การพัฒนารูปแบบหิ้งแสงโค้งเพื่อการใช้แสงธรรมชาติสำหรับห้องเรียนใน โรงเรียนอนุบาล

ราตรี แก่นจันทร์
นักศึกษาหลักสูตรสถาปัตยกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชานวัตกรรมอาคาร
คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
Email: bbo_ut73@hotmail.com

นวลวรรณ ทวยเจริญ
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ประจำคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
Email: nuanwan@gmail.com

ศิรเดช สุริต
อาจารย์ประจำคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
Email: siradech@gmail.com

บทคัดย่อภาษาไทย:

โรงเรียนอนุบาลเป็นอาคารที่มีวัตถุประสงค์เพื่อที่จะให้กับเด็กนักเรียนจำนวนมากในพื้นที่ชุมชนและจังหวัดเข้ามาเรียนหนังสือหรือทำกิจกรรมต่างๆ ซึ่งเป็นอาคารที่มีการใช้งานค่อนข้างมากคือตั้งแต่เวลา 08.30-16.00 น.จึงทำให้โรงเรียนอนุบาลมีความจำเป็นอย่างมากในเรื่องความต้องการปริมาณแสงสว่างค่อนข้างมากของเด็กซึ่งยังมีผลทำให้เกิดการใช้พลังงานในส่วนไฟฟ้าแสงสว่างอย่างมากเช่นกัน โดยส่วนใหญ่โรงเรียนอนุบาลเป็นวัสดุประเภทคอนกรีตและกระจกซึ่งมิได้มีการคำนึงถึงอิทธิพลของแสงแดดที่เข้าไปในอาคารซึ่งมีผลไม่เพียงแต่การเพิ่มปริมาณความร้อนให้กับอาคารดังกล่าว แต่ยังก่อให้เกิดแสงสว่างที่ไม่เหมาะสมทั้งในแง่ของปริมาณและความสม่ำเสมอของแสงในพื้นที่ภายในห้องเรียนของโรงเรียนอนุบาลการศึกษาครั้งนี้ได้ทำการศึกษาอิทธิพลหิ้งแสงโค้งต่อการนำแสงธรรมชาติเข้ามาในห้องเรียนของโรงเรียนอนุบาลโดยทำการจำลองห้องเรียนโรงเรียนอนุบาลศิริเบญลัย จังหวัดสมุทรปราการโดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ โปรแกรม DIALux 4.10 และการสำรวจโดยแบบสอบถามถามนักเรียนอนุบาลจำนวน 40 คน ผลการศึกษาในครั้งนี้พบว่ารูปแบบหิ้งแสงที่นำมาทดสอบนั้นสามารถที่จะให้ค่าความส่องสว่างที่เกินมาตรฐานการส่องสว่างสำหรับห้องเรียนได้ทุกรูปแบบ ดังนั้นการศึกษาจึงได้ใช้ความพึงพอใจของนักเรียนเป็นเกณฑ์ในการสรุปรูปแบบหิ้งแสงที่เหมาะสมที่สุด ผลการศึกษาสรุปได้ว่ารูปแบบหิ้งแสงโค้งที่ก่อให้เกิดความพึงพอใจที่สุดที่จะนำมาใช้กับห้องเรียนของโรงเรียนอนุบาลคือหิ้งแสงโค้งภายนอกมุมลง 30° ภายในมุมขึ้น 45°

คำสำคัญ: โรงเรียนอนุบาล, หิ้งแสง, แสงธรรมชาติ

Abstract:

Kindergarten is a place where many students use to both study and play and seem to havethe large amount of electricity consumption, especially from 8:30 am up to 3:00 pm. Moreover, the environment of kindergarten should be suitable for visibility and can promote learning activities for children. Many researches shown that appropriate illumination can promote better learning for children.From gathering the initial data, it was found that material used for kindergarten was mostly concrete and glazing, with regardless to sunlight protection. This situation brings not only unwanted heat transferred into the building, but also can create inappropriate lighting condition, both in terms of quantity and preference of the space. This study investigates the effect of the curved light shelf on daylighting performance in kindergarten using Siribenlaikindergarten as a case study. A computer program DAILux 4.10 was used to simulate the building. The results indicated that all tested options can achenived recommeneded lighting values for classroom, so this study used preference scores as criteria to justify the best option. The study conclude that the curved light shelf with 30° curved-down exterior member and 45° curved-up interior member is the best solution for classroom in Kindergarten.

Keyword: Illuminance, Visual Performance, Color Quality, Spectrum Power Distribution

1. บทนำ

จากความก้าวหน้าทางเทคโนโลยี ทำให้ห้องเรียนในปัจจุบันไม่สามารถสนองความต้องการต่อการใช้งานด้านสื่อการเรียนแบบใหม่สำหรับเด็กอย่างเต็มที่ได้โดยเฉพาะเรื่องคุณภาพและปริมาณแสงสว่างภายในห้องเรียนสำหรับเด็กเล็ก ในชีวิตประจำวันของมนุษย์ทั่วไปทุกเพศทุกวัยต้องการปริมาณแสงสว่างที่มากพอต่อการทำกิจกรรมต่างๆ ฉะนั้นสิ่งที่สำคัญต่อการออกแบบแผงบังแดดสำหรับเด็กอนุบาลจึงควรตระหนักถึงปัจจัยที่มีผลกระทบต่อเด็กเวลาเรียนหนังสือในชั้นเรียนหรือทำกิจกรรมต่างๆของเด็กประกอบไปด้วยอาทิ กิจกรรมเสริมประสบการณ์ การเล่านิทาน และตัวต่อ หนังสือนิทาน กิจกรรมบทบาทสมมุติ กิจกรรมเสรี มุมภายในห้องเป็นมุมบทบาทสมมุติ เช่น เกี่ยวกับรูปภาพต่างๆภายในห้อง นอกจากนี้ยังมีกิจกรรมการเคลื่อนไหวเด็ก การร้อง และการเต้น รวมไปถึงกิจกรรมสร้างสรรค์ วาดรูป และการต่อภาพการช่วยให้เกิดความสบายตาของเด็กโรงเรียนอนุบาลในการทำกิจกรรมต่างๆภายในชั้นเรียน การนำแสงธรรมชาติมาใช้ให้เหมาะสมในอาคารนั้นจะสามารถก่อให้เกิดความส่องสว่างเข้ามาในอาคารได้ลึกขึ้นและมีความสม่ำเสมอของแสงมากขึ้นและยังก่อให้เกิดความสบายตา ซึ่งสภาพแสงสว่างดังกล่าวจะกระตุ้นให้เด็กมีสภาพแวดล้อมที่เหมาะสมต่อการมองเห็นที่ดี เกิดความสบายตาซึ่งจะก่อให้เกิดประสิทธิภาพในการเรียนและความจำได้มากขึ้น (ฉันทมน โพธิพิทักษ์, 2546) หิ้งแสง (Lightshelf) เป็นเทคนิคการนำแสงธรรมชาติเข้ามาในอาคารอย่างหนึ่งที่สามารถทั้งกันแสงแดดโดยตรงเข้ามาในอาคาร และก่อให้เกิดความสม่ำเสมอของแสงที่มากขึ้น ซึ่งการศึกษาหิ้งแสงนั้นได้มีการทำการศึกษาในเรื่องของคุณลักษณะต่างๆ มาหลายๆ การศึกษา (สุฑาลักษณ์ ตันติวงศ์, 2557) อย่างไรก็ตามยังไม่มีการศึกษาหิ้งแสงที่มีลักษณะแบบโค้งว่าสามารถส่งผลอย่างไรกับสภาพการส่องสว่างในห้องเรียนของโรงเรียนอนุบาล

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์หลักคือ เพื่อศึกษาอิทธิพลของรูปแบบของหิ้งแสงแบบโค้งต่อสภาพการส่องสว่างในห้องเรียนของโรงเรียนอนุบาล โดยการศึกษาครั้งนี้ได้เลือกอาคารกรณีศึกษาอาคารเรียนโรงเรียนอนุบาลศิริเบญลัย จังหวัดสมุทรปราการซึ่งระดับอายุอยู่ระหว่าง 3-5 ปีซึ่งเป็นระดับอนุบาล 1 – อนุบาล 3–ระดับประถมศึกษา ป.1-ป.2 ซึ่งอาคารดังกล่าวในปัจจุบันค้นพบว่า มีปัญหาในเรื่องความส่องสว่างที่มืดเกินไปสำหรับเด็กเวลาเรียนหนังสือ หรือทำกิจกรรมดังกล่าว และ การนำแสงประดิษฐ์มาใช้จะทำให้ค่าไฟฟ้าของอาคารดังกล่าวสูงมาก และนอกจากนี้การศึกษาครั้งนี้หวังเป็นอย่างยิ่งว่าการศึกษารูปแบบของหิ้งแสงแบบโค้งนั้นจะสามารถช่วยให้เด็กอนุบาลในโรงเรียนมีแสงสว่างธรรมชาติจากภายนอกสู่ภายในอาคารที่เพียงพอต่อความต้องการในการเรียน และทำกิจกรรมอย่างมีประสิทธิภาพได้ดีขึ้น

2. วัตถุประสงค์

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์หลักคือเพื่อศึกษาอิทธิพลของรูปแบบของหิ้งแสงแบบโค้งต่อสภาพการส่องสว่างในห้องเรียนของโรงเรียนอนุบาล โดยประกอบด้วยวัตถุประสงค์ย่อยดังต่อไปนี้

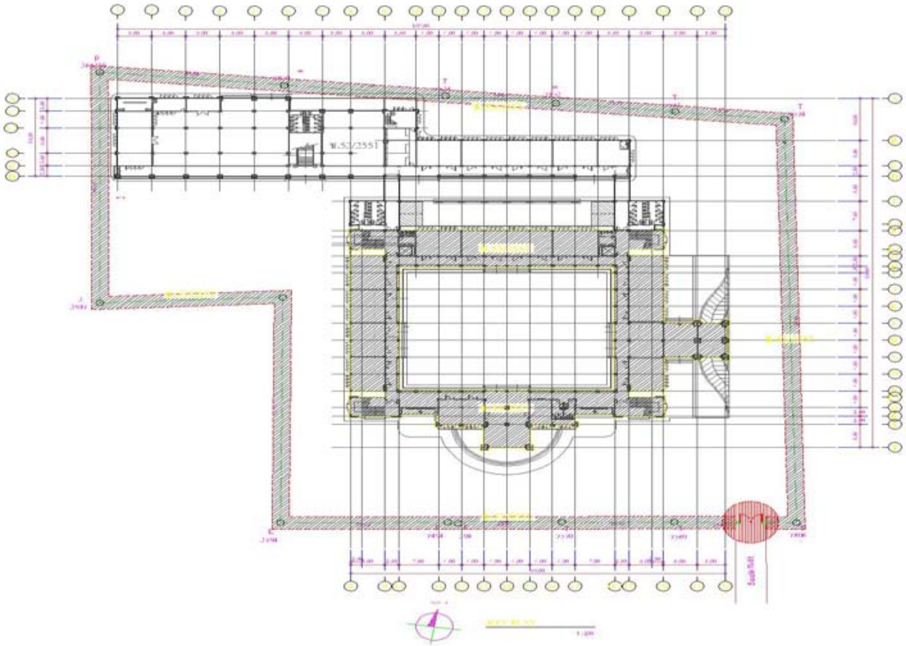
1. เพื่อเปรียบเทียบค่าความส่องสว่าง (Illuminance) จากแสงธรรมชาติที่เข้ามาในอาคารโรงเรียนอนุบาลจากรูปแบบของหิ้งแสงโค้งที่แตกต่างกัน
2. เพื่อศึกษาประเมินความพึงพอใจต่อสภาพแสงที่เกิดขึ้นจากหิ้งแสงโค้งจากเด็กในชั้นเรียนโรงเรียนอนุบาล

3. ระเบียบวิธีวิจัย

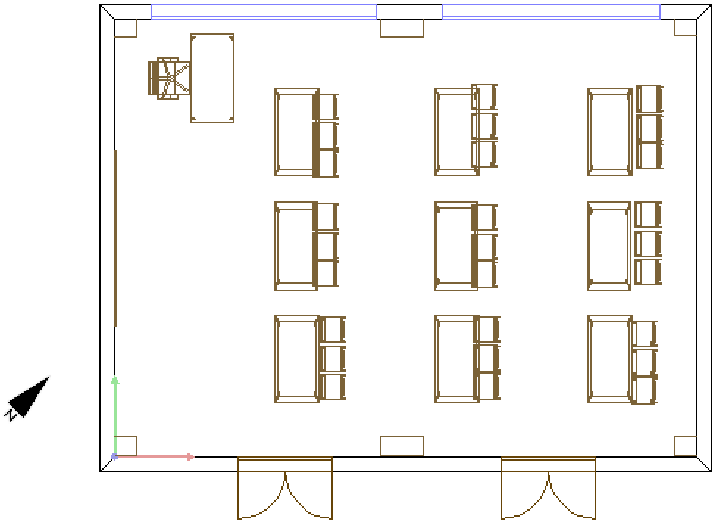
3.1 รายละเอียดกรณีศึกษา

อาคารโรงเรียนอนุบาลสิริเบญลัย ตำบลสำโรงใต้ ถนนปู่เจ้าสมิงพรายนั้นมีขนาดพื้นที่ของอาคารทั้งหมด 23,000 ตารางเมตร โดยห้องเรียนที่เลือกในการศึกษาเป็นห้องที่อยู่ฝั่งทางด้านทิศเหนือของอาคารเนื่องจากในปัจจุบันเป็นห้องที่มีการใช้งานสูงที่สุด โดยห้องดังกล่าวมีขนาดกว้าง 6.00 เมตร และยาว 8.00 เมตร และมีฝ้าเพดานสูง 2.80 เมตร โดยมีหน้าต่างหันไปทางทิศเหนือโดยเป็นกระจกตัดแสงสีเขียว ที่มีค่าสัมประสิทธิ์การส่งผ่านแสงของกระจก 0.74 โดยผังพื้นของอาคารโรงเรียนและห้องที่ใช้ในการศึกษาได้แสดงดังรูปภาพด้านล่าง

ภาพที่ 1: ภาพรวมของโรงเรียนอนุบาลสิริเบญลัย



ภาพที่ 2: ผังพื้นของอาคารโรงเรียนอนุบาลสิริเบญญลัย



ภาพที่ 3: ผังพื้นของห้องเรียนที่ใช้ในการศึกษา

3.2 ตัวแปรในการศึกษา

3.2.1 ตัวแปรต้น

ตัวแปรต้นในการศึกษาครั้งนี้รูปแบบหิ้งแสงแบบโค้ง โดยประกอบด้วย

1) รูปแบบหิ้งแสงด้านนอก 3 รูปแบบ ซึ่งได้แก่ มุมขึ้น 30° มุมขึ้น 45°และมุมลง 30 °

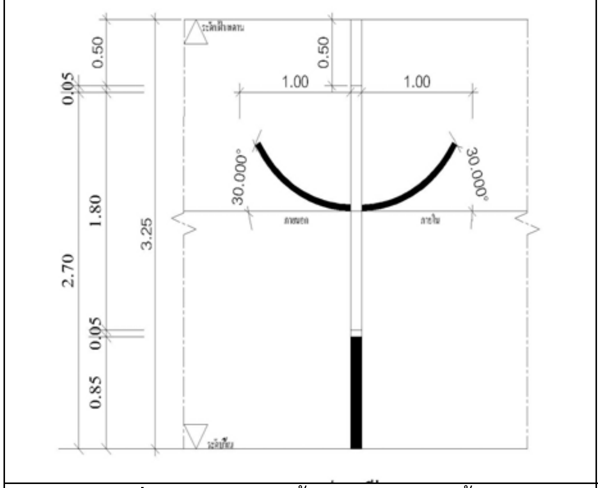
2) รูปแบบหิ้งแสงด้านใน 3 รูปแบบ ซึ่งได้แก่ มุมขึ้น 30° มุมขึ้น 45° และมุมลง 30°

3.2.2 ตัวแปรตาม

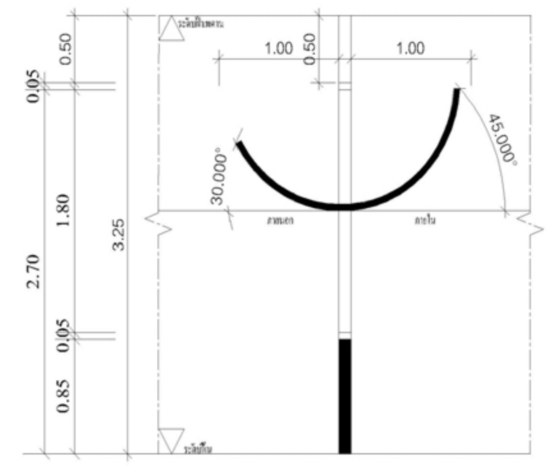
1) ค่าการส่องสว่างภายในอาคาร (Illuminance)

2) ความพึงพอใจในการมองเห็นของเด็กอนุบาล (Visual preference)

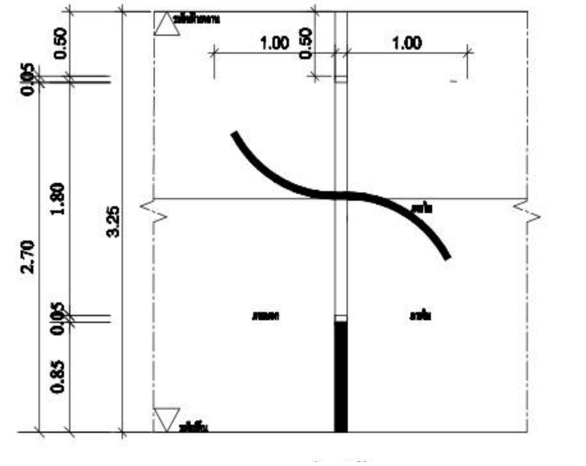
หิ้งแสงทั้งหมดถูกติดตั้งที่ระยะความสูง 1.90 เมตรจากพื้น รูปแบบหิ้งแสงที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้รวมทั้งหมด 9 รูปแบบ โดยแสดงในตารางที่ 1



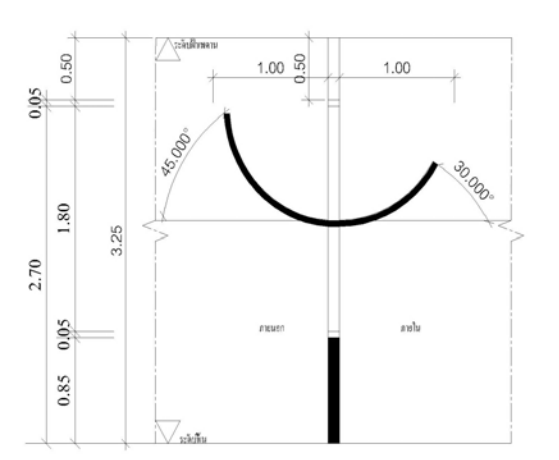
รูปแบบที่ 1 ภายนอกมุมขึ้น 30° ภายในมุมขึ้น 30°



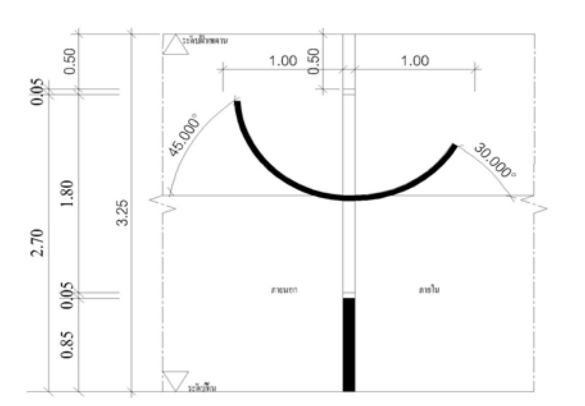
รูปแบบที่ 2 ภายนอกมุมขึ้น 30° ภายในมุมขึ้น 45°



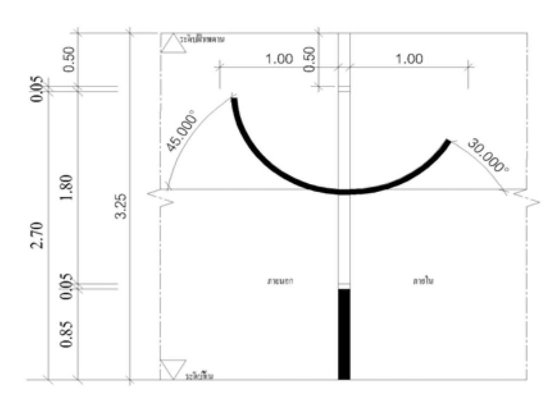
รูปแบบที่ 3 ภายนอกมุมขึ้น 30°ภายในมุมลง 30°



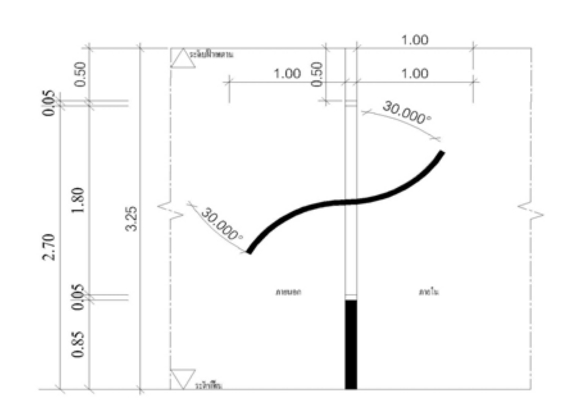
รูปแบบที่ 4 ภายนอกมุมขึ้น 45 ภายในมุมขึ้น 30°



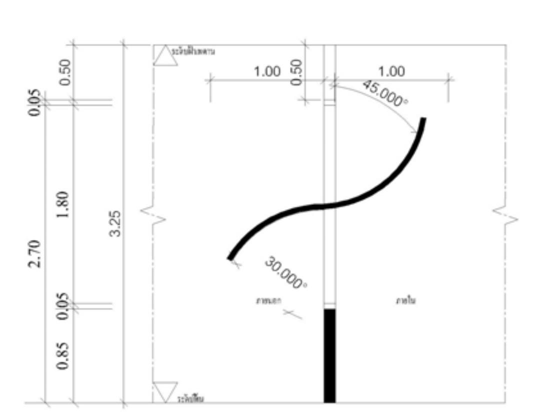
รูปแบบที่ 5 ภายนอกมุมขึ้น 45°ภายในมุมขึ้น 45°



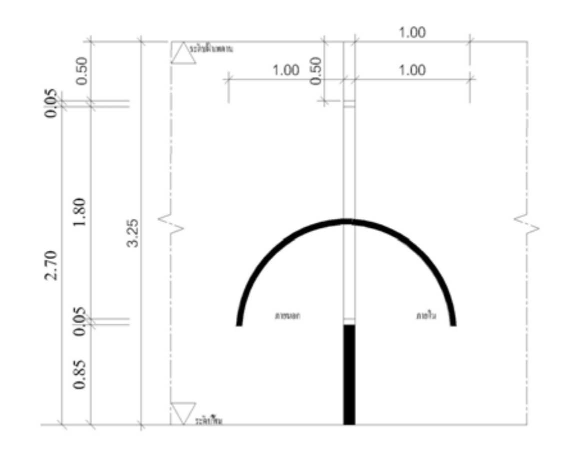
รูปแบบที่ 6 ภายนอกมุมขึ้น 45ภายในมุมลง 30°



รูปแบบที่ 7 ภายนอกมุมลง 30° ภายในมุมขึ้น 30°



รูปแบบที่ 8 ภายนอกมุมลง 30° ภายในมุมขึ้น 45°



รูปแบบที่ 9 ภายนอกมุมลง 30ภายในมุมลง 30°

ตารางที่ 1: รูปแบบหิ้งแสงที่ใช้ในการศึกษา

3.3 ขั้นตอนในการศึกษา

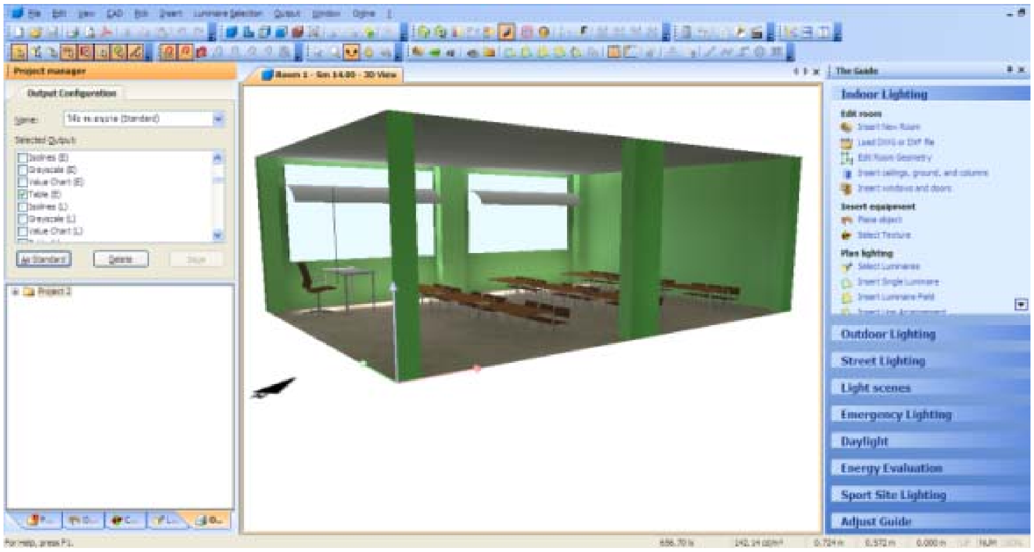
การศึกษาแบ่งออกเป็น 3 ขั้นตอน ได้แก่

ขั้นที่ 1: การทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

- ศึกษาทฤษฎีพื้นฐานที่เกี่ยวกับแสงและการส่องสว่าง การใช้แสงธรรมชาติในอาคารอนุบาล มาตรฐานแสงสว่างในอาคารโรงเรียนอนุบาล
- ศึกษาและเก็บข้อมูลลักษณะของอาคารโรงเรียนอนุบาลที่มีอยู่ในปัจจุบันในแง่รูปแบบสถาปัตยกรรม รูปแบบการใช้แสงธรรมชาติและรูปแบบการใช้แสงประดิษฐ์

ขั้นที่ 2: การศึกษารูปแบบหิ้งแสงโค้งที่เหมาะสมที่สุดต่ออาคารโรงเรียนอนุบาล

การศึกษาในส่วนนี้ได้ทำการจำลองค่าความส่องสว่างจากรูปแบบหิ้งแสงที่แตกต่างกันโดยใช้โปรแกรม DIALux 4.10โดยค่าความส่องสว่างที่วัดในห้องนั้นจะวัดทุกๆ ระยะ 2 เมตร และสูงจากพื้น 0.75 เมตร ซึ่งมีการจำลองในเวลา 8.00น., 10.00น., 12.00น., 14.00น.และ 16.00น.ของวันที่ 21 มีนาคม 2558 (Summer equinox) 21 มิถุนายน 2558 (Summer solstice) และวันที่ 21 ธันวาคม 2558 (Winter solstice) และนำมาหาค่าเฉลี่ยทั้งปี หลังจากนั้นนำรูปแบบทั้ง 9 รูปแบบไปสำรวจความพึงพอใจโดยนำรูปสภาพห้องเรียนสามมิติที่ได้จากการจำลองสอบถามกับนักเรียนอนุบาลจำนวน 40 คน

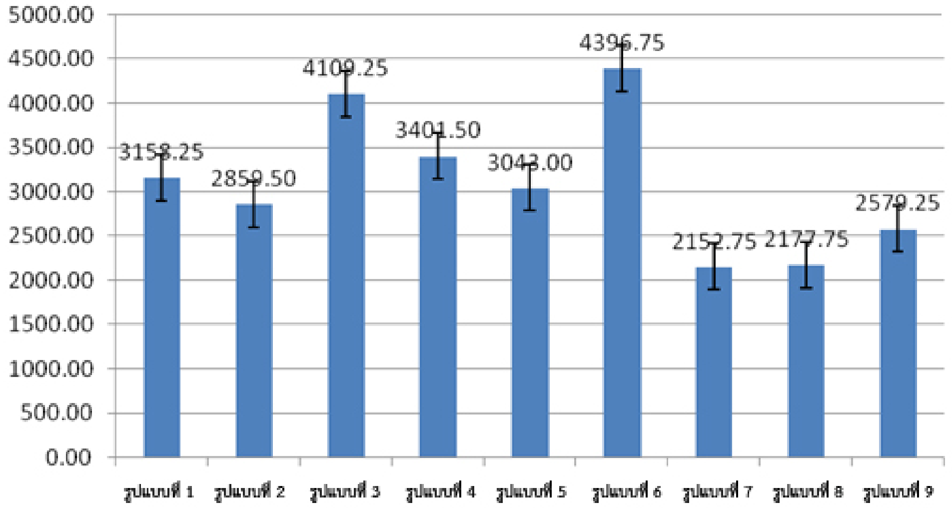


ภาพที่ 4: ตัวอย่างการจำลองห้องเรียนจากการใช้โปรแกรม DIALux4.10

ขั้นที่ 3 : หาข้อสรุปรูปแบบที่เหมาะสมของหิ้งแสงโค้งทั้งในแง่ของปริมาณแสงธรรมชาตและความพึงพอใจของเด็กอนุบาล

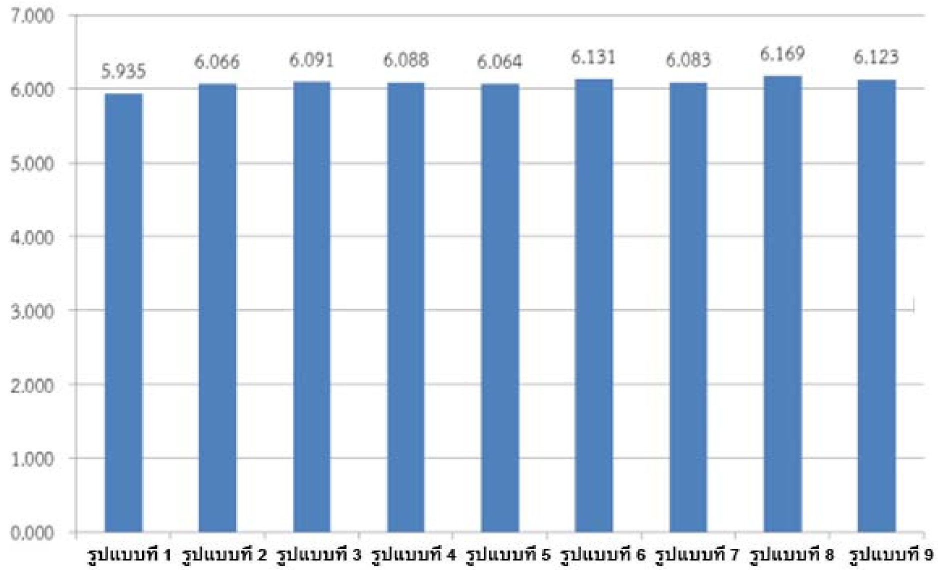
ในขั้นที่ 3 จะเป็นการสรุปผลรูปแบบที่ดีที่สุดตามการเปรียบเทียบโดยพิจารณาค่าความส่องสว่างเป็นเกณฑ์ ซึ่งนำมาเทียบกับค่ามาตรฐานของห้องเรียน 300 Lux (CIBSE, 1994) และหากค่าความส่องสว่างนั้นได้ตามค่ามาตรฐาน การศึกษาครั้งนี้จะพิจารณาผลความพึงพอใจที่สูงที่สุดเพื่อสรุปเป็นรูปแบบที่ดีที่สุดต่อไป

4. ผลการศึกษา



แผนภูมิที่ 1: แสดงค่าการส่องสว่างเฉลี่ยทั้งปี (Lux) จากรูปแบบต่างๆ ของหิ้งแสงโค้ง

จากแผนภูมิที่ 1 แสดงค่าการส่องสว่างเฉลี่ยทั้งปี (Lux) จากรูปแบบต่างๆ ของหิ้งแสงโค้ง ผลการศึกษาชี้ให้เห็นว่าเมื่ออาคารโรงเรียนอนุบาลนั้นติดตั้งหิ้งแสงโค้งภายนอกมุมขึ้น 45° ภายในมุมลง 30° (รูปแบบที่ 6) ก่อให้เกิดค่าการส่องสว่างเฉลี่ยสูงที่สุด (4,396.75 lux) นอกจากนี้เมื่ออาคารโรงเรียนอนุบาลนั้นติดตั้งหิ้งแสงโค้งภายภายนอกมุมลง 30°ภายในมุมขึ้น 45° (รูปแบบที่ 7) ก่อให้เกิดค่าการส่องสว่างเฉลี่ยต่ำที่สุด (2,152.75 lux) โดยค่าการส่องสว่างเฉลี่ยทั้งปีของทั้ง 9 รูปแบบนั้นสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐาน 300 lux



แผนภูมิที่ 2: แสดงค่าเฉลี่ยของความพึงพอใจต่อสภาพแวดล้อมห้องเรียนของนักเรียนอนุบาล

พึงพอใจต่อสภาพแวดล้อมห้องเรียนของนักเรียนอนุบาล ผลการศึกษาชี้ให้เห็นว่าเมื่อห้องเรียนของอาคารโรงเรียนอนุบาลนั้นติดตั้งหิ้งแสงโค้งซึ่งโค้งภายนอกมุมลง 30° ภายในโค้งมุมขึ้น 45° (รูปแบบที่ 8) ก่อให้เกิดความพึงพอใจต่อสภาพแวดล้อมห้องเรียนสูงที่สุด โดยมีค่าเฉลี่ย 6.169 นอกจากนี้เมื่ออาคารโรงเรียนอนุบาลนั้นติดตั้งหิ้งแสงโค้งภายนอกมุมขึ้น 30°ภายในมุมขึ้น 30° (รูปแบบที่ 1) ก่อให้เกิดความพึงพอใจต่อสภาพแวดล้อมห้องเรียนต่ำที่สุด โดยมีค่าเฉลี่ย 5.935

จากผลของค่าการส่องสว่างเฉลี่ยทั้งปี (Lux) จากรูปแบบต่างๆ ของหิ้งแสงโค้งนั้นพบว่าค่าการส่องสว่างเฉลี่ยทั้งปีของทั้ง 9 รูปแบบนั้นสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐาน 300 lux ดังนั้นจึงใช้ค่าเฉลี่ยความพึงพอใจต่อสภาพแวดล้อมห้องเรียนเป็นเกณฑ์ในการเลือกรูปแบบที่ดีที่สุด ซึ่งจากผลค่าเฉลี่ยของความพึงพอใจต่อสภาพแวดล้อมห้องเรียนของนักเรียนอนุบาลชี้ให้เห็นว่าเมื่อห้องเรียนของอาคารโรงเรียนอนุบาลนั้นติดตั้งหิ้งแสงโค้งซึ่งโค้งภายนอกมุมลง 30° ภายในโค้งมุมขึ้น45° (รูปแบบที่ 8) ก่อให้เกิดความพึงพอใจต่อสภาพแวดล้อมห้องเรียนสูงที่สุด การศึกษาครั้งนี้จึงได้สรุปรูปแบบดังกล่าวเป็นรูปแบบที่ดีที่สุดที่ควรนำมาใช้กับห้องเรียนของอาคารโรงเรียนอนุบาล

5. บทสรุปและการอภิปรายผล

วัตถุประสงค์หลักของการศึกษาในครั้งนี้ คือเพื่อศึกษารูปแบบของหิ้งแสงโค้งเพื่อนำแสงธรรมชาติที่เหมาะสมมาใช้กับเด็กโรงเรียนอนุบาล ผลการศึกษาชี้ให้เห็นว่าเมื่ออาคารโรงเรียนอนุบาลนั้นติดตั้งหิ้งแสงโค้งทุกรูปแบบทั้ง 9 รูปแบบนั้น ก่อให้เกิดค่าความส่องสว่างเฉลี่ยทั้งปีสูงกว่าค่ามาตรฐาน 300 Lux ดังนั้นการศึกษาครั้งนี้ได้พิจารณาความพึงพอใจต่อสภาพแวดล้อมเป็นเกณฑ์ โดยผลการศึกษาชี้ให้เห็นว่าเมื่อห้องเรียนของอาคารโรงเรียนอนุบาลนั้นติดตั้งหิ้งแสงโค้ง ภายนอกมุมลง 30° ภายในมุมขึ้น 45° (รูปแบบที่ 8) ก่อให้เกิดความพึงพอใจต่อสภาพแวดล้อมห้องเรียนสูงที่สุด ดังนั้นรูปแบบดังกล่าวเป็นรูปแบบหิ้งแสงโค้งที่ควรนำเข้ามาใช้ในห้องเรียนของโรงเรียนอนุบาล

เมื่อมีการเปรียบเทียบค่าความส่องสว่างระหว่างเมื่อไม่มีการติดตั้งหิ้งแสงและหิ้งแสงที่ดีที่สุด ผลการศึกษาจะพบว่าห้องเรียนดังกล่าวเมื่อไม่มีการติดตั้งหิ้งแสงนั้นมีค่าเฉลี่ยความส่องสว่างทั้งปี 4,687 Lux โดยหากติดตั้งรูปแบบบหิ้งแสงโค้ง ภายนอกมุมลง 30° ภายในมุมขึ้น 45° (รูปแบบที่ 8) จะมีค่าเฉลี่ยความส่องสว่างทั้งปีลดลงประมาณ 50% (2,177.75 Lux) อย่างไรก็ตามค่าที่ได้ดังกล่าวยังคงได้มาตรฐานการส่องสว่างสำหรับห้องเรียน แต่หิ้งแสงดังกล่าวจะกันแสงแดดโดยตรงและสะท้อนแสงขึ้นฝ้าเพดาน ซึ่งจะทำให้ห้องเรียนนั้นมีความร้อนเข้ามาน้อยลงในขณะที่มีความสม่ำเสมอของแสงที่สูงขึ้น

การศึกษาครั้งนี้ได้ทำการศึกษาเฉพาะโรงเรียนอนุบาลกรณีศึกษาในสภาพที่ตั้งและภูมิอากาศดังที่กล่าวมาเท่านั้น ดังนั้นเพื่อให้ได้การสรุปผลที่ครบถ้วนควรมีการศึกษาเพิ่มเติมสำหรับโรงเรียนอนุบาลและกรณีศึกษาอื่นๆต่อไป นอกจากนี้การศึกษาครั้งนี้จำเป็นต้องเก็บข้อมูลเฉพาะในช่วงเวลา 8.00น.-16.00น. ท้องฟ้าแบบโปร่ง (Clear sky) เพื่อให้ได้ข้อมูลที่ถูกต้องครบถ้วนในการศึกษาครั้งต่อไปควรจะมีการศึกษาเก็บข้อมูลในช่วงเวลาอื่นๆ และสภาพท้องฟ้าอื่นๆ เช่น สภาพท้องฟ้าแบบมีเมฆมาก (Overcast sky) และ สภาพท้องฟ้าแบบมีเมฆบางส่วน (Partly cloudy)

6. รายการอ้างอิง

- ฉันทมน โพธิพิทักษ์. “การศึกษารูปแบบของอุปกรณ์บังแดดและช่องแสงทางด้านข้าง เพื่อช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการใช้แสงสว่างจากธรรมชาติภายในห้องเรียน” วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร, 2546.
- สุฑาลักษณ์ ตันติวงศ์ “การศึกษาปรับปรุงกรอบอาคารเพื่อการส่องสว่างที่เหมาะสมในอาคารห้างสรรพสินค้า: กรณีศึกษาอาคาร CDS (CENTRAL FESTIVAL SAMUI)” วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2557.
- CIBSE. “CIBSE Interior Lighting Guide” London: Charter Institute of Building Service Engineer, 1994.