

การศึกษาท่อนำแสงแนวตั้งรูปทรงสี่เหลี่ยม
เพื่อการนำแสงธรรมชาติเข้าสู่ภายในอาคาร
ประเภทที่พักอาศัยในกรุงเทพมหานคร

THE STUDY OF SQUARE VERTICAL LIGHT TUBE
FOR HOUSE UTILIZATION IN BANGKOK

Received: 15 December, 2021

Revised: 8 November, 2021

Accepted: 30 November, 2021

จินนธิศา สุระประเสริฐ*

Jinnthisa Suraprasert*

* อาจารย์ประจำ หลักสูตรการออกแบบภายใน คณะศิลปกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิต

* Lecturer, Interior Design, Faculty of Fine Arts, Dhurakij Pundit University

* Email: nassama.pie@dpu.ac.th

บทคัดย่อ

จากรายงานสถิติพลังงานของประเทศไทยพบว่าตั้งแต่ปีพ.ศ. 2554 - 2558 มีแนวโน้มการใช้ไฟฟ้าเพิ่มขึ้น โดยอาคารบ้านพักอาศัยมีสัดส่วนการใช้ไฟฟ้ามากเป็นอันดับสาม การนำแสงธรรมชาติเข้ามาใช้ในอาคารจึงสามารถลดการใช้พลังงานไฟฟ้าได้

การศึกษาท่อนำแสงแนวตั้งรูปทรงสี่เหลี่ยมเพื่อนำแสงธรรมชาติมาใช้ในการอาคารที่พักอาศัยในกรุงเทพมหานครมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาตัวแปรด้าน 1) ขนาดพื้นที่หน้าตัดของท่อนำแสงแนวตั้งรูปทรงสี่เหลี่ยม ขนาด 0.265 x 0.265 ม., 0.53 x 0.53 ม. และ 0.795 x 0.795 ม. 2) อัตราส่วนระหว่างความยาวของท่อนำแสงต่อระยะความกว้างท่อนำแสง (Aspect Ratio) ประกอบด้วย 2, 4, 6, 8 และ 10 3) ระยะความสูงจากปลายท่อนำแสงแนวตั้งถึงระดับใช้งานที่ 3, 4 และ 5 เมตร รวมถึงศึกษาประสิทธิภาพของแสงธรรมชาติที่ส่องเข้ามาในอาคารผ่านท่อนำแสงแนวตั้ง โดยศึกษาด้วยการใช้เครื่องมือวัดแสง เก็บข้อมูลในวันที่ 21 มิถุนายน, 21 กันยายน และ 21 ธันวาคม เวลา 12.00 น., 14.00 น. และ 16.00 น. ในห้องกรณีศึกษาขนาด 16 x 16 เมตร ผ่านหุ่นจำลองมาตรฐานส่วน 1:20 ผลการวิจัยพบว่า ท่อนำแสงแนวตั้งขนาด 0.795 x 0.795 เมตรสามารถนำแสงสว่างเข้าสู่อาคารที่ Daylight Factor $\geq 0.75\%$ คิดเป็น 62.96% รองลงมาคือขนาด 0.53 x 0.53 เมตร คิดเป็น 30.37% ส่วนขนาด 0.265 x 0.265 เมตรสามารถนำแสงสว่างเข้าสู่อาคารได้ดีที่สุด และท่อนำแสงแนวตั้งที่มีค่า Aspect Ratio = 2 สามารถนำแสงเข้าสู่อาคารได้ดีที่สุด รองลงมาคือท่อนำแสงที่มีค่า Aspect Ratio = 4, 8, 6 และ 10 ตามลำดับ และท่อนำแสงแนวตั้งที่มีระยะจากปลายท่อนำแสงถึงระดับใช้งาน 3 เมตร มีปริมาณแสงธรรมชาติเข้าสู่อาคารมากที่สุด รองลงมาคือ 4 และ 5 เมตรตามลำดับ โดยข้อมูลจากงานวิจัยนี้ สามารถนำไปพัฒนาการออกแบบท่อนำแสงแนวตั้งที่มีระยะจากพื้นถึงฝ้าที่ระยะความสูง 3-5 เมตรได้ในอนาคต

คำสำคัญ : การออกแบบ แสงธรรมชาติ ท่อนำแสงแนวตั้ง การประหยัดพลังงาน อาคารที่พักอาศัย

Abstract

Residential buildings have the third-highest proportion of electricity consumption. Bringing natural light into the building can reduce the amount of electricity used.

An article is a quantitative research by focusing on the variables of : the square cross-sectional area of the vertical light tube in size 0.265 x 0.265 meters, 0.53 x 0.53 meters and 0.795 x 0.795 meters, the ratio between the length of the light tube to the length of the square cross-sectional light tube which consists of 2, 4, 6, 8 and 10 and the distance from the end of the light tube to the working plane at 3, 4 and 5 meters. The objective of this research is studying the efficiency of natural light entering the building via the vertical light tube for causing energy-saving. The experiment used light measuring data equipment were collected on 21 June, 21 September and 21 December at 12.00 hrs., 14.00 hrs. and 16.00 hrs. in a 16 * 16 meters case study room via a 1:20 scale model. At the position of daylight factor ≥ 0.75 , the results show that the light tube sized 0.795x0.795 meters can bring the light to the building which is equal to 62.96%. Followed by a tube sized 0.53x0.53 meters is equal to 30.37% while the light tube sized 0.265x0.265 meters has the lowest ability to conduct light into a building. In the case of the vertical light tube with aspect ratio = 2 can bring the best light into the building. Next is the light tube with aspect ratio = 4, 8, 6 and 10 respectively. The light tube having the distance from the end of the tube to the working plane of 3 meters has the maximum of natural light entering the building. Followed by a distance of 4 meters and 5 respectively. Data from this research can be developed in the design of vertical light tube in residential building with a distance from floor to ceiling at a height of 3-5 meters.

Keywords : Design, Daylighting, Vertical Light Tube, Energy Saving, Residential Building

บทนำ

จากนโยบายยุทธศาสตร์พลังงาน 4.0 ของประเทศ ที่ตั้งเป้าจะลดการใช้พลังงานเพื่อประหยัดทรัพยากรในประเทศ หนึ่งในนั้นคือการรณรงค์ลดการใช้ไฟฟ้า ซึ่งการเพิ่มปริมาณแสงสว่างธรรมชาติ เป็นอีกทางหนึ่งที่จะช่วยลดการใช้พลังงานได้ และยังเพิ่มปริมาณแสงธรรมชาติ ซึ่งเป็นแสงสว่างที่มีคุณภาพเข้ามาใช้ในอาคารได้อีกด้วย งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาแนวทางในการออกแบบเพื่อช่วยพัฒนาการใช้พลังงาน ซึ่งส่งผลต่อความเป็นอยู่ซึ่งจะนำไปสู่คุณภาพชีวิตที่ดีของมนุษย์ตามนโยบาย Thailand 4.0 มีการคาดการณ์ว่าใน พ.ศ. 2573 ประชากรโลกจะเพิ่มขึ้นถึง 8.1 พันล้านคน โดยร้อยละ 60 นั้นมีการกระจายตัวอยู่ในทวีปเอเชีย (วรชัย ทองไทย, 2554, น. 329) ซึ่งอาจส่งผลต่อการใช้พลังงานในอนาคตนั้นเพิ่มมากขึ้นตามไปด้วย โดยเฉพาะการใช้ไฟฟ้าในบ้านพักอาศัย

รายงานสถิติพลังงานของประเทศไทย ปีพ.ศ. 2559 พบว่าตั้งแต่ปีพ.ศ. 2554 - 2558 แนวโน้มการใช้ไฟฟ้าของประเทศไทยเพิ่มขึ้นทุกปี โดยอาคารประเภทบ้านพักอาศัยนั้น ใช้พลังงานไฟฟ้ามากเป็นอันดับสามรองจากอุตสาหกรรมการผลิต และอาคารประเภทธุรกิจการค้า โดยเมื่อแยกส่วนการใช้พลังงานในบ้านพักอาศัยนั้น สามารถแยกส่วนการใช้งานออกเป็น 3 ประเภทคือ การใช้พลังงานสำหรับระบบไฟฟ้าแสงสว่าง, สำหรับไฟฟ้าอุปกรณ์ และสำหรับระบบไฟฟ้าปรับอากาศ โดยการใช้พลังงานสำหรับระบบไฟฟ้าแสงสว่างมีสัดส่วนการใช้พลังงานประมาณ 25% ของการใช้พลังงานทั้งหมด การนำแสงธรรมชาติเข้ามาใช้ในอาคารจึงมีแนวโน้มในการลดปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้า เพื่อระบบแสงสว่างได้ โดยลักษณะของบ้านพักอาศัยนั้น ส่วนมากเป็นการเปิดช่องแสงด้านข้างเพื่อนำแสงธรรมชาติเข้ามาใช้งานภายในอาคารในรูปแบบของประตูและหน้าต่าง ทำให้บางส่วนของอาคารที่อยู่ห่างจากตำแหน่งช่องเปิดนั้น แสงธรรมชาติไม่สามารถส่องเข้าไปถึงได้ การเปิดช่องเปิดด้านบนสำหรับอาคารที่อยู่ชั้นบนสุดสามารถแก้ปัญหาในส่วนนี้ได้ แต่ไม่สามารถแก้ปัญหาในกรณีที่พื้นที่นั้นไม่ได้อยู่ชั้นบนสุดของอาคาร ดังนั้นท่อนำแสงแนวดิ่งจึงเป็นอีกทางเลือกที่สามารถนำแสงธรรมชาติจากด้านบนไปยังบริเวณอาคารที่ไม่ได้อยู่ชั้นบนสุดของอาคารได้

จากการวิจัยเรื่องการใช้แสงธรรมชาติในอาคารผ่านท่อนำแสงแนวดิ่ง (คิวดลอปพงษ์ และ ยิ่งสวัสดิ์ ไชยะกุล, 2556, น. 78) ได้ศึกษาปริมาณแสงสว่างที่ผ่านท่อนำแสงแนวดิ่งซึ่งมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.60, 0.80, 1.00 และ 1.50 และความยาวท่อนำแสง 0.50-6.00 เมตร ทุกระยะ 0.50 เมตร ในช่วงเวลา 07.00-17.00 น. ของวันที่ 21 มีนาคม 21 มิถุนายน 21 กันยายน และ 21 ธันวาคม โดยใช้โปรแกรม DIALux 4.9 ในการคำนวณปริมาณแสงสว่างในระดับพื้นที่ใช้งานของพื้นที่ที่ต้องการ

แสงสว่างระดับ 200 lux, 100 lux และ 50 lux ในด้านการศึกษาเรื่องรูปแบบและขนาดของท่อนำแสงแนวดิ่ง(นศมา เพ็ญนภักตร์, 2553, น. 44) ได้ศึกษารูปแบบและขนาดของท่อนำแสงแนวดิ่งรูปทรงวงกลม เพื่อการนำแสงธรรมชาติเข้ามาใช้ในอาคารประเภทซุเปอร์สโตร์

โดยในงานวิจัยด้านท่อนำแสงแนวดิ่ง ยังขาดการศึกษาท่อนำแสงแนวดิ่งพื้นที่หน้าตัดสี่เหลี่ยม จึงมุ่งศึกษาเพื่อศึกษาเปรียบเทียบประสิทธิภาพของแสงธรรมชาติ โดยศึกษาเปรียบเทียบค่า Daylight Factor ที่ส่องเข้ามาในอาคาร ผ่านท่อนำแสงแนวดิ่งที่มีรูปทรงพื้นที่หน้าตัดสี่เหลี่ยม ในขนาดและสัดส่วนที่แตกต่างกัน เพื่อเสนอแนะแนวทางการออกแบบท่อนำแสงแนวดิ่งที่เหมาะสมเพื่อการนำแสงธรรมชาติเข้ามาใช้งานในอาคารประเภทบ้านพักอาศัยในกรุงเทพมหานคร

วัตถุประสงค์การวิจัย

1. เพื่อวิเคราะห์ประสิทธิภาพของแสงธรรมชาติที่ส่องเข้ามาในอาคาร ผ่านท่อนำแสงแนวดิ่งรูปแบบและขนาดที่แตกต่างกัน โดยศึกษาด้วยการเปรียบเทียบค่า Daylight Factor
2. เพื่อตรวจสอบปัจจัยที่ส่งผลต่อประสิทธิภาพของแสงธรรมชาติ ได้แก่ ขนาดพื้นที่หน้าตัดของท่อนำแสงแนวดิ่งรูปทรงสี่เหลี่ยม, อัตราส่วนระหว่างความยาวของท่อนำแสงแนวดิ่งต่อระยะความกว้างท่อนำแสงแนวดิ่ง (Aspect Ratio) และระยะความสูงจากปลายท่อนำแสงแนวดิ่งถึงระดับใช้งาน

แนวคิดและวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

การนำแสงธรรมชาติเข้ามาใช้ในอาคาร นอกจากจะช่วยลดปริมาณการใช้พลังงานสำหรับอาคารแล้ว แสงธรรมชาติยังมีประโยชน์ในด้านสุขภาพของผู้ใช้อาคารอีกด้วย หากแต่การนำแสงธรรมชาติเข้ามาใช้ในอาคารนั้น มีข้อจำกัดอันเกิดจากตำแหน่งในการเปิดช่องเปิดทั้งจากช่องแสงด้านข้าง และด้านบน การใช้ท่อนำแสงจึงเข้ามามีบทบาทในการนำแสงธรรมชาติให้เข้าสู่อาคารได้มากยิ่งขึ้น โดยการใช้ท่อนำแสงแนวดิ่งยังช่วยประหยัดพลังงานและส่งผลให้ผู้ใช้อาคารได้รับสภาวะที่ดีจากแสงธรรมชาติ (Thakkar, 2013) ซึ่งได้ศึกษาการใช้ท่อนำแสงแนวดิ่งขนาด 0.22, 0.25 และ 0.27 เมตร ที่ความยาวท่อ 0.253 เมตร โดยเปรียบเทียบกับหลอดไฟขนาด 15 W, 60 W และ 100 W และได้ผลลัพธ์ว่าที่ระดับใช้งานสูงจากพื้น 0.80 เมตร ท่อนำแสงมีระดับความส่องสว่างเทียบเท่าหรือมากกว่าหลอดไฟขนาด 100 W ประมาณ 4 ชั่วโมงต่อวัน ซึ่งส่งผลทำให้ลดปริมาณ

การใช้พลังงานไฟฟ้าได้ เช่นเดียวกับการศึกษาปริมาณแสงสว่างที่ส่องผ่านท่อนำแสงแนวดิ่งระหว่างสภาพท้องฟ้า Clear Sky และ Overcast Sky (Malet-Damour, Boyer, Guichard, & Miranville, 2017) โดยใช้ท่อนำแสงแนวดิ่งแบบ MLP (Mirrored Light Pipe) ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.25 เมตร ยาว 1.40 เมตร วางเอียง 20 องศา ซึ่งได้ผลการศึกษาว่า สามารถใช้แสงสว่างจากท่อนำแสงแนวดิ่งได้ทั้งสองสภาพท้องฟ้า แต่แสงที่ได้จากท้องฟ้าแบบ overcast sky จะมีการกระจายตัวของแสงมากกว่า และมีความส่องสว่างตามเกณฑ์การใช้งานได้ประมาณ 5 ชั่วโมงต่อวัน

เนื่องจากแสงธรรมชาตินั้น จะปรับเปลี่ยนไปตามสภาพท้องฟ้า การศึกษาในแต่ละสภาพท้องฟ้าจึงส่งผลต่อปริมาณและรูปแบบของแสงสว่าง โดยสภาพท้องฟ้า overcast sky ส่งผลให้แสงสว่างที่ส่องผ่านท่อนำแสงมีการกระจายตัวของแสง โดยยิ่งท่อนำแสงแนวดิ่งที่มีค่า aspect ratio มาก ยิ่งทำให้เกิดการสะท้อนของแสง และมีการกระจายตัวของแสงสว่างมากยิ่งขึ้น ในขณะที่ในสภาพอากาศแบบ clear sky จะทำให้เกิดรูปแบบของแสงเป็นวงแหวน โดยเฉพาะท่อนำแสงแนวดิ่งที่มีค่า aspect ratio ต่ำ ส่วนสภาพท้องฟ้าแบบ partly clear sky จะเกิดรูปแบบของวงแหวนแตกต่างกันไปตามตำแหน่งของเมฆ, มุมของดวงอาทิตย์, ความยาวของท่อ และความยาวของเส้นผ่านศูนย์กลางของท่อนำแสง อีกทั้งตำแหน่งของดวงอาทิตย์จะส่งผลต่อมุมของแสงที่เข้าสู่ท่อ ซึ่งส่งผลต่อปริมาณแสงสว่างที่ผ่านท่อนำแสง (Jenkins & Muneer, 2003)

ท่อนำแสงแนวดิ่งมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง รวมไปถึงความยาวและค่า aspect ratio ที่หลากหลาย ซึ่งส่งผลต่อปริมาณแสงสว่างที่เข้าสู่ในอาคาร ในการศึกษาเรื่องขนาดและรูปแบบของท่อนำแสงแนวดิ่ง ซึ่งศึกษาเปรียบเทียบระหว่างท่อนำแสงขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.60, 0.80 และ 1.00 เมตร ที่ความยาว 0.50–6.00 เมตร ผ่านทางโปรแกรม DIALux 4.9 พบว่าการใช้งานอาคารสำหรับกิจกรรมที่ต้องการปริมาณความส่องสว่างที่ 200 lux พบว่าท่อที่เหมาะสมคือท่อที่มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 1.00 เมตร ที่ความยาวท่อ 0.50–1.00 เมตร ส่วนกิจกรรมที่ต้องการปริมาณความส่องสว่างที่ 100 lux พบว่าท่อที่เหมาะสมคือท่อที่มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 1.00 เมตร ที่ความยาวท่อ 0.50–3.00 เมตร (คิวตล อุปพงษ์ และ ยิ่งสวัสดิ์ ไชยะกุล, 2556) แต่ในการศึกษาปริมาณแสงสว่างที่เข้าสู่อาคารนั้น มีความหลากหลายของขนาดท่อนำแสง หากเปรียบเทียบท่อนำแสงขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.30, 0.60 และ 0.90 เมตร ที่มีค่า aspect ratio แตกต่างกันพบว่ารูปแบบท่อนำแสงแนวดิ่งที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางมากกว่า และมีค่า Aspect Ratio ที่ต่ำ จะมีปริมาณแสงสว่างส่องผ่านเข้ามามากกว่า (นศมา เพ็ญนภักตร์, 2553)

ในการศึกษาเรื่องท่อนำแสงแนวตั้งยังขาดการศึกษาเรื่องรูปแบบหน้าตัดของท่อนำแสงในรูปทรงอื่น ซึ่งจะส่งผลให้เกิดความหลากหลายในการนำไปออกแบบฝังไฟและฝังฝ้าของอาคาร รวมถึงศึกษาระดับปริมาณแสงสว่างที่เหมาะสมต่อการใช้งานสำหรับบ้านพักอาศัย เพื่อให้มีทางเลือกที่เหมาะสมต่อการออกแบบเพื่อการประหยัดพลังงานในอาคารพักอาศัยต่อไป

สมมติฐานการวิจัย

1. ขนาดพื้นที่หน้าตัดของท่อนำแสงแนวตั้งรูปทรงสี่เหลี่ยมที่ใหญ่ จะส่งผลให้ปริมาณแสงสว่างที่ส่องผ่านเข้ามาในที่พักอาศัยมากกว่า
2. อัตราส่วนระหว่างพื้นที่หน้าตัดต่อความยาวของท่อนำแสงแนวตั้งที่น้อย จะส่งผลให้ปริมาณแสงสว่างที่ส่องผ่านเข้ามาในที่พักอาศัยมากกว่า
3. ระยะจากปลายท่อนำแสงแนวตั้งถึงระยะใช้งานที่น้อย จะส่งผลให้ปริมาณแสงสว่างที่ส่องผ่านเข้ามาในที่พักอาศัยมากกว่า

วิธีดำเนินการวิจัย

การศึกษานี้มี เป็นงานวิจัยเชิงทดลอง โดยใช้หุ่นจำลองร่วมกับดวงอาทิตย์จำลอง (heliodon) ในสภาพท้องฟ้าจริง โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1. ขั้นตอนการวิจัย

1.1 การกำหนดตัวแปร

ตัวแปรต้น ได้แก่

- 1) ขนาดของท่อนำแสงแนวตั้ง โดยอ้างอิงจากข้อมูลของขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของท่อนำแสงแนวตั้งรูปทรงวงกลมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.30, 0.60 และ 0.90 เมตร ในการศึกษาเรื่องรูปแบบและขนาดช่องเปิดของช่องแสงที่หลังคาเพื่อการนำแสงธรรมชาติมาใช้ในอาคารประเภทซูเปอร์สโตร์ เพื่อการศึกษาเปรียบเทียบกับท่อนำแสงแนวตั้งรูปทรงวงกลมในอนาคต จากนั้นนำมาหาขนาดท่อนำแสงแนวตั้งรูปทรงสี่เหลี่ยมจัตุรัส ให้มีขนาดพื้นที่หน้าตัดที่ใกล้เคียงกันดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 แสดงข้อมูลเปรียบเทียบระหว่างท่อนำแสงแนวดิ่งและท่อนำแสงวงกลม

ท่อนำแสงแนวดิ่งหน้าตัดวงกลม		ท่อนำแสงแนวดิ่งหน้าตัดสี่เหลี่ยม	
เส้นผ่านศูนย์กลาง (ม.)	พื้นที่หน้าตัด (ตร.ม.)	ขนาดกว้างxยาว (ม.)	พื้นที่หน้าตัด (ตร.ม.)
0.30	0.07	0.265x0.265	0.07
0.60	0.28	0.53x0.53	0.28
0.90	0.63	0.795x0.795	0.63

2) ความสัมพันธ์ระหว่างความยาวของท่อนำแสงกับความกว้างของท่อนำแสง (aspect ratio) โดยอ้างอิงจากงานวิจัยเรื่อง Mirror Light Pipe (Callow, 2003, p. 26) ได้สรุปว่า Aspect Ratio ควรมีค่าไม่เกิน 6 ในการศึกษาครั้งนี้จึงกำหนดค่า Aspect Ratio เท่ากับ 6 เป็นเกณฑ์ และศึกษาอัตราส่วนเพิ่มอีก 4 ค่า ดังนั้นจึงเลือกใช้ค่า Aspect Ratio เท่ากับ 2, 4, 6, 8 และ 10 โดยมีระยะความยาวของท่อนำแสงดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 แสดงรายละเอียดค่า Aspect Ratio และความยาวของท่อนำแสงแนวดิ่ง

ค่า Aspect Ratio	ความยาวของท่อนำแสงแนวดิ่ง (เมตร)		
	0.265 x 0.265 เมตร	0.53 x 0.53 เมตร	0.795 x 0.795 เมตร
2	0.53	1.06	1.59
4	1.06	2.12	3.18
6	1.59	3.18	4.77
8	2.12	4.24	6.36
10	2.65	5.30	7.95

3) ระยะเมื่อวัดจากปลายท่อนำแสงจนถึงพื้นที่ใช้งาน ซึ่งบ้านพักอาศัยนั้นมีรูปแบบกิจกรรมและความสูงอาคารที่หลากหลาย ส่งผลให้มีระยะความสูงจากระดับใช้งานถึงปลายท่อนำแสงแนวดิ่งที่แตกต่างกัน การกำหนดตัวแปรจึงมุ่งเน้นให้สามารถ

นำผลการศึกษาไปปรับให้ใช้งานได้กับพื้นที่ที่มีความสูงแตกต่างกัน ดังนั้น จึงกำหนดความสูงจากระดับใช้งานถึงปลายท่อนำแสงเป็น 3 ระยะด้วยกันคือ 3, 4 และ 5 เมตร

ตัวแปรตาม ได้แก่ ปริมาณแสงสว่างที่ส่องผ่านท่อนำแสงแนวดิ่ง

ตัวแปรควบคุม ได้แก่

- 1) สภาพท้องฟ้า clear sky ซึ่งมีเมฆปกคลุมต่ำกว่า 30%
- 2) ขนาดห้องที่ใช้ในการทดลอง มีขนาด 16.00 x 16.00 เมตร โดยทดลองผ่านหุ่นจำลองที่มาตราส่วน 1:20 ส่วนความสูงจะขึ้นกับตัวแปรเรื่องระยะในการวัดแสงจากปลายท่อนำแสงถึงระยะใช้งาน ตามรูปที่ 1 (ซ้าย)

3) การทดลองนี้เก็บข้อมูลในช่วงเวลา 12.00 น., 14.00 น. และ 16.00 น. ซึ่งจะได้รูปแบบและปริมาณแสงสว่างของช่วงเวลา 08.00 น. และ 10.00 น. ด้วย ของวันที่ 21 มิถุนายนซึ่งเป็นวันที่ดวงอาทิตย์อยู่เหนือระนาบอิควาเตอร์มากที่สุด, วันที่ 21 กันยายน ซึ่งเป็นวันที่ดวงอาทิตย์จะอยู่ในระนาบเดียวกับอิควาเตอร์โลก และวันที่ 21 ธันวาคม ซึ่งเป็นวันที่ดวงอาทิตย์จะอยู่ใต้ระนาบอิควาเตอร์มากที่สุด

2. อุปกรณ์ในการเก็บข้อมูล

1) ในการเก็บข้อมูล ใช้ลักซ์มิเตอร์ (Luxmeter) ยี่ห้อ INS รุ่น DX-200 เป็นเครื่องมือวัดแสงที่มีช่วงในการวัดแสงอยู่ระหว่าง 0-200,000 ลักซ์ (ข้อมูลจาก Instruction Manual E Chroma meter xy-1, Minallta Camera co.,Ltd) เป็นการวัดค่าระดับความส่องสว่างภายนอกที่ตกกระทบลงบนระนาบแนวนอน ตามภาพที่ 1 (ขวา)



ภาพที่ 1 (ซ้าย) แสดงรูปแบบของหุ่นจำลอง (ขวา) แสดงเครื่องมือในการวัดแสง

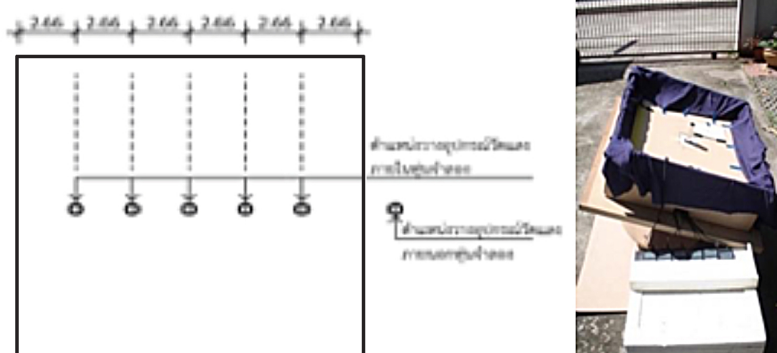
2) ดวงอาทิตย์จำลอง (Heliodon) คืออุปกรณ์ในการศึกษาโดยใช้ดวงอาทิตย์จริงเป็นต้นกำเนิดของแสง โดยมีรูปแบบตามรูปที่ 2 (ซ้าย) โดยใช้ประกอบกับ sundial diagram การใช้อุปกรณ์สามารถกำหนดวันและเวลาที่ต้องการศึกษาได้ โดยใช้ sundial diagram ตามภาพที่ 2 (ขวา) ที่มีละติจูดตรงกันหรือใกล้เคียงกับละติจูดของอาคารที่จะทำการศึกษา



ภาพที่ 2 (ซ้าย) แสดงรูปแบบดวงอาทิตย์จำลอง (ขวา) แสดงการวัดแสงโดยใช้แผ่น Sundial Diagram และแท่งวัดแสง

3. ขั้นตอนในการเก็บข้อมูล

ในงานวิจัยชิ้นนี้ ใช้เครื่องมือในการวัดปริมาณแสงสว่างจำนวน 6 เครื่อง โดยติดตั้งในหุ่นจำลองจำนวน 5 เครื่องสำหรับวัดปริมาณแสงสว่างที่ส่องผ่านท่อนำแสง และติดตั้งภายนอกหุ่นจำลองจำนวน 1 เครื่อง ตามภาพที่ 3 (ซ้าย) สำหรับวัดปริมาณแสงสว่างภายนอกหุ่นจำลอง โดยให้จุดรับแสงภายนอกวางบนระนาบเดียวกันกับหุ่นจำลอง เพื่อให้ได้รับปริมาณแสงสว่างจากดวงอาทิตย์ในองศาเดียวกัน ตามภาพที่ 3 (ขวา)



ภาพที่ 3 (ซ้าย) แสดงตำแหน่งการติดตั้งอุปกรณ์วัดแสง (ขวา)แสดงรูปแบบการติดตั้งอุปกรณ์

จากนั้นนำมาหาค่า Daylight Factor (DF) เป็นวิธีในการคำนวณระดับความส่องสว่างภายใน โดยใช้หลักในการกำหนดอัตราส่วนเปรียบเทียบระหว่างค่าความส่องสว่างภายในอาคารในระนาบพื้นผิว (E_{INTERIOR}) ต่อค่าความส่องสว่างภายนอกของ

อาคาร (E_{exterior}) ในระนาบเดียวกัน โดยความสว่างที่เกิดขึ้นจะมีความสัมพันธ์กับตำแหน่งและทิศทางของดวงอาทิตย์ที่เปลี่ยนแปลงไปตามวันและช่วงเวลา โดยมีสมการมาตรฐานที่ใช้ในการคำนวณดังนี้

$$DF = \frac{\text{ค่าความสว่างภายใน} \times 100}{\text{ค่าความสว่างภายนอกอาคาร(ไม่คิดแสงแดดตรง)}} \quad (1)$$

โดยค่า Daylight Factor ที่กำหนดในงานวิจัยนี้ อยู่ที่ 0.75% ซึ่งเกิดจากการเปรียบเทียบข้อมูล 2 ส่วนคือ

1) ข้อมูลของค่าความส่องสว่างภายนอกเฉลี่ยที่ได้จากการเก็บข้อมูลจริงเพื่อให้ค่า Daylight Factor ที่ได้ครอบคลุมกับการใช้งานในสภาพอากาศจริง โดยค่าความส่องสว่างภายนอกเฉลี่ยจากการเก็บข้อมูลอยู่ที่ 39,333 ลักซ์ และค่าความความสว่างภายในอาคารตามมาตรฐานที่ต้องการอยู่ที่ 300 ลักซ์ จะพบว่าค่า Daylight Factor คือ 0.76 %

2) ข้อมูลค่าความส่องสว่างทั้งปีของกรุงเทพมหานคร เพื่อหาค่า Daylight Factor ที่เหมาะสมกับการใช้งานในพื้นที่กรุงเทพมหานคร พบว่าหากค่าความความสว่างภายในอาคารตามมาตรฐานที่ต้องการอยู่ที่ 300 ลักซ์ ค่า Daylight Factor จะอยู่ระหว่าง 0.28–0.74%

ดังนั้น จึงเลือกใช้ค่า Daylight Factor ที่ 0.75 ซึ่งจะครอบคลุมกับการเปรียบเทียบข้อมูลของค่าความสว่างทั้งของส่วนที่เก็บข้อมูลเอง และข้อมูลความส่องสว่างทั้งปีของกรุงเทพมหานคร โดยมีเกณฑ์ในการเลือกพื้นที่ในกรุงเทพมหานคร เนื่องจากจำนวนครัวเรือนในกรุงเทพมหานครคิดเป็น 14.04% ของจำนวนครัวเรือนรวมทั้งประเทศ และมีแนวโน้มที่เพิ่มขึ้นทุกปี (สำนักงานสถิติแห่งชาติ, 2553)

4. การวิเคราะห์ข้อมูล

ข้อมูลที่ได้มาทำการวิเคราะห์ในลักษณะในหัวข้อดังนี้

1) สรุปความถูกต้องของสมมติฐาน ในประเด็นรูปแบบและขนาดของท่อนำแสงแนวตั้งรูปทรงสี่เหลี่ยม

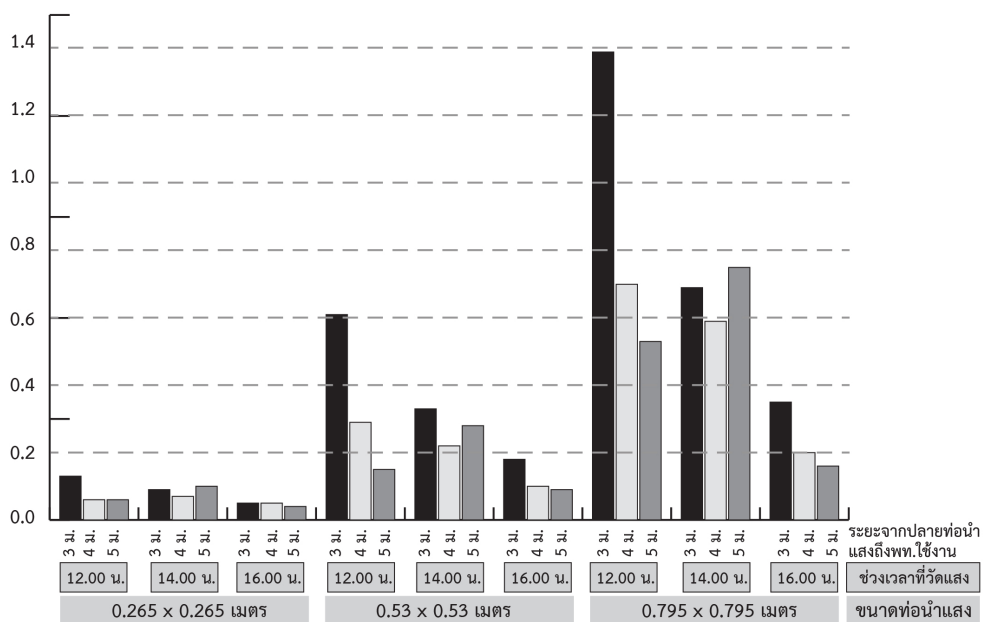
2) ค่า Daylight Factor ของปริมาณแสงสว่างที่ส่องผ่านท่อนำแสงแนวตั้ง โดยเปรียบเทียบกับตัวแปรด้านขนาด, รูปแบบของท่อนำแสงแนวตั้งรูปทรงสี่เหลี่ยม และระยะในการติดตั้ง ในวันและเวลาที่กำหนดไว้

3) การวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อนำมาประยุกต์ใช้ในการออกแบบท่อนำแสงแนวตั้งที่เหมาะสมสำหรับบ้านพักอาศัย

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

งานวิจัยนี้มีจุดประสงค์เพื่อหาแนวทางในการออกแบบท่อนำแสงแนวตั้งรูปทรงสี่เหลี่ยม เพื่อนำแสงธรรมชาติที่มีคุณภาพเข้าสู่ที่พักอาศัย โดยใช้การทดสอบผ่านหุ่นจำลองและเก็บข้อมูลในรูปแบบของ Daylight Factor (DF) ซึ่งเกิดจากการเปรียบเทียบข้อมูลระหว่างค่าความส่องสว่างภายนอกที่ตกกระทบในแนวราบ กับค่าความสว่างที่ส่องผ่านท่อนำแสงแนวตั้งเข้าสู่หุ่นจำลอง โดยได้นำเสนอข้อมูลในหัวข้อต่างๆ ดังนี้

1) รูปแบบและขนาดของท่อนำแสงแนวตั้งที่ส่งผลต่อความสว่างที่ส่องผ่านเข้าสู่อาคาร จากการหาค่าเฉลี่ยได้ผลลัพธ์ดังนี้



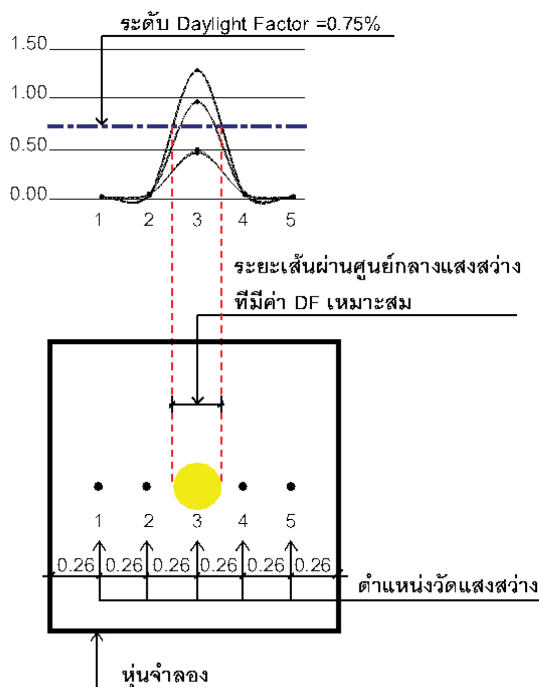
ภาพที่ 4 แสดงการเปรียบเทียบค่า DF ของแสงสว่างที่ส่องผ่านท่อนำแสงแนวตั้งในรูปแบบและขนาดต่าง ๆ

จากผลการทดลอง พบว่าเมื่อเปรียบเทียบในช่วงเวลาเดียวกัน ท่อนำแสงแนวตั้งรูปทรงสี่เหลี่ยมขนาด 0.795 x 0.795 เมตร มีค่าเฉลี่ยของแสงสว่างส่องเข้ามามากที่สุด รองลงมาคือท่อนำแสงขนาด 0.53 x 0.53 เมตร และ 0.295 x 0.295 เมตร และเมื่อเปรียบเทียบในด้านปลายท่อนำแสงถึงระยะใช้งาน พบว่าในช่วงเวลา 12.00 น. และ 16.00 น. ระยะจากปลายท่อนำแสงถึงระยะใช้งานที่ 3 เมตร มีค่าเฉลี่ยของแสงสว่างที่ส่องเข้ามามากที่สุด รองลงมาคือระยะที่ 4 และ 5 เมตรตามลำดับ ส่วนในช่วงเวลา 14.00 น. นั้น ท่อนำแสงขนาด 0.795 x 0.795 เมตร และ 0.295 x 0.295 เมตร ระยะจากปลายท่อ

นำแสงถึงระยะใช้งานที่ 5 เมตร มีค่าเฉลี่ยของแสงสว่างที่ส่องเข้ามามากที่สุด รองลงมาคือระยะที่ 3 และ 4 เมตร ส่วนท่อนำแสงขนาด 0.53×0.53 เมตรนั้น ระยะจากปลายท่อนำแสงถึงระยะใช้งานที่ 3 เมตร มีค่าเฉลี่ยของแสงสว่างที่ส่องเข้ามามากที่สุด รองลงมาคือระยะที่ 5 และ 4 เมตรตามลำดับ

สามารถสรุปได้ว่า เมื่อขนาดพื้นที่หน้าตัดของท่อนำแสงแนวตั้งรูปทรงสี่เหลี่ยมมีขนาดใหญ่ขึ้น จะมีแสงสว่างส่องเข้าสู่อาคารได้มากขึ้น สอดคล้องกับการศึกษาเรื่องท่อนำแสงแนวตั้งรูปทรงวงกลม (นศมา เพ็ญนภักตร์, 2553) ในส่วนของอัตราส่วนระหว่างพื้นที่หน้าตัดต่อความยาวของท่อนำแสงแนวตั้งที่มีความยาวที่น้อยลงจะมีแสงสว่างส่องเข้าสู่อาคารได้มากขึ้น รวมถึงการมีระยะจากปลายท่อนำแสงถึงระยะใช้งานที่น้อยกว่า จะมีแสงสว่างส่องเข้าสู่อาคารได้มากกว่า ตรงตามสมมติฐานที่ตั้งไว้

2) การวิเคราะห์ข้อมูล โดยนำเสนอค่า Daylight Factor ของปริมาณแสงสว่างที่ส่องผ่านท่อนำแสงแนวตั้ง โดยเปรียบเทียบกับตัวแปรด้านขนาด, รูปแบบของท่อนำแสงแนวตั้งรูปทรงสี่เหลี่ยม และระยะในการติดตั้ง ในวันและเวลาที่กำหนดไว้ รวมถึงระยะแสงสว่างที่ตกกระทบแนวระนาบ ซึ่งนำไปคำนวณพื้นที่แสงสว่างที่ตกกระทบในแนวระนาบ และพื้นที่แสงสว่างที่ตกกระทบต่อพื้นที่หน้าตัดท่อนำแสง โดยระยะแสงสว่างที่ตกกระทบในแนวระนาบนั้น เป็นดังภาพที่ 5 ดังนี้



ภาพที่ 5 การวัดขนาดของแสงสว่าง

ในการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อนำมาประยุกต์ใช้ในการออกแบบท่อนำแสงแนวตั้งที่เหมาะสมสำหรับบ้านพักอาศัย มีการวิเคราะห์จากขนาดความกว้างของพื้นที่ที่แสงสว่างตกกระทบบ จากรูปที่ 5 เป็นการนำเสนอขนาดของแสงสว่างในแนวราบที่ตกกระทบบพื้นที่ใช้งานสูงจากพื้น 0.75 เมตร ที่มีระดับ Daylight Factor ที่เหมาะสมสำหรับใช้งานในบ้านพักอาศัย โดยอ้างอิงจากระยะในกราฟ ซึ่งแกน X แทนตำแหน่งในการวัดแสงที่ตำแหน่ง 1-5 ซึ่งมีระยะห่างกัน 2.66 เมตร และแกน Y คือค่า Daylight Factor จากนั้นกำหนดค่า Daylight Factor ที่ต้องการ แล้วลากเส้นตัดกับกราฟที่เป็นค่าของ Daylight Factor ทั้ง 5 ตำแหน่ง เส้นกราฟ Daylight Factor ที่กำหนดไว้ตัดกับกราฟที่วัดค่าความส่องสว่างเข้ามาในอาคาร ณ ตำแหน่งใด พื้นที่ใต้กราฟนั้นคือระยะที่แสงสว่างตกกระทบบในแนวระนาบที่มีค่า Daylight Factor ขั้นต่ำที่ต้องการ ดังตัวอย่างในรูปที่ 5 Otแสดงให้เห็นถึงขอบเขตของพื้นที่ที่แสงสว่างตกกระทบบที่มีค่า Daylight Factor = 0.75 คือระยะขนาดความกว้างของแสงสว่างที่ส่องผ่านท่อนำแสงแนวตั้งเข้ามาในอาคาร

เมื่อนำข้อมูลด้าน Daylight Factor ในช่วงเวลาที่วัดแสงสว่าง เปรียบเทียบกับขนาดท่อนำแสง ระยะจากปลายท่อนำแสงถึงระยะใช้งาน ค่า Aspect Ratio รวมถึงระยะและพื้นที่ที่แสงสว่างตกกระทบบในแนวระนาบ นำมาเสนอในรูปแบบตาราง ได้ผลตามตารางที่ 3 ดังนี้

ตารางที่ 3 แสดงช่วงเวลาและขอบเขตระยะแสงสว่างที่ตกกระทบแนวระนาบที่ค่า $DF \geq 0.75$

ขนาด ท่อน้ำ แสง	ระยะจาก ปลายท่อถึง ระยะใช้งาน	Aspect ratio	ช่วงเวลาที่มีวัดแสงสว่าง									ช่วงเวลาที่แสง สว่างมีค่า DF ≥0.75	ระยะแสงสว่างที่ ตกกระทบแนว ระนาบ(ม.)	พ.ท.แสงสว่างที่ตก กระทบแนวระนาบ (ตร.ม.)	พ.ท.แสงตกกระทบ: พ.ท.หน้าตัดท่อ
			12.00 น.			14.00 น.			16.00 น.						
			มืย	กย	รค	มืย	กย	รค	มืย	กย	รค				
0.265 x 0.265 เมตร	3 เมตร	2										0%	-	-	-
		4										0%	-	-	-
		6										11.11%	1.68	2.82	40.28
		8										11.11%	2.21	4.88	69.71
		10										11.11%	1.97	3.88	55.42
	4 เมตร	2										0%	-	-	-
		4										0%	-	-	-
		6										0%	-	-	-
		8										0%	-	-	-
		10										0%	-	-	-
	5 เมตร	2										0%	-	-	-
		4										0%	-	-	-
		6										0%	-	-	-
		8										11.11%	0.44	0.19	2.71
		10										0%	-	-	-
0.53 x 0.53 เมตร	3 เมตร	2										44.44%	2.40 - 4.30	5.76 - 18.49	20.57 – 23.11
		4										55.55%	2.22 – 3.51	4.92 - 12.32	17.57 – 15.4
		6										55.55%	2.04 – 3.34	4.16 - 11.15	5.20 – 39.82
		8										66.66%	1.85 - 4.33	3.42 - 18.74	12.21 – 66.92
		10										55.55%	2.03 – 3.69	4.12 - 13.61	14.71 – 48.60
	4 เมตร	2										22.22%	1.28 - 3.75	1.63 - 14.06	5.82 – 50.21
		4										22.22%	0.10 - 2.65	0.1 - 1.02	0.12 – 3.64
		6										22.22%	1.20 - 4.30	1.44 - 18.49	5.14 – 66.03
		8										22.22%	1.27 - 4.13	1.61 - 17.05	2.01 – 60.89
		10										11.11%	4.31	18.57	66.32
	5 เมตร	2										22.22%	1.20 - 2.33	1.44 - 5.42	5.14 – 19.35
		4										11.11%	1.84	3.38	12.07
		6										22.22%	3.01 - 3.92	9.06 - 15.36	34.28 – 54.85
		8										11.11%	2.65	7.02	25.07
		10										11.11%	1.2	1.44	5.14
0.795 x 0.795 เมตร	3 เมตร	2										77.77%	3.90 - 7.31	15.21 - 53.43	24.14 – 84.80
		4										77.77%	3.50 - 6.92	12.25 - 47.88	19.44 – 76.00
		6										77.77%	1.74 - 4.95	3.02 - 24.25	4.79 – 38.49
		8										66.66%	3.75 - 4.97	14.06 - 24.70	22.31 – 39.20
		10										77.77%	2.02 - 4.59	4.08 - 21.06	6.47 – 33.42
	4 เมตร	2										44.44%	1.64 - 5.84	2.68 - 34.10	4.25 – 54.12
		4										66.66%	1.78 - 6.65	3.16 - 24.27	5.01 – 38.52
		6										55.55%	2.19 - 6.26	4.79 - 39.18	7.60 – 62.19
		8										66.66%	2.48 - 5.46	6.15 - 29.81	9.76 – 47.31
		10										55.55%	2.26 - 5.25	5.10 - 27.56	8.09 – 43.74
	5 เมตร	2										55.55%	2.95 - 7.63	8.70 - 58.21	13.33 – 92.39
		4										66.66%	1.54 - 4.87	2.37 - 23.71	3.76 – 37.63
		6										55.55%	3.44 - 5.22	11.83 - 27.24	18.73 – 43.23
		8										44.44%	4.22 - 9.00	17.80 - 81.00	28.25 – 128.57
		10										55.55%	2.80 - 9.00	7.84 - 81.00	12.4 – 128.57

หมายเหตุ :

■ ค่า $DF \geq 0.75$

□ ค่า $DF < 0.75$

จากตารางที่ 3 พบว่า ที่ค่า Daylight Factor ที่ 0.75 ที่มีค่าแสงสว่างที่เหมาะสมในการทำกิจกรรมนั้น สามารถสรุปประเด็นได้ดังนี้

1) ท่อนำแสงขนาด 0.265×0.265 เมตร มีแสงสว่างส่องผ่านเพียงช่วงเวลา 12.00 น. ของเดือน มิถุนายน ที่ค่า Aspect Ratio 6,8 และ 10 ที่ระยะจากปลายท่อนำแสงถึงระยะใช้งาน ที่ 3 เมตร

2) ท่อนำแสงขนาด 0.53×0.53 เมตร จะมีแสงสว่างส่องผ่านมากขึ้นที่ระยะจากปลายท่อนำแสงถึงระยะใช้งานที่ 3 เมตร จะมีค่าแสงสว่างที่เหมาะสมมากที่สุด ในช่วง 12.00 น. ของเดือนมิถุนายนและกันยายน และช่วง 14.00 น. ของเดือนกันยายน และธันวาคม แต่เมื่อระยะจากปลายท่อนำแสงถึงระยะใช้งานมากขึ้น ปริมาณแสงสว่างที่ส่องผ่านจะน้อยลงดังนี้ ที่ระยะจากปลายท่อนำแสงถึงระยะใช้งานที่ 4 เมตร จะมีค่าแสงสว่างที่เหมาะสมมากที่สุด ในช่วง 12.00 น. ของเดือนมิถุนายน และในช่วง 14.00 น. ของเดือนธันวาคม ส่วนระยะจากปลายท่อนำแสงถึงระยะใช้งานที่ 5 เมตร จะมีค่าแสงสว่างที่เหมาะสมมากที่สุด ในช่วง 14.00 น. ของเดือนมิถุนายน

3) ท่อนำแสงขนาด 0.795×0.795 เมตร จะมีแสงสว่างส่องผ่านมากที่สุด ในทุกค่า Aspect Ratio โดยมีช่วงเวลาที่มากที่สุดในช่วง 12.00 และ 14.00 น. ที่ระยะจากปลายท่อนำแสงถึงระยะใช้งานที่ 3, 4 และ 5 เมตร

4) ในช่วงเวลา 16.00 น. นั้น แสงสว่างส่องผ่านท่อนำแสงน้อยมาก โดยสามารถส่องผ่านแสงสว่างได้ในระยะจากปลายท่อนำแสงถึงระยะใช้งานที่ 3 เมตร ของท่อนำแสงขนาด 0.53×0.53 เมตร และ 0.795×0.795 เมตร

บทสรุปและข้อเสนอแนะ

งานวิจัยได้ศึกษาการนำแสงสว่างจากภายนอกอาคารเข้าสู่ภายในอาคารโดยผ่านท่อนำแสงแนวดิ่งรูปทรงสี่เหลี่ยม พบว่า ท่อนำแสงรูปทรงสี่เหลี่ยมที่มีขนาด 0.265×0.265 เมตร ซึ่งมีพื้นที่หน้าตัดใกล้เคียงกับท่อนำแสงรูปทรงวงกลมที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.30 เมตร ซึ่งเป็นขนาดที่มีความใกล้เคียงกับคอมโพที่ใช้ในบ้านพักอาศัย ไม่เหมาะสมแก่การนำมาใช้งาน เนื่องจากมีช่วงเวลาที่แสงสว่างเหมาะสมในการใช้งานน้อยเกินไป คิดเป็น 11.11% ของช่วงเวลาทั้งหมด ส่วนท่อนำแสงที่มีขนาด 0.53×0.53 เมตร มีความเหมาะสมในการออกแบบร่วมกับฝ้าเพดานแบบ T-bar ที่มีขนาดตาราง 0.60 เมตร แต่มีความเหมาะสมเมื่อมีระยะใช้งานจากปลายท่อนำแสงแนวดิ่งถึงระยะใช้งาน 3 เมตร ส่วนท่อนำแสงขนาด 0.795×0.795 เมตร นั้น มีช่วงเวลาที่แสงสว่างพอเพียงต่อการใช้งานตั้งแต่เวลา 10.00 น.-14.00 น. แต่อาจมีผลต่อการออกแบบ เนื่องจากมีขนาดใหญ่ โดยการศึกษาในงานวิจัยขั้นนี้ เป็นการ

เก็บข้อมูลโดยใช้หุ่นจำลอง อาจเกิดความคลาดเคลื่อนอันเนื่องมาจากขนาดและผิวของวัสดุหุ่นจำลอง

ข้อเสนอแนะในการนำผลวิจัยไปใช้

การนำข้อมูลไปใช้ในการออกแบบอาคารประเภทที่พักอาศัยนั้น สามารถใช้ได้กับอาคารที่มีความสูง 3 ระดับ ได้แก่

- บริเวณที่มีฝ้าเพดานสูงประมาณ 3 เมตร เช่น ห้องรับแขก ห้องนอน ห้องภายในบ้านพักอาศัยโดยทั่วไป

- บริเวณที่มีฝ้าเพดานสูงประมาณ 4 เมตร เช่น ห้องโถงที่มีฝ้าเพดานสูง ซึ่งเหมาะกับท่อนำแสงขนาด 0.53×0.53 เมตรขึ้นไป

- บริเวณที่มีฝ้าเพดานสูงประมาณ 5 เมตร เช่น โถงบันได เหมาะกับท่อนำแสงขนาด 0.795×0.795 เมตร

นอกจากนี้ ควรนำไปพิจารณาร่วมกับข้อมูลด้านอื่นของอาคาร ได้แก่ พื้นที่ของอาคารที่ต้องการแสงธรรมชาติ เพื่อลดการใช้แสงประดิษฐ์ หรือเป็นพื้นที่ที่ไม่สามารถเปิดรับแสงธรรมชาติได้ ความสูงของท่อนำแสงที่ต้องการ ซึ่งจะสัมพันธ์กับค่า Aspect Ratio ขนาดของท่อนำแสงที่เหมาะสมกับพื้นที่ของอาคารที่สามารถติดตั้งได้ รวมถึงการจัดวางผังพื้นที่ของอาคารชั้นที่เหนือจากปลายท่อนำแสงขึ้นไป เนื่องจากจะเสียพื้นที่ในการติดตั้งท่อนำแสงแนวตั้งนี้ด้วย ในการวิจัยเรื่องท่อนำแสงแนวตั้งในอนาคต ควรพิจารณาปัจจัยเรื่องความร้อน ซึ่งจะส่งผลต่อการใช้พลังงานในอาคาร รวมถึงการศึกษาในด้านตัวรับแสงและรูปแบบตัวกระจายแสงเข้าสู่ในอาคาร เพื่อเพิ่มทางเลือกในการออกแบบสำหรับบ้านพักอาศัย

บรรณานุกรม

- นศมา เพ็ญนภักตร์. (2553). รูปแบบและขนาดช่องเปิดของช่องแสงที่หลังคาเพื่อ
การนำแสงธรรมชาติมาใช้ในอาคารประเภทซูบเปอร์สโตร์. *วารสารวิจัย
พลังงาน*, 7(1), 44-54.
- ศิวดล อุปพงษ์, และ ยิ่งสวัสดิ์ ไชยะกุล. (2556). การใช้แสงธรรมชาติในอาคารผ่านท่อ
นำแสงแนวดิ่ง. *วารสารวิชาการ คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัย
ขอนแก่น*, 12, 78-85.
- Jenkins, D., & Muneer, T. (2003). Modelling light-pipe performances-a natural
daylighting solution. *Building and Environment*, 38(7), 965-972.
doi :10.1016/S0360-1323(03)00061-1
- Malet-Damour, B., Boyer, H., Guichard, S., & Miranville, F. (2017). Performance
testing of light pipes in real weather conditions for a confrontation
with Hemera. *Journal of Clean Energy Technologies*, 5(1), 73-76.
doi :10.18178/JOCET.2017.5.1.347
- Thakkar, V. (2013). Experimental study of Tubular skylight and comparison
with artificial lighting of standard ratings. *International Journal of
Enhanced Research in Science Technology & Engineering*, 2(6), 1-6.