บทที่ 5

ข้อสรุปและข้อเสนอแนะ

5.1 ข้อสรุปของการวิจัย

1. อิทธิพลของตัวแปร

จากการวิจัยสรุปได้ว่าตัวแปรที่มีอิทธิพลต่อการใช้พลังงานในอาคาร ประกอบด้วยกลุ่มของตัวแปรดังนี้

1. อิทธิพลของตัวแปรด้านปัจจัยภายนอกอาคาร

ด้านพลังงานความรู้สึกร้อน-หนาว คือการปรุงแต่งสภาพแวดล้อมภายนอกอาคาร โดยการใช้ต้นไม้เพื่อกันการแผ่รังสีโดยตรงของดวงอาทิตย์และใช้อิทธิพลจากการระเหยน้ำของต้นไม้ในการสร้างแหล่งความเย็น (มนต์ชัย อัชชพันธ์, 2544) และใช้วัสดุปูพื้นที่ผสมผสานระหว่างหญ้าเปียกในร่ม และวัสดุปูพื้นที่มีการระเหยของน้ำ (เลิศลักษณ์ วุฒิสุวรรณ, 2544) รวมถึงการปรุงแต่งดินบริเวณรอบอาคารให้มีอุณหภูมิต่ำที่สุดโดยใช้พื้นคลุมดินช่วย จะสามารถลดความรุนแรงของสภาพอากาศ และเป็นส่วนหนึ่งของแหล่งความเย็นภายนอกอาคาร ซึ่งสามารถเพิ่มจำนวนชั่วโมงที่สภาพภายในอาคารอยู่ในสภาพสบายมากกว่าอาคารที่ไม่ได้รับการปรุงแต่งสภาพแวดล้อม ซึ่งการที่จำนวนชั่วโมงที่สภาพภายในอาคารอยู่ในสภาพสบายมากขึ้นนี้เองทำให้มีจำนวนชั่วโมงที่ต้องใช้พลังงานจากระบบเครื่องกลลดลง

ผลการวิจัยพบว่า เมื่อเปรียบเทียบจำนวนชั่วโมงของสภาพภายในอาคารที่อยู่ในสภาพสบาย เปรียบเทียบระหว่างอาคารทดสอบที่มีการปรุงแต่งสภาพแวดล้อมภายนอก กับอาคารทดสอบที่ไม่มีการปรุงแต่งสภาพแวดล้อมภายนอก พบว่าสามารถเพิ่มจำนวนชั่วโมงที่สภาพภายในอาคารอยู่ในเขตสบายได้มากขึ้น เฉลี่ยเท่ากับ 3.92% นั้นคือสามารถลดจำนวนชั่วโมงที่ต้องใช้พลังงานในการปรับสภาพแวดล้อม

2. **อิทธิพลของตัวแปรด้านปัจจัยภายในอาคารและระบบอาคาร คือ**

ด้านพลังงานความรู้สึกร้อน-หนาว

2.1 การออกแบบให้อาคารหรือส่วนของกรอบอาคารสามารใช้ประโยชน์จากธรรมชาติสูงสุด โดยมีการป้องกันอิทธิพลที่เป็นแหล่งความร้อนภายนอกอาคารด้วยการเลือกใช้วัสดุที่มีค่าการป้องกันความร้อนมากอยู่ด้านนอกอาคาร มีการใช้อิทธิพลจากความเย็นมาใช้ภายในอาคารให้มากที่สุด ในส่วนอาคารชั้นบนใช้อิทธิพลความเย็นจากหลังคาตอนกลางคืนมากักเก็บไว้เพื่อใช้ในตอนกลางวัน (อภิรัช พรหมสิริแสง, 2544) ในส่วนของอาคารชั้นล่างที่สัมผัสใช้อิทธิพลจากพื้นดินโดยรอบอาคารที่มีการปรุงแต่งให้อุณหภูมิต่ำในส่วนของสภาพแวดล้อม เพื่อเป็นแหล่งความเย็น (ไพบูลย์ วังรุ่งเรืองกิจ, 2544) รวมถึงเทคนิคธรรมชาติที่สร้างความรู้สึกร้อน-หนาวที่พอเหมาะ โดยการใช้อิทธิพลของอุณหภูมิเฉลี่ยผิวโดยรอบของอาคารที่เย็นกว่าอากาศ (รุจิยา มุสิกะลักษณ์, 2544) ด้วยเทคนิคทั้งหมดนี้ทำให้อาคารสามารถเพิ่มจำนวนชั่วโมงที่สภาพภายในอาคารอยู่ในสภาพสบายมากกว่าอาคารที่ไม่ได้รับการออกแบบให้ใช้ประโยชน์จากธรรมชาติ ซึ่งการที่จำนวนชั่วโมงที่สภาพภายในอาคารอยู่ในสภาพสบายมากขึ้นนี้เองทำให้มีจำนวนชั่วโมงที่ต้องใช้พลังงานจากระบบเครื่องกลลดลง

ผลการวิจัยพบว่า เมื่อเปรียบเทียบจำนวนชั่วโมงของสภาพภายในอาคารที่อยู่ในสภาพสบาย เปรียบเทียบระหว่างอาคารทั่วไปกับอาคารทดสอบที่มีการใช้ประโยชน์จากธรรมชาติ พบว่าสามารถเพิ่มจำนวนชั่วโมงที่สภาพภายในอาคารอยู่ในเขตสบายได้มากขึ้น เฉลี่ยเท่ากับ 15.71%

2.2 การออกแบบและเลือกวัสดุอาคารที่เหมาะสม โดยมีค่าสัมประสิทธิ์การส่งผ่านความร้อน (U-value) ของกรอบอาคารต่ำ จะทำให้สามารถลดภาระการทำความเย็นจากระบบปรับอากาศได้ ทำให้เมื่ออาคารนั้นจำเป็นต้องใช้ระบบปรับอากาศจะมีค่าของกำลังไฟฟ้าสำหรับระบบปรับอากาศน้อยลง ซึ่งทำให้ใช้พลังงานลดลง

ผลการวิจัยพบว่า เมื่อเปรียบเทียบภาระการทำความเย็นระหว่างอาคารทั่วไปกับอาคารทดสอบที่มีค่าสัมประสิทธิ์การส่งผ่านความร้อน (U-value) ของกรอบอาคารต่ำ จะพบว่า

---

[1] สำหรับการวิจัยนี้ พิจารณาเฉพาะความร้อนสัมผัส (sensible heat)

ภาระการทำความเย็นจากแหล่งความร้อนภายนอกอาคารเฉลี่ยของอาคารทั่วไปสูงกว่าอาคารทดสอบประมาณ 5 เท่า นั้นคือเมื่อมีการใช้ระบบปรับอากาศในอาคารทั้งสองกรณีในจำนวนชั่วโมงที่เท่ากัน อาคารทั่วไปจะต้องใช้พลังงานสำหรับระบบปรับอากาศในส่วนของความร้อนภายนอกที่เข้าสู่อาคารมากกว่าอาคารทดสอบประมาณ 5.3 เท่า

ด้านพลังงานแสงสว่าง

2.3 การออกแบบช่องเปิดให้มีประสิทธิภาพสูงในการนำแสงธรรมชาติมาใช้ภายในอาคารได้ลึกและมีความสม่ำเสมอ โดยการเลือกใช้ช่องแสงด้านข้างส่วนบนที่สามารถทำให้แสงธรรมชาติเข้ามาได้ลึก มากกว่าการใช้ช่องแสงด้านข้างเพียงอย่างเดียวในอาคารทั่วไป (อวิรุทธ์ อุรุพงศา, 2544) ซึ่งทำให้พื้นที่ที่ต้องใช้แสงประดิษฐ์ในตอนกลางวันมีพื้นที่ลดลง

ผลการวิจัยพบว่า การออกแบบช่องเปิดที่เหมาะสมสามารถลดพื้นที่ที่ต้องการเปิดไฟฟ้าแสงประดิษฐ์ และจากที่ช่องเปิดที่พอเหมาะทำให้ลดภาระการทำความเย็นจากแหล่งความร้อนภายนอก จากการวิจัยพบว่าเมื่อเปรียบเทียบปริมาณหลอดไฟที่ต้องเปิดในอาคาร ในช่วงเวลาใช้งาน 8.00 – 16.00 น.อาคารทั่วไปจะมีจำนวนหลอดไฟที่ต้องเปิดมากกว่าอาคารที่มีการออกแบบให้ใช้แสงธรรมชาติอย่างเหมาะสม ประมาณ 4 เท่า

2.4 การออกแบบแสงประดิษฐ์ที่เหมาะสม (อานิก สกุลญานนท์วิทยา, 2544) โดยมีการเลือกใช้หลอดไฟที่มีประสิทธิภาพสูง ทำงานร่วมกับโคมไฟที่สามารถควบคุมทิศทางของแสงตามต้องการ ทำให้ใช้ประสิทธิภาพของแสงสว่างที่เปล่งจากหลอดไฟมาสู่พื้นที่ใช้งานได้อย่างเต็มที่ จึงทำให้จำเป็นต้องใช้จำนวนหลอดไฟน้อยลง หรือเป็นการลด ค่ากำลังไฟฟ้าแสงสว่างให้กับอาคาร เมื่อมีการใช้งานจะทำให้ใช้พลังงานน้อยกว่าอาคารทั่วไป นอกจากนี้ การออกแบบผังการเปิดปิดไฟที่สอดคล้องกับระดับแสงธรรมชาติยังช่วยให้มีการใช้พลังงานในส่วนของแสงประดิษฐ์ได้อย่างมีประสิทธิภาพเพิ่มมากขึ้น

ผลการวิจัยพบว่า การออกแบบแสงประดิษฐ์ที่เหมาะสมสามารถลด กำลังไฟฟ้าของระบบแสงสว่าง และยังลดภาระการทำความเย็นจากแหล่งความร้อนภายใน เมื่อเปรียบเทียบกำลังไฟฟ้าสำหรับแสงประดิษฐ์ พบว่าอาคารทั่วไปมีค่ากำลังไฟฟ้าสำหรับระบบแสงประดิษฐ์สูงกว่าอาคารทดสอบประมาณ 2 เท่า

3. อิทธิพลของตัวแปรด้านปัจจัยด้านระดับความสบายที่ต้องการ

ระดับความสบายที่แตกต่างซึ่งขึ้นอยู่กับกิจกรรมการใช้อาคารว่าต้องการการควบคุมที่แตกต่างกัน แบ่งออกเป็น ระดับความสบายแบบมาตรฐาน ระดับความสบายแบบควบคม ระดับความสบายแบบกึ่งควบคุม และระดับสบายแบบระบบธรรมชาติ โดยที่พื้นที่มีกิจกรรมที่ต้องการการความคุมที่สูงจะมีความจำเป็นที่ต้องใช้พลังงานที่มากกว่าพื้นที่ที่มีกิจกรรมที่ต้องการระดับความควบคุมน้อย

ผลการวิจัยพบว่า จากระดับความสบายที่มีหลายระดับของการควบคุมพบว่ายิ่งต้องการควบคุมสภาพแวดล้อมให้คงที่มากขึ้น ก็ยิ่งต้องใช้พลังงานในการสร้างสภาพสบายมากขึ้น จากการวิจัยนี้ เมื่อเปรียบเทียบอาคารกรณีศึกษาอาคารทดสอบ พบว่าที่ค่าระดับความสบายที่แตกต่างกันจะต้องการพลังงานแตกต่างกัน โดยใช้ค่าระดับสบายมาตรฐาน (21-27C) เป็นค่าในการเปรียบเทียบ ได้ดังนี้ ระดับความสบายแบบควบคุม (24-25C) จะใช้พลังงานมากกว่าระดับมาตรฐานประมาณ 1.4 เท่า ระดับความสบายแบบกึ่งควบคุม (22-28C)จะใช้พลังงานน้อยกว่ากว่าระดับมาตรฐานประมาณ 2.7 เท่า และระดับความสบายแบบระบบธรรมชาติ (20-32C) จะใช้พลังงานน้อยกว่ากว่าระดับมาตรฐานประมาณ 34.2 เท่า

2. ความสัมพันธ์ของตัวแปรที่มีผลต่อการใช้พลังงานในอาคาร

เมื่อพิจารณาหลักการในการคำนวณหาปริมาณพลังงานที่อาคารต้องใช้จากสมการ (สุนทร บุญญาธิการ, 2544)

$$E = P \times Time$$

จะพบว่าตัวแปรที่มีผลต่อปริมาณพลังงานที่ใช้ในอาคารขึ้นอยู่กับ

- กำลังของระบบเครื่องกลที่ต้องใช้
- ช่วงเวลาในการใช้งาน

นั้นคือจากอิทธิพลของตัวแปรที่สรุปได้ตามข้างต้น จะพบว่าอิทธิพลของตัวแปรต่างๆ นั้นมีความสัมพันธ์กับการใช้พลังงานดังนี้

1. ความสัมพันธ์ของอิทธิพลของตัวแปรด้านปัจจัยภายนอกอาคาร

ผลจากการวิจัยพบว่า อิทธิพลของตัวแปรด้านปัจจัยภายนอกมีความสัมพันธ์กับปริมาณการใช้พลังงานในอาคาร คือ เมื่อมีการปรับสภาพเวล้อมที่เหมาะสมสามารถลดช่วงเวลาในการใช้พลังงานในระบบอาคาร เพราะการปรับสภาพแวดล้อมสามารถทำให้สภาพอากาศเข้าสู่เขตสบายได้มากขึ้น ดังนั้นตัวแปรการปรับสภาพแวดล้อมโดยรอบอาคารจึงเป็นปัจจัยหนึ่งในการลดการใช้พลังงานในอาคารได้

2. ความสัมพันธ์ของอิทธิพลของตัวแปรด้านปัจจัยภายในอาคารและระบบอาคาร

ด้านพลังงานความรู้สึกร้อน-หนาว

ผลจากการวิจัยพบว่า อิทธิพลของตัวแปรด้านปัจจัยภายในและระบบอาคาร ในส่วนของพลังงานด้านความรู้สึกร้อน-หนาว มีความสัมพันธ์กับปริมาณการใช้พลังงานในอาคาร คือ เมื่อมีการออกแบบอาคารให้ใช้ประโยชน์จากธรรมชาติอย่างสูงสุดสามารถลดช่วงเวลาในการใช้พลังงานในระบบอาคาร ดังนั้นตัวแปรการปรับสภาพแวดล้อมโดยรอบอาคารจึงเป็นปัจจัยหนึ่งในการลดการใช้พลังงานในอาคารได้ และนอกจากนั้นหากอาคารจำเป็นต้องใช้ระบบปรับอากาศจะพบว่าจากการเลือกใช้วัสดุที่เหมาะสมสามารถลดภาระการทำความเย็นของเครื่องปรับอากาศได้ หรือสามารถลดกำลังไฟฟ้าของระบบอาคาร ทำให้เมื่อมีการใช้ระบบปรับอากาศอาคารที่มีการเลือกใช้วัสดุอย่างเหมะสมจะใช้พลังงานน้อยกว่าอาคารทั่วไป

ด้านพลังงานแสงสว่าง

ผลการวิจัยพบว่า อิทธิพลของตัวแปรด้านปัจจัยภายในอาคารและระบบอาคาร ในส่วนของพลังงานด้านแสงสว่าง มีความสัมพันธ์กับปริมาณการใช้พลังงานในอาคาร คือ เมื่ออาคารทดสอบสามารถใช้ประโยชน์จากแสงธรรมชาติได้มากกว่าอาคารทั่วไป จึงทำให้พื้นที่ที่ต้องการเปิดไฟฟ้าแสงประดิษฐ์ลดลง และเมื่อมีการเปิดไฟฟ้าแสงประดิษฐ์แล้ว พบว่าอาคารที่ออกแบบอย่างเหมาะสม จะมีค่ากำลังไฟฟ้าระบบแสงสว่างต่ำกว่าอาคารทั่วไป นั่นคือเมื่ออาคารมีการออกแบบช่องเปิดเพื่อใช้แสงธรรมชาติได้อย่างมีประสิทธิภาพและการออกแบบแสงประดิษฐ์อย่างเหมาะสม สามารถลดการใช้พลังงานได้

3. ความสัมพันธ์ของอิทธิพลของตัวแปรด้านปัจจัยระดับความสบายที่ต้องการ

ผลจากการวิจัยพบว่า อิทธิพลของตัวแปรด้านปัจจัยระดับความสบาย มีความสัมพันธ์กับปริมาณการใช้พลังงานในอาคาร คือ เมื่อกิจกรรมในอาคารมีระดับความสบายที่ต้องการความคงที่มาก จะทำให้มีจำนวนชั่วโมงที่อยู่นอกเขตสบายมาก ดังนั้นหากอาคารมีความต้องการระดับความสบายที่คงที่มาก อาคารนั้นจะต้องใช้พลังงานมากกว่าอาคารที่ต้องการระดับความสบายที่น้อย

3. **ดัชนีสำหรับประเมินประสิทธิภาพด้านพลังงานของอาคาร**

จากการวิจัยสามารถสรุปเป็นดัชนีสำหรับการประเมินประสิทธิภาพด้านพลังงาน โดยดัชนีที่ได้ประกอบด้วย

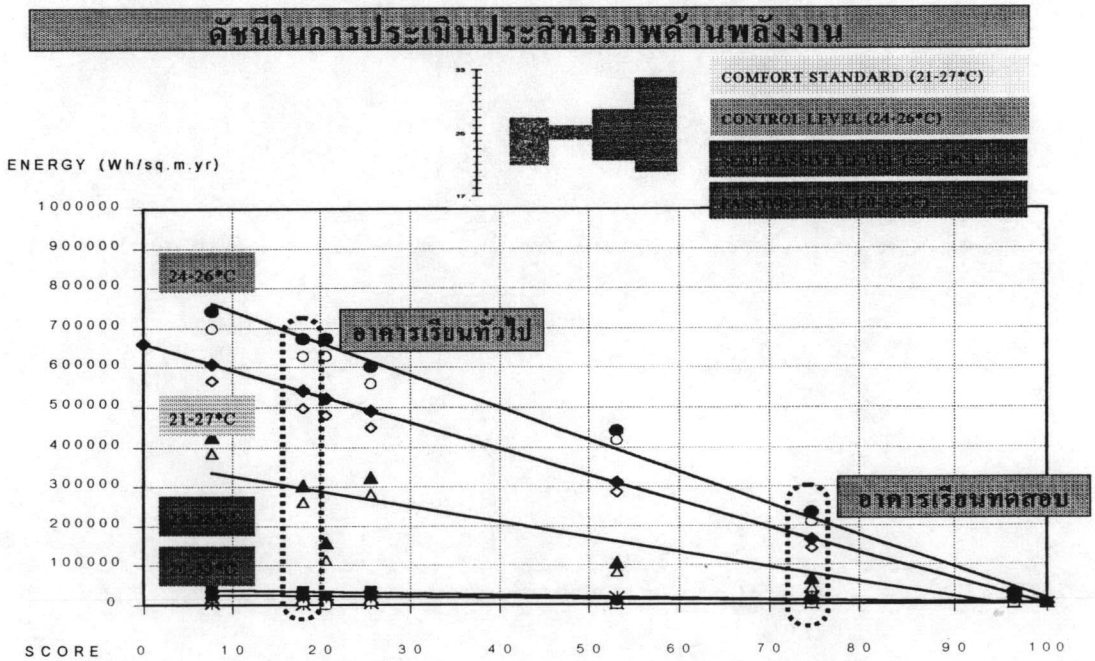
1 คะแนนที่ได้สำหนับอาคาร

2 ค่าประมาณของการใช้พลังงาน แบ่งเป็น

- พลังงานด้านความร้อน-หนาว คือ พลังงานสำหรับพัดลม และพลังงานสำหรับระบบปรับอากาศ
- พลังงานด้านแสงสว่าง สำหรับความส่องสว่างในระนาบนอนเป็นหลัก

3 ระดับของขอบเขตสบาย แบ่งเป็น

- ระดับสบายมาตรฐาน (21-27 องศาเซลเซียส)
- ระดับสบายแบบควบคุม (24-26 องศาเซลเซียส)
- ระดับสบายแบบกึ่งควบคุม (22-28 องศาเซลเซียส)
- ระดับสบายแบบระบบธรรมชาติ (20-32 องศาเซลเซียส)



แผนภูมิที่ 5.1 แสดงดัชนีสำหรับการประเมินประสิทธิภาพด้านพลังงานของกรอบอาคารที่ได้จากการวิจัย

5.2 ข้อเสนอแนะ

ผลจากการวิจัยนี้สามารถนำไปประยุกต์ใช้กับการออกแบบอาคารที่มีประสิทธิภาพด้านพลังงาน โดยการเลือกใช้การผสมผสานของอิทธิพลของตัวแปรทั้งหมดที่เกี่ยวข้องกับการใช้พลังงาน ซึ่งจากผลการใช้ดัชนีในการประเมินประสิทธิภาพด้านพลังงานของอาคารทดสอบกับอาคารทั่วไป พบว่าอาคารทดสอบที่มีการออกแบบโดยการผสมผสานอิทธิพลของตัวแปรทั้วหมดจากการวิจัยแล้วพบว่าจะได้คะแนนสูงกว่าอาคารทั่วไปเท่ากับ 64.06%

นอกจากนี้ในการประยุกต์ใช้แบบประเมินในการออกแบบอาคารที่มีประสิทธิภาพด้านพลังงานยังต้องคำนึงถึงปัจจัยอื่นๆ เพิ่มเติมที่เกี่ยวข้องกับคุณภาพชีวิต เช่น การควบคุมความชื้นภายในอาคาร การควบคุมการระบายอากาศเสียจากการหายใจของผู้ใช้อาคาร เป็นต้น

การประยุกต์ใช้ดัชนีสำหรับประเมินประสิทธิภาพด้านพลังงานจากการวิจัยนี้สามารถประยุกต์ใช้กับอาคารที่มีรูปแบบการใช้งานที่ใกล้เคียงกับอาคารกรณีศึกษาที่มีการใช้งานตั้งแต่เวลา 8.00 – 16.00 น.โดยมีการใช้งานในรูปแบบของการทำงานหรือเรียนหนังสือ เช่น อาคารศึกษา และอาคารสำนักงาน เป็นต้น หากมีความต้องการในการประยุกต์ใช้กับอาคารอื่นๆ ควรมีการพิจารณาตัวแปรตัวอื่นเพิ่มในแบบประเมินนี้

และสุดท้ายจากการประยุกต์ใช้แบบประเมินที่ได้จากการวิจัยนี้ พบว่าค่าคะแนนสูงสุดของการวิจัยนี้หมายถึงอาคารที่มีการใช้พลังงานในการสร้างความสบายภายในอาคารเท่ากับศูนย์ หรือหมายถึงมีการใช้พลังงานเท่ากับพลังงานที่เกิดขึ้นในอาคาร จึงทำให้เกิดแนวคิดในการพัฒนาอาคารที่มีประสิทธิภาพด้านพลังงานเพิ่ม กล่าวคือ อาคารที่มีคะแนนมากกว่าคะแนนเต็มที่กำหนดในการวิจัยนี้ หรือหมายถึงอาคารที่มีการใช้พลังงานในการสร้างความสบายภายในอาคารน้อยกว่าพลังงานที่เกิดขึ้นในอาคาร