การศึกษาปัจจัยที่ส่งผลต่อค่าความสว่างของแสงไฟถนนของหลอดไฟประเภท high-pressure sodium(HPS) ในสภาวะการใช้งานจริง

The study of factors affecting the brightness of the road lights of High-pressure sodium (HPS) in actual use conditions

นายภัทรพล สีดอกบวบ

สำนักวิจัยและพัฒนางานทาง กรมทางหลวง กรุงเทพมหานคร
MR.PATTARAPON SEDOKBUAB; E-mail address: s_pattarapon@hotmail.com

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อศึกษาเกี่ยวกับปัจจัยที่ส่งผลกระทบทางด้านแสงสว่างของหลอดโซเดียมความดันไอสูง High Pressure Sodium (HPS) ในสภาวะใช้งานจริง ในพื้นที่ความรับผิดชอบของกรมทางหลวง โดยมีการศึกษาตัวแปรที่สำคัญ คือ ค่าความสว่างของแสงไฟถนน (Lux), ระยะห่างระหว่างเสาไฟ, ช่วงเวลาต่างๆ ในเวลากลางคืน, อุณหภูมิและความชื้นสัมพันธ์ในอากาศ ในลักษณะพื้นที่สภาพมีหมอกอากาศและลักษณะพื้นที่สภาพอากาศปกติ เป็นพื้นที่ในเมือง และเป็นพื้นที่นอกเมือง ซึ่งผลการศึกษาพบว่า ทั้ง 2 ลักษณะพื้นที่สภาพอากาศ ช่วงเวลาที่มีค่าความสว่างของแสงไฟถนนมากที่สุดคือ ช่วงเวลา 18.00 – 19.00 น. และช่วงเวลาที่มีค่าความสว่างของแสงไฟถนนน้อยที่สุดคือ ช่วงเวลา 01.00 – 02.00 น. ซึ่งปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อความสว่างของแสงไฟถนนของหลอด HPS ด้วยวิธีการทางสถิติ พบว่า ตัวแปรระยะห่างระหว่างเสาไฟกับตัวแปรความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศ ตัวแปรดังกล่าวทั้ง 2 ตัวแปร มีอิทธิพลที่ส่งผลกระทบต่อค่าความสว่างของแสงไฟถนนทำให้ลดประสิทธิภาพลงได้ และผลการวิเคราะห์เพื่อสร้างสมการในการออกแบบค่าความสว่างของแสงไฟถนนได้สมการที่เหมาะสมคือ ค่าLux = 37.56 – 0.189ระยะห่างระหว่างเสา – 0.373อุณหภูมิ – 0.193ความชื้นสัมพันธ์

คำสำคัญ: ค่าความสว่าง, หลอดโซเดียมความดันไอสูง, อุณหภูมิ, ความชื้นสัมพันธ์

Abstract

The objective of this study to study the factors that affect the lighting of high-pressure sodium lamp (HPS) in actual use conditions in the area of responsibility of the Department of Highways The study of important parameters is the brightness of the road lights (Lux), the distance between the light pole, various time periods At night, the temperature and humidity relative to the air In the area of foggy weather and normal weather Is an urban area And is an area outside the city the results of the study showed that both types of areas, weather conditions The period with the most brightness of the street lighting is between 18.00 - 19.00 hrs. And the time with the least road light brightness is between 01.00 - 02.00 hrs. The factors that affect the brightness of the road light of HPS lamps with statistical methods found that the distance between the pole and the relative humidity in the air. Both of these variables have an influence on the brightness of the road lighting, resulting in reduced efficiency. And the analysis results to create an equation to design the brightness of street lights Get the appropriate equation, Lux = 37.56 - 0.189distance between columns - 0.373Temperature - 0.193relative humidity

Keywords: Illuminance, High-pressure sodium lamp, Temperature, relative humidity

1. คำนำ

ไฟฟ้าแสงสว่างบนถนนหรือทางหลวงมีไว้เพื่อเพิ่มความปลอดภัยในการขับขี่ในเวลากลางคืน โดยช่วยให้ผู้ขับขี่สามารถมองเห็น หรือรับรู้ข้อมูลข่าวสารได้ชัดเจนเทียบเท่ากับในเวลากลางวัน เพื่อเป็นประโยชน์ในการควบคุมการบังคับทิศทางและความเร็วของยานพาหนะ และช่วยให้เป็นข้อมูลในการพิจารณาเลือกเส้นทางไปสู่จุดหมายปลายทางได้ ความต้องการไฟฟ้าแสงสว่างของทางหลวงในแต่ละบริเวณจะแตกต่างกันออกไป ตามลักษณะทางกายภาพของทางหลวง สภาพการจราจร และข้อมูลข่าวสารที่ผู้ขับขี่ต้องการรับรู้ในการขับขี่ เช่น ในบางบริเวณอาจต้องการไฟฟ้าแสงสว่างเพียงเพื่อมองเห็นแนวเส้นทางที่คดเคี้ยวหรือลักษณะทางเรขาคณิตของทางหลวง หรือบางบริเวณอาจจำเป็นต้องมีไฟฟ้าแสงสว่างให้สามารถมองเห็นคนเดินเท้าข้างทางด้วย ถนนทางหลวงในปัจจุบันส่วนใหญ่ใช้หลอดไฟประเภท high-pressure sodium(HPS) ที่มีอุณหภูมิสีต่ำ และประกอบด้วย อุณหภูมิสีเหลืองเป็นหลัก หลอดไฟประเภทนี้ให้การมองเห็นชัดเจน และเป็นหลอดที่

ใช้มาเป็นเวลานาน รวมถึงได้รับการยอมรับในระดับสากล แต่มีข้อเสียคือมีค่าความถูกต้องของสีต่ำ

จากเหตุผลดังกล่าวในข้างต้น เพื่อเป็นแนวทางในการศึกษาปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อค่าความสว่างของแสงไฟถนน และเพื่อพัฒนาความเหมาะสมและลดผลกระทบของแสงไฟถนนในบริเวณพื้นที่ถนนในประเทศไทย โดยพิจารณาถึง ลักษณะประเภทถนน ความกว้างของผิวจราจร อุณหภูมิ สภาพแวดล้อมตามช่วงเวลาของวัน หรือความชื้นในอากาศ ตามลักษณะกายภาพของทางหลวง อีกทั้งในปัจจุบัน มาตรฐานที่มีนั้นยังขาดปัจจัยที่สำคัญดังที่กล่าวมาของความสว่างกับการมองเห็นอย่างสม่ำเสมอ จึงเป็นโอกาสดีในการศึกษา แนวทางที่จะส่งเสริมการจัดการความปลอดภัยบนท้องถนนให้มีประสิทธิภาพสูงขึ้นของกรมทางหลวงและเป็นประโยชน์ในการพัฒนาองค์ความรู้ในการพัฒนาด้านการส่องสว่างของไฟถนนเพื่อประสิทธิภาพการขับขี่และสภาพแวดล้อมที่ดีในอนาคต

2. ทฤษฎี หลักการและเหตุผลที่เกี่ยวข้อง

2.1 *วัตถุประสงค์ของการติดตั้งไฟฟ้าแสงสว่างบนทางหลวง*

คือ การช่วยเพิ่มความสามารถในการขับขี่ใน ช่วงเวลากลางคืนเพื่อให้การมองเห็นเส้นทางและวัตถุข้างทางที่ถูกต้องในเวลาอันรวดเร็ว ทำให้ผู้ใช้ทาง สามารถหลบหลีกหากเกิดเหตุการณ์ฉุกเฉิน และช่วยลดโอกาสในการเกิดอุบัติเหตุ การออกแบบเพื่อติดตั้ง ไฟฟ้าแสงสว่างนั้น ผู้ออกแบบต้องพิจารณาให้สอดคล้องกับสภาพการใช้งานจริงของผู้ใช้ทาง การติดตั้ง ไฟฟ้าแสงสว่างที่ดีและมีประสิทธิภาพนั้น ควรคำนึงถึงประโยชน์ทางเศรษฐกิจสังคม และความปลอดภัย ต่อผู้ใช้ทาง จากการศึกษา[2] โดยมีวัตถุประสงค์ดังนี้

- เพื่อลดปัญหาอุบัติเหตุทางถนนในช่วงเวลากลางคืน และลดการสูญเสียชีวิตและทรัพย์สินของผู้ใช้ ทางหลวง
- เพื่อลดปัญหาอาชญากรรมและเพิ่มความปลอดภัยต่อผู้ใช้ทางหลวง
- เพื่อเพิ่มความคล่องตัวและการมองเห็นแก่ผู้ใช้ทางหลวง

2.2 *หลอด HPS (High Pressure Sodium)*

คือ หลอดที่ทำงานโดยสร้างประจุไฟฟ้าจากการระเหยธาตุโซเดียมในเหล็ก มีอุณหภูมิสีของแสงประมาณ 2200-2400K

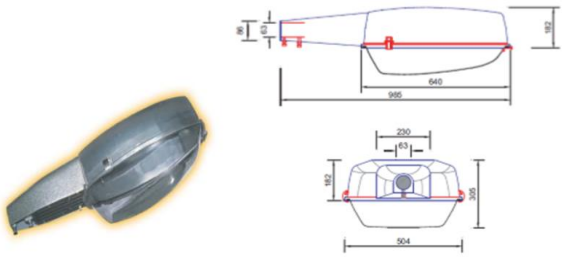
รูปที่ 1 หลอดไฟ HPS(High Pressure Sodium)

ข้อดี - เป็นแหล่งกำเนิดแสงที่มีประสิทธิภาพใกล้เคียงกับหลอด LED มีอายุการใช้งานที่นานพอสมควรประมาณ 24,000 ชั่วโมง มีราคาไม่สูงมาก

ข้อเสีย - มีช่วงอุณหภูมิของแสงที่แคบมาก ส่วนใหญ่จะเป็นแสงสีเหลืองซึ่งเหมาะกับการใช้แค่ในงานไฟถนน และมีค่า CRI ที่ต่ำมากอยู่ที่ประมาณ 25 นอกจากนี้ต้องใช้เวลาในการ warm up รวมถึงทำให้เกิดการติด ๆ ดับ ๆ ของแสงในช่วงท้ายของอายุการใช้งาน รวมถึงหลอด HPS ยังเป็นแสงไฟแบบรอบทิศทาง ทำให้สูญเสียประสิทธิภาพของแสงไปบางส่วน และเสียพลังงานประมาณ 15% ไปเป็นพลังงานความร้อน อีกทั้งเป็นหลอดแก้วที่เปราะและไม่เหมาะกับการใช้งานในสภาพแวดล้อมที่อันตรายหรือเกิดการระเบิดได้ ทำให้มีค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษาที่สูงมาก โดยหลอด HPS ของกรมทางหลวงในปัจจุบันใช้หลอด HPS ขนาด 250w ซึ่งมีค่าความสว่าง = 1.87 cd/m^2 Uo (Overall uniformity) = 0.41 Ul (Longitudinal uniformity) = 0.51 ค่า Disability Glare (TI) = 18 และมีค่า Uo มากกว่า 0.4 ตามที่มาตรฐานกรมทางหลวงกำหนด

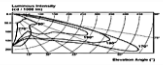
2.3 *ดวงโคม HPS 250w รุ่น HS.3.250C*

ดวงโคม High pressure sodium รุ่น HS.3.250C ที่พบได้ทั่วไปตามสายทางของกรมทางหลวงซึ่งสามารถรองรับกำลังไฟ 250 W โคมไฟฟ้าประกอบด้วยส่วนของตัวโคม อุปกรณ์สะท้อนแสง และอุปกรณ์หักเหแสง (ฝาครอบ) - ตัวโคมไฟฟ้าจะต้องทำด้วยโลหะผสมที่เบาและทนต่อการผุกร่อน สีที่ใช้จะต้องเป็นแบบอบเคลือบ ออกสีเทา - อุปกรณ์สะท้อนแสงจะต้องเป็นแบบชุบเงาและทำมาจากอลูมิเนียมที่ผ่านกระบวนการอโนไดซ์ (Anodize) - อุปกรณ์หักเหแสง (ฝาครอบ) หากทำมาจากอะคริลิคโปร่งใสจะต้องไม่มัวเนื่องจากการเปลี่ยนสี ภายใน 5 ปีแรกของการใช้งาน - โคมไฟฟ้าจะต้องมีปะเก็น (Gasket) ที่ฝาครอบ ที่คอ และจุดอื่นๆ สำหรับป้องกันแมลงเข้า ซึ่ง จะต้องเป็นวัสดุที่ใช้งานได้นานและเป็นแบบทนความร้อน



รูปที่ 2 ดวงโคม HPS 250w รุ่น HS.3.250C

ตารางที่ 1 คุณสมบัติหลอดไฟพร้อมดวงโคม **HPS** 250**w** รุ่น **HS.**3.250**C**

หัวข้อ	โคมไฟถนนรุ่น HS3.250C (ที่เสนอ)
องศาของกึ่งโคม	ทำมุมกับแนวราบ 5 องศา
ตัวโคม	อลูมิเนียมปั๊มขึ้นรูป
ส่วนควบคุมแสง	ใช้ตัวโคมเป็นตัวสะท้อนแสง
ฝาครอบ	อคลิลิกชนิดทน UV
ปะเก็น	ยางนีโอพรีน
ระดับการป้องกันฝุ่น-น้ำ	IP 54 (สำหรับชุดหลอด), IP 23 (สำหรับชุดอุปกรณ์ควบคุม)
หลอดไฟ	โซเดียมความดันสูง ขนาด 250 วัตต์
อุปกรณ์ควบคุม	บัลลาสต์ชดลวด พร้อมคาปาซิเตอร์
การกระจายแสง	
ผลการคำนวณแสงสว่าง	

2.4 *เสา (Pole) และ ฐานเสา (Pole Base)*

ข้อกำหนดการติดตั้งเสาทั่วไปเสาที่ใช้สำหรับงานไฟฟ้าแสงสว่าง มีข้อกำหนดโดยทั่วไปดังนี้ ตัวเสาควรทำจากวัสดุเหล็กกล้าไร้สนิม (Stainless Steel) เป็นรูปเรียวกลวงยึดติดกับฐาน โคนเสาควรจะต้องมีช่องปิดเปิดได้ขนาดพอเหมาะที่จะบำรุงรักษา ฝาที่ปิดเปิดจะต้องมีระบบล็อค เป็นรูปแบบเดียวกันทุกเสา ความสูงของดวงโคมจะต้องไม่ต่ำกว่า 7.5 เมตร และไม่เกินกว่า 12 เมตร (โดยทั่วไปจะใช้ความสูง ของดวงโคมที่ 9 และ 12 เมตร ขึ้นอยู่กับกำลังความส่องสว่างและลักษณะพื้นที่ใช้งาน) ส่วนของเสาที่อยู่เหนือพื้นดินจะต้องตั้งตรง ไม่เอียงออกจากแนวตรงเกิน 2.1 มม.ต่อเมตร วัสดุที่ใช้ทำเสาไฟฟ้าและกิ่งโคมบนทางหลวงจะต้องผ่านการตรวจสอบคุณสมบัติทางวิศวกรรม

2.5 *ปัจจัยภายนอกที่มีผลต่อการมองเห็นประกอบด้วย*

- ขนาดและระยะทาง ขนาดที่มองเห็นจะขึ้นกับ Visual Angle ซึ่งเมื่อระยะทางเข้ามาใกล้มากขึ้น Visual Angle ก็จะกว้างขึ้นทำให้มองเห็นวัตถุใหญ่ขึ้น

- ความส่องสว่าง Illuminance หมายถึง การวัดปริมาณแสงที่ตกลงบนบริเวณพื้นผิวที่กำหนดมีหน่วยเป็น lux

- ความสว่าง Luminance เป็นการวัดเชิงแสง (Photometric) เพื่อบอกความเข้มของความเข้มส่องสว่าง (density of luminous intensity) ในทิศทางที่กำหนด โดยจะระบุปริมาณแสงที่ผ่านเปล่งออกมาจากสิ่งนั้นและตกกระทบในมุมตันที่เกิดจากระนาบของรูม่านตา หรือการสะท้อนแสงจากพื้นผิวราบที่กระจายแสง โดยมีความหมายว่าตาของเราที่มองดูพื้นผิวจากมุมหนึ่ง ๆ นั้น รับรู้ถึงกำลังความสว่างได้มากเท่าใด มีหน่วยเป็น cd/m2

- Glare แสงบาดตา (Glare) คือ มลภาวะทางแสงที่เกิดจากทิศทางของแสงไฟที่ส่องสว่างส่องเข้ามาในดวงตาโดยตรง ส่งผลให้ประสิทธิภาพการมองเห็นของมนุษย์ลดลง และอาจทำให้เกิดอาการบาดเจ็บจากการหดตัวของกล้ามเนื้อที่ควบคุมม่านตาชั่วคราว ทำให้ส่งผลกระทบต่อประสิทธิภาพการมองเห็นในเวลากลางคืน

2.6 *จากการศึกษาการศึกษาผลกระทบของอุณหภูมิสีและความสว่างของแสงไฟถนนต่อการขับขี่บนทางหลวง*

จากการศึกษา[3] ของสำนักวิจัยและพัฒนางานทาง กรมทาง การศึกษาการศึกษาผลกระทบของอุณหภูมิสีและความสว่างของแสงไฟถนนต่อการขับขี่บนทางหลวง พบแนวทางในการศึกษาพัฒนาความเหมาะสมและลดผลกระทบของแสงไฟถนน ในบริเวณพื้นที่ถนนในประเทศไทยโดยพิจารณาถึงอุณหภูมิสี (CCT) และความสว่าง (Luminance) ของแสงตามลักษณะกายภาพของทางหลวง อีกทั้งในปัจจุบัน มาตรฐานที่มีนั้นยังขาดปัจจัยที่สำคัญในหลายๆด้านของอุณหภูมิสีของความสว่างกับการมองเห็น สำหรับหลอดไฟอาทิเช่น หลอด HPS และ LED เป็นต้น จึงเป็นโอกาสดีในการศึกษาแนวทางที่ จะส่งเสริมการจัดการความปลอดภัยบนท้องถนนให้มีประสิทธิภาพสูงขึ้นของกรมทางหลวงและเป็นประโยชน์ในการพัฒนาองค์ความรู้ในการพัฒนาด้านการส่องสว่างของไฟถนน เพื่อประสิทธิภาพการขับขี่และสภาพแวดล้อมที่ดีในอนาคต ซึ่งจาการศึกษาคุณสมบัติของหลอดไฟ HPS และ LED ซึ่งพิจารณาแล้วว่าวิธีการทดสอบในสภาวะการใช้งานจริงในการควบคุมการเปิด-ปิดไฟถนนและการใช้พลังงาน เพื่อประสิทธิภาพและความสะดวกในการตั้งค่าความส่องสว่างและอุณหภูมิสี โดยมีการจำลองค่าความสว่างก่อนการติดตั้งจริง ขั้นตอนการทดสอบจริงได้มีการใช้อุปกรณ์ Imaging luminance measuring devices (ILMD) ที่ เป็น Photometer Imaging Light Technique ในการวัดค่าความสว่างตามมาตรฐาน EN13201 ซึ่งอุปกรณ์นี้สามารถวัดและวิเคราะห์ค่าความสว่างบนถนนได้ละเอียด รวดเร็วและแม่นยำเพื่อควบคุมคุณภาพของการทดลองว่าสภาพความสว่างเป็นไปตามที่กำหนดหรือไม่ พบว่ามีตัวแปรสภาพแวดล้อม ทำให้ความสามารถการมองเห็นวัตถุชัดน้อยลง ระดับความสว่างของแสงไฟถนนมีการลดระดับลงตามช่วงเวลาที่มืดขึ้น ซึ่งจากการศึกษาควรคำนึงถึงบริบทของเมือง สภาพแวดล้อมควบคู่กันไป

ตารางที่ 2 ผลรวมคะแนนในแต่ละด้านและคะแนนรวมของสภาวะแสงต่าง ๆ เมื่อความสว่างลดลง**[3]**

ระดับความสว่าง	อุณหภูมิสี	ความสบายตาในการขับขี่	ความชัดเจนในการมองเห็น	ความสม่ำเสมอของแสง	การประหยัดพลังงาน	ระยะการมองเห็นเฉลี่ย	คะแนนรวม
100%	3000K	2.55	5.00	4.45	3.29	3.65	18.94
	4000K	5.00	4.24	4.38	3.67	5.00	22.29
	5700K	3.14	4.59	5.00	3.48	3.93	20.14
75%	3000K	5.00	3.54	1.59	4.05	3.01	17.20
	4000K	4.14	1.43	1.91	4.43	2.81	14.71
	5700K	4.38	2.85	2.52	4.24	3.05	17.03
50%	3000K	0.00	0.71	0.00	4.81	0.00	5.52
	4000K	1.91	0.00	0.95	5.00	1.33	9.20
	5700K	3.14	3.20	2.21	4.81	0.97	14.32
HPS		1.27	2.50	1.59	0.00	3.23	8.60

2.7 *ข้อกำหนดการคำนวณระยะห่างระหว่างช่วงเสา*

การกำหนดระยะห่างของเสาที่อยู่ติดกัน ฝั่งเดียวกัน โดยทั่วไปแล้วผู้ออกแบบจะต้องกำหนดชนิดและ กำลังส่องสว่างของหลอดไฟที่ใช้งานความสว่างตามมาตรฐานของกรมทางหลวง และความสูงดวงโคมแต่ ละต้น เพื่อใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานประกอบการคำนวณระยะห่างระหว่างดวงโคม โดยมีสูตรคำนวณ (Minnesota, 2006) ดังนี้

$$S = \frac{LL \times CU \times MF}{E \times W} \qquad (1)$$

โดยที่

LL = กำลังแสงสว่างค่าเริ่มต้นที่ส่งออกจากหลอดไฟ (ลูเมน)

E = ความสว่าง หน่วยเป็น Lux (ลักซ์)

CU = ปัจจัยการใช้ประโยชน์แสง

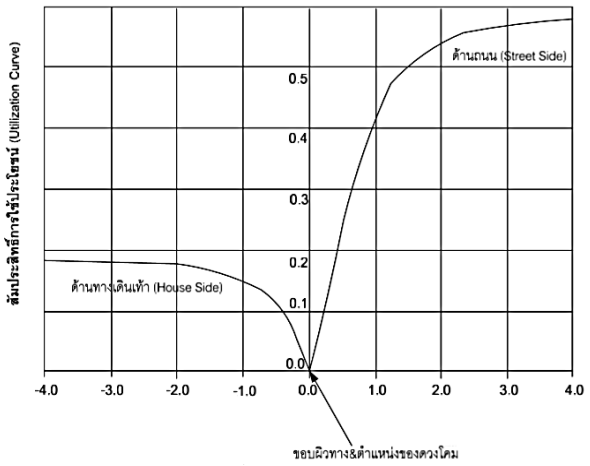
MF = ปัจจัยการบำรุงรักษา (MF = LLD x LDD x EF)

W = ความกว้างของถนน (เมตร)

ปัจจัยการใช้ประโยชน์แสง (CU) เป็นอัตราส่วนระหว่างกำลังแสงสว่างที่ตกถึงพื้นถนนต่อกำลังแสงสว่างที่ ออกมาจากดวงโคม ค่าปัจจัยการใช้ประโยชน์แสงสามารถอ่านได้จากกราฟสัมประสิทธิ์การใช้ประโยชน์ (Utilization Curve) ที่ได้จากบริษัทผู้ผลิตดวงโคมดังรูปที่ 3 โดยปัจจัยร่วมที่ใช้พิจารณาค่าการใช้ประโยชน์ คือ

- ความสูงของดวงโคม

- ลักษณะการกระจายแสงของดวงโคม
- ระยะถนนตามแนวขวางที่มีการส่องสว่างจากการกระจายแสง
- มุมเงยของการติดตั้งดวงโคม



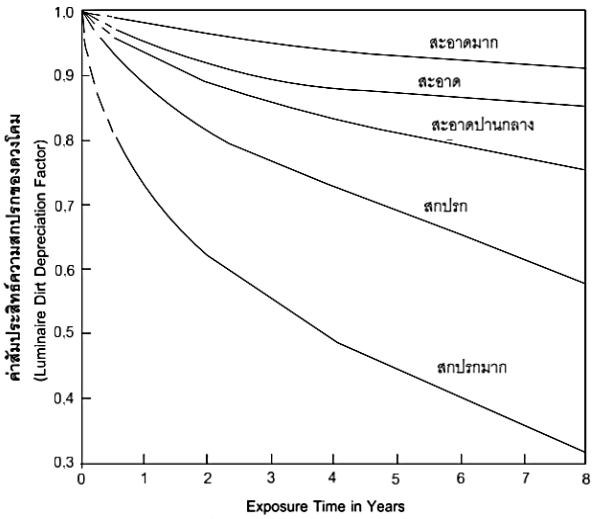
รูปที่ 3 ตัวอย่างกราฟสัมประสิทธิ์การใช้ประโยชน์ (Utilization Curve) (Illinois, 2010)

ปัจจัยการบำรุงรักษา (MF) เป็นค่าที่พิจารณาจากปัจจัยความสูญเสียแสง (Light Loss Factor) โดยได้จาก การลดลงของความสว่างที่ตกกระทบผิวทางเมื่อใช้งานนานขึ้นเทียบกับค่าความสว่างเริ่มต้นเมื่อติดตั้ง ซึ่ง ปัจจัยที่มีผลต่อค่าการบำรุงรักษา คือ

- ค่าความเสื่อมสภาพของหลอดไฟ (Lamp Lumen Depreciation Factor (LLD)) หลอดไฟที่ใช้งาน ยาวนานขึ้นค่าฟลักซ์แสงสว่างจะลดลงจนกระทั่งสิ้นสุดอายุการใช้งาน

- ค่าความสกปรกของดวงโคม (Luminaire Dirt Depreciation Factor (LDD)) มักเกิดจากการที่มี ฝุ่นละอองมาติดบริเวณดวงโคม ทำให้คุณภาพของการกระจายแสงลดน้อยลงดังรูปที่ 4

- ค่าประสิทธิภาพของอุปกรณ์ (Equipment Factor (EF)) เช่น ดวงโคม ระบบแรงดันไฟฟ้า โดยทั่วไปจะสามารถใช้งานได้ 95% ของประสิทธิภาพสูงสุด เป็นต้น



รูปที่ 4 ตัวอย่างกราฟค่าความสกปรกของดวงโคม (Luminaire Dirt Depreciation Factor) (Illinois, 2010)

2.8 *ชนิดของการกระจายแสง*

การกระจายแสงมีอยู่ 2 รูปแบบดังนี้

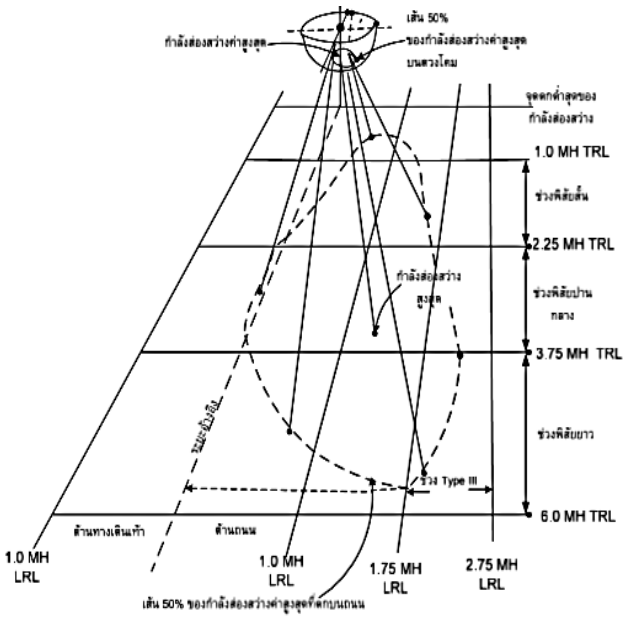
- การกระจายแสงระนาบดิ่ง (Vertical Light Distribution)
- การกระจายแสงด้านข้าง (Later Light Distribution)

2.8.1 การกระจายแสงระนาบดิ่ง (Vertical Light Distribution)

การกระจายแสงลักษณะนี้ จะพิจารณาระยะจากดวงโคมในทิศทางที่ขนานไปกับแนวความยาวของถนน มี ความสำคัญคือ เพื่อให้ทราบถึงความสามารถของดวงโคมแต่ละดวง ให้กำลังส่องสว่างครอบคลุมเนื้อที่ได้ไกลไปเป็นกี่ช่วงของความสูงตามแนวยาวของถนน (TRL) โดยสามารถแบ่งได้ตามพิสัยการกระจายแสงที่ ระยะแตกต่างกันดังตารางที่ 3 และรูปที่ 5 แสดงตัวอย่างกราฟการอ่านค่ารูปแบบของการกระจาย แสงระนาบดิ่ง

ตารางที่ 3 รูปแบบการกระจายแสงระนาบดิ่งและพื้นที่ครอบคุลมกำลังส่องสว่างสูงสุด (Illinois, 2010)

รูปแบบการกระจายแสงระนาบดิ่ง	กำลังส่องสว่างสูงสุด (Maximum Candlepower) จะครอบคลุมพื้นที่เมื่อแสงตกกระทบผิวทาง
แบบพิสัยสั้น (Short Distribution)	ที่ระยะระหว่าง 1.00 และ 2.25 ของความสูงเสาดวงโคม (MH)
แบบพิสัยปานกลาง (Medium Distribution)	ที่ระยะระหว่าง 2.25 และ 3.75 ของความสูงเสาดวงโคม(MH)
แบบพิสัยยาว (Long Distribution)	ที่ระยะระหว่าง 3.75 และ 6.00 ของความสูงเสาดวงโคม(MH)

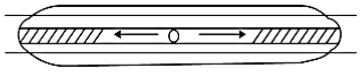
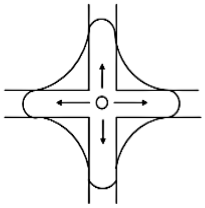
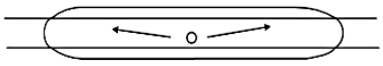


รูปที่ 5 ตัวอย่างกราฟแสดงค่ารูปแบบของการกระจายแสงระนาบดิ่ง (ศ.ดร.ประโมทย์ อุณห์ไวทยะและคณะ)

2.8.2 การกระจายแสงด้านข้าง (Later Light Distribution)

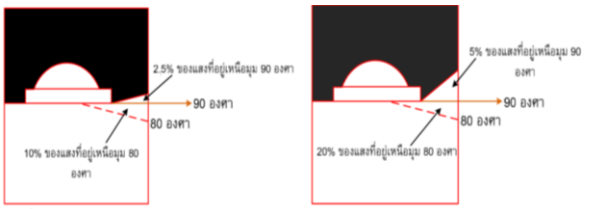
รูปแบบของการกระจายแสงด้านข้างได้แบ่งตามประเภท ดังแสดงในตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ประเภทการส่องสว่างแยกตามลักษณะพื้นที่ (IESNA, 2001)

ประเภท	ลักษณะพื้นที่ที่ควรติดตั้ง
Type I	- ดวงโคมติดตั้งบริเวณศูนย์กลางถนน หรือพื้นที่ที่ต้องการความส่องสว่าง - พื้นที่ส่องสว่างจะเป็นลักษณะแนวยาวแคบคล้ายวงรี 
Type I – 4-way	- ดวงโคมติดตั้งบริเวณตำแหน่งกลางทางแยก - พื้นที่ส่องสว่างจะกระจายทั่วถึงทั้ง 4 ขาของทางแยก 
Type II	- ดวงโคมติดตั้งบริเวณข้างทาง โดยทั่วไปจะเหมาะกับถนนที่แคบ - พื้นที่ส่องสว่างจะเป็นลักษณะแนวยาวแคบคล้ายวงรี 

2.9 *การควบคุมการกระจายแสง (Control of Distribution)*

การควบคุมการกระจาย จะส่งผลดีต่อการลดปัญหาแสงจ้า (Glare) และมลภาวะทางแสง เพื่อไม่ให้รบกวน ผู้ขับขี่เมื่อขับเข้ามาในระยะใกล้กับแหล่งกำเนิดแสง รูปแบบการกระจายแสงที่เหมาะสมกับการใช้งานกับ ไฟฟ้าแสงสว่างบนทางหลวงมีด้วยกัน 2 รูปแบบ คือ แบบ Cutoff และแบบ Semi-Cutoff ดังรูปที่ 6 โดยมีคุณสมบัติการกระจายแสงดังนี้



รูปที่ 6 การกระจายแสงแบบ Cut off และแบบ Semi-Cut off (Illuminating Engineering Society)

2.10 *มาตรฐานความสว่างของไฟฟ้าแสงสว่างบนทางหลวง*

มาตรฐานความสว่างของไฟฟ้าแสงสว่างของกรมทางหลวงจะแบ่งตามประเภทของทางหลวง และสภาพพื้นที่บริเวณที่ติดตั้ง แสดงตามตารางที่ 5

ตารางที่ 5 ค่าต่ำสุดของความสว่างเฉลี่ยในแนวราบ (หน่วย: ลักซ์) (Lumen/meter^2) (กรมทางหลวง, 2554)

ประเภทถนน	พื้นที่ในเมือง	พื้นที่ชานเมือง	พื้นที่นอกเมือง
ทางหลวงพิเศษ	21.5	15.0	10.75
ทางแยก	21.5	21.5	15.0
ทางหลวงสายหลัก	21.5	13.0	9.7
ทางหลวงสายรอง	13.0	9.7	6.5
ถนนท้องถิ่น	9.7	6.5	2.1

3. วัตถุประสงค์

3.1 *เพื่อศึกษาค่าความส่องสว่างของไฟฟ้าแสงสว่างของหลอด HPS ตามลักษณะพื้นที่สภาพมีหมอกอากาศกับลักษณะพื้นที่สภาพอากาศปกติ*

3.2 *เพื่อศึกษาความส่องสว่างของหลอด HPS ตามช่วงเวลาต่างๆ และปัจจัยที่ส่งผลอาทิเช่น ระยะห่างระหว่างเสาไฟ อุณหภูมิ สภาพแวดล้อม และความความชื้นในอากาศ ในสภาวะการใช้งานจริง*

3.3 *เพื่อสร้างสมการแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ในการออกแบบค่าความส่องสว่างของแสงไฟถนน*

4. วิธีดำเนินการศึกษา

4.1 *รวบรวมข้อมูลคัดเลือกแปลงทดสอบงานติดตั้งไฟฟ้าแสงสว่างในพื้นที่ความรับผิดชอบของกรมทางหลวง โดยเกณฑ์การคัดเลือกพื้นที่ทำการทดสอบดังนี้*

- เป็นแปลงที่ก่อสร้างการติดตั้งไฟฟ้าแสงสว่างอายุประกันสัญญา
- เป็นพื้นที่ในเมือง และหรือนอกเมือง โดยเป็นถนนประเภทเดียวกัน เช่นมีความกว้างผิวจราจรเท่ากัน มีรูปแบบการติดตั้งเสาไฟแบบเดียวกันและเป็นแบบกิ่งเดียวหรือกิ่งคู่ เป็นต้น
- คัดเลือกพื้นที่ที่มีลักษณะพื้นที่สภาพมีหมอกอากาศกับลักษณะพื้นที่สภาพอากาศปกติ
- ทำการคัดเลือกแปลงทดสอบในพื้นที่ความรับผิดชอบกรมทางหลวง

4.2 *งานคัดเลือกพื้นที่ศึกษา*

4.2.1 งานศึกษานี้ได้คัดเลือกพื้นที่ที่มีลักษณะพื้นที่สภาพมีหมอกอากาศจากประวัติข้อมูลทางหลวงดังนี้

- พื้นที่ในเมือง 3 แปลงทดสอบ พื้นที่นอกเมือง 3 แปลงทดสอบ ตามลำดับ มีเสาไฟรวมทั้งหมด 120 ต้น มีระยะห่างระหว่างเสาไฟอยู่ในช่วง 32 – 46 เมตร ประกอบด้วย
  - ทางหลวงหมายเลข107 ตอน หัวโท – ล้องอ้อ ระหว่าง กม. 137+000 - 138+000 RT.
  - ทางหลวงหมายเลข107 ตอน หัวโท – ล้องอ้อ ระหว่าง กม. 123+400 - 125+475 RT.
  - ทางหลวงหมายเลข107 ตอน ล้องอ้อ – เมืองงาม ระหว่าง กม.170+000 - 171+000 RT.
  - ทางหลวงหมายเลข1095 ตอน หนองโค้ง - กิ่วคอหมา ระหว่าง กม.37+000 - 38+000 RT.
  - ทางหลวงหมายเลข1095 ตอน หนองโค้ง – กิ่วคอหมา ระหว่าง กม.30+000 - 32+000 LT.
  - ทางหลวงหมายเลข1001 ตอน บ้านโป่ง – พร้าว ระหว่าง กม.61+000 - 62+000 RT.

4.2.2 งานศึกษานี้ได้คัดเลือกพื้นที่ที่มีลักษณะพื้นที่มีสภาพอากาศปกติจากประวัติข้อมูลทางหลวงดังนี้

- พื้นที่ในเมือง 3 แปลงทดสอบ พื้นที่นอกเมือง 2 แปลงทดสอบ ตามลำดับ มีเสาไฟรวมทั้งหมด 100 ต้น มีระยะห่างระหว่างเสาไฟอยู่ในช่วง 26 – 45 เมตร ประกอบด้วย
  - ทางหลวงหมายเลข1113 ตอน เมืองเก่า-ดอนโก ระหว่าง กม.1+210 - 3+065 LT.
  - ทางหลวงหมายเลข 1195 ตอน เตว็ดใน – วังไม้ขอน ระหว่าง กม.8+010 – 8+750 LT.
  - ทางหลวงหมายเลข 1054 ตอน บ้านสวน – ตาลเตี้ย ระหว่าง กม.0+075 – 0+995 LT.
  - ทางหลวงหมายเลข 1195 ตอน เตว็ดใน - วังไม้ขอน ระหว่าง กม.25+518 - 26+023 LT. /RT.
  - ทางหลวงหมายเลข 101 ตอน คุยประดู่ - คลองโพธิ์ ระหว่าง กม..56+590 – 57+975 LT. /RT.

4.3 *ทำการทดสอบภาคสนามโดยทำการเก็บข้อมูล ดังนี้*

- เก็บข้อมูลค่าความส่องสว่างของไฟฟ้าแสงสว่างของหลอด HPS
- เก็บข้อมูลอุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศ โดยแบ่งเวลาการทดสอบใน 1 แปลงทดสอบดังนี้
  - ช่วงเวลา 18.00 – 19.00 น.
  - ช่วงเวลา 21.00 – 22.00 น.
  - ช่วงเวลา 23.00 – 24.00 น.
  - ช่วงเวลา 01.00 – 02.00 น.เป็นต้น

  (หมายเหตุ : อ้างอิงจากรายงานการศึกษา[3] และข้อมูลสถิติการเปลี่ยนแปลงสภาพอากาศในแต่ละของวัน จากกรมอุตุฯ)
- เก็บข้อมูลพื้นที่บริเวณทำการทดสอบเช่น เป็นพื้นที่ในเมืองหรือนอกเมือง รูปแบบการติดตั้งไฟฟ้าแสงสว่างและเป็นแบบกิ่งเดียวหรือกิ่งคู่เป็นต้น

รูปที่ 6 ชุดเครื่องวัดค่าความส่องสว่างของแสงไฟ (Lux) และเครื่องวัดค่าอุณหภูมิในสภาพแวดล้อมและความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศ

รูปที่ 7 ขั้นตอนขณะการเก็บข้อมูลสำรวจภาคสนาม

4.4 *วิเคราะห์ผล*

- วิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิสภาพแวดล้อม กับค่าความส่องสว่างของแสงไฟถนน ตามช่วงเวลาของพื้นที่ในเมืองและนอกเมือง
- วิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศ กับค่าความส่องสว่างของแสงไฟถนน ตามช่วงเวลา ของพื้นที่ในเมืองและนอกเมือง
- วิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างระยะห่างระหว่างเสากับค่าความส่องสว่างของแสงไฟถนน ตามช่วงเวลา ของพื้นที่ในเมืองและนอกเมือง
- สร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ในการออกแบบค่าความส่องสว่างของแสงไฟถนน
- สรุปผลและข้อเสนอแนะ

5. ผลการศึกษา

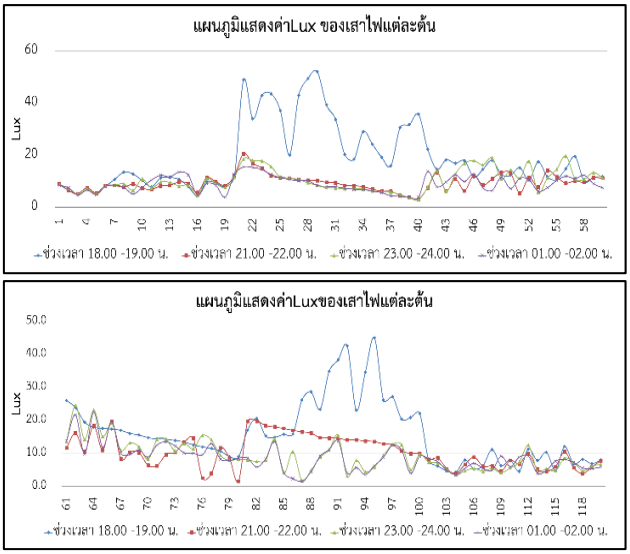
การศึกษานี้เป็นลักษณะการศึกษาเชิงวิเคราะห์ข้อมูลจากภาคสนาม เป็นการมุ่งเน้นการนำข้อมูลภาคสนามมาวิเคราะห์ถึงปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อค่าความส่องสว่างของแสงไฟถนนและในช่วงเวลาต่างๆในเวลากลางคืน ที่ส่งผลต่อค่าความสว่าง (Lux) ของแสงไฟถนน และสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์เพื่อใช้ในการออกแบบค่าความส่องสว่างของแสงไฟถนน หลอดไฟประเภท high-pressure sodium (HPS) โดยได้ลงสำรวจไฟฟ้าแสงสว่างที่มีอายุการใช้งานไม่เกิน 2 ปี ในลักษณะพื้นที่ในเมือง หรือนอกเมือง ประเภทถนนสายหลักหรือสายรอง โดยผลการศึกษามีดังนี้

5.1 *ผลการศึกษาในลักษณะพื้นที่สภาพมีหมอกอากาศ เป็นพื้นที่ในเมืองและหรือเป็นพื้นที่นอกเมือง รายละเอียดดังนี้*

5.1.1 ผลการทดสอบค่าความส่องสว่าง (Lux) ของแสงไฟถนนตามช่วงเวลาต่างๆในเวลากลางคืนของแสงไฟแต่ละต้น

พบว่าช่วงเวลา 18.00 – 19.00 น. มีค่าความส่องสว่างของแสงไฟถนนเฉลี่ย 17.60 Lux ซึ่งช่วงเวลาดังกล่าวมีค่าความส่องสว่างมากที่สุดของช่วงเวลาทั้งหมดที่ทำการศึกษา ช่วงเวลา 21.00 – 22.00 น. มีค่าความส่องสว่างของแสงไฟถนนเฉลี่ย 10.00 Lux ช่วงเวลา 23.00 – 24.00 น. มีค่าความส่องสว่างของแสงไฟถนนเฉลี่ย 9.77 Lux และช่วงเวลา 01.00 –

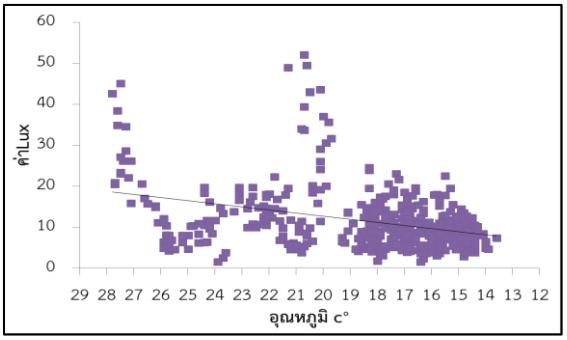
02.00 น. มีค่าความส่องสว่างของแสงไฟถนนเฉลี่ย 8.85 Lux ตามลำดับ ซึ่งพบว่าช่วง 01.00 – 02.00 น. มีค่าความส่องสว่างของแสงไฟถนนเฉลี่ยน้อยที่สุดของช่วงเวลาต่างๆ ที่ทำการทดสอบ ดังผลการทดสอบค่าLux ของแสงไฟถนนแต่ละต้นรูปที่ 8



รูปที่ 8 ค่าความส่องสว่างของแสงไฟถนนตามช่วงเวลาต่างๆของแสงไฟแต่ละต้น

5.1.2 ผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิสภาพแวดล้อมบริเวณดังกล่าวกับค่าความส่องสว่าง (Lux) ของแสงไฟถนนพบว่า

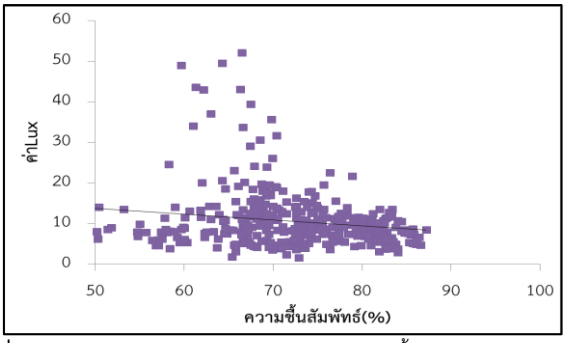
ผลการวิเคราะห์เส้นแนวโน้มกราฟ รูปที่ 9 มีทิศทางที่ชันลง แต่มีการกระจายตัวของข้อมูลค่อนข้างมาก มีลักษณะการกระจายตัวเป็นลักษณะ Nonlinear Regression สมมุติฐานคือ อุณหภูมิไม่ส่งผลต่อค่าLux หรือส่งผลแต่ต้องมีความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรมากกว่า 2 ตัวแปรขึ้นไป ซึ่งกระทำร่วมกันและในเวลาเดียวกัน ซึ่งมีนัยสำคัญที่จะส่งผลให้ค่าLux ของแสงไฟถนนลดประสิทธิภาพลงได้แต่ต้องมีปัจจัยอื่นๆประกอบ



รูปที่ 9 ทิศทางความสัมพันธ์และการกระจายตัวระหว่างอุณหภูมิ สภาพแวดล้อมกับค่าความส่องสว่าง (Lux) ของแสงไฟถนน ของแสงไฟถนนทุกช่วงเวลาทั้งหมด

5.1.3 ผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นสัมพัทธ์สภาพแวดล้อมบริเวณดังกล่าวกับค่าความส่องสว่าง (Lux) ของแสงไฟถนน

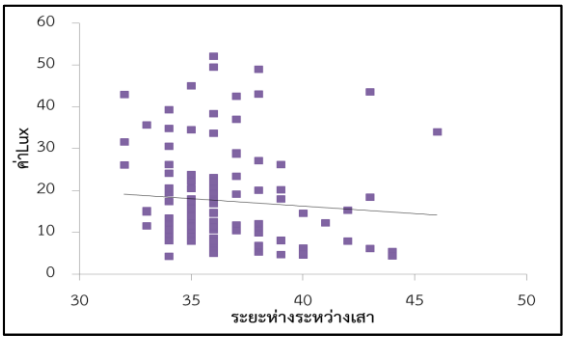
พบว่าเส้นแนวโน้มมีทิศทางที่ชันลง แต่มีการกระจายตัวของข้อมูลค่อนข้างมาก มีลักษณะการกระจายตัวเป็นลักษณะ Nonlinear Regression สมมุติฐานคือ ความชื้นสัมพัทธ์สภาพแวดล้อมไม่ส่งผลต่อค่าLux หรือส่งผลแต่ต้องมีความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรมากกว่า 2 ตัวแปรขึ้นไป ซึ่งกระทำร่วมกันและในเวลาเดียวกัน ซึ่งมีนัยสำคัญที่จะส่งผลให้ค่าLux ของแสงไฟถนนลดประสิทธิภาพลงได้แต่ต้องมีปัจจัยอื่นๆประกอบดังรูปที่ 10



รูปที่ 10 ความสัมพันธ์และการกระจายตัวระหว่างความชื้นสัมพัทธ์สภาพแวดล้อมกับค่าความส่องสว่าง (Lux) ของแสงไฟถนนทุกช่วงเวลาทั้งหมด

ผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างระยะห่างระหว่างเสาไฟกับค่าความส่องสว่าง (Lux) ของแสงไฟถนน

พบว่าเส้นแนวโน้นมีทิศทางที่ชันลง แสดงว่าระหว่างระยะห่างระหว่างเสาไฟเพิ่มขึ้นก็จะส่งผลให้ค่าLux ของแสงไฟถนนลดประสิทธิภาพลงดังรูปที่ 11

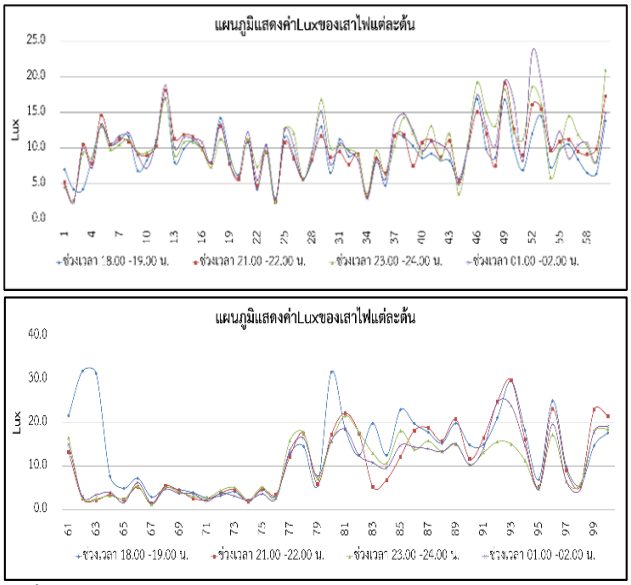


รูปที่ 11 ความสัมพันธ์และการกระจายตัวระหว่างระยะห่างระหว่างเสาไฟกับค่าความส่องสว่าง (Lux) ของแสงไฟถนนทุกช่วงเวลาทั้งหมด

5.2 ผลการศึกษาในลักษณะพื้นที่มีสภาพอากาศปกติ เป็นพื้นที่ในเมืองและหรือเป็นพื้นที่นอกเมือง รายละเอียดดังนี้

5.2.1 ผลการทดสอบค่าความส่องสว่าง (Lux) ของแสงไฟถนนตามช่วงเวลาต่างๆ ในเวลากลางคืนของแสงไฟแต่ละต้น

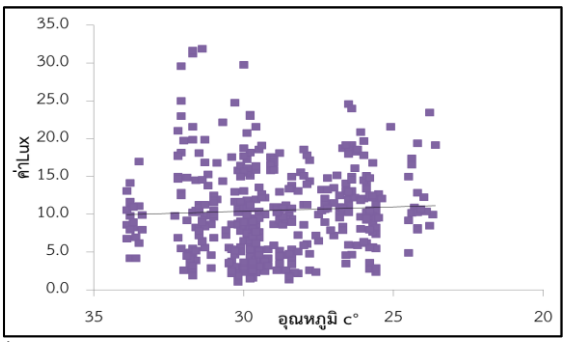
พบว่าช่วงเวลา 18.00 – 19.00 น. มีค่าความส่องสว่างของแสงไฟถนนเฉลี่ย 11.03 Lux ซึ่งช่วงเวลาดังกล่าวมีค่าความส่องสว่างมากที่สุดของช่วงเวลาทั้งหมดที่ทำการศึกษา ช่วงเวลา 21.00 – 22.00 น. มีค่าความส่องสว่างของแสงไฟถนนเฉลี่ย 10.38Lux ช่วงเวลา 23.00 – 24.00 น. มีค่าความส่องสว่างของแสงไฟถนนเฉลี่ย 10.35Lux และช่วงเวลา 01.00 – 02.00 น. มีค่าความส่องสว่างของแสงไฟถนนเฉลี่ย 10.32Lux ตามลำดับ ซึ่งพบว่าช่วง 01.00 – 02.00 น. มีค่าความส่องสว่างของแสงไฟถนนเฉลี่ยน้อยที่สุดของช่วงเวลาต่างๆ ที่ทำการทดสอบ ดังผลการทดสอบค่าLux ของแสงไฟถนนแต่ละต้นรูปที่ 12



รูปที่ 12 ค่าความส่องสว่างของแสงไฟถนนตามช่วงเวลาต่างๆของแสงไฟแต่ละต้น

5.2.2 ผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิสภาพแวดล้อมบริเวณดังกล่าวกับค่าความส่องสว่าง (Lux) ของแสงไฟถนนพบว่า

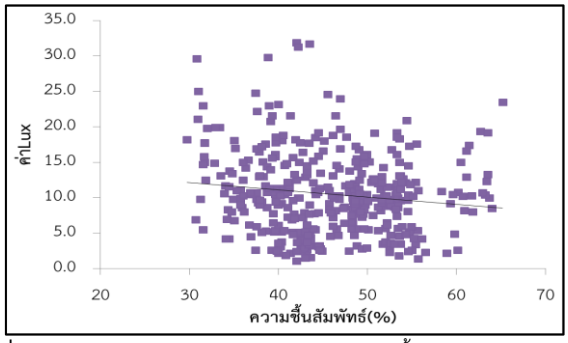
ผลการวิเคราะห์เส้นแนวโน้มกราฟ รูปที่ 13 มีทิศทางที่ชันขึ้น แต่มีการกระจายตัวของข้อมูลค่อนข้างมาก มีลักษณะการกระจายตัวเป็นลักษณะ Nonlinear Regression สมมุติฐานคือ อุณหภูมิไม่ส่งผลต่อค่าLux หรือส่งผลแต่ต้องมีความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรมากกว่า 2 ตัวแปรขึ้นไป ซึ่งกระทำร่วมกันและในเวลาเดียวกัน ซึ่งมีนัยสำคัญที่จะส่งผลให้ค่าLux ของแสงไฟถนนเพิ่มประสิทธิภาพขึ้นได้แต่ต้องมีปัจจัยอื่นๆประกอบ



รูปที่13 ทิศทางความสัมพันธ์และการกระจายตัวระหว่างอุณหภูมิ สภาพแวดล้อมกับค่าความส่องสว่าง (Lux) ของแสงไฟถนน ของแสงไฟถนนทุกช่วงเวลาทั้งหมด

5.2.3 ผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นสัมพัทธ์สภาพแวดล้อมบริเวณดังกล่าวกับค่าความส่องสว่าง (Lux) ของแสงไฟถนน

พบว่าเส้นแนวโน้มมีทิศทางที่ชันลง แต่มีการกระจายตัวของข้อมูลค่อนข้างมาก มีลักษณะการกระจายตัวเป็นลักษณะ Nonlinear Regression สมมุติฐานคือ ความชื้นสัมพัทธ์สภาพแวดล้อมไม่ส่งผลต่อค่าLux หรือส่งผลแต่ต้องมีความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรมากกว่า 2 ตัวแปรขึ้นไป ซึ่งกระทำร่วมกันและในเวลาเดียวกัน ซึ่งมีนัยสำคัญที่จะส่งผลให้ค่าLux ของแสงไฟถนนลดประสิทธิภาพลงได้แต่ต้องมีปัจจัยอื่นๆประกอบดังรูปที่ 14

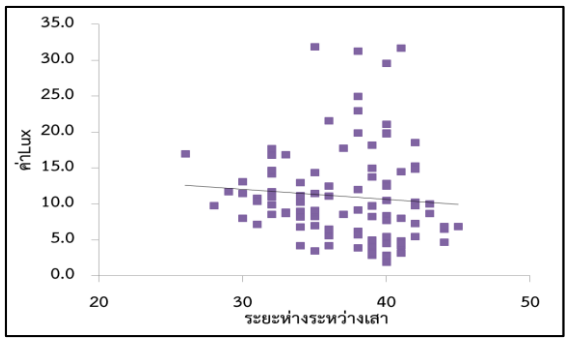


รูปที่ 14 ความสัมพันธ์และการกระจายตัวระหว่างความชื้นสัมพัทธ์สภาพแวดล้อมกับค่าความส่องสว่าง (Lux) ของแสงไฟถนนทุกช่วงเวลาทั้งหมด

จากการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิสภาพแวดล้อมกับค่าความส่องสว่าง (Lux), การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นสัมพัทธ์สภาพแวดล้อมบริเวณดังกล่าวกับค่าความส่องสว่าง (Lux) และการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างระยะห่างระหว่างเสาไฟกับค่าความส่องสว่าง (Lux) ของแสงไฟถนน พบว่ามีการกระจายตัวของข้อมูลค่อนข้างมาก มีลักษณะการกระจายตัวเป็นลักษณะ Nonlinear Regression คือ มีความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรมากกว่า 2 ตัวแปรขึ้นไป โดยตัวแปรหนึ่งเป็นตัวแปรตามส่วนตัวแปรอื่นๆ เป็นตัวแปรอิสระ กล่าวคือ มีตัวแปรที่ส่งผลต่อค่าความส่องสว่างของแสงไฟถนนมากกว่า 1 ตัวแปร ซึ่งกระทำพร้อมกันและในเวลาเดียวกัน ดังนั้นจึงจำเป็นต้องใช้วิธีการวิเคราะห์ Multiple Regression Analysis เพื่อวิเคราะห์ถึงตัวแปรที่ส่งผลกระทบต่อค่าความส่องสว่าง คือมีค่าSig.(1-tailed) ที่มีค่าน้อยกว่า 0.05 แสดงว่าตัวแปรดังกล่าวมีอิทธิพลต่อค่าความส่องสว่างของแสงไฟถนน

5.2.4 ผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างระยะห่างระหว่างเสาไฟกับค่าความส่องสว่าง (Lux) ของแสงไฟถนน

พบว่า เส้นแนวโน้นมีทิศทางที่ชันลง แสดงว่าระหว่างระยะห่างระหว่างเสาไฟเพิ่มขึ้นก็จะส่งผลให้ค่าLux ของแสงไฟถนนลดประสิทธิภาพลงดังรูปที่ 15



รูปที่ 15 ความสัมพันธ์และการกระจายตัวระหว่างระยะห่างระหว่างเสาไฟกับค่าความส่องสว่าง (Lux) ของแสงไฟถนนทุกช่วงเวลาทั้งหมด

5.3 *ผลการวิเคราะห์เพื่อตรวจสอบความสัมพันธ์ทางสถิติของแต่ละตัวแปรที่ส่งผลกระทบต่อค่าความส่องสว่างของแสงไฟถนนตามลักษณะพื้นที่สภาพมีหมอกอากาศและลักษณะพื้นที่สภาพอากาศปกติ*

จากตารางที่ 6 จำนวนข้อมูลวิเคราะห์ตามลักษณะพื้นที่สภาพมีหมอกอากาศมีข้อมูลทั้งหมดจำนวน 480 ข้อมูล จำนวนข้อมูลวิเคราะห์ตามลักษณะพื้นที่สภาพมีสภาพอากาศปกติมีข้อมูลทั้งหมดจำนวน 400 ข้อมูล จำนวนข้อมูลที่ใช้ในการวิเคราะห์รวมกันทั้งหมดมีจำนวน 880 ข้อมูล ผลการวิเคราะห์ทางสถิติเบื้องต้น พบว่า มีค่าLux เฉลี่ยอยู่ในช่วง 11.52 Lux และระยะห่างระหว่างเสาไฟ อยู่ในช่วง 26 - 46 ม. มีค่าเฉลี่ย 36.64 เมตร อุณหภูมิสภาพแวดล้อม อยู่ในช่วง 13.6 – 33.9 c° มีค่าเฉลี่ย 23.22 c° และชื้นสัมพัทธ์สภาพแวดล้อม อยู่ในช่วง 27.3 – 87.2 % มีค่าเฉลี่ย 56.41 %

ตารางที่ 6 สรุปผลการเก็บข้อมูล อุณหภูมิ ความชื้นสัมพันธ์ และระยะห่างเสาไฟ

	ค่าlux	ระยะห่างระหว่างเสา	อุณหภูมิ	ความชื้นสัมพัทธ์
Mean	11.09	36.64	23.22	56.41
N	880.00	880.00	880.00	880.00
Std. Deviation	6.73	3.39	6.09	15.90
Median	10.00	36.00	24.20	53.30
Grouped Median	9.97	35.97	24.23	53.31
Minimum	1.10	26.00	13.60	27.30
Maximum	52.10	46.00	33.90	87.20
Range	51.00	20.00	20.30	59.90
First	18.80	26.00	26.70	46.10
Last	34.00	46.00	20.80	61.00
Variance	45.31	11.46	37.09	252.90

ผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ทางสถิติด้วยวิธีการวิเคราะห์ Multiple Regression Analysis พบว่า ตัวแปรระยะห่างระหว่างเสามีค่า Sig เท่ากับ 0.001 อุณหภูมิสภาพแวดล้อมมีค่า Sig เท่ากับ 0.062 และความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศมีค่า Sig เท่ากับ 0.000 ซึ่งตัวแปรระยะห่างระหว่างเสากับตัวแปรความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศ ตัวแปรดังกล่าวทั้ง 2 ตัวแปร มีความสัมพันธ์กับตัวแปรตามอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับน้อยกว่า 0.05 แสดงว่าผลการวิเคราะห์ทางสถิติตัวแปรดังกล่าวมีผลกระทบกับค่าLux ของแสงไฟถนนอย่างมีนัยสำคัญ ดังผลในตารางที่ 7

ตารางที่ 7 Correlations

		ค่าlux	ระยะห่างระหว่างเสา	c°	ความชื้นสัมพัทธ์
Pearson Correlation	ค่าlux	1.000	-.111	.052	-.156
	ระยะห่างระหว่างเสา	-.111	1.000	.094	-.036
	อุณหภูมิ	.052	.094	1.000	-.875
	ความชื้นสัมพัทธ์	-.156	-.036	-.875	1.000
Sig. (1-tailed)	ค่าlux	.	.001	.062	.000
	ระยะห่างระหว่างเสา	.001	.	.003	.142
	อุณหภูมิ	.062	.003	.	.000
	ความชื้นสัมพัทธ์	.000	.142	.000	.
N	ค่าlux	880	880	880	880
	ระยะห่างระหว่างเสา	880	880	880	880
	อุณหภูมิ	880	880	880	880
	ความชื้นสัมพัทธ์	880	880	880	880

5.4 *ผลการวิเคราะห์ทางสถิติด้วยวิธี Backward เพื่อสร้างสมการแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ในการออกแบบค่าความส่องสว่างของแสงไฟถนน*

ดังตารางที่ 8 จากการวิเคราะห์ข้อมูลและตัวแปรที่มีอิทธิพลพบว่า ได้รูปแบบ Model มา 1 รูปแบบ ซึ่ง Model ที่เหมาะสมที่สุด ในการสร้างสมการแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ในการออกแบบค่าความส่องสว่างของแสงไฟถนน คือ

ค่าLux = 37.56 – 0.189ระยะห่างระหว่างเสา – 0.373อุณหภูมิ – 0.193ความชื้นสัมพันธ์ (*2*)

ตารางที่ 8 แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ในการออกแบบค่าความส่องสว่างของแสงไฟถนน

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	37.555	3.828		9.810	.000
	ระยะห่างระหว่างเสา	-.189	.066	-.095	-2.889	.004
	อุณหภูมิ	-.373	.075	-.338	-4.951	.000
	ความชื้นสัมพัทธ์	-.193	.029	-.455	-6.703	.000

a. Dependent Variable: ค่าlux

6. สรุปผลการศึกษา

ผลการศึกษาความส่องสว่างของแสงไฟถนนของหลอด HPS ตามลักษณะพื้นที่ประเภทเดียวกันคือ มีลักษณะประเภทถนนและลักษณะกายภาพรูปแบบเดียวกัน พบว่าลักษณะพื้นที่มีสภาพหมอกอากาศช่วงเวลา 18.00 – 19.00 น. มีค่าความส่องสว่างเฉลี่ย 17.60 lux ช่วงเวลา 21.00 – 22.00 น. มีค่าความส่องสว่างของแสงไฟถนนเฉลี่ย 10.00 Lux ช่วงเวลา 23.00 – 24.00 น.มีค่าความส่องสว่างของแสงไฟถนนเฉลี่ย 9.77 Lux และช่วงเวลา 01.00 – 02.00 น. มีค่าความส่องสว่างของแสงไฟถนนเฉลี่ย 8.85 Lux และลักษณะพื้นที่สภาพอากาศปกติ พบว่าช่วงเวลา 18.00 – 19.00 น. มีค่าความส่องสว่างของแสงไฟถนนเฉลี่ย 11.03 Lux ช่วงเวลา 21.00 – 22.00 น. มีค่าความส่องสว่างของแสงไฟถนนเฉลี่ย 10.38Lux ช่วงเวลา 23.00 – 24.00 น. มีค่าความส่องสว่างของแสงไฟถนนเฉลี่ย 10.35Lux และช่วงเวลา 01.00 – 02.00 น. มีค่าความส่องสว่างของแสงไฟถนนเฉลี่ย 10.32 Lux ซึ่งพบว่า ทั้งลักษณะทั้ง 2 พื้นที่ ช่วงเวลา 18.00 – 19.00 น. เป็นช่วงเวลาที่มีค่าความส่องสว่างของแสงไฟถนนมากที่สุด และช่วงเวลา 01.00 – 02.00 น.เป็นช่วงเวลาที่มีค่าความส่องสว่างของแสงไฟถนนน้อยที่สุด ซึ่งช่วงเวลาสำหรับการตรวจรับงานควรกระทำ ณ. ช่วงเวลาที่มีค่าความส่องสว่างน้อยที่สุดเพื่อประสิทธิภาพของแสงไฟถนนและทัศนวิสัยสำหรับการขับขี่ในยามค่ำคืนได้อย่างปลอดภัย

ผลการศึกษาปัจจัยที่ส่งผลกระทบความส่องสว่างของแสงไฟถนนของหลอด HPS ด้วยวิธีการทางสถิติ พบว่า ตัวแปรระยะห่างระหว่างเสามีค่า Sig เท่ากับ 0.001 อุณหภูมิสภาพแวดล้อมมีค่า Sig เท่ากับ 0.062 และความชื้น

สัมพัทธ์ในอากาศมีค่า Sig เท่ากับ 0.000 ซึ่งตัวแปรระยะห่างระหว่างเสากับตัวแปรความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศ ตัวแปรดังกล่าวทั้ง 2 ตัวแปร มีอิทธิพลที่ส่งผลกระทบต่อค่าความส่องสว่างของแสงไฟถนนทำให้ลดประสิทธิภาพลงได้

ผลการศึกษาในการสร้างสมการแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ในการออกแบบค่าความส่องสว่างของแสงไฟถนน พบว่า ได้สมการที่เหมาะสมและมีตัวแปรที่สมเหตุผลที่ใช้ในการออกแบบค่าความส่องสว่างของแสงไฟถนนมา 1 รูปแบบ ซึ่งสามารถเขียนในรูปแบบสมการได้ดังนี้คือ ค่าLux = 37.56 – 0.189ระยะห่างระหว่างเสา – 0.373อุณหภูมิ – 0.193ความชื้นสัมพันธ์

7. ข้อเสนอแนะ

7.1 การศึกษานี้เป็นการศึกษานำร่องเพื่อเป็นแนวทางในการศึกษาพัฒนาความเหมาะสมและลดผลกระทบของแสงไฟถนนในบริเวณพื้นที่ถนนในประเทศไทยโดยพิจารณาถึงตัวแปรที่ส่งต่อค่าความส่องสว่างของแสงไฟถนน ตามลักษณะกายภาพและสภาพแวดล้อมในบริเวณของทางหลวง อีกทั้งในปัจจุบัน มาตรฐานที่มีนั้นยังขาดปัจจัยที่สำคัญในด้านต่างๆของความส่องสว่างของแสงไฟถนน สำหรับหลอดไฟชนิดใหม่ เช่น หลอด LED เป็นต้น จึงเป็นโอกาสดีในการศึกษา แนวทางที่จะส่งเสริมการจัดการความปลอดภัยบนท้องถนนให้มีประสิทธิภาพสูงขึ้นของกรมทางหลวงและเป็นประโยชน์ในการพัฒนาองค์ความรู้ในการพัฒนาด้านการส่องสว่างของไฟถนนเพื่อประสิทธิภาพการขับขี่และสภาพแวดล้อมที่ดีในอนาคต

7.2 เนื่องจากหลอดไฟHPS ไม่สามารถลดหรือเพิ่มความส่องสว่างของแสงไฟถนนเหมือนกับหลอดไฟLED และตามมาตรฐานของกรมทางได้กำหนดระยะห่างของเสาไฟอยู่ระหว่าง 30-45 เมตร งานศึกษานี้จึงมีการศึกษานำร่องและเป็นแนวทางให้กับการพัฒนาต่อยอดองค์ความรู้ให้กับหลอดไฟHPS และหลอดไฟLED ต่อไป

7.3 งานศึกษานี้เป็นแนวทางเบื้องต้นรองรับการใช้เทคโนโลยี Photometer Imaging Light Technique ในการวัดค่าความส่องสว่างตามมาตรฐาน EN13201 ซึ่งอุปกรณ์นี้สามารถวัดและวิเคราะห์ค่าความส่องสว่างบนถนนได้ละเอียด

กิตติกรรมประกาศ

งานศึกษานี้แล้วเสร็จลุล่วงเนื่องจากได้รับความอนุเคราะห์งบประมาณและความร่วมมือจากผู้บริหารและเจ้าหน้าที่สำนักวิจัยและพัฒนางานทาง กรมทางหลวง กราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ ที่นี้ด้วย

เอกสารอ้างอิง

[1] ข้อกำหนดและมาตรฐานทั่วไปงานติดตั้งไฟฟ้าแสงสว่างบนทางหลวง. กรมทางหลวง, กันยายน 2554.

[2] คู่มือแนะนำการติดตั้งอุปกรณ์และสิ่งอำนวยความปลอดภัย.สำนักอำนวยความปลอดภัย กรมทางหลวง, 2554

[3] โครงการศึกษาผลกระทบของอุณหภูมิสีและความสว่างของแสงไฟถนนต่อการขับขี่บนทางหลวง.สำนักวิจัยและพัฒนางานทาง กรมทางหลวง, สิงหาคม 2562.

[4] แนวทางการปฏิบัติด้านประสิทธิผลทางพลังงานของโคมไฟถนน, มาตรฐานการปฏิบัติวิชาชีพ สภาวิศวกรรม, กุมภาพันธ์ 2554.

[5] สัณฐิติ อยู่มาก และ อรรถพล เจ่าพิทักษ์กุล (2560). การศึกษาและวิเคราะห์คุณภาพแสงสว่างไฟถนนสำหรับการใช้งานบนพื้นผิว ที่มีคุณลักษณะแตกต่างกัน. *วารสารวิชาการมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ,* ปีที่ 9, ฉบับที่ 17, หน้า 137- 149

[6] สัณฐิติ อยู่มาก และ อรรถพล เจ่าพิทักษ์กุล (2560). การศึกษาและวิเคราะห์คุณลักษณะทางแสงของหลอดไดโอดเปล่งแสง ในระบบทางหลวง. วารสารวิชาการมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, ปีที่ 7, ฉบับที่ 14, หน้า 40- 52

[7] CIE. (1979). Road Lighting for Wet Conditions. Publication No. 47.

[8] CIE/PIARC. (1984). Road surfaces and lighting. Joint technical report No. 066.