บทที่ 7

บทสรุป และข้อเสนอแนะ

ในการศึกษาและวิจัยครั้งนี้ได้แยกการศึกษาหลักเป็น การตรวจสอบอาคารที่มีการใช้งานอยู่เดิม และการนำเสนอแนวทางการปรับปรุงโดยอาศัยแสงธรรมชาติเสริมเพื่อลดพลังงานในอาคาร จากผลการศึกษาในบทที่ 4 บทที่ 5 และบทที่ 6 สามารถแยกการสรุปผลได้เป็นดังนี้

7.1. ประสิทธิภาพของแผงกันแดดของช่องเปิดในการป้องกันแสงแดด และการส่องผ่านของแสงธรรมชาติเข้าสู่พื้นที่ภายในอาคาร

จากการศึกษาพบว่า แผงกันแดดของอาคารกรณีศึกษามีประสิทธิภาพดีในการป้องกันแสงแดดตรงไม่ให้ส่องผ่านช่องเปิดเข้าสู่พื้นที่ภายในอาคารโดยเฉพาะแผงกันแดดตั้งแต่ชั้น 2 ถึงชั้น 4 ทั้งทางด้านทิศเหนือและทิศใต้ ทั้งนี้เนื่องมาจาก

7.1.1. ทิศทางการวางตัวอาคารตามแนวตะวันออก-ตะวันตก ทำให้ช่องเปิดของอาคารส่วนใหญ่เปิดสู่ทิศเหนือ และทิศใต้ ซึ่งจัดเป็นช่องเปิดที่มีความเหมาะสมสำหรับการให้แสงสว่างธรรมชาติแก่พื้นที่ภายในอาคาร

7.1.2. แผงกันแดดของอาคารมีรูปแบบที่คำนึงถึงตำแหน่งของดวงอาทิตย์เพื่อประโยชน์ในการป้องกันแสงแดดตรง จะเห็นได้จากการที่ตัวอาคารกรณีศึกษามีทั้งแผงกันแดดในแนวตั้งและแผงกันแดดในแนวนอน

อย่างไรก็ตามเมื่อพิจารณาปริมาณแสงธรรมชาติที่ส่องผ่านเข้าสู่พื้นที่ภายในอาคารพบว่า มีปริมาณแสงต่ำเมื่อเปรียบเทียบกับขนาดของช่องเปิดของอาคาร อันเป็นผลทำให้จำเป็นต้องเปิดแสงประดิษฐ์เสริมตลอดเวลา จะเห็นได้จากค่าระดับความส่องสว่างอันเนื่องมาจากแสงธรรมชาติที่ส่องผ่านเข้าสู่พื้นที่ภายในอาคารของช่องเปิดทางทิศเหนือชั้น 2 ถึงชั้น 4 จากการตรวจสอบพบว่าแสงธรรมชาติสามารถส่องผ่านเข้ามาภายในอาคารที่ระยะห่างจากช่องเปิด 1.50 เมตร ของชั้น 2 ชั้น 3 - 4 มีค่าเฉลี่ย 361 ลักซ์ 377 ลักซ์ ตามลำดับ และที่ระยะ 3.00 เมตร มีค่าเฉลี่ย 85.3 ลักซ์ 196 ลักซ์ ตามลำดับ ส่วนของช่องเปิดทางทิศใต้ของชั้น 2 ถึงชั้น 4 จากการตรวจสอบพบว่าแสงธรรมชาติสามารถส่องผ่านเข้ามาภายในอาคารที่ระยะห่างจากช่องเปิด 1.50 เมตร ของชั้น 2 ชั้น 3-4 มีค่าเฉลี่ย 498.7 ลักซ์ 422 ลักซ์ และที่ระยะ 3.00 เมตร มีค่าเฉลี่ย 326.4 ลักซ์ 185.5 ลักซ์

สำหรับช่องเปิดอาคารชั้นล่าง และชั้นลอยทางด้านทิศเหนือ จากการศึกษาพบว่าแผงกันแดดของช่องเปิดไม่สามารถป้องกันแสงแดดตรงได้ในช่วงเวลาที่ตำแหน่งดวงอาทิตย์เคลื่อนที่มาทางด้านทิศเหนือ ทั้งนี้เนื่องมาจากแผงกันแดดของช่องเปิดมีเพียงแผงกันแดดในแนวนอน และมีขนาดเล็กเมื่อเปรียบเทียบกับขนาดของช่องเปิดที่มีความสูงถึง 5.50 เมตร อย่างไรก็ตามได้มีความพยายามในการป้องกันปัญหาของแสงแดดโดย มีการจัดให้พื้นที่ด้านหน้าของอาคารเป็นพื้นที่ปลูกต้นไม้ขนาดความสูงปานกลาง และเลือกใช้กระจกสีชาที่มีค่าการส่องผ่านของแสงเพียง 54 % สำหรับช่องเปิดในส่วนนี้ แต่ด้วยเหตุผลให้การป้องกันแสงแดดตรงนี้เองทำให้ปริมาณแสงธรรมชาติที่ส่องผ่านเข้าสู่

พื้นที่ภายในที่น่าจะมีปริมาณสูงเมื่อเปรียบเทียบกับขนาดของช่องเปิด กลับมีปริมาณแสงต่ำ ซึ่งจากการตรวจสอบพบว่าแสงธรรมชาติสามารถส่องผ่านเข้ามาภายในอาคารที่ระยะห่างจากช่องเปิด 1.50 เมตร มีค่าเฉลี่ย 250 ลักซ์ และที่ระยะห่าง 3.00 เมตร มีค่าเฉลี่ย 200 ลักซ์ ทำให้ไม่สามารถอาศัยประโยชน์จากแสงธรรมชาติในการให้ความสว่างภายในได้

สำหรับช่องเปิดทางด้านทิศใต้ของชั้นล่างและชั้นลอยเนื่องจากไม่มีแผงกันแดด ดังนั้นจึงไม่สามารถป้องกันแสงแดดตรงได้ ส่วนค่าระดับความส่องสว่างของพื้นที่ภายในอันเนื่องมาจากแสงธรรมชาติ จากการตรวจสอบพบว่าแสงธรรมชาติสามารถส่องผ่านเข้ามาภายในอาคารที่ระยะห่างจากช่องเปิด 1.50 เมตร มีค่าเฉลี่ย 977.7 ลักซ์ ทั้งนี้เนื่องมาจากช่องเปิดไม่มีสิ่งกีดขวาง ทำให้ได้รับแสงเต็มที่ และในบางช่วงเวลาได้รับแสงแดดตรง และที่ระยะห่าง 3.00 เมตร มีค่าเฉลี่ย 281.3 ลักซ์ ที่ระยะห่าง 4.50 เมตร ทีค่าเฉลี่ย 105.8 ลักซ์ ทั้งนี้เนื่องจากช่องแสงมีขนาดเล็กดังนั้นระดับความสว่างจึงมีค่าลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับที่ระยะห่าง 1.50 เมตรอย่างรวดเร็ว ดังนั้นในด้านการนำแสงธรรมชาติเข่ามาสู่พื้นที่ภายในอาคารของช่องแสงด้านนี้จึงมีประสิทธิภาพดีพอประมาณเท่านั้น แต่มีปัญหาในส่วนของแสงแดดตรงที่ส่องผ่านเข้าสู่พื้นที่ภายในอาคารอันจะเป็นส่วนในการเพิ่มภาระการทำความเย็นของพื้นที่การใช้งานที่เป็นส่วนห้องสมุด

เมื่อพิจารณาโดยรวมจะพบว่า แผงกันแดดของอาคารที่มุ่งเน้นการออกแบบเพื่อป้องกันแสงแดดเพียงอย่างเดียวจะมีผลทำให้แสงธรรมชาติที่ส่องผ่านเข้าสู่พื้นที่ภายในอาคารมีระดับความส่องสว่างต่ำ และไม่เพียงพอในการให้ความส่องสว่างแก่พื้นที่ใช้สอยภายในอาคารได้เมื่อเปรียบเทียบกับระดับความส่องสว่างตามเกณฑ์ที่กำหนด อีกทั้งแผงกันแดดของอาคารก็ไม่สามารถป้องกันแสงแดดได้ในทุกช่วงของเวลา เช่นช่องเปิดทางด้านทิศใต้ในเวลา 8:00 น. ถึง 9:00 น. และ 15:00 น. ถึง 17:00 น. ของเดือนพฤศจิกายน ถึงเดือนมกราคม ทั้งนี้เนื่องจากดวงอาทิตย์มีมุมกระทำต่อช่องเปิดทางด้านทิศใต้ต่ำ นอกจากนั้นถึงแม้แผงกันแดดจะสามารถป้องกันแสงแดด (รังสีตรง) ของดวงอาทิตย์เพื่อประโยชน์ในการป้องกันความร้อนไม่ให้ถ่ายเทเข้าสู่พื้นที่ภายในอาคารได้ แต่ก็ยังคงมีปัญหาในส่วนของรังสีกระจายของดวงอาทิตย์ ซึ่งทำให้ความแตกต่างของอุณหภูมิระหว่างภายนอกอาคารและภายในอาคารมีความแตกต่างสูง ก็ยังคงเป็นผลให้ความร้อนถ่ายเทเข้าสู่พื้นที่ภายในอาคารเช่นกัน โดยเฉพาะหากเลือกใช้วัสดุช่องเปิด (กระจก) ที่ไม่มีความสามารถในการป้องกันการถ่ายเทความร้อนดีเพียงพอ

7.2. แสงสว่างประดิษฐ์ของอาคารเดิม

ในการพิจารณาแยกออกเป็น ค่าระดับความส่องสว่างภายในพื้นที่การใช้งานอันเนื่องมาจากแสงสว่างประดิษฐ์เพียงอย่างเดียว และการจัดวงจรไฟฟ้าแสงประดิษฐ์ในอันที่จะนำประโยชน์จากแสงธรรมชาติมาใช้ให้ความสว่างแก่พื้นที่ภายในอาคาร สามารถสรุปได้ดังนี้

7.2.1. ค่าระดับความสว่างของแสงประดิษฐ์ พลังงานที่ใช้เมื่อเทียบต่อพื้นที่ (วัตต์ ต่อ ตารางเมตร) และอัตราค่าพลังงานไฟฟ้าต่อปีเมื่อคิดตามเกณฑ์การใช้งานที่กำหนดในการศึกษา จากการตรวจสอบพบว่าโดยเฉลี่ยมีค่าระดับความส่องสว่างค่อนข้างต่ำเมื่อเปรียบเทียบกับปริมาณ ดวงโคมที่มีอยู่ในแต่ละพื้นที่ คือ

ชั้นล่าง - ชั้นลอย มีค่าความส่องสว่างเฉลี่ย 190.18 ลักซ์ เท่ากับ 21.24 วัตต์ต่อตารางเมตร

ชั้น 2 มีค่าความส่องสว่างเฉลี่ย 88.84 ลักซ์ เท่ากับ 22.16 วัตต์ต่อตารางเมตร

ชั้น 3 มีค่าความส่องสว่างเฉลี่ย 112.20 ลักซ์ เท่ากับ 14.51 วัตต์ต่อตารางเมตร

ชั้น 4 มีค่าความส่องสว่างเฉลี่ย 129.43 ลักซ์เท่ากับ 15.60 วัตต์ต่อตารางเมตร

อัตราพลังงานไฟฟ้าต่อปี (กิโลวัตต์-ชั่วโมง) จากการคำนวณตามช่วงเวลาการใช้งานที่กำหนดมีค่าเท่ากับ 172,045 กิโลวัตต์-ชั่วโมง ต่อปี

อันเป็นค่าความส่องสว่างที่ไม่เพียงพอเมื่อเปรียบเทียบกับความส่องสว่างที่ต้องการสำหรับการใช้งานในลักษณะสำนักงานที่ต้องการค่าเฉลี่ย 300 ถึง 500 ลักซ์ ทั้งนี้เนื่องมาจาก ดวงโคมที่ใช้มีลักษณะเป็นโคมพลาสติกสีขาวขุ่น ทำให้ปริมาณแสงของหลอดไฟฟ้าที่ให้แก่พื้นที่ภายในลดลง องค์ประกอบภายในอันได้แก่ค่าการสะท้อนแสงของวัสดุผนังมีค่าน้อย เป็นผลทำให้ค่าความส่องสว่างภายในลดลง อีกทั้งอาคารมีอายุการใช้งานนาน มีการปรับเปลี่ยนพื้นที่การใช้งานภายในหลายครั้งทำให้การแบ่งพื้นที่ภายในไม่มีความสัมพันธ์กับระบบแสงสว่างประดิษฐ์ของอาคารแต่เดิม ในส่วนของพลังงานที่ใช้ต่อพื้นที่เมื่อพิจารณาจากการคำนวณพบว่ามีค่าต่ำ แต่ก็ไม่สามารถสรุปได้ว่าอาคารมีการใช้พลังงานในส่วนแสงประดิษฐ์น้อย ทั้งนี้เนื่องมาจากพื้นที่ภายในมีค่าความส่องสว่างที่ต่ำ จากการคำนวณโดยให้ค่าระดับความส่องสว่างของแต่ละพื้นที่ภายในได้ตามมาตรฐานความส่องสว่างที่กำหนดสำหรับพื้นที่ใช้งานที่เป็นสำนักงานแล้วพบว่า พลังงานที่ใช้ต่อพื้นที่มีค่าดังนี้

ชั้นล่าง - ชั้นลอย มีค่าพลังงานที่ใช้ เท่ากับ 38.50 วัตต์ต่อตารางเมตร

ชั้น 2 มีค่าพลังงานที่ใช้ เท่ากับ 80.59 วัตต์ต่อตารางเมตร

ชั้น 3 มีค่าพลังงานที่ใช้ เท่ากับ 45.47 วัตต์ต่อตารางเมตร

ชั้น 4 มีค่าพลังงานที่ใช้ เท่ากับ 48.28 วัตต์ต่อตารางเมตร

อัตราพลังงานไฟฟ้าต่อปี (กิโลวัตต์-ชั่วโมง) มีค่าเท่ากับ 445,357 กิโลวัตต์-ชั่วโมง ต่อปี เมื่อเปรียบเทียบกับตามการใช้งานเดิมพบว่ามีค่าสูงขึ้น 61 เปอร์เซนต์ ซึ่งเป็นอัตราการใช้พลังงานที่สูงหากต้องการให้ได้ระดับความสว่างตามเกณฑ์ที่กำหนด

7.2.2. <u>การจัดวงจรไฟฟ้าแสงประดิษฐ์</u> จากการตรวจสอบพบว่า การจัดวงจรแสงประดิษฐ์ (การเปิด - ปิด) ดวงโคม ดวงโคม ไม่มีการพิจารณาถึงการนำประโยชน์จากแสงธรรมชาติมาใช้เพื่อลดการใช้พลังงานในส่วนของแสงสว่างประดิษฐ์ในช่วงเวลาที่มีแสงสว่างภายนอก (เวลากลางวัน) ดังนั้นจึงเป็นผลให้ไม่สามารถเปิด-ปิดแสงสว่างประดิษฐ์ให้สัมพันธ์กับปริมาณความสว่างอันเนื่องมาจากแสงธรรมชาติได้

เมื่อพิจารณาโดยรวมพบว่า ระบบแสงสว่างประดิษฐ์ของอาคารกรณีศึกษาไม่มีคุณภาพในการให้ความสว่างแก่พื้นที่ภายใน นอกจากนั้นการเปิด ปิดของดวงโคมแสงสว่างยังไม่มีความสัมพันธ์กับปริมาณแสงธรรมชาติที่ส่องผ่านเข้ามาสู่พื้นที่ภายในอาคาร เป็นผลให้มีความจำเป็นต้องเปิดแสงประดิษฐ์ตลอดเวลา ทำให้การใช้พลังงานมีอัตราสูงหากต้องการให้พื้นที่ภายในได้ค่าระดับความส่องสว่างตามเกณฑ์ที่กำหนด

7.3. ความส่องสว่างของแสงธรรมชาติ

จากการศึกษาพบว่า การปรับปรุงอาคารโดยเลือกใช้วัสดุที่มีค่าการสะท้อนแสงสูงทั้งภายในและภายนอกอาคาร การเลือกรูปแบบของแผงกันแดดที่พิจารณาทั้งการป้องกันแสงแดด และความสามารถในการนำประโยชน์จากแสงธรรมชาติมาใช้ ในขอบเขตการศึกษาวิจัยครั้งนี้สามารถช่วยเพิ่มค่าความส่องสว่างภายในอันเนื่องมาจากแสงธรรมชาติได้เฉลี่ย 4 - 58.3 เปอร์เซนต์ ขึ้นอยู่กับทิศทางของช่องเปิดและขอบเขตของการปรับปรุงในแต่ละส่วนของพื้นที่อาคาร หากแยกการพิจารณาออกเป็นแต่ละแนวทางการปรับปรุง สามารถสรุปได้ดังนี้

7.3.1. <u>แนวทางการปรับปรุงที่ 1โดยการปรับปรุงค่าการสะท้อนแสงของวัสดุ</u> เพื่อให้สามารถสะท้อนแสงสว่างธรรมชาติภายนอกเข้าสู่พื้นที่ภายในอาคารมากขึ้น โดยอาศัยการทดสอบหุ่นจำลองในห้องทดสอบแสง พบว่า

ชั้นล่าง - ลอย ช่องเปิดทิศเหนือมีค่าความส่องสว่าง เพิ่มเฉลี่ย 4.4 % ช่องเปิดทิศใต้ 5.8%

ชั้น 2 ช่องเปิดทิศเหนือมีค่าความส่องสว่าง เพิ่มเฉลี่ย 46.3 % ช่องเปิดทิศใต้ 42.4 %

ชั้น 3 -4 ช่องเปิดทิศเหนือมีค่าความส่องสว่าง เพิ่มเฉลี่ย 36 % ช่องเปิดทิศใต้ 43.8 %

7.3.2. <u>แนวทางการปรับปรุงที่ 2 โดยการปรับปรุงค่าการสะท้อนแสงของวัสดุและเปลี่ยนรูปแบบแผงกันแดด และกระจกชั้นล่าง-ลอย</u> เพื่อให้สามารถสะท้อนแสงสว่างธรรมชาติภายนอกเข้าสู่พื้นที่ภายในอาคารมากขึ้น โดยอาศัยการทดสอบหุ่นจำลองในห้องทดสอบแสง พบว่า

ชั้นล่าง - ลอย ช่องเปิดทิศเหนือมีค่าความส่องสว่าง เพิ่มเฉลี่ย 5.79 % ช่องเปิดทิศใต้ 21.9 %

ชั้น 2 ช่องเปิดทิศเหนือมีค่าความส่องสว่าง เพิ่มเฉลี่ย 48.9 % ช่องเปิดทิศใต้ 41.75 %

ชั้น 3 -4 ช่องเปิดทิศเหนือมีค่าความส่องสว่าง เพิ่มเฉลี่ย 50 % ช่องเปิดทิศใต้ 47. 4 %

7.3.3. <u>แนวทางการปรับปรุงที่ 3 โดยการปรับปรุงค่าการสะท้อนแสงของวัสดุ เปลี่ยนรูปแบบแผงกันแดด เปลี่ยนผ้าเพดานภายใน และกระจกชั้นล่าง-ลอย</u> เพื่อให้สามารถสะท้อนแสงสว่างธรรมชาติภายนอกเข้าสู่พื้นที่ภายในอาคารมากขึ้น โดยอาศัยการทดสอบหุ่นจำลองในห้องทดสอบแสง พบว่า

ชั้นล่าง - ลอย ช่องเปิดทิศเหนือมีค่าความส่องสว่าง เพิ่มเฉลี่ย 12.2 % ช่องเปิดทิศใต้ 24.7 %

ชั้น 2 ช่องเปิดทิศเหนือมีค่าความส่องสว่าง เพิ่มเฉลี่ย 56.5 % ช่องเปิดทิศใต้ 54.9 %

ชั้น 3 -4 ช่องเปิดทิศเหนือมีค่าความส่องสว่าง เพิ่มเฉลี่ย 58.3 % ช่องเปิดทิศใต้ 54.9 %

อย่างไรก็ตามควรมีการคำนึงถึงคุณภาพของแสงสว่างธรรมชาติในแต่ละพื้นที่ของอาคาร ในอันที่จะไม่ก่อให้เกิดปัญหาเรื่องความเปรียบต่าง (contrast) ที่มากจนเกินไปอันเป็นผลทำให้เกิด glare ได้

7.4. แนวทางการปรับปรุงอาคาร

จากแนวทางการเพิ่มระดับความส่องสว่างตามหัวข้อที่ 6.1.6 แนวทางการปรับปรุงที่นำเสนอในการวิจัยครั้งนี้ 5 แนวทาง สามารถสรุปได้ดังรายละเอียด ดังนี้

ระดับความส่องสว่างเพิ่มเฉลี่ย

	อาคารเดิม	แนวทางที่ 1	แนวทางที่ 2	แนวทางที่ 3	แนวทางที่ 4	แนวทางที่ 5
ชั้นล่าง -ชั้นลอยทิศเหนือ	0	4.4 %	5.8 %	12.2 %	ไม่ทดสอบ	ไม่ทดสอบ
ชั้นล่าง -ชั้นลอย ทิศใต้	0	5.8 %	21.9 %	24.7 %	ไม่ทดสอบ	ไม่ทดสอบ
ชั้น 2 ทิศเหนือ	0	46.3 %	48.9 %	56.5 %	ไม่ทดสอบ	ไม่ทดสอบ
ชั้น 2 ทิศใต้	0	42.4 %	41.8 %	54.9 %	ไม่ทดสอบ	ไม่ทดสอบ
ชั้น 3 - 4 ทิศเหนือ	0	36.0 %	50.0 %	58.3 %	ไม่ทดสอบ	ไม่ทดสอบ
ชั้น 2 ทิศใต้	0	43.8 %	47.4 %	54.9 %	ไม่ทดสอบ	ไม่ทดสอบ

พลังงานที่ใช้ในส่วนแสงประดิษฐ์

	อาคารเดิม	แนวทางที่ 1	แนวทางที่ 2	แนวทางที่ 3	แนวทางที่ 4	แนวทางที่ 5
พลังงานส่วนแสงประดิษฐ์	266,929.9	175,613.9	169,388.8	147,916.4	166,882.2	154,183.4
พลังงานส่วน cooling load	148,118.2	54,885.9	52,916.0	46,110.8	91,673.8	79,872.6
พลังงานที่ใช้รวม (KWH/ปี)	415,048.1	230,505.1	222,299.4	194,027.2	258,562.0	225,056.1
พลังงานเฉลี่ย (วัตต์/ตรม.)	100.9	66.4	64.0	55.9	63.1	58.3
พลังงานโดยรวมลดลง (%)	0	44.46 %	46.44 %	53.25 %	37.7 %	45.77 %

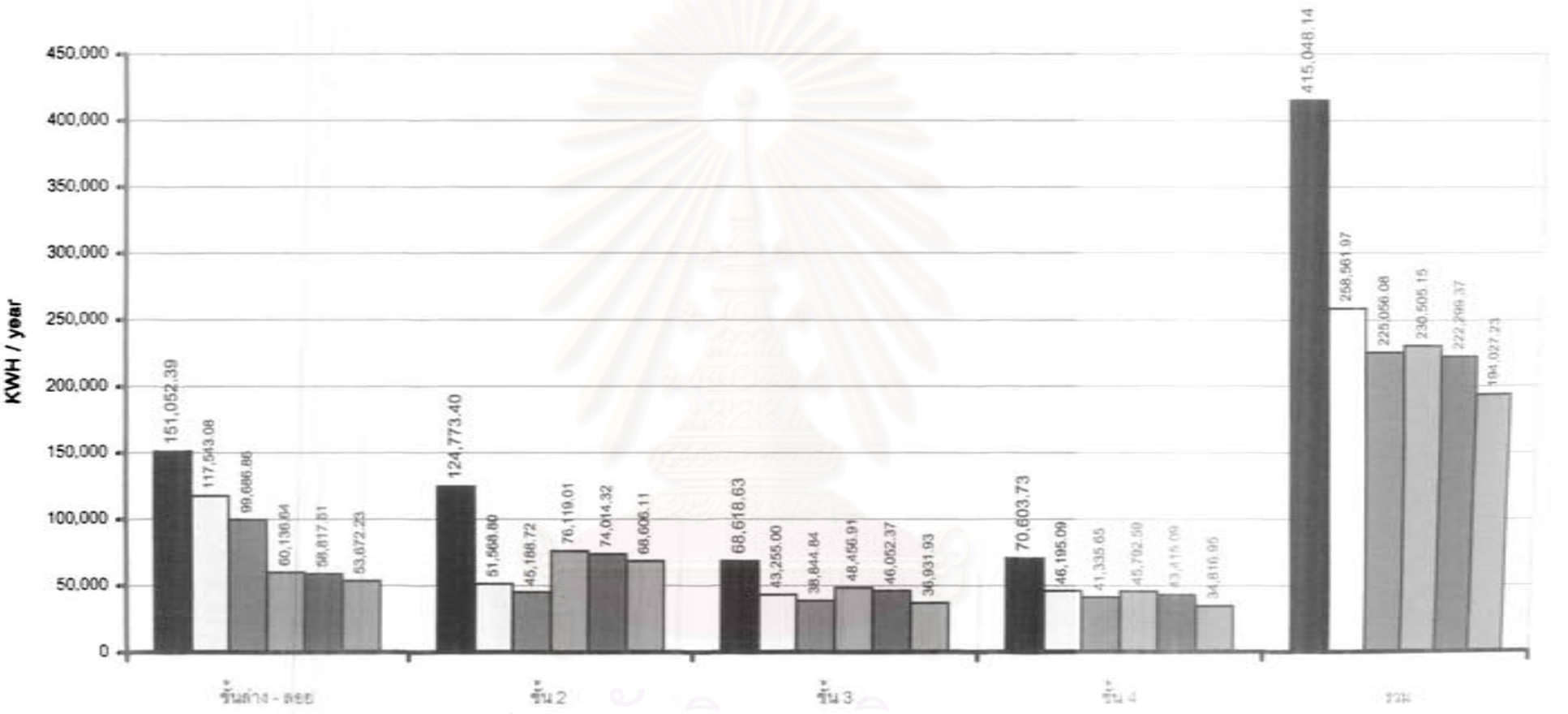
การวิเคราะห์ทางการเงิน

	อาคารเดิม	แนวทางที่ 1	แนวทางที่ 2	แนวทางที่ 3	แนวทางที่ 4	แนวทางที่ 5
ค่าใช้จ่ายในการปรับปรุง	0	985,715.0	2,177,765.0	2,264,987.5	1,439,986.3	2,120,836.3
ค่าไฟฟ้าปีแรก (บาท/ปี)	730,556.84	405,719.7	391,295.1	341,521.6	455,103.5	411,979.3
NPV ณ ปีที่ 10	4,216,470.1	3,327,360.5	4,436,157.6	4,236,108.6	4,066,654.4	4,498,605.2
SAVING (กำไร)	0	889,109.6	- 219,687.5	- 19,638.5	149,815.7	- 282,135.1
ระยะเวลาการคืนทุน (ปี)	0	3.7	13	10	8	14.5

การวิเคราะห์ทางการเงินเมื่อตั้งสมมติฐานการพิจารณาอัตราค่าเงินบาท และอัตราเงินเฟ้อ

	อาคารเดิม	แนวทางที่ 1	แนวทางที่ 2	แนวทางที่ 3	แนวทางที่ 4	แนวทางที่ 5
ค่าใช้จ่ายในการปรับปรุง	0	1,302,720.9	2,997,204.2	3,112,477.5	2,018,477.9	3,185,182.5
ค่าไฟฟ้าปีแรก (บาท/ปี)	730,556.84	405,719.7	391,295.1	341,521.6	455,103.5	411,979.3
NPV ณ ปีที่ 10	4,216,470.1	3,644,366.4	5,255,596.9	5,083,598.2	4,645,146.1	5,562,955.4
SAVING (กำไร)	0	572,103.7	- 1,039,126.8	- 867,128.1	- 428,676.0	- 1,346,485.3
ระยะเวลาการคืนทุน (ปี)	0	5.2	ไม่คืนทุน	ไม่คืนทุน	20	ไม่คืนทุน

แผนสมิที่ 7.4 แสดงค่าพลังงานไฟฟ้ารวม (กิโลวัตต์-ชั่วโมง ต่อปี) เปรียบเทียบระหว่างอาคารเดิม และ พลังงานไฟฟ้าที่ต้องใช้ตามแนวทางการปรับปรุงที่ 1 - 5



- พลังงานที่ต้องใช้เพิ่มและเป็นพลังงานที่ใช้ของอาคารเดิม
- พลังงานที่ใช้ตามแนวทางการปรับปรุงที่ 4 โดยการเปลี่ยนค่า CU เป็น 0.43
- พลังงานที่ใช้ตามแนวทางการปรับปรุงที่ 5 โดยการเปลี่ยนบัลลาส์ตเป็นบัลลาส์ตอิเลคโทรนิกส์และค่า CU เป็น 0.43
- พลังงานที่ใช้ตามแนวทางการปรับปรุงที่ 1
- พลังงานที่ใช้ตามแนวทางการปรับปรุงที่ 2
- พลังงานที่ใช้ตามแนวทางการปรับปรุงที่ 3

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

จากการพิจารณาจะพบว่า แนวทางการปรับปรุงอาคารกรณีศึกษา เมื่อพิจารณาถึงความเป็นได้ในด้านการเงิน คือแนวทางการปรับปรุงที่ 1 อันได้แก่แนวทางที่ใช้การลงทุนในการปรับปรุงน้อยที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับอีก 4 แนวทาง ซึ่งเป็นแนวทางที่สามารถลดการใช้พลังงานในส่วนของแสงสว่างประดิษฐ์ของอาคารกรณีศึกษาโดยเฉลี่ยได้ถึง 44. 5 เปอร์เซนต์ หรือคิดเป็น 13 เปอร์เซนต์ของพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ทั้งหมดของอาคารหากเปรียบเทียบจากสัดส่วนการใช้พลังงานของอาคารในส่วนของพลังงานไฟฟ้าแสงสว่างประดิษฐ์ รายละเอียดการปรับปรุงได้แก่

- การใช้วัสดุที่มีค่าการสะท้อนแสงสูง ทั้งภายในอาคารและภายนอกอาคาร ซึ่งสามารถกระทำได้โดยการเลือกใช้วัสดุที่มีสีอ่อน หรือ ทาสีอ่อนแก่ผนัง ฝ้าเพดานภายใน อันเป็นการเพิ่มระดับความส่องสว่างได้สูงถึง 4.4 - 5.8 % สำหรับชั้นล่าง ชั้นลอย และ 36.0 - 46.3 % สำหรับชั้น 2 ถึงชั้น 4
- การเลือกใช้ดวงโคมที่มีประสิทธิภาพ (ลูเมนต่อวัตต์) สูง การใช้โคมที่มีค่าการสะท้อนแสงมากขึ้น เช่น โคมติดลอยที่มีแผ่นสะท้อนแสง
- การจัดวงจรไฟฟ้าแสงประดิษฐ์ ให้สามารถ เปิด - ปิด สัมพันธ์กับแสงธรรมชาติที่ส่องผ่านเข้ามาพื้นที่ภายในอาคารในช่วงเวลาที่มีแสงธรรมชาติเพียงพอ

สำหรับแนวทางการปรับปรุงที่มีการเปลี่ยนรูปแบบของแผงกันแดดเพื่อให้สามารถสะท้อนแสงภายนอกเข้าสู่พื้นที่ภายในได้มากขึ้นในขณะที่ต้องมีประสิทธิภาพการป้องกันแสงแดดได้เท่ากับแผงกันแดดเดิมเป็นอย่างน้อย นั้นถึงแม้ว่าจะสามารถเพิ่มค่าระดับความส่องสว่างภายในได้สูงขึ้น 5% - 28 % สำหรับชั้น 2 ถึงชั้น 4 เมื่อเปรียบเทียบกับการปรับปรุงค่าระดับการสะท้อนแสงเพียงอย่างเดียว แต่หากพิจารณาถึงความเป็นไปได้ทางด้านการเงินแล้วแนวทางนี้จึงยังไม่เหมาะสมในการนำมาใช้กับอาคารที่มีการใช้งานอยู่เดิม

สำหรับแนวทางที่ใช้วิธีการเปลี่ยนอุปกรณ์ที่ลดการสูญเสียพลังงาน เช่น เปลี่ยนจากบัลลาส์ตขดลวดที่มีค่าการสูญเสียเท่ากับ 9 วัตต์ เป็นบัลลาส์ตอิเลคโทรนิกส์ที่มีค่าการสูญเสียเท่ากับ 3 วัตต์ ถึงแม้จะมีส่วนช่วยในการลดพลังงานในส่วนแสงสว่างประดิษฐ์ได้สูงถึง 37.7 % เมื่อเปรียบเทียบกับอาคารกรณีศึกษาเดิม แต่หากพิจารณาถึงความเป็นไปได้ทางด้านการเงินแล้วแนวทางนี้จึงยังไม่เหมาะสม เนื่องจากราคาของอุปกรณ์ยังมีราคาสูง ในขณะที่ราคาอัตราโครงสร้างค่าไฟฟ้า ณ . ปี 2540 ยังมีอัตราต่ำ หากราคาอุปกรณ์มีราคาต่ำลง ในขณะที่โครงสร้างอัตราค่าไฟฟ้ามีอัตราสูง แนวทางนี้จะมีความเป็นไปได้ในทางการเงินมาขึ้นสำหรับอาคารกรณีศึกษา

สำหรับแนวทางการเปลี่ยนวัสดุช่องแสง คือกระจกเป็นกระจกชนิด High Performance ที่มีค่า Coolness Index สูง (ในการวิจัยครั้งนี้ใช้กระจก Heat Mirror ที่มีค่า Coolness Index เท่ากับ 1.14) สามารถช่วยให้ระดับความส่องสว่างมีค่าสูงขึ้น 24 % เมื่อเปรียบเทียบกับอาคารเดิม แต่หากพิจารณาเฉพาะเพื่อลดพลังงานแสงไฟฟ้าประดิษฐ์เพียงอย่างเดียวในด้านการเงิน ที่เป็นวัตถุประสงค์การการวิจัยเฉพาะส่วนพลังงานไฟฟ้าที่ใช้อันเนื่องมาจากแสงประดิษฐ์เพียงอย่างเดียว โดยไม่พิจารณาด้านที่ลดความร้อนที่ส่งผ่านเข้าสู่อาคาร ดังนั้นสำหรับการวิจัยครั้งนี้จึงสรุปได้เพียงว่า การใช้กระจกที่มีค่า Coolness Index สูงสามารถช่วยให้ระดับความสว่างภายในอาคารอันเนื่องมาจากแสงธรรมชาติมีระดับความสว่างที่สูงขึ้น แต่ต้องพิจารณาในด้านราคา และด้านภาระการทำความเย็นอันเนื่องมาจากการส่งผ่านของรังสีดวงอาทิตย์ผ่านผนังโปร่งแสงประกอบเพื่อความเป็นไปได้ทางด้านการเงิน

7.5 ข้อเสนอแนะ

สำหรับการวิจัยครั้งนี้เนื่องจากมีระยะเวลาการศึกษาที่จำกัดเมื่อเทียบกับขอบเขตของการศึกษาดังนั้น จึงมีข้อเสนอแนะสำหรับเป็นแนวทางการศึกษาวิจัยต่อไปดังนี้

7.5.1 ควรพิจารณาแยกศึกษาในด้านความส่องสว่างของท้องฟ้า อันเนื่องมาจากรังสีดวงอาทิตย์ ในสภาพท้องฟ้าต่างๆ เพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างค่าความสว่างภายนอก และค่ารังสีดวงอาทิตย์ที่สามารถครอบคลุมทุกสภาพของท้องฟ้าสำหรับกรุงเทพฯ

7.5.2 สมการถดถอยที่ใช้สำหรับการทำนายค่าความส่องสว่างภายนอกของท้องฟ้าอันเนื่องมาจากรังสีตรงของดวงอาทิตย์มีข้อจำกัดในส่วนของช่วง (range) ของข้อมูลที่ทำนาย ทั้งนี้เนื่องมาจากข้อจำกัดในการเก็บข้อมูลของรังสีตรงดวงอาทิตย์ อันได้แก่

- สถานที่ที่เก็บข้อมูลได้รับอิทธิพลจากสภาพแวดล้อม อันได้แก่ ตัวอาคารที่สะท้อนรังสีของดวงอาทิตย์ และการบังรังสีตรงดวงอาทิตย์ (เกิดเงา) ในบางช่วงเวลาทำให้ค่าที่เก็บได้เกิดความคาดเคลื่อน ดังจะเห็นได้จากการความจำเป็นที่ต้องใช้สมการถดถอยที่บังคับให้จุดตัดของสมการเริ่มที่ค่าศูนย์ (force to zero) ดังนั้นควรมีการพิจารณาการเก็บข้อมูลใหม่ในพื้นที่ที่ไม่มีอิทธิพลของสภาพแวดล้อมข้างเคียง
- เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บข้อมูลมีค่าความคลาดเคลื่อนของตัวเอง ในขณะที่จำเป็นต้องอาศัยเครื่องมืออื่นมาเป็นตัวอ่านค่า และอ่านค่าโดยผู้เก็บข้อมูล ซึ่งไม่สามารถจะอ่านค่าของข้อมูลได้ในเวลาที่พร้อมกันทำให้ค่าความคาดเคลื่อนที่ได้อาจจะมีค่าสูง ดังนั้นในการศึกษาครั้งต่อไปควรพิจารณาถึงการควบคุมความคาดเคลื่อนของตัวอุปกรณ์เอง และควรพิจารณาการอ่านค่าของข้อมูลที่ได้จากเครื่องมือโดยอาศัยการอ่านค่าแบบอัตโนมัติ เช่นการอาศัยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ในการอ่านค่า
- ควรพิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างรังสีตรงของดวงอาทิตย์ที่ตกกระทบในแนวราบกับรังสีกระจายของดวงอาทิตย์ที่ตกกระทบในทิศทางต่างๆ กับความสว่างของท้องฟ้าที่ได้รับในทิศทางต่างๆด้วย หรือความสัมพันธ์ของสัดส่วนของปริมาณเมฆที่ปกคลุมท้องฟ้า (cloudness ratio) กับค่าระดับความสว่างของท้องฟ้า เพื่อประโยชน์ในการนำไปใช้งานจริง

7.5.3 การปรับเทียบค่าความสว่างภายนอกอาคารจากค่าความสว่างภายนอกของท้องฟ้าโดยปรับเทียบเป็นสัดส่วนเปอร์เซนต์ จากการวิจัยครั้งนี้อาศัยข้อมูลปรับเทียบเพียงช่วงเวลาเดียวคือ เวลา 12:00 น. ถึง 13:00 น. ทั้งนี้เนื่องมาจากข้อจำกัดของการเก็บข้อมูลที่ต้องอาศัยผู้เก็บข้อมูลหลายคนในช่วงเวลาเดียวกัน และข้อจำกัดในด้านความสะดวกในการเก็บข้อมูลในระหว่างที่อาคารมีการใช้งานอยู่ ทำให้ค่าสัดส่วนเปอร์เซนต์ที่ได้เป็นเพียงค่าจากช่วงเวลาเดียว ซึ่งในความเป็นจริงค่าสัดส่วนของเปอร์เซนต์ในแต่ละเวลาจะมีค่าสัดส่วนที่แตกต่างกันอันเนื่องมาจากเวลาในการเคลื่อนที่ของดวงอาทิตย์ที่ปรากฏ กับเวลาจากนาฬิกา (solar time & clock time) มีความแตกต่างกัน ดังนั้นในการศึกษาครั้งต่อไปควรมีการเก็บค่าความสัมพันธ์ของข้อมูลทั้ง 2 ค่าต่อเนื่องตลอดทั้งวัน หรือเก็บในหลายๆช่วงเวลา

7.5.4 การพิจารณาแนวทางการปรับปรุงอาคารโดยอาศัยหุ่นจำลองเป็นตัวทดสอบนั้น จะพบว่าหุ่นจำลองที่ใช้ทดสอบไม่สามารถที่จะจัดทำให้มีสภาพเหมือนอาคารจริงได้ ทั้งสภาพของอาคาร สภาพแวดล้อมที่อาคารตั้งอยู่ ดังนั้น ค่าที่ได้จากการทดสอบจึงมีค่าความผิดพลาดในตัวของหุ่นจำลองเอง ซึ่งในการวิจัยครั้งนี้พบว่า หุ่นจำลองมีค่า

ความผิดพลาดเมื่อเปรียบเทียบกับค่าที่ได้จากอาคารจริง อยู่ในช่วง 12 - 20 เปอร์เซนต์ ดังนั้นในการศึกษาครั้งต่อไป ควรคำนึงถึงความผิดพลาดที่เกิดจากการใช้หุ่นจำลองในการทดสอบเพื่อพิจารณาการออกแบบปรับปรุง โดยเฉพาะหุ่นจำลองที่จัดทำเป็นตัวแทนอาคารจริง

7.5.5 ในส่วนของแนวทางการปรับปรุงอาคาร เนื่องจากมีข้อจำกัดในด้านของเวลาในการวิจัยครั้งนี้จึงทำให้แนวทางในการปรับปรุงอาคารกรณีศึกษามีแนวทางจำกัด ดังนั้นผลสรุปที่ได้จึงเป็นเพียงผลสรุปที่เกิดจากแนวทางการปรับปรุงเพียง 5 แนวทางที่ทำการศึกษาเท่านั้น ดังนั้นในการศึกษาครั้งต่อไปควรพิจารณาดังนี้

- เลือกแนวทางการปรับปรุงในเบื้องต้นก่อนหลายๆแนวทาง เช่น การปรับเปลี่ยนรูปแบบของแผงกันแดดในด้านการป้องกันแสงแดดและความสามารถในการกระจายแสงธรรมชาติให้ส่องผ่านเข้าสู่พื้นที่ภายในของอาคารได้มากขึ้น
- แยกการพิจารณาการปรับปรุงอาคารออกเป็นส่วนของพื้นที่ เนื่องจากในแต่ละแนวทางการปรับปรุงอาจไม่เหมาะสมในทุกพื้นที่การใช้สอยอาคาร
- การเปรียบเทียบในแต่ละแนวทางการปรับปรุงในการวิจัยครั้งนี้ เป็นเพียงการเปรียบเทียบที่เกิดจากการคำนวณผลทางคณิตศาสตร์ ซึ่งในด้านการใช้สอยจริงยังคงมีตัวแปรที่ไม่สามารถจะควบคุมได้ เช่น การใช้งานของผู้ใช้อาคารที่อาจมีผลให้อัตราการใช้พลังงานมีค่าน้อยลงหรือเพิ่มมากขึ้น หรือ ข้อจำกัดในการลดปริมาณแสงสว่างประดิษฐ์มีข้อจำกัดในความสามารถลดปริมาณได้แปรผันตามการจัดวงจรการเปิด ปิด จำนวนของดวงโคม โคม ดังนั้นในการศึกษาครั้งต่อไปควรคำนึงถึงข้อจำกัดในด้านการลดปริมาณแสงประดิษฐ์ และผู้ใช้อาคารด้วย

7.5.6 ในการศึกษาการลดพลังงานที่ใช้ภายในอาคาร ควรมีการศึกษาในรูปแบบพิจารณารวมในทุกส่วนของการใช้พลังงาน ทั้งนี้เนื่องมาจากแต่ละส่วนมีผลกระทบซึ่งกันและกัน อีกทั้งการพิจารณาการใช้พลังงานเพียงส่วนเดียวอาจจะทำให้เป็นผลในการเพิ่มการใช้พลังงานในส่วนอื่นๆได้ เช่น หากนำแสงสว่างธรรมชาติเข้ามาโดยไม่พิจารณาด้านการป้องกันความร้อน ถึงแม้จะมีส่วนในการลดการใช้พลังงานไฟฟ้าของแสงสว่างประดิษฐ์ก็ตาม แต่อาจเป็นผลในการเพิ่มการใช้พลังงานในส่วนภาระการทำความเย็นของเครื่องปรับอากาศ ซึ่งหากพิจาณาจากสัดส่วนการใช้พลังงานของอาคารกรณีศึกษา ปี 2539 จะพบว่า สัดส่วนการใช้พลังงานไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศมีปริมาณสูงถึง 4 เท่าของสัดส่วนการใช้พลังงานไฟฟ้าของแสงประดิษฐ์ และในการศึกษาภาพรวมของการใช้พลังงานในอาคารควรอาศัยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ในการศึกษา

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย