วารสารสถาปัตยกรรม การออกแบบและการก่อสร้าง
คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ ผังเมืองและนฤมิตศิลป์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
ปีที่ 6 ฉบับที่ 3 : กันยายน - ธันวาคม 2567

การศึกษาสภาพการส่องสว่างที่สอดคล้องกับนาฬิกาชีวภาพของร่างกาย ในอาคารสำนักงานที่มีการวางผังแบบเปิดในกรุงเทพมหานคร
A study of circadian lighting in an open-plan office building in Bangkok

ธีริทธิ์ บริสุทธิ์[1*] และ ธาริณี รามสูต[3]
[1]นักศึกษาปริญญาเอก และ [2]ผู้ช่วยศาสตราจารย์
คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร กรุงเทพฯ 10200

Theerith Borisuth[1*] and Tharinee Ramasoot[2]
[1]Ph.D.Student and [3]Assistant Professor ,
Faculty of Architecture, Silpakorn University, Bangkok, Thailand, 10200

*Email: ramasoot_t@silpakorn.edu

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อสำรวจและเปรียบเทียบปริมาณการส่องสว่างในพื้นที่ทำงานของอาคารสำนักงานและประเมินประสิทธิภาพของแสงเพื่อการกระตุ้นระบบนาฬิกาชีวภาพตามเกณฑ์ Well Building standard และเพื่อประเมินคุณภาพการนอนหลับและระดับความง่วงนอนตอนกลางวันจากการสัมผัสแสงในพื้นที่ทำงานตามเกณฑ์แบบประเมินคุณภาพการนอนหลับของแบบสอบถามพิตส์เบิร์ก (The Pittsburgh Sleep Quality Index : PSQI) และแบบประเมินระดับความง่วงนอนตอนกลางวัน (Epworth Sleepiness Scale : ESS) โดยใช้การสำรวจความส่องสว่าง (Lux) บนระนาบพื้นโต๊ะทำงานและอุณหภูมิแสง (Kelvin) ในตำแหน่งที่นั่งทำงานประจำของบุคคล จากการศึกษาพบว่าปริมาณแสงสว่างในพื้นที่ไม่สามารถกระตุ้นระบบนาฬิกาชีวภาพตามเกณฑ์ของ Well Building standard โดยมีค่าเฉลี่ยของความส่องสว่างทั้ง 3 ชั้น (23, 25 และ 27) อยู่ที่ 460.97 หรือ Melanopic Lux เท่ากับ 207.44 ซึ่งเป็นค่าความส่องสว่างเพื่อการใช้งานปกติในอาคารเท่านั้น ไม่เพียงพอที่จะกระตุ้นการทำงานของระบบนาฬิกาชีวภาพ โดยปริมาณความส่องสว่างในพื้นที่ทำงานเฉพาะที่ส่งผลต่อนาฬิกาชีวภาพที่เหมาะสมคือ ≥ 560 Lux (หลอดFluorescent) หรือ Melanopic Lux เท่ากับ 250 ขึ้นไปอย่างน้อย 4 ชั่วโมงต่อวันหรือทุกวันตลอดทั้งปี ซึ่งสอดคล้องกับผลประเมินด้านคุณภาพการนอนหลับและระดับความง่วงนอนในตอนกลางวันจากการทำแบบประเมินของกลุ่มผู้เข้าร่วม พบว่าสัดส่วนผู้เข้าร่วมส่วนใหญ่มีคุณภาพการนอนไม่ดีร้อยละ 71 และมีระดับความง่วงนอนตอนกลางวันมากกว่าปกติร้อยละ 46 ซึ่งผลคะแนนประเมินมีความสัมพันธ์กับสัดส่วนของการใช้แสงธรรมชาติในอาคารที่มีน้อยและใช้แสงประดิษฐ์ (Fluorescent) เป็นแสงหลักและเป็นแสงที่ไม่มีประสิทธิภาพการกระตุ้นระบบนาฬิกาชีวภาพ ฉะนั้นการบริหารจัดการอาคารสำนักงานควรให้ความสำคัญด้านแสงสว่างของสภาพแวดล้อมและแสงสว่างภายในให้มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์การกระตุ้นนาฬิกาชีวภาพเพื่อส่งเสริมสุขภาวะที่ดีและประสิทธิภาพการทำงานของผู้ใช้พื้นที่ภายในอาคาร

คำสำคัญ: การกระตุ้นระบบนาฬิกาชีวภาพ, สำนักงานแบบเปิดโล่ง, คุณภาพการนอนหลับ, สุขภาวะที่ดี, ประสิทธิภาพการทำงาน

Abstract

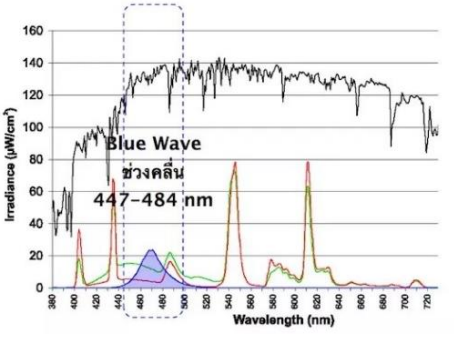
This study aims to explore and compare the illumination levels in office building workspaces and evaluate the effectiveness of lighting in stimulating the circadian system according to the Well Building Standard criteria. Additionally, the study aimed to evaluate sleep quality and daytime sleepiness based on light exposure in the workspace using the Pittsburgh Sleep Quality Index (PSQI) and the Epworth Sleepiness Scale (ESS). Illuminance (Lux) measurements were taken at desk height, and light color temperature (Kelvin) was assessed at

individuals' regular seating positions. The findings indicate that the illumination levels in the workspace do not meet the Well Building Standard criteria for circadian rhythm stimulation. The average illumination levels across the three floors (23, 25, and 27) were 460.97 lux, or 207.44 melanopic lux, which is suitable for general building use but inadequate for circadian rhythm stimulation. Optimal illumination levels that effectively influence the circadian rhythm in workspaces should be ≥ 560 lux (fluorescent) or 250 melanopic lux for at least four hours per day or throughout the year. This result aligns with the sleep quality and daytime sleepiness assessments, where 71% of participants reported poor sleep quality, and 46% experienced excessive daytime sleepiness. These findings correlate with the limited use of natural light and reliance on artificial fluorescent lighting, which is ineffective for circadian rhythm stimulation. Therefore, office management should focus on improving the lighting environment to effectively stimulate the circadian rhythm, promoting well-being and enhancing productivity for the building occupants.

Keywords: Well-being standard, Thai wellbeing standard, Sook building standard, building standard,architecture
Received: January 16, 2024; **Revised:** August 15, 2024; **Accepted:** September 12, 2024

1. บทนำ

ปัจจุบันการออกแบบสถาปัตยกรรมมีการให้ความสำคัญกับสุขภาวะของพนักงานมากขึ้น โดยมีงานวิจัยที่ชี้ให้เห็นถึงความสำคัญของแสงธรรมชาติต่อสุขภาพของพนักงาน จากงานวิจัยพบว่าพนักงานที่ได้รับแสงจากหน้าต่างในที่ทำงานช่วงเวลาทำงานจะมีการนอนหลับเพิ่มขึ้นโดยเฉลี่ย 46 นาทีต่อคืนซึ่งมากกว่าพนักงานที่ไม่ได้รับแสงธรรมชาติในที่ทำงาน (Boubekri et al., 2014) นอกจากนี้แนวโน้มของพนักงานในพื้นที่สำนักงานที่มีหน้าต่างหรือช่องแสงจะมีกิจกรรมทางกายมากกว่าและมีรายงานคะแนนคุณภาพชีวิตที่ดีกว่ารวมถึงคุณภาพการนอนหลับที่ดีกว่าพนักงานในพื้นที่ที่ไม่ได้รับแสงธรรมชาติจาก หน้าต่าง (Boubekri et al., 2014) การสัมผัสกับแสงในระหว่างวันโดยเฉพาะอย่างยิ่งในตอนเช้ามีประโยชน์ต่ออารมณ์ความตื่นตัวและการเผาผลาญอาหาร (Zee et al, 2014) พนักงานในสำนักงานอาคารสูงถือเป็นกลุ่มเสี่ยงเพราะโดยปกติแล้วมักจะอยู่ในอาคารโดยไม่ได้รับแสงสว่างจากธรรมชาติอย่างเพียงพอตลอดทั้งวัน โดยเฉพาะพนักงานส่วนที่นั่งระหว่างกลางพื้นที่อาคารมักได้รับผลกระทบจากการไม่ได้สัมผัสแสงธรรมชาติจากช่องแสงหรือการสัมผัสแสงที่ไม่มีประสิทธิภาพเพียงพอต่อระบบนาฬิกาชีวภาพ (ภาพที่ 5) ซึ่งการสัมผัสแสงมีทั้งผลดีและก็อาจจะมีผลเสียต่อสุขภาพเช่นกันถ้าหากได้รับในปริมาณมากเกินต่อวัน ซึ่งข้อดีของแสง อาทิ ในช่วงคลื่น 447-484 nm จะมีผลต่อระบบประสาทตาที่ส่งต่อไปยังสมองที่จะช่วยกระตุ้นการผลิตสารเคมีของสมองในการรักษาความผิดปกติทางอารมณ์ตามฤดูกาล ลดอาการซึมเศร้า ลดอาการเครียดช่วยส่งผลดีต่ออารมณ์โดยตรง สามารถบำบัดโรคซึมเศร้าหรืออารมณ์ผันแปรตามฤดูกาล (Seasonal Affective Disorder : SAD.) ได้ โดยในปัจจุบันโรคนี้มักเริ่มในช่วงอายุระหว่าง 18 ถึง 30 ปี SAD และพบในผู้หญิงมากกว่าผู้ชายถึงสี่เท่า (Hunziker, 2022)



ภาพที่ 1 ช่วงคลื่นแสงสีฟ้า (Blue Wave) สามารถกระตุ้นการผลิตสารเคมีของสมองลดอาการซึมเศร้า
ที่มา : PsychEducation.org, 2012

นอกจากนี้แสงยังมีผลกับการทำงาน โดยมีงานวิจัยที่พบว่าอุณหภูมิสีที่สัมพันธ์กัน (CCT) เป็นสิ่งสำคัญในการส่งเสริมสนับสนุนประสิทธิภาพการทำงานของพนักงานด้วยเช่นกัน ซึ่งความแปรผันของ CCT จะส่งผลกระทบอย่างมีนัยสำคัญต่อความสบายตาและโดยเฉพาะอย่างยิ่งต่อความชัดเจนของสีที่เกี่ยวข้องกับ CRI และการเลียนแบบแสงธรรมชาติ ซึ่งแสงธรรมชาติถือว่าเหมาะสมต่อสถานที่ทำงานที่ใช้คอมพิวเตอร์มาก (Aryani et al, 2020) อีกทั้งมุมมองที่เกิดจากแสงธรรมชาติจะมีอิทธิพลเชิงบวกต่อความรู้สึกดีของผู้คน (Kaplan, 1993), รวมถึงทำให้มีสุขภาพจิตที่ดีขึ้น (Kaplan, 1993) และยังสามารถสร้างความพึงพอใจต่อสภาพแวดล้อม (Newsham et al., 2009) ภายในพื้นที่ทำงานเพิ่มมากขึ้น ส่วนด้านผลเสียของแสง อาทิ มีงานวิจัยที่พบว่าการสัมผัสแสงจะเชื่อมโยงกับพัฒนาการของมะเร็งเต้านมในหมู่คนที่ทำงานในช่วงเวลากลางคืน (Boyce, 2010) ซึ่งการได้รับแสงในเวลากลางคืนเป็นผลในการยับยั้งฮอร์โมนเมลาโทนินที่เชื่อมโยงกับการเกิดของมะเร็งเต้านม (Stevens, 1987) และยังมีการระบุด้วยว่าเมลาโทนินมีผลต่อการยับยั้งการเติบโตของเนื้องอก (Blask et al, 2005) หรือกรณีแสงธรรมชาติหรือแสงประดิษฐ์มีความสว่างที่สูงมากเกินขอบเขตการมองเห็น (แสงจ้า) หรือการกระจายความสว่างที่ไม่สม่ำเสมอสูงมากก็อาจทำให้เกิดความรู้สึกไม่สบายหรืออาจทำให้เกิดอาการปวดหัวได้ (Veitch and Gifford,1996a) หรือทำให้เกิดอาการของไมเกรนที่มีเหตุจากการกะพริบเป็นจังหวะของหน้าจอคอมฯหรือแสงสะท้อนต่างๆจากแสงจ้าเช่นกัน หรือมีความเสี่ยงด้านสุขภาวะอื่นๆ เช่นโรคเบาหวาน, *โรคหัวใจ, หลอดเลือดโรค, โรคอ้วน, ความเสื่อมของระบบประสาท, ปัญหาทางจิตใจและ*โรคอัลไซเมอร์ (Yuda et al, 2017) ซึ่งเหตุเหล่านี้ไม่เพียงส่งผลกระทบต่อพนักงานเฉพาะเพียงรายบุคคลเท่านั้น แต่อาจจะส่งผลไปถึงในระดับสังคมภาพรวมในพื้นที่ทำงานที่จะนำไปสู่การเกิดอุบัติเหตุที่เพิ่มมากขึ้น, เกิดข้อผิดพลาดในที่ทำงานมากขึ้นหรือทำให้ประสิทธิภาพการทำงานลดลงได้ (Boyce, 2010) ดังนั้นความส่องสว่างในช่วงเวลากลางวันจึงเป็นส่วนสำคัญต่อประสิทธิภาพการกระตุ้นนาฬิกาชีวภาพเพื่อควบคุมระบบการทำงานภายในร่างกายตลอดจนการส่งเสริมสุขภาวะที่ดีและเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงานให้ดียิ่งขึ้นได้

1.1 เกณฑ์การวิเคราะห์แสงที่มีความสามารถในการกระตุ้นระบบนาฬิกาชีวภาพ

การคำนวณค่าความส่องสว่างเทียบเท่าที่ส่งผลต่อการกระตุ้นระบบนาฬิกาชีวภาพสามารถคำนวณได้โดยใช้เกณฑ์การวัดผลกระทบของแสงที่มีต่อระบบนาฬิกาชีวภาพ ซึ่งในปัจจุบันมีมาตราฐานของเกณฑ์แสงส่องสว่างเพื่อกระตุ้นนาฬิกาชีวภาพอย่างมีประสิทธิภาพในอาคารที่ใช้กันแพร่หลาย 2 แนวทางหลัก คือ

1.1.1 แนวทางการออกแบบระบบไฟ Circadian Lighting ของ WELL Building Standard (WELL, 2023) จาก International WELL Building Institute (IWBI) ที่ใช้เกณฑ์ Equivalent Melanopic Lux ขั้นต่ำ 250 EML (เทียบเท่า 226 lux ของ D65) ซึ่งต้องได้รับการแสงตามเกณฑ์อย่างน้อย 4 ชั่วโมงในแต่ละวันในจุดที่กำหนดไว้ (ภาพที่ 6 และ 8) โดยแสงที่ใช้วัดค่าความส่องสว่างสามารถใช้ได้ทั้งแสงธรรมชาติหรือแสงประดิษฐ์ (Konis, 2016), (WELL, 2023)

1.1.2 แนวทางของ Lighting Research Center โดยใช้เกณฑ์การกระตุ้นนาฬิกาชีวภาพ (circadian stimulus: CS) ที่แนะนำคือ 0.3 (เทียบเท่า 180 ลักซ์ ของ D65) ส่องกระทบที่ดวงตาเป็นเวลาอย่างน้อย 1 ชั่วโมงหรือมากกว่าในช่วงต้นหรือช่วงเช้าของวัน (Figueiro et al, 2016)

โดยทั้ง 2 เกณฑ์แม้จะมีข้อพิจารณาแตกต่างกันในกระบวนการชี้วัด แต่จะมีจุดมุ่งหมายเดียวกันคือเพื่อเป็นแนวทางในการปรับปรุงแสงส่องสว่างให้มีประสิทธิภาพกระตุ้นนาฬิกาชีวภาพ เพื่อสุขภาวะและส่งเสริมประสิทธิภาพการทำงาน โดยในงานวิจัยนี้ได้เลือกใช้แนวทางและเกณฑ์การออกแบบระบบไฟ Circadian Lighting ของ WELL Building Standard จาก International WELL Building Institute (IWBI) ซึ่งเป็นแนวทางที่ใช้กันแพร่หลายในประเทศไทย รวมถึงกรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน ก็ได้ใช้แนวทางของ WELL Building Standard เป็นเกณฑ์ในการออกแบบอาคารตามมาตรฐานการออกแบบอาคาร WELL Building Standard เรื่องการออกแบบแสงและทิวทัศน์สำหรับพื้นที่ทำงานในประเทศไทยเช่นกัน (ศูนย์ประสานงานการออกแบบอาคารเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน, 2562) โดยตัวชี้วัดตามแนวทางของ WELL Building Standard for Light คือ การวัดการมีส่วนร่วมทางชีวภาพของแสงที่สามารถกระตุ้นระบบนาฬิกาชีวภาพของมนุษย์โดยใช้เมตริกที่เรียกว่า Equivalent Melanopic Lux (EML) ซึ่งเป็นการวัดปริมาณอิทธิพลของแสงในวัฏจักรชีวิตของมนุษย์ โดยการคำนวณตามจุด

และทิศทางที่กำหนด ซึ่งใช้การคูณค่าความส่องสว่างทางสายตาที่มีหน่วยเป็นลักซ์ กับอัตราส่วน Melanopic Lux ที่ขึ้นอยู่กับสเปกตรัมของแสงที่ตกกระทบ โดยอัตราส่วน Melanopic Lux คืออัตราส่วนของการตอบสนอง Melanopic Lux ของเซลล์ในดวงตาที่ช่วยควบคุมจังหวะนาฬิกาชีวภาพต่อการตอบสนองทางสายตาที่มีจุดมุ่งหมายเพื่อลดการหยุดชะงักของนาฬิกาชีวภาพของร่างกาย และเพิ่มประสิทธิภาพการทำงาน, สนับสนุนคุณภาพการนอนหลับและให้ความชัดเจนต่อการมองเห็น (WELL Building Standard , 2020) การคำนวณค่าความส่องสว่างเทียบเท่าที่ส่งผลต่อนาฬิกาชีวภาพของร่างกาย หรือ EML (Equivalent Melanopic Lux : EML) สามารถคำนวณได้โดยใช้สมการตามเกณฑ์ของ WELL Building Standard คือ

$$EML = LxR \qquad [1]$$

L = Visual lux หรือความส่องสว่างในแนวตั้ง (ลักซ์) , ที่ได้ออกแบบหรือที่วัดได้ในอาคาร

R = Melanopic Ratio หรือค่า Ratio ของแหล่งกำเนิดแสง เช่นหลอด LED, หลอด Fluorescent

ตัวอย่างเช่น หลอดไส้ให้แสง 200 lux ของความส่องสว่างในแนวตั้ง จะสามารถคำนวน Equivalent Melanopic Lux จากสูตรได้ = 108 โดยใช้การแทนค่า คือ

Visual lux (L) = 200 lux

Melanopic Ratio (R) = 0.54 (Incandescent ≤ 2800 : ตาราง 1)

Equivalent Melanopic Lux = 200 (L) x 0.54 (R) = 108 (EML)

ซึ่ง Melanopic Ratio (R) จะขึ้นอยู่กับอุณหภูมิแสงจากแหล่งกำเนิดแสงที่ใช้งาน ปกติแล้วช่วงอุณหภูมิสีตามความผันแปรของแสงธรรมชาติและสัมพันธ์กับระบบนาฬิกาชีวภาพของมนุษย์ในระหว่างวันจะอยู่ที่ประมาณ 3,000k - 6,500 K โดยค่า Melanopic Ratio (R) จากแหล่งกำเนินแสงต่างๆ เพื่อแทนค่าในการคำนวณหา Melanopic Lux ที่เหมาะสมพิจารณาได้จากตารางที่ 1

ตารางที่ 1 Melanopic Ratio (R)

CCT (K)	Light source	Ratio
2700	**LED**	0.45
3000	**Fluorescent**	0.45
2800	**Incandescent**	0.54
4000	**Fluorescent**	0.58
4000	**LED**	0.76
5450	**CIE E (Equal Energy)**	1.00
6500	**Fluorescent**	1.02
6500	**Daylight**	1.10
7500	**Fluorescent**	1.11

ที่มา : https://standard.wellcertified.com/v7/tables (WELL,2017)

2. วัตถุประสงค์และวิธีดำเนินการศึกษา

2.1 วัตถุประสงค์

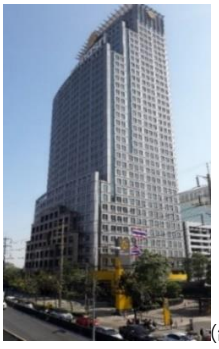
2.1.1 เพื่อสำรวจและเปรียบเทียบปริมาณการส่องสว่างในพื้นที่ทำงานของอาคารสำนักงานที่มีการวางผังแบบเปิดและประเมินประสิทธิภาพของแสงเพื่อการกระตุ้นระบบนาฬิกาชีวภาพตามเกณฑ์ Well Building standard

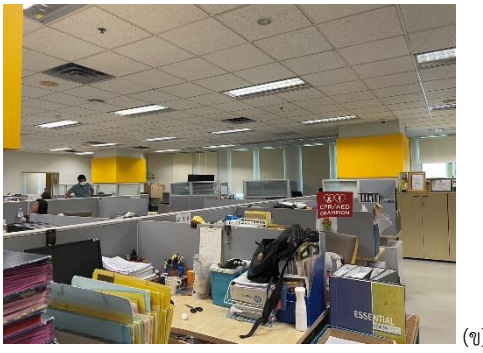
2.1.2 เพื่อประเมินคุณภาพการนอนหลับและระดับความง่วงนอนตอนกลางวันจากการสัมผัสแสงในพื้นที่ทำงานตามเกณฑ์ของแบบประเมินคุณภาพการนอนหลับของแบบสอบถามพิตส์เบิร์ก (PSQI) และแบบประเมินระดับความง่วงนอนตอนกลางวัน (ESS)

2.2 วิธีดำเนินการศึกษา

2.2.1 ขอบเขตการศึกษา

อาคารธนาคารกรุงศรีอยุธยาสำนักงานใหญ่ อาคาร A ถนนพระราม 3 สูง 36 ชั้น (ภาพที่ 2 ก) จากการตรวจสอบสภาพแวดล้อมโดยรอบไม่พบปัจจัยที่จะส่งผลกระทบต่องานวิจัย เช่น มีอาคารข้างเคียงบังแสงธรรมชาติจนเกิดเงาแสงเข้าสู่อาคารพื้นที่กรณีศึกษา


(ก)


(ข)

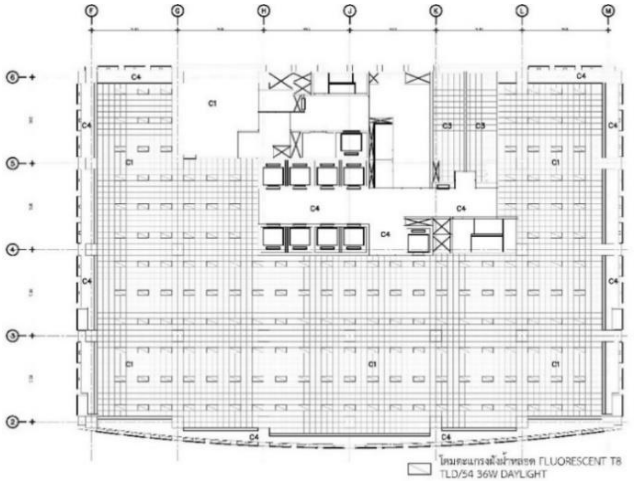
ภาพที่ 2 (ก) อาคารสำนักงานใหญ่ธนาคารกรุงศรีอยุธยา ถนนพระราม 3 กรุงเทพมหานคร
ภาพที่ 3 (ข) ลักษณะการจัดที่นั่งภายในอาคารกรณีศึกษา ชั้น 23,25 และ 27

2.2.1 ลักษณะกายภาพทั่วไปภายในอาคาร

ลักษณะของผังพื้นที่สำนักงานมีการวางผังแบบเปิดโล่งและมีระดับฝ้าสูง 2.90 ม.โดยไม่มีการกั้นผนังห้องใด ๆ ในพื้นที่ส่วนที่นั่งเจ้าหน้าที่จะจัดเป็นแถวตามแนวลึกของพื้นที่อาคาร ที่นั่งพนักงานจะมี Partition สูง 1.20 ม.กั้นระหว่างกัน ยกเว้นพื้นที่ริมช่องแสงที่เป็นพื้นที่นั่งทำงานของผู้บริหารระดับกลางจะมี Partition สูง 1.60 ม. (ภาพที่ 3 ข) กั้นเป็นพื้นที่ทำงานและภายในพื้นที่ชั้นทำงานแสงธรรมชาติสามารถส่องเข้ามาได้ถ้ามีการเปิดม่านบังแสงจากช่องแสงรอบอาคารที่เป็นช่องแสงกระจกติดตรึงกับกรอบบานและเป็นบานกระทุ้งทุกระยะความห่างที่ 3.00 ม.

2.2.2 ลักษณะการใช้แสงสว่างในพื้นที่

แสงสว่างหลักจากโคมตระแกรงฝังฝ้า หลอด Fluorescent T8 TLD/54 36W DAYLIGHT , CRI > 80 จำนวน 2 หลอดต่อโคม (ภาพที่ 4) และมีการใช้แสงสว่างรองจากแสงธรรมชาติผ่านทางช่องแสงผนังอาคารเป็นบางช่วงเวลา (ม่านเปิด-ปิดไม่เป็นเวลา)

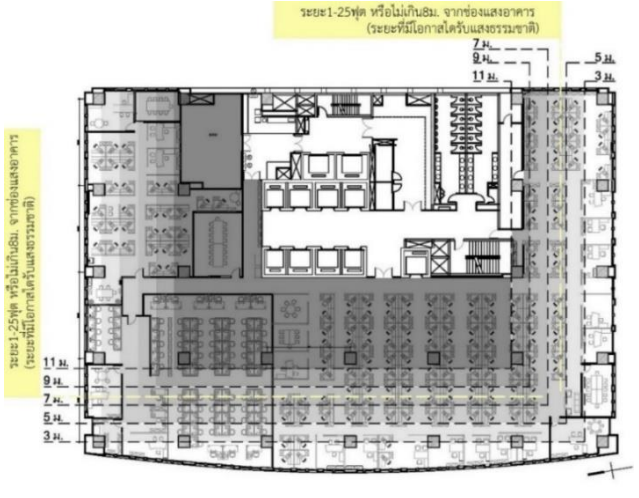


ภาพที่ 4 ผังฝ้า T Bar และตำแหน่งโคมไฟตะแกรงในพื้นที่อาคาร ชั้น 23, 25 และ 27

ตัวแปรอิสระ

2.2.1 ตำแหน่งที่นั่งประจำของพนักงานอาสาสมัครกลุ่มตัวอย่าง

ตำแหน่งที่นั่งประจำกลุ่มผู้เข้าร่วมจะมีระยะห่างจากช่องหน้าต่างรับแสงสว่างระหว่างวันที่คละกันระหว่างความใกล้และไกลเพื่อให้ข้อมูลการสำรวจและประเมินประสิทธิภาพแสงที่สัมผัสภายในพื้นที่ทำงานเป็นลักษณะภาพรวมของแสงในพื้นที่ทั้งแสงธรรมชาติและแสงประดิษฐ์ว่ามีคุณสมบัติในการกระตุ้นระบบนาฬิกาชีวภาพเพื่อการส่งเสริมสุขภาวะและประสิทธิภาพการทำงานของเจ้าหน้าที่ตามเกณฑ์ WELL Building Standard หรือไม่ ซึ่งแสงระหว่างวันที่กลุ่มผู้เข้าร่วมได้รับนี้นำมาประเมินผลเป็นด้วยแบบประเมินคุณภาพการนอนหลับและแบบประเมินระดับความง่วงนอนตอนกลางวันหลังเพื่อเป็นข้อมูลของแสงสว่างในพื้นที่ทำงานปัจจุบันมีผลต่อกับการกระตุ้นระบบนาฬิกาชีวภาพของกลุ่มผู้เข้าร่วมหรือเจ้าหน้าที่ทำงานภายในพื้นที่หรือไม่



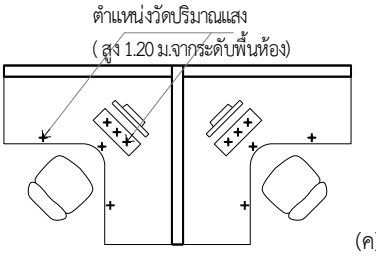
ภาพที่ 5 แปลนลักษณะพื้นที่สำรวจข้อมูลตามแนวระยะห่างที่นั่งทำงานประจำกลุ่มตัวอย่างกับช่องแสง

2.2.2 สำรวจวัดปริมาณแสงที่ตกลงบนระนาบพื้นโต๊ะทำงาน (Lux) และอุณหภูมิแสง (Kelvin)

ดำเนินการวัดแสงในตำแหน่งวัดแสงในแนวดิ่งโดยเครื่อง Chroma Meter CL-200 ของ Konica Minolta (ภาพที่ 7 ง) เป็นเครื่องมือในการวัดปริมาณแสง (Lux) และอุณหภูมิแสง (Kelvin) และใช้สมการของ WELL Building Standard ในการคำนวนผล Melanopic Lux (EML) จากตำแหน่งที่วัดแสงซึ่งจากเกณฑ์การประเมินของ WELL ได้กำหนดตำแหน่งการวัดปริมาณแสงตามมาตรฐานที่เหมาะสมกับ Circadian rhythm ของผู้ใช้งานภายในอาคารสำนักงาน โดยมีลักษณะการวัดผล 2 ลักษณะ คือ 1 ตำแหน่งวัดผลในแนวราบ (ภาพที่ 6 ค) และ 2 ระยะตำแหน่งการวัดผลในแนวตั้ง (ดิ่ง) (ภาพที่ 8) โดยแสงที่ทำการวัดปริมาณนี้ คือแสงสว่างหลักที่ใช้ในพื้นที่ คือ แสงสว่างจากโคมตะแกรงฝังฝ้าดานติดตั้งหลอดหลอด Fluorescent T8 /54 36W DAYLIGHT , CRI > 80 จำนวน 2 หลอดต่อโคม

2.2.3 ปริมาณตำแหน่งวัดผลในแนวราบ

วัดความสว่างคงที่บนระนาบแนวราบในด้านหน้าของมุมมองผู้ใช้งาน (พนักงานกลุ่มตัวอย่าง)



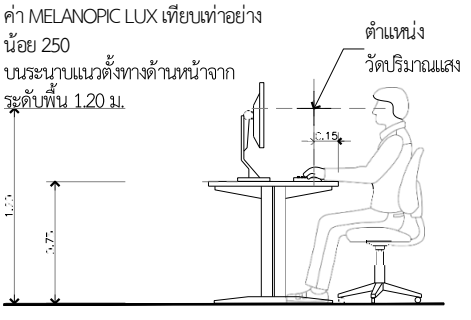
(ค)

(ง)

ภาพที่ 6 (ค) แปลนตำแหน่งการวัดปริมาณความส่องสว่างในแนวนอนบนระนาบโต๊ะทำงาน
ภาพที่ 7 (ง) เครื่องมือวัดแสงและอุณหภูมิแสง Chroma Meter CL-200 ของ Konica Minolta

2.2.4 ระยะตำแหน่งการวัดผลในแนวดิ่ง

การศึกษานี้ได้กำหนดระยะตำแหน่งในการวัดผลระยะที่ 0.45 เมตรจากระนาบโต๊ะทำงาน หรือระยะรวมที่ 1.20 ม.จากระดับพื้นห้องซึ่งเป็นระยะสายตาของผู้ใช้งานขณะนั่งบนเก้าอี้ทำงานที่แสงเข้าสู่ตา ส่งผลต่อการทำงานของเซลล์รับภาพที่ประสาทตาเพื่อการกระตุ้นระบบนาฬิกาชีวภาพของมนุษย์ตามเกณฑ์การประเมินของ WELL Building Standard



ภาพที่ 8 ตำแหน่งการวัดปริมาณความส่องสว่างตามมาตรฐาน WELL Building Standard

2.2.3 ช่วงเวลาการวัดผล

มีช่วงเวลาการวัดผลเก็บข้อมูลแบ่งเป็น 3 ช่วงเวลาคือ 9.00-10.00 ,11.00-12.00 และ13.00-14.00 ซึ่งช่วงเวลาการเก็บข้อมูลดังเป็นไปตามเกณฑ์ของ WELL Building Standard โดยการวัดบนระนาบแนวตั้งที่หันไปข้างหน้า 1.2 ม. (4 ฟุต) เหนือพื้นอาคารในช่วงเวลาระหว่าง 9.00 น. ถึง 13.00 น. ทุกวัน โดยแสงที่วัดคือแสงจากช่องแสงของอาคารและแสงจากโคมไฟส่องสว่างที่ติดตั้งเหนือศีรษะของกลุ่มตัวอย่างในปัจจุบัน

ตัวแปรตาม

2.3 แบบสอบถามข้อมูลทั่วไป, แบบสอบถามเพื่อประเมินคุณภาพการนอนหลับของพิตส์เบิร์ก (The Pittsburgh Sleep Quality Index (PSQI) และแบบสอบถามเพื่อประเมินระดับความง่วงนอนตอนกลางวัน (Epworth Sleepiness Scale (ESS))
เพื่อประเมินผลคุณภาพการนอนหลับ และผลความง่วงนอนในตอนกลางวันและเพื่อยืนยันผลความส่องสว่างในพื้นที่ทำงานปัจจุบันมีความเชื่อมโยงกับสุขภาวะและประสิทธิภาพการทำงานหรือไม่ โดยใช้เครื่องมือ ดังนี้

2.3.1 แบบแบบสอบถามข้อมูลของกลุ่มตัวอย่างโดยทั่วไป อาทิ อายุ , เพศ ,ตำแหน่งที่นั่งฯ

2.3.2 แบบสอบถามเพื่อประเมินคุณภาพการนอนหลับซึ่งเป็นแบบสัมภาษณ์ที่แปลและดัดแปลงมาจาก The Pittsburgh Sleep Quality Index (PSQI) โดยตะวัน จิรประมุขพิทักษ์ และ วรัญ ตันชัยสวัสดิ์ เป็นแบบประเมินคุณภาพการนอนหลับและการรบกวนการนอนหลับ ประกอบด้วย 9 ข้อคำถาม แบ่งเป็น 7 องค์ประกอบ คือ 1.การรายงานคุณภาพการนอนหลับเชิงอัตนัย 2. ระยะเวลาตั้งแต่เข้านอนจนกระทั่งหลับ 3.ระยะเวลาในการนอนหลับแต่ละคืน 4.ประสิทธิภาพของการนอนหลับโดยปกติวิสัย 5. การรบกวนการนอนหลับ 6.การใช้ยานอนหลับ และ 7. ผลกระทบต่อการทำกิจกรรมในเวลากลางวัน, โดยรวมคะแนนทั้ง 7 องค์ประกอบของแบบประเมินคุณภาพการนอนหลับจะนำมาคิดคำนวณตามสูตรคำนวนของแบบสอบถาม ซึ่งมีคะแนนประเมินอยู่ระหว่าง 0 - 21 คะแนน ผู้มีคะแนนรวม $\leq$ 5 คะแนน หมายถึง เป็นผู้มีคุณภาพการนอนหลับดี และผู้มีคะแนนรวม > 5 คะแนน หมายถึงเป็นผู้มีคุณภาพการนอนหลับไม่ดี

2.3.3 แบบสอบถามเพื่อประเมินการง่วงนอนตอนกลางวัน (Epworth Sleepiness Scale : ESS) โดย Dr. Murray Johns จากโรงพยาบาล Epworth ในเมลเบิร์น ประเทศออสเตรเลีย เป็นแบบสอบถามที่มีวัตถุประสงค์เพื่อเน้นประเมินความรุนแรงของอาการง่วงนอน หรือโอกาสในการผล็อยหลับในช่วงกลางวันภายใต้สถานการณ์ที่แตกต่างกัน แบบสอบถามประกอบด้วยคำถาม 8 ข้อ ดังนี้

1. ขณะกำลังนั่งและอ่านหนังสือ 2. ขณะกำลังดูโทรทัศน์ 3. ขณะกำลังนั่งเฉยๆ ในที่สาธารณะ เช่น โรงภาพยนตร์ หรือที่ประชุมสัมมนา 4. ขณะกำลังนั่งเป็นผู้โดยสารในรถนานกว่า 1 ชั่วโมงอย่างต่อเนื่อง 5. ขณะกำลังได้นอนเอนหลังเพื่อพักผ่อนในตอนบ่ายถ้ามีโอกาส 6. ขณะกำลังนั่งและพูดคุยกับผู้อื่น 7. ขณะกำลังนั่งเงียบๆ หลังอาหารกลางวันโดยที่ไม่ได้ดื่มแอลกอฮอล์ 8. ขณะกำลังขับรถแต่หยุดรถเพื่อรอสัญญาณจราจรนาน 2-3 โดยผู้ตอบแบบสอบถามได้คะแนนสูงจะแสดงถึงมีระดับความง่วงนอนในตอนกลางวันมาก ซึ่งเกณฑ์การให้คะแนนความรู้สึกง่วงนอนอยู่ระหว่าง 0-5 คือความง่วงนอนตอนกลางวันปกติ และถ้า > 5 จนถึงคะแนน 16-24 จะมีความง่วงนอนตอนกลางวันมากเกินไปอย่างรุนแรง

3. ผลการศึกษา

3.1 ข้อมูลค่าความส่องสว่าง และ Melanopic Lux (EML) เทียบเท่าในพื้นที่ศึกษา

จากการสำรวจชั้น 23, 25 และ 27 พบว่ามีค่าความส่องสว่างเฉลี่ยที่ 426.87, 519.15,และ 436.89 ตามลำดับ และ Melanopic Lux (EML) เทียบเท่า เท่ากับ 192.09, 233.62, 196.60 ตามลำดับ(ตารางที่ 2) แสดงให้เห็นว่าทั้ง 3 ชั้น ยังไม่ผ่านตามเกณฑ์ WELL Building Standard ที่กำหนดว่าพื้นที่ทำงานเฉพาะต้องมีค่าเฉลี่ยความส่องสว่าง 560 Lux และ Melanopic Lux ลักซ์เทียบเท่า 250 Melanopic Lux ขึ้นไปอย่างน้อย 4 ชั่วโมงต่อวันและทุกวันตลอดทั้งปี

ตารางที่ 2 ค่าความส่องสว่าง (Lux) และ Melanopic Lux (EML) เทียบเท่า ชั้น 23 ,25 และ 27

ช่วงเวลา (น.)	ค่าเฉลี่ยปริมาณความส่องสว่าง (ลักซ์)			Melanopic Lux ลักซ์เทียบเท่า (*0.45)		
	ชั้น 23	ชั้น 25	ชั้น 27	ชั้น 23	ชั้น 25	ชั้น 27
9.00-10.00	**426.3** (SD 7.99)	**514.31** (SD 3.56)	**434.92** (SD 0.40)	**191.85**	**232.00**	**195.70**
11.0-12.00	**426.95** (SD 4.94)	**521.68** (SD 2.91)	**441.21** (SD 0.50)	**192.10**	**234.75**	**198.55**
13.00-14.00	**427.35** (SD 3.39)	**521.45** (SD 3.07)	**434.55** (SD 1.15)	**192.30**	**234.58**	**195.55**

3.2 ข้อมูลจากแบบสอบถาม

3.2.1. ข้อมูลทั่วไป

จำนวนกลุ่มตัวอย่างที่ศึกษาและผู้ตอบแบบสอบถามมีทั้งสิ้น 41 คน เป็นเพศชายร้อยละ 37 เพศหญิงร้อยละ 63 ค่าเฉลี่ยอายุ เพศชาย 45 ปี หญิง 38 ปี ค่าเฉลี่ยอายุรวมเท่ากับ 42 ปี (SD = 9.72) ระยะการนั่งของผู้ตอบแบบสอบถามมากที่สุด คือระยะการนั่งห่างจากช่องแสงอาคาร 4-7 เมตร จำนวน 16 คน (ร้อยละ 39.02) และระยะนั่งห่างจากช่องแสงมากกว่า 11 เมตรมีจำนวนน้อยที่สุด คือ 1 คน (ร้อยละ 2.44) ตามลำดับ, การเปิดรับแสงธรรมชาติจากช่องแสงในบริเวณพื้นที่นั่งทำงานพบว่ามีจำนวนตำแหน่งที่นั่งที่มีลักษณะการเปิด-ปิดม่านบังแสงแบบไม่เป็นเวลามากที่สุด 17 คน (ร้อยละ 41.46) และน้อยที่สุดคือมีการเปิด-ปิดเฉพาะในเวลาช่วงบ่ายมีเพียง 1 คน (ร้อยละ 2.44), แสงส่องสว่างที่ใช้งานในตำแหน่งที่นั่งส่วนใหญ่เป็นโคมฟลูออเรสเซนต์จากฝ้าจำนวน 24 คน (ร้อยละ 58.54) และการใช้ไฟจากฝ้าและแสงธรรมชาติในการส่องสว่างระหว่างวันน้อยที่สุด 4 คน (ร้อยละ 9.76) จำนวนชั่วโมงเฉลี่ยนั่งทำงานต่อวันมากที่สุดอยู่ที่ 8 ชั่วโมง จำนวน 22 คน (ร้อยละ 53.66) และชั่วโมงเฉลี่ยนั่งทำงาน 11 ชั่วโมงมีจำนวนน้อยที่สุด คือ 1คน (ร้อยละ 2.44)

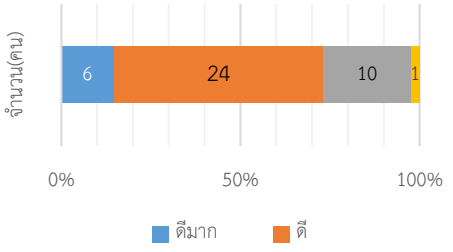
3.2.2. ข้อมูลคุณภาพการนอนหลับ

การสำรวจผ่านแบบประเมินคุณภาพการนอนหลับของพิตซ์เบิร์ก (PSQI) พบว่าผู้เข้าร่วมส่วนใหญ่มีคุณภาพการนอนหลับไม่ดี (ร้อยละ 71) คือมีคะแนน > 5 คะแนนขึ้นไป และมีคุณภาพการนอนหลับดี เพียงร้อยละ 29 (≤ 5 คะแนน) (ตาราง 3) เมื่อพิจารณาองค์ประกอบย่อยของคุณภาพการนอนหลับ พบว่า ระยะเวลาก่อนนอนหลับ (ระยะตั้งแต่เข้านอนจนกระทั่งหลับ) ที่มากกว่า 30 นาที หรือเป็นผู้มีภาวะหลับยาก (ร้อยละ 29) , ระยะเวลาการนอนหลับน้อยกว่า 5-6 ชั่วโมง (ร้อยละ 27) และมีการนอนหลับเฉลี่ยที่วันละ 6-7 ชั่วโมง (พิจารณาได้จากภาพ 9 – 15 เพิ่มเติม)

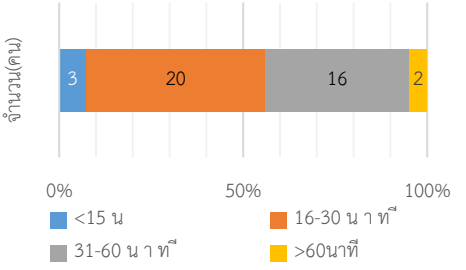
ตาราง 3 ค่าคะแนนเฉลี่ยคุณภาพการนอนหลับ (n = 41)

คุณภาพการนอนหลับ	จำนวน	ร้อยละ
คุณภาพการนอนหลับ (= 7.21, SD = 3.32, min = 2, max = 15)		
≤ 5 คะแนน (คุณภาพการนอนหลับดี)	12	29
> 5 คะแนน (คุณภาพการนอนหลับไม่ดี)	29	71

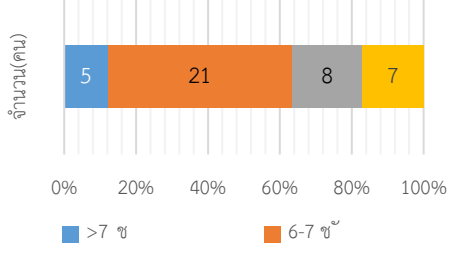
สรุปคะแนนประเมินคุณภาพการนอนหลับของพิตซ์เบิร์ก (PSQI) ใน 7 องค์ประกอบ



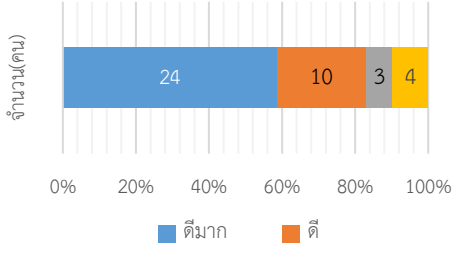
ภาพที่ 9 องค์ประกอบ 1 คุณภาพการนอนหลับ



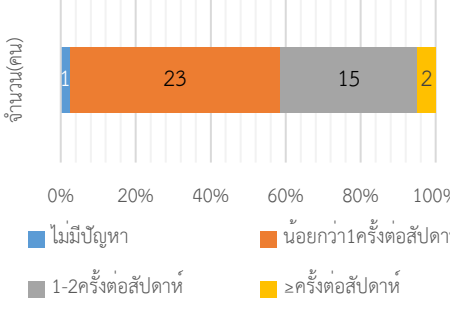
ภาพที่ 10 องค์ประกอบ 2 ระยะเวลาตอบสนอง



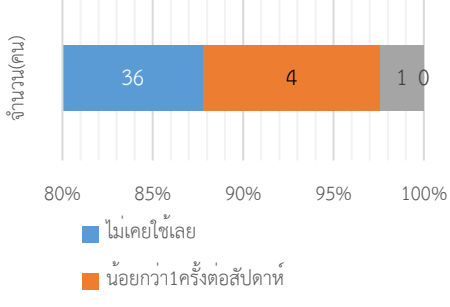
ภาพที่ 11 องค์ประกอบ 3 ระยะเวลาการนอนหลับ



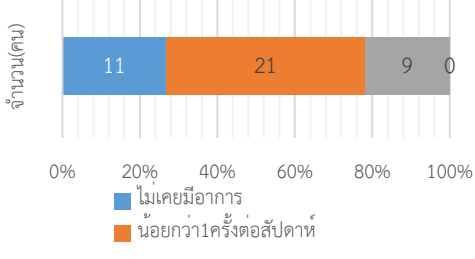
ภาพที่ 12 องค์ประกอบ 4 ประสิทธิภาพการนอนหลับ



ภาพที่ 13 องค์ประกอบ 5 ปัญหารบกวนการนอนหลับ

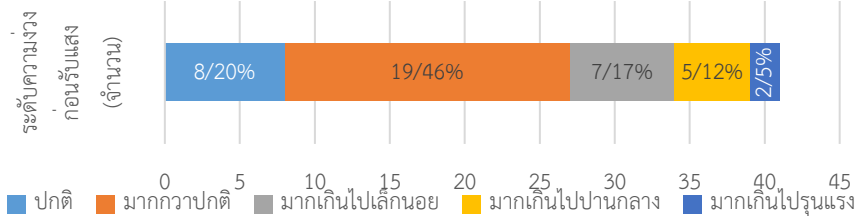


ภาพที่ 14 องค์ประกอบ 6 การใช้ยานอนหลับ



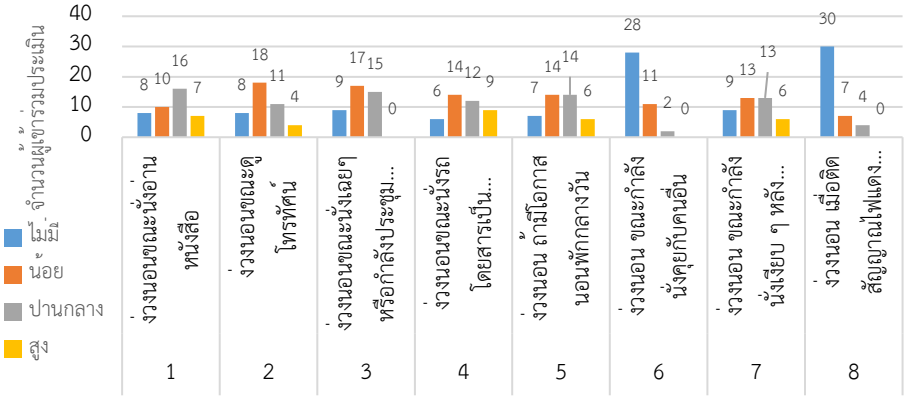
ภาพที่ 15 องค์ประกอบ 7 ความผิดปกติในการนอนหลับ เช่น ง่วงนอน , การเผลอหลับ

การสำรวจผ่านแบบประเมินความง่วงนอนตอนกลางวัน (Epworth Sleepiness Scale : ESS) พบว่ากลุ่มผู้เข้าร่วมมีความง่วงนอนตอนกลางวันมากกว่าปกติ 19 คน (ร้อยละ 46), ผู้เข้าร่วมที่มีระดับความง่วงนอนตอนกลางวันปกติอยู่ที่ 8 คน (ร้อยละ 20), ผู้มีความง่วงนอนตอนกลางวันมากเกินไปเล็กน้อย 7 คน (ร้อยละ 17) ส่วนระดับความง่วงนอนตอนกลางวันมากเกินไปปานกลางอยู่ที่ 5 คน (ร้อยละ 12) และมีผู้เข้าร่วมที่อยู่ในระดับมากเกินไปรุ่นแรงอยู่ที่ 2 คน (ร้อยละ 5) (ภาพที่ 16)



ภาพที่ 16 สัดส่วนผลสำรวจความง่วงนอนตอนกลางวัน (Epworth Sleepiness Scale : ESS) (n = 41)

กิจกรรมที่เกิดอาการง่วงนอนมากที่สุด 3 ลำดับแรกคือ ง่วงนอนขณะนั่งรถโดยสารเป็นระยะเวลาต่อเนื่อง 1 ชั่วโมง (4) จำนวน 9 คน (ร้อยละ 26) , ง่วงนอนขณะนั่งอ่านหนังสือในตอนกลางวัน (1) จำนวน 7 คน (ร้อยละ 20), ง่วงนอนถ้ามีโอกาสนอนพักกลางวัน (5) และง่วงนอนขณะนั่งเงียบๆหลังอาหารกลางวัน (7) จำนวน 6 คน (ร้อยละ 18) เท่ากัน (ภาพที่ 17)



ภาพที่ 17 สัดส่วนพฤติกรรมที่มีระดับความง่วงในตอนกลางวัน แบบประเมินความง่วงนอน (ESS) n = 41

4. ผลการศึกษา

จากการสำรวจและวิเคราะห์ข้อมูลในพื้นที่อาคารสำนักงานของธนาคารกรุงศรีอยุธยาสำนักงานถนนพระราม 3 กรุงเทพมหานคร ทั้งหมด 3 ชั้น คือ 23, 25 และ 27 ที่มีลักษณะการใช้งานผังพื้นแบบเปิดโล่งและมีที่นั่งทำงานเป็นแถวตามแนวลึกของพื้นที่ชั้น ซึ่งถือเป็นลักษณะหนึ่งของการใช้งานพื้นที่สำนักงานอาคารสูงที่พบได้ทั่วไปในกรุงเทพมหานคร โดยระดับชั้นที่ศึกษาไม่มีผลกระทบด้านเงาแสงธรรมชาติตกมายังพื้นที่ศึกษา จากการศึกษาสภาพความส่องสว่างพบว่าค่าเฉลี่ยความส่องสว่างในชั้นที่ 23 และ 27 อยู่ที่ 420-430 Lux และชั้น 25 ค่าเฉลี่ยความแสงสว่างอยู่ที่ 514-521 Lux และมีค่าเฉลี่ยรวม 3 ชั้น เท่ากับ 460.97 หรือ Melanopic Lux เทียบเท่า เท่ากับ 207.44 ซึ่งค่าความส่องสว่างจะไม่เพียงพอต่อการกระตุ้นการทำงานของระบบนาฬิกาชีวภาพของร่างกาย ซึ่งตามเกณฑ์ของ WELL Building standard ในพื้นที่ทำงานเฉพาะต้องมี Melanopic Lux เทียบเท่า 250 ขึ้นไป อย่างน้อย 4 ชั่วโมงต่อวันและทุกวันตลอดทั้งปีหรือมีความส่องสว่าง ≥ 560 Lux (Fluorescent / Ratio 0.45) จึงจะเพียงพอต่อการสนับสนุนคุณภาพการนอนหลับตลอดจนส่งเสริมประสิทธิภาพการทำงานตามเกณฑ์ของ Well Building standard และจากการ

ประเมินคุณภาพการนอนหลับและระดับความง่วงนอนตอนกลางวัน พบว่าสัดส่วนกลุ่มผู้เข้าร่วมมีคุณภาพการนอนหลับไม่ดีอยู่ที่ร้อยละ 71 และมีคุณภาพการนอนหลับดีเพียงร้อยละ 29, ระดับความง่วงนอนตอนกลางวันที่มากกว่าปกติ ร้อยละ 46 และมีระดับความง่วงนอนตอนกลางวันปกติเพียงร้อยละ 20 โดยผลประเมินจะมีความสัมพันธ์กับลักษณะพื้นที่ศึกษาที่มีสัดส่วนการใช้งานแสงธรรมชาติน้อย และมีลักษณะการเปิด-ปิดม่านบังแสงแบบไม่เป็นเวลาสูงถึงร้อยละ 41.46 และตำแหน่งที่นั่งส่วนใหญ่ใช้แสงจากโคมฟลูออเรสเซนต์ / 54 36W DAYLIGHT จากฝ้าร้อยละ 58.54 และเป็นแสงที่มีลักษณะคงที่ตลอดทั้งวันและไม่มีประสิทธิการกระตุ้นนาฬิกาชีวภาพ อีกทั้งมีการใช้อุปกรณ์สื่อสารที่มีจอแสดงผลเรืองแสงรวมถึงแสงสีน้ำเงินจากคอมพิวเตอร์ใช้งานที่ผู้เข้าร่วมมีชั่วโมงเฉลี่ยนั่งทำงานต่อวันมากที่สุดที่ 8 ชั่วโมง (ร้อยละ 53.66) ซึ่งเป็นลักษณะของความส่องสว่างคงที่อาจส่งผลกับระดับฮอร์โมนเมลาโทนิน โดยแสงสีน้ำเงินจากหลอด Fluorescent หรือ หน้าจอคอมพิวเตอร์ที่มีความยาวคลื่นสั้นจะกระตุ้นความตื่นตัวและยับยั้งฮอร์โมนเมลาโทนินจนส่งผลต่อระบบนาฬิกาชีวภาพและคุณภาพการนอนหลับ (Figueiro, 2017) และก็จะมีผลต่อคุณภาพชีวิตในที่สุด

แม้การศึกษานี้จะพบข้อมูลที่อาจจะเชื่อมโยงระหว่างปัจจัยด้านความส่องสว่างที่ส่งผลต่อนาฬิกาชีวภาพ แต่สิ่งที่นอกเหนือจากค่าความส่องสว่างและอุณหภูมิแสงแล้วยังคงมีปัจจัยแวดล้อมอื่นๆที่มีผลต่อคุณภาพการนอนหลับที่ควรพิจารณาเพิ่มเติมด้วยเช่นกัน จึงเป็นแนวทางที่ควรศึกษาเพิ่มเติมและให้ความสำคัญควบคู่กันต่อไป แต่ทั้งนี้ การศึกษานี้คือส่วนหนึ่งที่ทำให้ทราบถึงคุณภาพความส่องสว่างภายในสำนักงานกรณีศึกษาปัจจุบันที่ยังไม่มีคุณภาพเพียงพอต่อการกระตุ้นนาฬิกาชีวภาพของผู้ใช้งานในพื้นที่แต่อย่างใด ด้วยเหตุนี้การศึกษาและการทดลองเพิ่มความส่องสว่างทั้งในส่วนของแสงธรรมชาติจากทางช่องแสงอาคารหรือแสงประดิษฐ์ที่มีคุณภาพเทียบเท่าในการกระตุ้นนาฬิกาชีวภาพตามเกณฑ์มาตราฐานของ Well Building Standard หรือสถาบันวิจัยด้านแสงอื่นๆ จึงมีความสำคัญและควรมีการศึกษาเพิ่มเติม เพื่อเป็นแนวทางการส่งเสริมสุขภาวะและเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานของพนักงาน, เจ้าหน้าที่หรือผู้เข้าใช้อาคารสำนักงานในอนาคตต่อไป

.

6. เอกสารอ้างอิง

กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและการอนุรักษ์พลังงาน,กระทรวงพลังงาน. (2562). *ทิศทางการออกแบบ อาคารตามมาตรฐานการออกแบบอาคาร WELL Building Standard เรื่องการออกแบบแสงและทิวทัศน์สาหรับพื้นที่ทำงาน*. โครงการบริหารศูนย์ประสานงานการออกแบบอาคารเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน. https://2e-building.dede.go.th/

Blask DE, Brainard GC, Dauchy RT, Hanifin JP, Davidson LK, Krause JA, Sauer LA,Rivera-Bermudez MA, Dubocovich ML, Jasser SA., Lynch DT, Rollag MD, Zalatan F. (2005). Melatonin-depleted blood from premenopausal women exposed to light at night stimulates growth of human breast cancer xenografts in nude rats. *National Library of Medicine.* Dec 1;65(23):11174-84. DOI: 10.1158/0008-5472.CAN-05-1945.

Emi Yuda, Hiroki Ogasawara, Yutaka Yoshida and Junichiro Hayano. (2017) Enhancement of autonomic and psychomotor arousal by exposures to blue wavelength light: importance of both absolute and relative contents of melanopic component. *Journal of Physiological Anthropology,* 36:13. DOI 10.1186/s40101-017-0126-x

Jason Hunziker. (2022). THE SEASON OF SAD. *Division of Adult Psychiatry.University of Utah Health*. https://healthcare.utah.edu/healthfeed/2022/11/season-of-sad

Kaplan, R. (1993) The role of nature in the context of the workplace. *Landscape and Urban Planning Volume 26*, Issues 1–4, October, 193–201.

Konis, K. (2017). A Novel Circadian Daylight Metric for Building Design and Evaluation. *Building and Environment,* Volume 113, 15 February, Pages 22–38.DOI:10.1016/j.buildenv.2016.11.025

Mariana G. Figueiro. (2017). Disruption of Circadian Rhythms by Light During Day and Night. *National Library of Medicine. 3(2): 76–84.* DOI: 10.1007/s40675-017-0069-0

Mariana G. Figueiro, Kassandra Gonzales and David Pedler. (2016). Designing with Circadian Stimulus. Lighting Design and Applications (LD+A). *The magazine of the Illuminating Engineering Society of North America (IESNA).* Published October. https://www.ies.org/

Mohamed Boubekri, Ivy N. Cheung, Kathryn J. Reid, Chia-Hui Wang and Phyllis C. Zee,. (2014). Impact of Windows and Daylight Exposure on Overall Health and Sleep Quality of Office Workers: A Case-Control Pilot Study. *Journal of Clinical Sleep Medicine,* Vol. 10, No. 6. https://doi.org/10.5664/jcsm.3780

Newsham G., Brand J., Donnelly C., Veitch, J. A. (2009) Linking indoor environment conditions to job satisfaction: a field study. *Building Research and Information 37(2):129-14737(2):129-147***.** DOI:10.1080/096132 10802710298

Peter R. Boyce. (2003). Human factor in lighting. *Engineering & Technology*. 2 (602). https://doi.org/10.1201 /9780203426340

Peter R. Boyce.(2010). The impact of light in buildings on human health. *Article in Indoor and Built Environment. Rensselaer Polytechnic Institute.* DOI: 10.1177/1420326X09358028

Silfia Mona Aryani, Arif Kusumawanto, Jatmika Suryabrata (2020). Lighting in the Workplace as the Visual Environment That Affect the Occupant's Mood: A Literature Review. *Advances in Social Science, Education and Humanities Research*, *volume 475*. DOI:10.2991/assehr.k.201009.002

Stevens RG (1987). Electric power use and breast cancer: a hypothesis. *National Library of Medicine.* Apr;*125*(4), 556-61. DOI: 10.1093/oxfordjournals.aje.a114569.

The WELL Building Standard (WELL). (2023). *Circadian Lighting Design.* https://v2.wellcertified.com/en/wellv2-2/light/feature/3

Veitch, J.A. and Gifford, R. (1996a) Assessing beliefs about lighting effects on health, performance, mood, and social behavior. *Environment and Behavior. 28*(4). 446– 470. DOI: 10.1177/0013916596284002

Zee, Phyllis C. Badr, M. Safwan Kushida, Clete Mullington, Janet M. Pack, Allan I. Parthasarathy, Sairam Redline, Susan Szymusiak, Ronald S. Walsh, James K. Watson, Nathaniel F. (2014) Strategic opportunities in sleep and circadian research: Report of the Joint Task Force of the Sleep Research Society and American Academy of Sleep Medicine. *Journal of Sleep and Sleep Disorders Research*, *37*(2), 219 - 227. https://doi.org/10.5665/sleep.3384