การออกแบบและพัฒนาระบบท่อนำแสงแนวนอนสำหรับอาคารประเภทสำนักงาน

บริรักษ์ อินทรกุลไชย[1], ดร. วรภัทร์ อิงคโรจน์ฤทธิ์[2]

บทคัดย่อ

การศึกษานี้เป็นส่วนหนึ่งของวิทยานิพนธ์การออกแบบและพัฒนาระบบท่อนำแสงแนวนอนสำหรับอาคารประเภทสำนักงานโดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษารูปแบบและทิศทางการรับแสงธรรมชาติของระบบท่อนำแสงแนวนอนที่ส่งผลต่อประสิทธิภาพการนำพาแสงธรรมชาติและปริมาณแสงภายในอาคารประเภทสำนักงานของกรุงเทพมหานคร โดยมีจุดมุ่งหมายเพื่อพัฒนาองค์ความรู้สำหรับประยุกต์ต่อยอดในการพัฒนาเทคนิคการนำแสงธรรมชาติมาใช้งานในอาคารสำนักงาน งานวิจัยนี้ศึกษาผ่านการจำลองสภาพแสงธรรมชาติและระบบท่อนำแสงแนวนอนด้วยโปรแกรม Photopia 3.0 โดยมีแบบจำลองประสิทธิภาพทางด้านแสงสว่างจำนวน 5 รูปแบบที่มีลักษณะของส่วนรวมแสงและส่วนนำพาแสงแตกต่างกัน และจำลองภายใต้สภาพท้องฟ้าโปร่งที่มีรังสีตรงจากดวงอาทิตย์ที่กระทำมุมต่างๆ กับพื้นโลก

ผลการศึกษา พบว่า ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อประสิทธิภาพของระบบท่อนำแสงแนวนอน ได้แก่ 1) ทิศทางการรับแสงธรรมชาติ คือ ประสิทธิภาพของระบบท่อนำแสงแนวนอนจะแปรผกผันตามขนาดมุมของแสงที่กระทำกับแนวท่อในส่วนนำพาแสง โดยมุมขนาดเล็กจะให้ประสิทธิภาพของระบบท่อนำแสงแนวนอนสูง 2) ลักษณะของส่วนรวมแสง คือ ส่วนรวมแสงที่สามารถปรับทิศทางมุมแนวดิ่งและมุมแนวราบของแสงธรรมชาติในช่วงเวลาที่ต้องการให้ขนานกับท่อในส่วนนำพาแสงมากที่สุด จะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพของระบบท่อนำแสงแนวนอน 3) ลักษณะของส่วนนำพาแสง คือ ส่วนนำพาแสงที่มีจำนวนการสะท้อนแสงภายในต่ำ (มุมตกกระทบของแสงมีขนาดใหญ่) ทำให้แสงถูกดูดกลืนน้อยส่งผลให้ประสิทธิภาพของระบบท่อนำแสงแนวนอนเพิ่มมากขึ้น

คำสำคัญ: ท่อนำแสง, แสงธรรมชาติ, อาคารสำนักงาน

[1] นิสิตมหาบัณฑิต สาขาสถาปัตยกรรม คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

[2] อาจารย์ภาควิชาสถาปัตยกรรมศาสตร์ คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทนำ

อาคารสำนักงานโดยทั่วไปใช้พลังงานไฟฟ้าในการส่องสว่างคิดเป็นสัดส่วน 25 เปอร์เซ็นต์ของปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ทั้งหมดในอาคาร *[1]* รูปแบบของผังอาคารสำนักงานโดยทั่วไปมีลักษณะแผ่ขยายกว้างในขณะที่ขนาดของช่องเปิดรับแสงด้านข้างมีน้อยทำให้การนำแสงธรรมชาติไปใช้ในส่วนลึกของอาคารเป็นไปได้ยาก ส่งผลให้ต้องติดตั้งแสงประดิษฐ์เพื่อให้ความสว่างเพิ่มเติม ซึ่งโดยส่วนใหญ่มักจัดตำแหน่งแบบกระจายทั้งพื้นที่ โดยไม่ได้คำนึงถึงความต้องการแสงสว่างของกิจกรรมแต่ละอย่าง ทำให้เกิดแสงสว่างที่เกินความจำตลอดทั่วทั้งพื้นที่ *[2]*

การนำแสงธรรมชาติมาใช้ภายในอาคารสำนักงานจึงเป็นวิธีการหนึ่งที่ช่วยอนุรักษ์พลังงาน ทำให้การใช้พลังงานมีประสิทธิภาพมากขึ้น เนื่องจากอาคารสำนักงานมีการใช้งานในช่วงเวลากลางวันเป็นส่วนใหญ่ ทำให้สามารถนำแสงธรรมชาติเข้ามาใช้ได้อย่างเต็มที่นักวิจัยและนักออกแบบจึงได้คิดค้นและพัฒนาเทคนิคสำหรับการนำแสงธรรมชาติเข้ามาใช้ในอาคาร เพื่อตอบสนองต่อปัญหาการบริโภคพลังงานที่สูงและสิ้นเปลืองของส่วนการส่องสว่างในช่วงเวลากลางวัน ซึ่งสามารถช่วยให้ประหยัดพลังงานไฟฟ้าได้ 20-30% ของการบริโภคพลังงานไฟฟ้าของอาคารทั้งหมด *[3]*

ระบบท่อนำแสงเป็นเทคนิคหนึ่งที่ช่วยแก้ไขปัญหาดังกล่าวและมีงานวิจัยที่การศึกษาระบบท่อนำแสงมาอย่างต่อเนื่อง เช่น การศึกษาลักษณะของส่วนรวมแสงที่ส่งผลต่อประสิทธิภาพระบบท่อนำแสงแนวตั้ง *[4]* การศึกษาลักษณะและขนาดของส่วนนำพาแสงที่ส่งผลต่อประสิทธิภาพระบบท่อนำแสงแนวตั้ง *[4][5][6]* การศึกษาลักษณะของส่วนกระจายแสงที่ส่งผลต่อประสิทธิภาพระบบท่อนำแสงแนวตั้ง *[5][7]* การศึกษาลักษณะและขนาดของส่วนนำพาแสงที่ส่งผลต่อประสิทธิภาพระบบท่อนำแสงแนวนอน *[8]* การศึกษาทิศทางในการรับแสงธรรมชาติสำหรับติดตั้งระบบท่อนำแสงแนวนอน *[8]* การศึกษาเปรียบเทียบประสิทธิภาพระหว่างระบบหิ้งสะท้อนแสงกับระบบท่อนำแสงแนวนอน *[9]* การศึกษาเรื่องการประหยัดพลังงานเมื่อใช้ระบบท่อนำแสงแนวนอน *[10]* การศึกษาระบบท่อนำแสงแนวนอนที่ใช้หลักการการหักเหของแสง *[11]* การศึกษาความส่องสว่างและความร้อนภายในระบบท่อนำแสงแนวนอน *[12]* ซึ่งจากการทบทวนงานวิจัยพบว่างานวิจัยส่วนใหญ่เน้นไปที่ระบบท่อนำแสงแนวตั้งมากกว่าระบบท่อนำแสงแนวนอน

อาคารสำนักงานในกรุงเทพมหานครโดยทั่วไปมีลักษณะเป็นอาคารในแนวดิ่งมากกว่าอาคารในแนวราบ ทำให้การใช้ระบบท่อนำแสงแนวตั้งจะถูกจำกัดการใช้งานให้อยู่บริเวณชั้นบนของอาคารในขณะที่การใช้งานระบบท่อนำแสงแนวนอนสามารถใช้งานได้ในทุกชั้นของอาคาร

การศึกษานี้เป็นส่วนหนึ่งของวิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต สาขาวิชาสถาปัตยกรรม ภาควิชาสถาปัตยกรรมศาสตร์ คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่ศึกษาระบบท่อนำแสงแนวนอนโดยเน้นที่ลักษณะและความสัมพันธ์ของส่วนรวมแสงและส่วนนำพาแสงที่ส่งผลต่อแสงธรรมชาติที่สามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้ภายในอาคารประเภทสำนักงานในกรุงเทพมหานคร โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาลักษณะและทิศทางการรับแสงธรรมชาติของระบบท่อนำแสงแนวนอนที่ส่งผลต่อประสิทธิภาพการนำแสงธรรมชาติเข้าสู่ภายในอาคาร รวมถึงคุณภาพของแสงธรรมชาติภายในอาคารบนระนาบพื้นที่ทำงาน โดยอ้างอิงตามข้อแนะนำของสมาคมไฟฟ้าแสงสว่างแห่งประเทศไทย (TIEA) สำหรับเป็นองค์ความรู้ต่อยอดและประยุกต์เป็นแนวทางอ้างอิงในการนำไปเป็นใช้ในการพัฒนาเทคนิคการอนุรักษ์พลังงานภายในอาคารสำนักงานด้วยแสงธรรมชาติ

วิธีการวิจัย

งานวิจัยนี้ใช้วิธีการศึกษาจากการจำลองสภาพแสงธรรมชาติและระบบท่อนำแสงแนวนอนในคอมพิวเตอร์ โดยใช้โปรแกรม Photopia version 3.0 เพื่อช่วยในการคำนวณผลที่เกิดจากการทดสอบด้วยรูปแบบต่างๆ มีขั้นตอนและรายละเอียดดังนี้

1. การตรวจสอบความถูกต้องของโปรแกรม

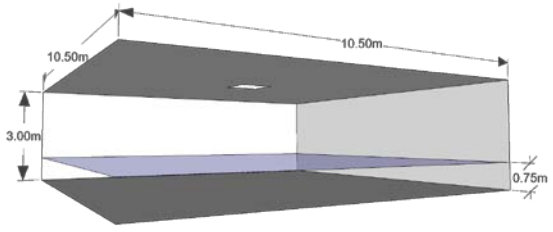
Photopia เป็นโปรแกรมสำหรับออกแบบชุดดวงโคมที่มีต้นกำเนิดแสงจากแสงธรรมชาติหรือแสงประดิษฐ์ เพื่อให้ผลการศึกษาที่ได้จากโปรแกรมมีความน่าเชื่อถือและสามารถนำไปใช้ได้จริงเทียบเท่ากับสภาพแสงธรรมชาติจริง จึงมีการตรวจสอบความถูกต้องของโปรแกรมก่อนทำการคำนวณ

โดยการเทียบข้อมูลปริมาณแสงธรรมชาติภายนอกอาคารระหว่างผลที่ได้จากการคำนวณด้วยโปรแกรมกับข้อมูลที่จัดเก็บเป็นฐานข้อมูลทั้งจากกรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน *[13]* และจาก IESNA *[14]* นอกจากเปรียบเทียบข้อมูลกับฐานข้อมูลของประเทศไทยและต่างประเทศแล้ว การตรวจสอบความถูกต้องนี้ได้เปรียบเทียบกับข้อมูลที่ทำการวัดจริง เพื่อเป็นการยืนยันความถูกต้องหรือความคลาดเคลื่อนของโปรแกรม Photopia 3.0 ก่อนที่จะนำมาใช้ในการคำนวณการศึกษาระบบท่อนำแสงแนวนอน

2. แบบจำลอง

2.1 อาคารสำนักงาน

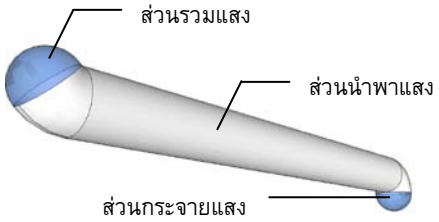
อาคารสำนักงานที่ศึกษากำหนดให้เป็นห้องสี่เหลี่ยม มีลักษณะ ดังนี้ ขนาดห้อง 10.5 x 10.5 เมตร ความสูงจากพื้นถึงฝ้าเพดาน 3 เมตร ระนาบพื้นที่ทำงาน (Work Plane) สูงจากพื้น 0.75 เมตร ค่าการสะท้อนแสงของพื้นผิวภายในห้องเท่ากับศูนย์เพื่อเน้นการศึกษาเฉพาะระบบท่อนำแสงแนวนอน และมีช่องเปิดขนาด 0.5 x 0.5 เมตร บนเพดานกึ่งกลางห้อง โดยไม่มีช่องเปิดด้านข้าง เพื่อศึกษาเฉพาะอิทธิพลของแสงจากระบบท่อนำแสงแนวนอนผ่านช่องเปิดด้านบนเท่านั้น ตามรูปที่ 1



รูปที่ 1 ลักษณะอาคารสำนักงานจำลอง

2.2 ระบบท่อนำแสง

ระบบท่อนำแสงโดยทั่วไปทั้งระบบท่อนำแสงแนวตั้งและระบบท่อนำแสงแนวนอนจะประกอบด้วยสามส่วนหลัก คือ ส่วนรวมแสง ส่วนนำพาแสง และส่วนกระจายแสง ตามรูปที่ 2

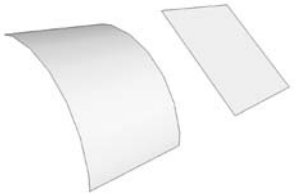


รูปที่ 2 ส่วนประกอบของระบบท่อนำแสง

งานวิจัยนี้ศึกษาเฉพาะระบบท่อนำแสงแนวนอนในส่วนรวมแสงและส่วนนำพาแสงเท่านั้น มีรายละเอียดการออกแบบดังนี้

2.2.1 ส่วนรวมแสง

ส่วนรวมแสงมีหน้าที่รวบรวมแสงธรรมชาติจากภายนอกและเปลี่ยนทิศทางของแสงให้เข้าไปสู่ส่วนนำพาแสง โดยกำหนดให้เป็นตัวสะท้อนแสงอะลูมิเนียมมีค่าสะท้อนแสง 98% มีสองลักษณะ คือ แบบแผ่นเรียบโค้งเข้าหาส่วนนำพาแสงไม่สามารถปรับมุมตามดวงอาทิตย์ได้ และแบบแผ่นเรียบแบนที่สามารถปรับมุมตามดวงอาทิตย์ได้ ตามรูปที่ 3

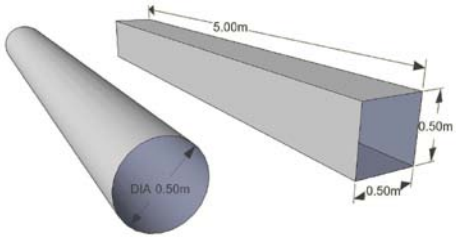


รูปที่ 3 ลักษณะตัวสะท้อนแสงของส่วนรวมแสง

2.2.2 ส่วนนำพาแสงส่วนท่อ

ส่วนนำพาแสงมีหน้าที่ลำเลียงแสงธรรมชาติที่ผ่านการรวบรวมและเปลี่ยนทิศทางจากส่วนรวมแสงไปสู่ส่วนกระจายแสง โดยกำหนดให้เป็นท่ออะลูมิเนียมมีค่าสะท้อนแสง 98% มีสองลักษณะ คือ ท่อหน้าตัดวงกลมเส้นผ่าศูนย์กลาง 0.5 เมตร ยาว 5

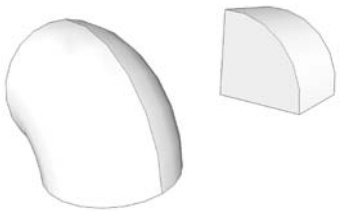
เมตร และท่อหน้าตัดสี่เหลี่ยมจัตุรัสขนาด 0.5 x 0.5 เมตร ยาว 5 เมตร ตามรูปที่ 4



รูปที่ 4 ลักษณะท่อของส่วนนำพาแสง

2.2.3 ส่วนนำพาแสงส่วนข้อต่อ

ส่วนนี้มีหน้าที่ปรับเปลี่ยนทิศทางของแสงธรรมชาติจากแนวนอนเป็นแนวตั้งก่อนถึงส่วนกระจายแสง โดยกำหนดให้เป็นข้อต่อท่ออะลูมิเนียมมีค่าสะท้อนแสง 98% ลักษณะโค้ง มีขนาดเท่ากับท่อในส่วนนำพาแสงส่วนท่อ ซึ่งขึ้นอยู่กับลักษณะของท่อ ตามรูปที่ 5



รูปที่ 5 ลักษณะข้อต่อโค้งของส่วนนำพาแสง

2.2.4 รูปแบบของระบบท่อนำแสง

รูปแบบของระบบท่อนำแสงที่ศึกษาเกิดจากการผสมผสานการออกแบบในแต่ละส่วน ตามตัวอย่างในรูปที่ 6 มีรายละเอียดของแต่ละรูปแบบ ดังนี้

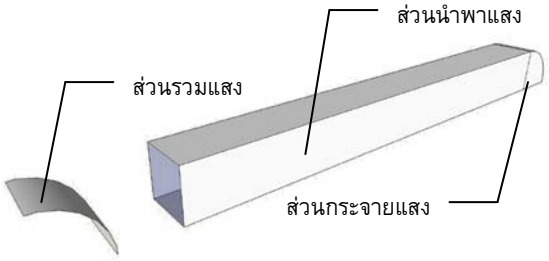
1) รูปแบบพื้นฐาน มีลักษณะเป็นท่อหน้าตัดสี่เหลี่ยมจัตุรัสไม่มีตัวสะท้อนแสงและข้อต่อปรับเปลี่ยนทิศทาง ใช้เป็นรูปแบบพื้นฐานทั่วไปสำหรับเปรียบเทียบกับรูปแบบทางเลือกอื่น

2) รูปแบบที่ 1 มีส่วนรวมแสงเป็นแผ่นเรียบโค้งไม่สามารถปรับมุมได้ ส่วนนำพาแสงเป็นท่อหน้าตัดกลมและข้อต่อแบบโค้ง

3) รูปแบบที่ 2 มีส่วนรวมแสงเป็นแผ่นเรียบโค้งไม่สามารถปรับมุมได้ ส่วนนำพาแสงเป็นท่อหน้าตัดสี่เหลี่ยมจัตุรัสและข้อต่อแบบโค้ง

4) รูปแบบที่ 3 มีส่วนรวมแสงเป็นแผ่นเรียบแบนปรับมุมตามดวงอาทิตย์ ส่วนนำพาแสงเป็นท่อหน้าตัดกลมและข้อต่อแบบโค้ง

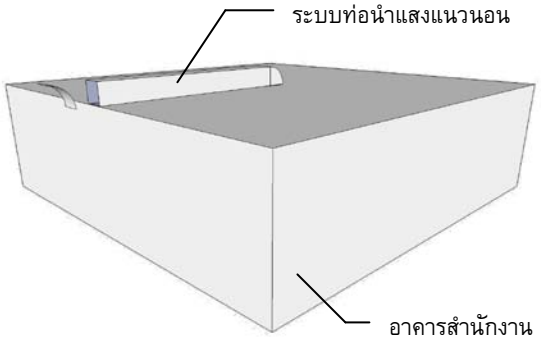
5) รูปแบบที่ 4 มีส่วนรวมแสงเป็นแผ่นเรียบแบนปรับมุมตามดวงอาทิตย์ ส่วนนำพาแสงเป็นท่อหน้าตัดสี่เหลี่ยมจัตุรัสและข้อต่อแบบโค้ง



รูปที่ 6 ตัวอย่างการผสมผสานการออกแบบระบบท่อนำแสงแนวนอนรูปแบบที่ 2

2.2.5 ตำแหน่งของระบบท่อนำแสงแนวนอน

ระบบท่อนำแสงแนวนอนที่ออกแบบจะอยู่ด้านบนของอาคารสำนักงานจำลองตามที่ออกแบบไว้ ตามรูปที่ 8 เทียบได้กับการติดตั้งระบบท่อนำแสงแนวนอนเหนือฝ้าเพดานในอาคารสำนักงานของจริง โดยนำแสงธรรมชาติที่ผ่านกระบวนการของระบบท่อนำแสงแนวนอนแล้วเข้าสู่ภายในห้องผ่านช่องเปิดด้านบนที่อยู่กึ่งกลางของห้อง ซึ่งระบบท่อนำแสงแนวนอนจะรับแสงธรรมชาติในทิศทางที่ศึกษาตามที่กำหนดไว้



รูปที่ 7 ตำแหน่งของระบบท่อนำแสงแนวนอนบนอาคารสำนักงานจำลองตามที่ออกแบบ

2.3 สภาพท้องฟ้า

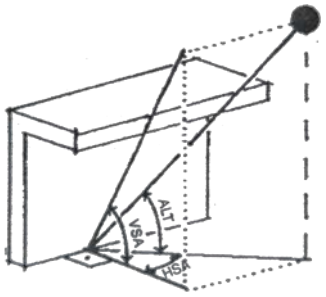
สภาพท้องฟ้าที่ศึกษาเป็นสภาพท้องฟ้าโปร่งที่มีรังสีตรงจากดวงอาทิตย์ (Clear Sky with Direct Sunlight) ของกรุงเทพมหานคร โดยกำหนดทิศทางการรับแสงธรรมชาติตามมุม Solar Altitude: ALT และมุม Horizontal Shadow Angle: HSA ดังนี้

2.3.1 มุม ALT

มุม ALT คือ มุมที่ทิศทางแสงแดดกระทำต่อพื้นโลก ตามรูปที่ 8 โดยศึกษาที่มุม 30°, 50°, 70°, และ 90°

2.3.2 มุม HSA

มุม HSA คือ มุมที่ทิศทางแสงแดดกระทำต่อระนาบตั้งฉากของช่องเปิดแนวตั้ง ตามรูปที่ 8 โดยศึกษาที่มุม 0°, 20°, 40°, 60°, และ 80°



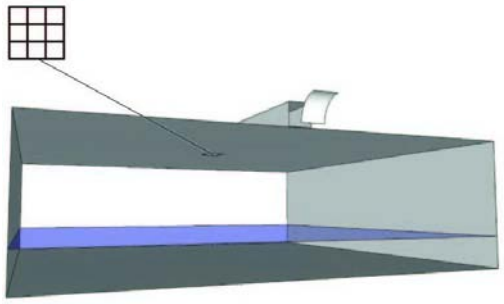
รูปที่ 8 มุมที่เกิดจากการกระทำของแสงแดด *[15]*

3. <u>การวิเคราะห์ข้อมูล</u>

ผลข้อมูลที่ได้จากการคำนวณด้วยโปรแกรม Photopia 3.0 เป็นข้อมูลตัวเลขแสดงค่าความส่องสว่างในหน่วยลักซ์ (Lux) บอกปริมาณแสงธรรมชาติบนระนาบพื้นที่อ้างอิงตามที่กำหนดไว้ ผลการศึกษาที่นำมาวิเคราะห์แบ่งเป็นสองส่วน ดังนี้

3.1 ปริมาณแสงจากระบบท่อนำแสงแนวนอน

ในส่วนนี้ศึกษาประสิทธิภาพของระบบท่อนำแสงแนวนอนที่ออกแบบด้วยการพิจารณาเปรียบเทียบค่าความส่องสว่างของแสงธรรมชาติที่ผ่านระบบท่อนำแสงแนวนอนแต่ละรูปแบบ โดยใช้ค่าความส่องสว่างที่วัดบริเวณส่วนปลายสุดของส่วนนำพาแสง ตามรูปที่ 9 ซึ่งเป็นจุดที่แสงธรรมชาติผ่านกระบวนการปรับปรุงคุณภาพจากส่วนรวมแสงและส่วนนำพาแสงแล้ว

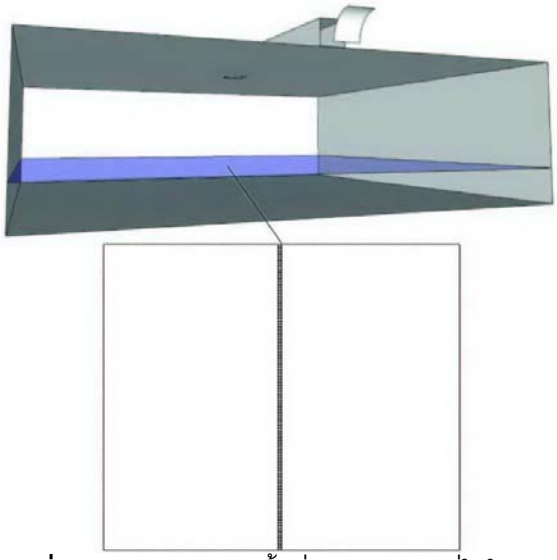


รูปที่ 9 ตำแหน่งระนาบพื้นที่อ้างอิงและจุดที่ใช้ในการวัดค่าความส่องสว่าง สำหรับศึกษาประสิทธิภาพของระบบท่อนำแสงแนวนอน

ค่าความส่องสว่างวัดบนระนาบพื้นที่อ้างอิงขนาด 0.5 x 0.5 เมตร โดยแบ่งสัดส่วนพื้นที่เป็นตาราง 3 x 3 ช่อง รวมตำแหน่งที่วัดทั้งหมด 9 จุด ตามจำนวนช่องบนระนาบพื้นที่อ้างอิง ข้อมูลที่ได้จะนำมาคิดเป็นค่าเฉลี่ยและแสดงในรูปของกราฟแบบพื้นผิว โดยแสดงความสัมพันธ์ของค่าความสว่างในหน่วยของลูเมนต่อตารางฟุต (Lumen/ft^2) กับมุม ALT และมุม HSA ตามแต่ละรูปแบบของระบบท่อนำแสงแนวนอน เพื่อศึกษาทิศทางที่รับแสงธรรมชาติได้มีอย่างมีประสิทธิภาพดีที่สุดของแต่ละรูปแบบและเปรียบเทียบประสิทธิภาพของรูปแบบทางเลือกกับรูปแบบพื้นฐาน

3.2 ปริมาณแสงบนระนาบพื้นที่ทำงาน

ในส่วนนี้ศึกษาปริมาณแสงธรรมชาติภายในอาคารสำนักงานจากทิศทางการรับแสงธรรมชาติที่มีประสิทธิภาพดีที่สุดด้วยการพิจารณาเปรียบเทียบค่าความส่องสว่างบนระนาบพื้นที่ทำงานจากระบบท่อนำแสงแนวนอนแต่ละรูปแบบกับข้อแนะนำของ TIEA โดยใช้ค่าความส่องสว่างที่วัดบนระนาบพื้นที่ทำงานที่กำหนดตามรูปที่ 11 ทำให้สามารถระบุลักษณะขอบเขตแสงสว่างตามข้อแนะนำของ TIEA ได้



รูปที่ 10 ตำแหน่งระนาบพื้นที่อ้างอิงและจุดที่ใช้ในการวัดค่าความส่องสว่าง สำหรับศึกษาปริมาณแสงธรรมชาติภายใต้ข้อแนะนำของ TIEA

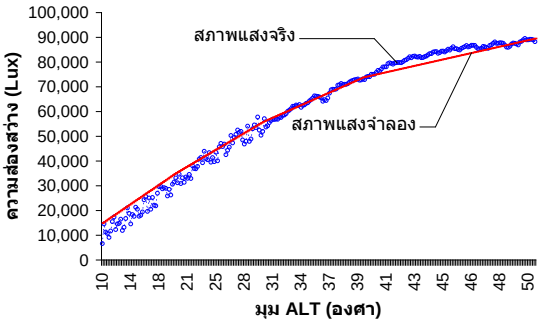
ค่าความส่องสว่างตามรูปที่ 10 วัดบนระนาบพื้นที่อ้างอิงที่แบ่งเป็นตำแหน่งสำหรับวัด 100 ช่อง โดยมีแนวของตำแหน่งการวัดอยู่บนกึ่งกลางระนาบพื้นที่ทำงานยาวตลอดความกว้างของห้องขนานไปกับแนวท่อระบบท่อนำแสงแนวนอน ข้อมูลที่ได้จะนำมาแสดงในรูปของกราฟแบบเส้นแสดงความสัมพันธ์ของค่าความส่องสว่างในหน่วยของลักซ์กับระยะทางภายในห้องในหน่วยของเมตร เปรียบเทียบข้อมูลความส่องสว่างบนระนาบพื้นที่ทำงานกับข้อแนะนำของ TIEA ที่กำหนดระดับความส่องสว่างขั้นต่ำของพื้นที่ทำงานภายในอาคารสำนักงานสำหรับประเทศไทยต้องไม่ต่ำกว่า 500 ลักซ์ *[16]* เพื่อศึกษาเปรียบเทียบรูปแบบของระบบท่อนำแสงแนวนอนที่ส่งผลต่อลักษณะและขอบเขตของแสงสว่างที่สามารถใช้ประโยชน์ได้

ผลการวิจัย

1. <u>การตรวจสอบความถูกต้องของโปรแกรม</u>

การเปรียบเทียบความถูกต้องของข้อมูลแสงธรรมชาติภายนอกอาคารของโปรแกรม Photopia 3.0 กับข้อมูลที่จัดเก็บเป็นฐานข้อมูลทั้งจากกรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงานและจาก IESNA พบว่าแสงธรรมชาติจากสภาพท้องฟ้าโปร่งที่มีแสงตรงจากดวงอาทิตย์ ณ มุม ALT 0° - 90° มีผลที่ใกล้เคียงกันมากแทบไม่มีความแตกต่างกัน

การเปรียบเทียบกับข้อมูลที่ทำการวัดภายใต้สภาพแสงจริง วันที่ 26 ธ.ค. 2552 ช่วงเวลาประมาณ 7:30 - 11:50 น. มุม ALT 10° - 50° พบว่าได้ผลที่มีความใกล้เคียงกัน มีความแตกต่างกันเพียงเล็กน้อยเท่านั้น โดยข้อมูลที่ทำการวัดภายใต้สภาพแสงจริงมีค่าไม่คงที่เป็นผลเนื่องมาจากสภาพท้องฟ้าที่แปรปรวน แต่แนวโน้มของชุดข้อมูลเป็นไปในทางเดียวกัน ดังรูปที่ 11 ซึ่งความแตกต่างกันของข้อมูลมีความคลาดเคลื่อนเท่ากับ ± 3.51%



รูปที่ 11 การเปรียบเทียบข้อมูลจากสภาพแสงจริงและสภาพแสงจำลอง

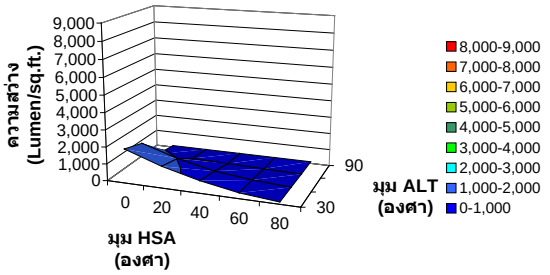
ดังนั้นข้อมูลที่จะได้จากการคำนวณด้วยโปรแกรม Photopia 3.0 ภายใต้สภาพแสงจำลองจึงมีความน่าเชื่อถือเพียงพอในการศึกษาการออกแบบและพัฒนาระบบท่อนำแสงแนวนอน ด้วยการจำลองสภาพแสงธรรมชาติและรูปแบบของระบบท่อนำแสงแนวนอนเสมือนจริงในคอมพิวเตอร์ ซึ่งช่วยลดระยะเวลาการเก็บข้อมูลภายใต้สภาพแสงจริง ทำให้การศึกษาการพัฒนาเทคนิคการอนุรักษ์พลังงานภายในอาคารสำนักงานด้วยแสงธรรมชาติมีความสะดวกรวดเร็วมากขึ้น

2. ปริมาณแสงสว่างจากระบบท่อนำแสงแนวนอน

2.1 ระบบท่อนำแสงแนวนอนรูปแบบพื้นฐาน

ค่าความสว่างและทิศทางการรับแสง

ธรรมชาติที่ได้จากการศึกษาระบบท่อนำแสงแนวนอนรูปแบบพื้นฐาน พบว่า ค่าความสว่างจากระบบท่อนำแสงแนวนอนรูปแบบพื้นฐานมีค่าอยู่ในช่วง 96.08 - 2,156.08 ลูเมนต่อตารางฟุต และมีค่าความสว่างเฉลี่ยอยู่ที่ 563.53 ลูเมนต่อตารางฟุต และมีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 19.48 โดยทิศทางการรับแสงธรรมชาติที่มีประสิทธิภาพน้อยที่สุดอยู่ที่มุม ALT 70° กับมุม HSA 80° และทิศทางการรับแสงธรรมชาติที่มีประสิทธิภาพมากที่สุดอยู่ที่มุม ALT 30° กับมุม HSA 0° ซึ่งค่าความสว่างแปรผกผันตามมุม ALT และมุม HSA โดยขนาดของมุมที่มีค่าน้อยจะส่งผลให้ความสว่างมีค่ามาก ตามรูปที่ 12

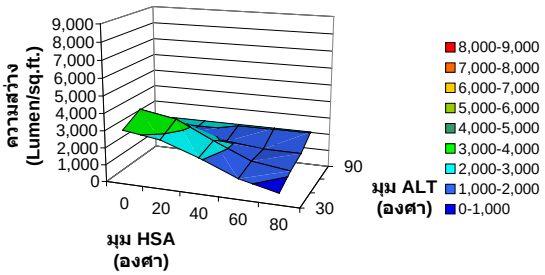


รูปที่ 12 ความสว่างจากมุม ALT และมุม HSA ของระบบท่อนำแสงแนวนอนรูปแบบพื้นฐาน

2.2 ระบบท่อนำแสงแนวนอนรูปแบบที่ 1

ค่าความสว่างและทิศทางการรับแสง

ธรรมชาติที่ได้จากการศึกษาระบบท่อนำแสงแนวนอนรูปแบบที่ 1 พบว่า ค่าความสว่างจากระบบท่อนำแสงแนวนอนรูปแบบที่ 1 มีค่าอยู่ในช่วง 456.52 - 4,478.12 ลูเมนต่อตารางฟุต และมีค่าความสว่างเฉลี่ยอยู่ที่ 2,011.74 ลูเมนต่อตารางฟุต และมีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 501.48 โดยทิศทางการรับแสงธรรมชาติที่มีประสิทธิภาพน้อยที่สุดอยู่ที่มุม ALT 30° กับมุม HSA 80° และทิศทางการรับแสงธรรมชาติที่มีประสิทธิภาพมากที่สุดอยู่ที่มุม ALT 50° กับมุม HSA 0° ตามรูปที่ 13

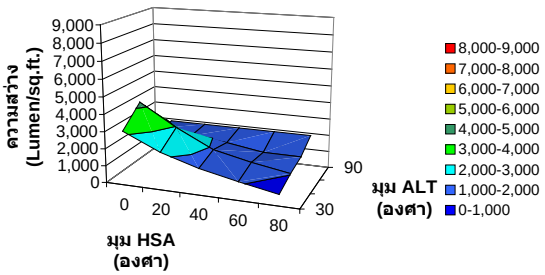


รูปที่ 13 ความสว่างจากมุม ALT มุม HSA ของระบบท่อนำแสงแนวนอนรูปแบบที่ 1

2.3 ระบบท่อนำแสงแนวนอนรูปแบบที่ 2

ค่าความสว่างและทิศทางการรับแสง

ธรรมชาติที่ได้จากการศึกษาระบบท่อนำแสงแนวนอนรูปแบบที่ 2 พบว่า ค่าความสว่างจากระบบท่อนำแสงแนวนอนรูปแบบที่ 2 มีค่าอยู่ในช่วง 441.47 - 4,589.51 ลูเมนต่อตารางฟุต และมีค่าความสว่างเฉลี่ยอยู่ที่ 1,870.12 ลูเมนต่อตารางฟุต และมีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 481.36 โดยทิศทางการรับแสงธรรมชาติที่มีประสิทธิภาพน้อยที่สุดอยู่ที่มุม ALT 30° กับมุม HSA 80° และทิศทางการรับแสงธรรมชาติที่มีประสิทธิภาพมากที่สุดอยู่ที่มุม ALT 50° กับมุม HSA 0° เช่นเดียวกับระบบท่อนำแสงแนวนอนรูปแบบที่ 1 ตามรูปที่ 14



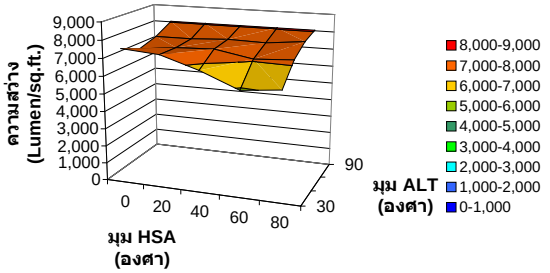
รูปที่ 14 ความสว่างจากมุม ALT และมุม HSA ของระบบท่อนำแสงแนวนอนรูปแบบที่ 2

2.4 ระบบท่อนำแสงแนวนอนรูปแบบที่ 3

ค่าความสว่างและทิศทางการรับแสง

ธรรมชาติที่ได้จากการศึกษาระบบท่อนำแสงแนวนอนรูปแบบที่ 3 พบว่า ค่าความสว่างจากระบบท่อนำแสง

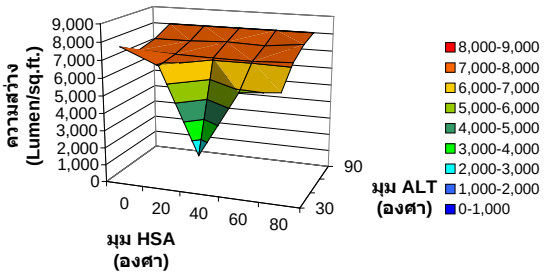
แนวนอนรูปแบบที่ 3 มีค่าอยู่ในช่วง 1,505.99 - 15,276.11 ลูเมนต่อตารางฟุต และมีค่าความสว่างเฉลี่ยอยู่ที่ 7,812.99 ลูเมนต่อตารางฟุต และมีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 4,547.05 โดยทิศทางการรับแสงธรรมชาติที่มีประสิทธิภาพน้อยที่สุดอยู่ที่มุม ALT 30° กับมุม HSA 60° และทิศทางการรับแสงธรรมชาติที่มีประสิทธิภาพมากที่สุดอยู่ที่มุม ALT 90° กับมุม HSA 0° - 90° (เป็นมุมที่มีค่าเดียวกัน) ตามรูปที่ 15



รูปที่ 15 ความสว่างจากมุม ALT และมุม HSA ของระบบท่อนำแสงแนวนอนรูปแบบที่ 3

2.5 ระบบท่อนำแสงแนวนอนรูปแบบที่ 4

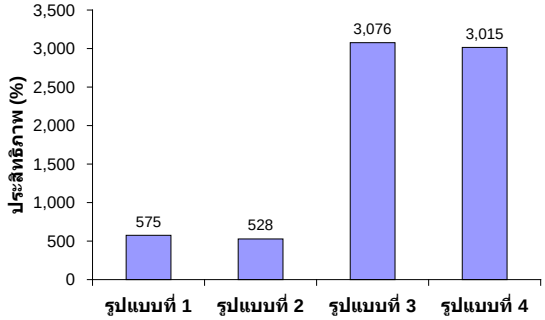
ค่าความสว่างและทิศทางการรับแสงธรรมชาติที่ได้จากการศึกษาระบบท่อนำแสงแนวนอนรูปแบบที่ 4 พบว่า ค่าความสว่างจากระบบท่อนำแสงแนวนอนรูปแบบที่ 4 มีค่าอยู่ในช่วง 1,569.20 - 12,456.24 ลูเมนต่อตารางฟุต และมีค่าความสว่างเฉลี่ยอยู่ที่ 5,090.15 ลูเมนต่อตารางฟุต และมีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 3,855.97 โดยทิศทางการรับแสงธรรมชาติที่มีประสิทธิภาพน้อยที่สุดอยู่ที่มุม ALT 30° กับมุม HSA 40° และทิศทางการรับแสงธรรมชาติที่มีประสิทธิภาพมากที่สุดอยู่ที่มุม ALT 90° กับมุม HSA 0° - 90° (เป็นมุมที่มีค่าเดียวกัน) ตามรูปที่ 16



รูปที่ 16 ความสว่างจากมุม ALT และมุม HSA ของระบบท่อนำแสงแนวนอนรูปแบบที่ 4

2.6 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพ

ประสิทธิภาพของระบบท่อนำแสงแนวนอนแต่ละรูปแบบสามารถประเมินได้จากการเปรียบเทียบกับรูปแบบพื้นฐานในรูปแบบของเปอร์เซ็นต์ (%) โดยพิจารณาจากค่าความสว่างเฉลี่ยจากมุม ALT และมุม HSA ตามที่ศึกษา สามารถเปรียบเทียบประสิทธิภาพของแต่ละรูปแบบได้ตามรูปที่ 17



รูปที่ 17 ประสิทธิภาพของระบบท่อนำแสงแนวนอนแต่ละรูปแบบเมื่อเปรียบเทียบกับรูปแบบพื้นฐาน

ผลจากรูปที่ 17 ประสิทธิภาพของระบบท่อนำแสงแนวนอนเมื่อเปรียบเทียบกับรูปแบบพื้นฐาน พบว่า ประสิทธิภาพของระบบท่อนำแสงแนวนอนสามารถเรียงลำดับจากมากที่สุดไปน้อยที่สุดได้ดังนี้

1. ระบบท่อนำแสงแนวนอนรูปแบบที่ 3 มีประสิทธิภาพสูงกว่าระบบท่อนำแสงแนวนอนรูปแบบพื้นฐาน 3,076%

2. ระบบท่อนำแสงแนวนอนรูปแบบที่ 4 มีประสิทธิภาพสูงกว่าระบบท่อนำแสงแนวนอนรูปแบบพื้นฐาน 3,015%

3. ระบบท่อนำแสงแนวนอนรูปแบบที่ 1 มีประสิทธิภาพสูงกว่าระบบท่อนำแสงแนวนอนรูปแบบพื้นฐาน 575%

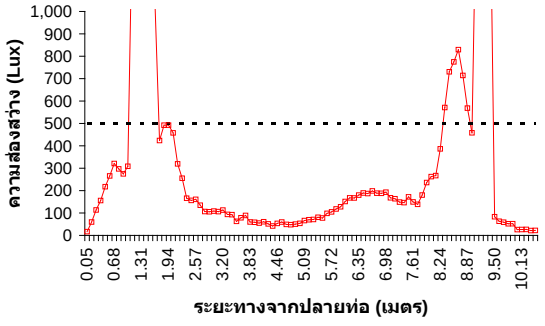
4. ระบบท่อนำแสงแนวนอนรูปแบบที่ 2 มีประสิทธิภาพสูงกว่าระบบท่อนำแสงแนวนอนรูปแบบพื้นฐาน 528%

สามารถประเมินได้ว่าส่วนรวมแสงที่สามารถปรับเปลี่ยนทิศทางของแสงธรรมชาติได้ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพได้ดีโดยไม่ต้องคำนึงถึงตัวแปรอื่นมากนัก

3. ปริมาณแสงสว่างบนระนาบพื้นที่ทำงาน

3.1 ระบบท่อนำแสงแนวนอนรูปแบบพื้นฐาน

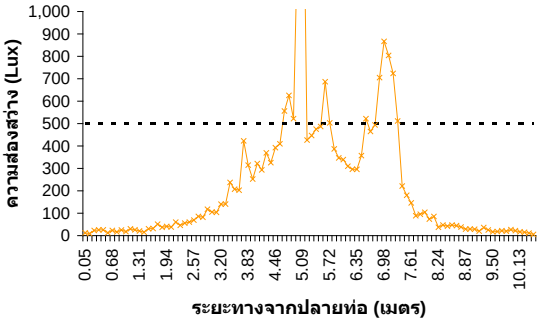
ทิศทางการรับแสงธรรมชาติที่มีประสิทธิภาพมากที่สุดของระบบท่อนำแสงแนวนอนรูปแบบพื้นฐานอยู่ที่มุม ALT 30° และมุม HSA 0° ให้ค่าความสว่างเฉลี่ย 2,013.75 ลูเมนต่อตารางฟุต ปริมาณและการกระจายแสงบนระนาบพื้นที่ทำงาน เมื่อพิจารณาตามข้อแนะนำของ TIEA พบว่า ลักษณะการกระจายแสงที่มีค่ามากกว่า 500 ลักซ์ แยกเป็นสองส่วน ส่วนแรกมีระยะห่างจากปลายท่อประมาณ 1.0 เมตร ขอบเขตความกว้างประมาณ 0.7 เมตร ส่วนที่สองมีระยะห่างจากปลายท่อประมาณ 8.3 เมตร ขอบเขตความกว้างประมาณ 1.2 เมตร ตามรูปที่ 19



รูปที่ 18 ความส่องสว่างตามแนวท่อของระบบท่อนำแสงแนวนอนรูปแบบพื้นฐานเมื่อเทียบกับ TIEA

3.2 ระบบท่อนำแสงแนวนอนรูปแบบที่ 1

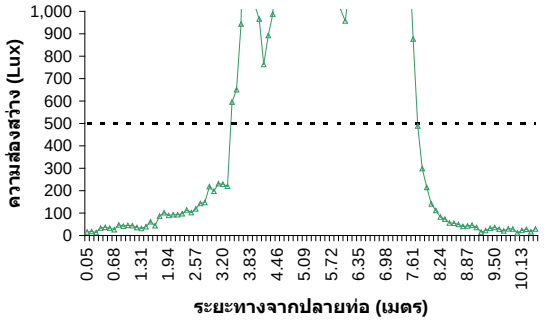
ทิศทางการรับแสงธรรมชาติที่มีประสิทธิภาพดีที่สุดของระบบท่อนำแสงแนวนอนรูปแบบที่ 1 อยู่ที่มุม ALT 50° และมุม HSA 0° มีค่าความสว่างเฉลี่ย 3,759.48 ลูเมนต่อตารางฟุต ปริมาณและการกระจายแสงบนระนาบพื้นที่ทำงาน เมื่อพิจารณาตามข้อแนะนำของ TIEA พบว่า ลักษณะการกระจายแสงที่มีค่ามากกว่า 500 ลักซ์ แยกเป็นสามส่วน ส่วนแรกมีระยะห่างจากปลายท่อประมาณ 4.6 เมตร ขอบเขตความกว้างประมาณ 0.5 เมตร ส่วนที่สองมีระยะห่างจากปลายท่อประมาณ 5.5 เมตร ขอบเขตความกว้างประมาณ 0.2 เมตร และส่วนที่สามมีระยะห่างจากปลายท่อประมาณ 6.7 เมตร ขอบเขตความกว้างประมาณ 0.6 เมตร ตามรูปที่ 21



รูปที่ 19 ความส่องสว่างตามแนวท่อของระบบท่อนำแสงแนวนอนรูปแบบที่ 1 เมื่อเทียบกับ TIEA

3.3 ระบบท่อนำแสงแนวนอนรูปแบบที่ 2

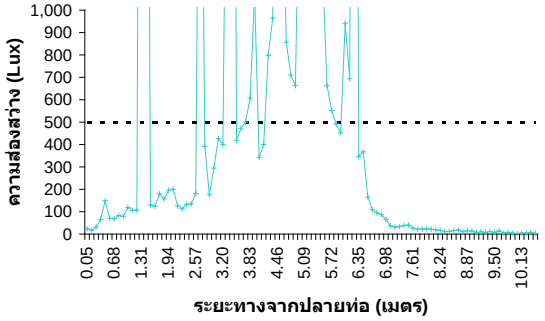
ทิศทางการรับแสงธรรมชาติที่มีประสิทธิภาพดีที่สุดของระบบท่อนำแสงแนวนอนรูปแบบที่ 2 อยู่ที่มุม ALT 50° และมุม HSA 0° มีค่าความสว่างเฉลี่ย 4,232.47 ลูเมนต่อตารางฟุต ปริมาณและการกระจายแสงบนระนาบพื้นที่ทำงาน เมื่อพิจารณาตามข้อแนะนำของ TIEA พบว่า ลักษณะการกระจายแสงที่มีค่ามากกว่า 500 ลักซ์ มีความสม่ำเสมอเกือบตลอดทั้งพื้นที่ โดยมีระยะห่างจากปลายท่อประมาณ 3.5 เมตร ขอบเขตความกว้างประมาณ 4.2 เมตร ตามรูปที่ 23



รูปที่ 20 ความส่องสว่างตามแนวท่อของระบบท่อนำแสงแนวนอนรูปแบบที่ 2 เมื่อเทียบกับ TIEA

3.4 ระบบท่อนำแสงแนวนอนรูปแบบที่ 3

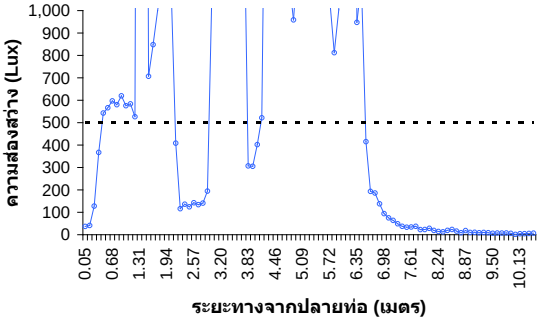
ทิศทางการรับแสงธรรมชาติที่มีประสิทธิภาพดีที่สุดของระบบท่อนำแสงแนวนอนรูปแบบที่ 3 อยู่ที่มุม ALT 90° และมุม HSA ใดๆ มีค่าความสว่างเฉลี่ย 8,031.43 ลูเมนต่อตารางฟุต ปริมาณและการกระจายแสงบนระนาบพื้นที่ทำงาน เมื่อพิจารณาตามข้อแนะนำของ TIEA พบว่า ลักษณะการกระจายแสงที่มีค่ามากกว่า 500 ลักซ์ ไม่มีความสม่ำเสมอตลอดทั่วทั่วพื้นที่ บริเวณที่มีขอบเขตกว้างที่สุดมีระยะห่างจากปลายท่อประมาณ 4.1 เมตร ขอบเขตความกว้างประมาณ 1.7 เมตร โดยมีขอบเขตของส่วนย่อยประมาณ 0.1 - 0.2 เมตร กระจายทั่วพื้นที่ ตามรูปที่ 25



รูปที่ 21 ความส่องสว่างตามแนวท่อของระบบท่อนำแสงแนวนอนรูปแบบที่ 3 เมื่อเทียบกับ TIEA

3.5 ระบบท่อนำแสงแนวนอนรูปแบบที่ 4

ทิศทางการรับแสงธรรมชาติที่มีประสิทธิภาพดีที่สุดของระบบท่อนำแสงแนวนอนรูปแบบที่ 4 อยู่ที่มุม ALT 90° และมุม HSA ใดๆ มีค่าความสว่างเฉลี่ย 8,008.08 ลูเมนต่อตารางฟุต ปริมาณและการกระจายแสงบนระนาบพื้นที่ทำงาน เมื่อพิจารณาตามข้อแนะนำของ TIEA พบว่า ลักษณะการกระจายแสงที่มีค่ามากกว่า 500 ลักซ์ แยกเป็นสามส่วน ส่วนแรกมีระยะห่างจากปลายท่อประมาณ 0.5 เมตร ขอบเขตความกว้างประมาณ 1.6 เมตร ส่วนที่สองมีระยะห่างจากปลายท่อประมาณ 2.9 เมตร ขอบเขตความกว้างประมาณ 0.9 เมตร และส่วนที่สามมีระยะห่างจากปลายท่อประมาณ 4.1 เมตร ขอบเขตความกว้างประมาณ 2.5 เมตร ตามรูปที่ 27



รูปที่ 22 ความส่องสว่างตามแนวท่อของระบบท่อนำแสงแนวนอนรูปแบบที่ 4 เมื่อเทียบกับ TIEA

3.6 การเปรียบเทียบแสงสว่าง

การเปรียบเทียบปริมาณแสงสว่างบนระนาบพื้นที่ทำงานเมื่อพิจารณาจากค่าความส่องสว่างของระบบท่อนำแสงแนวนอนแต่ละรูปแบบสามารถเรียงลำดับจากรูปแบบที่ให้ค่าความส่องสว่างบนระนาบพื้นที่ทำงานมากที่สุดไปน้อยที่สุดได้ดังนี้

1. ระบบท่อนำแสงแนวนอนรูปแบบที่ 4
2. ระบบท่อนำแสงแนวนอนรูปแบบที่ 3
3. ระบบท่อนำแสงแนวนอนรูปแบบที่ 2
4. ระบบท่อนำแสงแนวนอนรูปแบบพื้นฐาน
5. ระบบท่อนำแสงแนวนอนรูปแบบที่ 1

การพิจารณาค่าความส่องสว่างเพียงอย่างเดียวอาจไม่สามารถนำผลไปใช้จริงได้ ดังนั้น จึงต้องพิจารณาควบคู่ไปกับลักษณะการกระจายแสงของระบบท่อนำแสงแนวนอนแต่ละรูปแบบด้วย ซึ่งรูปแบบที่สามารถนำไปใช้งานได้ทันทีและมีความเหมาะสมและ

ผ่านตามข้อแนะนำของ TIEA คือรูปแบบ 2 ถึงแม้จะมีค่าความส่องสว่างปานกลาง แต่มีความส่องสว่างที่เพียงพอสำหรับการใช้งาน และมีขอบเขตพื้นที่การกระจายแสงที่กว้างและสม่ำเสมอ ระบบท่อนำแสงแนวนอนรูปแบบที่ 2 จึงดีที่สุด ในขณะที่รูปแบบอื่นมีการกระจายแสงที่ไม่สม่ำเสมอการนำไปใช้งานทันทีจึงอาจไม่มีความเหมาะสม แต่หากปรับปรุงคุณภาพแสงก่อน เช่น การเสริมแผ่นกรองแสง เพื่อทำให้การกระจายแสงสม่ำเสมอมากขึ้น รูปแบบที่มีค่าความส่องสว่างมากที่สุดอาจเป็นรูปแบบที่ดีที่สุดได้

สรุปผลการวิจัย

การศึกษาและวิเคราะห์ระบบท่อนำแสงแนวนอนตามที่ออกแบบ สามารถสรุปผลได้ดังนี้

1. <u>ทิศทางการรับแสงธรรมชาติ</u>

การรับแสงธรรมชาติที่มีประสิทธิภาพต่อระบบท่อนำแสงแนวนอนต้องคำนึงถึงทิศทางของแสงธรรมชาติที่จะเข้ามาภายในระบบท่อนำแสงแนวนอน ซึ่งประสิทธิภาพของระบบท่อนำแสงแนวนอนจะแปรผกผันตามขนาดของมุมแสงธรรมชาติที่กระทำต่อท่อในส่วนนำพาแสง กล่าวคือ ยิ่งมุมมีขนาดเล็ก เช่น 0° หรือขนานกับท่อในส่วนนำพาแสง ประสิทธิภาพในการนำพาแสงเข้าสู่ภายในอาคารจะมีค่ามากที่สุด เนื่องจากสามารถลดการสูญเสียแสงสว่างจากการสะท้อนและดูดกลืนภายในส่วนนำพาแสงได้

จากการศึกษาขนาดของมุม ALT และมุม HSA พบว่า มุมที่มีขนาดเล็กสามารถเพิ่มประสิทธิภาพแก่ระบบท่อนำแสงแนวนอนที่ไม่มีส่วนรวมแสงได้ แต่เมื่อระบบท่อนำแสงแนวนอนมีส่วนรวมแสงขนาดของมุม ALT และมุม HSA จึงไม่ใช่ตัวแปรหลัก เพราะส่วนรวมแสงสามารถปรับเปลี่ยนขนาดของมุมก่อนเข้าสู่ระบบได้

2. <u>รูปแบบระบบท่อนำแสงแนวนอน</u>

2.1 ส่วนรวมแสง

ลักษณะของส่วนรวมแสงที่ส่งเสริมระบบท่อนำแสงแนวนอนต้องสามารถปรับมุมแนวดิ่งและมุมแนวราบของแสงธรรมชาติในช่วงเวลาที่ต้องการให้เข้ามาภายในส่วนนำพาแสงโดยขนานกับท่อในระบบนำพาแสงมากที่สุด

จากการศึกษาลักษณะของส่วนรวมแสงแบบแผ่นเรียบแบนที่สามารถปรับมุมตามดวงอาทิตย์ได้เป็นตัวแปรที่ส่งผลต่อประสิทธิภาพของระบบท่อนำแสงแนวนอนมากที่สุด เนื่องจากทำหน้าที่เป็นตัวปรับทิศทางของแสงธรรมชาติก่อนที่จะผ่านเข้าระบบท่อนำแสงแนวนอนให้ขนานกับส่วนนำพาแสง ส่งผลให้แสงธรรมชาติลดการสูญเสียความสว่างจากการสะท้อนและดูดกลืนผ่านส่วนนำพาแสง ในขณะที่ลักษณะของส่วนรวมแสงแบบแผ่นเรียบโค้งที่ไม่สามารถปรับมุมตามดวงอาทิตย์ได้ ไม่สามารถควบคุมทิศทางของแสงธรรมชาติได้ ทำให้ทิศทางของแสงธรรมชาติก่อนที่จะผ่านเข้าระบบท่อนำแสงแนวนอนไม่มีความคงที่ ส่งผลให้เกิดการสูญเสียแสงสว่างอย่างมหาศาลจากการสะท้อนและดูดกลืนผ่านส่วนนำพาแสง

2.2 ส่วนนำพาแสงส่วนท่อ

การนำพาแสงธรรมชาติของส่วนนำพาแสงส่วนท่อลักษณะหน้าตัดวงกลมสามารถนำพาแสงได้ดีกว่าลักษณะหน้าตัดสี่เหลี่ยมจัตุรัส

จากการศึกษาหากส่วนรวมแสงของระบบท่อนำแสงแนวนอนเป็นแผ่นเรียบโค้งจะส่งผลให้จำนวนการสะท้อนภายในท่อนำพาแสงหน้าตัดวงกลมน้อยกว่าท่อนำพาแสงหน้าตัดสี่เหลี่ยมจัตุรัส (มุมตกกระทบของท่อนำพาแสงหน้าตัดวงกลมมีขนาดใหญ่กว่าท่อนำพาแสงหน้าตัดสี่เหลี่ยมจัตุรัส) ทำให้ท่อนำพาแสงหน้าตัดวงกลมมีการสูญเสียแสงน้อยกว่า แต่หากส่วนรวมแสงของระบบท่อนำแสงแนวนอนเป็นแผ่นเรียบแบนที่สามารถปรับมุมตามดวงอาทิตย์ได้ ความสามารถในการนำพาแสงของท่อนำพาแสงหน้าตัดวงกลมจะดีกว่าท่อนำพาแสงหน้าตัดสี่เหลี่ยมจัตุรัสเพียงเล็กน้อย ซึ่งความแตกต่างมีน้อยมากแทบไม่ส่งผลกระทบต่อประสิทธิภาพของระบบท่อนำแสงแนวนอน

3. การนำไปประยุกต์ใช้งานจริง

จากการศึกษาระบบท่อนำแสงแนวนอนรูปแบบที่ 3 มีประสิทธิภาพในการนำพาแสงดีที่สุด แต่สำหรับการใช้งานจริงภายใต้ข้อแนะนำของ TIEA ระบบท่อนำแสงแนวนอนรูปแบบที่ 2 มีความเหมาะสมมากที่สุด

การใช้ส่วนรวมแสงแบบที่มีระบบติดตามดวงอาทิตย์จะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพของระบบท่อนำแสงแนวนอนได้เป็นอย่างมาก เพราะสามารถนำแสงแดดมาใช้ได้ตลอดช่วงกลางวัน แต่จะเพิ่มภาระต้นทุนและค่าใช้จ่ายที่เกี่ยวข้องตามไปด้วย ดังนั้น การเลือกใช้ส่วนรวมแสงแบบไม่สามารถปรับมุมตามดวงอาทิตย์เฉพาะช่วงเวลาที่ใช้งานอาจเป็นทางเลือกที่ประหยัดกว่า

ลักษณะของส่วนนำพาแสงที่ใช้ร่วมกับส่วนรวมแสงที่มีระบบติดตามดวงอาทิตย์ที่แตกต่างกันไม่ส่งผลต่อประสิทธิภาพของระบบท่อนำแสงแนวนอน แต่ขนาดหน้าตัดที่ใหญ่กว่าจะสามารถนำพาแสงได้ในปริมาณที่มากกว่า หากใช้ร่วมกับส่วนรวมแสงแบบไม่สามารถปรับมุมตามดวงอาทิตย์การใช้ส่วนนำพาแสงที่เป็นท่อหน้าตัดวงกลมจะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพแก่ระบบท่อนำแสงนอนได้มากกว่าท่อหน้าตัดสี่เหลี่ยม

ข้อเสนอแนะ

งานวิจัยนี้มีข้อจำกัดในการศึกษาทำให้ขาดความสมบูรณ์ในบางส่วน ดังนั้น จำเป็นต้องศึกษาระบบท่อนำแสงแนวนอนในส่วนกระจายแสง รวมถึงสภาพท้องฟ้ามีเมฆปกคลุมบางส่วน (Partly Cloudy Sky) กับสภาพท้องฟ้าปิด (Overcast Sky) และอิทธิพลจากความร้อนและปัจจัยด้านเศรษฐศาสตร์

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ประสบความสำเร็จได้ด้วยการสนับสนุนทุนในการวิจัยจากสถาบันวิจัยพลังงาน จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย และความช่วยเหลือของ Mr. Mark Jongewaard จาก LTI Optics, LLC ที่อนุเคราะห์ License Keys สำหรับโปรแกรม Photopia 3.0

เอกสารอ้างอิง

[1] ธนิต จินดาวนิค. 2546. การประหยัดพลังงานในอาคาร. Energy Today 3 (มีนาคม 2546): 3.

[2] พิบูลย์ ดิษฐอุดม. 2521. การออกแบบระบบแสงสว่าง. กรุงเทพฯ: ซีเอ็ดยูเคชั่น.

[3] G. Oakley, S. B. Riffat and L. Shao. 2000. Daylight Performance of Lightpipes. Solar Energy 69 (2000): 89-98.

[4] รัฐพล รุญเจริญ. 2542. การนำแสงธรรมชาติเข้าสู่อาคารโดยใช้ระบบท่อนำแสง. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต สาขาเทคโนโลยีอาคาร ภาควิชาสถาปัตยกรรมศาสตร์ คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

[5] X. Zhang, T. Muneer and J. Kubie. 2000. A design guide for performance assessment of solar light-pipes. Lighting Res. Technol. 34 (2002): 149-169.

[6] นศมา เพี้ยนภักตร์. 2553. รูปแบบและขนาดช่องเปิดของช่องแสงที่หลังคาเพื่อการนำแสงธรรมชาติมาใช้ในอาคารประเภทซุปเปอร์สโตร์. วารสารวิจัยพลังงาน ปีที่ 7 ฉบับที่ 1 (2553): 44-54.

[7] M. Kocifaj. 2009. Analytical solution for daylight transmission via hollow light pipes with a transparent glazing. Solar Energy 83 (2009): 186-192.

[8] บรรณสิทธิ์ จิตตะยโศธร. 2550. การนำแสงธรรมชาติเข้าสู่อาคารโดยใช้ระบบท่อนำแสงทางด้านข้างของอาคาร. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต สาขาสถาปัตยกรรม ภาควิชาสถาปัตยกรรมศาสตร์ คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร.

[9] L.O. Beltran, E.S. Lee and S.E. Selkowitz. 1996. Advanced optical daylighting sytems: Light Shelves and Light Pipes, 1996 IESNA Annual Conference, pp. 1-30. California.

[10] R. Canziani, F. Peron and G. Rossi. 2004. Daylight and energy performances of a new type of light pipe. Energy and Buildings 36 (2004): 1163-1176.

[11] C.M. Kwok and T.M. Chung. 2008. Computer simulation study of a horizontal light pipe integrated with laser cut panels in a dense urban environment. Lighting Res. Technol. 40 (2008): 287-305.

[12] S. Chirarattananon, S. Chedsiri and L. Renshen. 2000. Daylighting through light pipes in the tropics. Solar Energy 69 (2000): 331-341.

[13] กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงานร่วมกับภาควิชาฟิสิกส์คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร. 2547. แผนที่และฐานข้อมูลศักยภาพแสงสว่างธรรมชาติจากภาพถ่ายดาวเทียมสำหรับประเทศไทย. กรุงเทพฯ: จิรังรัชต์.

[14] M. S. Rea. 2000. The IESNA Lighting Handbook Reference & Application (Ninth Edition). Printed in the United States of America.

[15] S. V. Szokolay. 2004. Induction to Architectural Science the Basis of Sustainable Design. Printed in Great Britain.

[16] สมาคมไฟฟ้าแสงสว่างแห่งประเทศไทย. 2546. TIEA-GD003 ข้อแนะนำระดับความส่องสว่างภายในอาคารของประเทศไทย. กรุงเทพฯ: สมาคมไฟฟ้าแสงสว่างแห่งประเทศไทย.