและประมวลผลความสว่างโดยคอมพิวเตอร์

รูปที่ 8 เครื่องมือที่ใช้ในการวัดความสว่าง

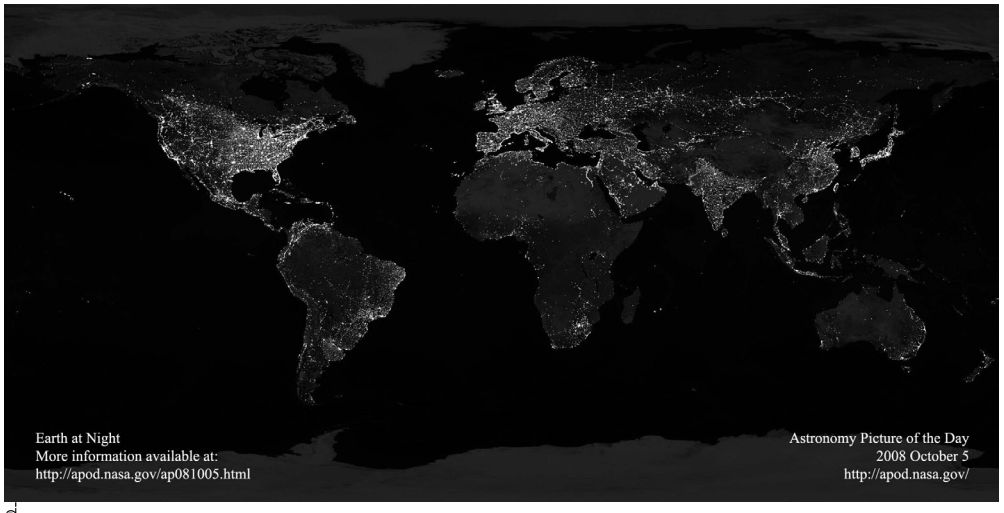
5.4 เครื่องมือวัด

เครื่องมือวัดทั้งหมดต้องผ่านการสอบเทียบภายในระยะเวลาไม่เกิน 1 ปี

ภาคผนวก ก
มลภาวะทางแสง

ในปัจจุบัน การส่องสว่างภายนอกอาคารเป็นสิ่งจำเป็นสำหรับการดำรงชีวิตประจำวันในสังคมเมือง เพื่อเพิ่มความปลอดภัย ส่งเสริมการพัฒนาทางเศรษฐกิจ และ/หรือเพื่อส่องเน้นพื้นที่ประวัติศาสตร์หรือสถานที่ที่เป็นจุดเด่นในเมือง เป็นต้น โดยเฉพาะเมืองที่มีการทำกิจกรรมตลอด 24 ชั่วโมง ยิ่งต้องการแสงสว่างสำหรับถนนและย่านกลางเมือง รูปที่ ก.1 เป็นภาพที่ประกอบขึ้น (composite image) โดยองค์การนาซา เพื่อแสดงให้เห็นปริมาณการใช้แสงสว่างที่สามารถมองเห็นได้บนผิวโลกในเวลากลางคืน บริเวณที่สว่างมากเป็นเขตที่มีประชากรอาศัยอยู่หนาแน่นจึงต้องการแสงภายนอกอาคารที่มากขึ้นด้วย

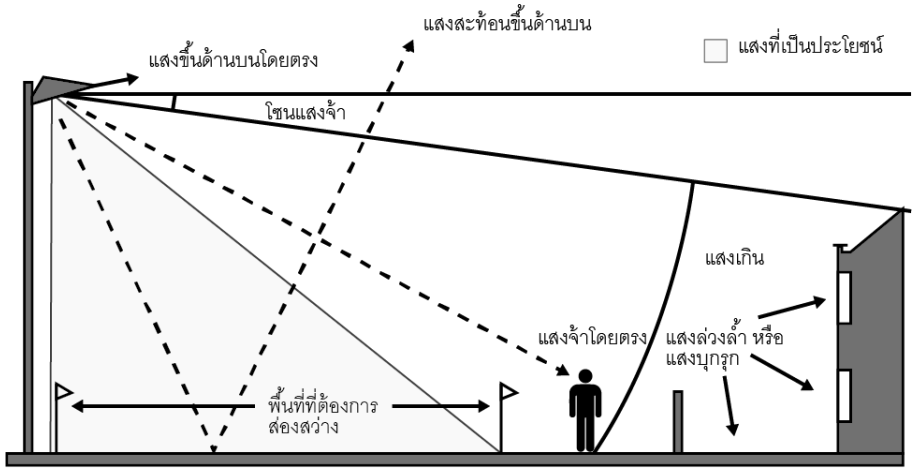
มลภาวะทางแสงเป็นผลพลอยได้ที่ไม่พึงประสงค์จากการส่องสว่างภายนอกอาคาร โดยเฉพาะเมื่อใช้โคมไฟที่ไม่มีประสิทธิภาพและให้ค่าความส่องสว่างสูงเกินไป เราสามารถลดผลกระทบจากมลภาวะทางแสงได้ด้วยการส่องเฉพาะสิ่งที่จำเป็น ในเวลาที่ต้องการ ด้วยค่าความส่องสว่างที่เหมาะสม การเลือกใช้โคมไฟและหลอดไฟที่มีประสิทธิภาพสูงจะทำให้ใช้พลังงานไฟฟ้าน้อยลงและลดปริมาณแสงที่จะสูญเสียไปเมื่อส่องไปในบริเวณที่ไม่จำเป็น



ที่มา : https://apod.nasa.gov/apod/ap081005.html

รูปที่ ก.1 ปริมาณการใช้แสงสว่างบนพื้นผิวโลกในเวลากลางคืน

มลภาวะทางแสงหมายรวมถึง แสงล่วงล้ำ (light trespass) แสงจ้าและท้องฟ้าเรือง รูปที่ ก.2 แสดงให้เห็นแสงสว่างที่ใช้ประโยชน์และมลภาวะทางแสงที่อาจเกิดขึ้นจากไฟส่องสว่างติดตั้งบนเสาที่ใช้กันทั่วไป



รูปที่ ก.2 ตัวอย่างแสงสว่างที่ใช้ประโยชน์และมลภาวะทางแสงที่อาจเกิดขึ้นจากโคมไฟถนน

แสงล่วงล้ำ

แสงล่วงล้ำเกิดจากแสงเกินที่ส่องเข้าไปในบริเวณที่ไม่ต้องการ บางครั้งแสงล่วงล้ำก็เป็นความรู้สึกของผู้มองและยากแก่การกำหนดขอบเขตหรือปริมาณความส่องสว่างที่จะจัดว่าเป็นแสงที่ไม่ต้องการ ตัวอย่างของแสงล่วงล้ำได้แก่ แสงเกินจากโคมไฟถนนหรือโคมฉายที่ส่องเข้าไปในหน้าต่างและภายในอาคารข้างเคียง ดังตัวอย่างในรูปที่ ก.3 ดังนั้นการปรับองศาของโคมไฟที่เหมาะสมและการติดตั้งอุปกรณ์บังแสง จะช่วยลดแสงล่วงล้ำในกรณีนี้ได้

รูปที่ ก.3 แสงล่วงล้ำที่เกิดจากโคมฉายส่องบริเวณที่ล้ำไปยังบ้านเรือนข้างเคียง

เราสามารถควบคุมหรือลดการเกิดแสงล่วงล้ำได้โดย

1) พิจารณาสภาพแวดล้อมของการติดตั้งตั้งแต่ขั้นตอนการออกแบบ และเลือกใช้ประเภทของโคมไฟ ตำแหน่งและทิศทางการติดตั้งเพื่อป้องกันไม่ให้มีแสงเกินไปสู่อาคารข้างเคียง

2) เลือกโคมไฟที่มีการควบคุมการกระจายความเข้มแสงที่เหมาะสม

3) ใช้โคมไฟที่มีการบังแสงที่ดี

4) หากใช้โคมฉาย ควรปรับมุมองศาให้ก้มต่ำ เพื่อให้แสงทั้งหมดส่องไปบนพื้นผิวที่ต้องการส่องเท่านั้น

ในการติดตั้งการส่องสว่างภายนอกอาคาร ควรจำกัดแสงที่ตกลงบนสิ่งปลูกสร้างรอบ ๆ พื้นที่ที่ต้องการส่องสว่างไม่ให้เกินค่าที่กำหนดในตารางที่ 3 (ดูบทที่ 3 ข้อ 3.4)

แสงจ้า

แสงจ้าเป็นความรู้สึกรบกวนหรือแสบตาจากแหล่งกำเนิดแสงที่มีความสว่างสูงเมื่อเทียบกับสภาพแวดล้อม ความรู้สึกรับรู้และความไวต่อแสงจ้าแปรเปลี่ยนไปได้ตามปัจจัยต่าง ๆ เช่น คนสูงอายุมักมีความไวต่อแสงจ้ามากกว่าคนอายุน้อย เพราะลักษณะดวงตาของคนสูงอายุมีเลนส์แก้วตาที่มีความขุ่นมากขึ้นทำให้แสงฟุ้งกระจายง่ายกว่าในดวงตาของคนอายุน้อย ดังนั้นการลดแสงจ้าจึงเป็นวิธีที่มีประสิทธิภาพในการปรับปรุงคุณภาพการส่องสว่างภายนอกอาคาร

รูปที่ ก.4 ตัวอย่างแสงจ้าที่อาจทำให้สูญเสียความสามารถในการมองหรือทำให้ไม่สบายตา

รูปที่ ก.5 ตัวอย่างการปรับปรุงคุณภาพแสงสว่างโดยการลดแสงจ้า

การควบคุมแสงจ้าสามารถทำได้โดยการเลือกใช้โคมไฟประเภทที่มีการควบคุมการกระจายแสงและบังคับทิศทางแสงอย่างเหมาะสมและติดตั้งให้พ้นจากบริเวณการมอง

แสงล่วงล้ำและแสงจ้าเป็นสิ่งที่ต้องพิจารณาเป็นพิเศษเมื่อติดตั้งโคมฉาย CIE ได้จัดทำแนวทางการออกแบบสำหรับการกำหนดตำแหน่งติดตั้งและการปรับมุมการส่อง โดยเป้าหมายสำคัญประการหนึ่งของการติดตั้งโคมฉายคือการป้องกันไม่ให้สามารถมองเห็นส่วนที่มีความสว่างสูงของโคมไฟได้โดยตรงจากตำแหน่งสำคัญที่ระดับสายตาจากอาคารข้างเคียง หากเป็นไปได้ควรมีการใช้อุปกรณ์เสริมสำหรับบังสายตา (shielding)

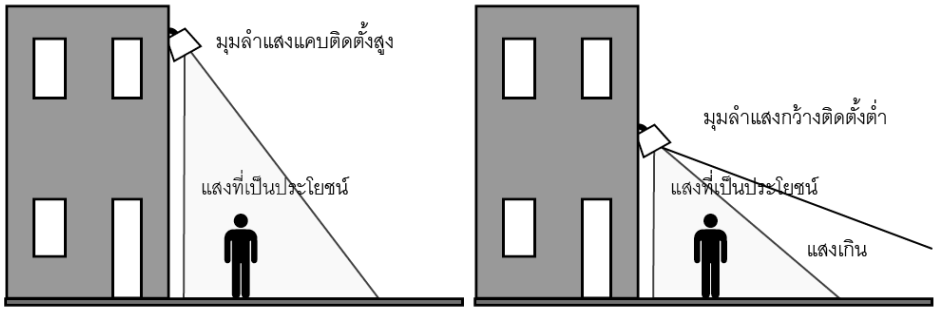
สำหรับการกำหนดความสูงเพื่อติดตั้งโคมไฟ CIE ได้เสนอให้พิจารณาปัจจัยต่อไปนี้

- การติดตั้งโคมฉายที่ตำแหน่งสูงมักมีประสิทธิภาพในการควบคุมแสงเกินได้ดีกว่า เพราะมักต้องใช้โคมไฟที่มีการควบคุมการกระจายแสงแบบแคบ และอาจต้องปรับมุมการส่องลงด้านล่าง ทำให้ง่ายต่อการควบคุมให้แสงส่องลงบนพื้นที่ที่ต้องการ

- หากลดความสูงของการติดตั้งโคมฉายจะทำให้มีแสงเกินออกไปนอกขอบเขตของพื้นที่ที่ต้องการมากขึ้น เพราะการส่องสว่างให้ได้ผลดีนั้นมักต้องใช้โคมฉายที่มีการกระจายแสงมุมกว้าง และต้องปรับมุมการส่องในทิศทางที่ใกล้กับแนวระนาบมากกว่าการติดตั้งโคมฉายที่ตำแหน่งสูงกว่า

- การลดความสูงของการติดตั้งโคมฉายยังทำให้สามารถมองเห็นส่วนที่มีความสว่างสูงของโคมไฟได้ จากตำแหน่งที่ไกลออกไปจากขอบเขตของอาคาร ทำให้มีโอกาสเกิดแสงจ้ามากขึ้น

รูปที่ ก.6 เปรียบเทียบการติดตั้งโคมฉายที่ตำแหน่งความสูงต่างกันเพื่อให้ได้ปริมาณแสงที่ต้องการ รูปซ้ายแสดงการติดตั้งที่ตำแหน่งสูงด้วยโคมฉายที่มีมุมการกระจายแสงแคบทำให้มีแสงเกินน้อยลง

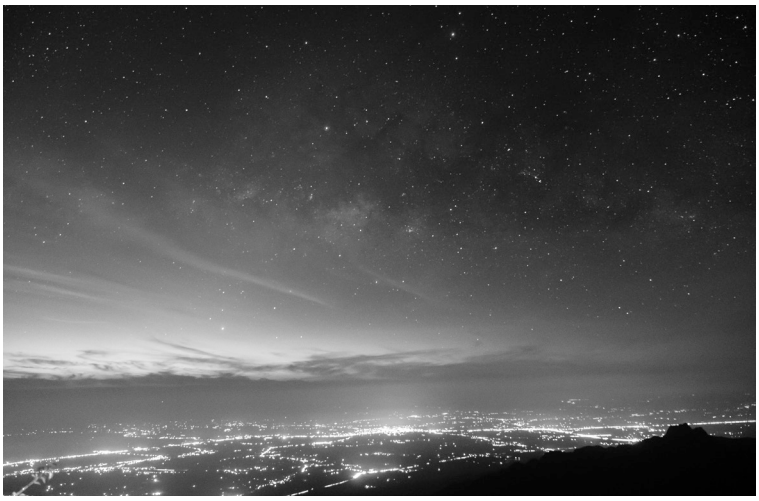


รูปที่ ก.6 เปรียบเทียบการติดตั้งโคมฉายที่ตำแหน่งความสูงต่างกัน

ท้องฟ้าเรือง

ท้องฟ้าเรืองเกิดได้ทั้งจากธรรมชาติและสิ่งที่มนุษย์สร้างขึ้น ในธรรมชาติท้องฟ้าเรืองเกิดได้จากหลายปัจจัย อาทิ แสงอาทิตย์สะท้อนออกจากพื้นผิวของดวงจันทร์และผิวโลก อากาศที่มีการเรืองแสงอ่อน ๆ ในชั้น บรรยากาศด้านบน หรือการเกิดปรากฏการณ์แสงเหนือ/แสงใต้ (aurora) แบบอ่อน ๆ แสงจักรราศี (zodiacal light) เป็นแสงสว่างเรืองรองจาง ๆ เป็นโครงรูปสามเหลี่ยมปรากฏอยู่ในแนวเส้นสุรยวิถีปรากฏการณ์นี้เกิดจากแสงอาทิตย์สะท้อนออกจากกลุ่มฝุ่นละอองที่รวมตัวกันอยู่ในชั้นบรรยากาศเป็นต้นท้องฟ้าเรืองที่เกิดโดยธรรมชาติสามารถตรวจวัดได้

ส่วนท้องฟ้าเรืองที่เกิดขึ้นจากสิ่งที่มนุษย์สร้างขึ้น เป็นปัจจัยหลักของท้องฟ้าเรืองและเป็นมลภาวะทางแสง เกิดจากการส่องสว่างภายนอกอาคารที่มีส่วนทำให้ท้องฟ้าะมีความสว่างสูงขึ้น แสงสว่างอาจส่องขึ้นบนท้องฟ้าโดยตรงจากโคมไฟ หรือเป็นแสงสะท้อนจากพื้นดิน แล้วเกิดการกระเจิงของแสงเมื่อกระทบกับฝุ่นละอองและโมเลกุลของก๊าซในชั้นบรรยากาศ ทำให้เห็นความสว่างเรือง ๆ เกิดขึ้นบนท้องฟ้า ปรากฏการณ์นี้ทำให้ความสามารถในการมองเห็นดวงดาวบนท้องฟ้าในเวลาค่ำคืนลดลง อย่างไรก็ตาม การเกิดท้องฟ้าเรืองสามารถแปรเปลี่ยนไปตามตัวแปรอื่น ๆ เช่น สภาพอากาศในขณะนั้น จำนวนฝุ่นละอองและก๊าซในชั้นบรรยากาศ ปริมาณแสงที่ส่องขึ้นด้านบนท้องฟ้า และทิศทางของผู้มอง ในสภาพอากาศที่มีฝุ่นละอองในชั้นบรรยากาศมากกว่าปกติ ทำให้แสงที่ส่องขึ้นด้านบนเกิดการกระเจิงของแสงมากขึ้น และท้องฟ้ามีความสว่างสูงขึ้น การเกิดท้องฟ้าเรืองจึงเป็นสิ่งที่แสดงให้เห็นถึงแสงสว่างและพลังงานไฟฟ้าที่สูญเปล่าได้อย่างชัดเจน



ภาพถ่ายโดย ลิลลี่ อรุณวิทยาภรณ์

รูปที่ ก.7 ตัวอย่างท้องฟ้าเรืองเหนือตัวเมือง

การเกิดท้องฟ้าเรืองเป็นสิ่งที่มีผลกระทบต่อนักดาราศาสตร์มากที่สุด เพราะทำให้ความสามารถในการมองเห็นวัตถุในชั้นบรรยากาศลดลง เนื่องจากปรากฏการณ์นี้ทำให้ท้องฟ้าส่วนที่มืดมีความสว่างสูงขึ้น และลดความเปรียบต่างระหว่างความสว่างของดวงดาวและวัตถุอื่น ๆ ในชั้นบรรยากาศกับท้องฟ้าที่เป็นฉากหลัง นักดาราศาสตร์จึงมักชื่นชอบค่ำคืนที่อากาศแห้ง ท้องฟ้าโปร่ง และท้องฟ้ามืด สำหรับการดูดาวในย่านชานเมืองท้องฟ้าที่จุดสูงสุด (zenith) หรือจุดที่อยู่เหนือศีรษะของผู้มอง มักจะมีความสว่างเป็น 5 หรือ 10 เท่าของท้องฟ้าตามธรรมชาติ และในย่านใจกลางเมืองใหญ่ ท้องฟ้าที่จุดสูงสุดอาจมีความสว่างเป็น 25 หรือ 50 เท่า ของท้องฟ้าตามธรรมชาติความสว่างของท้องฟ้าตามที่ได้มีการบันทึกไว้โดยนักดาราศาสตร์มีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้น ทำให้ดวงดาวบางดวงกลืนหายไปกับท้องฟ้าที่เป็นฉากหลัง ไม่สามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่า ซึ่งเกิดจากการเพิ่มขึ้นของมลภาวะทางแสงและมลภาวะทางอากาศ

แม้ว่าการคำนวณหรือทำนายการเกิดท้องฟ้าเรืองเป็นเรื่องยาก แต่ปัจจัยสำคัญเกิดจากมลภาวะทางแสง องค์ประกอบสเปรคตรัมสีของแสง ลักษณะการกระจายแสงของโคมไฟ แสงที่สะท้อนจากพื้นดิน และการกระจายตัวของฝุ่นละอองในชั้นบรรยากาศ หากปริมาณแสงที่ส่องขึ้นด้านบนท้องฟ้าลดลง การเกิดท้องฟ้าเรืองก็จะลดลง ดังนั้นการออกแบบระบบส่องสว่างสำหรับภายนอกอาคารจึงควรคำนึงถึง

1) การใช้โคมไฟที่ได้รับการออกแบบให้สามารถบังแสงที่จะส่องขึ้นด้านบนได้ทั้งหมด (full cut-off luminaire)

2) ลดค่าความส่องสว่างให้อยู่ในระดับที่เหมาะสม

3) ปิดไฟเมื่อไม่จำเป็นต้องใช้

4) จำกัดระยะเวลาในการเปิดไฟในพื้นที่ด้านนอกอาคาร เช่น ลานจอดรถ ป้ายโฆษณา ป้ายบอกทางรอบ ๆ สถานที่ที่เป็นจุดเด่น

5) จำกัดการติดตั้งระบบไฟส่องสว่างภายนอกอาคาร

เพื่อลดการเกิดท้องฟ้าเรืองจึงแนะนำให้จำกัดปริมาณแสงจากโคมไฟที่ส่องขึ้นบนท้องฟ้าโดยตรง ซึ่งคิดเป็นร้อยละของปริมาณแสงที่ออกจากโคมไฟทั้งหมดที่ติดตั้ง (เรียกว่า “อัตราส่วนแสงขึ้นด้านบน”) โดยกำหนดตามโซนสิ่งแวดล้อมไม่ให้เกินค่าที่กำหนดในตารางที่ 3 (ดูบทที่ 3 ข้อ 3.4)

ภาคผนวก ข
ระบบส่องสว่างอัจฉริยะ

คือ ระบบการส่องสว่างที่มีหลอดไฟ โคมไฟ ชุดควบคุมส่วนรับสัญญาณอินพุต และ/หรือส่วนเชื่อมต่อเครือข่าย ประกอบเข้าด้วยกัน เพื่อควบคุมการทำงานให้มีการส่องสว่างที่เหมาะสมสัมพันธ์กับสภาพแวดล้อม หรือเป็นไปตามความต้องการของผู้ใช้งานในช่วงเวลาต่าง ๆ นอกจากนี้ยังอาจสามารถติดตามและบันทึกการทำงานของระบบเพื่อการบริหารจัดการและวางแผนการบำรุงรักษาได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ความสามารถหลัก ๆ ที่อาจรวมอยู่ในระบบการส่องสว่างอัจฉริยะ ได้แก่

1) ความสามารถในการปรับเปลี่ยนลักษณะการเปิด-ปิด ปรับหรี่แสงโดยอัตโนมัติให้สัมพันธ์กับสภาพการใช้งาน (adaptive lighting) เช่น ความหนาแน่นการใช้งานพื้นที่ การมีคน/ไม่มีคนในพื้นที่ ความสว่าง/ส่องสว่างของบริเวณแวดล้อม ช่วงเวลาการใช้งาน

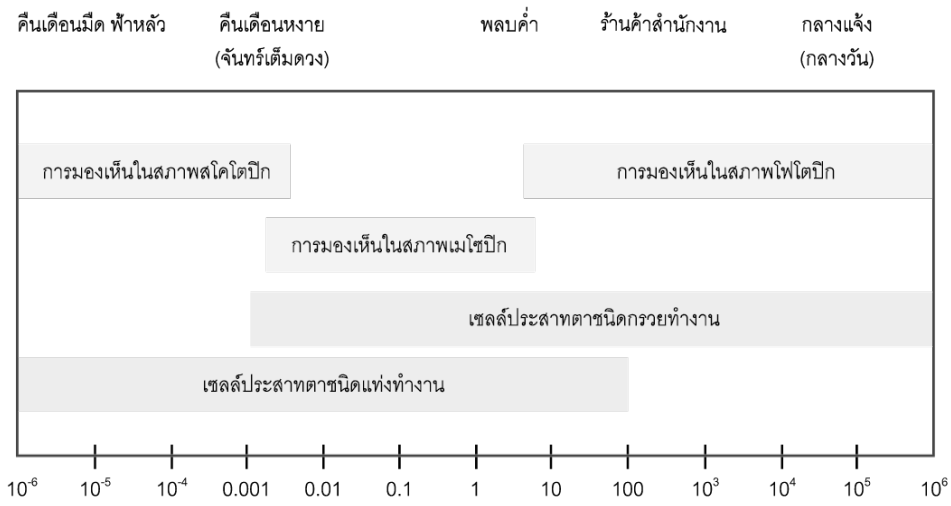
2) ความสามารถในการควบคุมการทำงานด้วยบุคคล (manual control)) เพื่อให้เกิดความสะดวกสบาย (เช่น การควบคุมหลาย ๆ วงจรโดยปุ่มเดียว) ซึ่งอาจทำได้จากทั้งสวิตช์ แผงควบคุม คอมพิวเตอร์ หรืออุปกรณ์สมาร์ทโฟน ทั้งที่ติดตั้งอยู่ในพื้นที่หรือที่อยู่ห่างไกล

3) ความสามารถในการบริหารจัดการระบบ (system management) เช่น ตรวจสอบการทำงานของอุปกรณ์ต่าง ๆ และส่งสัญญาณเมื่อมีความผิดปกติเกิดขึ้นในระบบ เก็บและวิเคราะห์อายุการใช้งานอุปกรณ์เพื่อวางแผนการบำรุงรักษา ติดตามการใช้พลังงานสำหรับการบริหารการทำงานให้มีประสิทธิภาพ

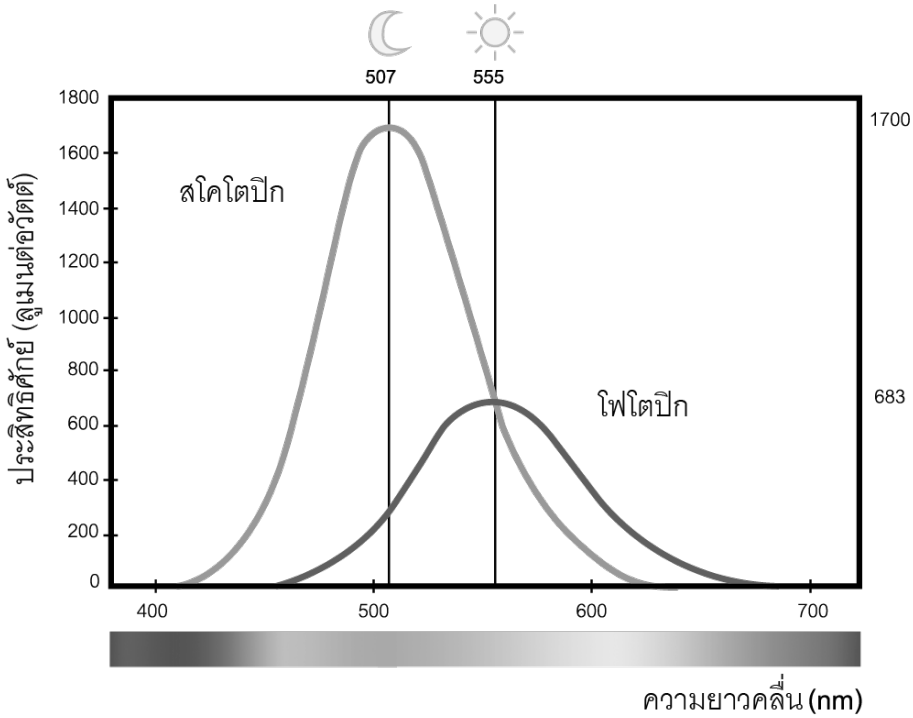
ระบบการส่องสว่างอัจฉริยะอาจมีชุดควบคุมประกอบอยู่ในโคมไฟ (built-in) และมีการทำงานแบบลำพัง (stand-alone) โดยมีความสามารถในการควบคุมที่จำกัด หรืออาจเป็นระบบที่มีการเชื่อมต่อเป็นเครือข่ายด้วยสายสัญญาณหรือด้วยคลื่นสัญญาณ (ไร้สาย) เพื่อให้อุปกรณ์ต่าง ๆ ทำงานได้อย่างสัมพันธ์กัน และมีความสามารถในการควบคุมที่สูงยิ่งขึ้น

ภาคผนวก ค
การมองเห็นของมนุษย์ภายใต้สภาพแวดล้อมการส่องสว่างต่าง ๆ

ปัจจุบันการศึกษาเกี่ยวกับสีของแสงและการมองเห็นของมนุษย์ พบว่าความไวของดวงตา (eye sensitivity) จะแปรเปลี่ยนไปตามสภาพแวดล้อมของการส่องสว่าง โดยการมองเห็นในสภาพแวดล้อมการส่องสว่างปกติ (ความสว่างโดยประมาณตั้งแต่ 10 cd/m^2 ขึ้นไป) เป็นการมองเห็นในสภาพโฟโตปิก (photopic) เซลล์ประสาทตาชนิดกรวย (cone) ซึ่งสามารถรับรู้สีจะทำงานเป็นหลัก ทำให้เราสามารถมองเห็นสีสันต่าง ๆ ได้อย่างชัดเจน และดวงตาจะมีความไวสูงสุดต่อแสงที่มีความยาวคลื่น 555 นาโนเมตร ในขณะที่การมองเห็นในสภาพแวดล้อมการส่องสว่างต่ำมาก ๆ (ความสว่างน้อยกว่า 0.001 cd/m^2) เป็นการมองเห็นในสภาพสโคโตปิก (scotopic) เซลล์ประสาทตาชนิดแท่ง (rod) ซึ่งสามารถรับรู้รูปทรงของวัตถุแต่ไม่สามารถรับรู้สี จะทำงานเป็นหลัก ทำให้เราไม่สามารถมองเห็นสีต่าง ๆ ได้ และความไวสูงสุดต่อแสงจะเปลี่ยนเป็นที่ความยาวคลื่น 507 นาโนเมตร คือค่อนไปทางแสงสีฟ้ามากขึ้น ส่วนการมองเห็นในสภาพแวดล้อมการส่องสว่างค่อนข้างต่ำ (ความสว่างอยู่ในช่วง 0.5 – 5 cd/m^2) เป็นการมองเห็นในสภาพเมโซปิค (mesopic) ซึ่งเซลล์ประสาทตาทั้งชนิดกรวยและชนิดแท่งทำงานพร้อม ๆ กัน และความไวสูงสุดของดวงตาจะอยู่ที่ความยาวคลื่นระหว่าง 507 กับ 555 นาโนเมตร ขึ้นกับระดับความสว่างของสภาพแวดล้อม



รูปที่ ค.1 การมองเห็นในสภาพความสว่างต่าง ๆ



รูปที่ ค.2 ความไวของดวงตาในสภาพการมองเห็นแบบโฟโตปิกและสโคโตปิก

ปริมาณทางแสง (photometric quantity) โดยปกติที่เราใช้อยู่ในปัจจุบันจะได้จากการวัดพลังงานแสงเทียบกับความไวของดวงตาในสภาพโฟโตปิก ดังนั้นหากเรานำหลอดไฟหลอดหนึ่งมาวัดปริมาณแสงโดยปกติจะได้ค่าค่าหนึ่ง แต่เมื่อนำหลอดไฟเดิมมาวัดปริมาณแสงโดยเทียบกับความไวของดวงตาในสภาพสโคโตปิกจะได้อีกค่าหนึ่ง แม้ว่าจะเป็นหลอดเดิมก็ตาม อัตราส่วนของปริมาณแสงที่วัดได้ในสภาพสโคโตปิกเทียบกับปริมาณแสงที่วัดได้ในสภาพโฟโตปิกเรียกว่า “ อัตราส่วน S/P ” (S/P ratio)

ในการออกแบบการส่องสว่างภายนอกอาคารซึ่ง โดยทั่วไปมีสภาพแวดล้อมของการส่องสว่างค่อนข้างต่ำ จึงอาจมีความเข้าใจผิดในการนำค่าอัตราส่วน S/P นี้มาใช้เป็นตัวคูณโดยตรงกับค่าระดับความส่องสว่าง (เช่น เมื่อใช้หลอดที่มีอัตราส่วน S/P เท่ากับ 2 ในการส่องสว่าง แล้ววัดด้วยมิเตอร์ปกติได้ระดับความส่องสว่าง 20 ลักซ์ จะคิดเป็นระดับความส่องสว่างเท่ากับ 20 x 2 = 40 ลักซ์) และการที่แสงที่มีลักษณะสีปรากฏเย็นจะมีแนวโน้มที่จะมีอัตราส่วน S/P สูงกว่าแสงที่มีลักษณะสีปรากฏอุ่น (เนื่องจากมีปริมาณแสงสีฟ้าสูงกว่า) จึงทำให้เข้าใจผิดว่าแสงที่มีลักษณะสีปรากฏเย็นจะมีความสว่างสูงกว่าแสงที่มีลักษณะสีปรากฏอุ่น ซึ่งเป็นวิธีการที่ไม่ถูกต้อง เนื่องจากสภาพแวดล้อมการส่องสว่างภายนอกอาคารโดยส่วนใหญ่อยู่ในสภาพเมโซปิด ไม่ใช่สภาพสโคโตปิก

มาตรฐาน CIE 191 ได้ให้คำแนะนำสำหรับการหาข้อมูลทางแสงในสภาพการมองเห็นแบบเมโซปิค (โดยอิงสมรรถนะในการมองเห็นเป็นหลัก) ซึ่งจะพิจารณาทั้งอัตราส่วน S/P ของแสงที่ใช้ และระดับความสว่างของสภาพแวดล้อมเป็นเกณฑ์ในการกำหนดค่าตัวคูณที่เหมาะสม

ตารางที่ ค.1 ความแตกต่างระหว่างความสว่างเมโซปิกกับความสว่างโฟโตปิก (%) สำหรับแหล่งกำเนิดแสงที่มีอัตราส่วน S/P ต่าง ๆ กัน

	S/P	ความสว่างโฟโตปิกของสภาพแวดล้อม (cd/m^2)									
		0.01	0.03	0.1	0.3	0.5	1	1.5	2	3	5
โซเดียมความดันต่ำ	0.25	-75%	-52%	-29%	-18%	-14%	-9%	-6%	-5%	-2%	0%
	0.45	-55%	-34%	-21%	-13%	-10%	-6%	-4%	-3%	-2%	0%
โซเดียมความดันสูง	0.65	-31%	-20%	-13%	-8%	-6%	-4%	-3%	-2%	-1%	0%
	0.85	-12%	-8%	-5%	-3%	-3%	-2%	-1%	-1%	0%	0%
	1.05	4%	3%	2%	1%	1%	1%	0%	0%	0%	0%
เมทัลฮาไลด์แสงสีขาวอุ่น	1.25	18%	13%	8%	5%	4%	3%	2%	1%	1%	0%
	1.45	32%	22%	15%	9%	7%	5%	3%	3%	1%	0%
	1.65	45%	32%	21%	13%	10%	7%	5%	4%	2%	0%
	1.85	57%	40%	27%	17%	13%	9%	6%	5%	3%	0%
แอลอีดีแสงสีขาวเย็น	2.05	69%	49%	32%	21%	16%	11%	8%	6%	3%	0%
	2.25	80%	57%	38%	24%	19%	12%	9%	7%	4%	0%
เมทัลฮาไลด์แสงสีเดย์ไลท์	2.45	91%	65%	43%	28%	22%	14%	10%	8%	4%	0%
	2.65	101%	73%	49%	31%	24%	16%	12%	9%	5%	0%

(อ้างอิง CIE 191 : 2010 ตารางที่ 11)

อย่างไรก็ตาม การประยุกต์ใช้แนวคิดนี้ยังอยู่ระหว่างการศึกษาข้อมูลเพิ่มเติม

เอกสารอ้างอิง

CIE 53-1982 Methods of characterizing the performance of radiometers and photometers

CIE 69-1987 Methods of characterizing illuminance meters and luminance meters: performance, characteristics and specifications

CIE 115:2010 Lighting of roads for motor and pedestrian traffic

CIE 140:2000 Road lighting calculations

CIE 150:2017 Guide on the Limitation of the Effects of Obtrusive Light from Outdoor Lighting Installations

CIE 154:2003 The maintenance of outdoor lighting systems

CIE 191:2010 Recommended system for mesopic photometry based on visual performance

CIE194:2011 On-site measurement of the photometric properties of road and tunnel lighting

CIE S015/E:2005 Lighting of outdoor work places

CIE TN 006:2016 Visual aspects of time-modulated lighting systems – Definitions and measurement models

EN 12464-2 (2014) Light and lighting. Lighting of work places. Part 2: Outdoor work places

Street Lighting and Blue Lighting Frequently Asked Questions (February 2017), U.S. Department of Energy

http://www.lrc.rpi.edu/programs/nlpip/lightinganswers/lightpollution/abstract.asp

ขอขอบคุณผู้สนับสนุน

การไฟฟ้านครหลวง
เลขที่ 30 ซอยชิดลม ถนนเพลินจิต แขวงลุมพินี
เขตปทุมวัน กรุงเทพฯ 10330
www.mea.or.th
เลขประจำตัวผู้เสียภาษี 0994000165200

การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย
เลขที่ 53 หมู่ที่ 2 ถนนจรัญสนิทวงศ์ ตำบลบางกรวย
อำเภอบางกรวย จังหวัดนนทบุรี 11130
โทรศัพท์ 0-2436-8380-3
โทรสาร 0-2436-8388
www.egat.co.th
เลขประจำตัวผู้เสียภาษี 09940002448843

บริษัท จรุงไทยไวร์แอนด์เคเบิ้ล จำกัด (มหาชน)
(สำนักงานใหญ่)
เลขที่ 589/71 อาคารเซ็นทรัลซิตี้ ทาวเวอร์ ชั้น 12เอ
ถนนบางนา-ตราด แขวงบางนา เขตบางนา
กรุงเทพฯ 10260
โทรศัพท์ 0-2745-6118
โทรสาร 0-2745-6131
www.ctw.co.th
เลขประจำตัวผู้เสียภาษี 0107537000599

บริษัท ฉื่อ จิ้น ฮั้ว จำกัด (สำนักงานใหญ่)
เลขที่ 6 หมู่ที่ 4 ตำบลบางครุ อำเภอพระประแดง
จังหวัดสมุทรปราการ 10130
โทรศัพท์ 0-2818-6546-7
โทรสาร 0-2818-6548
www.cch.co.th
เลขประจำตัวผู้เสียภาษี 0115551012505

บริษัท ซายน์ทู (ไทยแลนด์) จำกัด
(สำนักงานใหญ่)
เลขที่ 105/22 หมู่ที่ 10 ตำบลบางกร่าง
อำเภอเมืองนนทบุรี จังหวัดนนทบุรี 11000
โทรศัพท์ 0-2101-2334, 084-040-6595
www.xzlen.com
เลขประจำตัวผู้เสียภาษี 0125559030014

บริษัท ดิ เอ็กซ์ซิบิส จำกัด (สำนักงานใหญ่)
เลขที่ 976/16 ซอยโรงพยาบาลพระราม 9
ถนนริมคลองสามเสน แขวงบางกะปิ เขตห้วยขวาง
กรุงเทพฯ 10310
โทรศัพท์ 0-2664-6499
โทรสาร 0-2664-6477
www.thailandlightingfair.com
เลขประจำตัวผู้เสียภาษี 0105550121700

บริษัท ดับบลิว.ไอ.พี. อีเล็คทริค จำกัด
(สาขา 00001)
เลขที่ 388/16 ถนนราชพฤกษ์ แขวงบางแวก
เขตภาษีเจริญ กรุงเทพฯ 10160
โทรศัพท์ 0-2410-5030-4
โทรสาร 0-2408-8755
www.wipelectric.com
เลขประจำตัวผู้เสียภาษี 0105535012971

บริษัท ตาดีเทคโนโลยี (998) จำกัด
(สำนักงานใหญ่)
เลขที่ 7 ซอยสาทร 11 ถนนสาทร แขวงยานนาวา
เขตสาทร กรุงเทพฯ 10120
โทรศัพท์ 0-2676-5030
โทรสาร 0-2676-5020
www.tdlightled.com
เลขประจำตัวผู้เสียภาษี 0105554139689

บริษัท ทาซ่า อินดัสเทรียล จำกัด (สำนักงานใหญ่)
เลขที่ 2/4 ซอยพระราม2 ซอย 47 ถนนอนามัยงามเจริญ
แขวงท่าข้าม เขตบางขุนเทียน กรุงเทพฯ 10150
โทรศัพท์ 0-2417-2777
โทรสาร 0-2417-2233
www.tasaindustrial.com
เลขประจำตัวผู้เสียภาษี 0105532039878

บริษัท ฟิลิปส์ อิเล็กทรอนิกส์ (ประเทศไทย) จำกัด
(สำนักงานใหญ่)
เลขที่ 1768 อาคารไทยซัมมิท ทาวเวอร์ ชั้น 26
ถนนเพชรบุรีตัดใหม่ แขวงบางกะปิ เขตห้วยขวาง
กรุงเทพฯ 10310
โทรศัพท์ 0-2614-3300
โทรสาร 0-2614-3361
www.lighting.philips.co.th
เลขประจำตัวผู้เสียภาษี 0105495001205

บริษัท ลิกมันไลท์ติ้ง จำกัด (ออฟฟิต กรุงเทพฯ)
2912 ถนนลาดพร้าว แขวงคลองจั่น เขตบางกะปิ
กรุงเทพฯ 10240
โทรศัพท์ 0-2733-9140-8
โทรสาร 0-2733-9150
www.ligman.com
เลขประจำตัวผู้เสียภาษี 0105538084310

บริษัท แสงมิตร อีเลคตริค จำกัด (สำนักงานใหญ่)
เลขที่ 319,321 อาคารแสงมิตร ถนนสวนผัก
แขวงตลิ่งชัน เขตตลิ่งชัน กรุงเทพฯ 10170
โทรศัพท์ 0-2882-2033-43
โทรสาร 0-2882-2044-45
www.delight.co.th
เลขประจำตัวผู้เสียภาษี 0105535168407

บริษัท อิมแพ็ค เอ็กซิบิชั่น แมเนจเมนท์ จำกัด (สำนักงานใหญ่)
เลขที่ 47/569-576 หมู่ที่ 3 ชั้น 10 อาคารบางกอกแลนด์
ถนนป๊อปปูล่า 3 ตำบลบ้านใหม่ อำเภอปากเกร็ด
จังหวัดนนทบุรี 11120
โทรศัพท์ 0-2833-5328
โทรสาร 0-2833-5127-9
www.ledexpothailand.com
เลขประจำตัวผู้เสียภาษี 0125542006506

บริษัท มิตรเทคนิคัลคอนซัลแท้นท์ จำกัด
เลขที่1168/8 ชั้น 12 อาคารลุมพินีทาวเวอร์
ถนนพระราม 4 แขวงทุ่งมหาเมฆ เขตสาทร
กรุงเทพฯ 10120
โทรศัพท์ 0-2679-9079-84
โทรสาร 0-2679-9085
www.mitr.com
เลขประจำตัวผู้เสียภาษี 0105511006229

บริษัท ไทยซิน รีซอร์สเซส จำกัด (สำนักงานใหญ่)
เลขที่ 799/81 ซอยลาดพร้าว 80 (จันทิมา)
แขวงวังทองหลาง เขตวังทองหลาง กรุงเทพฯ 10310
โทรศัพท์ 0-2106-2000
โทรสาร 0-2106-2002
www.thaixinled.com
เลขประจำตัวผู้เสียภาษี 0105552091981

บริษัท ไมตี้ อีเลคทริค (ไทยแลนด์) จำกัด (สำนักงานใหญ่)
เลขที่ 31/1 หมู่ 4 ถนนเอกชัย ตำบลคอกกระบือ
อำเภอเมือง จังหวัดสมุทรสาคร 74000
โทรศัพท์ 034-451-501, 081-453-4481
โทรสาร 034-451-500
www.mighty-electric.com
เลขประจำตัวผู้เสียภาษี 0105546106009

อุตสาหกรรมพัฒนามูลนิธิ สถาบันไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ (สำนักงานใหญ่)
อาคารกรมโรงงานอุตสาหกรรม ชั้น 6 เลขที่ 57
ถนนพระสุเมรุ (บางลำภู) แขวงชนะสงคราม
เขตพระนคร กรุงเทพฯ 10200 (สาขา 00006)
โทรศัพท์ 0-2280-7272
โทรสาร 0-2280-7277
www.thaieei.com
เลขประจำตัวผู้เสียภาษี 0994000005563

บริษัท เน็กซ์ อินโนเทค จำกัด (สำนักงานใหญ่)
เลขที่ 1 อาคารคิวเฮ้าส์ ลุมพินี ชั้นที่ 27
ถนนสาทรใต้ แขวงทุ่งมหาเมฆ เขตสาทร
กรุงเทพฯ 10120
โทรศัพท์ 0-2938-3672
โทรสาร 0-2938-3672
www.nexledtech.com
เลขประจำตัวผู้เสียภาษี 0105555112199

บริษัท ไทยแมกซ์เวลอิเลคทริค จำกัด (สำนักงานใหญ่)
เลขที่ 32/7 หมู่ที่ 1 ซอยวัดเทียนดัด
ถนนเพชรเกษม ตำบลบ้านใหม่ อำเภอสามพราน
จังหวัดนครปฐม 73110
โทรศัพท์ 0-2429-0033
โทรสาร 0-2429-0188
www.tme.bz
เลขประจำตัวผู้เสียภาษี 0735522000116

บริษัท ไลท์ติ้ง แอนด์ อีควิปเมนท์ จำกัด (มหาชน) (สำนักงานใหญ่)
เลขที่ 539/2 ชั้น 16-17 อาคารมหานครยิบซั่ม
ถนนศรีอยุธยา แขวงถนนพญาไท เขตราชเทวี
กรุงเทพฯ 10400
โทรศัพท์ 0-2248-8133
โทรสาร 0-2248-8144, 0-2642-5091
www.lighting.co.th
เลขประจำตัวผู้เสียภาษี 0107547000338

สมาคมไฟฟ้าแสงสว่างแห่งประเทศไทย

ISBN 978-616-91662-2-1