

การเทียบสมรรถนะด้านการใช้พลังงานของโครงการโรงเรียนสีเขียวของ การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย

Energy Consumption Benchmarking of EGAT Green School Program

สรญา กังวาล¹ ดร.วรภัทร์ อิงคโรจน์ฤทธิ์²

บทคัดย่อ

ในปัจจุบันจากปัญหาเรื่องวิกฤติการณ์ทางด้านสิ่งแวดล้อมที่ผู้คนทั่วโลกต้องประสบ ทั้งจากวิกฤติทางพลังงาน ภาวะโลกร้อน สภาพอากาศที่แปรปรวน รวมทั้งมหันตภัยทางธรรมชาติต่าง ๆ ส่งผลให้ผู้คนหันมาให้ความสนใจในการอนุรักษ์พลังงานและสิ่งแวดล้อมมากขึ้น แต่ในอาคารประเภทโรงเรียนนั้นมียังมีความรู้ในด้านการอนุรักษ์พลังงานอยู่อย่างจำกัด เนื่องจากโรงเรียนมีความหลากหลายทั้งในรูปแบบอาคาร ลักษณะการใช้งานภายในอาคารรวมถึงมีผู้ใช้อาคารเป็นจำนวนมาก จึงส่งผลให้มีการใช้พลังงานสูง การอนุรักษ์พลังงานและสิ่งแวดล้อมด้วยการพัฒนาการเทียบสมรรถนะด้านการใช้พลังงานภายในอาคารเป็นหนึ่งในวิธีที่จะช่วยประหยัดพลังงานและเกิดการใช้พลังงานอย่างเหมาะสมภายในอาคารจากการทำให้ผู้บริหารหรือหน่วยงานดูแลระบบงานอาคารได้เข้าใจถึงลักษณะการใช้พลังงานภายในอาคาร ในปัจจุบันการศึกษาถึงการเทียบสมรรถนะด้านการใช้พลังงานภายในโรงเรียนได้มีการทำการศึกษาค้นคว้าในต่างประเทศ ในประเทศไทยนั้นได้มีการทำการศึกษาค้นคว้าเฉพาะในอาคารสำนักงานของกรุงเทพมหานคร การเทียบสมรรถนะด้านการใช้พลังงานสำหรับโรงเรียนในประเทศไทยจึงยังไม่มีข้อมูลชัดเจน การศึกษานี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อหาค่าเกณฑ์การเทียบสมรรถนะด้านการใช้พลังงานไฟฟ้าที่เหมาะสมภายในโรงเรียนสีเขียวและเปรียบเทียบค่าดัชนีการใช้พลังงานไฟฟ้าของแต่ละโรงเรียนได้ เพื่อให้โรงเรียนสามารถพัฒนาประสิทธิภาพการใช้พลังงานของโรงเรียนต่อไปในอนาคต โดยศึกษาจากการเก็บข้อมูลการใช้ไฟฟ้าของโรงเรียนจากการประเมินโรงเรียนสีเขียวของการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2552 ถึง พ.ศ. 2556 จำนวนทั้งสิ้น 74 โรงเรียนที่ถือว่าเป็นอาคารตัวอย่างในด้านการอนุรักษ์พลังงาน และทำการประเมินจากค่าดัชนีการใช้พลังงานต่อพื้นที่ ($\text{kWh/m}^2/\text{Year}$) และค่าดัชนีการใช้พลังงานต่อคน (kWh/Person/Year)

ผลจากการศึกษาและวิเคราะห์ข้อมูลพบว่าการกระจายตัวของค่าดัชนีการใช้พลังงานต่อพื้นที่และค่าดัชนีการใช้พลังงานต่อคนเป็นการกระจายตัวแบบไม่ปกติ (Non-Normal Distribution) ที่มีลักษณะเบ้ขวา (Right-Skewed) โดยมีความใกล้เคียงกับการวิจัยของ Sharp (1998) ที่ทำการเทียบสมรรถนะด้านการใช้พลังงานของโรงเรียนในสหรัฐอเมริกา และพบว่าค่ามัธยฐานของค่าดัชนีการใช้พลังงานของโรงเรียนต่อพื้นที่มีค่าเท่ากับ $27.03 \text{ kWh/m}^2/\text{Year}$ เป็นค่าใช้จ่ายทั้งสิ้น 81.08 บาทต่อตารางเมตรต่อปี และค่ามัธยฐานของค่าดัชนีการใช้พลังงานของโรงเรียนต่อคนมีค่าเท่ากับ $135.42 \text{ kWh/Person/Year}$ เป็นค่าใช้จ่ายทั้งสิ้น 406.26 บาทต่อคนต่อปี ซึ่งเบื้องต้นสามารถใช้ค่านี้เป็นเกณฑ์มาตรฐานด้านการใช้พลังงานสำหรับโรงเรียนสีเขียวเพื่อเปรียบเทียบการใช้พลังงานของแต่ละโรงเรียนของโครงการโรงเรียนสีเขียวจากค่าเกณฑ์มาตรฐานและประเมินสมรรถนะด้านการใช้พลังงานของโรงเรียนจากค่าเกณฑ์ได้ ทั้งนี้ สามารถใช้เป็นเกณฑ์ตัวอย่างสำหรับการประเมินโรงเรียนอื่นๆ ที่ต้องการพัฒนาประสิทธิภาพการใช้พลังงานของโรงเรียนในการศึกษานี้เป็นการศึกษาเบื้องต้น จึงควรมีการศึกษาเพิ่มเติมในเรื่องดังกล่าวเพื่อให้เกณฑ์การใช้พลังงานในอาคารเรียนมีความชัดเจนและแม่นยำมากยิ่งขึ้น

คำสำคัญ: โรงเรียนสีเขียว โรงเรียนสีเขียวของ กฟผ. การเทียบสมรรถนะการใช้พลังงานไฟฟ้า ดัชนีการใช้พลังงาน

¹ นักศึกษาปริญญาโท คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

² ผู้ช่วยศาสตราจารย์ คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, อาจารย์ที่ปรึกษา

Abstract

Nowadays, from the environmental crisis issues people suffer all around the world such as energy crisis, global warming, climate changes and various natural disasters. As a result, people turn their attention to energy conservation and environment. Energy consumption benchmarking is one of the ways to conserve energy and optimize energy use. One of interesting building types is a school building because the school building has various spaces and functions, as well as a lot of building users. As a result, it affects the whole energy consumption in school buildings. This paper presents energy consumption benchmarking of evaluated green school in Thailand based on green schools program of Electricity Generating Authority of Thailand (EGAT) in terms of kWh/m²/year and kWh/person/year. This paper aims to develop energy consumption benchmarking of school buildings from the data of EGAT green schools in total 74 schools from 2009-2014 period to find appropriate energy consumption benchmarking standard in green school and compare energy index against others for developing energy performance of school buildings in the future.

The result of this study finds that the frequency distribution of energy index in both per area and per person were non-normal distribution which were right-skewed. It is similar to the research of Sharp (1998) assessed schools energy consumption in the United States of America. The green school energy benchmarking in this study were 27.03 kWh/m²/year at a cost of 81.08 baht/m²/year and 135.42 kWh/person/year at a cost of 406.26 baht/person/year. This study is an introduction to benchmark energy use in green schools, assessing the energy use direction and comparing the energy consumption of each schools. This study can be used as a basis for evaluating samples to other schools to improve energy efficiency. This paper is a preliminary study, so this subject should be further study for more clarity and accuracy.

Keyword: Green School EGAT Green School Energy Benchmarking Energy Index

1. บทนำ

ในปัจจุบันจากปัญหาเรื่องวิกฤติการณ์ทางด้านสิ่งแวดล้อมที่ผู้คนทั่วโลกต้องประสบ ทั้งวิกฤติทางพลังงาน ภาวะโลกร้อน สภาพอากาศที่แปรปรวน มลภาวะทางสิ่งแวดล้อม รวมทั้งมหันตภัยทางธรรมชาติต่างๆ ส่งผลให้ผู้คนหันมาให้ความสนใจในการอนุรักษ์พลังงานและสิ่งแวดล้อมมากขึ้น โดยการอนุรักษ์พลังงานและสิ่งแวดล้อมสามารถกระทำได้หลากหลายวิธี ทั้งการประหยัดพลังงาน การประหยัดทรัพยากร การก่อสร้างอาคารที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมหรืออาคารเขียว แต่การแก้ปัญหาที่น่าสนใจอีกวิธีหนึ่ง คือ การพัฒนาเกณฑ์การเทียบสมรรถนะด้านการใช้พลังงานภายในอาคาร แต่ในอาคารประเภทโรงเรียนนั้น มุ่งมีความรู้ในด้านการอนุรักษ์พลังงานอยู่อย่างจำกัดเนื่องจากโรงเรียนเป็นสถานที่ที่มีการใช้พลังงานเป็นจำนวนมาก มีการใช้อาคารในหลายรูปแบบประโยชน์ใช้สอย และมีจำนวนผู้ใช้งานภายในอาคารจำนวนมากทั้งนักเรียน บุคลากรและผู้ปกครอง ซึ่งจากปัจจัยข้างต้นล้วนส่งผลต่อการใช้พลังงานภายในโรงเรียนทั้งสิ้น ในการศึกษาถึงการเทียบสมรรถนะด้านการใช้พลังงานภายในโรงเรียนจะช่วยให้เกิดผลประโยชน์ที่ยั่งยืนในด้านการประหยัดพลังงานและเพื่อให้เกิดการใช้พลังงานที่เหมาะสม รวมทั้งเกิดพฤติกรรมที่ดีในการอนุรักษ์พลังงานและสิ่งแวดล้อมทั้งยังสามารถเป็นตัวอย่างที่ดีแก่ชุมชน โดยทำการศึกษาจากรวบรวมข้อมูลการใช้พลังงานจากโรงเรียนที่ผ่านการประเมินโรงเรียนสีเขียวของการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย (กฟผ.) ทั้งสิ้น 74 โรงเรียน ซึ่งถือเป็นโรงเรียนที่เป็นตัวอย่างที่ดีในด้านการใช้พลังงานไฟฟ้า เพื่อนำข้อมูลการใช้พลังงานทั้งหมดมาวิเคราะห์การใช้พลังงานอย่างเป็นระบบและเปรียบเทียบค่าเกณฑ์มาตรฐานของการใช้พลังงานที่เหมาะสมของโรงเรียน

การเทียบสมรรถนะด้านการใช้พลังงานภายในโรงเรียนเป็นหนึ่งในเครื่องมือที่สำคัญสำหรับการประหยัดพลังงาน เพื่อให้โรงเรียนสามารถควบคุมปริมาณการใช้พลังงานควบคุมค่าใช้จ่ายในด้านพลังงานได้ และสามารถนำค่าใช้จ่ายที่ประหยัดได้ไปพัฒนาด้านอื่นๆ ของโรงเรียนต่อไป ซึ่งปัจจุบันจากการประเมินโรงเรียนสีเขียวของ กฟผ. ได้มีการประเมินด้านการใช้พลังงานของโรงเรียน ที่ประเมินตั้งแต่การออกแบบเบื้องต้น การเก็บรวบรวมข้อมูลและการวิเคราะห์ของพลังงานโรงเรียน การบำรุงรักษาระบบไฟฟ้า การใช้เครื่องใช้ไฟฟ้าที่มีประสิทธิภาพ การใช้แสงธรรมชาติภายในอาคาร เป็นต้น แต่ในด้านการเทียบสมรรถนะด้านการใช้พลังงานภายในอาคารนั้นยังไม่มีมีการประเมินที่ชัดเจนทำให้ไม่สามารถประเมินการใช้พลังงานของแต่ละโรงเรียนได้ และเนื่องด้วยในปัจจุบันการประเมินโรงเรียนสีเขียวของ กฟผ. ยังไม่มีการนำค่าการใช้พลังงานของแต่ละโรงเรียนมาเปรียบเทียบและวิเคราะห์หาค่าเกณฑ์มาตรฐานการใช้พลังงานที่ชัดเจนการพัฒนาเกณฑ์การเทียบสมรรถนะด้านการใช้พลังงานจึงเป็นหนึ่งในเครื่องมือสำคัญสำหรับการประเมินประสิทธิภาพการใช้พลังงานของแต่ละโรงเรียนเพื่อหาเกณฑ์การใช้พลังงานที่เหมาะสมของโรงเรียนสีเขียว และเพื่อให้เกิดการพัฒนาประสิทธิภาพการใช้พลังงานของโรงเรียนอย่างยั่งยืนต่อไปในอนาคต

2. วัตถุประสงค์ของการศึกษา

- 2.1 เพื่อหาค่าเกณฑ์การเทียบสมรรถนะด้านการใช้พลังงานไฟฟ้าที่เหมาะสมภายในโรงเรียนสีเขียว
- 2.2 เพื่อเปรียบเทียบค่าดัชนีการใช้พลังงานไฟฟ้าของแต่ละโรงเรียนได้อย่างเป็นระบบ

3. ขอบเขตของการศึกษา

- 3.1 ศึกษาเฉพาะโรงเรียนที่ผ่านการประเมินโรงเรียนสีเขียวของโครงการโรงเรียนสีเขียวที่จัดทำโดยการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย (กฟผ.)
- 3.2 ศึกษาเฉพาะค่าดัชนีการใช้พลังงานไฟฟ้า (Energy Index; kWh/m²Year, kWh/Person/Year) โดยรวมของโรงเรียนโดยไม่สนใจขนาดของโรงเรียน ประเภทของโรงเรียน และตำแหน่งที่ตั้งของโรงเรียน

4. การทบทวนวรรณกรรม

4.1 โรงเรียนสีเขียว

โรงเรียนสีเขียว (Green School) หมายถึง สถานศึกษาที่เสริมสร้างสภาพแวดล้อมที่ดีต่อสุขภาพและการใช้งานของผู้ใช้อาคาร โดยที่สามารถทำให้เกิดประสิทธิภาพในการเรียนรู้ ในขณะที่ได้ประหยัดพลังงาน ทรัพยากรต่างๆ และงบประมาณไปโดยพร้อมเพรียงกัน (The Center for Green Schools, 2015: Online) ซึ่งโดยทั่วไปแล้วโรงเรียนคือพื้นที่ที่เกิดการเรียนรู้ทั้งกับนักเรียนและอาจารย์ ซึ่งต้องมีการเกิดขึ้นของกระบวนการการเรียนการสอน และอีกความหมายหนึ่งของโรงเรียนสีเขียวคือ โรงเรียนต้นแบบด้านการอนุรักษ์พลังงานและสิ่งแวดล้อม โดยนำหลักการด้านการอนุรักษ์พลังงานและสิ่งแวดล้อมบูรณาการเข้ากับทุกระบบภายในโรงเรียน (การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย, 2014)

พัฒนาการของโรงเรียนสีเขียวในประเทศไทย เริ่มต้นจากปัญหาทางการใช้พลังงานไฟฟ้าในประเทศไทยที่เพิ่มมากขึ้น ทำให้การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย (กฟผ.) เห็นความสำคัญของการเสริมสร้างความรู้ด้านการอนุรักษ์พลังงานและสิ่งแวดล้อม จึงมีการเริ่มต้นจัดทำโครงการห้องเรียนสีเขียวเป็นโครงการนำร่องในการให้ความรู้ด้านการใช้พลังงานไฟฟ้าแก่นักเรียนตามโรงเรียนต่างๆ ทั่วประเทศ และต่อมาจึงมีการพัฒนาโครงการเป็นโครงการโรงเรียนสีเขียว ซึ่งนอกจากจะเสริมสร้างความรู้และทัศนคติการใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพแล้ว ยังมีการประเมินอาคารเรียนในด้านการอนุรักษ์พลังงานและสิ่งแวดล้อมโรงเรียนสีเขียวเริ่มต้นในปี พ.ศ. 2552 ปัจจุบัน พ.ศ. 2557 มีโรงเรียนที่เข้าร่วมโครงการโรงเรียนสีเขียวทั้งสิ้น 112 โรงเรียน ซึ่งมีโรงเรียนที่ผ่านการประเมินโดยเฉลี่ยประมาณ 20 โรงเรียนต่อปี โดยเป็นโรงเรียนทั่วประเทศที่รวมทั้งระดับประถมศึกษาและมัธยมศึกษา (การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย, 2014)

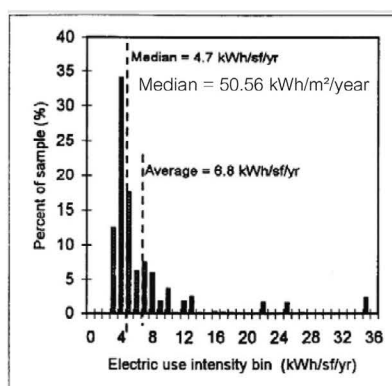
4.2 การเทียบสมรรถนะด้านการใช้พลังงานภายในอาคาร (Energy Benchmarking)

การเทียบสมรรถนะด้านการใช้พลังงานเป็นเครื่องมือสำหรับการประหยัดพลังงาน จากการกำหนดและควบคุมปริมาณหน่วยการใช้พลังงานไฟฟ้าภายในอาคาร เพื่อควบคุมค่าใช้จ่ายทางด้านพลังงาน จากการประเมินการใช้พลังงานโดยรวมทั้งอาคาร (Whole Building Energy Consumption) เพื่อหาค่าการใช้พลังงานที่เหมาะสม และเพื่อให้สามารถเปรียบเทียบการใช้พลังงานของแต่ละอาคารโดยวิธีการประเมินการใช้พลังงานไฟฟ้าภายในอาคารใช้การคำนวณค่าความเข้มข้นของการใช้พลังงาน (Energy Use Intensity: EUI) หรือจากค่าดัชนีการใช้พลังงาน (Energy Index) ด้วยการวัดปริมาณการใช้พลังงานของอาคารตลอดทั้งปี ในหน่วย kWh/m²/year หรือ kWh/Person/Year และมีวิธีการเทียบสมรรถนะโดยการวิเคราะห์ทางสถิติ (Statistical analysis) การประเมินแบบการให้คะแนน (Points-Based Rating System) การประเมินผ่านแบบจำลองคอมพิวเตอร์ (Simulation Model-Based Benchmarking) และการประเมินแบบลำดับชั้นจากการใช้วัดการใช้งาน (Hierarchical and End-Use Metric) (Kinney and Piette, 2002)

ข้อมูลที่สำคัญต่อการเทียบสมรรถนะด้านการใช้พลังงานของอาคารสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ประเภท คือ ข้อมูลจากการสำรวจสถานที่จริง และข้อมูลจากฐานข้อมูลของหน่วยงานต่างๆ ข้อมูลที่สำคัญที่ต้องเก็บ คือ ข้อมูลสภาพภูมิอากาศ ข้อมูลพื้นที่ต่อชั้นของอาคาร ข้อมูลการใช้อาคาร จำนวนเครื่องคอมพิวเตอร์ จำนวนชั่วโมงที่ปฏิบัติการ ส่วนข้อมูลทางกายภาพทั่วไปที่อาจนำมาใช้ในการประเมิน คือ จำนวนชั้นของอาคาร ประเภทของระบบปรับอากาศ ประเภทของโครงสร้างอาคาร ระบบการกันแดดของอาคาร กิจกรรมภายในอาคาร ประเภทของอาคาร การใช้พลังงานไฟฟ้าโดยรวมของอาคาร (Whole Building Energy: WBE) และค่าความเข้มข้นหรือค่าดัชนีของการใช้พลังงาน (Kinney and Piette, 2002)

4.3 กรณีศึกษาการเทียบสมรรถนะด้านการใช้พลังงานในอาคารประเภทโรงเรียน

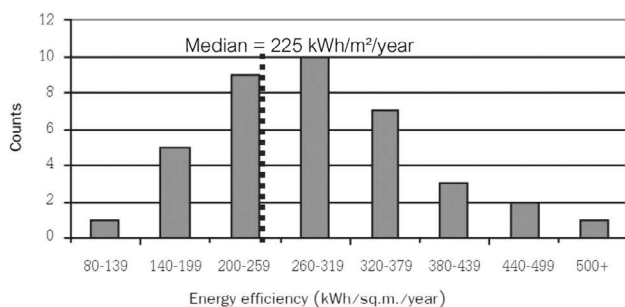
ตัวอย่างการเทียบสมรรถนะด้านการใช้พลังงานในอาคารประเภทโรงเรียนของสหรัฐอเมริกา จากงานวิจัยของ Sharp (1998) ดังที่แสดงในแผนภูมิที่ 1 พบว่าค่าการใช้พลังงานภายในอาคารของกลุ่มตัวอย่างมีการกระจายตัวแบบไม่ปกติ (Non-Normal Distribution) มีการเบ้ขวา (Right-Skewed) โดยอาจมีสาเหตุจากกลุ่มตัวอย่างเป็นกลุ่มอาคารโรงเรียนของรัฐบาลและอาจตั้งอยู่ในเขตสภาพภูมิอากาศที่ 3 ของ CBECS (Commercial Buildings Energy Consumption Survey) ที่เรียกว่าเขต Mid West East North Central ที่มีรัฐ Indiana รัฐ Illinois รัฐ Michigan รัฐ Ohio และรัฐ Wisconsin โดยมีสภาพอากาศอยู่ในช่วงที่มี CDD (Cooling Degree Day) น้อยกว่า 2,000 CDD แต่มี HDD (Heating Degree Day) มากกว่า 7,000 HDD หมายความว่ากลุ่มตัวอย่างอยู่ในเขตสภาพอากาศหนาวเย็น การใช้พลังงานในการทำความเย็นจึงอาจไม่สูงมาก และประกอบกับเป็นโรงเรียนรัฐบาล การใช้พลังงานจึงอาจไม่สูงมาก ส่งผลให้เกิดการกระจายตัวแบบไม่ปกติ โดยมีค่ามาตรฐานของการใช้พลังงานภายในอาคารอยู่ที่ 50.56 kWh/m²/Year (4.7 kWh/sf/Year) ซึ่งเขตที่ตั้งและสภาพอากาศมีผลต่อการใช้พลังงานของอาคาร (Sharp, 1998)



แผนภูมิที่ 1 การกระจายตัวของค่าดัชนีการใช้พลังงานของโรงเรียนในสหรัฐอเมริกา (Sharp, 1998)

4.4 กรณีการเทียบสมรรถนะด้านการใช้พลังงานภายในอาคารในประเทศไทย

ในประเทศไทยได้มีการศึกษาถึงการเทียบสมรรถนะด้านการใช้พลังงานภายในอาคารสำนักงานของกรุงเทพมหานคร โดยทำการเปรียบเทียบข้อมูลการใช้พลังงานของอาคารสำนักงานต่างๆ ในหน่วย kWh/m²/month และ kWh/m²/year เพื่อหาค่าเกณฑ์มาตรฐานของการใช้พลังงานในอาคารสำนักงานที่จะใช้เป็นเกณฑ์เพื่อเปรียบเทียบการใช้พลังงานในแต่ละอาคารสำนักงานในกรุงเทพมหานคร โดยนำข้อมูลทั้งหมดที่เก็บมานั้นมาคำนวณหาค่าดัชนีการใช้พลังงานรายเดือนและรายปีของแต่ละอาคาร โดยใช้ค่ามัธยฐานเป็นค่าเกณฑ์มาตรฐานของค่าการใช้พลังงานของอาคาร (Basecase) ซึ่งค่ามัธยฐานของค่าดัชนีการใช้พลังงานภายในอาคารสำนักงานอยู่ที่ 225 kWh/m²/Year และการกระจายตัวของการใช้พลังงานในอาคารสำนักงานมีลักษณะการกระจายตัวแบบปกติ (Normal Distribution) ดังที่แสดงในแผนภูมิที่ 2 (Tantiwanit, 2007)



แผนภูมิที่ 2 การกระจายตัวของค่าดัชนีการใช้พลังงานของอาคารสำนักงานในกรุงเทพมหานคร (Tantiwanit, 2007)

4.5 ประโยชน์ของการเทียบสมรรถนะด้านการใช้พลังงานภายในอาคาร

การเทียบสมรรถนะด้านการใช้พลังงานภายในอาคารทำให้สามารถหาปัญหาที่เกี่ยวข้องกับการใช้พลังงานของอาคารได้ ที่สาเหตุอาจมาจากการดำเนินการของระบบอาคาร การควบคุมระบบประกอบอาคาร หรือปัญหาที่อาจมาจากตัวระบบอาคาร นอกจากนี้ยังสามารถช่วยพัฒนาประสิทธิภาพของอาคาร ช่วยในการลดค่าใช้จ่ายทางด้านพลังงานและสามารถนำค่าใช้จ่ายส่วนที่ลดไปนั้นไปพัฒนาอาคารในด้านอื่นได้ ทั้งนี้ยังสามารถเปรียบเทียบหาอาคารที่มีประสิทธิภาพทางการใช้พลังงานของอาคารได้ดีที่สุดในกลุ่มอาคารตัวอย่าง เพื่อให้เกิดการพัฒนาและเกิดการแข่งขันภายในกลุ่มอาคารตัวอย่าง และยังได้ค่าเกณฑ์มาตรฐานสำหรับการใช้พลังงานภายในอาคารอย่างมีประสิทธิภาพเพื่อนำไปใช้ในการเปรียบเทียบต่อไป (Sharp, 1998)

จากการทบทวนวรรณกรรมพบว่าเกณฑ์การเทียบสมรรถนะด้านการใช้พลังงานภายในอาคารเป็นเครื่องมือที่นิยมใช้สำหรับการประหยัดพลังงานในอาคารต่างๆ ซึ่งจากการศึกษาของ Sharp (1998) ในอาคารประเภทโรงเรียนพบว่า การกระจายตัวของค่าดัชนีการใช้พลังงานต่อพื้นที่เป็นแบบการกระจายตัวแบบไม่ปกติมีลักษณะเบ้ขวา แต่ในประเทศไทยนั้นมีเพียงเกณฑ์การเทียบสมรรถนะด้านการใช้พลังงานเฉพาะภายในอาคารสำนักงาน ในงานวิจัยของ Tantiwanit (2007) ที่ผลการวิจัยพบว่าค่าดัชนีการใช้พลังงานต่อพื้นที่ที่มีการกระจายตัวแบบปกติ ค่าเฉลี่ยของค่าดัชนีการใช้พลังงานมีความใกล้เคียงกันกับค่ามัธยฐานของค่าดัชนีการใช้พลังงาน ส่วนการเทียบสมรรถนะด้านการใช้พลังงานในอาคารประเภทอาคารเรียนของประเทศไทยนั้นยังไม่มีข้อมูลชัดเจน การศึกษานี้จึงเลือกทำการศึกษาในอาคารประเภทโรงเรียนในโครงการโรงเรียนสีเขียวที่ถือเป็นตัวอย่างที่ดีในด้านการใช้พลังงานภายในโรงเรียน เนื่องจากการประเมินโรงเรียนสีเขียวในปัจจุบันได้ทำการประเมินด้านพลังงานภายในอาคารเบื้องต้นจากการวัดผลการใช้พลังงานต่อพื้นที่และต่อจำนวนคน แต่ยังไม่มีการนำค่าดังกล่าวมาเปรียบเทียบกันในแต่ละโรงเรียน เพื่อหาค่าเกณฑ์มาตรฐานการใช้พลังงานที่เหมาะสมของโรงเรียนสำหรับเปรียบเทียบโรงเรียนในโครงการและเพื่อให้เกิดการพัฒนาประสิทธิภาพในการใช้พลังงานภายในโรงเรียนและเป็นตัวอย่างที่ดีสำหรับโรงเรียนอื่นๆ ต่อไป

5. ระเบียบวิธีการศึกษา

5.1 การเก็บข้อมูลจากการขอข้อมูลการใช้พลังงานของโรงเรียน จากการประเมินโรงเรียนสีเขียวของการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทยที่ดำเนินการโดยฝ่ายบริหารและแผนงานด้านการใช้ไฟฟ้า ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2552 ถึง พ.ศ. 2556 จำนวนทั้งสิ้น 74 โรงเรียนโดยมีอัตราเฉลี่ยโรงเรียนที่ผ่านการประเมินเฉลี่ย 20 โรงเรียนต่อปี เป็นโรงเรียนทั่วประเทศที่รวมทั้งระดับประถมศึกษาและมัธยมศึกษาโดยใช้ข้อมูลการใช้พลังงานตลอดทั้งปีของโรงเรียน พื้นที่ทั้งหมดของโรงเรียน และจำนวนนักเรียน

5.2 การวิเคราะห์ข้อมูลสำหรับการหาเกณฑ์การเทียบสมรรถนะด้านการใช้พลังงานภายในโรงเรียน ใช้วิธีการวิเคราะห์ทางสถิติ (Statistical Analysis) โดยทำการเปรียบเทียบค่า Energy Index หรือดัชนีการใช้พลังงานของโรงเรียนในโครงการโรงเรียนทั้ง 74 โรงเรียน ซึ่งคิดค่าดัชนีการใช้พลังงานจากการใช้พลังงานต่อพื้นที่ ($\text{kWh}/\text{m}^2/\text{Year}$) และค่าการใช้พลังงานต่อจำนวนนักเรียน ($\text{kWh}/\text{Person}/\text{Year}$) โดยนำข้อมูลการใช้พลังงานทั้งหมดของทุกโรงเรียนมาคำนวณหาค่ามัธยฐาน (Median) ค่าการใช้พลังงานไฟฟ้าสูงสุดของอาคาร (Maximum) ค่าการใช้พลังงานไฟฟ้าน้อยที่สุดของอาคาร (Minimum) ค่าเฉลี่ย (Mean/ Average) และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation: SD) เพื่อหาค่าเกณฑ์มาตรฐานของการใช้พลังงานไฟฟ้าในอาคาร

5.3 การหาการกระจายตัวของความถี่ค่าดัชนีการใช้พลังงานภายในโรงเรียน โดยการนำข้อมูลการใช้พลังงานทั้งหมดของทุกโรงเรียนมาจัดเรียงจากน้อยที่สุดไปมากที่สุด ทั้งจากค่าดัชนีการใช้พลังงานต่อพื้นที่และค่าดัชนีการใช้พลังงานต่อคน โดยทำการแบ่งข้อมูลตามอันตรภาคชั้น (Range) เพื่อหาความถี่ (Frequency) ของค่าดัชนีการใช้พลังงานของแต่ละโรงเรียน ค่าความถี่สะสม (Cumulative Frequency) ร้อยละของความถี่สะสม (Cumulative Percentile) และทำแผนภูมิแสดงการกระจายตัว

6. เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ต้องใช้

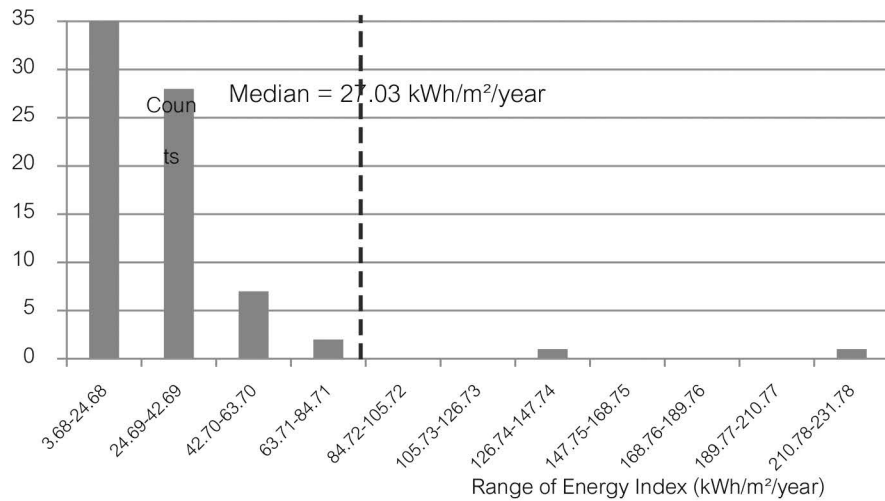
เครื่องมือในการวิเคราะห์ผลการศึกษา ใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ Microsoft Office Excel

7. ผลการวิจัย

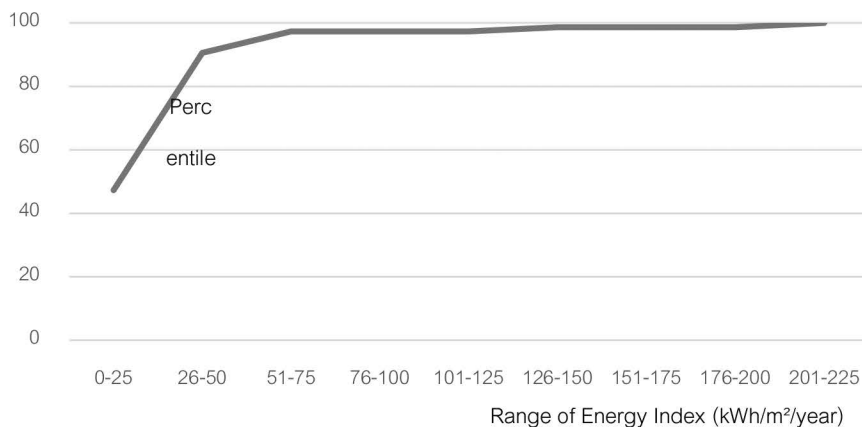
จากการเก็บข้อมูลพบว่าข้อมูลการใช้ไฟฟ้าของโรงเรียนจากการประเมินโรงเรียนสีเขียวของการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2552 ถึง พ.ศ. 2556 จำนวนทั้งสิ้น 74 โรงเรียนในขั้นตอนแรกทำการเทียบสมรรถนะด้านการใช้พลังงานในโรงเรียนด้วยค่าดัชนีการใช้พลังงานต่อพื้นที่ ($\text{kWh}/\text{m}^2/\text{Year}$) ซึ่งได้ค่ามัธยฐาน (Median) ที่จะให้เป็นค่าเกณฑ์มาตรฐานสำหรับการวัดประสิทธิภาพของการใช้พลังงาน เนื่องจากผลการกระจายตัวของค่าดัชนีการใช้พลังงานต่อพื้นที่เป็นการกระจายตัวแบบไม่ปกติ (Non-Normal Distribution) ที่มีลักษณะเบ้ขวา ตามที่แสดงในแผนภูมิที่ 3 โดยค่ามัธยฐานมีค่าเท่ากับ $27.03 \text{ kWh}/\text{m}^2/\text{Year}$ มีค่าเฉลี่ย (Mean/ Average) ของค่าดัชนีการใช้พลังงานต่อพื้นที่เท่ากับ $30.80 \text{ kWh}/\text{m}^2/\text{Year}$ ดังแสดงในตารางที่ 1 และมีค่าการกระจายตัวของค่าร้อยละดัชนีสะสมของการใช้พลังงานไฟฟ้าต่อพื้นที่ (Cumulative Percentile) ดังที่แสดงในแผนภูมิที่ 4

ตารางที่ 1 ค่าการวิเคราะห์ทางสถิติของค่าดัชนีการใช้พลังงานไฟฟ้าต่อพื้นที่ ($\text{kWh}/\text{m}^2/\text{year}$)

ค่ามัธยฐาน (Median)	ค่าเฉลี่ย (Mean)	ค่าการใช้พลังงานน้อยที่สุด (Min)	ค่าการใช้พลังงานมากที่สุด (Max)	พิสัย	ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD)
27.03	30.80	3.68	210.89	207.21	28.60



แผนภูมิที่ 3 การกระจายตัวของค่าดัชนีการใช้พลังงานของโรงเรียนสีเขียวต่อพื้นที่ (kWh/m²/year).

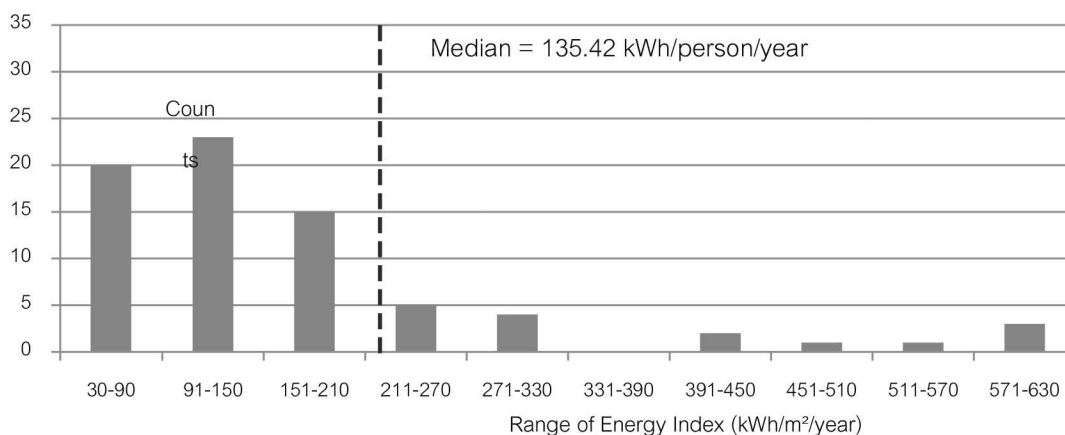


แผนภูมิที่ 4 การกระจายตัวของค่าร้อยละดัชนีสะสมของการใช้พลังงานไฟฟ้าต่อพื้นที่ (kWh/m²/year)

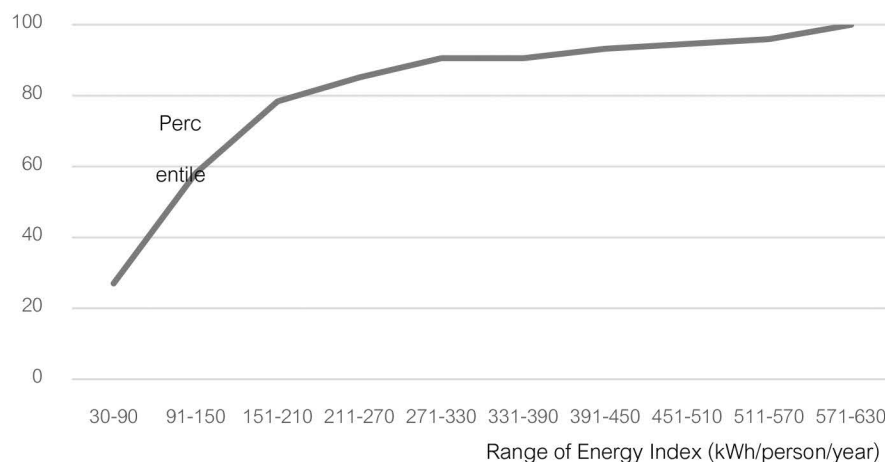
ในขั้นตอนต่อมาได้ทำการเทียบสมรรถนะด้านการใช้พลังงานในโรงเรียนด้วยค่าดัชนีการใช้พลังงานต่อจำนวนผู้ใช้งาน (kWh/Person/Year) ซึ่งได้ค่ามัธยฐานที่จะใช้เป็นค่าเกณฑ์มาตรฐานสำหรับการวัดประสิทธิภาพของการใช้พลังงาน เนื่องจากมีการกระจายตัวแบบไม่ปกติที่มีลักษณะเบ้ขวา ดังแสดงในแผนภูมิที่ 5 โดยมีค่ามัธยฐานเท่ากับ 135.42 kWh/Person/Year มีค่าเฉลี่ยดัชนีการใช้พลังงานต่อพื้นที่เท่ากับ 173.48 kWh/Person/Year ดังแสดงในตารางที่ 2 และมีค่าการกระจายตัวของค่าร้อยละดัชนีสะสมของการใช้พลังงานไฟฟ้าต่อคน ดังที่แสดงในแผนภูมิที่ 6

ตารางที่ 2 ค่าการวิเคราะห์ทางสถิติของค่าดัชนีการใช้พลังงานไฟฟ้าต่อคน (kWh/Person/Year)

ค่ามัธยฐาน (Median)	ค่าเฉลี่ย (Mean)	ค่าการใช้พลังงานน้อยที่สุด (Min)	ค่าการใช้พลังงานมากที่สุด (Max)	พิสัย	ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD)
135.42	173.48	31.27	606.09	575.33	135.24



แผนภูมิที่ 5 การกระจายตัวของค่าดัชนีการใช้พลังงานของโรงเรียนสีเขียวต่อคน (kWh/person/year)



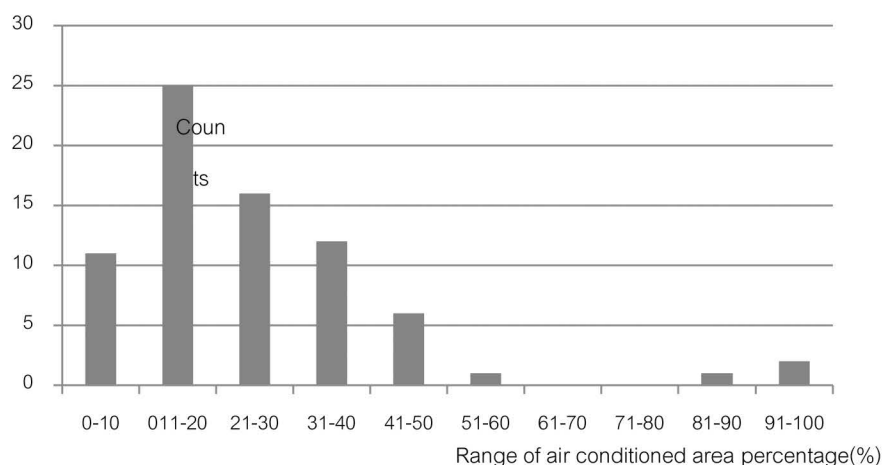
แผนภูมิที่ 6 การกระจายตัวของค่าร้อยละดัชนีสะสมของการใช้พลังงานไฟฟ้าต่อคน (kWh/Person/Year)

8. สรุปผลการวิจัย

การเทียบสมรรถนะด้านการใช้พลังงานภายในอาคารเป็นเครื่องมือที่ใช้สำหรับการประหยัดพลังงานในอาคารอีกวิธีหนึ่งที่สามารถช่วยให้ผู้บริหารหรือหน่วยงานจัดการงานระบบอาคารวางแผนการจัดการพลังงานได้ โดยจากการวิเคราะห์ข้อมูลของโครงการโรงเรียนสีเขียวของการไฟฟ้าผลิตแห่งประเทศไทย (กฟผ.) จำนวน 74 โรงเรียนนั้น พบว่า การกระจายตัวของค่าดัชนีการใช้พลังงานต่อพื้นที่และค่าดัชนีการใช้พลังงานต่อคนเป็นการกระจายตัวแบบไม่ปกติที่มีลักษณะเบ้ขวา ซึ่งมีความใกล้เคียงกับการวิจัยของ Sharp (1998) ที่ทำการเทียบสมรรถนะด้านการใช้พลังงานในโรงเรียนของสหรัฐอเมริกา แต่มีความแตกต่างกับงานวิจัยของ Tantiwanit (2007) ที่ทำการเทียบสมรรถนะด้านการใช้พลังงานภายในอาคารสำนักงานของประเทศไทย ที่มีลักษณะของการกระจายตัวของค่าดัชนีการใช้พลังงานต่อพื้นที่เป็นการกระจายตัวแบบปกติ

จากความแตกต่างของการกระจายตัวพบว่าสาเหตุมาจากงานระบบภายในอาคารที่อาคารเรียนของโรงเรียนมีความแตกต่างกับอาคารสำนักงาน เนื่องจากอาคารสำนักงานที่พื้นที่เกือบทั้งหมดเป็นพื้นที่ที่ต้องการการปรับอากาศ จึงส่งผลให้การใช้พลังงานภายในอาคารมีค่าสูงและมีค่าการใช้พลังงานใกล้เคียงกันในกลุ่มอาคารตัวอย่าง ในขณะที่อาคารของโรงเรียนมีพื้นที่ปรับอากาศภายในโรงเรียนไม่เท่ากันในแต่ละโรงเรียน โดยส่วนมากโรงเรียนมีพื้นที่ปรับอากาศอยู่ที่ร้อยละ 11-20 ตามที่แสดง

ในแผนภูมิที่ 7 จึงอาจส่งผลทำให้การกระจายตัวของค่าดัชนีการใช้พลังงานต่อพื้นที่และต่อคนเป็นการกระจายตัวแบบไม่ปกติ โดยค่ามัธยฐานของค่าดัชนีการใช้พลังงานของโรงเรียนต่อพื้นที่มีค่าเท่ากับ 27.03 kWh/m²/Year เป็นค่าใช้จ่ายทั้งสิ้น 81.083 บาทต่อตารางเมตรต่อปี และค่ามัธยฐานของค่าดัชนีการใช้พลังงานของโรงเรียนต่อคนมีค่าเท่ากับ 135.42 kWh/p(Person)/Year เป็นค่าใช้จ่ายทั้งสิ้น 406.26 บาทต่อคนต่อปี คำนวณจากค่าราคาไฟฟ้าของการไฟฟ้านครหลวงโดยประมาณ 3 บาทต่อหนึ่งหน่วย (kWh) จากอาคารประเภทที่ 3 กิจกรรมขนาดกลาง ที่ลักษณะการใช้งานเป็นการใช้ไฟฟ้าเพื่อประกอบธุรกิจหน่วยงานราชการ เป็นต้น (การไฟฟ้านครหลวง, 2014)



แผนภูมิที่ 7 การกระจายตัวของร้อยละของพื้นที่ปรับอากาศในโรงเรียนของโครงการโรงเรียนสีเขียว

การเปรียบเทียบเกณฑ์การเทียบสมรรถนะด้านการใช้พลังงานภายในอาคารที่มีความใกล้เคียงกัน ทั้งจากอาคารประเภทโรงเรียนในประเทศในงานวิจัยของ Sharp (1998) และจากสถานที่ที่มีความใกล้เคียงในการศึกษาของ Tantiwanit (2007) ที่ทำการศึกษาในอาคารสำนักงานของกรุงเทพมหานคร พบว่า ค่ามัธยฐานของการเทียบสมรรถนะด้านการใช้พลังงานภายในอาคารของโรงเรียนสีเขียวในประเทศไทยของ กฟผ. มีค่าน้อยที่สุด โดยมีค่าน้อยกว่าโรงเรียนในสหรัฐอเมริกาของ Sharp (1998) ถึงร้อยละ 47 ซึ่งความแตกต่างมาจากสถานที่ตั้งและสภาพภูมิอากาศของพื้นที่นั้นๆ ส่วนค่ามัธยฐานของการเทียบสมรรถนะด้านการใช้พลังงานภายในอาคารที่มากที่สุดคือ ค่ามัธยฐานของอาคารสำนักงานในกรุงเทพมหานครจากการศึกษาของ Tantiwanit (2007) ที่มีค่ามากกว่าโรงเรียนสีเขียวของ กฟผ. ถึงร้อยละ 88 และมีค่าทางสถิติของแต่ละเกณฑ์การเทียบสมรรถนะด้านการใช้พลังงาน ดังแสดงในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 การเปรียบเทียบค่าเกณฑ์การเทียบสมรรถนะด้านการใช้พลังงานของโรงเรียน (kWh/m²/Year)

เกณฑ์การเทียบสมรรถนะด้านการใช้พลังงาน	Median	Mean	Minimum	Maximum
โรงเรียนในเขต Census ที่ 3 สหรัฐอเมริกา (Sharp, 1998)	50.56	63.15	32.27	376.53
อาคารสำนักงานในกรุงเทพมหานคร (Tantiwanit, 2007)	225.00	233.00	90.00	488.00
โรงเรียนสีเขียวของการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย	27.03	30.80	3.68	210.89

9. ข้อเสนอแนะ

ข้อเสนอแนะสำหรับงานวิจัยต่อไปสำหรับการเทียบสมรรถนะด้านการใช้พลังงานของโรงเรียน ควรพิจารณาในตัวแปรหรือปัจจัยทางด้านสภาพแวดล้อมอื่นๆ เช่น สภาพภูมิอากาศ สถานที่ตั้งของโรงเรียน ขนาดของโรงเรียน ระดับหรือประเภทของโรงเรียน เป็นต้น เพื่อให้ได้ค่าเกณฑ์มาตรฐานที่มีประสิทธิภาพและมีความแม่นยำมากยิ่งขึ้น หรือทำการเทียบสมรรถนะด้านการใช้พลังงานในโรงเรียนอื่นๆ นอกเหนือจากโรงเรียนในโครงการโรงเรียนสีเขียว เช่น โรงเรียนในสังกัดกรุงเทพมหานคร โรงเรียนสังกัดรัฐบาล หรือโรงเรียนเอกชน เป็นต้น

เอกสารอ้างอิง

- การไฟฟ้านครหลวง. **เกี่ยวกับค่าไฟฟ้า**. [online]. 2014. Available from <http://www.mea.or.th/profile/index.php?tid=3&mid=111&pid=109> [2014, November 19]
- กองเสริมสร้างทัศนคติ ฝ่ายบริหารและแผนงานด้านการใช้ไฟฟ้า การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย. **โครงการยกระดับห้องเรียนสีเขียวมุ่งสู่โรงเรียนสีเขียว เพื่อสร้างเครือข่ายรักษพลังงาน ประจำปี 2557**. แบบประเมินการดำเนินงานของโรงเรียนเพื่อยกระดับเป็นโรงเรียนสีเขียว, 2014.
- Hernandez, P., Burke, K. and Lewis, J. O. Development of energy performance benchmarks and building energy ratings for non-domestic buildings: An example for Irish primary schools. **Energy and Buildings** 40 (2008): 249-254.
- Kinney, S. and Piette, M. A. Development of a California commercial building energy benchmarking database. **Information and Electronic Technologies: Promises and Pitfalls** (2002): 7.109-7.120.
- Sharp, T. R. Benchmarking energy use in schools. **Proceedings of the ACEEE 1998 Summer Study on Energy Efficiency in Buildings** 3 (1998): 3.305-3.316.
- Tantiwanit, K. Establishing energy consumption benchmarks of offices buildings in Bangkok. **Journal of Architectural/Planning Research and Studies** 5 (2007): 55-63.
- The Center for Green Schools. **Why Green Schools**. [online]. 2015. Available from <http://www.centerforgreenschools.org/why-green-schools.aspx> [2015, May 20]