ดัชนีชี้วัดอาคารสีเขียวเพื่อประหยัดพลังงานกรณีศึกษาอาคารสีเขียวบริษัทมหาชน

โดย

นายเทียนธรรม จุนเจือจาน

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร

วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิตสาขาวิชาวิศวกรรมศาสตร์และการจัดการเชิงธุรกิจ

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

ปีการศึกษา 2559

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

Ref. code: 25595710038380FWJ

ดัชนีชี้วัดอาคารสีเขียวเพื่อประหยัดพลังงานกรณีศึกษาอาคารสีเขียวบริษัทมหาชน

โดย

นายเทียนธรรม จุนเจือจาน

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร

วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิตสาขาวิศวกรรมศาสตร์และการจัดการเชิงธุรกิจ

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

ปีการศึกษา 2559

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

Ref. code: 25595710038380FWJ

Green Building Indicator for Energy Optimization: Case Study of Public Limited Company Buildings

BY

MR. TIENTAM JUNJUAJARN

A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT OF THE REQUIREMENTS FOR THE MASTER OF ENGINEERING

ENGINEERING AND BUSINESS MANAGEMENT

FACULTY OF ENGINEERING

THAMMASAT UNIVERSITY

ACADEMIC YEAR 2016

COPYRIGHT OF THAMMASAT UNIVERSITY

Ref. code: 25595710038380FWJ

มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

คณะวิศวกรรมศาสตร์

วิทยานิพนธ์

ของ

นายเทียนธรรม จุนเจือจาน

เรื่อง

ดัชนีชี้วัดอาคารสีเขียวเพื่อประหยัดพลังงานกรณีศึกษาอาคารสีเขียวบริษัทมหาชน

ได้รับการตรวจสอบและอนุมัติ ให้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร

วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

เมื่อ วันที่ 26 มิถุนายน พ.ศ. 2560

ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ _____

(รองศาสตราจารย์ ดร.สุวิมล อัศวพิศิษฐ)

กรรมการและอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ _____

(ศาสตราจารย์ ดร. จงรักษ์ ผลประเสริฐ)

กรรมการสอบวิทยานิพนธ์ _____

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ดนัย วันทนากร)

คณบดี _____

(รองศาสตราจารย์ ดร. ประภัสสร์ วังศกาญจน์)

หัวข้อวิทยานิพนธ์	ดัชนีชี้วัดอาคารสีเขียวเพื่อประหยัดพลังงาน กรณีศึกษาอาคารสีเขียวบริษัทมหาชน
ชื่อผู้เขียน	นายเทียนธรรม จุนเจือจาน
ชื่อปริญญา	วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา/คณะ/มหาวิทยาลัย	วิศวกรรมศาสตร์และการจัดการเชิงธุรกิจ วิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์	ศาสตราจารย์ ดร. จงรักษ์ ผลประเสริฐ
ปีการศึกษา	2559

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาดัชนีชี้วัดอาคารสีเขียวเพื่อประหยัดพลังงาน กรณีศึกษาอาคารสีเขียวบริษัทมหาชนเพื่อนำเสนอดัชนีชี้วัดวิธีการก่อสร้างสีเขียวให้ได้มาตรฐาน สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ในการก่อสร้างที่อื่นๆได้และศึกษาวิเคราะห์ ดัชนีการใช้พลังงานในอาคารสำนักงานต่างๆในประเทศไทย พร้อมทั้งเสนอแนวทางการจัดการพลังงานในอาคารสำนักงานต่างๆ และข้อมูลด้านกายภาพของ 2 กลุ่มอาคารสีเขียวบริษัทมหาชนที่นำมาทดสอบดัชนีคือ ปริมาณการใช้ไฟฟ้าในระบบปรับอากาศ,ระบบแสงสว่างและค่าอาคารสีเขียวนำไปสู่การพัฒนาแบบจำลองสามารถทดสอบดัชนีการใช้ไฟฟ้า ผลการศึกษาพบว่าจากแบบจำลองสมการที่เหมาะสมคือ ดัชนีอาคารสีเขียว 6.97 กิโลวัตต์ชั่วโมงต่อปีต่อตารางเมตร เท่ากับ 0.59+2.29 (ดัชนีเครื่องปรับอากาศ) +0.04 (ดัชนีแสงสว่าง) -0.92 (ค่าอาคารเขียว) แบบจำลองสมการรวมนี้สามารถนำมาประยุกต์ใช้ในการลดปริมาณการใช้ไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศและแสงสว่างเพื่อปรับปรุงอาคารให้ได้มาตรฐานอาคารสีเขียว

คำสำคัญ: อาคารสีเขียว,ดัชนีการใช้พลังงาน,พลังงานไฟฟ้า

Ref. code: 25595710038380FWJ

Thesis Title	Green Building Indicator for Energy Optimization: Case Study of Public limited Company Buildings
Author	Mr. Tientam Junjuajarn
Degree	Master of Engineering
Department/Faculty/University	Engineering and Business Management Engineering Thammasart University
Thesis Advisor	Professor Dr. Chongrak Polprasert
Academic Year	2016

Abstract

This paper presents a study of Green Building Indicators for Energy Optimization of public company buildings. The proposed indicators demonstrate how green building standards can be used in the operation of other public companies for optimization of energy consumption in office buildings in the country. Guidelines for energy management in buildings and offices and the physical side of other buildings were compared. Measuring the power consumption in air conditioning systems, lighting systems and Green Building Index contributed to the development of a Green building model .The Green energy index was found to be 6.97 kWh/year per square meter which is equal to 0.59 + 2.29 (Air conditioning Index) + 0.04 (Lighting Index) -0.92 (Green Energy Index). This model can be applied to reduce the electrical consumption of air conditioning and lighting to improve building standards for green buildings.

Keywords: Green Energy Index, Energy, Model

Ref. code: 25595710038380FWJ

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงด้วยดี เนื่องจากได้รับความกรุณาและชี้แนะที่เป็นประโยชน์จากคณะกรรมการวิทยานิพนธ์ทุกท่าน โดยขอบพระคุณท่านอาจารย์ ศาสตราจารย์ ดร.จงรักษ์ ผลประเสริฐ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ดนัย วันทนากร กรรมการสอบวิทยานิพนธ์ และรองศาสตราจารย์ ดร.สุวิมล อัศวพิศิษฐ ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ซึ่งท่านได้ให้ข้อมูลและคำแนะนำต่าง ๆ ซึ่งเป็นประโยชน์ต่อผู้เขียน โดยเฉพาะการวางเค้าโครง แนวทางการเขียนเนื้อหาและบทวิเคราะห์ ตลอดจนการกำหนดกรอบเวลาในการเสนอความคืบหน้าของงาน ซึ่งถือเป็นแรงกระตุ้นให้แก่ผู้เขียนได้อย่างดียิ่ง ทั้งท่านอาจารย์ยังได้สละเวลาอันมีค่าตรวจสอบความถูกต้องของงานผู้เขียนอีกด้วย ผู้เขียนรู้สึกซาบซึ้งใจและสำนึกในพระคุณของท่านอาจารย์เป็นอย่างยิ่ง จึงขอกราบขอบพระคุณท่านอาจารย์ไว้ ณ ที่นี้

สุดท้ายนี้ ผู้วิจัยขอขอบพระคุณบิดามารดา และครอบครัว ซึ่งเปิดโอกาสให้ได้รับการศึกษาเล่าเรียน ตลอดจนคอยช่วยเหลือและให้กำลังใจผู้วิจัยเสมอมาจนสำเร็จการศึกษา รวมทั้งกราบเป็นกตเวทิตาแก่บิดา มารดา คณาจารย์และผู้มีพระคุณที่ได้อบรมเลี้ยงดู ให้ความรู้ ความเมตตา แก่ผู้เขียน แต่หากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้มีความบกพร่องประการใด ผู้เขียนขอน้อมรับความผิดพลาด ไว้แต่เพียงผู้เดียว

นายเทียนธรรม จุนเจือจาน

Ref. code: 25595710038380FWJ

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย (1)

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ (2)

กิตติกรรมประกาศ (3)

สารบัญตาราง (8)

สารบัญภาพ (9)

บทที่ 1 บทนำ 1

1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา 1

1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา 3

1.3 ขอบเขตการศึกษา 4

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 4

Ref. code: 25595710038380FWJ

หน้า

บทที่ 2 วรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 5

2.1 การจัดการพลังงานและสิ่งแวดล้อมของอาคารบรรณสาร2 ศูนย์บรรณสารและสื่อการศึกษา 5

2.2 บริบทของวิสาหกิจชุมชนการท่องเที่ยวตามองค์ประกอบมาตรฐานการท่องเที่ยวสีเขียว 5

2.3 เกณฑ์การใช้พลังงานเพื่อการบริหารจัดการพลังงานอย่างเป็นระบบในอาคารพาณิชย์ 6

2.4 นวัตกรรมการจัดการพลังงานทดแทน ความเป็นไปได้ในการพัฒนาโครงการบ้านจัดสรรประเภทบ้านเดี่ยวระดับกลางในเชิงนิเวศน์ 6

2.5 ผนังไม้เลื้อยป้องกันแสงแดดในชิลี สู้ธรรมชาติด้วยธรรมชาติ 7

2.6 กฎหมายอาคารเขียวของมลรัฐแมรี่แลนด์ 7

2.7 มูลค่าก่อสร้างของอาคารสีเขียว 13

2.8 อนาคตอาคารสีเขียว 13

2.9 เกณฑ์การใช้พลังงานในอาคารประเภทต่างๆ ในประเทศไทย 14

2.10 อาคารสีเขียวสถาปัตยกรรมเพื่อสิ่งแวดล้อม 15

2.11 สถาปัตยกรรมสีเขียว: การท้าทายเพื่อความยั่งยืน 17

2.12 การออกแบบให้สอดคล้องกับสภาพอากาศ 18

2.13 มาตรฐาน LEED 20

Ref. code: 25595710038380FWJ

หน้า

2.14 อาคารสำนักงานเขียว 23

2.15 ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรและการทำนายตัวแปร 25

บทที่ 3 วิธีการวิจัย 27

3.1 ระเบียบวิธีวิจัย 27

3.2 รูปแบบการวิจัย 27

3.3 วิธีการดำเนินการวิจัย 27

3.4 การวิเคราะห์ข้อมูล 30

3.4.1 สมการการคำนวณดัชนีการใช้พลังงานของอาคาร 30

3.4.2 คำจำกัดความที่ใช้ในการคำนวณ 31

บทที่ 4 ผลการวิจัยและอภิปรายผล 32

4.1 ข้อมูลทางด้านกายภาพ 32

4.1.1 กลุ่มอาคารสีเขียว 32

4.1.2 กลุ่มอาคารไม่ใช่สีเขียว 35

4.2 การศึกษาเกณฑ์การออกแบบอาคารประหยัดพลังงานได้มีการเปรียบเทียบ 37

กลุ่มอาคารสีเขียวและอาคารไม่ใช่สีเขียว

Ref. code: 25595710038380FWJ

หน้า

4.3 ข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้ารวม 38

4.4 ความสัมพันธ์ของข้อมูล 51

บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ 54

5.1 สรุปการวิจัย 54

5.2 ข้อเสนอแนะ 54

รายการอ้างอิง 56

ภาคผนวก 59

ภาคผนวก ก 60

ภาคผนวก ข 61

ภาคผนวก ค 62

ประวัติผู้เขียน 63

Ref. code: 25595710038380FWJ

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

4.1 ข้อมูลตารางเปรียบเทียบการออกแบบอาคารประหยัดพลังงานกลุ่มอาคารสีเขียว และอาคารไม่ใช่สีเขียว 37

4.2 ข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้าอาคารตัวอย่างรายเดือนในรอบ 12 เดือน 39

4.3 สรุปการใช้พลังงานไฟฟ้าอาคารที่เป็นอาคารสีเขียว 40

4.4 สรุปการใช้พลังงานไฟฟ้าอาคารที่เป็นอาคารสีเขียวอาคารตัวอย่างเพื่อทดสอบ 41

4.5 สรุปการใช้พลังงานไฟฟ้าตัวอย่างอาคารไม่ใช่สีเขียวเพื่อทดสอบ 41

4.6 สรุปดัชนีรวมการใช้พลังงานไฟฟ้าตัวอย่างอาคารสีเขียว 42

4.7 สรุปดัชนีรวมการใช้พลังงานไฟฟ้ารวมอาคารสีเขียวทดสอบ 43

4.8 สรุปดัชนีรวมการใช้พลังงานไฟฟ้ารวมอาคารไม่ใช่สีเขียว 44

4.9 ค่าดัชนีการใช้ไฟฟ้าในระบบปรับอากาศ (กิโลวัตต์ชั่วโมงต่อตารางเมตร) 45

4.10 สรุปดัชนีรวมการใช้พลังงานไฟฟ้าระบบปรับอากาศอาคารสีเขียว 46

4.11 สรุปดัชนีรวมการใช้พลังงานไฟฟ้าระบบปรับอากาศอาคารทดสอบที่เป็นอาคารสีเขียว 47

4.12 สรุปดัชนีรวมการใช้พลังงานไฟฟ้าระบบปรับอากาศอาคารไม่ใช่สีเขียว 47

4.13 ค่าดัชนีการใช้ไฟฟ้าในระบบแสงสว่าง (กิโลวัตต์ชั่วโมงต่อตารางเมตร) 48

4.14 สรุปดัชนีรวมการใช้พลังงานไฟฟ้าระบบแสงสว่างอาคารสีเขียว 49

Ref. code: 25595710038380FWJ

ตารางที่ หน้า

4.15 สรุปดัชนีรวมการใช้พลังงานไฟฟ้าระบบแสงสว่างอาคารสีเขียวทดสอบ 50

4.16 สรุปดัชนีรวมการใช้พลังงานไฟฟ้าระบบแสงสว่างทดสอบอาคารไม่ใช่สีเขียว 51

4.17 การวิเคราะห์ค่าดัชนีการใช้ไฟฟ้าด้วยการวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณ 51

4.18 การทดสอบดัชนีอาคารสีเขียวและอาคารไม่ใช่สีเขียว 53

Ref. code: 25595710038380FWJ

สารบัญภาพ

ภาพที่ หน้า

2.1 ประเภทของการประเมินอาคารสีเขียวปัจจัยต่างๆ 23

2.2 ภาพตัวอย่างอาคารสำนักงานเขียวที่ผ่านมาตรฐาน LEED 24

3.1 ระเบียบวิธีวิจัย 29

Ref. code: 25595710038380FWJ

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา

ในสภาวะการปัจจุบัน ปัญหาเรื่องสิ่งแวดล้อมและพลังงานเป็นปัญหาหลักทั้งในระดับประเทศและระดับโลกเป็นผลทำให้มนุษย์ทำการศึกษาและหาแนวทางการป้องกันเพราะมีผลต่อเนื่องและเกี่ยวข้องกันทั้งโลก ด้วยหลายๆสาเหตุ เช่น การเพิ่มจำนวนของประชากรโลก การใช้พลังงานมากขึ้น ความก้าวหน้าทางเทคโนโลยี และการขยายตัวทางเศรษฐกิจ ทำให้มีการใช้ปัจจัยพื้นฐานเกินความจำเป็น ทำให้เกิดปัญหาสิ่งแวดล้อมและพลังงานประเทศไทยเริ่มมีบทบาทในการอนุรักษ์สิ่งแวดล้อมไปพร้อมๆกับนานาประเทศจึงเกิดแนวคิดการก่อสร้างอาคารสีเขียวขึ้น เพื่อเป็นจุดเริ่มต้นของแบบอย่างในการแก้ปัญหา ทางออกหนึ่งของการประหยัดพลังงานเพราะอาคารแต่ละอาคารมีการใช้งานในระยะยาว ยิ่งอาคารสูงย่อมต้องมีการใช้พลังงานมากกว่าอาคารทั่วไปโดยพลังงานที่ใช้มากที่สุดคือหลังงานไฟฟ้า ถ้ามีการจัดการที่ไม่เหมาะสมแล้วจะส่งผลกระทบต่อตัวอาคาร ตลอดจน สังคมและชุมชนโดยรอบ ประเทศและโลกตามมา แนวคิดในการก่อร้าง อาคารสีเขียว จึงเป็นสิ่งที่ควรใช้ความสำคัญเพราะอาคารสีเขียวนั้นเป็นอาคารที่ได้รับการออกแบบและก่อสร้าง โดยคำนึงถึงพลังงานและสิ่งแวดล้อมเป็นสำคัญ เป็นอาคารที่ใช้พลังงานอย่างคุ้มค่าและเกิดประโยชน์สูงสุดและส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมน้อยที่สุด เป็นส่วนสำคัญหลักในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ในการก่อสร้างอาคารสีเขียว ต้องมีการบริหารจัดการและสร้างนวัตกรรมที่สอดคล้องกับผู้ประกอบการจึงจะสามารถดำเนินการสร้างอาคารที่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมน้อยที่สุด

ซึ่งในปัจจุบันประเทศไทยได้มีกฎหมายบังคับใช้ในการสร้างอาคารเพื่อกำหนดมาตรการ เพื่อลดปัญหาสิ่งแวดล้อมแล้วนั้น แต่ยังไม่ได้เน้นในส่วนของการก่อสร้างอาคารที่ออกมาอย่างชัดเจน ดังนั้นจึงควรกำหนดให้ชัดเจนบรรลุวัตถุประสงค์การสร้างอาคารสีเขียว กล่าวถึงการศึกษาเกณฑ์การใช้พลังงานในอาคารบริษัทมหาชน โดยอาศัยหลักการเปรียบเทียบการใช้พลังงานในอาคาร ที่มีลักษณะคล้ายคลึงกันถือเป็นเครื่องมือที่ช่วยในการริเริ่มการดำเนินการประเมินและชี้วัดการใช้

Ref. code: 25595710038380FWJ

พลังงานในอาคาร นำไปสู่การดำเนิน นโยบายการบริหารจัดการพลังงานอย่างเป็นระบบและเป็นส่วนสำคัญในการช่วยอนุรักษ์พลังงานในอาคาร ลดค่าใช้จ่ายด้านพลังงานของอาคารและเพิ่มศักยภาพในการแข่งขันทางธุรกิจ

สภาวะโลกร้อนคือการที่อุณหภูมิเฉลี่ยของโลกเพิ่มขึ้นจากภาวะเรือนกระจก หรือที่เรารู้จักกันดีในชื่อว่า Green House Effect ซึ่งมีต้นเหตุจากการที่มนุษย์ ได้เพิ่มปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จาก การเผาไหม้เชื้อเพลิงต่างๆ การใช้พลังงานและทรัพยากรธรรมชาติอย่างสิ้นเปลือง การขนส่ง และ การผลิตในโรงงานอุตสาหกรรม นอกจากนั้น มนุษย์เรายังได้เพิ่มก๊าซกลุ่มไนตรัสออกไซด์ และคลอโรฟลูโรคาร์บอน (Chlorofluorocarbon, CFC) เข้าไปอีกด้วยพร้อมๆกับการที่เราตัดและทำลายป่าไม้จำนวนมหาศาลเพื่อสร้างสิ่งอำนวยความสะดวกให้แก่มนุษย์ ทำให้กลไกใน การดึงเอาก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ออกไป จากระบบบรรยากาศถูกลดทอนประสิทธิภาพลง ปัญหาต่างๆจากสภาวะโลกร้อนได้มีหลายหน่วยงานได้ตระหนักถึงความสำคัญพยายามศึกษาหาสาเหตุ และแนวทางในการช่วยกันแก้ปัญหา เพื่อลดผลกระทบที่เกิดตามมา การลดใช้พลังงานไฟฟ้าก็เป็นอีกวิธีการหนึ่งที่สามารถช่วยแก้ปัญหาสภาวะโลกร้อน เพราะไฟฟ้าที่เราใช้กันอยู่ทุกวันนี้ เป็นพลังงานที่เกิดจากการเผาผลาญพวกถ่านหิน น้ำมัน ก๊าซธรรมชาติต่างๆ ซึ่งส่วนใหญ่ต้องนำเข้ามา กระบวนการพวกนี้จะก่อให้เกิดก๊าซเรือนกระจก และมลพิษทางอากาศ (สถาบันอาคารเขียวไทย, 2555)

ให้ปัจจุบันประเทศต่างๆหันมาให้ความสนใจกับการป้องกันปัญหาจากภาวะโลกร้อน Green Building หรืออาคารสีเขียว ซึ่งเป็นเกณฑ์ใหม่ในการออกแบบอาคารเพื่อลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมที่ทั่วโลกให้การยอมรับและได้มีการนำแนวคิดเรื่องเกณฑ์อาคารสีเขียวมาใช้ในงานก่อสร้างแล้ว ซึ่งในแต่ละประเทศที่ได้มีการพัฒนาเรื่องอาคารเขียวไปมากแล้ว จะมีองค์กรที่เป็นตัวแทนของประเทศในการออกแบบหลักเกณฑ์และให้การรับรองอาคารสีเขียวในประเทศของตน ซึ่งองค์กรด้านอาคารสีเขียวของแต่ละประเทศก็ได้รวมกันก่อตั้ง World Green Building Council ซึ่งแต่ละประเทศมีชื่อเรียกและมีระบบการประเมินที่แตกต่างกัน เช่น สหรัฐอเมริกาจัดทำหลักเกณฑ์การประเมินอาคารสีเขียว หรือ LEED (Leadership in Energy and Environment Design) ประเทศญี่ปุ่นใช้ชื่อว่า CASBEE (LEED USA Building, 2007)

Ref. code: 25595710038380FWJ

สำหรับประเทศไทยทางวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทยในพระบรมราชูปถัมภ์และสมาคมสถาปนิกสยามในพระบรมราชูปถัมภ์ได้ร่วมกันศึกษาและร่างเกณฑ์ประเมินอาคารสีเขียวขึ้นและปัจจุบันก็ได้จัดตั้ง "สถาบันอาคารเขียวไทย" ซึ่งเป็นหน่วยงานภายใต้มูลนิธิอาคารสีเขียว พร้อมทั้งได้จัดเกณฑ์การประเมินความยั่งยืนทางพลังงานและสิ่งแวดล้อมไทยโดยมีต้นแบบมาจาก LEED (Leadership in Energy and Environment Design) เพื่อให้มีเกณฑ์การประเมินอาคารเขียวที่เหมาะสมกับประเทศไทย ในการทำกิจกรรมต่างๆ มีเป้าหมายหลักในการพัฒนาองค์ความรู้และจัดทำมาตรฐานและหลักเกณฑ์อาคารสีเขียวของไทยขึ้นมาใช้เองภายในประเทศ เพื่อลดความเสียเปรียบด้านการค้าและทางเศรษฐกิจและยังเป็นการสร้างจิตสำนึกให้กับประชาชนและสังคมไทยในเรื่องการออกแบบก่อสร้างที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมและพัฒนาอาคารเขียวแบบยั่งยืน อีกทั้งยังเป็นการสร้างเสริมให้เกิดความรู้ความเข้าใจในเรื่องอาคารเขียวอย่างที่ถูกต้องให้กับสถาปนิก วิศวกร หน่วยงานรัฐบาล เอกชนและประชาชนทั่วไป (สถาบันอาคารเขียวไทย, 2555)

1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา

1.2.1 เพื่อศึกษาและวิเคราะห์ ปัจจัยการสร้างอาคารสีเขียวและอาคารไม่ใช่สีเขียวของบริษัทมหาชนรวมทั้งความเป็นไปได้ของอาคารสีเขียว

1.2.2 เพื่อนำเสนอดัชนีชี้วัดอาคารสีเขียวและแบบจำลองสมการให้ได้มาตรฐานและสามารถนำไปใช้ประโยชน์ในการก่อสร้างที่อื่นได้

1.2.3 เพื่อทดสอบความถูกต้องของดัชนีการใช้พลังงานในอาคารสำนักงานอาคารสีเขียวและอาคารไม่ใช่สีเขียวในประเทศไทยและต่างประเทศ และเสนอแนวทางการจัดการพลังงานในอาคารสำนักงานต่างๆ

Ref. code: 25595710038380FWJ

1.3 ขอบเขตการศึกษา

1.3.1 ศึกษาข้อมูลการใช้พลังงานและวิธีการจัดการพลังงานจากอาคารบริษัทมหาชนที่เป็นอาคารสีเขียว 2 แห่ง และทดสอบความถูกต้องดัชนีความเขียวกับข้อมูลอาคารบริษัทมหาชนที่เป็นสีเขียว 1 แห่ง และไม่ใช่สีเขียว 2 แห่ง

1.3.2 เก็บข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้าของอาคารสำนักงานบริษัทมหาชนที่เป็นอาคารสีเขียวย้อนหลัง 12 เดือนโดยกำหนดใช้ที่เป็นลักษณะอาคารสำนักงานจำนวน 3 แห่ง ทั้งนี้ไม่รวมพลังงานไอน้ำ หรือพลังงานความร้อนอื่นๆ

1.3.3 เก็บข้อมูลอาคารที่เป็นอาคารสำนักงานบริษัทมหาชนที่เป็นอาคารสีเขียว1 แห่ง และไม่ใช่สีเขียว 2 แห่ง โดยกำหนดใช้ที่เป็นลักษณะอาคารสำนักงานจำนวน 2 แห่ง ข้อมูลย้อนหลัง 12 เดือนทั้งนี้ไม่รวมพลังงานไอน้ำ หรือพลังงานความร้อนอื่นๆ

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.4.1 พัฒนารูปแบบการก่อสร้างสีเขียวที่ส่งผลประโยชน์และสอดคล้องกับแนวทางการพัฒนาทียั่งยืนในการก่อสร้าง

1.4.2 เพื่อเป็นการเผยแพร่การก่อสร้างสีเขียวและดัชนีชี้วัดให้เป็นที่รู้จักในกลุ่มอุตสาหกรรมก่อสร้างและพัฒนาเพื่อให้ได้รับยอมรับในมาตรฐานสากล

1.4.3 เพิ่มประสิทธิภาพของการใช้พลังงาน และทรัพยากรธรรมชาติอื่นๆ ในการก่อสร้างตามรูปแบบการก่อสร้างสีเขียว

Ref. code: 25595710038380FWJ

บทที่ 2

วรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 การจัดการพลังงานและสิ่งแวดล้อมของอาคารบรรณสาร 2ศูนย์บรรณสารและสื่อการศึกษา

ปัจจุบันของอาคารดังกล่าวใช้งานโดยยังไม่ได้คำนึงถึงเรื่องการจัดการพลังงาน การใช้สอยที่ไม่คำนึงถึงการประหยัดพลังงาน ส่งผลให้มีการใช้พลังงานของอาคารเป็นไปอย่างไม่มีประสิทธิภาพพอ งานวิจัยนี้มี วัตถุประสงค์เพื่อเก็บข้อมูลและประเมินผลอาคารบรรณสาร 2 โดยคำนึงถึงการประหยัดพลังงานและความคุ้มค่าที่สอดคล้องกลับเกณฑ์การประเมินอาคารเขียว (กรณีอาคารเดิม) ของกรมควบคุมมลพิษ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมภายใต้รายละเอียดการประเมิน 7 หมวด ดังนี้ คือ การบริหารจัดการให้เป็นอาคารสำนักงานเขียว ผังบริเวณและงานภูมิสถาปัตยกรรมการใช้น้ำพลังงานสภาวะแวดล้อมภายในอาคารการป้องกันผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมภายนอกอาคารและนวัตกรรมผลที่ได้จะช่วยให้ทราบข้อมูลการบริหารจัดการ ด้านพลังงานและสิ่งแวดล้อมในสภาพปัจจุบันของอาคารบรรณสาร (ณัฐพล เขตกระโทก, 2556)

2.2 บริบทของวิสาหกิจชุมชนการท่องเที่ยวตามองค์ประกอบมาตรฐานการท่องเที่ยวสีเขียว

ผู้นำกลุ่มวิสาหกิจชุมชนการท่องเที่ยว ได้การจัดการท่องเที่ยวตามหลักการและมาตรฐานการท่องเที่ยวสีเขียวแก่วิสาหกิจชุมชนการท่องเที่ยว เป็นการวิจัยเชิงปฏิบัติการกำหนดกลุ่มเป้าหมายแบบแบบมีส่วนร่วม คือ ผู้แทนหน่วยงานภาคีที่ร่วมกัน ผู้มีส่วนได้ส่วนเสียที่เกี่ยวข้องและผู้นำชุมชน จากผลการวิจัยพบว่า กลุ่มวิสาหกิจชุมชนการท่องเที่ยวมีบริบทด้านคุณภาพที่สอดคล้องกับหลักการและมาตรฐานการท่องเที่ยวสีเขียวใกล้เคียงกันคือมี คะแนนประเมินอยู่ในเกณฑ์ระดับดีเด่นและระดับดี โดยเรียงลำดับมาตรฐานได้ คือด้านแหล่งท่องเที่ยวและด้านบริการ รองลงมาคือด้านการตระหนักในความสำคัญของสิ่งแวดล้อมและด้านชุมชนมีคะแนนน้อยที่สุดใน ด้านรูปแบบการเดินทางและกิจกรรมท่องเที่ยวส่วนแนวทางการพัฒนาคุณภาพไปสู่มาตรฐานการท่องเที่ยวสีเขียว กลุ่มตัวอย่าง

Ref. code: 25595710038380FWJ

จะต้องให้ความสำคัญกับความตระหนักในความสำคัญของสิ่งแวดล้อม (หัวใจสีเขียว) เป็นลำดับต้นๆ เพราะจะนำไปสู่มาตรฐานการท่องเที่ยวสีเขียวที่ช่วยรักษาสิ่งแวดล้อม และช่วยลดภาวะโลกร้อน (ลำยอง ปลั่งกลาง, 2554)

2.3 เกณฑ์การใช้พลังงานเพื่อการบริหารจัดการพลังงานอย่างเป็นระบบในอาคารพาณิชย์

ผู้วิจัยกำหนดขอบเขตการศึกษาการใช้พลังงานของกลุ่มอาคารจำนวน 44 อาคาร และนำมาวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของข้อมูลด้านพลังงานและด้านกายภาพรวมทั้งคำนวณหาค่าดัชนีการใช้ไฟฟ้ารวม ต่อปีศึกษาจากการสร้างค่าดัชนีและเกณฑ์การใช้พลังงานเพื่อเป็นเครื่องมือในการประเมิน และกำหนดเป้าหมายในการบริหารจัดการพลังงานของอาคารและการบริหารจัดการพลังงานในอาคาร และ มีผลทำให้ลดค่าใช้จ่ายด้านพลังงานเพื่อเป็นการเพิ่มศักยภาพในการแข่งขันทางธุรกิจ โดยผลจากการวิจัยพบว่าค่าดัชนีการใช้พลังงานระดับเปอร์เซ็นต์ไทล์ที่ 50 อาคารสำนักงานประเทศสิงคโปร์อยู่ 72 กิโลวัตต์ชั่วโมงต่อตารางเมตรต่อปี ของอาคารสำนักงานเขตปกครองพิเศษฮ่องกงและมีค่าสูงกว่าค่าดัชนีการใช้พลังงาน ระดับที่ 3 จาก 5 ของ (กรกมล ตันติวนิช, 2554)

2.4 นวัตกรรมการจัดการพลังงานทดแทน ความเป็นไปได้ในการพัฒนาโครงการบ้านจัดสรรประเภทบ้าน เดี่ยวระดับกลางในเชิงนิเวศน์

งานวิจัยนี้เพื่อศึกษาและวิเคราะห์ปัจจัยที่กำหนดความเป็นไปได้ทางการตลาดในการนำนวัตกรรมระบบการจัดการพลังงานทดแทนมาใช้ในโครงการบ้านจัดสรร รวมถึงวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยที่กำหนดความเป็นไปได้ โดยการเก็บข้อมูลเชิงปริมาณจากประชาชนผู้บริโภคและนำผลวิเคราะห์ทางสถิติผลการศึกษาพบว่าปัจจัยที่มีผลต่อความเป็นไปได้ประกอบด้วย 6 ปัจจัย คือ 1. ปัจจัยสภาพแวดล้อมภายนอกระดับภาค 2.ปัจจัยสภาพแวดล้อมภายนอกระดับจุลภาค 3. การกำหนดส่วนแบ่งการตลาด 4.การวิเคราะห์จุดแข็ง 5. การวิเคราะห์จุดขาย 6.การวิเคราะห์ส่วนประสมการตลาด โดยปัจจัยต่างๆเหล่านี้กำหนดความเป็นไปได้ในการบริหารจัดการโครงการบ้านจัดสรรและส่งเสริมการขาย (อรรจน์ เศรษฐบุตร, 2549)

Ref. code: 25595710038380FWJ

2.5 ผนังไม้เลื้อยป้องกันแสงแดดในชิลี สู้ธรรมชาติด้วยธรรมชาติ

ปัจจุบันอาคารสูงนำเทคโนโลยีผนังสีเขียว เพราะทำได้ง่ายและต้นทุนต่ำ สามารถนำมาเปรียบเทียบเทียบกับเทคโนโลยีประหยัดพลังงานวิธีอื่นๆซึ่งเริ่มมีการนำมาใช้ และช่วยสร้างภาพลักษณ์ของอาคาร ผนังสีเขียวจึงจัดเป็นอีกหนึ่งองค์ประกอบสำคัญ ที่แสดงว่า อาคารแห่งสีเขียวที่เกิดจากผนังไม้เรื้อย ให้ความสำคัญกับเรื่องสิ่งแวดล้อม เช่น อาคาร Consorcio ในประเทศชิลี เป็นอาคารที่ใช้การออกแบบผนังสีเขียว ซึ่งช่วยสร้างภาพลักษณ์ของอาคาร อาคารเป็นลักษณะอาคารสำนักงาน สูง 17 ชั้น โครงสร้างอาคารที่ ขนานไปกับถนน และอาคารหันหน้าออกทางทิศตะวันตก ส่งผลให้ด้านหน้าของอาคารต้องรับความร้อนจากแสงแดดในช่วงบ่ายอย่างเต็มที่ โดยรูปแบบอาคารมีแนวคิดการออกแบบโดย ออกแบบให้ผนังอาคารด้านนี้ เป็นผนังสองชั้น ผนังชั้นในเป็นกระจก และให้ผนังชั้นนอก เป็นผนังสำหรับปลูกไม้เลื้อยห่อหุ้มผนังชั้นในเอาไว้ สีเขียวจากไม้เลื้อย ช่วยให้ผนังอาคารดูไม่แข็งกระด้างและแลดูเป็นธรรมชาติ รู้สึกสบายตาแก่ผู้ใช้อาคารทั้งภายในและภายนอก

อาคารหลังนี้มีผนังไม้เลื้อยมีพื้นที่ถึง 2,700 ตารางเมตร มีสัดส่วนใกล้เคียงกับพื้นที่สีเขียว โดยรอบอาคารมีหน้าที่สำคัญของผนังไม้เลื้อย พืชพรรณที่ใช้จะเป็นประเภทไม้เลื้อย ใช้พืชพรรณชนิดไม้ใบช่วยในการกรองแสงและในบางฤดูกาลพืชพรรณเหล่านี้จะออกดอกเป็นสีสันต่างๆในแต่ละช่วงของปีเกิดเป็นแผงกันแดดมีชีวิตนอกจะช่วยกันแดดแล้วยังช่วยสร้างความร่มรื่นและสีสันสวยงามภายในอาคารรวมทั้ง ยังช่วยให้ผู้พักอาศัยโดยรอบเหมาะกับอาคารสูงสำหรับผู้อยู่อาศัยภายในอาคารเกิดสภาวะสบายในสภาวะโลกร้อนช่วยกันความร้อนจากดวงอาทิตย์ไม่ให้สัมผัสกับผิวอาคารโดยตรง ช่วยลดการใช้พลังงานในการทำความเย็นของตัวอาคาร นอกจากนี้ยังช่วยกรองแสงธรรมชาติให้สาดส่องเข้าสู่อาคารในปริมาณแสงที่เหมาะสมต่อการใช้ชีวิตประจำวัน (สถาบันอาคารเขียวไทย, 2555)

2.6 กฎหมายอาคารเขียวของมลรัฐแมรี่แลนด์

ในประเทศสหรัฐอเมริกา เกณฑ์อาคารเขียว (Green Building Standards) เป็นที่นิยมนำมาปรับใช้ในการประเมินอาคารเขียวทั้งในระดับชาติและในระดับท้องถิ่น มีชื่อว่า เกณฑ์มาตรฐานอาคารเขียวสหรัฐอเมริกาหรือมีชื่อเรียกอีกชื่อหนึ่งว่าเกณฑ์ความเป็นผู้นำในการออกแบบอาคารเพื่อ

Ref. code: 25595710038380FWJ

สิ่งแวดล้อมและพลังงาน (Leadership in Energy and Environmental Design) หรือเรียกอย่างย่อว่าเกณฑ์ LEED) จัดทำโดยสภาอาคารเขียวสหรัฐอเมริกา (U.S. Green Building Council, 2009)

เกณฑ์ LEED เป็นการนำเสนอหลักการใหม่ๆ สำหรับการออกแบบอาคารที่กำลังจะก่อสร้างขึ้นมาใหม่หรือการออกแบบอาคารที่กำลังจะได้รับการปรับปรุง เกณฑ์ดังกล่าวมีส่วนช่วยสนับสนุนประโยชน์ในด้านการอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม มีนโยบายผู้มีส่วนได้ส่วนเสียกับเจ้าของโครงการพัฒนาอสังหาริมทรัพย์ เจ้าของอาคาร ผู้ครอบครองอาคารเพื่อการใช้สอย และผู้พักอาศัยในบริเวณที่ตั้งของอาคารเขียว ได้รับประโยชน์จากลักษณะของอาคารที่มีคุณสมบัติอาคารเขียวตามเกณฑ์ LEED

เกณฑ์ LEED ประกอบด้วยเกณฑ์สำหรับรับรองมาตรฐานอาคารเขียว และ LEED ได้กำหนดหลักการในการกำหนดมาตรฐานอาคารเขียวโดยออกแบบการประเมินอาคารเขียวผ่านการจัดระดับคะแนนอาคาร (Rating Systems) โดย หากโครงการพัฒนาอสังหาริมทรัพย์ เจ้าของอาคารต้องการจะก่อสร้างหรือปรับปรุงอาคาร ให้เป็นอาคารเขียว ต้องปฏิบัติตามหลักเกณฑ์ LEED ดังนี้

1. เกณฑ์ผังบริเวณอาคารที่ยั่งยืน
2. เกณฑ์การใช้น้ำของอาคารอย่างมีประสิทธิภาพ
3. เกณฑ์พลังงานและบรรยากาศ
4. เกณฑ์วัสดุและทรัพยากรในการก่อสร้างอาคาร
5. เกณฑ์คุณภาพสิ่งแวดล้อมภายในอาคาร
6. เกณฑ์นวัตกรรมการออกแบบอาคาร
7. เกณฑ์การเอื้อต่อสภาวะท้องถิ่นของอาคาร

ซึ่งหากอาคารใดมีคุณสมบัติครบถ้วนตามเกณฑ์ LEED ได้กำหนดเอาไว้ จะได้รับการประเมินอาคารให้เป็นอาคารเขียว ซึ่งระดับการจัดระดับคะแนนอาคารย่อมแตกต่างกันออกไปตามคุณภาพของความเป็นอาคารเขียว เช่น ระดับผ่านการรับรอง (Certified) ในช่วงคะแนน 40–49 คะแนน ระดับเงิน (Silver) ในช่วงคะแนน 50–59 คะแนน ระดับทอง (Gold) ในช่วงคะแนน 60–79 คะแนน และระดับยอดเยี่ยม (Platinum) ในช่วงคะแนนมากกว่า 80 คะแนนขึ้นไป โดยมีหลักการการให้คะแนนดังนี้

Ref. code: 25595710038380FWJ

การแบ่งคะแนนแบ่งตาม 6 หัวข้อต่างๆ และในแต่ละหัวข้อจะมีสิ่งที่จำเป็นต้องทำก่อนแต่ไม่มีคะแนนให้ ดังนี้

1. **ที่ตั้งโครงการ** 26 คะแนน : เรื่องการลดมลพิษจากกิจกรรมทางการก่อสร้างจะให้เรื่องที่ได้คะแนน

1.1 การเลือกที่ตั้ง

1.2 ความหนาแน่นของการพัฒนาและการเชื่อมต่อกับชุมชน

1.3 การพัฒนาใหม่

1.4 ขนส่งมวลชนทางเลือก

1.4.1 การเข้าถึงของระบบขนส่งสาธารณะ

1.4.2 จักรยาน

1.4.3 ยานพาหนะประหยัดน้ำมันและปล่อยมลพิษน้อย

1.5 การพัฒนาพื้นที่ตั้งโครงการ

1.5.1 ที่อยู่ที่ปลอดภัย

1.5.2 มีพื้นที่ว่างมากที่สุด

1.6 การออกแบบเกี่ยวกับน้ำฝน

1.6.1 การควบคุมปริมาณ

1.6.2 การควบคุมคุณภาพ

1.7 ผลจากพื้นที่เขตร้อน

1.7.1 มีหลังคา

1.7.2 ไม่มีหลังคา

Ref. code: 25595710038380FWJ

1.8 การลดมลพิษจากแสง

2. ประสิทธิภาพการใช้น้ำ 10 คะแนน: สิ่งที่ต้องทำก่อน คือ การลดการใช้น้ำจะให้เรื่องที่ได้คะแนน

2.1 สถาปัตยกรรมที่ใช้น้ำเต็มประสิทธิภาพ

2.2 เทคโนโลยีน้ำทิ้ง

2.3 การลดการใช้น้ำ

3. พลังงานและบรรยากาศ 35 คะแนน: สิ่งที่ต้องทำก่อน คือ อำนาจพื้นฐานระบบพลังงานอาคาร และการใช้พลังงานให้น้อยที่สุด และการจัดการสารทำความเย็นพื้นฐาน

3.1 การใช้พลังงานอย่างเหมาะสม

3.2 พลังงานหมุนเวียน

3.3 อำนาจการทำให้ดีขึ้น

3.4 การจัดการสารทำความเย็นที่ดีขึ้น

3.5 การประเมินและพิสูจน์

3.6 พลังงานทดแทน

4.วัสดุและแหล่งที่มา 14 คะแนน: สิ่งที่ต้องทำก่อน คือ การเก็บของที่สามารถนำมาผลิตใหม่ได้เรื่องที่ได้คะแนน

4.1 การนำอาคารมาใช้ใหม่

4.1.1 เก็บผนัง, พื้น และหลังคาไว้

4.1.2 เก็บวัสดุงานสถาปัตยกรรมภายในที่ไม่เกี่ยวข้องกับโครงสร้างมาใช้

4.2 การจัดการของเสียจากการก่อสร้าง

Ref. code: 25595710038380FWJ

4.3 การนำวัสดุกลับมาใช้ใหม่

4.4 สิ่งที่นำไปผลิตใหม่ได้

4.5 วัสดุท้องถิ่น

4.6 วัสดุที่สามารถนำมาใช้ใหม่ได้

4.7 ไม้ปลูกทดแทน

5. คุณภาพสิ่งแวดล้อมภายใน 15 คะแนน: สิ่งที่ต้องทำก่อน ลดการใช้อากาศจากภายในอาคาร และควบคุมอากาศไม่พึงประสงค์

5.1 การตรวจวัดการถ่ายอากาศจากภายนอก

5.2 เพิ่มการหมุนเวียนอากาศ

5.3 การวางแผนการจัดการคุณภาพอากาศ

5.3.1 ช่วงการก่อสร้าง

5.3.2 ก่อนการกำหนดปริมาณขั้นต่ำ

5.4 วัสดุที่ปล่อยสารน้อย

5.4.1 วัสดุยึดติด

5.4.2 การทาสี การเคลือบ

5.4.3 ระบบพื้น

5.4.4 ไม้เทียม

5.5 การควบคุมการปล่อยสารของวัสดุภายในอาคาร

5.6 ระบบการควบคุม

Ref. code: 25595710038380FWJ

5.6.1 แสง

5.6.2 สภาวะสบาย

5.7 สภาวะสบาย

5.7.1 การออกแบบ

5.7.2 การยืนยันความถูกต้อง

5.8 แสงธรรมชาติและทัศนียภาพ

5.8.1 แสงธรรมชาติ

5.8.2 ทัศนียภาพ

6. นวัตกรรม 6 คะแนน

6.1 นวัตกรรมการออกแบบ

6.2 การเป็นที่ยอมรับจาก LEED

7. ความสำคัญของท้องที่ 4 คะแนน

7.1 ความสำคัญของท้องที่

โดยการให้คะแนนดังกล่าวจะนำผลรวมของคะแนนทั้งหมดที่ผ่านการประเมินเพื่อสรุประดับเกณฑ์อาคารสีเขียวมาตรฐาน LEED ต่อไป

รัฐแมรี่แลนด์ออกกฎหมายฉบับนี้ขึ้นเพื่อต้องการที่จะส่งเสริมและสนับสนุนให้อาคารหรือสิ่งปลูกสร้างอันเป็นสถานที่สาธารณะ เช่น สถาบันการศึกษาห้างสรรพสินค้า และสถานที่ราชการ ที่ได้รับการก่อสร้างหรือปรับปรุงขึ้นมาใหม่ จะต้องถูกบังคับในการออกแบบให้ที่มีประสิทธิภาพสูง (High Performance Buildings) ตามเกณฑ์ LEED ได้กำหนดเอาไว้ โดยกฎหมายดังกล่าวกำหนดให้ผู้พัฒนาอสังหาริมทรัพย์ เจ้าของอาคาร ต้องก่อสร้างหรือปรับปรุงอาคารสาธารณะให้ได้มาตรฐานไม่ต่ำไปกว่าเกณฑ์ LEED ระดับเงิน (United States Green Building Council, 2009)

Ref. code: 25595710038380FWJ

2.7 มูลค่าก่อสร้างของอาคารเขียว

งานวิจัยนี้ได้ทำการเปรียบเทียบมูลค่าการก่อสร้างของอาคารที่ออกแบบก่อสร้างเพื่อให้ได้คะแนนตามเกณฑ์ LEED for New Construction and Major Renovations ในประเทศไทยที่ก่อสร้างแล้วเสร็จ ได้รับการรับรองในระดับ Platinum ซึ่งเป็นระดับสูงสุดของการประเมินอาคารดังกล่าวช่วยอนุรักษ์พลังงานและลดผลกระทบสิ่งแวดล้อมได้มากที่สุดจำนวน 3 โครงการ กับมูลค่าการก่อสร้างของอาคารเดียวกันที่ออกแบบก่อสร้างตามความรู้พื้นฐานงานออกแบบก่อสร้างตามปกติ โดยได้แสดงให้เห็นว่าค่าใช้จ่ายที่เพิ่มขึ้นใน32 - 40 เปอร์เซ็นต์สำหรับอาคารขนาดเล็ก (พื้นที่ไม่เกิน 1,000 ตารางเมตร) การทำอาคารเขียวตามเกณฑ์ดังกล่าวข้างต้นเมื่อเทียบกับการทำอาคารเดียวกันโดยวิธีปกติทั่วไปมีค่าเท่ากับ โดยที่มูลค่าส่วนใหญ่ที่เพิ่มขึ้นเป็นค่าใช้จ่ายในการก่อสร้างและค่าอุปกรณ์งานระบบที่มีประสิทธิภาพสูงเพื่อลดการใช้พลังงาน และเพื่อคุณภาพอากาศที่ดี สำหรับอาคาร (พื้นที่ไม่เกิน 10,000 ตารางเมตร) การทำอาคารเขียวมีมูลค่าเพิ่มขึ้นจากการสร้างอาคารเดียวกันโดยวิธีการปกติในอัตราส่วนที่ไม่สูงมาก เพิ่มขึ้นประมาณ 5 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งผลลัพธ์ดังกล่าวและบทวิเคราะห์สามารถนำไปเป็นข้อมูลประกอบแก่ผู้ออกแบบ ผู้ประกอบการ ในการตัดสินใจทำอาคารเขียว (บุญชัย พันธุ์ธีรานุรักษ์,ชนิกานต์ ยิ้มประยูร, 2557)

2.8 อนาคตอาคารสีเขียว

คำนิยามของอาคารสีเขียว ไม่ใช่แค่การปลูกต้นไม้ให้เกิดสีเขียวหรือการทาสี แต่เป็นอาคารที่ประหยัดพลังงาน ไฟ น้ำ คงความเป็นธรรมชาติในพื้นที่ และใช้ทรัพยากรทุกอย่างในอาคารอย่างคุ้มค่า อาคารที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมจริงๆ อาคารเขียวสำหรับเมืองไทย ถือว่าอยู่ในช่วงผลักดันให้ผู้ซื้อหรือผู้เช่าอาคารมีความรู้ความเข้าใจและ ความคุ้มค่าในการใช้งานอาคารเขียว เพราะผู้ซื้อหรือผู้เช่าที่จะเป็นแรงกระตุ้นให้เจ้าของอาคาร หรือผู้ก่อสร้างต้องตอโจทย์ผู้ใช้งานอีกทีหนึ่ง ยกตัวอย่าง ตึกที่ได้ชื่อว่าเป็นอาคารสีเขียว ต้องมีคุณสมบัติเด่น 5 ประการคือ พื้นที่และบริเวณรอบอาคารต้องมีธรรมชาติ ทั้งตึกต้องมีระบบประหยัดน้ำ ประหยัดพลังงาน รวมถึงก่อสร้างด้วยวัสดุที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม มีการบริหารจัดการทรัพยากรในสำนักงานทุกอย่าง เช่น เลือกใช้ผลิตภัณฑ์ที่รีไซเคิลได้หรือนำไปแปรรูปเป็นอย่างอื่นได้ และสุดท้ายผู้ใช้งานอาคารจะต้องมีสุขภาพดีทั้งกายและใจ จึงจะถือ

Ref. code: 25595710038380FWJ

ว่าเป็นอาคารสีเขียวที่สมบูรณ์แบบ คนส่วนใหญ่คิดว่าการสร้างอาคารสีเขียวไม่จำเป็นและใช้การลงทุนสูงเกิดประโยชน์น้อยเมื่อเทียบกับต้นทุนทีเสียไป จำยังไม่ได้รับความนิยมนัก

ประโยชน์ของการมีอาคารสีเขียว สามารถช่วยทำให้องค์กรใช้ทรัพยากรอย่างคุ้มค่า ประกอบกับวิศวกร สถาปนิกไทย ผู้ประกอบการร้านวัสดุก่อสร้าง ให้ความสำคัญและคิดค้นสร้างสิ่งประดิษฐ์ในอุตสาหกรรมวัสดุก่อสร้างเพื่อเพิ่มประสบการณ์ในการทำงานทั้งการออกแบบ ก่อสร้าง พัฒนาวัสดุที่รองรับอาคารสีเขียวมากขึ้น เพิ่มมูลค่าเพิ่มสินค้าและยังคงอนุรักษ์สิ่งแวดล้อมไปพร้อมกัน (eureka.bangkokbiznews, 2006)

2.9 เกณฑ์การใช้พลังงานในอาคารประเภทต่างๆ ในประเทศไทย

กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงานทำการศึกษาดัชนีการใช้พลังงานทำการศึกษาโดยแบ่งประเภทของอาคารสำนักงานออกเป็น 4 กลุ่ม ได้แก่ สำนักงาน ศูนย์การค้า โรงพยาบาลเกณฑ์ การใช้พลังงานในอาคารประเภทสำนักงาน สำหรับการศึกษานี้โดยจะเน้นการศึกษาอาคารกลุ่มที่ 2, 3, 4 ซึ่งมีลักษณะเป็นอาคารสูงและหรืออาคารขนาดใหญ่พิเศษ เกณฑ์การใช้พลังงานในอาคารสำนักงานในต่างประเทศเกณฑ์การใช้พลังงานของอาคารสำนักงานในต่างประเทศได้ทำการศึกษาดังนี้

1.ประเทศสหราชอาณาจักรได้จัดทำคู่มือเกณฑ์การใช้พลังงานในอาคารสำนักงานที่มีชื่อว่า Energy Consumption Guide 19 หรือ ECON19 ซึ่งจัดทำขึ้นโดย UK's Government Energy Efficiency Best Practice Program พ.ศ. 2543 (UK Building Research Establishment, 2000)

2.เขตปกครองพิเศษฮ่องกงจัดทำเกณฑ์การใช้พลังงานในอาคารสำนักงานเพื่อยกระดับดัชนีการใช้พลังงาน

3.ประเทศสิงคโปร์จัดทำเครื่องมือวัดการใช้พลังงานออนไลน์ในการจัดทำเกณฑ์การใช้พลังงานของทั้งประเทศข้างต้นนั้นมีวัตถุประสงค์เดียวกัน คือ เพื่อกระตุ้นให้ ภาคธุรกิจตระหนักถึงความสำคัญของการลดการใช้พลังงานในอาคารโดยจัดทำเกณฑ์การใช้พลังงานเพื่อเป็นเครื่องมือให้สำหรับเจ้าของ

Ref. code: 25595710038380FWJ

อาคารผู้ดูแลอาคาร ซึ่งคิดเป็นสัดส่วนรวมเท่ากับ 96.4% โดยไม่ รวมอาคารกลุ่มที่ 1 โดยกลุ่มตัวอย่างเป็นอาคารควบคุมตามพระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ. 2535

ผลการศึกษา พบว่า ค่าเฉลี่ยของ ดัชนีการใช้พลังงานรวมและค่าเฉลี่ยของดัชนีการใช้พลังงานในระบบต่าง ๆ ของอาคารสำนักงาน ได้ เกณฑ์มาตรฐานการใช้พลังงานในอาคารสำนักงานอ้างอิงค่าเฉลี่ยดัชนีการใช้พลังงานของอาคารสำนักงานแต่ละประเภทโดยตั้งสมมติฐานว่าอาคารสำนักงานที่ มีดัชนีการใช้พลังงานสูงกว่าค่าเฉลี่ยถือว่าเป็นอาคารที่มีศักยภาพที่จะส่งเสริมให้เกิดการอนุรักษ์พลังงาน โดยมีค่าเป้าหมายในการใช้ปรับปรุงเท่ากับส่วนต่างของค่าดัชนี การใช้พลังงานไฟฟ้าของอาคารนั้นกับค่าเฉลี่ย สำหรับอาคารกลุ่มตัวอย่าง จำนวนทั้งสิ้น 268 อาคาร พบว่ามี ศักยภาพในการประหยัดพลังงานได้ ถึงประมาณ 238 GWh/ปี หรือ คิดเป็นความสามารถในการลดการใช้พลังงานไฟฟ้าประมาณ 16.8% ของการใช้พลังงานของอาคารสำนักงานใน ปัจจุบัน(สถาบันอาคารเขียวไทย, 2555)

2.10 อาคารสีเขียวสถาปัตยกรรมเพื่อสิ่งแวดล้อม

ปัจจุบันการใช้พลังงานภายในอาคาร เป็นเรื่องที่สำคัญเป็นอันดับต้นๆในเรื่องของการใช้พลังงานมากที่สุด เพราะเมื่อมาเทียบสัดส่วนการผลิตไฟฟ้าของไทย โดยพบว่าการใช้พลังงานในอาคารคิดเป็นร้อยละ ๔๕ของการผลิตไฟฟ้าทั้งหมด โครงการผลิตกระแสไฟฟ้าส่วนใหญ่ในปีก่อนๆใช้ถ่านหินในการผลิตกระแสไฟฟ้าซึ่งเกิดมลภาวะมากต่อชั้นบรรยากาศ การใช้พลังงานในอาคารสามารถแบ่งออกได้เป็น 3 ระยะ ดังนี้

1) พลังงานที่ใช้ในการผลิตวัสดุและการก่อสร้างอาคาร

2) พลังงานที่ใช้ในการนำอาคารกลับมาใช้ใหม่ หรือใช้ในการรื้อถอนทำลายอาคารบ้านเรือน

3) พลังงานที่ใช้ในการดำเนินการใช้อาคาร

Ref. code: 25595710038380FWJ

ซึ่งพบว่าการใช้พลังงานในอาคารเป็นสาเหตุหลักที่ก่อให้เกิดปัญหาสิ่งแวดล้อมเพราะวิธีการผลิตกระแสไฟฟ้าก่อมลภาวะสูง สังเกตได้จาก ขบวนการผลิตไฟฟ้า 1 กิโลวัตต์จะปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สู่บรรยากาศ 1 ตัน และเมื่อเปรียบเทียบการผลิตไฟฟ้าจากโรงงานไฟฟ้าภายในประเทศไทยใน 1 ชั่วโมง มีการผลิตจำนวน 20,000 กิโลวัตต์มีการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สู่บรรยากาศมากถึง 20,000 ตัน โดยอาคารส่วนใหญ่อาคารใช้พลังงานจากไฟฟ้าเป็นหลัก คือ ไฟฟ้าที่ใช้สำหรับระบบทำความเย็นปรับอากาศคิดเป็น 50 % -70% ของการใช้พลังงานไฟฟ้าทั้งหมดในอาคาร รองลงมา คือ ไฟฟ้าที่ใช้สำหรับระบบแสงสว่างและไฟฟ้าหรือพลังงานที่ใช้สำหรับอุปกรณ์อื่น ๆ จากการใช้พลังงานไฟฟ้าที่ผลิตส่วนใหญ่ผลิตมาจากถ่านหินซึ่งสามารถก่อให้เกิดปัญหาสิ่งแวดล้อมตามมา เพราะเป็นตัวการสำคัญที่ปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ทั้งนี้ กรลดการใช้พลังงานในอาคารรวมถึงบ้านเรือนต่าง ๆ จะเป็นการประหยัดค่าใช้จ่ายเรื่องค่าไฟฟ้าแล้วยังช่วยลดปัญหาโลกร้อน เพราะอาคารเป็นตัวแปรสำคัญในการลดการใช้พลังงานในภาพรวม

สภาอาคารเขียว ของประเทศสหรัฐอเมริกาได้ออกแบบระบบ การประเมินอาคารสีเขียว โดยในเบื้องต้นใช้ต้นแบบมาจาก LEED (Leadership In Energy and Environmental Design) เริ่มตั้งแต่การออกแบบในตอนเริ่มโครงการและตลอดช่วงของการก่อสร้างการพิจารณาปัจจัยต่าง ๆ ซึ่งมีหลักเกณฑ์ในการประเมิน 8 ปัจจัย ดังนี้ 1) การบริหารจัดการอาคาร (Building Management) 2) ผังบริเวณและภูมิทัศน์ (Site and Landscape) 3) การอนุรักษ์น้ำWater Conservation) 4) การใช้พลังงานและบรรยากาศ (Energy and Atmosphere 5) วัสดุและทรัพยากรในการก่อสร้าง (Material and Resources) 6) คุณภาพของสภาวะแวดล้อมภายในอาคาร(Indoor Environmental Quality) 7) การป้องกันผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม (Environmental Protection)และ 8) นวัตกรรม (Green Innovation) ตัวอย่างอาคารสีเขียวที่ได้รับมาตรฐาน เช่น DYNAMIC TOWER ที่ ดูไบ เป็นตึกสูงระฟ้าที่เคลื่อนไหวได้มีความสูง 420 ม. และ อาคารBank of America Tower ตั้งอยู่ที่นิวยอร์ก ใช้วัสดุ Recycled ในการก่อสร้างและใช้ก๊าซธรรมชาติมาผลิตเป็นไฟฟ้าภายในตึกเป็นต้น (สถาบันอาคารเขียวไทย, 2557)

Ref. code: 25595710038380FWJ

2.11 สถาปัตยกรรมสีเขียว: การท้าทายเพื่อความยั่งยืน

ปัญหาสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้นในปัจจุบันเช่นปรากฏการณ์เรือนกระจก (Greenhouse Effect) ปรากฏการณ์หลุมโอโซน (Ozone Hole), ฝนกรด (Acid Rain), การทำลายป่า (Deforestation) , เกาะความร้อน (Urban Heat Island) รวมทั้งการแพร่กระจายของโรคติดต่ออันเกิดจากสภาพอากาศของโลกที่เปลี่ยนไป (Climate Change)ทำให้แต่ละยุคสมัยเกิดความเปลี่ยนแปลง ก่อให้เกิดแนวใหม่ในการออกแบบสถาปัตยกรรมที่มีรากฐานมาจากสถาปัตยกรรมยั่งยืน (Sustainable Architecture) สถาปัตยกรรมสีเขียวเป็นผลผลิตจากการเปลี่ยนแปลง ซึ่งกระบวนการที่เกิดขึ้นทำให้แนวทางการแนวทางการออกแบบอาคารประหยัดพลังงานด้วยวิธี Passive Design หลักความคิดของสถาปัตยกรรมสีเขียวเกิดขึ้นได้ไม่ได้เกิดจากเพราะการขาดแคลนพลังงานแต่เป็นเพราะปัญหา การบริโภคพลังงานจากแหล่งพลังงานเช่นถ่านหิน หรือน้ำมันดิบ ก่อให้เกิดการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สู่บรรยากาศโลก ทำให้เกิดปรากฏการณ์โลกร้อน (Global Warming) ปัญหาโลกร้อนจะทำให้เกิดปัญหาตามมามากมาย โดยเฉพาะภาคการเกษตร ส่งผลให้ประเทศไทย ภายในประเทศการเกษตรกรรมอย่างประเทศไทยจะได้รับผลกระทบรุนแรงมาก พบว่าปัญหาโลกร้อนเป็นปัญหาที่กว้างและซับซ้อนและไม่สามารถแกไขได้ในแต่ละองค์ความรู้ต้องงเริ่มจากจิตสำนึก ทำให้การสร้างสถาปัตยกรรมสีเขียว ต้องใช้การบูรณการของวิชาความรู้ทางสถาปัตยกรรมศาสตร์วิศวกรรมศาสตร์วิทยาศาสตร์อาคาร (Building Science) การวางผังเมือง และการบริหารการก่อสร้าง

สถาปัตยกรรมสมัยใหม่ หรือ Modern Architecture เกิดขึ้น เนื่องจาก มนุษย์มีความต้องการอย่างหนึ่งคือความสบาย แต่ในสมัยก่อนปริมาณการปล่อยของเสียมีปริมารที่ไม่มากนัก อดีตและปัจจุบันและไม่สามารถเปรียบเทียบ ซึ่งของเสียเป็นของเสียที่สลายได้เองตามธรรมชาติ ทุกองค์ประกอบของการออกแบบสามารถอธิบายด้วยหลักทางฟิสิกส์ได้อย่างถูกต้องสมบูรณ์จวบจนหลังเกิดการปฏิวัติอุตสาหกรรมในยุโรปทางด้านอาคารก็มีการออกแบบให้สอดคล้องกับสภาพภูมิประเทศภูมิอากาศ ตัวอย่างการออกแบบอาคารเพื่อแก้ปัญหาสภาพแวดล้อม เห็นชัดในเขตภูมิอากาศที่รุนแรงเช่นเขตหนาวและเขตทะเลทราย ทำการศึกษาวิเคราะห์เกี่ยวกับสถาปัตยกรรมพื้นถิ่นทั่วโลกอย่างลึกซึ้ง พบว่าเป็นนวัตกรรมทางวิทยาศาสตร์ที่สำคัญของมนุษยชาติ รูปแบบสังคมเมืองเริ่มเปลี่ยนไปจากเดิม เกิดชุมชนที่หนาแน่นกับการทำงานในเมือง และการใช้พื้นที่ดินให้เกิดประโยชน์สูงสุดการ

Ref. code: 25595710038380FWJ

ออกแบบรูปแบบสถาปัตยกรรมสาธารณะขนาดใหญ่ซึ่งแยกออกจากสภาพแวดล้อม เกิดการคิดค้นงานระบบอาคารขึ้นมา ปรับรูปแบบการปรับและการระบายอากาศด้วยเครื่องจักรกล อาคารที่สร้างต้องอาศัยพลังงานจากแหล่งพลังงานที่มี บ่อเกิดพลังงานมาจากถ่านหินและน้ำมันดิบ รูปแบบอาคารและเทคโนโลยีอาคารที่ถูกใช้เพื่อความสะดวกสบายของมนุษย์พัฒนาต่อเนื่อง แต่ยังคงใช้พลังงานจากแหล่งเดิม รวมทั้งภาคอุตสาหกรรมและภาคขนส่ง ด้านรูปแบบสถาปัตยกรรม เป็นการเปลี่ยนแปลงให้แก่การออกแบบที่สอดคล้องกับสภาพภูมิอากาศพื้นถิ่นหรือการออกแบบ Bioclimatic Design ไม่ใช้รูปแบบเดิม เพราะอาคารต่างเลือกใช้ระบบเครื่องกลในการปรับสภาวะแวดล้อมภายในให้น่าสบาย โดยไม่สนใจต่อลักษณะอากาศภายนอกว่าจะเป็นเช่นใด รูปแบบและองค์ประกอบอาคารไม่สามารถชี้ชัดได้ว่ามาจากสภาพภูมิอากาศแบบ เริ่มตั้งแต่ปี 1973 เกิดกระแสการประหยัดพลังงานในอาคารมากขึ้น เกิดรูปแบบการออกแบบอาคารที่เรียกว่า Passive Design ซึ่งจะเน้นทางด้านการปรับอากาศและการระบายอากาศโดยไม่ใช้เครื่องจักรกลที่ใช้พลังงาน อาคารเหล่านี้จะเน้นการออกแบบช่องเปิดให้เกิดการระบายอากาศ มีการออกแบบโถงเพื่อใช้เป็น Climate Buffer-zone รวมทั้งปรับปรุงการใช้ฉนวนกันความร้อนอย่างมีประสิทธิภาพ และเริ่มใช้แผงโซลาร์เซลล์เพื่อทำความร้อนให้อาคาร (สถาบันอาคารเขียวไทย, 2556)

2.12 การออกแบบให้สอดคล้องกับสภาพอากาศ

ปัจจุบันแร่ยูเรเนี่ยมให้มนุษย์ใช้ผลิตพลังงานนิวเคลียร์อีกจำนวนมหาศาล ปัญหาการขาดแคลนพลังงานจึงไม่มีอีกในช่วงระยะเวลาหนึ่งของชีวิต แต่ผลของการใช้เครื่องปรับอากาศ ในปี 1987 นักวิทยาศาสตร์พบว่าสาร CFC ในเครื่องปรับอากาศเป็นตัวทำลายชั้นโอโซนในบรรยากาศโลก และต่อมาสรุปได้ว่าอีกตัวการหนึ่งคือ ก๊าซคาร์บอนไดอ๊อกไซค์ที่ปล่อยมาจากโรงงานผลิตกระแสไฟฟ้าเป็นตัวทำให้โลกร้อนขึ้นตามลำดับ และทำให้น้ำแข็งขั้วโลกละลาย จึงทำให้เริ่มมีแนวคิดให้มีการอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติมากขึ้น แต่แม้ว่ายังไม่มีต่อการใช้พลังงานแต่ปัจจุบันมนุษย์ใช้ชีวิตไปพร้อมกับปัญหาสิ่งแวดล้อมเสีย และผลกระทบจะเกิดขึ้นในวันนี้หรือพรุ่งนี้ ทำให้การเปลี่ยนแปลงนั้นเกิดแนวคิด เกี่ยวกับการพัฒนาแบบยั่งยืน (Sustainable Development) องค์การสหประชาชาติให้ความหมายไว้ว่า“การพัฒนาเพื่อให้โอกาสแก่คนรุ่นปัจจุบันดำรงชีวิตอยู่ได้โดยไม่ไปปิดโอกาสในการ

Ref. code: 25595710038380FWJ

ดำรงชีวิตของคนรุ่นหลัง” ซึ่งมีส่วนช่วย พลักดันในด้านอุตสาหกรรมการก่อสร้าง ได้เกิดกระแสของสถาปัตยกรรมยั่งยืน (Sustainable Architecture) ขึ้นมาพร้อมกับคำว่า“Embodied Energy” โดยคำนึงถึงการใช้วัสดุก่อสร้างอาคารที่ใช้พลังงานน้อยโดยการเปรียบเทียบกับพลังงานที่อาคารใช้ตลอดช่วงอายุการใช้งาน

ปัญหาสิ่งแวดล้อมข้างต้นจึงเกิดคำว่า อาคารสีเขียว ขึ้นโดยได้นำเอาเรื่อง “เทคโนโลยีที่เหมาะสม”(Appropriate Technology) และแนวคิดการออกแบบ Passive Design (ทั้ง Passive Cooling และ Passive Solar Heating) การก่อสร้างประกอบด้วยอย่างชัดเจนโดยความหมายของอาคารสีเขียวนี้ ก็คือ“การประยุกต์ใช้เทคโนโลยีที่เหมาะสมเพื่อช่วยให้อาคารสามารถใช้ประโยชน์จากสภาวะแวดล้อมตามธรรมชาติ(แสงแดด, ลม, ดิน,น้ำ, พืชพันธ์, สัตว์) ด้วยวิธี Passive อย่างเต็มที่และใช้วิธี Active เท่าที่จำเป็น”อาคารสีเขียว เป็นเพียงการตั้งเป้าหมายมิใช่แค่การลดการใช้พลังงานในอาคารอย่างเดียว แต่กำหนด เป้าหมายของอาคารสีเขียวที่เพิ่มมาคือการผสมผสานองค์ความรู้จาก Passive Design เข้ากับเทคโนโลยีสมัยใหม่ของศตวรรษที่ 20 ในการที่จะใช้ประโยชน์จากพลังงานธรรมชาติที่สะอาด และไม่มีวันหมด ในอีกความหมายหนึ่งก็คืออาคารสีเขียวจะไม่พยายามเสนอแนะการลดการใช้พลังงานหากพลังงานนั้นมีความจำเป็นต่อการผลิตหรือการอยู่อาศัยของมนุษย์ แต่จะอาคารใช้พลังงานจากแหล่งที่สะอาดไม่เกิดมลภาวะ และไม่มีวันหมดไป (Renewable Energy) อาคารสีเขียวจึงจะต้องประกอบไปด้วยองค์ประกอบต่างมากมายสามารถอธิบายได้เป็นหัวข้อใหญ่ดังนี้

1) ความสอดคล้องกับสภาพอากาศน้ำมันดิบที่ทำลายสภาพแวดล้อมดังกล่าวแล้ว สถาปัตยกรรมสีเขียวจึงมุ่งส่งเสริมให้เกิดการนำพลังงานจากธรรมชาติแหล่งอื่น ๆมาแทนที่พลังงานสกปรก
2) พลังงานจากดวงอาทิตย์จำนวนมหาศาลได้เข้ามาสะสมบนโลก และรอให้ถูกนำมาใช้เพียงแต่การนำมาใช้อาจจะต้องอาศัยองค์ความรู้มากขึ้นกว่าเดิม
3) พลังงานที่หาทดแทนได้ (Renewable Energy) ซึ่งจะได้แก่
   - พลังงานแสงอาทิตย์ : ด้วยการใช้รังสีจากดวงอาทิตย์เพื่อให้ความร้อนและผลิตกระแสไฟฟ้า
   - พลังงานจากน้ำ : จากการผลิตกระแสไฟฟ้าและการใช้เป็นแหล่งความร้อน/ความเย็น
   - พลังงานจากดิน : จากการสะสมความร้อนในดิน
   - พลังงานลม : จากการผลิตกระแสไฟฟ้าโดยตรงและการเพิ่มสภาวะน่าสบาย

Ref. code: 25595710038380FWJ

- พลังงานจากพืชพันธ์ : จากการกันแดดและการระเหยของน้ำเพื่อสร้างความเย็น
- พลังงานจากสัตว์ : มูลสัตว์

สถาปัตยกรรมการออกแบบให้ตอบสนองต่อสภาพอากาศ (Climate Responsiveness) การสอดคล้องกับสภาพอากาศหมายถึงการออกแบบจัดวางพื้นที่ใช้สอยอาคาร ตามทิศทางแดด ทิศทางลมธรรมชาติ และการเลือกใช้วัสดุก่อสร้าง ไม่ร้อน ไม่หนาว ไม่ชื้น ไม่แห้งเกินไป ก่อนที่จะเริ่มอาศัยเครื่องจักรกลที่บริโภคพลังงานซึ่งหมายถึงการออกแบบ Passive Design ซึ่งปัจจุบัน หลักการออกแบบให้ตอบสนองต่อสภาพอากาศในโรงเรียนสถาปัตยกรรมในประเทศไทย การเรียนการสอนเพื่อให้รู้และท่องจำทฤษฎีเท่านั้น ยังไม่ได้เน้นในวิชาปฏิบัติการออกแบบเท่าใดนัก สาเหตุส่วนหนึ่งคือการที่ทั้งอาจารย์และนักศึกษาสถาปัตยกรรมไม่มีความรู้ทางวิทยาศาสตร์อย่างเพียงพอที่จะเข้าใจวิธีการออกแบบให้สอดคล้องกับสภาพอากาศ (สถาบันอาคารเขียวไทย, 2555)

2.13 มาตรฐาน LEED

LEED (Leadership in Energy and Environmental Design) คือ ระบบที่ถูกนำมาใช้ประเมินมาตรฐานอาคารประหยัดพลังงานและเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม โดย สภาอาคารสีเขียวสหรัฐอเมริกา หรือ U.S. Green Building Council (USGBC) ได้เป็นผู้กำหนดเกณฑ์ในการประเมินอาคารต่าง ๆ ทั้งในสหรัฐอเมริกาและประเทศต่าง ๆ เกือบทั่วโลก มานานกว่า 10 ปี (United States Green Building Council, 2009)

LEED แบ่งมาตรฐานออกเป็น 2 กลุ่มใหญ่ ๆ คือ

1.อาคารสร้างใหม่ (New Buildings) มุ่งเน้นเรื่องการออกแบบและการก่อสร้างเพื่อให้เป็นอาคารที่ประหยัดพลังงานและเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม

2.อาคารใช้งาน (Existing Buildings) จะพิจารณาจากประสิทธิภาพ ประสิทธิผล หรือ Performance ของการใช้อาคาร ซึ่งจะได้จากการวัดผลดำเนินการจริงและมาตรการควบคุมบำรุงรักษาการใช้งานอาคาร

Ref. code: 25595710038380FWJ

หัวข้อย่อย ซึ่งมีให้เลือกดังนี้

1. LEED for Building Design and Construction (LEED BD+C) สำหรับอาคารที่สร้างใหม่หรืออาคารที่ปรับปรุงใหม่ โดยออกแบบสำหรับอาคารสำนักงานเป็นหลัก แต่สามารถใช้กับอาคารประเภทอื่น ๆ ได้ด้วย เช่น ห้างสรรพสินค้า โรงแรม โรงงาน เป็นต้น

2. LEED for Existing Buildings: Operations and Maintenance (LEED EB: OM) สำหรับอาคารที่สร้างเสร็จแล้ว หรืออาคารใช้งานที่ต้องการดูแลรักษาอาคารให้เป็นอาคารเขียว โดยอาคารที่ผ่านและไม่ผ่านการรับรองประเภท LEED BC+D สามารถสมัครขอรับรองประเภทนี้ได้

3. LEED for Core and Shell (LEED CS) สำหรับอาคารที่ผู้ประกอบการจะสร้างแต่เปลือกอาคารคือ กรอบผนังภายนอกและหลังคา และส่วนที่เป็นแกนบริการของอาคาร ซึ่งส่วนใหญ่ก็คือ ลิฟต์ บันไดและช่องท่อต่าง ๆ แล้วทำการตลาดเพื่อขายหรือให้เช่าพื้นที่ภายใน โดยผู้เช่าจะเป็นผู้มาตกแต่งกั้นพื้นที่ภายในเอง

4. LEED for Commercial Interiors สำหรับการตกแต่งภายในสำหรับผู้เช่าอาคารและผู้ออกแบบ

5. LEED for Neighborhood Development สำหรับการพัฒนาชุมชน หมู่บ้าน การเข้าถึงการขนส่ง
6. LEED for Homes สำหรับบ้านพักอาศัย
7. LEED for Schools สำหรับโรงเรียนตั้งแต่อนุบาลถึงมัธยมปลาย
8. LEED for Retails สำหรับร้านค้าปลีกต่าง ๆ

หลักในการพิจารณาเพื่อประเมินระดับการรับรองของ LEED

1. การใช้น้ำอย่างมีประสิทธิภาพ (Water Efficiency: WE) : ลดความต้องการใช้น้ำประปาในพื้นที่ด้านสถาปัตยกรรมการออกแบบ ลดความต้องการน้ำประปาในการชำระล้างโถสุขภัณฑ์และโถปัสสาวะ ลดการใช้น้ำโดยรวมภายในอาคาร

Ref. code: 25595710038380FWJ

2. การใช้ประโยชน์จากสถานที่ตั้งอย่างยั่งยืน (Sustainable Sites: SS) : การสร้างผลกระทบต่อที่ตั้งอาคารต่ำ ช่วยลดการใช้รถส่วนตัว เพิ่มพื้นที่เปิดโล่งสีเขียว ลดการเกิดน้ำท่วม ลดปรากฏการณ์เมืองร้อนและลดการก่อมลภาวะทางแสง

3. วัสดุและทรัพยากร (Materials and Resources: MR) : การเลือกใช้วัสดุและทรัพยากรในการก่อสร้าง คือ มีการเตรียมพื้นที่คัดแยกขยะเพื่อ การรีไซเคิล การนำอาคารหรือองค์ประกอบของอาคารมาใช้ใหม่ การลดขยะจากการก่อสร้าง การใช้วัสดุรีไซเคิล การใช้วัสดุพื้นถิ่น การใช้วัสดุปลูกทดแทนได้เร็ว และการใช้ไม้ที่ผ่านการรับรองว่ามาจากป่าทดแทนที่มีการรับรอง

4. คุณภาพสภาพแวดล้อมภายในอาคาร (Indoor Environmental Quality: IEQ) : การควบคุมสภาวะอากาศภายในอาคารเพื่อสภาวะอยู่สบายและสุขภาพที่ดีของผู้ใช้อาคาร โดยพิจารณาในเรื่องการระบายอากาศ การดำเนินการจัดการกับมลภาวะทางอากาศ ที่อาจจะเกิดขึ้นทั้งในระหว่างการก่อสร้างและระหว่างการใช้งานอาคาร การเลือกใช้วัสดุที่มีสารระเหยที่เป็นพิษต่ำ การส่งเสริมสภาวะอยู่สบายที่ผู้ใช้อาคารสามารถควบคุมได้เอง การใช้แสงธรรมชาติและการออกแบบอาคารให้มองเห็นบรรยากาศภายนอก รวมถึงการป้องกันการเกิดเชื้อราที่อาจจะเกิดขึ้นด้วย

5. พลังงานและบรรยากาศ (Energy and Atmosphere: EA) : การช่วยลดการใช้พลังงานของอาคาร สนับสนุนการใช้พลังงานหมุนเวียน การตรวจสอบการใช้พลังงานของอาคารที่เป็นระบบ สารทำความเย็นที่ส่งผลกระทบต่ำ การซื้อพลังงานไฟฟ้าจากโรงไฟฟ้าที่ผ่านการรับรองว่าผลิตไฟฟ้าจากพลังงานหมุนเวียน

6. ลำดับความสำคัญของท้องถิ่น (Regional Priority: RP) : เนื่องจากปัญหาทางสิ่งแวดล้อมอาจแตกต่างกันไปในแต่ละท้องถิ่น จึงต้องมีการเน้นย้ำถึงความสำคัญในแต่ละท้องถิ่น โดยการทำคะแนนในหัวข้อนี้ จะได้รับคะแนนทันทีถ้าดำเนินการตามหัวข้อที่กำหนด

7. นวัตกรรมในการออกแบบ (Innovation in Design: ID) : เพื่อเป็นการส่งเสริมให้เกิดการออกแบบอาคารด้วยรูปแบบใหม่ และการมีวิธีการหรือหลักเกณฑ์ใหม่ๆ มาใช้ในการทำอาคารที่ยั่งยืน (Sustainable Building) ทำได้โดยการนำวิธีการหรือผลิตภัณฑ์ที่ไม่มีกำหนดในมาตรฐานมาใช้ รวมถึงการทำได้มากกว่าที่เกณฑ์กำหนด

Ref. code: 25595710038380FWJ

โดยหลักการดังกล่าวแสดงในภาพที่ 2.1

ภาพที่2.1ประเภทของการประเมินอาคารสีเขียวด้านปัจจัยต่างๆที่มา www.tgbi.or.th/index.php

2.14 อาคารสำนักงานสีเขียว

อาคารสำนักงานในปัจจุบันมีจำนวนเพิ่มมากขึ้นเพื่อตอบสนองการขยายตัวทางเศรษฐกิจ โดยอาคารที่ถูกสร้างขึ้นใหม่ไม่ได้คำนึงถึงผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมหรือไม่ได้แนวความคิดในการออกแบบอาคารเพื่อพัฒนาเป็นอาคารเขียวทำให้อาคารสำนักงานไม่มีประสิทธิภาพเท่าที่ควร จากการวิจัยจำลองพลังงานจะพบว่าอาคารทางเลือกที่ใช้การเปลี่ยนระบบปรับอากาศประสิทธิภาพสูงขึ้นจะสามารถลดค่าการใช้พลังงานโดยรวมได้มากกว่าการใช้การเปลี่ยนวัสดุอาคารประสิทธิภาพสูงขึ้นและสามารถนำแสงธรรมชาติมาใช้ได้โดยมีค่าความส่องสว่างผ่านเกณฑ์ที่กำหนดจากการออกแบบอาคารสำนักงานเขียว และนำมาใช้วิเคราะห์เพื่อเป็นแนวทางในการออกแบบ และสามารถประเมินประสิทธิภาพของอาคารเพื่อวัดความเป็นอาคารเขียวในเบื้องต้นได้จากการศึกษา ในงานวิจัยนี้จึงได้ทำการศึกษาแนวทางในการออกแบบอาคารสำนักงานเพื่อให้มีความเป็นอาคารสีเขียวโดยได้ศึกษาและนำเกณฑ์ประเมิน LEED-NC (v.2009) จากการศึกษาวิจัยพบว่าว่ามีหัวข้อที่สามารถนำมาประเมินอาคารได้ในขั้นตอนการออกแบบร่าง โดยส่วนใหญ่ขึ้นอยู่กับการเลือกที่ตั้งโครงการที่มีคะแนนประเมินมากที่สุดและสามารถนำมาใช้ได้ตั้งแต่ขั้นตอนเริ่มต้นโครงการ ส่วนหมวดการใช้พลังงานและบรรยากาศจะเป็นการนำอาคารที่ออกแบบแล้วมาประเมินค่าการใช้พลังงานรวมเทียบกับอาคารอ้างอิง โดยจะจำลองอาคารทางเลือก 4 แบบที่มีการเลือกใช้วัสดุและระบบปรับอากาศที่แตกต่างกัน และหมวดคุณภาพสภาวะแวดล้อมในอาคารจะมีการจำลองแสงธรรมชาติเพื่อลดการใช้ไฟฟ้าแสงสว่างได้

Ref. code: 25595710038380FWJ

จากการวิจัยจะพบว่าอาคารที่ออกแบบมีแนวโน้มผ่านเกณฑ์ประเมิน LEED-NC(v.2009) ได้ในเบื้องต้น ทำให้ตลอดกระบวนการออกแบบต้องมีการจำลองอาคารคือ การจำลองพลังงาน การจำลองแสง ซึ่งจะต้องระบุคุณสมบัติของวัสดุอย่างละเอียด จากงานวิจัยได้เสนอแนวคิดของงานวิจัยควรมีการศึกษาวัสดุอาคารเพิ่มเติมเพื่อให้เกิดแนวทางเลือกใช้วัสดุได้อย่างหลากหลายมากยิ่งขึ้น (ยุทธวัชร อภิวาทนสิร, 2558)

ภาพที่ 2.2 ภาพตัวอย่างอาคารสำนักงานเขียวที่ผ่านมาตรฐาน LEED

Ref. code: 25595710038380FWJ

2.15 ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรและการทำนายตัวแปร

ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร

การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r_{xy}) ซึ่งใช้ได้กับตัวแปร x และ y เพื่อให้มีมาตรการวัดแบบอันตรภาคขึ้นไป สถิติที่ใช้หาความความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรนั้น เพื่อให้เกิดความเข้าใจในการเลือกใช้สถิติเพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรที่ชัดเจนขึ้น(นิคม ถนอมเสียง, 2555)

- การทำนายตัวแปร : การวิเคราะห์ถดถอย (Regression Analysis)

การวิเคราะห์การถดถอย (Regression Analysis) เป็นสถิติที่ใช้ในการทำนายตัวแปรวิธีหนึ่ง เมื่อมีตัวแปรต้นหรือตัวแปรอิสระเพียงตัวเดียว และต้องการทดสอบว่าตัวแปรต้นนั้นมีความสัมพันธ์กับตัวแปรตามอย่างไร ในกรณีที่มีตัวแปรเพียง 2 ตัวเช่นนี้การวิเคราะห์การถดถอยนี้เรียกว่า Bivariate Regression หรือ Simple Regression ถ้า plot จุด โดยให้แกน X เป็นจำนวนครั้งของการไปซื้อสินค้า และแกน Y เป็นทัศนคติของผู้บริโภคที่มีต่อห้างสรรพสินค้า จะได้รูป Scatter Diagram

การพิจารณา Scatter Diagram จะทำให้สามารถมองเห็น “ รูปร่าง ” ของความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรทั้ง 2 ตัวได้ จะสังเกตได้ว่าเมื่อตัวแปร x เพิ่มขึ้น ตัวแปร y ก็มีแนวโน้มเป็นความสัมพันธ์เชิงเส้นตรง(Linear Relationship)เทคนิคในการ Fit ตัวแบบจำลอง (Model) ให้สามารถอธิบายข้อมูล (Data) ได้นั้นเรียกว่าเทคนิค Least - Square เทคนิคนี้จะกำหนดเส้นตรงที่ดีที่สุด โดยที่เมื่อลากเส้นตรงเส้นนี้ระหว่าง Plot บน Scatter Diagram แล้ว ผลรวมของความแตกต่างระหว่างจุดทุกจุดที่ห่างจากเส้นตรงรวมกันจะต้องมีค่าน้อยที่สุด เส้นตรงเส้นที่ดีที่สุดนี้เรียกว่าเส้น Regression Line หรือ เส้นสมการถดถอย ระยะตั้งฉากระหว่างจุดที่ Plot กับเส้นตรง เรียกว่า Error ระยะห่างจากจุดทุกจุดที่ Plot กับเส้นตรงเมื่อยกกำลัง 2 และนำมาบวกรวมกันเรียกว่าผลรวมของความคลาดเคลื่อนยกกำลังสอง (Sum of Squared Errors) å ei2 จะต้องมีค่าน้อยที่สุด เส้น Regression Line ที่ดีที่สุดจึงถูกเรียกว่า The Regression Line Of Y on X สมการ Bivariate Regression ของเส้นตรง Regression Line สามารถเขียนได้ดังนี้

Ref. code: 25595710038380FWJ

$$U = a + bC + ei \quad (1)$$

โดยที่ U = ตัวแปรตาม (Dependent or Criterion Variable)

C = ตัวแปรอิสระ (Independent or Predictor Variable) ตัวที่ 1

a = ค่าคงที่ (Intercept of the Line)

b = ค่าความชันของเส้น (Slope of the Line)

ei = ความคลาดเคลื่อนที่เกิดขึ้นเนื่องจาก x แตกต่างจาก y

Ref. code: 25595710038380FWJ

บทที่ 3

วิธีการวิจัย

3.1 ระเบียบวิธีวิจัย

ในการศึกษาดัชนีชี้วัดการก่อสร้างสีเขียวเพื่อประหยัดพลังงานกรณีศึกษาอาคารสีเขียวบริษัทมหาชน ผู้วิจัยได้กำหนดระเบียบวิธีในการวิจัยออกเป็น 4 ประเด็นหลักได้แก่ รูปแบบการวิจัย ขอบเขตในการวิจัย วิธีการดำเนินงานวิจัย วิธีการวิเคราะห์ โดยมีรายละเอียด ดังต่อไปนี้

3.2 รูปแบบการวิจัย

การวิจัยเป็นการวิจัยเชิงปริมาณ การเก็บข้อมูลแบ่งเป็น 2 ส่วน ได้แก่ ข้อมูลทางกายภาพจากการลงพื้นที่จริง ซึ่งประกอบด้วยที่ตั้งอาคาร ลักษณะการใช้สอย จำนวนพื้นที่ใช้สอยที่มีการปรับอากาศ (ตารางเมตร)และข้อการใช้พลังงานไฟฟ้ารายเดือน (กิโลวัตต์ชั่วโมง) ครบรอบ 12 เดือนปฏิทิน จากการไฟฟ้านครหลวงและการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคศึกษาข้อมูลการใช้พลังงานและวิธีการจัดการพลังงานจากอาคารบริษัทมหาชนที่ได้รับรองมาตรฐานอาคารสีเขียว โดยกำหนดใช้ที่เป็นลักษณะอาคารสำนักงานสีเขียวบริษัทมหาชนจำนวน 3 แห่ง และอาคารสำนักงานบริษัทมหาชนที่ยังไม่ได้รับรองมาตรฐานอีก 2 แห่ง

การวิเคราะห์สรุปผลข้อมูลโดยการใช้ข้อมูลทางสถิติร่วมกับแนวคิดจากเอกสารวิชาการและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องเพื่อนำข้อมูลมากำหนดดัชนีการใช้พลังงานรวมต่อปีและเกณฑ์การใช้พลังงานในอาคารสำนักงานบริษัทมหาชนที่ผ่านการรับรองมาตรฐานและที่ยังไม่ผ่านการรับรอง

3.3 วิธีการดำเนินการวิจัย

การวิจัยมุ่งเน้นที่ดัชนีการใช้พลังงานในอาคารสำนักงานบริษัทมหาชนโดยแบ่งขั้นตอนดังภาพที่1.1 ขั้นตอนการวิจัยเริ่มต้นจากการศึกษาเอกสารงานวิจัยต่างๆที่เกี่ยวกับเกณฑ์การใช้พลังงานในอาคารประเภทต่างๆในประเทศไทย และค่าดัชนีพลังงานในอาคารสำนักงาน

Ref. code: 25595710038380FWJ

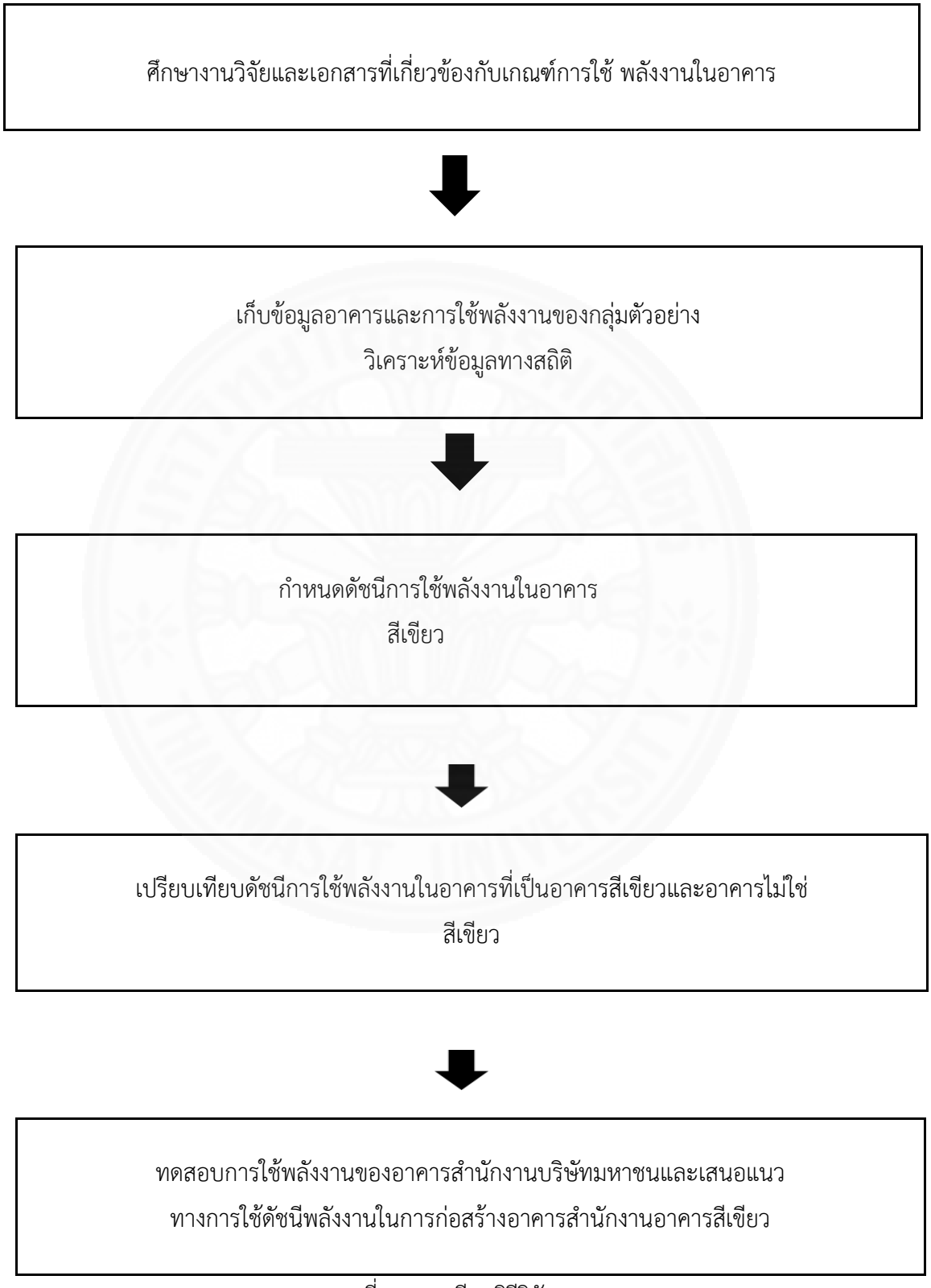
การเก็บข้อมูลวิจัยประกอบด้วย 2 ส่วน ได้แก่ ข้อมูลทางการภาพของอาคารและข้อมูลการใช้พลังงานของอาคารทั้งนี้ สำหรับข้อมูลทางกายภาพ ผู้วิจัยดำเนินการเก็บข้อมูลที่ตั้งอาคาร จำนวนพื้นที่ใช้สอยที่มีการปรับอากาศ (ตารางเมตร) สำหรับข้อมูลการใช้พลังงาน ผู้วิจัยดำเนินการเก็บข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้า (กิโลวัตต์ชั่วโมง) ในรอบ 12 เดือน ไม่รวมถึงพลังงานความร้อนอื่นๆ

วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้สมการถดถอย (Regression Analysis) หาความสัมพันธ์ระหว่างการใช้พลังงานของอาคารรวมต่อปีและพื้นที่ใช้สอยปรับอากาศ เพื่อกำหนดวิธีการคำนวณดัชนีการใช้พลังงานรวมต่อปี และ เปรียบเทียบดัชนีการใช้พลังงานรวมต่อปีของกลุ่มตัวอย่างอาคารสำนักงานบริษัทมหาชนกับผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง เพื่อยืนยันการใช้พลังงานไฟฟ้าในอาคารกลุ่มตัวอย่างสามารถใช้ในการกำหนดเกณฑ์การใช้พลังงานในอาคารที่เหมาะสม ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่างที่มีแนวโน้มใช้พลังงานไฟฟ้ามากหรือน้อยผิดปกติ

หลังจากนั้นจึงดำเนินการศึกษาความสัมพันธ์ของข้อมูลจำนวนพื้นที่มีการปรับอากาศและข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้าของอาคาร เพื่อกำหนดดัชนีการใช้พลังงานในอาคาร (กิโลวัตต์ชั่วโมงต่อตารางเมตรต่อปี) ข้อมูลดัชนีการใช้พลังงานในอาคารทั้งหมดจะถูกนำมาวิเคราะห์ทางสถิติและเปรียบเทียบกับดัชนีพลังงานในอาคารประเภทเดียวกันและอาคารที่ยังไม่ได้รับรองมาตรฐาน เพื่อกำหนดเกณฑ์การใช้พลังงานของอาคารสำนักงานและแนวทางการประยุกต์ใช้ดัชนีพลังงานเพื่อพัฒนาเป็นอาคารสีเขียว วิธีวิจัยข้างต้นมีขั้นตอนตามที่แสดงในภาพที่ 3.1

Ref. code: 25595710038380FWJ

ระเบียบวิธีวิจัย



ภาพที่ 3.1 ระเบียบวิธีวิจัย

Ref. code: 25595710038380FWJ

3.4 การวิเคราะห์ข้อมูล

ในการวิเคราะห์ข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้ารวมต่อปี หลังจากนำข้อมูลที่รวบรวมได้จากการใช้พลังงานไฟฟ้ารวมต่อปีและพื้นที่ปรับอากาศของกลุ่มัตวอย่างจะถูกนำมาวิเคราะห์ทางสถิติโดยใช้สมการการถดถอย (Regression Analysis) เพื่อหาความสัมพันธ์ของตัวแปร และค่าดัชนีการใช้พลังงานไฟฟ้ารวมต่อปี จากกนั้นนำค่าดัชนีของกลุ่มตัวอย่างไปเปรียบเทียบกับเกณฑ์มาตรฐานอื่นและจัดเรียงค่าดัชนีการใช้พลังงานไฟฟ้ารวมต่อปี โดยใช้หลักการคำนวณทางสถิติ เพื่อกำหนดเกณฑ์การใช้พลังงาน และแนวทางการประยุกต์ใช้เพื่อการบริหารจัดการพลังงานต่อไป

3.4.1 สมการการคำนวณดัชนีการใช้พลังงานของอาคาร

$$x = \frac{\text{พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในระบบปรับอากาศต่อปี } (KWh/year)}{\text{พื้นใช้สอย } (m^2)} \quad (2)$$

$$y = \frac{\text{พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในระบบแสงสว่างต่อปี } (KWh/year)}{\text{พื้นที่ใช้สอย } (m^2)} \quad (3)$$

z = ค่าอาคารสีเขียว z = 1 (green building)

= 0 (non- green building) (4)

$$E = \frac{\text{การใช้พลังงานของอาคารต่อปี } (KWh/year)}{\text{พื้นที่ใช้สอย } (m^2)} \quad (5)$$

$$T = A + x + y + z \quad (6)$$

เมื่อ ; x คือ ดัชนีพลังงานในระบบปรับอากาศ

y คือ ดัชนีพลังงานในระบบแสงสว่าง

z คือ ค่าอาคารสีเขียว

T คือ ดัชนีรวมการใช้ไฟฟ้า

A คือ ค่าสัมประสิทธ์ของสมการ

E คือ ค่าดัชนีพลังงานรวมในอาคาร

Ref. code: 25595710038380FWJ

3.4.2 คำจำกัดความที่ใช้ในการคำนวณ

1. การใช้พลังงานของอาคารต่อปี คือผลรวมพลังงานไฟฟ้าที่ได้จากบิลค่าไฟฟ้า 12 เดือน

2. พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในระบบปรับอากาศ คือ พลังงานที่ได้จากการตรวจวัดอุปกรณ์ทั้งหมดของระบบปรับในช่วงเวลาหนึ่ง แล้วคำนวณเป็นพลังงานที่ใช้ต่อเดือน

3. พลังงานที่ใช้ในระบบแสงสว่าง คือ พลังงานที่ได้จากการตรวจวัดวงจรไฟฟ้าแสงสว่างทั้งหมดของอาคารไม่รวมพื้นที่จอดรถในช่วงเวลาหนึ่ง แล้วคำนวณเป็นพลังงานที่ใช้ต่อเดือน

4. พื้นที่ใช้สอยรวม คือ พื้นที่ทั้งหมดในอาคารไม่รวมพื้นที่จอดรถ

Ref. code: 25595710038380FWJ

บทที่ 4

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

4.1 ข้อมูลทางด้านกายภาพ อาคารกลุ่มต่างๆ แบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มอาคารสีเขียว และกลุ่มที่อาคารไม่ใช่สีเขียว โดยศึกษาแนวคิดการออกแบบการก่อสร้างอาคาร

4.1.1 กลุ่มอาคารสีเขียว

1.อาคาร A ที่ตั้ง เขตจตุจักร กรุงเทพมหานคร มีพื้นที่ใช้สอย 74,600 ตารางเมตร ลักษณะเป็นอาคารสำนักงาน จำนวน ชั้น 21 ชั้น (SCG Building, 2016)

อาคาร A เป็นอาคารสำนักงาน ประเภทอาคารสร้างใหม่ (The Leadership in Energy and Environmental Design for Building Design and Construction: LEED BD+C) ระดับสูงสุด LEED Platinum จากสภาอาคารเขียวสหรัฐอเมริกา (U.S. Green Building Council: USGBC) จึงให้ความสำคัญกับการบริหารจัดการเพื่อพัฒนาอาคารประหยัดพลังงานและเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม หรือ Green Building และคำนึงถึงการพัฒนาคุณภาพชีวิตพนักงานให้อยู่ในสภาพแวดล้อมที่ดี มีความสุขกับการทำงาน อาคารสีเขียวให้ความสำคัญกับทุกองค์ประกอบตั้งแต่การก่อสร้างที่คำนึงถึงความปลอดภัยของผู้ทำงานและใช้งาน การควบคุมการก่อสร้างและการเลือกวิธีก่อสร้างที่ส่งผลต่อสภาพแวดล้อมและชุมชนน้อยที่สุด

แนวคิดการออกแบบการก่อสร้างอาคารสีเขียวอาคาร A

- อาคาร A ตัวโครงสร้างอาคารสร้าง เป็นการออกแบบอาคารให้มีส่วนโค้งเว้า ซึ่งไม่ยึดการออกแบบดั่งเดิม

อาคารเป็นลักษณะทรงตรง

- กรอบรอบตัวอาคารโดยรอบ ใช้กระจกแบบ Laminated Glass 2 ชั้น ทำให้เกิดช่องว่างที่เป็นฉนวนกัน

Ref. code: 25595710038380FWJ

ความร้อนเข้าสู่ตัวอาคาร และเคลือบสารการสะท้อนต่ำ เพื่อป้องกันการสะท้อนของแสงแยงสายตาผู้อยู่อาศัยโดยรอบอาคาร

- โครงสร้างภายนอกอาคาร ล้อมรอบด้วยระเบียงที่เป็นส่วนโค้งเว้ายื่นออกมาจากตัวอาคารเพื่อเป็นที่กันแดดให้ตัวอาคาร
- พื้นที่รอบนอกอาคารกำหนดให้เป็นพื้นที่สีเขียวร้อยละ 50 ของพื้นที่เปิดโล่ง และปลูกต้นไม้เพื่อเป็น Green Roof เพื่อช่วยลดพลังงานความร้อนที่จะเข้าสู่อาคาร
- วัสดุก่อสร้างทั้งภายในและภายนอกอาคารเลือกใช้วัสดุที่ผลิตจากวัตถุดับที่ใช้แล้วนำกลับมาใช้ใหม่ หรือ Eco-friendly เช่น กระเบื้องที่ผลิตจากวัสดุรีไซเคิล
- การก่อสร้างหลังคาอาคารจอดรถและพื้นที่บางส่วนของอาคารได้มีการติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์ (Solar Panels) ซึ่งมีกำลังการผลิตที่ช่วยให้ผลิตกระแสไฟฟ้าทดแทนได้ถึง 99,000 กิโลวัตต์ เพื่อขายคืนไฟฟ้าให้กับโรงไฟฟ้า
- ขั้นตอนและวิธีการก่อสร้าง เลือกการใช้วัสดุภายในท้องถิ่นเพื่อลดการขนส่งเป็นการช่วยลดการใช้พลังงานเชื้อเพลิง และการจัดการของเสียที่เกิดจากการก่อสร้างใช้ของเสียที่เกิดขึ้นสามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้ร้อยละ91
- อุปกรณ์ไฟฟ้าที่ใช้ให้แสงสว่างภายในอาคาร เป็นหลอดไฟฟ้า ชนิด LED และ T5 ช่วยประหยัดการใช้พลังงานไฟฟ้าในระบบได้ถึง 250,000 กิโลวัตต์ชั่วโมง

2. อาคาร B ที่ตั้ง ถนนวิภาวดี กรุงเทพมหานคร มีพื้นที่ใช้สอย 56,000 ตารางเมตร ลักษณะเป็นอาคารสำนักงาน จำนวนชั้น 36 ชั้น (Energy Complex, 2016)

อาคาร B เป็นอาคารสำนักงาน ที่ได้รับรองมาตรฐาน ระดับสูงสุด LEED Platinum จากสภาอาคารเขียวสหรัฐอเมริกา (U.S. Green Building Council: USG) การก่อสร้างอาคารให้ความสำคัญกับสิ่งปลูกสร้างที่ส่งผลต่อสิ่งแวดล้อมละช่วยในการอนุรักษ์พลังงาน รวมไปถึงการออกแบบอาคารที่ใช้ในระยะยาวเพื่อให้เกิดความยั่งยืน ส่งผลดีต่ออาคารในอนาคตในเรื่องของค่าใช้จ่ายที่ลดลงจากการใช้ระบบและวัสดุต่างที่ช่วยลดการใช้พลังงานไฟฟ้าภายในอาคาร

Ref. code: 25595710038380FWJ

แนวคิดการออกแบบการก่อสร้างอาคารสีเขียว อาคาร B

- อาคาร B ตัวอาคารโครงสร้างรูปหยดน้ำปลายแหลมพุ่งขึ้น กรอบด้วยกระจกผิวโค้งรอบอาคาร ตามหลักอากาศพลศาสตร์ ซึ่งช่วยลดความร้อนด้านนอกอาคาร และระหว่างก่อสร้างอาคาร วัสดุที่นำมาก่อสร้างอาคาร 44 % มาจากวัสดุที่นำกลับมาใช้ใหม่
- ออกแบบก่อสร้างอาคารโดยโครงสร้างอาคารสามารถรองรับแผ่นดินไหวขนาด 7.2 ริกเตอร์-สเกลจากจุดศูนย์กลางของแผ่นดินไหวบริเวณรอยเลื่อนที่จังหวัดกาญจนบุรี
- รูปแบบการก่อสร้างที่ใช้นวัตกรรมการออกแบบการใช้พื้นที่ให้เกิดประโยชน์โดยออกแบบให้อาคารB มีพื้นที่โล่งและพื้นที่สีเขียว สูงกว่าที่กำหนด 287 %
- โครงสร้างหลังคาประยุกต์ใช้เป็นหลังคาสีเขียว หมายถึง การปลูกต้นไม้ซึ่งเป็นฉนวนกันความร้อนธรรมชาติช่วยสร้างอากาศบริสุทธิ์ให้กับอาคารสำนักงาน
- ระบบปรับอากาศภายในอาคารใช้ระบบระบบแลกเปลี่ยนความร้อนจากอากาศที่ใช้แล้วจากอากาศสู่อากาศ (Air to-Air Heat Exchanger) เป็นการช่วยลดปริมาณการติดตั้งเครื่องปรับอากาศภายในอาคารและลดการใช้พลังงานและขนาดของเครื่องปรับอากาศ

3. อาคาร C ที่ตั้ง เมืองดูไบ ประเทศสหรัฐอาหรับเอมิเรตส์ มีพื้นที่ใช้สอย 55,741 ตารางเมตร ลักษณะเป็นอาคาร สำนักงาน จำนวนชั้น 12 ชั้น (Silicon Oasis, 2016)

อาคาร C เป็นอาคารสำนักงาน ที่ได้รับรองมาตรฐาน ระดับสูงสุด LEED Platinum จากสภาอาคารเขียวสหรัฐอเมริกา (U.S. Green Building Council: USG) เป็นอาคารสำนักงานที่มีทำเลที่ตั้งล้อมรอบด้วยทะเลทราย ตามสภาพภูมิประเทศสหรัฐอาหรับเอมิเรตส์ ซึงเป็นสภาวะที่การก่อสร้างอาคารต้องคำนึงถึงปัจจัยหลายๆด้านเพื่อเอื้ออำนวยต่อสภาพแวดล้อม โดยอาคารดังกล่าวใช้รูปแบบการก่อสร้างอาคารสีเขียว และปรับเปลี่ยนรูปแบบให้สอดคล้องกับสภาพการใช้งานจริง และผ่านการรับรองอาคารสีเขียวในเรื่องของอาคารประหยัดพลังงาน

แนวคิดการออกแบบการก่อสร้างอาคารสีเขียว อาคาร C

- อาคาร C โครงสร้างอาคาร ส่วนใหญ่ล้อมรอบด้วย กระจก ซึ่งกระจกที่ใช้ เป็นกระจก 3 ชั้น ที่มีช่องอากาศอยู่ระหว่างกลาง และเคลือบสารพิเศษที่มีคุณสมบัติช่วยลดแสงแดด และความร้อนเข้าสู่ตัวอาคาร

Ref. code: 25595710038380FWJ

- ภายในอาคารออกแบบการติดตั้งระบบปรับอากาศ โดยจะควบคุมความเย็นในแต่ละพื้นที่อาคารอย่างพอเหมาะโดยการควบคุมการกระจายความเย็นช่วยลดปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าภายในอาคาร เนื่องจากอาคาร C มีการเปิดใช้ระบบปรับอากาศตลอดเวลา จะลดปริมาณในช่วงเวลาที่พระอาทิตย์ตกเท่านั้น
- การออกแบบโครงสร้างหลังคาอาคาร ด้วยการติดตั้งแผงโซลาร์เซลล์ เพื่อผลิตการแสไฟฟ้าใช้เอง ซึ่งอาคาร C จากสภาพภูมิอากาศแล้วตลอดปี ได้รับแสงสว่างจากสงอาทิตย์ ตลอดปีและหลายชั่วโมงต่อวัน เป็นผลทำให้การติดตั้งแผงโซลาร์เซลล์ เกิดประโยชน์สูงสุดต่ออาคาร
- ระบบลิฟต์ในอาคาร ใช้ระบบลิฟต์แบบ Destination Control ซึ่งผู้ผ่านเข้าออกอาคารต้องใช้การแสกนบัตรเพื่อระบบลิฟต์จะคำนวณ การจอดในแต่ละชั้นและการกระจายการใช้ลิฟต์ เพื่อลดการกำหนดการขึ้นลงอย่างเป็นระบบทำให้ปริมาณการใช้ลิฟต์ลดจำนวนครั้งลงเป็นส่วนหนึ่งในการอนุรักษ์พลังงานในอาคาร

4.1.2 กลุ่มอาคารไม่ใช่สีเขียว

1.อาคาร D ที่ตั้ง เขตพระประแดง กรุงเทพมหานคร มีพื้นที่ใช้สอย 60,500 ตารางเมตร ลักษณะเป็นอาคารสำนักงาน จำนวนชั้น 42 ชั้น (Kasikorn Bank, 2016)

อาคาร D เป็นอาคารสำนักงาน โครงสร้างทั่วไปยังคงรูปแบบการก่อสร้างอาคารแบบดั่งเดิม กรอบอาคารใช้วัสดุประเภท คอนกรีต และ หุ้มตัวอาคารด้วยกระจกบางส่วน โดยรอบอาคารมีพื้นที่สีเขียวค่อนข้างน้อยประกอบกับอาคารเป็นอาคารที่สร้างและใช้งานหลายปีทำให้สภาพอาคาร โดยรวมยังไม่ได้รับการออกแบบเพื่อรองรับการรับรองมาตรฐาน LEED

แนวคิดการพัฒนาอาคาร D

- พัฒนาพื้นที่ ของอาคารให้เกิดพื้นที่สีเขียวเพิ่มขึ้น ร้อยละ 25 ของพื้นที่อาคาร

- ปรับปรุงการใช้ระบบลิฟต์ภายในอาคาร ระบบขนส่งในแนวดิ่งเป็น Smart Elevator ช่วยขนส่งคนได้เร็ว ให้ประหยัดขึ้นกว่า 30%

- ปรับเปลี่ยนกระจกภายนอกอาคาร โดยใช้กระจก ที่มีคุณสมบัติสะท้อนความร้อน เพื่อลดความร้อนเข้าสู่ตัวอาคาร เป็นการช่วยลดการใช้เครื่องปรับอากาศภายในอาคาร

Ref. code: 25595710038380FWJ

- การพัฒนาพื้นที่โล่งและหลังคาอาคาร การติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์ (Solar Cell) ซึ่งมีกำลังการผลิตที่ช่วยให้ผลิตกระแสไฟฟ้าทดแทน

2.อาคาร E ที่ตั้ง เขตสีลม กรุงเทพมหานคร มีพื้นที่ใช้สอย 34,600 ตารางเมตรลักษณะอาคารสำนักงาน จำนวนชั้น 29 ชั้น (CP Tower, 2016)

อาคาร E เป็นอาคารสำนักงาน ทีมีรูปแบบการก่อสร้างอาคารสร้างด้วย คอนกรีต และประกอบด้วยโครงสร้างกระจกในบางส่วนของอาคาร สภาพแวดล้อมโดยรอบ ล้อมไปด้วยอาคารสำนักงาน ทำให้อาคารมีพื้นที่สีเขียวได้ยากเนื่องจากมีพื้นที่ที่ข้อนข้างจำกัด ระบบปรับอากาศยังคงเป็นลักษณะการใช้เครื่องปรับอากาศในส่วนหลักและกระจายการใช้งานไปตามชั้นต่างๆของอาคาร

แนวคิดการพัฒนาอาคาร E

- การวางผังอาคารจัดให้พื้นที่สำนักงานได้รับแสงสว่างธรรมชาติอย่างเต็มที่ ตั้งใจจัด Open-plan Office ที่ไม่มีผนังกั้นห้องภายในที่กีดขวางการนำแสงสว่างธรรมชาติจากด้านนอก พยายามจัดผังอาคารที่คำนึงถึงทิศทางแดด
- ปรับเปลี่ยนกระจกของอาคาร ให้มีคุณสมบัติ สามารถป้องกันความร้อนเข้าสู่อาคารและสะท้อนที่ไม่รบการอาคารโดยรอบ และ ให้สามารถส่องผ่านเข้าถึงพื้นที่ภายในได้ ช่วยลดปริมาณการใช้แสงไฟภายในอาคาร
- การพัฒนาการปรับรูปแบบหลังคาอาคาร ให้มีการใช้นวัตกรรมพลังงานทดแทน (Solar Cell)
- การออกแบบการจัดสวนแนวตั้ง เพื่อเพิ่มพื้นที่สีเขียว และช่วยลดอุณหภูมิภายในตัวอาคาร รวมถึงการเลือกใช้วัสดุในการปรับปรุงอาคาร ควรเลือกใช้ วัสดุบางอย่างผลิตมาจากแหล่งทรัพยากรที่สามารถทดแทนได้

Ref. code: 25595710038380FWJ

4.2 การศึกษาเกณฑ์การออกแบบอาคารประหยัดพลังงานได้มีการเปรียบเทียบกลุ่มอาคารสีเขียวและอาคารไม่ใช่สีเขียว

ข้อมูลตารางที่ 4.1 พบว่าอาคารที่ได้มาตรฐานอาคารสีเขียวเช่น อาคาร A,B และ C มีการก่อสร้างที่คำนึงความสะอาดสูงสุด และการออกแบบให้อาคารได้รับแสงสว่างอย่างเพียงพอ ส่วนที่มีการใช้งานตลอดทั้งวันลดการใช้พลังงานไฟฟ้ารวมทั้งการใช้พลังงานทดแทนโดยการใช้เซลล์แสงอาทิตย์ผลิตไฟฟ้า ทำให้ทั้ง 3 อาคารเป็นอาคารสีเขียวที่ได้มาตรฐาน ส่วนอาคาร D และ E พบว่ายังขาดปัจจัยด้านการออกแบบให้อาคารได้รับแสงสว่างอย่างเพียงพอ และ ยังไม่มีการใช้พลังงานทดแทนรวมไปถึงการพัฒนาอาคารโดยมีนโยบายการจัดการอาคารของผู้บริหารแต่ยังไม่ได้นำไปปรับปรุงเพื่อพัฒนาให้ได้มาตรฐานอาคารสีเขียว

ตารางที่ 4.1

ข้อมูลตารางเปรียบเทียบการออกแบบอาคารประหยัดพลังงานกลุ่มอาคารสีเขียวและอาคารไม่ใช่สีเขียว

ปัจจัยการออกแบบอาคารสีเขียว	**อาคารตัวอย่าง**				
	อาคาร A	**อาคาร B**	**อาคาร C**	**อาคาร D**	**อาคาร E**
1.การก่อสร้างที่คำนึงความสะอาดสูงสุด	YES	YES	YES	NO	NO
2.การออกแบบให้อาคารได้รับแสงสว่างอย่างเพียงพอ ส่วนที่มีการใช้งานตลอดทั้งวันลดการใช้พลังงานไฟฟ้า	YES	YES	YES	NO	NO
3.การลดพลังงานด้วยระบบปรับอากาศและแสงสว่างที่ทันสมัยและ ได้มาตรฐาน	YES	YES	YES	NO	NO
4.กลุ่มเจ้าของอาคารหรือผู้บริหารระดับสูงมีนโยบายในด้านอาคารเขียว	YES	YES	YES	YES	YES
5.การใช้เซลล์แสงอาทิตย์ผลิตไฟฟ้า	YES	YES	YES	NO	NO

Ref. code: 25595710038380FWJ

จากการศึกษาเกณฑ์การออกแบบอาคารประหยัดพลังงานได้มีการเปรียบเทียบกลุ่มอาคารสีเขียวและไม่ใช่อาคารสีเขียว ตามตารางที่ 4.1 พบว่าอาคารไม่ใช่สีเขียวควรมีการปรับปรุงแก้ไขดังนี้

แนวคิดพื้นฐานในการปรับปรุง

- ระบบไฟฟ้าแสงสว่าง ใช้หลอดประหยัดไฟฟ้าทั้งหมดและหลอดไฟ LED รวมทั้งดึงแสงธรรมชาติมาใช้ในอาคาร

- ระบบปรับอากาศ ออกแบบให้เกิดการไหลเวียนอากาศภายนอกสู่ภายใน ผสานระบบเครื่องปรับอากาศ

- กระจกรอบตัวอาคารเป็น Insulated Laminate ป้องกันความร้อนเข้าสู่ตัวอาคารและตัดแสงสะท้อนได้

- กรอบอาคาร ใช้ฉนวนใยแก้วหุ้มด้วยแผ่นอลูมิเนียมฟอยล์ ทำให้การถ่ายเทความร้อนลดลง

- ระบบน้ำ นำน้ำที่ใช้แล้วมาผ่านกระบวนการเพื่อนำกลับมาใช้ใหม่

4.3 ข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้ารวม

ผู้วิจัยทำการเก็บข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้าย้อนหลัง 12 เดือนทั้งนี้ไม่รวมถึงพลังงานไอน้ำหรือพลังงานความร้อนอื่นๆ นำมาคำนวณหาค่าดัชนีการใช้พลังงาน จำนวน 2 กลุ่มอาคาร ซึ่งเมื่อนำข้อมูลมาวิเคราะห์ทางสถิติแล้ว พบว่า ข้อมูลการใช้พลังงานรวมต่อปีของอาคารสีเขียวกลุ่มตัวอย่างและอาคารไม่ใช่สีเขียว แสดงดังตารางที่ 4.2

Ref. code: 25595710038380FWJ

ตารางที่ 4.2

ข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้าอาคารตัวอย่างรายเดือนในรอบ 12 เดือน

ค่าปริมาณการใช้ไฟฟ้าอาคารบริษัทตัวอย่างรายเดือนปี พ.ศ. 2558 (กิโลวัตต์ชั่วโมง)					
เดือน	อาคาร A	อาคาร B	อาคารC	อาคาร D	อาคาร E
มกราคม	513,400	512,500	465,800	650,400	670,500
กุมภาพันธ์	525,600	522,700	498,300	674,500	680,490
มีนาคม	532,470	550,000	486,700	680,300	650,800
เมษายน	511,400	539,000	513,000	643,800	657,900
พฤษภาคม	513,100	539,000	540,000	670,900	678,900
มิถุนายน	512,800	545,000	420,000	650,300	680,800
กรกฎาคม	515,300	532,500	585,500	680,500	667,500
สิงหาคม	512,300	535,000	590,500	658,900	677,980
กันยายน	513,600	560,809	585,600	674,980	760,500
ตุลาคม	495,000	580,600	590,600	675,890	675,800
พฤศจิกายน	498,500	465,800	490,500	680,460	650,800
ธันวาคม	486,000	456,900	456,900	654,100	654,500

ข้อมูลตารางที่ 4.2 สรุปการใช้พลังงานไฟฟ้าอาคารที่เป็นอาคารสีเขียวพบว่า ข้อมูลการใช้พลังงานรวมต่อเดือนของอาคารสีเขียวกลุ่มตัวอย่าง มีค่าต่ำสุดเท่ากับ 456,900 กิโลวัตต์ชั่วโมง มีค่าสูงสุดเท่ากับ 580,600 กิโลวัตต์ชั่วโมง และมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 519,553 กิโลวัตต์ชั่วโมง

Ref. code: 25595710038380FWJ

ข้อมูลตารางที่ 4.3 สรุปการใช้พลังงานไฟฟ้าอาคารที่เป็นอาคารสีเขียวทดสอบ อาคาร A พบว่า ข้อมูลการใช้พลังงานรวมต่อเดือนของอาคาร มีค่าต่ำสุดเท่ากับ 486,000 กิโลวัตต์ชั่วโมงต่อเดือน มีค่าสูงสุดเท่ากับ 532,470 กิโลวัตต์ชั่วโมงต่อเดือน และมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 510,789 กิโลวัตต์ชั่วโมงต่อเดือน และ อาคาร B พบว่า ข้อมูลการใช้พลังงานรวมต่อเดือนของอาคาร มีค่าต่ำสุดเท่ากับ 456,900 กิโลวัตต์ชั่วโมงต่อเดือนมีค่าสูงสุดเท่ากับ 580,600 กิโลวัตต์ชั่วโมงต่อเดือน และมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 528,317 กิโลวัตต์ชั่วโมงต่อเดือน จากการสำรวจ พบว่าอาคาร B ค่าเฉลี่ยสูงกว่าอาคาร A เนื่องจากการใช้ไฟฟ้ารายเดือนของอาคาร B ในช่วงฤดูร้อน ระหว่างเดือนเมษายน ถึง เดือนมิถุนายน และ ฤดูฝน ระหว่าง เดือนมิถุนายน ถึง เดือนกันยายน มีปริมาณการใช้ไฟฟ้ามากกว่าอาคาร A และพื้นที่อาคาร B อยู่ในเขตการจราจรคับคั่งมากกว่าอาคาร A

ตารางที่ 4.3

สรุปการใช้พลังงานไฟฟ้าอาคารที่เป็นอาคารสีเขียว

สรุปการใช้พลังงานไฟฟ้ารวม (กิโลวัตต์ชั่วโมงต่อเดือน)	อาคารตัวอย่าง	
	A	B
ค่าต่ำสุด (Min)	486,000	456,900
ค่าสูงสุด (Max)	532,470	580,600
ค่าเฉลี่ย (Mean)	510,789	528,317

ข้อมูลตารางที่ 4.4 สรุปการใช้พลังงานไฟฟ้าอาคารที่เป็นอาคารสีเขียวทดสอบพบว่า ข้อมูลการใช้พลังงานรวมต่อเดือนของอาคารสีเขียวกลุ่มตัวอย่าง มีค่าต่ำสุดเท่ากับ 420,000 กิโลวัตต์ชั่วโมงต่อเดือน มีค่าสูงสุดเท่ากับ 590,600 กิโลวัตต์ชั่วโมงต่อเดือน และมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 518,617 กิโลวัตต์ชั่วโมงต่อเดือน ซึ่งอาคาร C เป็นอาคารสำนักงานที่เป็นอาคารสีเขียว แต่ด้วยสภาพแวดล้อมโดยรอบล้อมด้วยทะเลทราย ในระบบภายในสำนักงานใช้เครื่องปรับอากาศตลอดเวลา ทำให้มีการใช้พลังงานไฟฟ้ารวมค่อนข้างสูงกว่าอาคารอื่นๆ

Ref. code: 25595710038380FWJ

ตารางที่ 4.4

สรุปการใช้พลังงานไฟฟ้าต่อเดือนของอาคารที่เป็นอาคารสีเขียวอาคารตัวอย่างเพื่อทดสอบ

สรุปการใช้พลังงานไฟฟ้ารวม (กิโลวัตต์ชั่วโมงต่อเดือน)	อาคาร C
ค่าต่ำสุด (Min)	420,000
ค่าสูงสุด (Max)	590,600
ค่าเฉลี่ย (Mean)	518,617

ข้อมูลตารางที่ 4.5 สรุปข้อมูลการใช้พลังงานรวมต่อปีของอาคารไม่ใช่สีเขียวกลุ่มตัวอย่าง อาคาร D มีค่าต่ำสุดเท่ากับ 643,800 กิโลวัตต์ชั่วโมงต่อเดือน มีค่าสูงสุดเท่ากับ 680,500 กิโลวัตต์ชั่วโมงต่อเดือน และมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 666,253 กิโลวัตต์ชั่วโมงต่อเดือน และ อาคาร E มีค่าต่ำสุดเท่ากับ 650,800 กิโลวัตต์ชั่วโมงต่อเดือน มีค่าสูงสุดเท่ากับ 760,500 กิโลวัตต์ชั่วโมงต่อเดือน และมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 675,539 กิโลวัตต์ชั่วโมงต่อเดือน พบว่า อาคารทั้ง 2 อาคารมีการใช้ไฟฟ้ารวมค่อนข้างสูง โดยเฉพาะอาคาร E มีปริมาณการใช้ไฟฟ้ามากในช่วง ฤดูร้อนระหว่างเดือนเมษายน ถึงเดือนมิถุนายน เพราะว่า การออกแบบอาคารอ้างอิงตามตารางที่ 4.1 รูปแบบอาคารยังไม่มีการใช้พลังงานทดแทน และระบบการจัดการพลังงานภายในอาคารยังไม่ได้รับการปรับปรุงและเปลี่ยนมาใช้อุปกรณ์ไฟฟ้าชนิดประหยัดพลังงาน

ตารางที่ 4.5

สรุปการใช้พลังงานไฟฟ้าต่อเดือนของอาคารไม่ใช่สีเขียวอาคารตัวอย่างเพื่อทดสอบ

สรุปการใช้ไฟฟ้ารวม (กิโลวัตต์ชั่วโมงต่อเดือน)	อาคารตัวอย่าง	
	D	E
ค่าต่ำสุด (Min)	643,800	650,800
ค่าสูงสุด (Max)	680,500	760,500
ค่าเฉลี่ย (Mean)	666,253	675,539

Ref. code: 25595710038380FWJ

ข้อมูลตารางที่ 4.6 สรุปดัชนีรวมการใช้พลังงานไฟฟ้าอาคารตัวอย่างที่เป็นอาคารสีเขียว ข้อมูลการใช้พลังงานรวมต่อปีของอาคารสีเขียวกลุ่มตัวอย่าง อาคาร A มีค่าต่ำสุดเท่ากับ 5.51 กิโลวัตต์ชั่วโมงต่อตารางเมตร มีค่าสูงสุดเท่ากับ 5.71 กิโลวัตต์ชั่วโมงต่อตารางเมตร และมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 5.48 กิโลวัตต์ชั่วโมงต่อตารางเมตร และ อาคาร B มีค่าต่ำสุดเท่ากับ 4.60 กิโลวัตต์ชั่วโมงต่อตารางเมตร มีค่าสูงสุดเท่ากับ 5.83กิโลวัตต์ชั่วโมงต่อตารางเมตร และมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 5.61 กิโลวัตต์ชั่วโมงต่อตารางเมตร พบว่า อาคาร B การใช้ไฟรวมมากกว่าอาคาร A ปริมาณการใช้ไฟในระบบปรับอากาศ สูงกว่าเพราะบางส่วนของอาคารเป็นพื้นที่ให้เช่าเป็นศูนย์การค้าซึ่งเวลาเปิดปิดไม่ตรงกับเวลาทำการของอาคารสำนักงานเป็นผลให้ผลรวมดัชนีการใช้ไฟฟ้ารวมของอาคาร B มากกว่าอาคาร A

ตารางที่ 4.6

สรุปดัชนีรวมการใช้พลังงานไฟฟ้าอาคารตัวอย่างที่เป็นอาคารสีเขียว

ค่าดัชนีรวมการใช้ไฟฟ้ารวม (กิโลวัตต์ชั่วโมงต่อตารางเมตร)	อาคารตัวอย่าง	
	A	B
ค่าต่ำสุด (Min)	5.21	4.60
ค่าสูงสุด (Max)	5.71	5.83
ค่าเฉลี่ย (Mean)	5.48	5.61

ข้อมูลตารางที่ 4.7 สรุปดัชนีรวมการใช้พลังงานไฟฟ้าอาคารที่เป็นอาคารสีเขียว ของอาคารสีเขียวกลุ่มตัวอย่าง อาคาร C มีค่าต่ำสุดเท่ากับ 3.94 กิโลวัตต์ชั่วโมงต่อตารางเมตร มีค่าสูงสุดเท่ากับ 5.54 กิโลวัตต์ชั่วโมงต่อตารางเมตร และมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.87 กิโลวัตต์ชั่วโมงต่อตารางเมตร พบว่า อาคาร C ค่าดัชนีรวมต่ำกว่าอาคารสีเขียวตัวอย่าง อาคาร A และ B เนื่องจาก เนื่องจากสภาพแวดล้อม และการออกแบบก่อสร้างอาคารได้รับแสงสว่างจากภายนอกเพียงพอของตัวอาคาร

Ref. code: 25595710038380FWJ

ทำให้ลดปริมาณความต้องการแสงสว่างจากหลอดไฟน้อยและมีความต้องการใช้งานไม่บ่อยครั้งทำให้ดัชนีในระบบแสงสว่างมีค่าที่ต่ำกว่าอาคารสีเขียวตัวอย่าง

ตารางที่ 4.7

สรุปดัชนีรวมการใช้พลังงานไฟฟ้ารวมอาคารสีเขียวทดสอบ

ค่าดัชนีรวมการใช้ไฟฟ้ารวม (กิโลวัตต์ชั่วโมงต่อตารางเมตร)	อาคาร C
ค่าต่ำสุด (Min)	3.94
ค่าสูงสุด (Max)	5.54
ค่าเฉลี่ย (Mean)	4.87

ข้อมูลตารางที่ 4.8 สรุปดัชนีรวมการใช้พลังงานไฟฟ้าอาคารไม่ใช่สีเขียว ของอาคารสีเขียวกลุ่มตัวอย่างอาคาร D มีค่าต่ำสุดเท่ากับ 6.47 กิโลวัตต์ชั่วโมงต่อตารางเมตร มีค่าสูงสุดเท่ากับ 6.84 กิโลวัตต์ชั่วโมงต่อตารางเมตร และมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 6.70 กิโลวัตต์ชั่วโมงต่อตารางเมตร และ อาคาร E มีค่าต่ำสุด เท่ากับ 6.54 กิโลวัตต์ชั่วโมงต่อตารางเมตร มีค่าสูงสุดเท่ากับ 7.65 กิโลวัตต์ชั่วโมงต่อตารางเมตร และมีค่าเฉลี่ย เท่ากับ 6.79 กิโลวัตต์ชั่วโมงต่อตารางเมตร พบว่า อาคาร อาคาร E มีดัชนีรวมสูงกว่าเนื่องจากมีปริมาณการใช้ปริมาณการใช้ไฟในระบบปรับอากาศตลอดปี สูงกว่าเป็นผลให้ผลรวมดัชนีการใช้ไฟฟ้ารวมของอาคาร E มากกว่าอาคาร D

Ref. code: 25595710038380FWJ

ตารางที่ 4.8

สรุปดัชนีรวมการใช้พลังงานไฟฟ้ารวมอาคารไม่ใช่สีเขียว

ค่าดัชนีรวมการใช้ไฟฟ้ารวม (กิโลวัตต์ชั่วโมงต่อตารางเมตร)	อาคารทดสอบ	
	D	E
ค่าต่ำสุด (Min)	6.47	6.54
ค่าสูงสุด (Max)	6.84	7.65
ค่าเฉลี่ย (Mean)	6.70	6.79

Ref. code: 25595710038380FWJ

ผู้วิจัยทำการเก็บข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้าในระบบปรับอากาศย้อนหลัง 12 เดือน นำมาคำนวณหาค่าดัชนีการใช้พลังงาน จำนวน 2 กลุ่มอาคาร ซึ่งเมื่อนำข้อมูลมาวิเคราะห์ทางสถิติแล้วพบว่า ข้อมูลการใช้พลังงานรวมต่อปีของอาคารสีเขียวกลุ่มตัวอย่างและอาคารที่ไม่ใช่อาคารสีเขียวแสดงดังตารางที่ 4.9

ตารางที่ 4.9

ค่าดัชนีการใช้ไฟฟ้าในระบบปรับอากาศ(กิโลวัตต์ชั่วโมงต่อตารางเมตร)

ค่าดัชนีรวมการใช้ไฟฟ้าในระบบปรับอากาศอาคารบริษัทตัวอย่างรายเดือน (กิโลวัตต์ชั่วโมงต่อตารางเมตร)					
เดือน	อาคาร A	อาคาร B	อาคาร C	อาคาร D	อาคาร E
มกราคม	3.10	3.09	2.81	3.49	3.60
กุมภาพันธ์	3.17	3.15	3.01	3.62	3.65
มีนาคม	3.21	3.32	2.94	3.65	3.49
เมษายน	3.08	3.25	3.09	3.45	3.53
พฤษภาคม	3.10	3.25	3.26	3.60	3.64
มิถุนายน	3.09	3.29	2.53	3.49	3.65
กรกฎาคม	3.11	3.21	3.53	3.65	3.58
สิงหาคม	3.09	3.23	3.56	3.53	3.64
กันยายน	3.10	3.38	3.53	3.62	4.08
ตุลาคม	2.99	3.50	3.56	3.62	3.62
พฤศจิกายน	3.01	2.81	2.96	3.65	3.49
ธันวาคม	2.93	2.76	2.76	3.51	3.51

Ref. code: 25595710038380FWJ

ข้อมูลตารางที่ 4.10 สรุปดัชนีรวมการใช้พลังงานไฟฟ้าระบบปรับอากาศอาคารสีเขียวของอาคารสีเขียวกลุ่มตัวอย่าง พบว่า อาคารA มีค่าต่ำสุดเท่ากับ 2.93 กิโลวัตต์ชั่วโมงต่อตารางเมตร มีค่าสูงสุดเท่ากับ 3.21 กิโลวัตต์ชั่วโมงต่อตารางเมตร และมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.08 กิโลวัตต์ชั่วโมงต่อตารางเมตร และ อาคาร B มีค่าต่ำสุดเท่ากับ 2.76 กิโลวัตต์ชั่วโมงต่อตารางเมตร มีค่าสูงสุดเท่ากับ 3.50 กิโลวัตต์ชั่วโมงต่อตารางเมตร และมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.19 กิโลวัตต์ชั่วโมงต่อตารางเมตร พบว่า อาคาร B มีการใช้พลังงานในระบบปรับอากาศสูงกว่าอาคาร A ในช่วงฤดูร้อน ในเดือนมีนาคม ถึงเดือน พฤษภาคม และสืบเนื่องถึง ฤดู ฝนในเดือนกรกฎาคม ถึงเดือน กันยายน

ตารางที่ 4.10

สรุปดัชนีรวมการใช้พลังงานไฟฟ้าระบบปรับอากาศอาคารสีเขียว

สรุปดัชนีระบบปรับอากาศ (กิโลวัตต์ชั่วโมงต่อตารางเมตร)	อาคารตัวอย่าง	
	A	B
ค่าต่ำสุด (Min)	2.93	2.76
ค่าสูงสุด (Max)	3.21	3.50
ค่าเฉลี่ย (Mean)	3.08	3.19

ข้อมูลตารางที่ 4.11 สรุปดัชนีรวมการใช้พลังงานไฟฟ้าระบบปรับอากาศอาคารสีเขียว ของอาคารสีเขียวทดสอบอาคาร C มีค่าต่ำสุดเท่ากับ 2.53 กิโลวัตต์ชั่วโมงต่อตารางเมตร มีค่าสูงสุดเท่ากับ 3.56 กิโลวัตต์ชั่วโมงต่อตารางเมตร และมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.13 กิโลวัตต์ชั่วโมงต่อตารางเมตร พบว่า อาคาร C ค่าดัชนีการใช้ไฟฟ้าในระบบปรับอากาศสูงกว่า อาคารสีเขียวตัวอย่าง อาคาร A และ B เนื่องจากสภาพแวดล้อมภายนอกอาคารเป็นทะเลทราย ทำให้อาคารต้องใช้เครื่องปรับอากาศตลอดเวลา และใช้ลดลงบางส่วนเฉพาะเวลากลางคืนเท่านั้น

Ref. code: 25595710038380FWJ

ตารางที่ 4.11

สรุปดัชนีรวมการใช้พลังงานไฟฟ้าระบบปรับอากาศอาคารทดสอบอาคารสีเขียว

สรุปดัชนีระบบปรับอากาศ (กิโลวัตต์ชั่วโมงต่อตารางเมตร)	อาคาร C
ค่าต่ำสุด (Min)	2.53
ค่าสูงสุด (Max)	3.56
ค่าเฉลี่ย (Mean)	3.13

ข้อมูลตารางที่ 4.12 สรุปดัชนีรวมการใช้พลังงานไฟฟ้าระบบปรับอากาศอาคารไม่ใช่สีเขียวของอาคารกลุ่มทดสอบ อาคาร D มีค่าต่ำสุดเท่ากับ 3.45 กิโลวัตต์ชั่วโมงต่อตารางเมตร มีค่าสูงสุดเท่ากับ 3.65 กิโลวัตต์ชั่วโมงต่อตารางเมตร และมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.57 กิโลวัตต์ชั่วโมงต่อตารางเมตร และ อาคาร E มีค่าต่ำสุดเท่ากับ 3.49 กิโลวัตต์ชั่วโมงต่อตารางเมตร มีค่าสูงสุดเท่ากับ 4.08 กิโลวัตต์ชั่วโมงต่อตารางเมตร และมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.62 กิโลวัตต์ชั่วโมงต่อตารางเมตรพบว่าอาคาร E มีดัชนีรวมสูงกว่าเนื่องจากมีปริมาณการใช้ปริมาณการใช้ไฟในระบบปรับอากาศตลอดปี สูงกว่าเป็นผลให้ผลรวมดัชนีการใช้ไฟฟ้ารวมของอาคาร E มากกว่าอาคาร D

ตารางที่ 4.12

สรุปดัชนีรวมการใช้พลังงานไฟฟ้าระบบปรับอากาศอาคารทดสอบอาคารไม่ใช่สีเขียว

สรุปดัชนีระบบปรับอากาศ (กิโลวัตต์ชั่วโมงต่อตารางเมตร)	อาคารทดสอบ	
	D	E
ค่าต่ำสุด (Min)	3.45	3.49
ค่าสูงสุด (Max)	3.65	4.08
ค่าเฉลี่ย (Mean)	3.57	3.62

Ref. code: 25595710038380FWJ

ผู้วิจัยทำการเก็บข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้าในระบบปรับอากาศย้อนหลัง 12 เดือน นำมาคำนวณหาค่าดัชนีการใช้พลังงาน จำนวน 2 กลุ่มอาคาร ซึ่งเมื่อนำข้อมูลมาวิเคราะห์ทางสถิติแล้วพบว่า ข้อมูลการใช้พลังงานรวมต่อปีของอาคารสีเขียวกลุ่มตัวอย่างและอาคารไม่ใช่สีเขียว แสดงดังตารางที่ 4.13

ตารางที่ 4.13

ค่าดัชนีการใช้ไฟฟ้าในระบบแสงสว่าง (กิโลวัตต์ชั่วโมงต่อตารางเมตร)

ค่าดัชนีรวมการใช้ไฟฟ้าในระแสงสว่างอาคารสีเขียวและไม่ใช่สีเขียว (กิโลวัตต์ชั่วโมงต่อตารางเมตร)					
เดือน	อาคาร A	อาคาร B	อาคาร C	อาคาร D	อาคาร E
มกราคม	2.41	2.06	1.56	3.05	3.15
กุมภาพันธ์	2.47	2.10	1.67	3.16	3.19
มีนาคม	2.50	2.21	1.63	3.19	3.05
เมษายน	2.40	2.37	1.72	3.02	3.09
พฤษภาคม	2.41	2.57	1.81	3.15	3.19
มิถุนายน	2.21	2.19	1.41	3.05	3.19
กรกฎาคม	2.12	2.34	1.96	3.19	3.13
สิงหาคม	2.40	2.35	1.98	3.09	3.18
กันยายน	2.21	2.26	1.96	3.17	3.57
ตุลาคม	2.12	2.33	1.98	3.17	3.17
พฤศจิกายน	1.04	1.87	1.64	3.19	3.05
ธันวาคม	1.28	1.84	1.53	3.07	3.07

Ref. code: 25595710038380FWJ

ข้อมูลจากตารางที่ 4.14 สรุปดัชนีรวมการใช้พลังงานไฟฟ้าระบบแสงสว่างอาคารที่เป็นอาคารสีเขียว ของอาคารสีเขียวกลุ่มตัวอย่างอาคาร A มีค่าต่ำสุดเท่ากับ 1.04 กิโลวัตต์ชั่วโมงต่อตารางเมตร มีค่าสูงสุดเท่ากับ 2.50 กิโลวัตต์ชั่วโมงต่อตารางเมตร และมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2.13 กิโลวัตต์ชั่วโมงต่อตารางเมตร และ อาคาร B มีค่าต่ำสุดเท่ากับ1.84 กิโลวัตต์ชั่วโมงต่อตารางเมตร มีค่าสูงสุดเท่ากับ 2.57 กิโลวัตต์ชั่วโมงต่อตารางเมตร และมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2.21 กิโลวัตต์ชั่วโมงต่อตารางเมตร พบว่าอาคาร A ค่าดัชนีในระบบแสงสว่าง น้อยกว่าอาคาร B เนื่องจากการก่อสรร้างอาคาร A อาคารเป็นกระจกรอบอาคารทำให้รับแสงสว่างจากภายนอกเพียงพอ ลดการใช้แสงสว่างจากหลอดไฟภายในอาคาร

ตารางที่ 4.14

สรุปดัชนีรวมการใช้พลังงานไฟฟ้าระบบแสงสว่างอาคารที่เป็นอาคารสีเขียว

สรุปดัชนีระบบแสงสว่างอาคารสีเขียว (กิโลวัตต์ชั่วโมงต่อตารางเมตร)	อาคารตัวอย่าง	
	A	B
ค่าต่ำสุด (Min)	1.04	1.84
ค่าสูงสุด (Max)	2.50	2.57
ค่าเฉลี่ย (Mean)	2.13	2.21

ข้อมูลจากตารางที่ 4.15 สรุปดัชนีรวมการใช้พลังงานไฟฟ้าระบบแสงสว่างอาคารที่เป็นอาคารสีเขียวทดสอบ ของอาคารสีเขียวกลุ่มตัวอย่าง มีค่าต่ำสุดเท่ากับ 1.41 กิโลวัตต์ชั่วโมงต่อตารางเมตร มีค่าสูงสุดเท่ากับ 1.98 กิโลวัตต์ชั่วโมงต่อตารางเมตร และมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1.74 กิโลวัตต์ชั่วโมงต่อตารางเมตร พบว่าอาคาร C ดัชนีในระบบแสงสว่างมีค่าน้อยกว่าอาคาร ตัวอย่าง A และ B เนื่องจากสภาพแวดล้อม และการออกแบบก่อสร้างอาคารได้รับแสงสว่างจากภายนอกเพียงพอ ของตัวอาคารทำให้ลดปริมาณความต้องการแสงสว่างจากหลอดไฟน้อย และมีความต้องการใช้งานไม่บ่อยครั้งทำให้ดัชนีในระบบแสงสว่างมีค่าที่ต่ำกว่าอาคารอื่นๆ

Ref. code: 25595710038380FWJ

ตารางที่ 4.15

สรุปดัชนีรวมการใช้พลังงานไฟฟ้าระบบแสงสว่างอาคารสีเขียวทดสอบ

สรุปดัชนีระบบแสงสว่างอาคารสีเขียวทดสอบ (กิโลวัตต์ชั่วโมงต่อตารางเมตร)	อาคาร C
ค่าต่ำสุด (Min)	1.41
ค่าสูงสุด (Max)	1.98
ค่าเฉลี่ย (Mean)	1.74

ข้อมูลจากตารางที่ 4.16 สรุปดัชนีรวมการใช้พลังงานไฟฟ้าระบบแสงสว่างอาคารไม่ใช่สีเขียว ของอาคารทดสอบอาคาร D มีค่าต่ำสุดเท่ากับ 3.02 กิโลวัตต์ชั่วโมงต่อตารางเมตร มีค่าสูงสุดเท่ากับ 3.19 กิโลวัตต์ชั่วโมงต่อตารางเมตร และมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.13 กิโลวัตต์ชั่วโมงต่อตารางเมตร และ อาคาร E ค่าต่ำสุดเท่ากับ 3.05 กิโลวัตต์ชั่วโมงต่อตารางเมตร มีค่าสูงสุดเท่ากับ 3.57 กิโลวัตต์ชั่วโมงต่อตารางเมตร และมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.17 กิโลวัตต์ชั่วโมงต่อตารางเมตร พบว่าอาคาร E ดัชนีรวมการใช้ไฟฟ้าในระบบแสงสว่างมีค่าสูงกว่าอาคาร D การก่อสร้างอาคารเป็นอาคารคอนกรีต การได้รับแสงสว่างจากภายนอกอาคารน้อยทำให้ต้องใช้แสงสว่างจากหลอดไฟภายในอาคารมากกว่าอาคาร D ที่บางส่วนของอาคารเป็นโครงสร้างกระจกได้รับแสงสว่างจากภายนอกเข้าสู่ตัวอาคาร

Ref. code: 25595710038380FWJ

ตารางที่ 4.16

สรุปดัชนีรวมการใช้พลังงานไฟฟ้าระบบแสงสว่างอาคารไม่ใช่สีเขียว

สรุปดัชนีระบบแสงสว่างอาคารไม่ใช่สีเขียว (กิโลวัตต์ชั่วโมงต่อตารางเมตร)	อาคารทดสอบ	
	D	E
ค่าต่ำสุด (Min)	3.02	3.05
ค่าสูงสุด (Max)	3.19	3.57
ค่าเฉลี่ย (Mean)	3.13	3.17

4.4 ความสัมพันธ์ของข้อมูล

ข้อมูลการใช้ไฟฟ้าในระบบปรับอากาศ และ ระบบแสงสว่างของอาคารสีเขียว A และ B อย่างละ 12 เดือน ได้นำมาเพื่อพัฒนาแบบจำลองสมการที่ใช้ในการทดสอบดัชนีอาคารสีเขียวของข้อมูลอาคาร C,D และ E ผลการวิเคราะห์ค่าดัชนีการใช้ไฟฟ้าด้วยสมการการถดถอยพหุคูณของอาคารสีเขียวแสดงในตารางที่ 4.17

ตารางที่ 4.17

การวิเคราะห์ค่าดัชนีการใช้ไฟฟ้าด้วยการวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณระหว่างอาคารสีเขียวกับอาคารทั่วไป

Regression Statistics	
Multiple R	0.999856461
R Square	0.999712942
Adjusted R Square	0.99969337
Standard Error	0.018893969
Observations	48

	Coefficients
Intercept	0.592
AIR	2.294
LIGHT	0.048
GREEN -	0.924

Ref. code: 25595710038380FWJ

เพื่อหาค่าดัชนีอาคารสีเขียว นำไปทดสอบความถูกต้องของสมการอาคารสีเขียวที่ได้พัฒนาขึ้น ผลการวิเคราะห์ค่าดัชนีอาคารสีเขียวด้วยสมการการถดถอยพหุคูณของอาคารสีเขียว A และ B ได้สมการทดสอบดังนี้

$$6.97 = 0.59 + 2.29(x) + 0.05(y) - 0.92(z) \qquad (6)$$

เมื่อ ; x คือ ดัชนีพลังงานในระบบปรับอากาศ

y คือ ดัชนีพลังงานในระบบแสงสว่าง

z คือ ค่าพลังงานสีเขียว

ข้อมูลจากตารางที่ 4.18 การทดสอบดัชนีอาคารที่อาคารสีเขียวและอาคารไม่ใช่สีเขียว พบว่า อาคาร C ซึ่งเป็นอาคารสีเขียวมีค่าดัชนีอาคารสีเขียวเฉลี่ย 6.90 ค่าดัชนีดังกล่าวมีค่าน้อยกว่าดัชนีอาคารสีเขียวของสมการทดสอบ และ อาคาร D,E อาคารไม่ใช่สีเขียว มีค่าดัชนีอาคารสีเขียวเฉลี่ย 8.90 , 9.01 ค่าดัชนีดังกล่าวมีค่ามากกว่าดัชนีอาคารสีเขียวของสมการทดสอบ สามารถสรุปการทดสอบดัชนีพลังงานของอาคารที่เป็นอาคารสีเขียวกับอาคารไม่ใช่สีเขียว พบว่า ดัชนี อาคารทดสอบ C มีค่าน้อยกว่าดัชนีอาคารสีเขียวตัวอย่าง -1.01 เปอร์เซ็นต์ อาคาร D มีค่า มากกว่าดัชนีอาคารสีเขียวตัวอย่าง 27.69 เปอร์เซ็นต์ และ อาคาร E มีค่า มากกว่าดัชนีอาคารสีเขียวตัวอย่าง 29.27 เปอร์เซ็นต์ การทดสอบดัชนีอาคารทั้งอาคารที่เป็นอาคารสีเขียวและไม่เป็นอาคารเขียว พบว่า อาคารที่เป็นอาคารสีเขียวมีนโยบายการจัดการพลังงานที่เป็นไปตามรูปแบบมาตรฐานเดียวกันกับอาคารตัวอย่างอาคารสีเขียวเป็นผลให้ ดัชนีอาคารสีเขียวมีค่าใกล้เคียงกัน เปรียบเทียบกับอาคารไม่ใช่สีเขียว ค่าดัชนีอาคารสีเขียวมีความแตกต่างกันมาก เนื่องจากอาคารดังกล่าวยังไม่มีนโยบายในการจัดการพลังงานภายในอาคารที่ชัดเจนจากผลการวิจัย สาเหตุหลักมาจากการใช้พลังงานในระบบปรับอากาศ และ ระบบแสงสว่าง ที่ไม่ได้รับการปรับปรุงให้เครื่องปรับอากาศและอุปกรณ์ให้แสงสว่างภายในอาคารเป็นแบบประหยัดพลังงานโดยหลักการแล้วอาคารที่เป็นอาคารสีเขียว ใช้หลอดไฟ แบบ LED ซึ่งช่วยประหยัดหยัดพลังงานไฟฟ้า 30 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเทียบกับอาคารไม่ใช่สีเขียวที่ยังใช้หลอดไฟแบบธรรมดา ทำให้ค่าดัชนีอาคารสีเขียวมีค่าสูงกว่าอาคารที่ได้มีการปรับปรุงและพัฒนาเป็นอาคารสีเขียวที่ได้รับมาตรฐานอาคารสีเขียวระดับสากล

Ref. code: 25595710038380FWJ

ตารางที่ 4.18

การทดสอบดัชนีอาคารสีเขียวและอาคารไม่ใช่สีเขียว

ตารางทดสอบดัชนีอาคารสีเขียว และอาคารไม่ใช่สีเขียว (กิโลวัตต์ชั่วโมงต่อตารางเมตร)			
เดือน	อาคาร C	อาคาร D	อาคาร E
มกราคม	6.17	8.70	8.95
กุมภาพันธ์	6.62	9.00	9.07
มีนาคม	6.46	9.07	8.70
เมษายน	6.83	8.62	8.79
พฤษภาคม	7.20	8.95	9.05
มิถุนายน	5.53	8.70	9.08
กรกฎาคม	7.84	9.07	8.91
สิงหาคม	7.91	8.80	9.04
กันยายน	7.84	9.00	10.07
ตุลาคม	7.91	9.02	9.01
พฤศจิกายน	6.51	9.07	8.70
ธันวาคม	6.04	8.74	8.75

Ref. code: 25595710038380FWJ

บทที่ 5

สรุปการวิจัย และข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปการวิจัย

5.1.1 ข้อมูลการใช้พลังงานของอาคารสีเขียวได้มีการพัฒนาแบบจำลองสมการสำหรับคำนวณดัชนีอาคารสีเขียว การวิเคราะห์ค่าดัชนีการใช้ไฟฟ้าด้วยวิธีการถดถอยพหุคูณของอาคารสีเขียวได้สมการดังนี้

$$6.97 = 0.59 + 2.29(x) + 0.05(y) - 0.92(z) \qquad (6)$$

ค่าดัชนีอาคารสีเขียวมีค่าเท่ากับ 6.97 $\frac{\mathrm{KWh/year}}{\mathrm{m^2}}$

5.1.2 แบบจำลองสมการการใช้พลังงานได้ทดสอบความถูกต้องกับอาคารอื่นๆที่เป็นอาคารสีเขียวและอาคารไม่ใช่สีเขียวได้อย่างถูกต้อง การทดสอบดัชนีอาคารสีเขียวและอาคารไม่ใช่สีเขียว พบว่าอาคาร C ซึ่งเป็นอาคารสีเขียวมีค่าดัชนีอาคารสีเขียวเฉลี่ย 6.90 ค่าดัชนีดังกล่าวมีค่าน้อยกว่าดัชนีอาคารสีเขียวของสมการทดสอบ และ อาคาร D และ E คืออาคารไม่ใช่สีเขียว มีค่าดัชนีอาคารสีเขียวเฉลี่ย 8.90, 9.01 ค่าดัชนีดังกล่าวมีค่ามากกว่าดัชนีอาคารสีเขียวทดสอบ

5.1.3 แบบจำลองสมการดัชนีอาคารสีเขียวนี้สามารถนำมาประยุกต์ใช้กับอาคารอื่นๆ เพื่อลดปริมาณการใช้พลังงานและได้มาตรฐานตามแบบอาคารสีเขียว จากสมการทดสอบสามารถคาดการณ์ปริมาณการใช้ฟ้าด้วยดัชนีการใช้ไฟฟ้าและออกแบบการจัดการพลังงานในอาคารได้อย่างเป็นระบบ

5.2 ข้อเสนอแนะ

งานวิจัยนี้ มุ่งเน้นการสร้างแบบจำลองสมการอาคารสีเขียวจากการใช้พลังงานไฟฟ้าต่อปีจากข้อมูลดัชนีการใช้ไฟฟ้าที่ได้จากอาคารตัวอย่าง ทำให้เกณฑ์การใช้พลังงานไฟฟ้าสอดคล้องกับการใช้

Ref. code: 25595710038380FWJ

งานจริงในประเทศไทยและอาคารตัวอย่างจากต่างประเทศ อย่างไรก็ตาม แบบจำลองสมการการใช้พลังงานไฟฟ้าควรถูกปรับปรุงและทดสอบให้ทันสมัยและสอดคล้องกับการใช้งานจริงอยู่เสมอ และพบว่าสามารถผนวกแนวความคิดการเลือกใช้วัสดุอาคารต่างๆร่วมกับการศึกษาความคุ้มค่าโดยสามารถนำผลที่ได้มาเปรียบเทียบเพื่อให้ได้ทางเลือกที่มีความคุ่มค่าและตรงตามเป้าหมายการประหยัดพลังงาน นำไปสู่การบริหารจัดการพลังงานอย่างมีระบบและยั่งยืนในอนาคต และเสนอแนวทางการก่อสร้างอาคารสีเขียวเพื่อนำไปพัฒนาอาคารที่ยังไม่เป็นอาคารสีเขียวจากผลการวิจัยอาคารที่เป็นอาคารสีเขียวมีนโยบายการจัดการพลังงานที่เป็นไปตามรูปแบบมาตรฐานเดียวกันกับอาคารตัวอย่างอาคารสีเขียวเป็นผลให้ ดัชนีอาคารสีเขียวมีค่าใกล้เคียงกัน เปรียบเทียบกับอาคารไม่ใช่สีเขียวค่าดัชนีอาคารเขียวมีความแตกต่างกันมาก เนื่องจากอาคารดังกล่าวยังไม่มีนโยบายในการจัดการพลังงานภายในอาคารที่ชัดเจนจากผลการวิจัย สาเหตุหลักมาจากการใช้พลังงานในระบบปรับอากาศ และ ระบบแสงสว่าง ที่ไม่ได้รับการปรับปรุงให้เครื่องปรับอากาศและอุปกรณ์ให้แสงสว่างภายในอาคารเป็นแบบประหยัดพลังงาน ทำให้ค่าดัชนีอาคารสีเขียวมีค่าสูงกว่าอาคารที่ได้มีการปรับปรุงและพัฒนาเป็นอาคารสีเขียวที่ได้รับมาตรฐานอาคารสีเขียวระดับสากล ซึ่งเน้นในเรื่องของการใช้วัสดุในการก่อสร้างอาคารเพื่อลดการใช้พลังงานในอาคาร ดังนี้

แนวคิดพื้นฐานในการปรับปรุงอาคาร

- ระบบไฟฟ้าแสงสว่าง ใช้หลอดประหยัดไฟฟ้าทั้งหมดและหลอดไฟ LED รวมทั้งดึงแสงธรรมชาติมาใช้ในอาคาร

- ระบบปรับอากาศ ออกแบบให้เกิดการไหลเวียนอากาศภายนอกสู่ภายใน ผสานระบบเครื่องปรับอากาศ

- กระจกรอบตัวอาคารเป็น Insulated Laminate ป้องกันความร้อนเข้าสู่ตัวอาคารและตัดแสงสะท้อนได้

- กรอบอาคาร ใช้ฉนวนใยแก้วหุ้มด้วยแผ่นอลูมิเนียมฟอยล์ ทำให้การถ่ายเทความร้อนลดลง

Ref. code: 25595710038380FWJ

รายการอ้างอิง

หนังสือและบทความในหนังสือ

กรกมล ตันติวนิช. (2554). *เกณฑ์การใช้พลังงานเพื่อการบริหารจัดการพลังงานอย่างเป็นระบบในอาคารสาขาธนาคารพาณิชย์* ,(การศึกษาโครงการเฉพาะเรื่อง). มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ,คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์และผังเมือง

ธรรจน์ เศรษบุตร .(2549). *นวัตกรรมการจัดการพลังงานทดแทน ความเป็นไปได้ในการพัฒนาโครงการบ้าน จัดสรรประเภทบ้าน เดี่ยวระดับกลางในเชิงนิเวศน์*,(หนังสืองานวิชาการ). จุฬาลงการณ์มหาวิทยาลัย, คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์

ลำยอง ปลั่งกลาง .(2554). *บริบทของวิสาหกิจชุมชนการท่องเที่ยวตามองค์ประกอบมาตรฐานการท่องเที่ยวสีเขียว*,มหาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยา

วิทยานิพนธ์

ณัฐพล เขตกระโทก. (2556).*การจัดการพลังงานและสิ่งแวดล้อมของอาคารบรรณสาร 2ศูนย์บรรณสารและ สื่อการศึกษา,* จังหวัดนครราชสีมา. (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี).

บทความวารสาร

บุญชัย พันธุ์ธีรานุรักษ์, ชนิกานต์ ยิ้มประยูร. (2557) .*มูลค่าก่อสร้างของอาคารเขียว*, วารสารวิชาการ คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ สจล. ปีที่ 16, ฉบับที่ 19, ธันวาคม 2014, หน้า 13-22

Ref. code: 25595710038380FWJ

สื่ออิเล็กทรอนิกส์

นิคม ถนอมเสียง .(2555). *ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรและการทำนายตัวแปร.* สืบค้นจาก http://home.kku.ac.th/nikom/

สถาบันเขียวไทย .*การออกแบบให้สอดคล้องกับสภาพอากาศ.* (2555). สถาบันเขียวไทย (ออนไลน์). สืบค้น จาก : http://www.2e-building.com/article.php?cat=knowledge&id=206 /

สถาบันเขียวไทย.*เกณฑ์การใช้พลังงานในอาคารประเภทต่างๆ ในประเทศไทย. (*2555).สืบค้นจาก http://www.tds.tu.ac.th/jars/download/jars/v72/12%20Benchmarking%20Energy%20Use_kornkamon%20040811.pdf /

สถาบันเขียวไทย .*ผนังไม้เลื้อยป้องกันแสงแดดในชิลี สู้ธรรมชาติด้วยธรรมชาติ.*(2555). สืบค้นจาก http://www.creativemove.com/architecture/consorcio/

สถาบันเขียวไทย. *สถาปัตยกรรมสีเขียว*: การท้าทายเพื่อความยั่งยืน .(2558).สืบค้นจาก http://www.asa.or.th/sites/default/files/file/public/A_03.1%20tata.pdf/

สถาบันเขียวไทย.*อาคารสีเขียวสถาปัตยกรรมเพื่อสิ่งแวดล้อม*.(2555).สืบค้นจาก http://agkc.lib.ku.ac.th/flood/files/130.pdf /

สถาบันเขียวไทย (ออนไลน์). *เกณฑ์การใช้พลังงานในอาคารประเภทต่างๆ ในประเทศไทย.* (2555).สืบค้นจากhttp://www.tds.tu.ac.th/jars/download/jars/v72/12%20

ยุทธวัชร อภิวาทนสิร.(2558).*อาคารสำนักงานเขียว.* สืบค้นจาก http://lib.ku.ac.th/kugreenlibrary/images/document/pornpi.pdf /

CP Tower. (2016).อาคารซีพี ทาวเวอร์.สืบค้นจาก http://www.cp-town.com

Ref. code: 25595710038380FWJ

Eureka Bangkokbiznews. (2006).อนาคตอาคารเขียว.สืบค้นจาก

http://www.bangkokbiznews.com/special/

Energy Complex. (2016).อาคารเอนเนอร์ยี่ คอมเพล็กซ์.สืบค้นจาก

http://www.energycomplex.co.th

Kasikorn Bank. (2016).ธนาคารกสิกรไทย.สืบค้นจาก

http://www.kasikornbank.com

Silicon Oasis. (2016). Silicon Oasis Building.สืบค้นจาก

http://www.rit.edu/dubai/dubai-silicon-oasis

SCG Building. (2016). 100 SCG Building.สืบค้นจาก

http://www.Thinkofliving.com/2016/scg-อาคาร-100-ปี

United States Green Building Council. (2009.).*กฎหมายอาคารเขียวของมลรัฐแมรี่แลนด์.* สืบค้นจาก http://www.usgbc.org/resources/

United States Green Building Council. (2009).มาตรฐาน LEED. สืบค้นจาก

http://www.usgbc.org/resources/

Ref. code: 25595710038380FWJ

ภาคผนวก

Ref. code: 25595710038380FWJ

ภาคผนวก ก

ตารางที่ ก.1 ข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้ารายเดือน ในรอบ 12 เดือนของอาคารตัวอย่าง

ค่าปริมาณการใช้ไฟฟ้าบริษัทตัวอย่างรายเดือน (กิโลวัตต์ชั่วโมงต่อตารางเมตร)					
เดือน	อาคาร A	อาคาร B	อาคาร C	อาคาร D	อาคาร E
มกราคม	513,400	512,500	465,800	650,400	670,500
กุมภาพันธ์	525,600	522,700	498,300	674,500	680,490
มีนาคม	532,470	550,000	486,700	680,300	650,800
เมษายน	511,400	539,000	513,000	643,800	657,900
พฤษภาคม	513,100	539,000	540,000	670,900	678,900
มิถุนายน	512,800	545,000	420,000	650,300	680,800
กรกฎาคม	515,300	532,500	585,500	680,500	667,500
สิงหาคม	512,300	535,000	590,500	658,900	677,980
กันยายน	513,600	560,809	585,600	674,980	760,500
ตุลาคม	495,000	580,600	590,600	675,890	675,800
พฤศจิกายน	498,500	465,800	490,500	680,460	650,800
ธันวาคม	486,000	456,900	456,900	654,100	654,500

Ref. code: 25595710038380FWJ

ภาคผนวก ข

ตารางที่ ข.1 ข้อมูลดัชนีการใช้พลังงานไฟฟ้ารายเดือนของอาคารสีเขียวละอาคารทดสอบ

ค่าดัชนีรวมการใช้ไฟฟ้าบริษัทตัวอย่างรายเดือน (กิโลวัตต์ชั่วโมงต่อตารางเมตร)					
เดือน	อาคาร A	อาคาร B	อาคาร C	อาคาร D	อาคาร E
มกราคม	6.88	6.87	6.24	8.72	8.99
กุมภาพันธ์	7.05	6.31	6.68	9.04	9.12
มีนาคม	7.14	6.64	6.52	9.12	8.72
เมษายน	6.86	6.50	6.88	8.63	8.82
พฤษภาคม	6.88	6.50	7.24	8.99	9.10
มิถุนายน	6.87	6.58	5.63	8.72	9.13
กรกฎาคม	6.91	6.42	7.85	9.12	8.95
สิงหาคม	6.87	6.45	7.92	8.83	9.09
กันยายน	6.88	6.68	7.85	9.05	10.19
ตุลาคม	6.64	7.00	7.92	9.06	9.06
พฤศจิกายน	6.68	5.62	6.58	9.12	8.72
ธันวาคม	6.51	5.51	6.12	8.77	8.77

Ref. code: 25595710038380FWJ

ภาคผนวก ค

ตารางที่ ค.1 การวิเคราะห์ค่าดัชนีการใช้ไฟฟ้าด้วยการวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณของอาคารสีเขียว

SUMMARY OUTPUT	
Regression Statistics	
Multiple R	0.999856461
R Square	0.999712942
Adjusted R Square	0.99969337
Standard Error	0.018893969
Observations	48

	Coefficients	*Standard Error*	*t Stat*	*P-value*	*Lower 95%*	*Upper 95%*
Intercept	0.592	0.074115158	7.99132	0.043	0.442908669	0.74164724
AIR	2.294	0.022422154	102.2987	0.032	2.248567702	2.33894547
LIGHT	0.048	0.022590833	2.104425	0.041	0.002011883	0.09306955
GREEN	- 0.924	0.017845057	-51.7755	0.039	-0.9599008	-0.8879721

Ref. code: 25595710038380FWJ

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ	นาย เทียนธรรม จุนเจือจาน
วันเดือนปีเกิด	27 เมษายน พุธศักราช 2531
ตำแหน่ง	ผู้จัดการทั่วไป ห้างหุ้นส่วนจำกัด จุนเจือจาน
ประสบการณ์ทำงาน	พ.ศ.2553 ถึง ปัจจุบัน : ผู้จัดการทั่วไป ห้างหุ้นส่วนจำกัด จุนเจือจาน

Ref. code: 25595710038380FWJ