การวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ ของอาคารประหยัดพลังงานที่ได้รับการส่งเสริมการเพิ่มอัตราส่วนพื้นที่อาคารรวมต่อพื้นที่ดิน (FAR BONUS)

นายพลวุฒิ ไชยนุวัติ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาสถาปัตยกรรม ภาควิชาสถาปัตยกรรมศาสตร์
คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2556
ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทคัดย่อและแฟ้มข้อมูลฉบับเต็มของวิทยานิพนธ์ตั้งแต่ปีการศึกษา 2554 ที่ให้บริการในคลังปัญญาจุฬาฯ (CUIR)
เป็นแฟ้มข้อมูลของนิสิตเจ้าของวิทยานิพนธ์ ที่ส่งผ่านทางบัณฑิตวิทยาลัย
The abstract and full text of theses from the academic year 2011 in Chulalongkorn University Intellectual Repository (CUIR)
are the thesis authors' files submitted through the University Graduate School.

ECONOMIC ANALYSIS OF ENERGY CONSERVATION BUILDING WITH FLOOR AREA RATIO BONUS

Mr. Phonlawut Chainuwat

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Science Program in Architecture
Department of Architecture
Faculty of Architecture
Chulalongkorn University
Academic Year 2013

Copyright of Chulalongkorn University

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ ของอาคารประหยัดพลังงานที่ได้รับการส่งเสริมการเพิ่มอัตราส่วนพื้นที่อาคารรวมต่อพื้นที่ดิน (FAR BONUS)
โดย	นายพลวุฒิ ไชยนุวัติ
สาขาวิชา	สถาปัตยกรรม
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. อรรจน์ เศรษฐบุตร

คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

.....คณบดีคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. พงศ์ศักดิ์ วัฒนสินธุ์)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....ประธานกรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ดร. ปิ่นรัชฎ์ กาญจนัษฐิติ)

.....อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. อรรจน์ เศรษฐบุตร)

.....กรรมการ

(รองศาสตราจารย์ พรรณชลัท สุริโยธิน)

.....กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. วรภัทร์ อิงคโรจน์ฤทธิ์)

.....กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย

(ดร. ณรงค์วิทย์ อารีมิตร)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

พลวุฒิ ไชยนุวัติ : การวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ ของอาคารประหยัดพลังงานที่ได้รับการส่งเสริมการเพิ่มอัตราส่วนพื้นที่อาคารรวมต่อพื้นที่ดิน (FAR BONUS). (ECONOMIC ANALYSIS OF ENERGY CONSERVATION BUILDING WITH FLOOR AREA RATIO BONUS) อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: ผศ. ดร. อรรจน์ เศรษฐบุตร, 100 หน้า.

งานวิจัยนี้นำเสนอผลการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ของอาคารประหยัดพลังงานที่ได้รับการเพิ่มอัตราส่วนพื้นที่อาคารรวมต่อพื้นที่ดิน (FAR BONUS) ซึ่งมีวัตถุประสงค์เพื่อหาความสัมพันธ์ของค่าการใช้พลังงานของอาคารต่อมาตรการการเพิ่มอัตราส่วนพื้นที่อาคารรวมต่อพื้นที่ดิน และทำการวิเคราะห์หาความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์จากปัจจัยทางด้านการลงทุนและค่าการประหยัดพลังงานของอาคาร ตามข้อกำหนดให้ใช้บังคับผังเมืองรวมกรุงเทพมหานคร พ.ศ. 2556 และเกณฑ์การประเมินที่จัดทำโดยสถาบันอาคารเขียวไทย (TREES) โดยการคัดเลือกอาคารที่มีค่าการถ่ายเทความร้อนรวมผ่านตามมาตรฐานให้เป็นอาคารอ้างอิงเพื่อใช้จำลองสภาพการใช้งานและหาค่าปริมาณการใช้ไฟฟ้าด้วยโปรแกรม Visual DOE ผลจากการวิจัยพบว่าอาคารสำนักงานทางเลือกซึ่งใช้แผ่นอลูมิเนียมสำเร็จรูปร่วมกับกระจกลามิเนต Low-E ที่มีค่า SHGC เท่ากับ 0.39 และหลอดไฟ T5 ซึ่งได้ FAR BONUS เท่ากับ 5% จะมีค่าการใช้พลังงานจากโปรแกรม Visual DOE 4.0 เท่ากับ 230 KWh/m2.yr ประหยัดพลังงานได้ 5.24% ทั้งนี้หากเปลี่ยนเป็นกระจกอินซูเลท Low-E ที่มีค่า SHGC เท่ากับ 0.22 หลอดไฟชนิด LED และการได้รับคะแนนจากการวิเคราะห์ตามเกณฑ์อาคารเขียว ซึ่งทำให้ได้ FAR BONUS เท่ากับ 20% จะให้ค่าการใช้พลังงาน 182 KWh/m2.yr ประหยัดพลังงานได้ 25.20% ในลักษณะเดียวกับห้างสรรพสินค้าทางเลือกซึ่งใช้แผ่นอลูมิเนียมสำเร็จรูปร่วมกับกระจกลามิเนต Low-E ที่มีค่า SHGC เท่ากับ 0.39 และหลอดไฟ T8 ซึ่งได้ FAR BONUS เท่ากับ 5% จะมีค่าการใช้พลังงานเท่ากับ 288 KWh/m2.yr ประหยัดพลังงานได้ 9.86% หากเปลี่ยนเป็นกระจกอินซูเลท Low-E ที่มีค่า SHGC เท่ากับ 0.22 หลอดไฟ LED และการได้รับคะแนนจากการวิเคราะห์ตามเกณฑ์อาคารเขียว โดย FAR BONUS เท่ากับ 20% จะมีค่าการใช้พลังงานเท่ากับ 219 KWh/m2.yr ประหยัดพลังงานได้ 31.56% โดยอาคารที่ประหยัดพลังงานมากหรือได้ FAR BONUS มากจะมีค่าก่อสร้างสูงกว่าอาคารประหยัดพลังงานน้อยหรือได้รับ FAR BONUS น้อย ซึ่งผลจากการวิจัยยังพบว่าอัตราค่าเช่าพื้นที่เป็นปัจจัยสำคัญต่อการวิเคราะห์ผลประโยชน์ทางเศรษฐศาสตร์ที่ได้รับจาก FAR BONUS ทั้งนี้หากกำหนดให้ค่าเช่าพื้นที่เพิ่มขึ้นเท่ากันโดยไม่คำนึงถึงระดับของการประหยัดพลังงาน อาคารประหยัดพลังงานระดับที่ 1 ซึ่งได้รับ FAR BONUS เพียง 5% จะให้ค่า NPV และ IRR มากกว่าอาคารระดับที่สูงซึ่งได้รับ FAR BONUS มากกว่า ในทางกลับกันหากพิจารณาให้ค่าเช่าสามารถปรับเพิ่มขึ้นได้ตามระดับอาคารประหยัดพลังงาน โดยกำหนดให้อาคารระดับ1 2 3 และ 4 ได้ค่าเช่าเพิ่มขึ้นเป็น 5% 10% 15% และ 20% ตามลำดับ จะพบว่าทั้งอาคารสำนักงานและห้างสรรพสินค้าที่ได้ประเมินเป็นอาคารระดับที่ 4 หรือได้รับค่า FAR BONUS 20% จะให้ค่า NPV ที่สูงที่สุด อย่างไรก็ตามหากอาคารประหยัดพลังงานดังกล่าวไม่ได้ค่าเช่าในอัตราที่เพิ่มขึ้นจากเดิม ค่า NPV ที่วิเคราะห์ได้จะมีค่าน้อยกว่าศูนย์ ซึ่งหมายถึงการเป็นทางเลือกที่ไม่คุ้มค่าต่อการลงทุน ผลจากการศึกษานี้สามารถนำไปใช้เป็นปัจจัยในการพิจารณาถึงผลประโยชน์ความคุ้มค่า และแนวทางในการลงทุนก่อสร้างอาคารประหยัดพลังงานที่ได้รับการส่งเสริมการเพิ่มอัตราส่วนพื้นที่อาคารรวมต่อพื้นที่ดิน

ภาควิชา สถาปัตยกรรมศาสตร์ ลายมือชื่อนิสิต .....

สาขาวิชา สถาปัตยกรรม ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก .....

ปีการศึกษา 2556

5374284825 : MAJOR ARCHITECTURE
KEYWORDS: FAR BONUS / BUILDING DENSITY / ENERGY CONSERVATION / ECONOMIC ANALYSIS

PHONLAWUT CHAINUWAT: ECONOMIC ANALYSIS OF ENERGY CONSERVATION BUILDING WITH FLOOR AREA RATIO BONUS. ADVISOR: ASST. PROF. ATCH SRESHTHAPUTRA, Ph.D., 100 pp.

This research presents the economic analysis results of an energy conservation building with floor area ratio (FAR) bonus. The objective was to determine the relationships between building energy consumption and floor area ratio policy according to Bangkok's comprehensive plan enacted in 2013 and the Thai Rating of Energy and Environmental Sustainability (TREES). The research also aims to analyze the economic values from the investment factors and energy efficiency in buildings. Buildings that have overall thermal transfer value complying with the Energy Conservation Promotion Act were selected as reference models. Computer program Visual DOE were utilized to calculate energy uses. For the office, the result indicates that using a building envelope as aluminum composite, laminated low-E glass (SHGC = 0.39), and T5 lighting which received 5% FAR BONUS give an energy use equal to 230 kWh/m2.yr or 5.24% in energy savings while using insulating low-E glass (SHGC = 0.22) and LED with additional scores from the TREES rating giving 20% FAR BONUS results in energy use equal to 182 kWh/m2.yr or 25.20% in energy savings. For the department store, using the building envelope as aluminum composite, laminated low-E glass (SHGC = 0.39), and T8 fluorescent lamp which earned a 5% FAR BONUS give an energy use equal to 288 kWh/m2.yr or 9.86% in energy reduction while using Insulating low-E glass (SHGC = 0.22) and LED lamp with additional TREES rating scores giving 20% FAR BONUS result in energy use equal to 219 kWh/m2.yr or 31.56% in energy savings. The research found that the construction cost for high energy-efficient buildings or buildings with higher FAR BONUS is more than low energy-efficient buildings or buildings with lower FAR BONUS. The research also indicates that the rental rate plays a significant role in economic value analysis. In terms of energy savings, if the rental rates are increased equally, regardless to what levels, the level 1 energy-saving buildings which received 5% FAR BONUS show higher NPV and IRR values than better energy-saving buildings which received higher FAR BONUS. On the other hand, designated by the energy saving levels of 1, 2, 3, and 4, if the rental rates can be increased 5% 10% 15% or 20% respectively, the result shows that both offices and department stores which are level 4 energy-saving and received 20% FAR BONUS give the highest NPV values. However, if the rental rate is not increased as an energy reduction, the NPV values for all building levels result in less than zero which means the energy improvement is not worth the investment. The results of this research can be used as a determining factor of investment benefits and lead to an establishment of guidelines for the construction of energy conservation building with floor area ratio bonus.

Department: Architecture Student's Signature .....

Field of Study: Architecture Advisor's Signature .....

Academic Year: 2013

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. อรรจน์ เศรษฐบุตร เป็นอย่างยิ่งที่ให้คำปรึกษา และคำแนะนำต่างๆ จนทำให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร. ปิ่นรัชฎ์ กาญจนัษฐิติ ที่กรุณาเป็นประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ พรรณชลัท สุริโยธิน ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วรภัทร์ อิงคโรจน์ฤทธิ์ ดร.ณรงค์วิทย์ อารีมิตร และอาจารย์ สริน พินิจ ที่ได้ให้ความเห็นและคำแนะนำต่างๆเพื่อให้วิทยานิพนธ์สมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอขอบคุณ เพื่อน รุ่นพี่ และ รุ่นน้อง สำหรับความช่วยเหลือต่างๆ

สุดท้ายนี้ขอขอบคุณ ครอบครัวที่ให้กำลังใจ สนับสนุน และอยู่เคียงข้างเสมอมา

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... จ
กิตติกรรมประกาศ ..... ฉ
สารบัญ ..... ช
สารบัญตาราง ..... ฎ
สารบัญภาพ ..... ฐ
บทที่ 1 บทนำ 1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา 1
1.2 คำถามการวิจัย 2
1.3 สมมติฐานของการวิจัย 2
1.4 วัตถุประสงค์ของการศึกษา 2
1.5 ขอบเขตของการศึกษา 3
1.6 ระเบียบวิธีการศึกษา 3
1.6.1 การศึกษาทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 3
1.6.2 การเลือกกรณีศึกษา 3
1.6.3 การจำลองการใช้พลังงานโดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ 4
1.6.4 การรวบรวมและเปรียบเทียบข้อมูล 4
1.6.5 การวิเคราะห์ข้อมูล 4
1.6.6 การจัดทำแบบสอบถาม 4
1.6.7 การประเมินผล 5
1.6.8 การเสนอแนะแนวทางที่เหมาะสม 5
1.7 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 5
1.8 ผังลำดับขั้นตอนในการดำเนินงานวิจัย 6
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 7
2.1 แนวคิดและทฤษฎี 7
2.1.1 ปัจจัยที่มีผลต่อค่าปริมาณการใช้พลังงานของอาคาร 7
2.1.1.1 คุณสมบัติการถ่ายเทความร้อนของวัสดุผนังทึบ 7

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

หน้า

2.1.1.2 คุณสมบัติของกระจก 8
2.1.1.3 สัดส่วนของช่องเปิดกับผนังอาคาร (Window to Wall Ratio: WWR) 9
2.1.1.4 ทฤษฎีการให้แสงสว่าง 9
2.1.2 ค่าอัตราส่วนพื้นที่อาคารรวมต่อพื้นที่ดิน กับการออกแบบอาคาร 11
2.1.3 นโยบายและข้อกฎหมายที่เกี่ยวข้องกับอาคารอนุรักษ์พลังงานและสิ่งแวดล้อม 11
2.1.3.1 กฎกระทรวง กำหนดประเภท หรือขนาดของอาคาร และมาตรฐาน หลักเกณฑ์ และวิธีการในการออกแบบอาคารเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ. 2552 11
2.1.3.2 กฎกระทรวงให้ใช้บังคับผังเมืองรวมกรุงเทพมหานคร พ.ศ. 2556 กับมาตรการสร้างแรงจูงใจโดยให้อัตราส่วนพื้นที่อาคารรวมต่อพื้นที่ดินเพิ่ม 15
2.1.4 เกณฑ์การประเมินความยั่งยืนทางพลังงานและสิ่งแวดล้อมไทย 16
2.1.5 มาตรการแรงจูงใจกับเกณฑ์อาคารเขียวในต่างประเทศ 24
2.1.6 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการวิเคราะห์ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ 25
2.1.6.1 มูลค่าตลอดช่วงอายุการใช้งาน (Life Cycle Cost: LCC) 25
2.1.6.2 มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (Net Present Value: NPV) 26
2.1.6.3 อัตราผลตอบแทนภายใน (Internal Rate of Return: IRR) 27
2.1.6.4 งวดเวลาคืนทุน (Payback Period: PB) 27
2.2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 28
บทที่ 3 วิธีดำเนินงานวิจัย 30
3.1 การเลือกกรณีศึกษา 30
3.1.1 การสร้างอาคารอ้างอิง (Baseline) 30
3.1.2 การกำหนดปัจจัยที่มีผลต่อปริมาณการใช้พลังงานของอาคารทางเลือก (Proposed) 32
3.1.2.1 วัสดุผนังทึบ 32
3.1.2.2 ชนิดกระจก 32
3.1.2.3 ค่ากำลังไฟฟ้าส่องสว่าง (Lighting Power Density: LPD) 33
3.2 การวิเคราะห์และเปรียบเทียบค่าการใช้พลังงานเพื่อหาค่า FAR BONUS 33
3.2.1 การคำนวณค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของอาคาร 33
3.2.2 การคำนวณค่าการใช้พลังงานโดยรวมของอาคารและเปรียบเทียบกับอาคารอ้างอิง .. 34

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

หน้า

3.2.3 การวิเคราะห์คะแนนตามเกณฑ์อาคารเขียวและค่า FAR BONUS 34
3.3 การจำลองการใช้พลังงานในโปรแกรม Visual DOE 4.0E 35
3.4 การวิเคราะห์ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ 35
3.5 การจัดทำแบบสอบถาม 36
3.6 วิเคราะห์ผลและสรุปผลการทดลอง 36
บทที่ 4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล 37
4.1 ผลจากการวิเคราะห์กรณีศึกษา 37
4.2 ผลการวิเคราะห์และเปรียบเทียบค่าการใช้พลังงานเพื่อหาค่า FAR BONUS 37
4.2.1 ผลการวิเคราะห์ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของอาคาร 37
4.2.2 ผลการวิเคราะห์ค่าการใช้พลังงานโดยรวมของอาคารเปรียบเทียบกับอาคารอ้างอิง .. 38
4.2.3 ผลการวิเคราะห์คะแนนตามเกณฑ์อาคารเขียวและค่า FAR BONUS 40
4.3 ผลการคำนวณค่าการใช้พลังงานในโปรแกรม VisualDOE 4.0 45
4.4 ผลการวิเคราะห์ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ 53
4.4.1 การพิจารณาเฉพาะผลประโยชน์ที่ได้รับจากการประหยัดพลังงาน 53
4.4.2 การพิจารณาผลประโยชน์จากการประหยัดพลังงานและพื้นที่อาคารที่ได้รับเพิ่มขึ้น .. 56
4.5 การเปรียบเทียบผลจากแบบสอบถาม 67
4.6 สรุปผลการวิเคราะห์ข้อมูล 69
4.6.1 ผลการวิเคราะห์ค่าการใช้พลังงานของอาคาร 69
4.6.2 ผลการวิเคราะห์ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ 73
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ 81
5.1 สรุปและอภิปรายผลการวิจัย 81
5.2 ข้อเสนอแนะ 83
รายการอ้างอิง 85
ภาคผนวก 87
ภาคผนวก ก แบบสอบถาม เรื่องคะแนนการประเมินอาคารประหยัดพลังงานในระดับต่างๆ 88
ภาคผนวก ข แบบสอบถาม เรื่องการส่งเสริมอาคารอนุรักษ์พลังงานด้วยการเพิ่มอัตราส่วนพื้นที่อาคารรวมต่อพื้นที่ดิน (FAR BONUS) 90
ภาคผนวก ค คุณสมบัติของกระจก 93

หน้า

ภาคผนวก ง ประกาศ เรื่อง แนวทางการทำคะแนนข้อ EA P2 และ EA1 ทางเลือก 1 96
ภาคผนวก จ ผลการคำนวณค่า OTTV ของอาคารสำนักงานในรูปแบบต่างๆ 98
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์ 100

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 1 แสดงคุณสมบัติการถ่ายเทความร้อนของวัสดุผนัง Aluminum Composite 8
ตารางที่ 2 แสดงระดับความส่องสว่างเฉลี่ยอย่างต่ำสำหรับพื้นที่ทำงาน และกิจกรรมต่างๆ ภายในอาคาร (สมาคมไฟฟ้าแสงสว่างแห่งประเทศไทย) 10
ตารางที่ 3 แสดงค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนังด้านนอกของอาคาร 12
ตารางที่ 4 แสดงค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของหลังคาอาคาร 12
ตารางที่ 5 แสดงค่ากำลังไฟฟ้าส่องสว่าง (LPD) สูดสุดภายในอาคารต้องมีค่าไม่เกินดังต่อไปนี้ 12
ตารางที่ 6 ค่าสัมประสิทธิ์สัดส่วนความร้อนที่เป็นภาระแก่ระบบปรับอากาศ และจำนวนชั่วโมงใช้งานสำหรับอาคารแต่ละประเภท 15
ตารางที่ 7 รายละเอียดเกณฑ์ TREES สำหรับการก่อสร้างและปรับปรุงโครงการใหม่ 17
ตารางที่ 8 ตารางการให้คะแนนเกณฑ์ TREES สำหรับอาคารสร้างใหม่และอาคารปรับปรุงดัดแปลง: ช่วงออกแบบ (PRE NC) ฉบับร่าง 20
ตารางที่ 9 รายละเอียดเกณฑ์ TREES สำหรับอาคารสร้างใหม่และอาคารปรับปรุงดัดแปลง ช่วงออกแบบ (PRE NC) ฉบับร่าง 21
ตารางที่ 10 แสดงการเปรียบเทียบคะแนนในหัวข้อ EA 1 ประสิทธิภาพการใช้พลังงาน 23
ตารางที่ 11 ตารางแสดงรายละเอียดองค์ประกอบของอาคาร Baseline 31
ตารางที่ 12 แสดงคุณสมบัติของกระจกที่เลือกใช้สำหรับอาคารทางเลือก 33
ตารางที่ 13 แสดงการเปรียบเทียบคะแนนในหัวข้อ EA 1 กับ อัตราค่าการใช้พลังงานโดยรวมของอาคารที่ลดลง 35
ตารางที่ 14 แสดงค่า OTTV ของอาคารสำนักงานจากวัสดุเปลือกอาคารที่แตกต่างกัน 38
ตารางที่ 15 แสดงค่า OTTV ของอาคารห้างสรรพสินค้าจากวัสดุเปลือกอาคารที่แตกต่างกัน 38
ตารางที่ 16 แสดงผลการคำนวณค่าพลังงานโดยรวมของอาคารสำนักงานตามกฎกระทรวง 2552.. 39
ตารางที่ 17 แสดงผลการคำนวณค่าพลังงานโดยรวมของอาคารห้างสรรพสินค้า ตามกฎกระทรวง พ.ศ. 2552 39
ตารางที่ 18 แสดงคะแนนในหัวข้ออื่นๆที่คาดว่าจะได้เมื่อพิจารณาออกแบบในระดับต่างๆ 41
ตารางที่ 19 แสดงระดับอาคารเขียวและค่า FAR BONUS ในแต่ละทางเลือกของอาคารสำนักงาน . 42
ตารางที่ 20 แสดงระดับอาคารเขียวและค่า FAR BONUS ในแต่ละทางเลือกของห้างสรรพสินค้า... 43
ตารางที่ 21 แสดงค่าการประหยัดพลังงานรายปีที่คาดว่าจะได้จากทางเลือกต่างๆ สำหรับอาคารสำนักงาน 47

ตารางที่ 22 แสดงค่าการประหยัดพลังงานรายปีที่คาดว่าจะได้จากทางเลือกต่างๆ สำหรับห้างสรรพสินค้า 48
ตารางที่ 23 แสดงค่าการใช้พลังงานของอาคารก่อนและหลังได้ FAR BONUS : อาคารสำนักงาน... 48
ตารางที่ 24 แสดงค่าการใช้พลังงานของอาคารก่อนและหลังได้ FAR BONUS : ห้างสรรพสินค้า 49
ตารางที่ 25 แสดงค่าราคาต่อหน่วยของวัสดุทางเลือกและค่าก่อสร้างสำหรับอาคารสำนักงานและห้างสรรพสินค้าในแต่ละทางเลือก..... 53
ตารางที่ 26 แสดงการวิเคราะห์ระยะเวลาคุ้มทุน (Payback Period) สำหรับอาคารสำนักงาน..... 54
ตารางที่ 27 แสดงการวิเคราะห์ระยะเวลาคุ้มทุน (Payback Period) สำหรับห้างสรรพสินค้า 54
ตารางที่ 28 แสดงผลการวิเคราะห์ Life Cycle Cost ในระยะเวลา 20ปี สำหรับอาคารสำนักงาน.. 55
ตารางที่ 29 แสดงผลการวิเคราะห์ Life Cycle Cost ในระยะเวลา 20ปี สำหรับห้างสรรพสินค้า... 55
ตารางที่ 30 แสดงสัดส่วนค่าการประหยัดพลังงานและค่าก่อสร้างอาคาร ตามระดับค่า FAR BONUS สำหรับอาคารสำนักงาน 56
ตารางที่ 31 แสดงสัดส่วนค่าการประหยัดพลังงานและค่าก่อสร้างอาคาร ตามระดับค่า FAR BONUS สำหรับห้างสรรพสินค้า..... 57
ตารางที่ 32 แสดงการวิเคราะห์ค่า NPV และ IRR ของอาคารสำนักงาน : ค่าเช่าเท่าเดิม 58
ตารางที่ 33 แสดงการวิเคราะห์ค่า NPV และ IRR ของอาคารสำนักงาน : ค่าเช่าเพิ่ม 5%..... 59
ตารางที่ 34 แสดงการวิเคราะห์ค่า NPV และ IRR ของอาคารสำนักงาน : ค่าเช่าเพิ่ม 10% 60
ตารางที่ 35 แสดงการวิเคราะห์ค่า NPV และ IRR ของอาคารสำนักงาน : ค่าเช่าเพิ่ม 15% 60
ตารางที่ 36 แสดงการวิเคราะห์ค่า NPV และ IRR ของอาคารสำนักงาน : ค่าเช่าเพิ่ม 20% 61
ตารางที่ 37 แสดงการวิเคราะห์ค่า NPV และ IRR ของห้างสรรพสินค้า : ค่าเช่าเท่าเดิม..... 62
ตารางที่ 38 แสดงการวิเคราะห์ค่า NPV และ IRR ของห้างสรรพสินค้า : ค่าเช่าเพิ่ม 5% 63
ตารางที่ 39 แสดงการวิเคราะห์ค่า NPV และ IRR ของห้างสรรพสินค้า : ค่าเช่าเพิ่ม 10%..... 63
ตารางที่ 40 แสดงการวิเคราะห์ค่า NPV และ IRR ของห้างสรรพสินค้า : ค่าเช่าเพิ่ม 15%..... 64
ตารางที่ 41 แสดงการวิเคราะห์ค่า NPV และ IRR ของห้างสรรพสินค้า : ค่าเช่าเพิ่ม 20%..... 65
ตารางที่ 42 แสดงผลจากแบบสอบถามเรื่องการส่งเสริมการก่อสร้างอาคารอนุรักษ์พลังงานด้วยการเพิ่มอัตราส่วนพื้นที่อาคารรวมต่อพื้นที่ดิน (FAR BONUS)..... 68
ตารางที่ 43 แสดงข้อมูลผลการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ สำหรับอาคารสำนักงาน..... 75
ตารางที่ 44 แสดงข้อมูลผลการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ สำหรับห้างสรรพสินค้า 76

สารบัญภาพ

หน้า

ภาพที่ 1 แสดงผังลำดับขั้นตอนในการดำเนินงานวิจัย 6
ภาพที่ 2 แสดงผังพื้นของอาคาร Baseline..... 30
ภาพที่ 3 แสดงการตั้งค่าไฟฟ้าส่องสว่างและข้อกำหนดสำหรับอาคารสำนักงาน 45
ภาพที่ 4 แสดงรูปแบบภายนอกของอาคารสำนักงานกรณีศึกษา 46
ภาพที่ 5 แสดงการค่าการใช้พลังงานในแต่ละเดือนของอาคารกรณีศึกษา 46
ภาพที่ 6 แสดงการค่าการใช้พลังงานในแต่ละเดือนในแต่ละประเภทของอาคารกรณีศึกษา 47
ภาพที่ 7 แสดงค่าการใช้พลังงานของอาคารต่อหน่วยพื้นที่ สำหรับอาคารสำนักงานและ
ห้างสรรพสินค้า 50
ภาพที่ 8 แสดงค่าการใช้พลังงานไฟฟ้าตลอดทั้งปี ภายหลังจากการได้รับ FAR BONUS สำหรับอาคาร
สำนักงานและห้างสรรพสินค้า 51
ภาพที่ 9 แสดงค่าการใช้พลังงานไฟฟ้าตลอดทั้งปี ภายหลังจากการได้รับ FAR BONUS สำหรับอาคาร
สำนักงานและห้างสรรพสินค้า เมื่อพิจารณาเฉพาะผลจากการประหยัดพลังงาน 52
ภาพที่ 10 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างระดับอาคาร ค่าเช่าพื้นที่ และค่า NPV ของอาคารสำนักงาน 66
ภาพที่ 11 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างระดับอาคาร ค่าเช่าพื้นที่ และค่า NPV ของห้างสรรพสินค้า . 67
ภาพที่ 12 แสดงค่าการใช้พลังงานของอาคารสำหรับอาคารที่ได้รับ FAR BONUS ในระดับที่แตกต่าง
กัน สำหรับอาคารสำนักงาน 71
ภาพที่ 13 แสดงค่าการใช้พลังงานของอาคารสำหรับอาคารที่ได้รับFAR BONUS ในระดับที่แตกต่าง
กัน สำหรับห้างสรรพสินค้า..... 72
ภาพที่ 14 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างสัดส่วนการประหยัดพลังงานและค่าก่อสร้าง ตามระดับค่า FAR
BONUS สำหรับอาคารสำนักงานและห้างสรรพสินค้า 73
ภาพที่ 15 แสดงค่า NPV และ IRR สำหรับอาคารสำนักงานแต่ละระดับ จากการพิจารณาค่า FAR
BONUS และอัตราค่าเช่าพื้นที่อาคาร 77
ภาพที่ 16 แสดงค่า NPV และ IRR สำหรับห้างสรรพสินค้าแต่ละระดับ จากการพิจารณาค่า FAR
BONUS และอัตราค่าเช่าพื้นที่อาคาร 78
ภาพที่ 17 แสดงค่า NPV ของการได้รับอัตราค่าเช่าเพิ่มตามระดับอาคารประหยัดพลังงาน..... 79

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ในปัจจุบันประเทศไทยมีนโยบายส่งเสริมให้อาคารมีการลดปริมาณการใช้พลังงานมากมายหลายรูปแบบ ทั้งการรณรงค์และประชาสัมพันธ์เกี่ยวกับผลกระทบทางด้านสิ่งแวดล้อม การออกเป็นกฎหมายข้อบังคับ การกำหนดเกณฑ์อาคารเขียวทั้งของภาครัฐและเอกชน หากแต่มาตรการเหล่านี้มักไม่ประสบความสำเร็จในการใช้งาน เนื่องจากการก่อสร้างอาคารที่ประหยัดพลังงานนั้นมักจะต้องลงทุนสูงกว่าอาคารทั่วไป ซึ่งเป็นสาเหตุสำคัญที่ทำให้ขาดแรงจูงใจต่อผู้ประกอบการ หากแต่ในต่างประเทศโดยเฉพาะประเทศสหรัฐอเมริกา ที่ในขณะนี้นอกจากจะมีการประยุกต์ใช้เกณฑ์อาคารเขียวหรือ LEED (Leadership in Energy and Environmental Design) ที่มีรายละเอียดในการประเมินอาคารที่มีการก่อสร้างหรือปรับปรุงใหม่ให้เป็นอาคารประหยัดพลังงานและเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมกันอย่างแพร่หลายแล้ว ยังมีความพยายามจากหน่วยงานภาครัฐที่จะส่งเสริมให้มีการสร้างอาคารประหยัดพลังงานมากขึ้น ด้วยเหตุผลเพื่อที่จะให้มีการลดการใช้ทรัพยากรธรรมชาติและผลกระทบต่างๆที่จะเกิดขึ้นตามมาภายหลังโดยเป็นการออกนโยบายให้ความช่วยเหลือและเพิ่มแรงจูงใจแก่ผู้ประกอบการ ซึ่งมีลักษณะมากมายหลายรูปแบบ ยกตัวอย่างเช่น การลดหย่อนภาษี การลดค่าธรรมเนียมหรือการเร่งรัดระยะเวลาในการขอใบอนุญาต การให้ความช่วยเหลือทางด้านเทคนิค การให้กู้ยืม และการอนุญาตให้เพิ่มอัตราส่วนพื้นที่อาคารรวมต่อพื้นที่ดิน (USGBC 2009)

สำหรับในประเทศไทยนั้น เมื่อพิจารณานโยบายทางด้านการออกแบบอาคารเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน พบว่าที่ผ่านมารัฐบาลได้ออกพระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงานฉบับแรกในปี พ.ศ.2535 และฉบับที่สองในปี พ.ศ. 2550 โดยกฎกระทรวงซึ่งประกาศภายหลังในปี พ.ศ. 2552 มีรายละเอียดเกี่ยวกับการกำหนดประเภทหรือขนาดของอาคาร และมาตรฐาน หลักเกณฑ์ รวมถึงวิธีการในการออกแบบอาคารเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน อย่างไรก็ตามวัตถุประสงค์ของกฎหมายฉบับนี้เป็นเพียงข้อบังคับเพื่อผ่านตามเกณฑ์ แต่ยังขาดซึ่งสิ่งจูงใจต่อผู้ประกอบการให้มีการลงทุนเลือกสร้างอาคารให้มีการประหยัดพลังงานมากขึ้นกว่าข้อกำหนด อีกทั้งยังเกิดปัญหาจากการบังคับใช้เนื่องจากขาดการตรวจสอบและพิสูจน์ว่าอาคารที่ปฏิบัติตามหลักเกณฑ์ดังกล่าวสามารถประหยัดพลังงานได้จริง

ต่อมาในปีพ.ศ. 2556 ได้มีการออกประกาศกฎกระทรวง ตามพระราชบัญญัติ การผังเมือง (ฉบับที่3) พ.ศ. 2535 ซึ่งมีผลบังคับใช้ต่อผังเมืองรวมของกรุงเทพมหานคร โดยได้มีการกำหนดมาตรการสร้างแรงจูงใจโดยการให้สิทธิพิเศษในการสร้างอาคาร โดยมีเนื้อหาเกี่ยวข้องกับอาคารอนุรักษ์พลังงาน ระบุให้อาคารสามารถได้รับอัตราส่วนพื้นที่อาคารรวมต่อพื้นที่ดิน (FAR BONUS)

เพิ่มขึ้นได้ไม่เกินร้อยละยี่สิบ (สำนักผังเมืองกรุงเทพมหานคร 2556) หากอาคารได้รับการรับรองการอนุรักษ์พลังงานแลตามมาตรฐานที่รับรองโดยสถาบันอาคารเขียวไทยหรือองค์กรอื่นซึ่งได้รับความเห็นชอบจากคณะกรรมการผังเมือง

อย่างไรก็ตามการที่ผู้ประกอบการจะเลือกตัดสินใจก่อสร้างอาคารแห่งหนึ่งให้เป็นอาคารที่ประหยัดพลังงานโดยมีวัตถุประสงค์เพื่อที่จะได้รับผลประโยชน์จากข้อกำหนดตามกฎหมายที่อ้างถึงนั้น ปัจจัยสำคัญที่ใช้ในการพิจารณาจะเกี่ยวข้องกับองค์ประกอบการลงทุน องค์ประกอบของอาคารและรายละเอียดที่เกี่ยวข้องกับมาตรฐานการอนุรักษ์พลังงาน ด้วยเหตุดังกล่าวจึงนำไปสู่การศึกษาเพื่อหาแนวทางการส่งเสริมการก่อสร้างอาคารประหยัดพลังงานโดยการพิจารณาหาความสัมพันธ์ระหว่างการเป็นอาคารประหยัดพลังงานและอัตราส่วนพื้นที่อาคารรวมต่อพื้นที่ดินที่จะเพิ่มขึ้น พร้อมทั้งเสนอเป็นแนวทางการเลือกใช้วัสดุเปลือกอาคารและระบบไฟฟ้าแสงสว่างอย่างเหมาะสมและคุ้มค่าที่สุด

1.2 คำถามการวิจัย

- ค่าปริมาณการใช้พลังงานของอาคารที่ลดลงมีความสัมพันธ์อย่างไรต่อการวิเคราะห์ขนาดพื้นที่อาคาร และอัตราส่วนพื้นที่อาคารรวมต่อพื้นที่ดินที่เพิ่มขึ้น
- ปริมาณการใช้พลังงานของอาคารควรจะลดลงเท่าไหร่ถึงเหมาะสมต่อการเพิ่มอัตราส่วนพื้นที่อาคารรวมต่อพื้นที่ดินร้อยละยี่สิบตามกฎกระทรวง ให้ใช้บังคับผังเมืองรวมกรุงเทพมหานคร พ.ศ. 2556
- ค่าปริมาณการใช้พลังงานและอัตราส่วนพื้นที่อาคารรวมต่อพื้นที่ดินมีความสัมพันธ์อย่างไรต่อปัจจัยด้านการลงทุนสร้างอาคาร
- ความสัมพันธ์ระหว่างค่าปริมาณการใช้พลังงานและอัตราส่วนพื้นที่อาคารรวมต่อพื้นที่ดินของอาคารแต่ละประเภทมีลักษณะแตกต่างกันอย่างไร
- แนวทางการส่งเสริมการสร้างอาคารประหยัดพลังงานที่เหมาะสมจะเป็นอย่างไรเมื่อพิจารณาจากความสัมพันธ์ของอัตราส่วนพื้นที่อาคารรวมต่อพื้นที่ดินที่เพิ่มขึ้น

1.3 สมมติฐานของการวิจัย

การลดปริมาณการใช้พลังงานของอาคารอาจจะไม่คุ้มค่าต่อการลงทุนและอัตราส่วนพื้นที่อาคารรวมต่อพื้นที่ดินที่เพิ่มขึ้น

1.4 วัตถุประสงค์ของการศึกษา

- เพื่อหาค่าปริมาณการใช้พลังงานของอาคารที่เหมาะสมต่อการเพิ่มอัตราส่วนพื้นที่อาคารรวมต่อพื้นที่ดินร้อยละยี่สิบ

- เพื่อหาความสัมพันธ์ของค่าปริมาณการใช้พลังงาน อัตราส่วนพื้นที่อาคารรวมต่อพื้นที่ดิน และปัจจัยด้านการลงทุนอื่นๆ
- เพื่อเสนอแนวทางการส่งเสริมอาคารประหยัดพลังงานด้วยการเพิ่มอัตราส่วนพื้นที่อาคารรวมต่อพื้นที่ดิน (FAR) ที่เหมาะสมสำหรับอาคารแต่ละประเภท

1.5 ขอบเขตของการศึกษา

- ทำการวิเคราะห์ค่าปริมาณการใช้ไฟฟ้าโดยพิจารณาเฉพาะช่วงการใช้งานอาคารเท่านั้น
- กำหนดให้อาคารประหยัดพลังงานคืออาคารที่มีค่าพารามิเตอร์ต่างๆตามที่กำหนดไว้ใน พ.ร.บ.การส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ.2535 และตามกฎกระทรวง พ.ศ. 2552 โดยกำหนดใช้ค่าเหล่านี้ในการทำแบบจำลอง
- ทำการวิเคราะห์ปริมาณการใช้ไฟฟ้าของอาคารโดยคำนึงถึงความแตกต่างของประเภทการใช้สอยของอาคาร
- ทำการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์สำหรับการใช้งานอาคารในระยะเวลา 20 ปี

1.6 ระเบียบวิธีการศึกษา

1.6.1 การศึกษาทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

- ศึกษางานวิจัย นโยบายและข้อกฎหมายที่เกี่ยวข้องกับอาคารอนุรักษ์พลังงานและสิ่งแวดล้อม
- ศึกษาทฤษฎีการจำลองการใช้พลังงานในโปรแกรม Visual DOE 4.0
- ศึกษางานวิจัยและข้อมูลต่างๆที่เกี่ยวข้องกับการลงทุนสร้างอาคารประหยัดพลังงาน
- ศึกษากฎหมายและข้อกำหนดต่างๆที่เกี่ยวกับผังเมือง รวมทั้งมาตรการการเพิ่มอัตราพื้นที่รวมต่อพื้นที่ดิน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

1.6.2 การเลือกกรณีศึกษา

ทำการจำลองอาคารสำนักงานความสูง 12 ชั้น ขนาดสี่เหลี่ยมจัตุรัส กว้าง 40 เมตร ยาว 40 เมตร โดยมีการแบ่งโซนเป็น 2 ส่วน คือในส่วนแกนอาคารจะเป็นระบบไม่ปรับอากาศและส่วนพื้นที่รอบนอกจะเป็นระบบปรับอากาศ ซึ่งในส่วนที่เป็นแกนอาคารนั้นจะไม่มีผู้อยู่อาศัยและการใช้ไฟฟ้าหรืออุปกรณ์ต่างๆ โดยแบบจำลองนี้จะคำนึงค่าปริมาณการใช้พลังงานที่เกิดจากการถ่ายเทความร้อนผ่านทางผนังเท่านั้น (Chirarattananon S. Taveekun J. 2004) และกำหนดให้อาคารนี้ตั้งอยู่ในเขตพื้นที่ดินสีน้ำตาล หรือที่ดินประเภทที่อยู่อาศัยหนาแน่นมากตามกฎกระทรวงให้ใช้บังคับผังเมืองรวมกรุงเทพมหานคร พ.ศ. 2549

1.6.3 การจำลองการใช้พลังงานโดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์

ทำการกำหนดค่าพารามิเตอร์ในโปรแกรม Visual DOE เพื่อให้มีค่ามาตรฐานและหลักเกณฑ์ในการออกแบบอาคารเพื่อการอนุรักษ์พลังงานตามกฎกระทรวงปี พ.ศ. 2552 โดยค่ามาตรฐานที่ใช้ในการออกแบบนั้นจะประกอบไปด้วย ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของอาคารเท่ากับ 50 watt/m^2 และค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของหลังคาเท่ากับ 15 watt/m^2 ค่ากำลังไฟฟ้าส่องสว่างสูงสุดเท่ากับ 14 watt/m^2 รวมถึงค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะขั้นต่ำ ค่าประสิทธิภาพการให้ความเย็น และค่าพลังงานไฟฟ้าต่อตันความเย็นของระบบปรับอากาศอีกด้วย ซึ่งผลที่ได้จะเป็นค่าปริมาณการใช้พลังงานในรูปแบบของกิโลวัตต์-ชั่วโมงต่อพื้นที่ต่อปี (kWh/m^2-yr) และกำหนดให้ผลที่ได้นี้เป็นเกณฑ์ (Baseline) ในการวิเคราะห์หาค่าความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณการใช้พลังงานต่ออัตราส่วนพื้นที่อาคารรวมต่อพื้นที่ดินต่อไป

1.6.4 การรวบรวมและเปรียบเทียบข้อมูล

- เปรียบเทียบข้อมูลมีได้จากการจำลองอาคารด้วยโปรแกรม Visual DOE
- เปรียบเทียบข้อมูลปริมาณการใช้พลังงานที่ลดลงในระดับต่างๆ

1.6.5 การวิเคราะห์ข้อมูล

- วิเคราะห์ข้อมูลปริมาณการใช้พลังงานจากการใช้อาคารในระยะเวลาที่กำหนดเปรียบเทียบเป็นมูลค่าปัจจุบันสุทธิ
- วิเคราะห์อัตราการลงทุนและผลประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากการได้เพิ่มอัตราส่วนพื้นที่อาคารรวมต่อพื้นที่ดิน
- วิเคราะห์หาความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนพื้นที่อาคารรวมต่อพื้นที่ดินที่เพิ่มขึ้น ผลจากการใช้ปริมาณไฟฟ้าที่ลดลง และอัตราการลงทุน รวมถึงผลประโยชน์ตอบแทนภายในระยะเวลาการศึกษา
- วิเคราะห์ถึงปัจจัยที่สำคัญที่มีผลต่อแนวทางการสร้างอาคารประหยัดพลังงาน

1.6.6 การจัดทำแบบสอบถาม

จัดทำแบบสอบถามโดยมีกลุ่มเป้าหมายคือผู้ที่เกี่ยวข้องโดยเฉพาะผู้ประกอบการ และนักลงทุนด้านอสังหาริมทรัพย์ เพื่อหาข้อคิดเห็นต่อข้อมูลที่ได้จากการวิเคราะห์

CHULALONGKORN UNIVERSITY

1.6.7 การประเมินผล

- นำข้อมูลและข้อเสนอแนะที่ได้จากการทำแบบสอบถามมาประเมินผลเปรียบเทียบกับผลที่ได้จากการวิเคราะห์ข้อมูล เพื่อพิจารณาหาแนวทางการส่งเสริมอาคารอนุรักษ์พลังงานที่เหมาะสมและเป็นไปได้มากที่สุด
- เปรียบเทียบผลที่ได้กับนโยบายของต่างประเทศ เช่น การนำเกณฑ์ของLEEDมาพิจารณาเพิ่ม FAR

1.6.8 การเสนอแนะแนวทางที่เหมาะสม

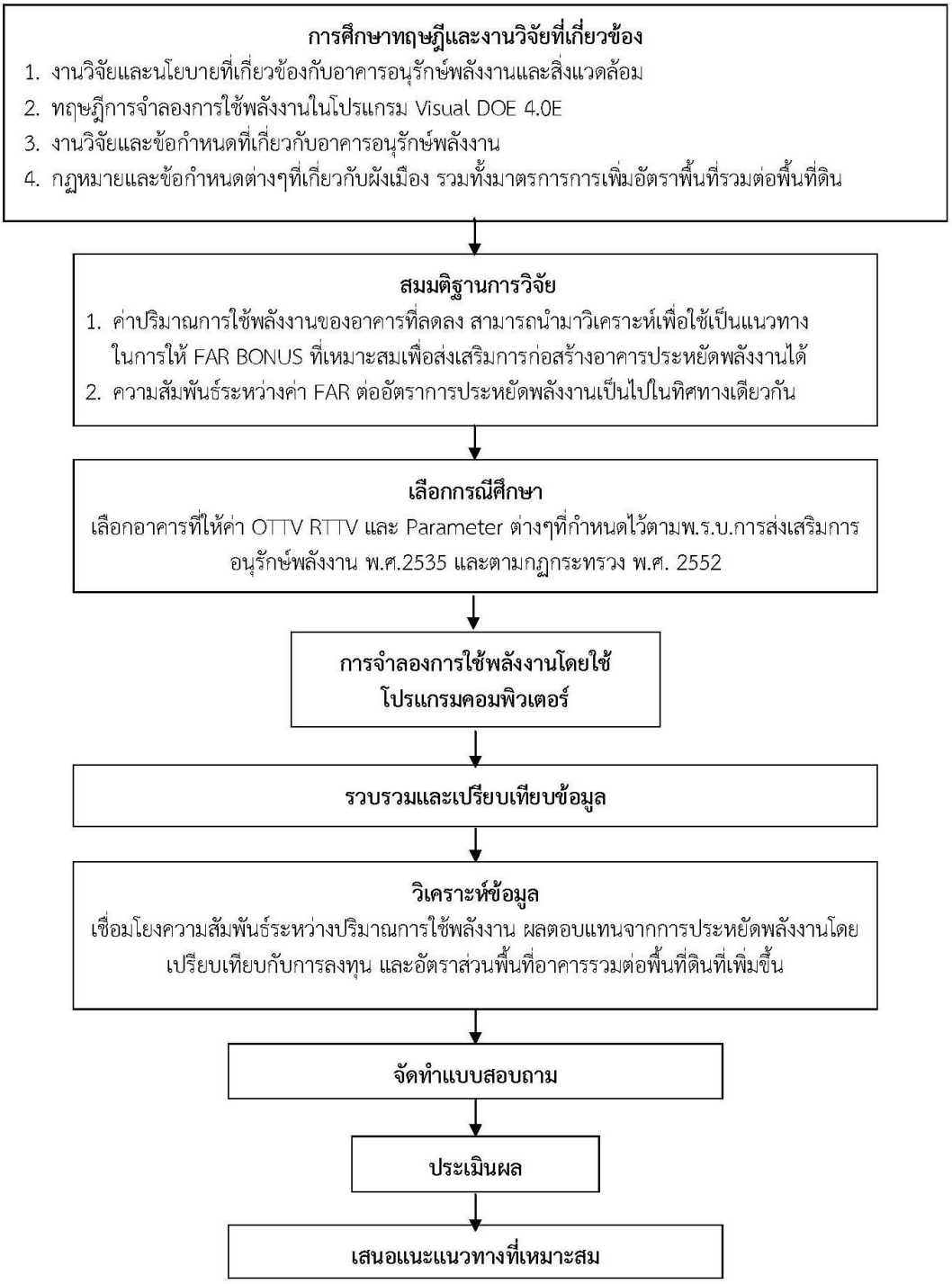
สรุปผลและเสนอแนะค่าที่เหมาะสมในการลดปริมาณการใช้พลังงานของอาคารตามหลักเกณฑ์การพิจารณาค่าพื้นที่อาคารรวมต่อพื้นที่ดินที่เพิ่มขึ้น (FAR BONUS) สำหรับอาคารประเภทต่างๆ เพื่อใช้เป็นแนวทางส่งเสริมการสร้างอาคารประหยัดพลังงานต่อไป

1.7 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

ทราบค่าอัตราส่วนปริมาณการใช้พลังงานของอาคารที่เหมาะสมต่อการเพิ่มอัตราส่วนพื้นที่อาคารรวมต่อพื้นที่ดิน และสามารถใช้เป็นแนวทางในการส่งเสริมการสร้างอาคารประหยัดพลังงานได้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

1.8 ผังลำดับขั้นตอนในการดำเนินงานวิจัย



ภาพที่ 1 แสดงผังลำดับขั้นตอนในการดำเนินงานวิจัย

บทที่ 2
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การศึกษาวิจัยในหัวข้อ “แนวทางการส่งเสริมอาคารประหยัดพลังงานด้วยการเพิ่มอัตราส่วนพื้นที่อาคารรวมต่อพื้นที่ดิน (FAR BONUS)” เป็นการศึกษาถึงความสัมพันธ์ของปริมาณการใช้พลังงานที่ลดลงของอาคารประหยัดพลังงาน และผลที่อาคารได้รับจากการเพิ่มอัตราส่วนพื้นที่อาคารรวมต่อพื้นที่ดิน โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อหาแนวทางการส่งเสริมการสร้างอาคารประหยัดพลังงานที่เหมาะสม ดังนั้นจึงจำเป็นต้องศึกษาแนวคิด และทฤษฎีต่างๆที่มีความสัมพันธ์ต่อค่าปริมาณการใช้พลังงานของอาคาร ข้อกำหนดทางกฎหมายที่เกี่ยวข้องกับอาคารอนุรักษ์พลังงานและสิ่งแวดล้อม เกณฑ์การประเมินความยั่งยืนทางพลังงานและสิ่งแวดล้อมไทย และทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการวิเคราะห์ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ โดยมีรายละเอียดดังนี้

2.1 แนวคิดและทฤษฎี

2.1.1 ปัจจัยที่มีผลต่อค่าปริมาณการใช้พลังงานของอาคาร

2.1.1.1 คุณสมบัติการถ่ายเทความร้อนของวัสดุผนังทึบ

คุณสมบัติการถ่ายเทความร้อนของวัสดุที่จะนำมาใช้เป็นผนังภายนอกถือว่าเป็นปัจจัยที่สำคัญที่จะส่งผลต่อค่าปริมาณการใช้พลังงานของอาคาร โดยทั่วไปคุณสมบัติที่มีผลต่อการถ่ายเทความร้อน ได้แก่

ค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อน (Thermal Conductivity: K) คือ สมบัติเชิงความร้อนของวัสดุที่บ่งถึง ปริมาณความร้อนที่ผ่านเนื้อวัสดุ ต่อ หน่วยความหนา ต่อหนึ่งหน่วยเวลา ต่อหนึ่งหน่วยอุณหภูมิ และต่อหนึ่งหน่วยพื้นที่ โดยทั่วไปหน่วยที่ใช้คือ W/m.$^{\circ}$C หรือ W/m.K

ค่าการต้านทานความร้อน (Thermal Resistance: R) คือ ค่าที่บอกถึงอัตราส่วนระหว่างความหนาของวัสดุตามแนวที่ความร้อนไหลผ่าน กับค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนของวัสดุ หรืออีกนัยหนึ่งคือความสามารถในการเป็นฉนวนของวัสดุ มีหน่วยเป็น (m^2.$^{\circ}$C)/W หรือ (m^2.K)/W

ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน (Coefficient of Heat Transmission: U) คือ ส่วนกลับของค่าความต้านทานความร้อน โดยทั่วไปในการคิดค่า U-Value ของผนังอาคารจะต้องพิจารณาจากค่าการต้านทานความร้อนของวัสดุแต่ละชนิด รวมถึงค่าการต้านทานความร้อนของฟิล์มอากาศและช่องว่างอากาศ มีหน่วยเป็น W/m^2.$^{\circ}$C หรือ W/m^2.K

ตารางที่ 1 แสดงคุณสมบัติการถ่ายเทความร้อนของวัสดุผนัง Aluminum Composite

ผนัง Aluminum Composite บุด้วยฉนวนใยแก้ว 4 นิ้ว ปิดทับภายในด้วยแผ่นยิปซั่ม				
วัสดุ		K ($W/m.^{o}C$)	Thickness (m)	R ($m^{2}.^{o}C)/W$
1	ฟิล์มอากาศที่ผนังด้านนอก			0.044
2	แผ่นอลูมิเนียมสำเร็จรูปหนา 3 มม.	0.435	0.003	0.007
3	ฉนวนใยแก้ว ความหนาแน่น 24 กก./ลบ.ม.	0.035	0.100	2.857
4	แผ่นยิปซั่มบอร์ด หนา 12 มม.	0.282	0.012	0.043
5	ฟิล์มอากาศที่ผนังด้านใน			0.120
ความต้านทานความร้อนรวม, R				3.071
ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวม, U				0.326
ความหนาของผนัง (เมตร)				0.115

แหล่งที่มา: ประกาศกระทรวงพลังงาน พ.ศ. 2552

2.1.1.2 คุณสมบัติของกระจก

อาคารในปัจจุบันส่วนใหญ่ล้วนมีกระจกเป็นองค์ประกอบของผนังภายนอก ซึ่งนอกเหนือไปจากคุณสมบัติการถ่ายเทความร้อนของกระจก (U-value) ที่มีลักษณะเดียวกันกับวัสดุโดยทั่วไป การพิจารณาเลือกใช้กระจกยังต้องพิจารณาถึงค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนจากรังสีอาทิตย์ผ่านกระจก (Solar Heat Gain Coefficient: SHGC) ซึ่งหมายถึง อัตราส่วนของรังสีอาทิตย์ที่ส่งผ่านวัสดุผนังและหลังคาส่วนที่โปร่งแสงหรือโปร่งใสของช่องแสง และก่อให้เกิดการถ่ายเทความร้อนเข้าภายในอาคาร ซึ่งได้รวมผลของรังสีอาทิตย์ที่ส่งผ่านกระจกหรือวัสดุโปร่งแสงโดยตรงกับการถ่ายเทความร้อนที่เกิดจากรังสีอาทิตย์ที่ดูดกลืนไว้ในตัวกระจกหรือวัสดุโปร่งแสงเข้ามายังภายในอาคาร ทั้งนี้ปัจจัยที่มีผลต่อค่า U และค่า SHGC ของกระจก ได้แก่ ชนิดของกระจก สีและความหนาและสารเคลือบผิวกระจก (พุทธินันท์ สวัสดิ์รัตนาธร 2550)

ชนิดของกระจก ประกอบด้วย กระจกแผ่นเดียว (Monolithic Glass) กระจกแผ่นคู่ (Laminated Glass) และกระจกอินซูเลต (Insulated Glass) หรือกระจกฉนวนที่มีช่องว่างอากาศอยู่ตรงกลาง ซึ่งกระจกชนิดอินซูเลตจะมีค่า U ต่ำกว่ากระจกชนิดอื่นกว่ามาก (สวิชญา ดาวประกายมงคล 2552)

สีและความหนาของกระจก กระจกพื้นฐานที่นิยมนำมาแปรรูปในงานอุตสาหกรรมกระจกมีทั้งกระจกใสและกระจกสี กระจกใสจะให้ค่าแสงส่องผ่านที่สูงกว่ากระจกสี แต่ในขณะเดียวกันก็นำความร้อนผ่านเข้าสู่อาคารได้มากกว่ากระจกสี (สวิชญา ดาวประกายมงคล 2552)

สารเคลือบกระจก การเคลือบสารบนผิวกระจกมีวัตถุประสงค์เพื่อให้กระจกสามารถสะท้อนแสงและคลื่นความร้อนบางส่วนของแสงแดดได้ดี กระจกที่มีสารเคลือบสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ประเภทหลักๆคือ กระจกสะท้อนแสงหรือกระจกสะท้อนรังสีจากดวงอาทิตย์ (Solar Reflective Glass) และ กระจกแผ่รังสีต่ำ (Low-E Glass) โดยทั่วไปกระจก Low-E จะลดความร้อนจากแสงอาทิตย์ได้น้อยกว่ากระจกสะท้อนแสง (มีค่า SHGC สูงกว่า) แต่ยอมให้แสงส่องผ่านเข้ามาภายในอาคารได้มาก และเมื่อเทียบกับกระจกที่ไม่ได้เคลือบสาร Low-E จะพบว่ากระจก Low-E สามารถลดการแผ่รังสีของดวงอาทิตย์ได้ถึงร้อยละ 75 จึงส่งผลให้มีค่า U ที่ลดลง (สวิชญา ดาวประกายมงคล 2552)

2.1.1.3 สัดส่วนของช่องเปิดกับผนังอาคาร (Window to Wall Ratio: WWR)

WWR คือ อัตราส่วนพื้นที่ของหน้าต่างโปร่งแสง และ/หรือของผนังโปร่งแสงต่อพื้นที่ทั้งหมดของผนังด้านที่พิจารณา การกำหนดค่า WWR ควรคำนึงถึงการใช้ประโยชน์จากแสงธรรมชาติ และปริมาณการใช้พลังงานของอาคารที่เหมาะสม

2.1.1.4 ทฤษฎีการให้แสงสว่าง

การคำนวณการส่องสว่างที่ใช้กันอย่างแพร่หลายมีอยู่ 2 แบบ คือการคำนวณแบบลูเมน (Lumen Method) และแบบจุดต่อจุด (Point by Point) ส่วนการคำนวณแบบวัตต์ต่อตร.ม.นั้นมีการใช้มากขึ้นเพราะใช้เวลาสั้นและเหมาะกับงานที่ไม่ต้องการความละเอียดมากนัก เช่น การส่องสว่างภายในพื้นที่ไม่สำคัญ แต่ถ้าใช้กับพื้นที่ใหญ่มากก็อาจเกิดความผิดพลาดได้มาก การคำนวณแบบลูเมนใช้สำหรับกรณีที่ต้องการให้แสงสว่างสม่ำเสมอ โดยใช้คุณสมบัติการสะท้อนแสงของวัสดุทั้งผนัง พื้น และเพดาน มาประกอบการพิจารณาด้วย เช่น การคำนวณการส่องสว่างในส่วนสำนักงาน ห้องเรียนในโรงเรียน เป็นต้น สำหรับการคำนวณแบบจุดต่อจุดใช้สำหรับการส่องสว่างเร้นเป็นจุด หรือกรณีที่ต้องการคำนวณอย่างละเอียด (พรรณชลัท สุริโยธิน 2547)

การคำนวณการส่องสว่างโดยวิธีลูเมน

$$E = \frac{F.n.N.MF.UF}{A} \quad \text{..... (1)}$$

เมื่อ

E = ความส่องสว่าง (ลักซ์)

F = ปริมาณแสง (ลูเมน/หลอด)

n = จำนวนหลอด/โคม

N = จำนวนโคม

MF = แฟตเตอร์การบำรุงรักษา

UF = สัมประสิทธิ์การใช้งาน

A = พื้นที่ (ตารางเมตร)

ตารางที่ 2 แสดงระดับความส่องสว่างเฉลี่ยอย่างต่ำสำหรับพื้นที่ทำงาน และกิจกรรมต่างๆ ภายในอาคาร (สมาคมไฟฟ้าแสงสว่างแห่งประเทศไทย)

ประเภทของพื้นที่และกิจกรรม	ลักซ์
โถงทางเข้าอาคาร	100 (200)
โถงนั่งพัก	100 (200)
พื้นที่ทางเดินภายในอาคาร	200
บันได บันไดเลื่อน ทางเลื่อน	100
พื้นที่ขนถ่ายสินค้าภายในอาคาร	150
ห้องอาหารทั่วไปภายในอาคาร	150
ห้องพักผ่อนทั่วไป	200 (1000)
ห้องออกกำลังกาย	200 (500)
ห้องน้ำ ห้องสุขา ห้องรับฝากของ	200 (500)
ห้องปฐมพยาบาล	300 (1000)
ห้องตรวจคนไข้ทั่วไป	300 (500)
ห้องอุปกรณ์ Switch gear	500(1000)
ห้องชุมสายโทรศัพท์ / ไปรษณีย์ / พัสดุ	200
ห้องเก็บของ	500
ห้องบรรจุหีบห่อ, ขนถ่ายวัสดุ	100 (50)
ห้องควบคุม	300
โถงนั่งพัก	150(500)
พื้นที่ทางเดินภายในอาคาร	100 (200)
บันได บันไดเลื่อน ทางเลื่อน	200
พื้นที่ขนถ่ายสินค้าภายในอาคาร	100
ห้องอาหารทั่วไปภายในอาคาร	150
ห้องพักผ่อนทั่วไป	150
ห้องออกกำลังกาย	200 (1000)
ห้องน้ำ ห้องสุขา ห้องรับฝากของ	200 (500)
ห้องปฐมพยาบาล	200 (500)
ห้องตรวจคนไข้ทั่วไป	300 (1000)
ห้องอุปกรณ์ Switch gear	300 (500)

ประเภทของพื้นที่และกิจกรรม	ลักซ์
ห้องชุมสายโทรศัพท์ / ไปรษณีย์ / พัสดุ	500(1000)
ห้องเก็บของ	200
ห้องบรรจุหีบห่อ, ขนถ่ายวัสดุ	500
ห้องควบคุม	100 (50)

การคำนวณประสิทธิ์ภาพแสง (ลูเมน/วัตต์)

$$\text{ประสิทธิ์ภาพแสง } (\text{ลูเมน}/\text{วัตต์}) = \frac{\text{กำลังส่องสว่างของหลอด}}{\text{วัตต์รวมบัลลาสต์}} \quad \text{..... (2)}$$

2.1.2 ค่าอัตราส่วนพื้นที่อาคารรวมต่อพื้นที่ดิน กับการออกแบบอาคาร

ค่าอัตราส่วนพื้นที่อาคารรวมต่อพื้นที่ดิน (Floor Area Ratio: FAR) หมายความว่า อัตราส่วนพื้นที่อาคารรวมทุกชั้นของอาคารทุกหลังต่อพื้นที่ดินที่ใช้เป็นที่ตั้งอาคาร โดยการกำหนดค่า FAR จะช่วยควบคุมพื้นที่อาคารให้มีความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์การใช้ประโยชน์ที่ดิน และเพื่อให้ความหนาแน่นของการพัฒนามีความสัมพันธ์กับการบริการด้านสาธารณูปโภคและสาธารณูปการ (สำนักผังเมืองกรุงเทพมหานคร 2556) โดยค่า FAR ที่ถูกกำหนดนั้นจะขึ้นอยู่กับตำแหน่งของพื้นที่และประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดินตามที่ได้ระบุไว้ในกฎกระทรวงให้ใช้บังคับผังเมืองรวมกรุงเทพมหานคร พ.ศ. 2556

2.1.3 นโยบายและข้อกฎหมายที่เกี่ยวข้องกับอาคารอนุรักษ์พลังงานและสิ่งแวดล้อม

2.1.3.1 กฎกระทรวง กำหนดประเภท หรือขนาดของอาคาร และมาตรฐาน หลักเกณฑ์ และวิธีการในการออกแบบอาคารเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ. 2552

กฎกระทรวง กำหนดประเภท หรือขนาดของอาคาร และมาตรฐาน หลักเกณฑ์ และวิธีการในการออกแบบอาคารเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ. 2552 ซึ่งออกตามพระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงานปี (ฉบับที่ 2) พ.ศ. 2550 ได้มีการกำหนดรายละเอียดเกี่ยวกับหลักเกณฑ์ในการออกแบบอาคารเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน โดยเฉพาะการพิจารณาค่าการถ่ายเทความร้อนรวม และค่ากำลังไฟฟ้าส่องสว่างสูดสุดภายในอาคารไว้ดังนี้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 3 แสดงค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนังด้านนอกของอาคาร

ในส่วนที่มีการปรับอากาศ (OTTV) ต้องมีค่าไม่เกินดังต่อไปนี้

ประเภทอาคาร	OTTV (Watt/m^2)
1. สถานศึกษา สำนักงาน	50
2. โรมหรสพ ศูนย์การค้า สถานบริการ ห้างสรรพสินค้า อาคารชุมนุมคน	40
3. โรงแรม สถานพยาบาล อาคารชุด	30

ตารางที่ 4 แสดงค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของหลังคาอาคาร

ในส่วนที่มีการปรับอากาศ (RTTV) ต้องมีค่าไม่เกินดังต่อไปนี้

ประเภทอาคาร	RTTV (Watt/m^2)
1. สถานศึกษา สำนักงาน	15
2. โรมหรสพ ศูนย์การค้า สถานบริการ ห้างสรรพสินค้า อาคารชุมนุมคน	12
3. โรงแรม สถานพยาบาล อาคารชุด	10

ตารางที่ 5 แสดงค่ากำลังไฟฟ้าส่องสว่าง (LPD) สูดสุดภายในอาคารต้องมีค่าไม่เกินดังต่อไปนี้

ประเภทอาคาร	ค่ากำลังไฟฟ้าส่องสว่าง สูดสุด (Watt/m^2)
1. สถานศึกษา สำนักงาน	14
2. โรมหรสพ ศูนย์การค้า สถานบริการ ห้างสรรพสินค้า อาคารชุมนุมคน	18
3. โรงแรม สถานพยาบาล อาคารชุด	12

การคำนวณค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนัง (Overall thermal transfer value: OTTV) จะคำนวณจากค่าเฉลี่ยของค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนังด้านนอกของอาคารในแต่ละด้านซึ่งคำนวณได้จากสมการดังต่อไปนี้

$$OTTV_i = (U_w)(1\text{-}WWR)(TD_{eq}) + (U_f)(WWR)(\Delta T) + (WWR)(SHGC)(SC)(ESR) \quad \text{.... (3)}$$

เมื่อ

$OTTV_i$ = ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนังด้านนอกด้านที่พิจารณา (W/m^2)

U_w = สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวมของหนังทึบ ($W/m^2.^oC$)

WWR = อัตราส่วนพื้นที่ของหน้าต่างโปร่งแสง และ/หรือของหนังโปร่งแสงต่อพื้นที่ทั้งหมดของหนังด้านที่พิจารณา

TD_{eq} = ค่าความแตกต่างอุณหภูมิเทียบเท่าระหว่างภายนอกและภายในอาคารซึ่งรวมถึงผลการดูดกลืนรังสีอาทิตย์ของผนังทึบ (^oC)

U_f = สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนของผนังโปร่งแสง หรือกระจก ($W/m^2.^oC$)

ΔT = ค่าความแตกต่างอุณหภูมิระหว่างภายในและภายนอกอาคาร (^oC)

SHGC = สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนจากรังสีอาทิตย์ที่ส่งผ่านผนังโปร่งแสงหรือกระจก

SC = สัมประสิทธิ์การบังแดดของอุปกรณ์บังแดด

ESR = ค่ารังสีอาทิตย์ที่มีผลต่อการถ่ายเทความร้อนผ่านผนังโปร่งแสง และ/หรือผนังทึบ (W/m^2)

การคำนวณค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของหลังคาอาคาร (Roof thermal transfer value: RTTV) จะคำนวณจากค่าเฉลี่ยของค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของหลังคาอาคารแต่ละส่วนโดยคำนวณได้จากสมการดังต่อไปนี้

$$RTTV_i = (U_r)(1\text{-}SRR)(TD_{eg}) + (U_s)(SRR)(\Delta T) + (SRR)(SHGC)(SC)(ESR) \quad \text{..... (4)}$$

เมื่อ

$RTTV_i$ = ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของหลังคาอาคารส่วนที่พิจารณา (W/m^2)

U_r = สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวมของหลังคาทึบ ($W/m2.^oC$)

SRR = อัตราส่วนพื้นที่ของหน้าคาโปร่งแสงต่อพื้นที่ทั้งหมดของหลังคาส่วนที่พิจารณา

TD_{eq} = ค่าความแตกต่างอุณหภูมิเทียบเท่าระหว่างภายนอกและภายในของหลังคาซึ่งรวมถึงผลการดูดกลืนรังสีอาทิตย์ของหลังคา (^oC)

U_s = สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนของหลังคาโปร่งแสง ($W/m^2.^oC$)

ΔT = ค่าความแตกต่างอุณหภูมิระหว่างภายในและภายนอกหลังคา (^oC)

SHGC = สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนจากรังสีอาทิตย์ที่ส่งผ่านหลังคาโปร่งแสง

SC = สัมประสิทธิ์การบังแดดของอุปกรณ์บังแดด

ESR = ค่ารังสีอาทิตย์ที่มีผลต่อการถ่ายเทความร้อนผ่านหลังคาโปร่งแสง และ/หรือหลังคาทึบแสง (W/m^2)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

อย่างไรก็ตามหากกรณีที่อาคารมีประสิทธิภาพของอุปกรณ์หรือระบบใดระบบหนึ่งหรือมากกว่าไม่ผ่านเกณฑ์ประสิทธิภาพตามที่กำหนดไว้ ให้พิจารณาประเมินตามเกณฑ์การพิจารณาโดยรวมของทั้งอาคาร โดยคำนวณค่าการใช้พลังงานโดยรวมของอาคารดังกล่าวในรอบ 1 ปี นำมาเปรียบเทียบกับค่าการใช้พลังงานโดยรวมในรอบ 1 ปี ของอาคารอ้างอิง อาคารจะผ่านเกณฑ์ได้ก็ต่อเมื่อค่าการใช้พลังงานรวมของอาคารนั้นทั้งปีต่ำกว่าค่าการใช้พลังงานโดยรวมทั้งปีของอาคารอ้างอิง ซึ่งมีพื้นที่การใช้งาน ทิศทาง และพื้นที่กรอบอาคารเช่นเดียวกับอาคารที่จะก่อสร้าง โดยอาคารที่ใช้อ้างอิงจะต้องมีค่าระบบกรอบอาคาร ระบบไฟฟ้าแสงสว่าง และระบบปรับอากาศตามข้อกำหนดของแต่ละระบบ

การคำนวณปริมาณการใช้พลังงานโดยรวมของอาคารทั้ง 2 กรณี ให้คำนวณจากสมการดังต่อไปนี้

$$E_{pa} = \Sigma \left[\frac{A_w(OTTV)}{COP} + \frac{A_r\,(RTTV)}{COP} + A\left\{ \frac{c_l(LPD) + c_e(EQD) + 130c_o(OCCU) + 24c_v(VENT)}{COP} \right\} \right] n_h$$

$$+ \Sigma\, A(LPD + EQD)n_h\text{-}PVE \quad \text{..... (5)}$$

เมื่อ

LPD	=	กำลังไฟฟ้าส่องสว่าง (W/m^2)
EQD	=	กำลังไฟฟ้าที่ใช้สำหรับอุปกรณ์และเครื่องมือต่างๆ (W/m^2)
OCCU	=	ความหนาแน่นของผู้ใช้อาคาร ($person/m^2$)
VENT	=	อัตราการระบายอากาศต่อพื้นที่ (l/s)
COP	=	ค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะขั้นต่ำของระบบปรับอากาศขนาดเล็กหรือขนาดใหญ่
A	=	พื้นที่ส่วนปรับอากาศ (m^2)
PVE	=	ค่าพลังงานไฟฟ้าเฉลี่ยรายปีที่ผลิตโดยเซลล์แสงอาทิตย์ (kWh)
C_l,C_e,C_o และ C_v	=	สัมประสิทธิ์สัดส่วนความร้อนที่เป็นภาระแก่ระบบปรับอากาศจากไฟฟ้าแสงสว่าง อุปกรณ์และเครื่องใช้ไฟฟ้าต่างๆ ผู้ใช้อาคาร และการระบายอากาศ
n_h	=	จำนวนชั่วโมงใช้งานสำหรับอาคารแต่ละประเภท

ตารางที่ 6 ค่าสัมประสิทธิ์สัดส่วนความร้อนที่เป็นภาระแก่ระบบปรับอากาศ และจำนวนชั่วโมงใช้งานสำหรับอาคารแต่ละประเภท

ประเภทของอาคาร	C_l	C_e	C_o	C_v	n_h
สถานศึกษา สำนักงาน	0.84	0.85	0.90	0.90	2340
โรมหรสพ ศูนย์การค้า สถานบริการ ห้างสรรพสินค้า อาคารชุมนุมคน	0.84	0.85	0.90	0.90	4380
โรงแรม สถานพยาบาล อาคารชุด	1.0	1.0	1.0	1.0	8760

2.1.3.2 กฎกระทรวงให้ใช้บังคับผังเมืองรวมกรุงเทพมหานคร พ.ศ. 2556 กับมาตรการสร้างแรงจูงใจโดยให้อัตราส่วนพื้นที่อาคารรวมต่อพื้นที่ดินเพิ่ม

เพื่อส่งเสริมให้เกิดการพัฒนาตามวัตถุประสงค์ของผังเมืองรวม จึงได้มีการกำหนดมาตรการสร้างแรงจูงใจโดยการให้สิทธิพิเศษ (Bonus) ในการสร้างอาคาร โดยให้มีอัตราส่วนพื้นที่อาคารรวมต่อพื้นที่ดิน (FAR) เพิ่มมากขึ้นจากข้อกำหนด ในกรณีที่มีการพัฒนาหรือดำเนินการที่เป็นประโยชน์ต่อสาธารณะ (สำนักผังเมืองกรุงเทพมหานคร 2556) โดยกฎกระทรวงให้ใช้บังคับผังเมืองรวมกรุงเทพมหานคร พ.ศ. 2556 ตามพระราชบัญญัติการผังเมือง พ.ศ. 2518 ซึ่งแก้ไขเพิ่มเติมโดยพระราชบัญญัติการผังเมือง (ฉบับที่ 3) พ.ศ. 2535 ได้กำหนดให้การใช้ประโยชน์ที่ดินประเภทอาคารตามกฎหมายว่าด้วยการควบคุมอาคารหากเจ้าของที่ดินหรือผู้ประกอบการได้จัดให้มีอาคารอนุรักษ์พลังงานตามมาตรฐานที่รับรองโดยมูลนิธิอาคารเขียวไทยหรือองค์กรอื่นซึ่งได้รับความเห็นชอบจากคณะกรรมการผังเมือง ให้มีอัตราส่วนพื้นที่อาคารรวมต่อพื้นที่ดินเพิ่ม (FAR BONUS) ได้ดังต่อไปนี้

อาคารที่ได้รับการรับการรับรองการอนุรักษ์พลังงานระดับที่ 1 ให้มี FAR BONUS ได้ไม่เกิน 5%
อาคารที่ได้รับการรับการรับรองการอนุรักษ์พลังงานระดับที่ 2 ให้มี FAR BONUS ได้ไม่เกิน 10%
อาคารที่ได้รับการรับการรับรองการอนุรักษ์พลังงานระดับที่ 3 ให้มี FAR BONUS ได้ไม่เกิน 15%
อาคารที่ได้รับการรับการรับรองการอนุรักษ์พลังงานระดับที่ 4 ให้มี FAR BONUS ได้ไม่เกิน 20%

โดยอาคารจะต้องเป็นอาคารตามประเภทและขนาดที่จะต้องมีการออกแบบเพื่อการอนุรักษ์พลังงานตามกฎหมายว่าด้วยการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน อาคารต้องมีคุณสมบัติในการถ่ายเทความร้อนของผนังด้านนอกและหลังคาอาคารตามมาตรฐานและหลักเกณฑ์ที่กำหนดไว้ตามกฎหมายว่าด้วยการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน

2.1.4 เกณฑ์การประเมินความยั่งยืนทางพลังงานและสิ่งแวดล้อมไทย

เกณฑ์การประเมินความยั่งยืนทางพลังงานและสิ่งแวดล้อมไทยหรือ TREES (Thai's Rating of Energy and Environmental Sustainability) สำหรับการก่อสร้างและปรับปรุงโครงการใหม่ถูกพัฒนาและจัดทำขึ้นโดยสถาบันอาคารเขียวไทย เป็นเกณฑ์ที่มุ่งเน้นสำหรับการก่อสร้างและปรับปรุงโครงการใหม่เป็นหลัก โดยอาคารที่เหมาะสมจะเข้าเกณฑ์นี้คืออาคารที่ออกแบบและสร้างใหม่ทั้งหมด หรือเป็นโครงการที่มีการปรับปรุงอาคารเก่าในระดับที่มีการเปลี่ยนแปลงปรับปรุงครั้งใหญ่ เช่น การเปลี่ยนระบบเปลือกอาคารและงานระบบทั้งหมด คงไว้แต่โครงสร้าง (สถาบันอาคารเขียวไทย 2555) โดยเกณฑ์การประเมินถูกแบ่งออกเป็น 8 หมวดหลัก ประกอบไปด้วยหัวข้อและคะแนนในแต่ละหัวข้อดังนี้

หมวดที่ 1 การบริหารจัดการอาคาร (Building Management: BM)
หมวดที่ 2 ผังบริเวณและภูมิทัศน์ (Site and Landscape: SL)
หมวดที่ 3 การประหยัดน้ำ (Water Conservation: WC)
หมวดที่ 4 พลังงานและบรรยากาศ (Energy and Atmosphere: EA)
หมวดที่ 5 วัสดุและทรัพยากรในการก่อสร้าง (Materials and Resources: MR)
หมวดที่ 6 คุณภาพของสภาวะแวดล้อมภายในอาคาร (Indoor Environmental Quality: IE)
หมวดที่ 7 การป้องกันผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม (Environmental Protection: EP)
หมวดที่ 8 นวัตกรรม (Green Innovation: GI)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 7 รายละเอียดเกณฑ์ TREES สำหรับการก่อสร้างและปรับปรุงโครงการใหม่

หัวข้อ	รายละเอียด	คะแนน (บังคับ)
BM	**หมวดที่ 1 การบริหารจัดการอาคาร (Building Management)**	**3 (1)**
BM P1	การเตรียมความพร้อมความเป็นอาคารเขียว	บังคับ
BM 1	การประชาสัมพันธ์สู่สังคม	1
BM 2	คู่มือและการฝึกอบรมแนะนำการใช้งานและบำรุงรักษาอาคาร	1
BM 3	การติดตามประเมินผลขณะออกแบบ ก่อสร้างและเมื่ออาคารแล้วเสร็จ	1
SL	**หมวดที่ 2 ผังบริเวณและภูมิทัศน์ (Site and Landscape)**	**16 (2)**
SL P1	การหลีกเลี่ยงที่ตั้งที่ไม่เหมาะกับการสร้างอาคาร	บังคับ
SL P2	การลดผลกระทบต่อพื้นที่ที่มีความสมบูรณ์ทางธรรมชาติ	บังคับ
SL 1	การพัฒนาโครงการบนพื้นที่ที่พัฒนาแล้ว	1
SL 2	การลดการใช้รถยนต์ส่วนตัว	4
SL 3	การพัฒนาผังพื้นที่โครงการที่ยั่งยืน	3
SL 3.1	มีพื้นที่เปิดโล่งเชิงนิเวศ ไม่น้อยกว่าร้อยละ 25 ของพื้นที่ฐานอาคาร	1
SL 3.2	มีต้นไม้ยืนต้น 1 ต้นต่อ พื้นที่เปิดโล่ง 100 ตารางเมตร (ห้ามย้ายไม้ยืนต้นมาจากที่อื่น)	1
SL 3.3	ใช้พืชพรรณพื้นถิ่นที่เหมาะสม	1
SL 4	การซึมน้ำและลดปัญหาน้ำท่วม	4
SL 5	การลดปรากฏการณ์เกาะความร้อนในเมืองจากการพัฒนาโครงการ	4
SL 5.1	มีการจัดสวนบนหลังคาหรือสวนแนวตั้ง	2
SL 5.2	มีพื้นที่ดาดแข็งที่รับรังสีตรงจากดวงอาทิตย์ ไม่เกินร้อยละ 50 ของพื้นที่โครงการ	1
SL 5.3	มีต้นไม้ยืนต้นทางทิศใต้ ทิศตะวันตก และทิศตะวันออก ที่บังแดดได้อย่างมีประสิทธิภาพและไม่ก่อให้เกิดความเสียหายกับตัวอาคาร	1
WC	**หมวดที่ 3 การประหยัดน้ำ (Water Conservation)**	**6**
WC 1	การประหยัดน้ำและการใช้น้ำอย่างมีประสิทธิภาพ	6
EA	**หมวดที่ 4 พลังงานและบรรยากาศ (Energy and Atmosphere)**	**20 (2)**
EA P1	การประกันคุณภาพอาคาร มีแผนการตรวจสอบและปรับแต่งระบบโดยบุคคลที่สาม	บังคับ
EA P2	ประสิทธิภาพการใช้พลังงานขั้นต่ำ ได้ 4 คะแนนในข้อ EA 1	บังคับ
EA 1	ประสิทธิภาพการใช้พลังงาน	16
EA 2	การใช้พลังงานทดแทน ผลิตพลังงานทดแทนให้ได้ไม่น้อยกว่า ร้อยละ0.5-1.5 ของปริมาณค่าใช้จ่ายพลังงานในอาคาร	2
EA 3	การตรวจสอบและพิสูจน์ผลเพื่อยืนยันการประหยัดพลังงาน มีแผนการตรวจสอบและพิสูจน์ผลตามข้อกำหนด IPMVP	1
EA 4	สารทำความเย็นในระบบปรับอากาศที่ไม่ทำลายชั้นบรรยากาศ ไม่ใช้สาร CFC และ HCFC-22	1

หัวข้อ	รายละเอียด	คะแนน (บังคับ)
MR	**หมวดที่ 5 วัสดุและทรัพยากรในการก่อสร้าง (Materials and Resources)**	**13**
MR 1	การใช้อาคารเดิม เก็บรักษาพื้นหรือหลังคาของอาคารเดิมไว้ร้อยละ 50-75 ของพื้นที่ผิว	2
MR 2	การบริหารจัดการขยะจากการก่อสร้าง นำขยะไปใช้หรือรีไซเคิล 50-75% ของปริมาตรหรือน้ำหนัก	2
MR 3	การเลือกใช้วัสดุใช้แล้ว นำวัสดุก่อสร้างกลับมาใช้ใหม่เป็นมูลค่าร้อยละ 5-10	2
MR 4	การเลือกใช้วัสดุรีไซเคิล ใช้วัสดุรีไซเคิลเป็นมูลค่าร้อยละ 10-20	2
MR 5	การใช้วัสดุพื้นถิ่นหรือในประเทศ การใช้วัสดุที่ ขุด ผลิต ประกอบ หรือวัสดุพื้นถิ่นหรือในประเทศไม่น้อยกว่าร้อยละ 10-20 ของมูลค่าวัสดุก่อสร้างทั้งหมด	2
MR 6	วัสดุที่ผลิตหรือมีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมต่ำ	3
MR 6.1	ใช้วัสดุที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมตามฉลากเขียวและฉลากคาร์บอนของไทยไม่น้อยกว่าร้อยละ 10-20 ของมูลค่าวัสดุก่อสร้างทั้งหมด	2
MR 6.2	ใช้วัสดุที่มีการเผยแพร่ข้อมูลความเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมไม่น้อยกว่าร้อยละ 30 ของมูลค่าวัสดุก่อสร้างทั้งหมด	1
IE	**หมวดที่ 6 คุณภาพของสภาวะแวดล้อมภายในอาคาร (Indoor Environmental Quality)**	**17 (2)**
IE P1	ปริมาณการระบายอากาศภายในอาคาร อัตราการระบายอากาศผ่านเกณฑ์ตามมาตรฐาน	บังคับ
IE P2	ความส่องสว่างภายในอาคาร ความส่องสว่างขั้นต่ำผ่านเกณฑ์ตามมาตรฐาน	บังคับ
IE 1	การลดผลกระทบมลภาวะ	5
IE 1.1	ช่องนำอากาศเข้าไม่อยู่ตำแหน่งที่มีความร้อนหรือมลพิษ	1
IE 1.2	ความดันเป็นลบ (Negative pressure) สำหรับห้องพิมพ์งาน ถ่ายเอกสาร เก็บสารเคมี และเก็บสารทำความสะอาด	1
IE 1.3	ควบคุมแหล่งมลพิษจากภายนอกเข้าสู่ภายในอาคาร	1
IE 1.4	พื้นที่สูบบุหรี่ห่างจากประตูหน้าต่างหรือช่องนำอากาศเข้าไม่น้อยกว่า 10 เมตร	1
IE 1.5	ประสิทธิภาพการกรองอากาศผ่านเกณฑ์ตามมาตรฐาน	1
IE 2	การเลือกใช้วัสดุที่ไม่ก่อมลพิษ	4
IE 2.1	การใช้วัสดุประสาน วัสดุยาแนว และรองพื้น ที่มีสารพิษต่ำภายในอาคาร	1
IE 2.2	การใช้สี และวัสดุเคลือบผิว ที่มีสารพิษต่ำภายในอาคาร	1
IE 2.3	การใช้พรมที่มีสารพิษต่ำภายในอาคาร	1
IE 2.4	การใช้ผลิตภัณฑ์ที่ประกอบขึ้นจากไม้ที่มีสารพิษต่ำภายในอาคาร	1
IE 3	การควบคุมแสงสว่างภายในอาคาร แยกวงจรแสงประดิษฐ์ทุก 250 ตารางเมตรหรือตามความต้องการ	1

หัวข้อ	รายละเอียด	คะแนน (บังคับ)
IE 4	การใช้แสงธรรมชาติภายในอาคาร ออกแบบให้ห้องที่มีการใช้งานประจำได้รับแสงธรรมชาติอย่างพอเพียง	4
IE 5	สภาวะน่าสบาย อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ในส่วนที่มีการปรับอากาศเหมาะสมตามมาตรฐานระบบปรับอากาศและระบายอากาศ	3
EP	**หมวดที่ 7 การป้องกันผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม (Environmental Protection)**	**5 (2)**
EP P1	การลดมลพิษจากการก่อสร้าง มีแผนและดำเนินการป้องกันมลพิษและสิ่งรบกวนจากการก่อสร้าง	บังคับ
EP P2	การบริหารจัดการขยะ การเตรียมพื้นที่แยกขยะ	บังคับ
EP 1	ใช้สารเคมีที่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมน้อยในระบบดับเพลิง ไม่ใช้สารฮาลอน (Halon) หรือ ซีเอฟซี (CFC) หรือ เอสซีเอฟซี (HCFC) ในระบบดับเพลิง	1
EP 2	ตำแหน่งเครื่องระบายความร้อน การวางตำแหน่งเครื่องระบายความร้อนห่างจากที่ดินข้างเคียง	1
EP 3	การใช้กระจกภายนอกอาคาร กระจกมีค่าสะท้อนแสงไม่เกินร้อยละ 15	1
EP 4	การควบคุมโรคที่เกี่ยวข้องกับอาคาร ปฏิบัติตามประกาศกรมอนามัยเรื่องข้อปฏิบัติการควบคุมเชื้อลีจิโอเนลลา (Legionella) ในหอระบายความร้อนของอาคารในประเทศไทย	1
EP 5	ติดตั้งมาตรวัดไฟฟ้าที่ใช้กับระบบบำบัดน้ำเสีย	1
GI	**หมวดที่ 8 นวัตกรรม (Green Innovation)**	**5**
GI 1-5	มีเทคนิควิธีที่ไม่ระบุไว้ในแบบประเมิน	5
	รวมคะแนน	**85 (9)**

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

การประเมินจะมีขั้นตอนหลักแบ่งออกเป็น 3 ช่วง โดยช่วงแรกเริ่มจากการลงทะเบียนกับทางสถาบัน ช่วงที่ 2 คือ การยื่นเอกสารช่วงออกแบบ และช่วงที่ 3 คือ การยื่นเอกสารช่วงก่อสร้าง หากแต่การประเมินนั้นจะสิ้นสุดหรือได้รับรองจากทางสถาบันอาคารเขียวไทยก็ต่อเมื่ออาคารก่อสร้างเสร็จเรียบร้อยแล้วเท่านั้น ดังนั้นเพื่อให้การได้รับประโยชน์จากมาตรการการเพิ่มอัตราส่วนพื้นที่อาคารรวมต่อพื้นที่ดินตามที่ระบุในกฎกระทรวงให้ใช้บังคับผังเมืองรวมกรุงเทพมหานคร พ.ศ. 2556 ทางสถาบันอาคารเขียวไทยจึงได้จัดเตรียมเกณฑ์การประเมินความยั่งยืนทางพลังงานและสิ่งแวดล้อมสำหรับอาคารสร้างใหม่และอาคารปรับปรุงดัดแปลง: ช่วงออกแบบ (PRE NC) ฉบับร่าง เพื่อใช้ในการประเมินในช่วงการออกแบบ ซึ่งมีรายละเอียดแตกต่างจากเกณฑ์ในปัจจุบันโดยมีการตัดถอนคะแนนในแต่ละหมวด พร้อมปรับระดับการให้คะแนนของอาคารโดยมีรายละเอียดแสดงดังนี้

ตารางที่ 8 ตารางการให้คะแนนเกณฑ์ TREES สำหรับอาคารสร้างใหม่และอาคารปรับปรุงดัดแปลง: ช่วงออกแบบ (PRE NC) ฉบับร่าง

สถาบันอาคารเขียวไทย (THAI GREEN BUILDING INSTITUTE)

เกณฑ์การประเมินความยั่งยืนทางพลังงานและสิ่งแวดล้อมสำหรับอาคารสร้างใหม่และอาคารปรับปรุงดัดแปลง: ช่วงการออกแบบ (PRE NC)

Thai's Rating of Energy and Environmental Sustainability

(PRE NC 1.0) Pre New Construction and Major Renovation

0 คะแนน	หมวดที่ 1 การบริหารจัดการอาคาร	
[บังคับ]	BM P1	การเตรียมความพร้อมความเป็นอาคารสีเขียว **[ต้องมีที่ปรึกษาในทีม]**

16 คะแนน	หมวดที่ 2 ผังบริเวณและภูมิทัศน์ [ต้องได้คะแนนในหมวดนี้อย่างน้อย 6 คะแนน]	
[บังคับ]	SL P1	การหลีกเลี่ยงพื้นที่ตั้งที่ไม่เหมาะกับการสร้างอาคาร
[บังคับ]	SL P2	การลดผลกระทบต่อพื้นที่ที่มีความสมบูรณ์ทางธรรมชาติ
1	SL 1	การพัฒนาโครงการบนพื้นที่ที่พัฒนาแล้ว
4	SL 2	การลดการใช้รถยนต์ส่วนตัว
1	SL 3.1	มีพื้นที่เปิดโล่งเชิงนิเวศ ไม่น้อยกว่า 30% ของพื้นที่ฐานอาคาร หรือ 20 % ของพื้นที่โครงการ
1	SL 3.2	มีต้นไม้ยืนต้น 1 ต้นต่อ พื้นที่เปิดโล่ง 100 ตารางเมตร (ห้ามย้ายไม้ยืนต้นมาจากที่อื่น)
1	SL 3.3	ใช้พืชพรรณพื้นถิ่นที่เหมาะสม
4	SL 4	การซึมน้ำและลดปัญหาน้ำท่วม
2	SL 5.1	มีการจัดสวนบนหลังคาหรือสวนแนวตั้ง
1	SL 5.2	มีพื้นที่ดาดแข็งที่รับร่มเงาจากต้นไม้ใหญ่ ไม่เกิน 50% ของพื้นที่โครงการ
1	SL 5.3	มีต้นไม้ยืนต้นทางทิศใต้ ทิศตะวันตก และทิศตะวันออก ที่บังแดดได้อย่างมีประสิทธิภาพ

6 คะแนน	หมวดที่ 3 การประหยัดน้ำ [ต้องได้คะแนนในหมวดนี้อย่างน้อย 2 คะแนน]	
2	WC 1.1	การประหยัดน้ำรวม 15% หรือใช้โถสุขภัณฑ์ประหยัดน้ำ
2	WC 1.2	การประหยัดน้ำรวม 25% หรือใช้ก๊อกน้ำในห้องน้ำชนิดประหยัดน้ำ
2	WC 1.3	การประหยัดน้ำรวม 35% หรือการบริหารจัดการน้ำและการใช้น้ำฝน/ติดตั้งมาตรวัดการใช้น้ำย่อย

19 คะแนน	หมวดที่ 4 พลังงานและบรรยากาศ [ต้องได้คะแนนในหมวดนี้อย่างน้อย 8 คะแนน]	
[บังคับ]	EA P2	ประสิทธิภาพการใช้พลังงานขั้นต่ำ
16	EA 1	ประสิทธิภาพการใช้พลังงาน
2	EA 2	การใช้พลังงานทดแทน ร้อยละ0.5-1.5 ของปริมาณค่าใช้ จ่ายพลังงานในอาคาร
1	EA 4	สารทำความเย็นในระบบปรับอากาศที่ไม่ทำลายชั้นบรรยากาศ

0 คะแนน	หมวดที่ 5 วัสดุและทรัพยากรในการก่อสร้าง [ไม่มีการประเมินคะแนนในหมวดนี้]	

13 คะแนน	หมวดที่ 6 คุณภาพของสภาวะแวดล้อมภายในอาคาร [ต้องได้คะแนนในหมวดนี้อย่างน้อย 5 คะแนน]	
[บังคับ]	IE P1	ปริมาณการระบายอากาศภายในอาคาร
[บังคับ]	IE P2	ความส่องสว่างภายในอาคาร
1	IE 1.1	ช่องนำอากาศเข้าไม่อยู่ตำแหน่งที่มีความร้อนหรือมลพิษ
1	IE 1.2	ความดันเป็นลบ สำหรับห้องพิมพ์งาน ถ่ายเอกสาร เก็บสารเคมี และเก็บสารทำความสะอาด
1	IE 1.3	ควบคุมแหล่งมลพิษจากภายนอกเข้าสู่ภายในอาคาร
1	IE 1.4	พื้นที่สูบบุหรี่ห่างจากประตูหน้าต่างหรือช่องนำอากาศเข้าไม่น้อยกว่า 10 เมตร
1	IE1.5	ประสิทธิภาพการกรองอากาศผ่านเกณฑ์ตามมาตรฐาน
1	IE 3	แยกวงจรแสงประดิษฐ์ทุก 250 ตารางเมตรหรือตามความต้องการ
4	IE 4	ออกแบบให้ห้องที่มีการใช้งานประจำได้รับแสงธรรมชาติอย่างพอเพียง
3	IE 5	สภาวะน่าสบาย

3 คะแนน	หมวดที่ 7 การป้องกันผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม [ต้องได้คะแนนในหมวดนี้อย่างน้อย 1 คะแนน]	
[บังคับ]	EP P2	การบริหารจัดการขยะ
1	EP 2	ตำแหน่งเครื่องระบายความร้อน- การวางตำแหน่งเครื่องระบายความร้อนห่างจากที่ดินข้างเคียง
1	EP 3	การใช้กระจกภายนอกอาคาร- กระจกมีค่าสะท้อนแสงไม่เกินร้อยละ 15
1	EP 5	ติดตั้งมาตรวัดไฟฟ้าที่ใช้กับระบบบำบัดน้ำเสีย

5 คะแนน	หมวดที่ 8 นวัตกรรม	
1	GI 1	.....
1	GI 2	.....
1	GI 3	.....
1	GI 4	.....
1	GI 5	.....

62 คะแนน	คะแนนรวม

22-27 คะแนน ได้ระดับ 1, 28-32 คะแนน ได้ระดับ 2, 33-44 คะแนน ได้ระดับ 3, 45 คะแนนขึ้นไป ได้ระดับ 4

ตารางที่ 9 รายละเอียดเกณฑ์ TREES สำหรับอาคารสร้างใหม่และอาคารปรับปรุงดัดแปลง ช่วงออกแบบ (PRE NC) ฉบับร่าง

หัวข้อ	รายละเอียด	คะแนน (บังคับ)
BM	**หมวดที่ 1 การบริหารจัดการอาคาร (Building Management)**	**(1)**
BM P1	การเตรียมความพร้อมความเป็นอาคารเขียว (ต้องมีที่ปรึกษาในทีม)	บังคับ
SL	**หมวดที่ 2 ผังบริเวณและภูมิทัศน์ (Site and Landscape)** **(ต้องได้คะแนนในหมวดนี้อย่างน้อย 6 คะแนน)**	**16 (2)**
SL P1	การหลีกเลี่ยงที่ตั้งที่ไม่เหมาะกับการสร้างอาคาร	บังคับ
SL P2	การลดผลกระทบต่อพื้นที่ที่มีความสมบูรณ์ทางธรรมชาติ	บังคับ
SL 1	การพัฒนาโครงการบนพื้นที่ที่พัฒนาแล้ว	1
SL 2	การลดการใช้รถยนต์ส่วนตัว	4
SL 3	การพัฒนาผังพื้นที่โครงการที่ยั่งยืน	3
SL 3.1	มีพื้นที่เปิดโล่งเชิงนิเวศ ไม่น้อยกว่า 30% ของพื้นที่ฐานอาคาร หรือ 20 % ของพื้นที่โครงการ	1
SL 3.2	มีต้นไม้ยืนต้น 1 ต้นต่อ พื้นที่เปิดโล่ง 100 ตารางเมตร (ห้ามย้ายไม้ยืนต้นมาจากที่อื่น)	1
SL 3.3	ใช้พืชพรรณพื้นถิ่นที่เหมาะสม	1
SL 4	การซึมน้ำและลดปัญหาน้ำท่วม	4
SL 5	การลดปรากฏการณ์เกาะความร้อนในเมืองจากการพัฒนาโครงการ	4
SL 5.1	มีการจัดสวนบนหลังคาหรือสวนแนวตั้ง	2
SL 5.2	มีพื้นที่ดาดแข็งที่รับรังสีตรงจากดวงอาทิตย์ ไม่เกินร้อยละ 50 ของพื้นที่โครงการ	1
SL 5.3	มีต้นไม้ยืนต้นทางทิศใต้ ทิศตะวันตก และทิศตะวันออก ที่บังแดดได้อย่างมีประสิทธิภาพและไม่ก่อให้เกิดความเสียหายกับตัวอาคาร	1
WC	**หมวดที่ 3 การประหยัดน้ำ (Water Conservation)** **(ต้องได้คะแนนในหมวดนี้อย่างน้อย 2 คะแนน)**	**6**
WC 1	การประหยัดน้ำและการใช้น้ำอย่างมีประสิทธิภาพ	6
WC 1.1	การประหยัดน้ำรวม 15% หรือใช้โถสุขภัณฑ์ประหยัดน้ำ	2
WC 1.2	การประหยัดน้ำรวม 25% หรือใช้ก๊อกน้ำในห้องน้ำชนิดประหยัดน้ำ	2
WC 1.3	การประหยัดน้ำรวม 35% หรือการบริหารจัดการน้ำและการใช้น้ำฝน/ติดตั้งมาตรวัดการใช้น้ำย่อย	2
EA	**หมวดที่ 4 พลังงานและบรรยากาศ (Energy and Atmosphere)** **(ต้องได้คะแนนในหมวดนี้อย่างน้อย 8 คะแนน)**	**19 (1)**
EA P2	ประสิทธิภาพการใช้พลังงานขั้นต่ำ ได้ 4 คะแนนในข้อ EA 1	บังคับ
EA 1	ประสิทธิภาพการใช้พลังงาน	16
EA 2	การใช้พลังงานทดแทน ผลิตพลังงานทดแทนให้ได้ไม่น้อยกว่า ร้อยละ0.5-1.5 ของปริมาณค่าใช้จ่ายพลังงานในอาคาร	2
EA 4	สารทำความเย็นในระบบปรับอากาศที่ไม่ทำลายชั้นบรรยากาศ ไม่ใช้สาร CFC และ HCFC-22	1

CHULALONGKORN UNIVERSITY

หัวข้อ	รายละเอียด	คะแนน (บังคับ)
MR	**หมวดที่ 5 วัสดุและทรัพยากรในการก่อสร้าง (Materials and Resources)** **(ไม่มีการประเมินคะแนนในหมวดนี้)**	**0**
IE	**หมวดที่ 6 คุณภาพของสภาวะแวดล้อมภายในอาคาร (Indoor Environmental Quality) (ต้องได้คะแนนในหมวดนี้อย่างน้อย 5 คะแนน)**	**13 (2)**
IE P1	ปริมาณการระบายอากาศภายในอาคาร อัตราการระบายอากาศผ่านเกณฑ์ตามมาตรฐาน	บังคับ
IE P2	ความส่องสว่างภายในอาคาร ความส่องสว่างขั้นต่ำผ่านเกณฑ์ตามมาตรฐาน	บังคับ
IE 1	การลดผลกระทบมลภาวะ	5
IE 1.1	ช่องนำอากาศเข้าไม่อยู่ตำแหน่งที่มีความร้อนหรือมลพิษ	1
IE 1.2	ความดันเป็นลบ (Negative pressure) สำหรับห้องพิมพ์งาน ถ่ายเอกสาร เก็บสารเคมี และเก็บสารทำความสะอาด	1
IE 1.3	ควบคุมแหล่งมลพิษจากภายนอกเข้าสู่ภายในอาคาร	1
IE 1.4	พื้นที่สูบบุหรี่ห่างจากประตูหน้าต่างหรือช่องนำอากาศเข้าไม่น้อยกว่า 10 เมตร	1
IE 1.5	ประสิทธิภาพการกรองอากาศผ่านเกณฑ์ตามมาตรฐาน	1
IE 3	การควบคุมแสงสว่างภายในอาคาร แยกวงจรแสงประดิษฐ์ทุก 250 ตารางเมตรหรือตามความต้องการ	1
IE 4	การใช้แสงธรรมชาติภายในอาคาร ออกแบบให้ห้องที่มีการใช้งานประจำได้รับแสงธรรมชาติอย่างพอเพียง	4
IE 5	สภาวะน่าสบาย อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ในส่วนที่มีการปรับอากาศเหมาะสมตามมาตรฐานระบบปรับอากาศและระบายอากาศ	3
EP	**หมวดที่ 7 การป้องกันผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม (Environmental Protection)** **(ต้องได้คะแนนในหมวดนี้อย่างน้อย 1 คะแนน)**	**3 (1)**
EP P2	การบริหารจัดการขยะ การเตรียมพื้นที่แยกขยะ	บังคับ
EP 2	ตำแหน่งเครื่องระบายความร้อน การวางตำแหน่งเครื่องระบายความร้อนห่างจากที่ดินข้างเคียง	1
EP 3	การใช้กระจกภายนอกอาคาร กระจกมีค่าสะท้อนแสงไม่เกินร้อยละ 15	1
EP 5	ติดตั้งมาตรวัดไฟฟ้าที่ใช้กับระบบบำบัดน้ำเสีย	1
GI	**หมวดที่ 8 นวัตกรรม (Green Innovation)**	**5**
GI 1-5	มีเทคนิควิธีที่ไม่ระบุไว้ในแบบประเมิน	5
	รวมคะแนน	**62 (7)**

สำหรับเกณฑ์การประเมินช่วงการออกแบบ จะเป็นการประเมินด้วยการทำคะแนนในแต่ละหัวข้อคะแนนซึ่งจะมีลักษณะหัวข้อคะแนนอยู่ 2 กลุ่ม คือ กลุ่มหัวข้อบังคับ หรือ Prerequisite ซึ่งเป็นหัวข้อบังคับที่ต้องผ่านการประเมินทุกหัวข้อ มีทั้งหมด 7 หัวข้อ โดยหากอาคารที่เข้าประเมิน

ไม่ผ่านเกณฑ์หัวข้อบังคับข้อใดข้อหนึ่งจะถือว่าไม่ผ่านเกณฑ์การประเมิน และ กลุ่มที่มีการวัดด้วยระดับคะแนน ซึ่งมีคะแนนมากน้อยแตกต่างกันตามระดับของความสำคัญ รวมทั้งมีการกำหนดคะแนนขั้นต่ำที่จะต้องได้รับในแต่ละหมวดสำหรับอาคารที่จะทำการประเมิน ซึ่งในกลุ่มนี้จะมีคะแนนรวมทั้งหมด 62 คะแนน โดยอาคารเมื่อผ่านข้อบังคับทั้ง 7 หัวข้อแล้ว การทำคะแนนได้มากน้อยจะเป็นตัวตัดสินระดับที่อาคารจะได้รับ ซึ่งมีการแบ่งระดับออกเป็น 4 ระดับ ตามช่วงคะแนน ได้แก่

ระดับที่ 1	22-27 คะแนน
ระดับที่ 2	28-32 คะแนน
ระดับที่ 3	33-44 คะแนน
ระดับที่ 4	45 คะแนนขึ้นไป

โดยในหมวดที่ 4 พลังงานและบรรยากาศ (Energy and Atmosphere) ซึ่งเป็นหมวดที่พิจารณาถึงประสิทธิภาพการใช้พลังงานในอาคารจะมีคะแนนรวมสูงสุด 19 คะแนน ครอบคลุม 2 ข้อบังคับ โดยมีคะแนนในหัวข้อ EA 1 ประสิทธิภาพการใช้พลังงาน ทั้งหมด 16 คะแนน ซึ่งถือว่ามีน้ำหนักสูงสุดสำหรับเกณฑ์การประเมินในช่วงออกแบบ โดยการพิจารณาคะแนนในหัวข้อ EA1 นั้นหนึ่งในการเลือกสำหรับการประเมินคือใช้หลักการพิจารณาเปรียบเทียบปริมาณการใช้พลังงานโดยรวมของอาคารในกรณีอ้างอิง (Baseline) และในกรณีแบบ (Proposed) ตามรายละเอียดที่กำหนดไว้ในกฎกระทรวง กำหนดประเภท หรือขนาดของอาคาร และมาตรฐาน หลักเกณฑ์ และวิธีการในการออกแบบอาคารเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ. 2552 ซึ่งหากผลการใช้พลังงานของกรณีแบบใช้พลังงานยิ่งน้อยกว่ากรณีอ้างอิงคะแนนในหัวข้อ EA 1 มากขึ้นตามลำดับ (สถาบันอาคารเขียวไทย 2555) ดังรายละเอียดแสดงในตารางที่ 10

ตารางที่ 10 แสดงการเปรียบเทียบคะแนนในหัวข้อ EA 1 ประสิทธิภาพการใช้พลังงาน

คะแนน	กฎกระทรวง พ.ศ. 2552 (ค่าพลังงาน)	
	อาคารปรับปรุง	อาคารใหม่
4	0-5	6-10
6	6-10	11-15
8	11-15	16-20
10	16-20	21-25
12	21-25	26-30
14	26-30	31-35
16	31-35	36-40

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

2.1.5 มาตรการแรงจูงใจกับเกณฑ์อาคารเขียวในต่างประเทศ

เกณฑ์อาคารเขียวในประเทศสหรัฐอเมริกา หรือ Leadership in Energy and Environmental Design (LEED) ถูกจัดทำขึ้นโดยหน่วยงาน U.S. Green Building Council (USGBC) ในปี1998 โดยมีจุดประสงค์แรกเริ่มเพื่อหน่วยงาน US Department of Energy และมีการพัฒนาโดยตลอดจนถึงปัจจุบัน สำหรับการให้คะแนนของ LEED นั้นจะเป็นการให้คะแนนโดยคำนึงถึงประสิทธิภาพของอาคารโดยรวม ซึ่งเกณฑ์ของ LEED จะสามารถแบ่งออกตามประเภทของโครงการได้แก่

- Building Design and Construction (BD+C) สำหรับอาคารใหม่ หรืออาคารที่มีการปรับปรุงเปลี่ยนแปลง
- Interior Design and Construction (ID+C) สำหรับการตกแต่งภายในอาคาร
- Building Operations and Maintenance (O+M) สำหรับอาคารในปัจจุบัน
- Neighborhood Development (ND) สำหรับการพัฒนาโครงการจัดสรร
- Homes สำหรับบ้านพักอาศัย

โดยเกณฑ์ที่เกี่ยวข้องกับการก่อสร้างอาคารใหม่นั้น จะมีคะแนนรวมทั้งหมด 100 คะแนน โดยแบ่งการให้คะแนนทั้งหมดเป็น 7 หมวด ประกอบไปด้วย

Sustainable Site (SS)	26 คะแนน
Water Efficiency (WE)	10 คะแนน
Energy and Atmosphere (EA)	35 คะแนน
Material and Resource (MR)	14 คะแนน
Indoor Environmental Quality (IEQ)	15 คะแนน
Innovation in Design (ID)	6 คะแนน
Regional Priority (RP)	4 คะแนน

ซึ่งมีการแบ่งระดับการได้คะแนนดังนี้

Certify	40-49 คะแนน
Silver	50-59 คะแนน
Gold	60-79 คะแนน
Platinum	80 คะแนนขึ้นไป

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ทั้งนี้จากการศึกษาพบว่าหน่วยงานที่เกี่ยวข้องในประเทศสหรัฐอเมริกาได้มีการให้มาตรการแรงจูงใจในการก่อสร้างอาคารที่ผ่านการประเมินตามเกณฑ์ LEED ประกอบไปด้วย การอนุญาตให้เพิ่มอัตราส่วนพื้นที่อาคารรวมต่อพื้นที่ดิน (Density Bonus) การลดค่าธรรมเนียม (Fee reduction/waiver) การเร่งรัดระยะเวลาในการขอใบอนุญาต (Expedited Permitting) การลดหย่อนภาษี (Tax Break) การให้กู้ยืม (Grant) และการให้ความช่วยเหลือทางด้านเทคนิค (Free Consultation) (USGBC 2009) อย่างไรก็ตามการให้สิทธิพิเศษเกี่ยวกับมาตรการแรงจูงใจดังกล่าวจะมีรายละเอียดแตกต่างกันไปตามนโยบายของพื้นที่ เมือง หรือ มลรัฐนั้นๆ

2.1.6 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการวิเคราะห์ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์

การวิเคราะห์ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ถือว่าเป็นเครื่องมือที่สำคัญชนิดหนึ่งที่ใช้ในการเปรียบเทียบผลจากการวิเคราะห์และประเมินความคุ้มค่าของโครงการตลอดอายุการใช้งาน

2.1.6.1 มูลค่าตลอดช่วงอายุการใช้งาน (Life Cycle Cost: LCC)

มูลค่าตลอดช่วงอายุการใช้งาน (Life Cycle Cost: LCC) คือ ต้นทุนตลอดอายุที่ได้จากการคำนวณต้นทุนทั้งหมดตลอดอายุการใช้งานเป็นมูลค่าปัจจุบัน (Present Value) โดยใช้ตัวคูณลด (discount factor) ซึ่งต้นทุนตลอดอายุประกอบด้วย เงินลงทุน (Capital Cost) ค่าใช้จ่ายทางการเงิน (Financial Cost) ค่าใช้จ่ายในการปฏิบัติการ (Operational Cost) และค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษา (Maintenance Cost) โดยพิจารณาความสัมพันธ์ของอัตราเงินเฟ้อ (inflation rate) และอัตราดอกเบี้ยเงินกู้ที่จะคาดการณ์เป็นสำคัญ

จากสูตร

$$PV = A\left\{\frac{\left(\frac{1+e}{1+i}\right)\left[\left(\frac{1+e}{1+i}\right)^{n}-1\right]}{\left[\left(\frac{1+e}{1+i}\right)-1\right]}\right\} \quad \text{.....(6)}$$

เมื่อ

PV	=	มูลค่าปัจจุบัน
A	=	ค่าใช้จ่ายด้านพลังงานต่อปี
n	=	อายุของโครงการ (ปี)
e	=	ค่า escalation rate พิจารณาจากอัตราเงินเฟ้อ (inflation rate)
i	=	อัตราลดค่า (discount rate) พิจารณาจากอัตราดอกเบี้ยเงินกู้

2.1.6.2 มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (Net Present Value: NPV)

มูลค่าปัจจุบันสุทธิ(Net Present Value: NPV) คือผลต่างระหว่างมูลค่าปัจจุบันของผลการประหยัดต้นทุน พลังงาน จากมาตรการ ในรูปตัวเงินที่คาดว่าจะได้รับในแต่ละปีตลอดอายุของโครงการ กับมูลค่าปัจจุบันของเงินที่จ่ายออกไป ภายใต้ โครงการที่กำลังพิจารณา ณ อัตราลดค่า (discount rate) หรือค่าของทุน (cost of capital) การคำนวณหามูลค่าปัจจุบันสุทธิจะต้องทราบข้อมูลดังนี้

กระแสเงินสดจ่ายลงทุนสุทธิ
กระแสเงินสดรับสุทธิรายปีตลอดอายุโครงการ
ระยะเวลาของโครงการ
อัตราลดค่าหรือค่าของทุนของธุรกิจ

จากสูตร

$$\mathrm{NPV} = \sum_{t=1}^{n} \frac{ES_t}{(1+i)^t} - I_0 \quad \text{.....(7)}$$

เมื่อ

n	=	อายุของโครงการ (ปี)
ES_t	=	ต้นทุนพลังงานที่ประหยัดได้ (energy cost savings) รายปี ตั้งแต่ปลายปีที่ 1 ถึง n
I_o	=	เงินจ่ายลงทุนตอนเริ่มโครงการ (total investment)
i	=	อัตราลดค่า (discount rate)

ค่าของทุนที่ใช้เป็นอัตราลดค่า (discount rate) จะมีค่าเดียวกันตลอดอายุโครงการ และขึ้นอยู่กับอัตราดอกเบี้ยของตลาดที่ผู้ลงทุนเผชิญอยู่ ซึ่งค่าที่เป็น base case อย่างน้อยควรมีค่าของทุนเท่ากับอัตราดอกเบี้ยเงินกู้ที่ผู้ลงทุนได้รับ

ในการเลือกโครงการ ค่า NPV จะแสดงให้เห็นว่าโครงการที่กำลังพิจารณามีมูลค่าปัจจุบันสุทธิของการลงทุนเป็นมูลค่าเท่าไรเมื่อสิ้นสุดโครงการ โดยหากค่า NPV มีค่าเป็นลบแสดงว่าโครงการดังกล่าวไม่น่าลงทุน ในทางกลับกันถ้า NPV มีค่าเป็นบวกแสดงว่าโครงการดังกล่าวสมควรที่จะลงทุน และเลือกโครงการที่ให้ค่า NPV เป็นบวกสูงที่สุด อย่างไรก็ตามการใช้ NPV เพียงอย่างเดียวอาจทำให้มีข้อจำกัดในการตัดสินใจเลือกโครงการได้ โดยเฉพาะในกรณีที่โครงการมีขนาดต่างกันแต่ให้ค่า NPV ที่เป็นบวกเท่ากัน ดังนั้นการตัดสินใจให้การสนับสนุนควรจะต้องนำเครื่องมืออื่นมาประกอบการพิจารณาควบคู่ไปกับการใช้ค่า NPV

2.1.6.3 อัตราผลตอบแทนภายใน (Internal Rate of Return: IRR)

อัตราผลตอบแทนภายใน (Internal Rate of Return: IRR) หมายถึงอัตราลดค่า (discount rate) ที่ทำให้มูลค่าปัจจุบันของกระแสเงินสดที่คาดว่าจะต้องจ่ายในการลงทุนเท่ากับมูลค่าปัจจุบันของกระแสเงินสดที่คาดว่าจะได้รับจากการดำเนินการประหยัดพลังงานตลอดอายุโครงการ ภายใต้ข้อสมมติว่าไม่มีมูลค่าซากและเงินลงทุนสุทธิเท่ากับต้นทุนทางบัญชี การคำนวณหาอัตราผลตอบแทนลดค่าจะต้องทราบข้อมูลดังนี้

กระแสเงินสดจ่ายลงทุนสุทธิ
กระแสเงินสดรับสุทธิรายปีตลอดอายุโครงการ
ระยะเวลาของโครงการ

จากสูตร

$$I_0 + \sum_{t=1}^{n} \frac{ES_t}{(1+IRR)^t} = 0 \quad \text{.....(8)}$$

เมื่อ

n	=	อายุของโครงการ (ปี)
ES_t	=	ต้นทุนพลังงานที่ประหยัดได้ (energy cost savings) รายปี ตั้งแต่ปลายปีที่ 1 ถึง n
I_o	=	เงินจ่ายลงทุนตอนเริ่มโครงการ (total investment)
IRR	=	อัตราผลตอบแทนภายใน (internal rate of return)

การคำนวณหาค่า IRR ก็คือการหาค่า discount rate ที่ทำให้ NPV มีค่าเท่ากับศูนย์ ถ้าค่า IRR มากกว่าหรือเท่ากับค่าของทุน discount rate (i) ที่ผู้ลงทุนเลือกใช้เป็นจุดตัดสินใจก็ถือได้ว่าโครงการดังกล่าวเป็นโครงการที่น่าลงทุน โดยทั่วไปทั้งวิธีในการประเมินโครงการจากค่า IRR และ NPV จะให้ผลการตัดสินใจรับโครงการหรือปฏิเสธโครงการเป็นไปในทำนองเดียวกัน

2.1.6.4 งวดเวลาคืนทุน (Payback Period: PB)

งวดเวลาคืนทุน (Payback Period: PB) คือ ระยะเวลา (เป็นจำนวนปี /เดือน หรือวัน) ที่กระแสเงินสดรับจากโครงการสามารถชดเชยกระแสเงินสดจ่ายลงทุนสุทธิตอนเริ่มโครงการพอดี โดยเป็นการพิจารณาจากการลงทุนเพียงครั้งเดียวในปีแรก และจากการให้ผลตอบแทนหรือผลการประหยัดพลังงานที่เท่ากันทุกปีตลอดอายุของโครงการ การหาค่า PB สามารถทำได้ 2 วิธี คือ

Static Method

$$\text{งวดเวลาคืนทุน} = \frac{\text{เงินสดจ่ายลงทุนสุทธิ (Total Investment)}}{\text{ต้นทุนพลังงานที่ประหยัดได้ต่อปี (Annual Energy Cost Saving)}} \quad \text{..... (9)}$$

Dynamic Method

งวดเวลาคืนทุน = จำนวนปีที่ทำให้มูลค่าปัจจุบันสุทธิมีค่าเท่ากับหรือมากกว่าศูนย์ ..... (10)

ระยะเวลาคืนทุนที่ได้จากทั้ง 2 วิธีจะมีความแตกต่างกัน โดยค่าจาก Static method จะให้งวดเวลาคืนทุนเร็วกว่า Dynamic method เนื่องจาก Dynamic method จะใช้การคำนวณค่าแบบสะสมจากมูลค่าปัจจุบันของต้นทุนพลังงานที่ประหยัดได้ซึ่งคิดอัตราลดค่า (discount rate) ในการเลือกโครงการ ระยะเวลาคืนทุนจะแสดงให้เห็นว่าต้องใช้เวลานานเพียงใดในการได้ทุนคืน อย่างไรก็ตามการพิจารณาเพียงแต่ระยะเวลาคืนทุนอย่างเดียวนั้นมีข้อเสียในการตัดสินใจเลือกโครงการ คือ วิธีนี้จะไม่ให้ความสนใจถึงเงินเข้าสุทธิในส่วนที่ได้หลังจากช่วงเวลาคืนทุนแล้ว ซึ่งอาจจะมีผลตอบแทนภายหลังมากกว่าโครงการที่มีระยะเวลาเร็วก็ได้

2.2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

- Surapong Chirarattananon (2003) กล่าวว่า โดยองค์ประกอบของอาคารพาณิชย์ซึ่งแบ่งออกเป็น 4 ประเภท คือ อาคารสำนักงาน โรงแรม โรงพยาบาล และห้างสรรพสินค้า โดยทั่วไปจะเลือกใช้การก่ออิฐมอญฉาบปูนเป็นผนังทึบ ติดตั้งกระจกใสชั้นเดียว และใช้หลอดไฟฟลูออเรสเซนต์สำหรับเป็นอุปกรณ์ส่องสว่าง ซึ่งเมื่อพิจารณาค่าการใช้พลังงานไฟฟ้าโดยรวมของอาคาร จะพบว่า 60% นั้นเป็นผลมาจากระบบปรับอากาศ และ 20% จะเป็นผลมาจากระบบแสงสว่างและอุปกรณ์ไฟฟ้า โดยปัจจัยที่ส่งผลต่อภาระการทำความเย็นของอาคารนั้น 60% จะเป็นผลจากความร้อนที่ผ่านเข้ามาทางเปลือกอาคาร และ 20% มาจากระบบแสงสว่างและอุปกรณ์ไฟฟ้า

- สวิชญา ดาวประกายมงคล (2552) กล่าวว่า จากผลสำรวจความคิดเห็นของผู้ออกแบบพบว่าวัสดุที่นิยมใช้ก่อสร้างเป็นผนังทึบสำหรับอาคารสำนักงานคือ ผนังก่ออิฐฉาบปูน ผนังก่ออิฐมวลเบา ผนังคอนกรีตเสริมเหล็กสำเร็จรูป และผนังอลูมิเนียมสำเร็จรูป และพบว่าการใช้พลังงานรวมของอาคารจะลดลงเมื่อค่า OTTV ลดลง

- บุญเกียรติ วิสิทธิกาศ (2552) กล่าวว่า จากการศึกษาทัศนคติหรือมุมมองของผู้เช่าอาคารสำนักงานระดับ เอ เมื่อเปรียบเทียบค่าเช่าอาคารเขียวกับอาคารทั่วไป ผู้เช่าส่วนใหญ่ร้อยละ 46 คาดการณ์ว่าค่าเช่าพื้นที่ในอาคารเขียวจะสูงกว่าอาคารทั่วไปประมาณร้อยละ 5 และอีกร้อยละ 36 คาดการณ์ว่าค่าเช่าพื้นที่จะสูงกว่าอาคารทั่วไปประมาณร้อยละ 10

- Institute for Building Efficiency (2011) กล่าวว่า จากการศึกษาและเปรียบเทียบอาคารประหยัดพลังงานและอาคารทั่วไปในประเทศสหรัฐอเมริกา ซึ่งมีอายุ ความสูง ขนาด และตำแหน่งที่ตั้งของอาคารในบริเวณใกล้เคียงกัน อาคารที่ได้รับรองตามเกณฑ์ LEED หรือ Energy Star จะมีค่าเช่าพื้นที่เพิ่มขึ้นร้อยละ 2 ถึง 17

- David Blumberg (2012) ระบุว่า จากการศึกษาตลาดอาคารสำนักงานในประเทศสหรัฐอเมริกา อาคารที่ได้รับรองการเป็นอาคารเขียว LEED จะมีอัตราค่าเช่าเพิ่มขึ้นอยู่ที่ประมาณร้อยละ 12.3

- USGBC (2012) ระบุว่า จากการศึกษากรณีทางธุรกิจสำหรับอาคารพาณิชย์ (Commercial Building) ในประเทศสหรัฐอเมริกา อาคารสำนักงานระดับ เอ ซึ่งเป็นอาคารที่ได้รับรองการเป็นอาคารเขียว LEED จะมีค่าเช่าสูงกว่าราคาค่าเช่าอาคารโดยทั่วไปประมาณร้อยละ 20

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทที่ 3
วิธีดำเนินงานวิจัย

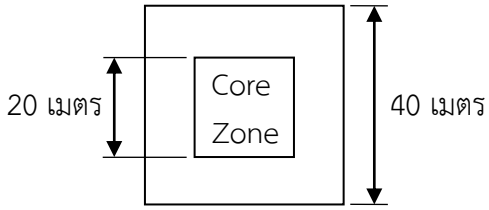
งานวิจัยนี้เป็นการวิจัยเชิงจำลองเสมือนจริง (Simulation Research) โดยใช้เทคนิคการจำลองโดยอาศัยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ เพื่อเปรียบเทียบค่าการใช้พลังงานของอาคารเทียบกับอาคารกรณีศึกษา โดยวิเคราะห์อัตราการลงทุนทางเศรษฐศาสตร์ และผลประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับของอาคารประเภทต่างๆ โดยอ้างอิงข้อกำหนดกฎหมายและเกณฑ์การประเมินอาคารที่เกี่ยวข้อง จากนั้นจึงนำผลที่ได้จัดทำแบบสอบถามเพื่อนำข้อมูลและข้อเสนอแนะมาประเมินผล เพื่อพิจารณาหาแนวทางการส่งเสริมอาคารอนุรักษ์พลังงานที่เหมาะสมและเป็นไปได้มากที่สุด

3.1 การเลือกกรณีศึกษา

การเลือกกรณีศึกษานั้นถูกเริ่มต้นด้วยการศึกษางานวิจัยที่ผ่านมาเกี่ยวกับรูปแบบของอาคารที่ได้ผ่านการวิเคราะห์ตามข้อกฎหมายที่เกี่ยวข้องกับอาคารอนุรักษ์พลังงาน องค์ประกอบโดยทั่วไปของอาคาร และปัจจัยที่ส่งผลต่อปริมาณการใช้พลังงาน และนำมาวิเคราะห์เพื่อกำหนดรูปแบบของอาคารอ้างอิง (Baseline) และอาคารทางเลือก (Proposed)

3.1.1 การสร้างอาคารอ้างอิง (Baseline)

เนื่องจากจุดประสงค์ของการวิจัยเป็นการวิเคราะห์หาความคุ้มทุนทางเศรษฐศาสตร์ของอาคารที่จะก่อสร้างใหม่ที่ได้รับค่า FAR BONUS จากการปฏิบัติตามเกณฑ์อาคารอนุรักษ์พลังงานซึ่งมีความสัมพันธ์กับข้อกฎหมายที่เกี่ยวข้องกับค่าการใช้พลังงานโดยรวมของอาคาร ดังนั้นจึงได้เลือกรูปแบบอาคารที่ได้ผ่านการสำรวจและศึกษาในอดีต นำมาปรับใช้เป็นอาคารอ้างอิง (Baseline) ทั้งในกรณีอาคารสำนักงาน และอาคารห้างสรรพสินค้า โดยการแบ่งพื้นที่ภายในอาคารออกเป็น 2 ส่วนคือ ส่วนรอบนอกหรือส่วนปรับอากาศ และส่วนแกนกลาง (Core Zone) ซึ่งเป็นส่วนที่ไม่มีระบบปรับอากาศ ไม่มีผู้อยู่อาศัยและการใช้อุปกรณ์ไฟฟ้าต่างๆ ดังภาพที่ 2 โดยมีรายละเอียดองค์ประกอบอาคารดังแสดงในตารางที่ 11 อีกทั้งกำหนดให้ค่าการถ่ายเทความร้อนของหลังคามีค่าน้อยมากด้วยเหตุผลที่งานวิจัยจะสนใจผลกระทบต่อค่าการใช้พลังงานที่เกิดจากการถ่ายเทความร้อนของผนังเพียงเท่านั้น (Chirarattananon S. Taveekun J. 2004)



ภาพที่ 2 แสดงผังพื้นของอาคาร Baseline

ตารางที่ 11 ตารางแสดงรายละเอียดองค์ประกอบของอาคาร Baseline

รายละเอียด	(Chirarattananon 2004)	**Baseline**
จำนวนชั้น	12	12
พื้นที่ผนังทึบ	4,053	4,032
พื้นที่กระจก	3,184	3,168
พื้นที่หลังคา	1,421	1,600
พื้นที่พื้น	14,172	14,400
อัตราส่วนผนังต่อพื้น	0.51	0.50
WWR	0.44	0.44
Shading Coefficient of glazing, SC	0.64	0.63
Overall coefficient of heat Transfer for wall, U_w (W/m^2K)	2.957	2.915
Overall coefficient of heat Transfer for roof, U_r (W/m^2K)	0.676	0.612
Solar absorptance of wall surface	0.5	0.5
Solar absorptance of roof surface	0.005	0.005
Lighting power density, LPD (W/m^2)	13.18	13.18
Equipment power density, EPD (W/m^2)	12.88	12.88
Coefficient of performance, COP		5.67
Number of occupants per 100 m^2	7 (Office) 20 (Dept. Store)	7 (Office) 20 (Dept. Store)
Number of zones in DOE simulation	2	2
Zone 1	Floor 1-12	Floor 1-12
Zone 2	Core	Core
Schedules (1) Office 5 days/week (2) Department store 7 days/week	 8:00-17:00 10:00-21:00	 8:00-17:00 10:00-21:00

เนื่องจากการวิจัยเป็นการศึกษาเปรียบเทียบถึงค่า FAR ที่อาคารจะได้เพิ่มขึ้น จึงกำหนดให้อาคาร Baseline นี้ตั้งอยู่ในพื้นดินขนาด 686 ตร.วา หรือ 2,743 ตร.ม. ในเขตพื้นที่ดินสีน้ำตาล ซึ่งจะมีอัตราส่วนพื้นที่อาคารรวมต่อพื้นที่ดิน (FAR) ไม่เกิน 7:1 และ อัตราส่วนที่ว่างต่อพื้นที่อาคารรวมไม่น้อยกว่าร้อยละ 4.5 และเมื่อคำนวณเพื่อหาพื้นที่อาคารที่สามารถสร้างได้ตามกฎหมายจริงโดยไม่คำนึงถึงการหักพื้นที่ว่างรอบอาคารตามกฎหมายควบคุมอาคารจะพบว่า พื้นที่อาคารจะขนาดเท่ากับ 19,200 ตร.ม. และพื้นที่ส่วนปรับอากาศมีขนาดเท่ากับ 14,400 ตร.ม.

จากการศึกษาการวิจัยที่ผ่านมาพบว่าอาคารโดยทั่วไปจะเลือกใช้การก่ออิฐมอญฉาบปูนเป็นผนังทึบ ติดตั้งกระจกใสชั้นเดียว และใช้หลอดไฟฟลูออเรสเซนต์สำหรับเป็นอุปกรณ์ส่องสว่าง (Chirarattananon S. Taveekun J. 2003) ดังนั้นจึงกำหนดให้วัสดุที่ใช้ในอาคาร Baseline ทั้งกรณีอาคารสำนักงาน และอาคารห้างสรรพสินค้า ให้เป็นวัสดุชนิดเดียวกัน โดยค่าคุณสมบัติที่คำนวณได้มี

ค่าใกล้เคียงกับการวิจัยในอดีต คือการก่ออิฐมอญฉาบปูนเป็นผนังทึบ ซึ่งมีค่า U เท่ากับ 2.915 $W/m^2.^oC$ ติดตั้งกระจกใสชั้นเดียว ซึ่งมีค่า SHGC เท่ากับ 0.55 โดยมีค่า WWR เท่ากับ 44% และใช้หลอดไฟฟลูออเรสเซนต์สำหรับเป็นอุปกรณ์ ซึ่งกำหนดให้ค่ากำลังไฟฟ้าส่องสว่างเท่ากับ 13.18 W/m^2 โดยอาคารสำนักงาน และห้างสรรพสินค้าที่นำมาวิจัยนั้น จะมีช่วงระยะเวลาการใช้งานที่แตกต่างกัน ดังรายละเอียดแสดงในตารางที่ 11 (Chirarattananon S. Taveekun J. 2004)

อย่างไรก็ดี เนื่องจากงานวิจัยนี้เป็นการวิเคราะห์ถึงข้อกำหนดตามกฎหมายและเกณฑ์อาคารเขียว การกำหนด Baseline จึงต้องแบ่งออกเป็น 2 ขั้นตอน คือขั้นแรกการกำหนดอาคาร Baseline เพื่อการคำนวณค่าการใช้พลังงานโดยรวมของอาคารตามกฎกระทรวงพ.ศ. 2552 และขั้นที่สองการกำหนด Baseline โดยอ้างอิงจากอาคารที่ไม่ผ่านตามเกณฑ์อาคารเขียว

3.1.2 การกำหนดปัจจัยที่มีผลต่อปริมาณการใช้พลังงานของอาคารทางเลือก (Proposed)

เมื่อพิจารณาค่าการใช้พลังงานไฟฟ้าโดยรวมของอาคาร จะพบว่า 60% นั้นเป็นผลมาจากระบบปรับอากาศ และ 20% จะเป็นผลมาจากระบบแสงสว่างและอุปกรณ์ไฟฟ้า โดยปัจจัยที่ส่งผลต่อภาระการทำความเย็นของอาคารนั้น 60% จะเป็นผลจากความร้อนที่ผ่านเข้ามาทางเปลือกอาคาร และ 20% มาจากระบบแสงสว่างและอุปกรณ์ไฟฟ้า (Chirarattananon S. Taveekun J. 2003) ดังนั้นการวิจัยจึงได้กำหนดให้องค์ประกอบของวัสดุเปลือกอาคาร และระบบแสงสว่างเป็นตัวแปรสำหรับการวิเคราะห์หาค่าการใช้พลังงานของอาคารทางเลือก (Proposed) ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

3.1.2.1 วัสดุผนังทึบ

เพื่อให้อาคารทางเลือกที่ทำการศึกษามีค่า OTTV ที่ผ่านข้อกำหนดตามกฎหมาย การวิจัยนี้จึงได้กำหนดให้ผนังอลูมิเนียมสำเร็จรูป ซึ่งบุด้วยฉนวนใยแก้วความหนา 4 นิ้ว และปิดทับภายในด้วยแผ่นยิปซั่มเป็นผนังทึบสำหรับอาคารทางเลือก โดยผนังชนิดนี้จะมีค่าการต้านทานความร้อน (R) เท่ากับ 3.071 $(m^2.^oC)/W$ และมีค่าค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนเท่ากับ 0.326 $W/m^2.^oC$ รายละเอียดดังแสดงในตารางที่ 1

3.1.2.2 ชนิดกระจก

กระจกที่เลือกใช้เป็นตัวแปรในการวิเคราะห์ค่าปริมาณการใช้พลังงานสำหรับอาคารทางเลือกมีทั้งหมด 4 ชนิด (ภาคผนวก ง) รายละเอียดดังแสดงในตารางที่ 12

ตารางที่ 12 แสดงคุณสมบัติของกระจกที่เลือกใช้สำหรับอาคารทางเลือก

ชนิดของกระจก		Visible Light Transmission (%)	U-value ($W/m^2.^oC$)	SC กระจก	SHGC
G1	กระจก Laminated Low-E	28	2.81	0.45	0.39
G2	กระจก Insulated Low-E ชนิดที่ 1	47	1.60	0.38	0.33
G3	กระจก Insulated Low-E ชนิดที่ 2	46	1.96	0.30	0.26
G4	กระจก Insulated Low-E ชนิดที่ 3	39	1.71	0.25	0.22

3.1.2.3 ค่ากำลังไฟฟ้าส่องสว่าง (Lighting Power Density: LPD)

เนื่องจากระบบแสงสว่างและอุปกรณ์ไฟฟ้ามีผลต่อภาระทำความเย็นของอาคาร และเป็นปัจจัยสำคัญต่อค่าปริมาณการใช้พลังงานรวม ซึ่งระบบแสงสว่างหรือการเลือกใช้ชนิดของหลอดไฟที่แตกต่างกันจะให้ค่ากำลังไฟฟ้าส่องสว่างที่แตกต่างกัน ดังนั้นในการวิจัยจึงกำหนดให้มีการเลือกใช้หลอดไฟทั้งหมด 3 ชนิด ได้แก่ หลอดฟลูออเรสเซนต์ชนิด T8 หลอดฟลูออเรสเซนต์ประหยัดไฟชนิด T5 และ หลอด LED ซึ่งให้ค่า LPD เท่ากับ 13.18 W/m^2 10 W/m^2 และ 6 W/m^2 และมีอายุการใช้งาน 4ปี 7ปี และ 11ปี ตามลำดับ ทั้งนี้สมมติให้การเลือกใช้หลอดไฟทั้ง 3 ชนิดให้ค่าความส่องสว่างได้ไม่น้อยกว่าค่าที่กฎหมายกำหนด

3.2 การวิเคราะห์และเปรียบเทียบค่าการใช้พลังงานเพื่อหาค่า FAR BONUS

ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของอาคารทางเลือกจะถูกนำมาวิเคราะห์ เพื่อใช้ในการคำนวณหาค่าการใช้พลังงานโดยรวมของอาคาร โดยค่าดังกล่าวจะถูกนำไปเปรียบเทียบกับอาคารอ้างอิงตามกฎกระทรวง และนำไปพิจารณาหาคะแนนในหมวดพลังงานและบรรยากาศเพื่อหาระดับการรับรองอนุรักษ์พลังงานตามเกณฑ์อาคารเขียว ซึ่งผลที่ได้เมื่อเปรียบเทียบกับข้อกำหนดของผังเมืองรวมกรุงเทพมหานครจะทำให้ทราบถึงอัตราส่วนพื้นที่อาคารรวมต่อพื้นที่ดินที่อาคารจะได้เพิ่มขึ้น

3.2.1 การคำนวณค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของอาคาร

ทำการวิเคราะห์หาค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของอาคารทางเลือกในแต่ละประเภทอาคาร ซึ่งประกอบด้วยค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนังด้านนอกของอาคารในส่วนที่มีการปรับอากาศ (OTTV) และค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของหลังคาอาคารในส่วนที่มีการปรับอากาศ (RTTV) โดยค่าที่ได้จากการคำนวณนั้นจะต้องไม่ต่ำกว่าค่าที่ระบุไว้ตามกฎหมายว่าด้วยการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน และข้อกำหนดในการได้รับ FAR BONUS ดังแสดงในกฎกระทรวงให้ใช้บังคับผังเมืองรวมกรุงเทพมหานคร พ.ศ. 2556

3.2.2 การคำนวณค่าการใช้พลังงานโดยรวมของอาคารและเปรียบเทียบกับอาคารอ้างอิง

ตามข้อกำหนดในกฎหมายอนุรักษ์พลังงาน อาคารที่จะผ่านเกณฑ์ได้ค่าการใช้พลังงานรวมของอาคารนั้นทั้งปีจะต้องต่ำกว่าค่าการใช้พลังงานรวมของอาคารอ้างอิง ซึ่งมีพื้นที่การใช้งาน ทิศทาง และพื้นที่กรอบอาคารเช่นเดียวกับอาคารที่จะก่อสร้าง โดยอาคารที่ใช้อ้างอิงจะต้องมีค่าระบบกรอบอาคาร ระบบไฟฟ้าแสงสว่าง และระบบปรับอากาศตามข้อกำหนดกฎกระทรวง

ทั้งนี้สถาบันอาคารเขียวไทยได้มีประกาศระบุให้การคำนวณค่าการใช้พลังงานรวมของอาคารที่จะนำมาประเมินตามเกณฑ์อาคารเขียวจะต้องมีการพิจารณาให้เพิ่มการใช้พลังงานในอาคารอ้างอิงและอาคารตามแบบในส่วนของพลังงาน Process ที่ 25% ของอาคารอ้างอิงในทั้ง 2 อาคาร ซึ่งจะถือเป็นพลังงานที่ไม่สามารถประหยัดได้ ตัวอย่างเช่น พลังงานอาคารอ้างอิงที่ 100 MWh/Year ต้องมีพลังงาน Process ที่ 25 MWh/Year โดยพลังงานรวมของอาคารอ้างอิงถือเป็น 125 MWh/Year โดยหากอาคารตามแบบมีการใช้พลังงานเดิม 60 MWh/Year ต้องนำพลังงาน 25 MWh/year ไปรวมด้วย ซึ่งพลังงานของอาคารตามแบบจะถือเป็น 85 MWh/year (สถาบันอาคารเขียวไทย 2556)

3.2.3 การวิเคราะห์คะแนนตามเกณฑ์อาคารเขียวและค่า FAR BONUS

สำหรับการวิเคราะห์คะแนนในส่วนที่เกี่ยวข้องกับการใช้พลังงานของอาคารนั้น ได้มีการระบุในหมวดที่ 4 EA พลังงานและบรรยากาศว่า อาคารที่สามารถผ่านการประเมินได้รับรองเป็นอาคารอนุรักษ์พลังงานนั้นต้องมีคะแนนในหมวดนี้อย่างน้อย 8 คะแนน โดยคะแนนที่ได้สามารถมาจากหัวข้อ EA1 ประสิทธิภาพการใช้พลังงานซึ่งมีทั้งหมด 16 คะแนน (ต้องได้ขั้นต่ำ 4 คะแนนเพื่อให้ผ่านหัวข้อบังคับ EA P2) หัวข้อ EA2 การใช้พลังงานทดแทนซึ่งมีทั้งหมด 2 คะแนน และหัวข้อ EA4 สารความเย็นในระบบปรับอากาศที่ไม่ทำลายชั้นบรรยากาศอีก 1 คะแนน ทั้งนี้หากไม่คำนึงถึงหัวข้ออื่นๆ ในหมวดนี้ การได้คะแนนในหัวข้อ EA1 นั้นต้องมีอย่างน้อย 8 คะแนน หรืออัตราค่าการใช้พลังงานโดยรวมของอาคารที่ลดลงอยู่ในช่วง 16-20 % ซึ่งหากพิจารณาว่าคะแนนในหมวดอื่นได้เพียงแค่คะแนนขั้นต่ำ อาคารทางเลือกนี้จะมีคะแนนรวมเท่ากับ 22 คะแนน หรือผ่านเป็นอาคารอนุรักษ์พลังงานระดับที่ 1 โดยมีรายละเอียดการเทียบคะแนนจากอัตราค่าการใช้พลังงานโดยรวมของอาคารที่ลดลงดังแสดงในตารางที่ 13

อย่างไรก็ตามการที่จะได้คะแนนรวมตามเกณฑ์การประเมินอาคารเขียวมากขึ้นนั้น มีทางเลือกอยู่หลายวิธี วิธีหนึ่งคือการได้คะแนนในหัวข้อ EA1 เพิ่มขึ้น หรือ การได้คะแนนเพิ่มในหัวข้ออื่นๆ ซึ่งบางกรณีการเพิ่มคะแนนในหมวด EA1 จะส่งผลต่อค่าใช้จ่ายที่เพิ่มขึ้นมาก จึงเลือกที่จะเพิ่มคะแนนในหัวข้ออื่นๆแทน และเพื่อให้การเพิ่มคะแนนมีค่าสะท้อนกับความเป็นจริงมากที่สุด จึงจัดทำ

แบบสอบถามต่อที่ผู้เชียวชาญด้านอาคารเขียว รายละเอียดตามภาคผนวก ก เพื่อวิเคราะห์ถึงความน่าจะเป็นในการได้คะแนนที่เหมาะสมสำหรับอาคารที่ได้ผ่านการประเมินในระดับต่างๆ แล้วจึงนำผลระดับอาคารอนุรักษ์พลังงานที่ได้ไปเปรียบเทียบหาค่า FAR BONUS ตามรายละเอียดที่แสดงในกฎกระทรวงให้ใช้บังคับผังเมืองรวมกรุงเทพมหานคร พ.ศ. 2556

ตารางที่ 13 แสดงการเปรียบเทียบคะแนนในหัวข้อ EA 1 กับ
อัตราค่าการใช้พลังงานโดยรวมของอาคารที่ลดลง

กฎกระทรวง พ.ศ. 2552 (ค่าพลังงาน)	คะแนน EA1	คะแนนเมื่อรวมหมวดอื่นๆ กรณีหมวดเหล่านั้นผ่านเพียงคะแนนขั้นต่ำ	ระดับอาคารอนุรักษ์พลังงาน
6-10	4	18	ไม่ผ่านการประเมิน
11-15	6	20	ไม่ผ่านการประเมิน
16-20	8	22	ระดับที่ 1
21-25	10	24	ระดับที่ 1
26-30	12	26	ระดับที่ 1
31-35	14	28	ระดับที่ 2
36-40	16	30	ระดับที่ 2

3.3 การจำลองการใช้พลังงานในโปรแกรม Visual DOE 4.0E

โปรแกรม VisualDOE 4.0 เป็นโปรแกรมคอมพิวเตอร์ซึ่งพัฒนาโดย Lawrence Berkeley Laboratory ประเทศสหรัฐอเมริกา เพื่อใช้ในการจำลองรูปแบบและคำนวณการใช้พลังงานในอาคาร กรณีศึกษาเป็นรายชั่วโมงตลอดทั้งปี โดยอาศัยฐานข้อมูลสภาพอากาศรายชั่วโมงที่ได้จากกรมอุตุนิยมวิทยา และการจำลองสภาพการใช้งานจริงของอาคาร โดยโปรแกรม VisualDOE 4.0เป็นโปรแกรมที่ได้รับการพัฒนาและทดสอบความแม่นยำโดยนักวิจัยจากทั่วโลกมาตลอดระยะเวลากว่า 20 ปี (อรรจน์ เศรษฐบุตร ธนิต จินดาคณิต 2550) ดังนั้นเพื่อให้ข้อมูลจากการวิจัยมีความชัดเจนถูกต้อง จึงทำการวิเคราะห์หาปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าตลอดทั้งปีของอาคารอีกครั้งเพื่อนำไปคำนวณหาค่าการประหยัดพลังงานที่คาดว่าจะได้จากอาคารทางเลือกต่างๆ และนำไปวิเคราะห์หาความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์และการลงทุนต่อไป

3.4 การวิเคราะห์ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์

หลังจากได้ผลการประหยัดพลังงานของอาคารแล้ว ขั้นตอนต่อไปคือการวิเคราะห์หาความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์และการลงทุนอันเนื่องมาจากการเลือกใช้วัสดุเปลือกอาคารและอุปกรณ์ให้แสงสว่างที่มีประสิทธิภาพสูงของทางเลือกต่างๆ โดยเป็นการคำนวณเพื่อหามูลค่าตลอดช่วงอายุการใช้งาน (LCC) มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) อัตราผลตอบแทนภายใน (IRR) และงวดเวลาคืนทุน (PB)

จากการพิจารณาผลจากการประหยัดค่าไฟฟ้า ผลประโยชน์จากค่าเช่าพื้นที่เพิ่มขึ้นในอัตราที่ต่างๆกัน การลงทุนเลือกใช้วัสดุประหยัดพลังงาน และการก่อสร้างพื้นที่อาคารที่มากขึ้นอันเนื่องจากการได้รับอัตราส่วนพื้นที่อาคารรวมต่อพื้นที่ดินเพิ่ม

3.5 การจัดทำแบบสอบถาม

จัดทำแบบสอบถามเพื่อสำรวจข้อคิดเห็นต่อผลการวิเคราะห์ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์และปัจจัยที่เกี่ยวข้องเพื่อนำไปเป็นข้อมูลในการประเมินผลและปรับแก้สมมติฐานที่ใช้ในการวิจัย

3.6 วิเคราะห์ผลและสรุปผลการทดลอง

นำผลที่ได้จากการวิเคราะห์ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์และข้อเสนอแนะที่ได้จากแบบสอบถามมาสรุปและเสนอแนวทางที่เหมาะสมในการลดปริมาณการใช้พลังงานของอาคารประเภทต่างๆตามหลักเกณฑ์การพิจารณาค่าพื้นที่อาคารรวมต่อพื้นที่ดินที่เพิ่มขึ้น (FAR BONUS) เพื่อใช้เป็นแนวทางส่งเสริมการสร้างอาคารประหยัดพลังงานต่อไป

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทที่ 4
ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

เนื้อหาของการวิจัยในบทนี้ได้แสดงถึงการกำหนดข้อมูลเบื้องต้นของอาคารกรณีศึกษา และผลที่ได้จากการวิเคราะห์ค่าการใช้พลังงานโดยอ้างอิงข้อมูลจากกฎหมายต่างๆที่เกี่ยวข้อง การคำนวณโดยใช้โปรแกรม VisualDOE 4.0 การวิเคราะห์ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ และการเปรียบเทียบผลที่ได้จากแบบสอบถาม เพื่อนำมาสรุปผลหาแนวทางส่งเสริมการสร้างอาคารประหยัดพลังงานสำหรับอาคารประเภทต่างๆ โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

4.1 ผลจากการวิเคราะห์กรณีศึกษา

อาคารกรณีศึกษาที่ได้นำมาทำการวิเคราะห์สำหรับการวิจัยในครั้งนี้ทั้งอาคาร Baseline และ Proposed ซึ่งแตกต่างกันตามประเภทของวัสดุผนังทึบ กระจก และค่ากำลังไฟฟ้าส่องสว่างดังรายละเอียดที่ระบุไว้ในบทที่ 3 โดยอาคารทุกแบบจะมีการแบ่งพื้นที่ใช้สอยภายในอาคารและรายละเอียดดังนี้

- เนื้อที่โครงการเท่ากับ 2,743 ตร.ม.
- ขนาดอาคาร กว้าง 40 ม. ยาว 40 ม.
- FAR ตามกฎหมายเท่ากับ 1:7
- OSR ตามกฎหมายเท่ากับ 4.5% โดยสมมติว่ามีพื้นที่รอบอาคารเพียงพอสำหรับการเป็นพื้นที่ว่างปราศจากสิ่งปกคลุม
- พื้นทีอาคารที่สามารถสร้างได้ตามกฎหมายเท่ากับ 19,200 ตร.ม. โดยสมมติว่าการก่อสร้างผ่านตามกฎหมายควบคุมอาคาร ระยะร่น
- พื้นที่ปรับอากาศที่ใช้งานได้เท่ากับ 14,400 ตร.ม.
- พื้นที่ส่วนที่ไม่มีระบบปรับอากาศเท่ากับ 4,800 ตร.ม.
- มีจำนวน 12 ชั้น และความสูงในแต่ละชั้นเท่ากับ 3.75 ม.

4.2 ผลการวิเคราะห์และเปรียบเทียบค่าการใช้พลังงานเพื่อหาค่า FAR BONUS

การวิเคราะห์ประสิทธิภาพการใช้พลังงานของอาคารเพื่อหาอัตราส่วนพื้นที่อาคารรวมต่อพื้นที่ดินที่เพิ่มขึ้นนั้นมีขั้นตอนหลายกระบวนการ ซึ่งผลจากการศึกษามีรายละเอียดดังต่อไปนี้

4.2.1 ผลการวิเคราะห์ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของอาคาร

จากการวิเคราะห์ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของอาคาร พบว่าเมื่อกำหนดให้ค่า WWR คงที่ การเลือกใช้ผนังก่ออิฐฉาบปูนและกระจกใสชั้นเดียวตามลักษณะอาคารทั่วไปจะมีค่า OTTV

มากกว่าค่าที่ระบุตามกฎหมาย โดยหากต้องการให้ค่า OTTV ต่ำลง อาคารจะต้องเลือกใช้วัสดุเปลือกอาคารที่มีประสิทธิภาพสูงขึ้น คือวัสดุผนังทึบที่มีค่า U น้อย และกระจกที่มีค่า SHGC ต่ำ รายละเอียดดังแสดงในตารางที่ 14 และ 15

ตารางที่ 14 แสดงค่า OTTV ของอาคารสำนักงานจากวัสดุเปลือกอาคารที่แตกต่างกัน

ผนังทึบ	U_w (W/m^2)	ชนิดกระจก	SHGC	OTTV (W/m^2)
ผนังก่ออิฐฉาบปูน	2.915	กระจกใสชั้นเดียว	0.55	92.3
ผนังอลูมิเนียมสำเร็จรูป	0.326	กระจก Laminated Low-E	0.39	48.3
ผนังอลูมิเนียมสำเร็จรูป	0.326	กระจก Insulated Low-E ชนิดที่ 1	0.33	39.5
ผนังอลูมิเนียมสำเร็จรูป	0.326	กระจก Insulated Low-E ชนิดที่ 2	0.26	33.1
ผนังอลูมิเนียมสำเร็จรูป	0.326	กระจก Insulated Low-E ชนิดที่ 3	0.22	28.5

ตารางที่ 15 แสดงค่า OTTV ของอาคารห้างสรรพสินค้าจากวัสดุเปลือกอาคารที่แตกต่างกัน

ผนังทึบ	U_w (W/m^2)	ชนิดกระจก	SHGC	OTTV (W/m^2)
ผนังก่ออิฐฉาบปูน	2.915	กระจกใสชั้นเดียว	0.55	73.2
ผนังอลูมิเนียมสำเร็จรูป	0.326	กระจก Laminated Low-E	0.39	36.1
ผนังอลูมิเนียมสำเร็จรูป	0.326	กระจก Insulated Low-E ชนิดที่ 1	0.33	29.1
ผนังอลูมิเนียมสำเร็จรูป	0.326	กระจก Insulated Low-E ชนิดที่ 2	0.26	24.9
ผนังอลูมิเนียมสำเร็จรูป	0.326	กระจก Insulated Low-E ชนิดที่ 3	0.22	21.4

4.2.2 ผลการวิเคราะห์ค่าการใช้พลังงานโดยรวมของอาคารเปรียบเทียบกับอาคารอ้างอิง

จากเหตุผลที่งานวิจัยจะสนใจผลกระทบต่อค่าการใช้พลังงานที่เกิดจากการถ่ายเทความร้อนของผนังเพียงเท่านั้น จึงกำหนดให้ค่าการถ่ายเทความร้อนของหลังคามีค่าน้อยมาก โดยวัสดุของหลังคาที่กำหนดไว้คือ คอนกรีตสแลบ หนา 10 ซม. มีช่องว่างอากาศ 2 ซม. พร้อมด้วยฉนวนใยแก้วหนา 3 นิ้ว และบุภายในด้วยแผ่นยิบซั่ม หนา 9 มม ซึ่งจะให้ค่า U ที่ 0.612 W/m^2 และค่า RTTV ที่ 8.8 W/m^2 ซึ่งผ่านค่าที่กฎหมายกำหนด

ซึ่งผลการวิเคราะห์ค่าการใช้พลังงานรวมของอาคารทั้งปีตามข้อกำหนดของกฎหมายอนุรักษ์พลังงานและประกาศของสถาบันอาคารเขียวโดยการเปรียบเทียบอาคาร Proposed กับอาคาร Baseline สำหรับการเลือกใช้วัสดุอาคารที่แตกต่างกัน และมีค่า LPD ระหว่าง 6 ถึง 13.18 W/m^2 ตามชนิดของหลอดไฟ พบว่ามีผลดังแสดงในตารางที่ 16 และ 17 ทั้งนี้การวิเคราะห์ค่าการใช้

พลังงานของอาคารสำนักงานและห้างสรรพสินค้าจะแตกต่างกันที่จำนวนชั่วโมงใช้งานสำหรับอาคารแต่ละประเภท

ตารางที่ 16 แสดงผลการคำนวณค่าพลังงานโดยรวมของอาคารสำนักงานตามกฎกระทรวง 2552

ทางเลือก	วัสดุผนังทึบ	ชนิดกระจก	OTTV (W/m^2)	ชนิดหลอดไฟ	LPD (W/m^2)	TOTAL Energy Consumption (kWh/yr)	Energy Saving (%)	Check CODE 2552
OA-1 Baseline	กฎกระทรวง 2552		50.0		14.00	972,994		
OA-2	ผนังก่ออิฐฉาบปูน	กระจกใส	92.3 (ไม่ผ่าน)	T8	13.18	1,063,891	-9.34	ไม่ผ่าน
OA-3	ผนังอลูมิเนียมสำเร็จรูป	Laminated Low-E	48.3	T8	13.18	933,148	4.10	ผ่าน
OA-4	ผนังอลูมิเนียมสำเร็จรูป	Laminated Low-E	48.3	T5	10.00	810,120	16.74	ผ่าน
OA-5	ผนังอลูมิเนียมสำเร็จรูป	Insulated Low-E (1)	39.5	T5	10.00	783,972	19.43	ผ่าน
OA-6	ผนังอลูมิเนียมสำเร็จรูป	Insulated Low-E (1)	39.5	LED	6.00	629,220	35.33	ผ่าน
OA-7	ผนังอลูมิเนียมสำเร็จรูป	Insulated Low-E (2)	33.1	T5	10.00	764,955	21.38	ผ่าน
OA-8	ผนังอลูมิเนียมสำเร็จรูป	Insulated Low-E (2)	33.1	LED	6.00	610,203	37.29	ผ่าน
OA-9	ผนังอลูมิเนียมสำเร็จรูป	Insulated Low-E (3)	28.5	T5	10.00	751,286	22.79	ผ่าน
OA-10	ผนังอลูมิเนียมสำเร็จรูป	Insulated Low-E (3)	28.5	LED	6.00	596,534	38.69	ผ่าน

ตารางที่ 17 แสดงผลการคำนวณค่าพลังงานโดยรวมของอาคารห้างสรรพสินค้าตามกฎกระทรวง พ.ศ. 2552

ทางเลือก	วัสดุผนังทึบ	ชนิดกระจก	OTTV (W/m^2)	ชนิดหลอดไฟ	LPD (W/m^2)	TOTAL Energy Consumption (kWh/yr)	Energy Saving (%)	Check CODE 2552
RA-1 Baseline	กฎกระทรวง 2552		40.0		18.00	2,321,817		
RA-2	ผนังก่ออิฐฉาบปูน	กระจกใส	73.2 (ไม่ผ่าน)	T8	13.18	2,153,719	7.24	ผ่าน
RA-3	ผนังอลูมิเนียมสำเร็จรูป	Laminated Low-E	36.1	T8	13.18	1,947,373	16.13	ผ่าน
RA-4	ผนังอลูมิเนียมสำเร็จรูป	Laminated Low-E	36.1	T5	10.00	1,717,090	26.05	ผ่าน

ทางเลือก	วัสดุผนังทึบ	ชนิดกระจก	OTTV (W/m^2)	ชนิดหลอดไฟ	LPD (W/m^2)	TOTAL Energy Consumption (kWh/yr)	Energy Saving (%)	Check CODE 2552
RA-5	ผนังอลูมิเนียมสำเร็จรูป	Insulated Low-E (1)	29.1	T5	10.00	1,678,156	27.72	ผ่าน
RA-6	ผนังอลูมิเนียมสำเร็จรูป	Insulated Low-E (1)	29.1	LED	6.00	1,388,492	40.20	ผ่าน
RA-7	ผนังอลูมิเนียมสำเร็จรูป	Insulated Low-E (2)	24.9	T5	10.00	1,654,796	28.73	ผ่าน
RA-8	ผนังอลูมิเนียมสำเร็จรูป	Insulated Low-E (2)	24.9	LED	6.00	1,365,132	41.20	ผ่าน
RA-9	ผนังอลูมิเนียมสำเร็จรูป	Insulated Low-E (3)	21.4	T5	10.00	1,635,330	29.57	ผ่าน
RA-10	ผนังอลูมิเนียมสำเร็จรูป	Insulated Low-E (3)	21.4	LED	6.00	1,345,666	42.04	ผ่าน

4.2.3 ผลการวิเคราะห์คะแนนตามเกณฑ์อาคารเขียวและค่า FAR BONUS

ทำการปรับอาคาร Baseline อีกครั้ง โดยกำหนดให้อาคารที่เป็น Baseline ต้องเป็นอาคารที่ผ่านตามข้อกฎหมาย โดยจะมีค่า OTTV ไม่เกินกว่าค่าที่กำหนด หรือเป็นอาคารมีค่าการใช้พลังงานโดยรวมต่ำกว่าอาคารอ้างอิง และทำการวิเคราะห์อาคาร Proposed เพื่อหาระดับคะแนนตามเกณฑ์การประเมินจากสถาบันอาคารเขียวไทย และค่า FAR BONUS ตามข้อกำหนดที่ระบุไว้ในผังเมืองรวมกรุงเทพมหานคร พ.ศ. 2556 ทั้งนี้การกำหนดคะแนนตามเกณฑ์การประเมินอาคารเขียวในหัวข้อคะแนนอื่นๆในขั้นแรกจะกำหนดให้ได้ตามคะแนนขั้นต่ำเพื่อวิเคราะห์ว่าอาคารใดผ่านตามเกณฑ์การประเมิน แต่สำหรับการเพิ่มระดับอาคารเขียวให้สูงขึ้น โดยเฉพาะในระดับที่ 3 และ 4 เพื่อไม่ให้กระทบต่อค่าใช้จ่ายในการลงทุน ในการวิจัยนี้จะเลือกการเพิ่มคะแนนในหมวดอื่นๆ โดยการกำหนดคะแนนในแต่ละหมวดนั้น จะใช้ข้อมูลที่ได้จากการสอบถามผู้เชี่ยวชาญอาคารเขียวที่เคยมีประสบการณ์ประเมินอาคารมาก่อน ตามภาคผนวก ก มาใช้ โดยสรุปเป็นคะแนนขั้นต่ำที่คาดว่าจะทำได้สำหรับการออกแบบอาคารแต่ละระดับ และการทำคะแนนดังกล่าวถูกพิจารณาว่าจะมีผลกระทบทางค่าใช้จ่ายสำหรับการก่อสร้างอาคารน้อย หรือไม่มีผลกระทบทางค่าใช้จ่ายแต่อย่างใด โดยคะแนนในหัวข้ออื่นที่ไม่รวมคะแนนที่ได้จากการหัวข้อ EA1 (ประสิทธิภาพพลังงาน) อย่างน้อยจะเท่ากับ 20 คะแนน สำหรับอาคารส่วนใหญ่ที่ได้ระดับที่ 2 และอย่างน้อย 29 คะแนน สำหรับอาคารส่วนใหญ่ที่ได้ระดับที่ 3 และ 4 ทั้งนี้อาคารทางเลือก OA- OB- OC- สำหรับอาคารสำนักงาน และ RA- RB- RC- สำหรับห้างสรรพสินค้าในแต่ละหมายเลขจะมีคุณสมบัติเปลือกอาคารและระบบไฟฟ้าส่องสว่างที่เหมือนกัน จะแตกต่างกันที่การวิเคราะห์คะแนนตามเกณฑ์อาคารเขียวและค่า FAR BONUS ที่ได้รับเท่านั้น

ตารางที่ 18 แสดงคะแนนในหัวข้ออื่นๆที่คาดว่าจะได้เมื่อพิจารณาออกแบบในระดับต่างๆ

หัวข้อ	รายละเอียด	ระดับ 1	ระดับ2	ระดับ 3 และ 4
	หมวดที่ 1 การบริหารจัดการอาคาร (Building Management)			
BM P1	การเตรียมความพร้อมความเป็นอาคารเขียว	บังคับ	บังคับ	บังคับ
	หมวดที่ 2 ผังบริเวณและภูมิทัศน์ (Site and Landscape) **(ต้องได้คะแนนในหมวดนี้อย่างน้อย 6 คะแนน)**	**6**	**6**	**9**
SL P1	การหลีกเลี่ยงที่ตั้งที่ไม่เหมาะกับการสร้างอาคาร	บังคับ	บังคับ	บังคับ
SL P2	การลดผลกระทบต่อพื้นที่ที่มีความสมบูรณ์ทางธรรมชาติ	บังคับ	บังคับ	บังคับ
SL 1	การพัฒนาโครงการบนพื้นที่ที่พัฒนาแล้ว	1	1	1
SL 2	การลดการใช้รถยนต์ส่วนตัว	2	2	3
SL 3.1	มีพื้นที่เปิดโล่งเชิงนิเวศ ไม่น้อยกว่า 30% ของพื้นที่ฐานอาคาร หรือ 20% ของพื้นที่โครงการ			1
SL 3.2	มีต้นไม้ยืนต้น 1 ต้นต่อ พื้นที่เปิดโล่ง 100 ตารางเมตร (ห้ามย้ายไม้ยืนต้นมาจากที่อื่น)			
SL 3.3	ใช้พืชพรรณพื้นถิ่นที่เหมาะสม	1	1	1
SL 4	การซึมน้ำและลดปัญหาน้ำท่วม	1	1	2
SL 5.1	มีการจัดสวนบนหลังคาหรือสวนแนวตั้ง			
SL 5.2	มีพื้นที่ดาดแข็งที่รับรังสีตรงจากดวงอาทิตย์ ไม่เกินร้อยละ 50 ของพื้นที่โครงการ	1	1	1
SL 5.3	มีต้นไม้ยืนต้นทางทิศใต้ ทิศตะวันตก และทิศตะวันออก ที่บังแดดได้อย่างมีประสิทธิภาพ			
	หมวดที่ 3 การประหยัดน้ำ (Water Conservation) **(ต้องได้คะแนนในหมวดนี้อย่างน้อย 2 คะแนน)**	**2**	**2**	**4**
WC 1.1	การประหยัดน้ำรวม 15% หรือใช้โถสุขภัณฑ์ประหยัดน้ำ	2	2	2
WC 1.2	การประหยัดน้ำรวม 25% หรือใช้ก๊อกน้ำในห้องน้ำชนิดประหยัดน้ำ			2
WC 1.3	การประหยัดน้ำรวม 35% หรือการบริหารจัดการน้ำและการใช้น้ำฝน/ติดตั้งมาตรวัดการใช้น้ำย่อย			
	หมวดที่ 4 พลังงานและบรรยากาศ (Energy and Atmosphere) **(ต้องได้คะแนนในหมวดนี้อย่างน้อย 8 คะแนน)**	**EA1**	**EA1 + 1**	**EA1 + 1**
EA P2	ประสิทธิภาพการใช้พลังงานขั้นต่ำ ได้ 4 คะแนนในข้อ EA 1	บังคับ	บังคับ	บังคับ
EA 1	ประสิทธิภาพการใช้พลังงาน	**ตามผลที่ได้จากการคำนวณ**		
EA 2	การใช้พลังงานทดแทน ร้อยละ0.5-1.5 ของปริมาณค่าใช้จ่ายพลังงานในอาคาร			
EA 4	สารทำความเย็นในระบบปรับอากาศที่ไม่ทำลายชั้นบรรยากาศ		1	1
	หมวดที่ 5 วัสดุและทรัพยากรในการก่อสร้าง (Materials and Resources) (ไม่มีการประเมินคะแนนในหมวดนี้)			
	หมวดที่ 6 คุณภาพของสภาวะแวดล้อมภายในอาคาร (Indoor Environmental Quality) **(ต้องได้คะแนนในหมวดนี้อย่างน้อย 5 คะแนน)**	**5**	**8**	**10**
IE P1	ปริมาณการระบายอากาศภายในอาคาร	บังคับ	บังคับ	บังคับ
IE P2	ความส่องสว่างภายในอาคาร	บังคับ	บังคับ	บังคับ
IE 1.1	ช่องนำอากาศเข้าไม่อยู่ตำแหน่งที่มีความร้อนหรือมลพิษ		1	1
IE 1.2	ความดันเป็นลบ สำหรับห้องพิมพ์งาน ถ่ายเอกสาร เก็บสารเคมี และเก็บสารทำความสะอาด	1	1	1

หัวข้อ	รายละเอียด	ระดับ 1	ระดับ2	ระดับ 3 และ 4
IE 1.3	ควบคุมแหล่งมลพิษจากภายนอกเข้าสู่ภายในอาคาร			
IE 1.4	พื้นที่สูบบุหรี่ห่างจากประตูหน้าต่างหรือช่องนำอากาศเข้าไม่น้อยกว่า 10 เมตร	1	1	1
IE 1.5	ประสิทธิภาพการกรองอากาศผ่านเกณฑ์ตามมาตรฐาน			1
IE 3	แยกวงจรแสงประดิษฐ์ทุก 250 ตารางเมตรหรือตามความต้องการ	1	1	1
IE 4	ออกแบบให้ห้องที่มีการใช้งานประจำได้รับแสงธรรมชาติอย่างพอเพียง		2	2
IE 5	สภาวะน่าสบาย	2	2	3
	หมวดที่ 7 การป้องกันผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม (Environmental Protection) (ต้องได้คะแนนในหมวดนี้อย่างน้อย 1 คะแนน)	**1**	**2**	**3**
EP P2	การบริหารจัดการขยะ	บังคับ	บังคับ	บังคับ
EP 2	ตำแหน่งเครื่องระบายความร้อน การวางตำแหน่งเครื่องระบายความร้อนห่างจากที่ดินข้างเคียง		1	1
EP 3	การใช้กระจกภายนอกอาคาร กระจกมีค่าสะท้อนแสงไม่เกินร้อยละ 15	1	1	1
EP 5	ติดตั้งมาตรวัดไฟฟ้าที่ใช้กับระบบบำบัดน้ำเสีย			1
	หมวดที่ 8 นวัตกรรม (Green Innovation)		**1**	**2**
GI 1-5	มีเทคนิควิธีที่ไม่ระบุไว้ในแบบประเมิน		1	2
	รวมคะแนน	**14**	**20**	**29**

ตารางที่ 19 แสดงระดับอาคารเขียวและค่า FAR BONUS ในแต่ละทางเลือกของอาคารสำนักงาน

ทางเลือก	วัสดุผนังทึบ	ชนิดกระจก	ชนิดหลอดไฟ	Energy Saving (%)	Check CODE 2552	คะแนนหัวข้อ EA 2	คะแนนรวมจากหัวข้ออื่นๆ	ระดับอาคารเขียว	FAR BONUS
OA-3 Baseline	ผนังอลูมิเนียมสำเร็จรูป	Laminated Low-E	T8	4.10	ผ่าน	0	ไม่ผ่านเกณฑ์คะแนนขั้นต่ำ		
OA-4	ผนังอลูมิเนียมสำเร็จรูป	Laminated Low-E	T5	16.74	ผ่าน	8	14	ระดับ 1	5%
OA-5	ผนังอลูมิเนียมสำเร็จรูป	Insulated Low-E (1)	T5	19.43	ผ่าน	8	14	ระดับ 1	5%
OA-6	ผนังอลูมิเนียมสำเร็จรูป	Insulated Low-E (1)	LED	35.33	ผ่าน	14	14	ระดับ 2	10%
OA-7	ผนังอลูมิเนียมสำเร็จรูป	Insulated Low-E (2)	T5	21.38	ผ่าน	10	14	ระดับ 1	5%
OA-8	ผนังอลูมิเนียมสำเร็จรูป	Insulated Low-E (2)	LED	37.29	ผ่าน	16	14	ระดับ 2	10%
OA-9	ผนังอลูมิเนียมสำเร็จรูป	Insulated Low-E (3)	T5	22.79	ผ่าน	10	14	ระดับ 1	5%
OA-10	ผนังอลูมิเนียมสำเร็จรูป	Insulated Low-E (3)	LED	38.69	ผ่าน	16	14	ระดับ 2	10%
OB-4	ผนังอลูมิเนียมสำเร็จรูป	Laminated Low-E	T5	16.74	ผ่าน	8	20	ระดับ 2	10%
OB-5	ผนังอลูมิเนียมสำเร็จรูป	Insulated Low-E (1)	T5	19.43	ผ่าน	8	20	ระดับ 2	10%

ทางเลือก	วัสดุผนังทึบ	ชนิดกระจก	ชนิดหลอดไฟ	Energy Saving (%)	Check CODE 2552	คะแนนหัวข้อ EA 2	คะแนนรวมจากหัวข้ออื่นๆ	ระดับอาคารเขียว	FAR BONUS
OB-6	ผนังอลูมิเนียมสำเร็จรูป	Insulated Low-E (1)	LED	35.33	ผ่าน	14	20	ระดับ 3	15%
OB-7	ผนังอลูมิเนียมสำเร็จรูป	Insulated Low-E (2)	T5	21.38	ผ่าน	10	20	ระดับ 2	10%
OB-8	ผนังอลูมิเนียมสำเร็จรูป	Insulated Low-E (2)	LED	37.29	ผ่าน	16	20	ระดับ 3	15%
OB-9	ผนังอลูมิเนียมสำเร็จรูป	Insulated Low-E (3)	T5	22.79	ผ่าน	10	20	ระดับ 2	10%
OB-10	ผนังอลูมิเนียมสำเร็จรูป	Insulated Low-E (3)	LED	38.69	ผ่าน	16	20	ระดับ 3	15%
OC-4	ผนังอลูมิเนียมสำเร็จรูป	Laminated Low-E	T5	16.74	ผ่าน	8	29	ระดับ 3	15%
OC-5	ผนังอลูมิเนียมสำเร็จรูป	Insulated Low-E (1)	T5	19.43	ผ่าน	8	29	ระดับ 3	15%
OC-6	ผนังอลูมิเนียมสำเร็จรูป	Insulated Low-E (1)	LED	35.33	ผ่าน	14	29	ระดับ 3	15%
OC-7	ผนังอลูมิเนียมสำเร็จรูป	Insulated Low-E (2)	T5	21.38	ผ่าน	10	29	ระดับ 3	10%
OC-8	ผนังอลูมิเนียมสำเร็จรูป	Insulated Low-E (2)	LED	37.29	ผ่าน	16	29	ระดับ 4	20%
OC-9	ผนังอลูมิเนียมสำเร็จรูป	Insulated Low-E (3)	T5	22.79	ผ่าน	10	29	ระดับ 3	15%
OC-10	ผนังอลูมิเนียมสำเร็จรูป	Insulated Low-E (3)	LED	38.69	ผ่าน	16	29	ระดับ 4	20%

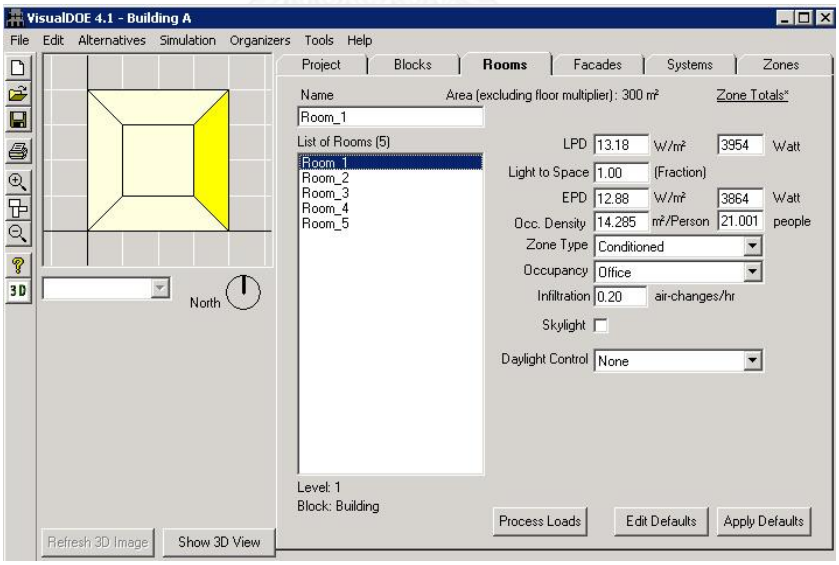
ตารางที่ 20 แสดงระดับอาคารเขียวและค่า FAR BONUS ในแต่ละทางเลือกของห้างสรรพสินค้า

ทางเลือก	วัสดุผนังทึบ	ชนิดกระจก	ชนิดหลอดไฟ	Energy Saving (%)	Check CODE 2552	คะแนนหัวข้อ EA 2	คะแนนรวมจากหัวข้ออื่นๆ	ระดับอาคารเขียว	FAR BONUS
RA-2 Baseline	ผนังก่ออิฐฉาบปูน	กระจกใส	T8	7.24	ผ่าน	4	ไม่ผ่านเกณฑ์คะแนนขั้นต่ำ		
RA-3	ผนังอลูมิเนียมสำเร็จรูป	Laminated Low-E	T8	16.13	ผ่าน	8	14	ระดับ 1	5%
RA-4	ผนังอลูมิเนียมสำเร็จรูป	Laminated Low-E	T5	26.05	ผ่าน	12	14	ระดับ 1	5%
RA-5	ผนังอลูมิเนียมสำเร็จรูป	Insulated Low-E (1)	T5	27.72	ผ่าน	12	14	ระดับ 1	5%
RA-6	ผนังอลูมิเนียมสำเร็จรูป	Insulated Low-E (1)	LED	40.20	ผ่าน	16	14	ระดับ 2	10%
RA-7	ผนังอลูมิเนียมสำเร็จรูป	Insulated Low-E (2)	T5	28.73	ผ่าน	12	14	ระดับ 1	5%

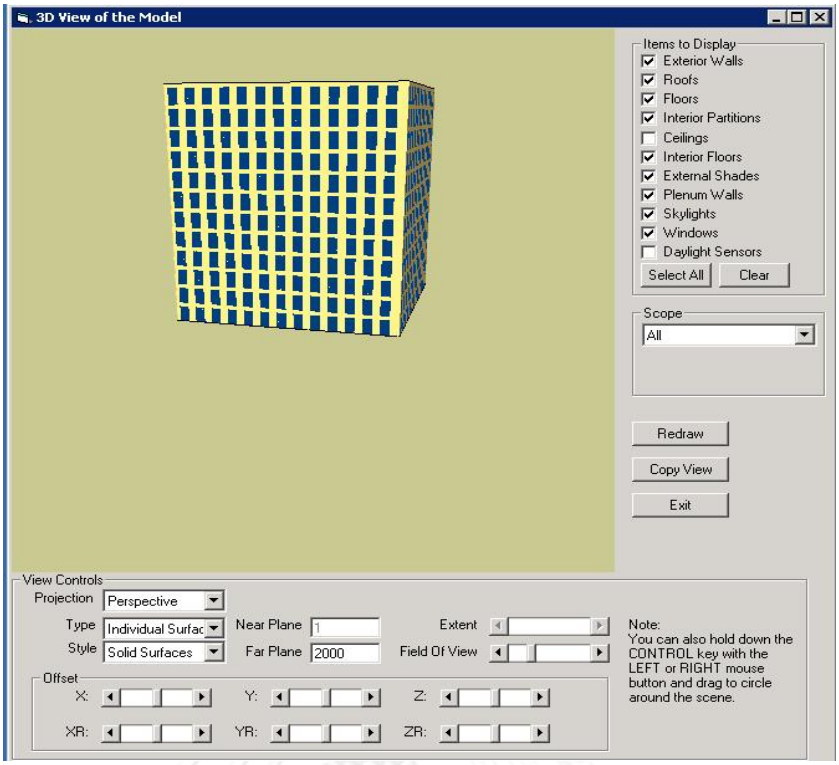
ทางเลือก	วัสดุผนังทึบ	ชนิดกระจก	ชนิดหลอดไฟ	Energy Saving (%)	Check CODE 2552	คะแนนหัวข้อ EA 2	คะแนนรวมจากหัวข้ออื่นๆ	ระดับอาคารเขียว	FAR BONUS
RA-8	ผนังอลูมิเนียมสำเร็จรูป	Insulated Low-E (2)	LED	41.20	ผ่าน	16	14	ระดับ 2	10%
RA-9	ผนังอลูมิเนียมสำเร็จรูป	Insulated Low-E (3)	T5	29.57	ผ่าน	12	14	ระดับ 1	5%
RA-10	ผนังอลูมิเนียมสำเร็จรูป	Insulated Low-E (3)	LED	42.04	ผ่าน	16	14	ระดับ 2	10%
RB-3	ผนังอลูมิเนียมสำเร็จรูป	Laminated Low-E	T8	16.13	ผ่าน	8	20	ระดับ 2	10%
RB-4	ผนังอลูมิเนียมสำเร็จรูป	Laminated Low-E	T5	26.05	ผ่าน	12	20	ระดับ 2	10%
RB-5	ผนังอลูมิเนียมสำเร็จรูป	Insulated Low-E (1)	T5	27.72	ผ่าน	12	20	ระดับ 2	10%
RB-6	ผนังอลูมิเนียมสำเร็จรูป	Insulated Low-E (1)	LED	40.20	ผ่าน	16	20	ระดับ 3	15%
RB-7	ผนังอลูมิเนียมสำเร็จรูป	Insulated Low-E (2)	T5	28.73	ผ่าน	12	20	ระดับ 2	10%
RB-8	ผนังอลูมิเนียมสำเร็จรูป	Insulated Low-E (2)	LED	41.20	ผ่าน	16	20	ระดับ 3	15%
RB-9	ผนังอลูมิเนียมสำเร็จรูป	Insulated Low-E (3)	T5	29.57	ผ่าน	12	20	ระดับ 2	10%
RB-10	ผนังอลูมิเนียมสำเร็จรูป	Insulated Low-E (3)	LED	42.04	ผ่าน	16	20	ระดับ 3	15%
RC-3	ผนังอลูมิเนียมสำเร็จรูป	Laminated Low-E	T8	16.13	ผ่าน	8	29	ระดับ 3	15%
RC-4	ผนังอลูมิเนียมสำเร็จรูป	Laminated Low-E	T5	26.05	ผ่าน	12	29	ระดับ 3	15%
RC-5	ผนังอลูมิเนียมสำเร็จรูป	Insulated Low-E (1)	T5	27.72	ผ่าน	12	29	ระดับ 3	15%
RC-6	ผนังอลูมิเนียมสำเร็จรูป	Insulated Low-E (1)	LED	40.20	ผ่าน	16	29	ระดับ 4	20%
RC-7	ผนังอลูมิเนียมสำเร็จรูป	Insulated Low-E (2)	T5	28.73	ผ่าน	12	29	ระดับ 3	15%
RC-8	ผนังอลูมิเนียมสำเร็จรูป	Insulated Low-E (2)	LED	41.20	ผ่าน	16	29	ระดับ 4	20%
RC-9	ผนังอลูมิเนียมสำเร็จรูป	Insulated Low-E (3)	T5	29.57	ผ่าน	12	29	ระดับ 3	15%
RC-10	ผนังอลูมิเนียมสำเร็จรูป	Insulated Low-E (3)	LED	42.04	ผ่าน	16	29	ระดับ 4	20%

4.3 ผลการคำนวณค่าการใช้พลังงานในโปรแกรม VisualDOE 4.0

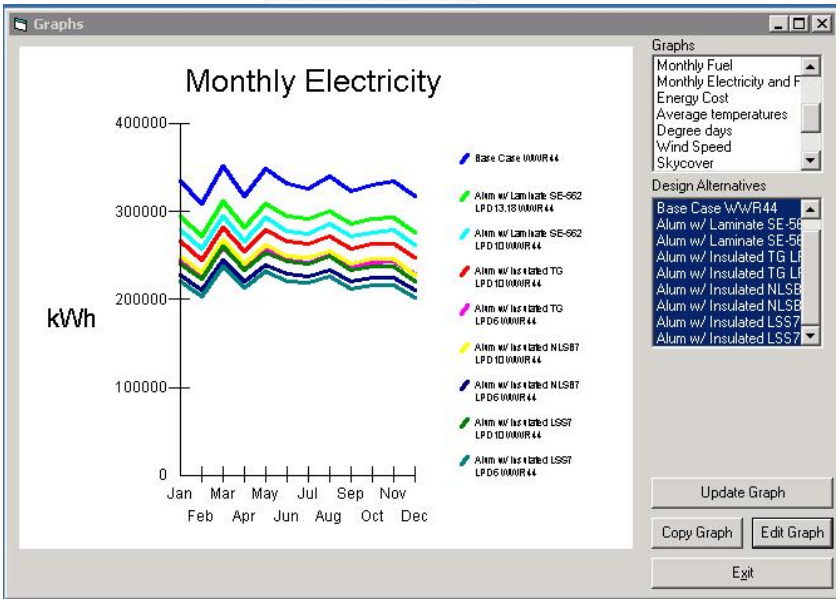
เนื่องจากข้อกำหนดของผังเมืองรวมกรุงเทพมหานคร พ.ศ. 2556 ระบุให้อาคารต้องผ่านมีค่า OTTV และ RTTV ผ่านตามข้อกำหนดที่ระบุไว้ตามกฎหมายว่าด้วยการอนุรักษ์พลังงาน จึงได้กำหนดให้อาคารสำนักงานทางเลือก OA-3 และห้างสรรพสินค้าทางเลือก RA-2 เป็นอาคาร Baseline ในการคำนวณปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าตลอดทั้งปี ภาพที่ 3 ถึง 6 แสดงการวิเคราะห์ค่าการใช้พลังงานในโปรแกรม VisualDOE 4.0 ทั้งนี้อาคารทางเลือกที่มีคะแนนรวมจากหมวดอื่นตามเกณฑ์อาคารเขียวเพื่อให้ได้ระดับที่ 3 และ 4 นั้น จะไม่มีผลกระทบต่อการคำนวณปริมาณการใช้พลังงาน เนื่องจากการทำคะแนนในแต่ละหัวข้อนั้นไม่เกี่ยวข้องต่อการใช้พลังงานของอาคารแต่อย่างใด ตารางที่ 21 และ 22 แสดงผลจากการจำลองค่าการใช้พลังงานสำหรับอาคารสำนักงานและห้างสรรพสินค้าเปรียบเทียบระหว่างการเลือกใช้วัสดุเปลือกอาคารและระบบไฟฟ้าส่องสว่างโดยทั่วไปและทางเลือกแบบต่างๆ ตารางที่ 23 และ 24 แสดงผลการวิเคราะห์เพื่อหาค่าการใช้พลังงานของอาคารก่อนและหลังได้ FAR BONUS และภาพที่ 7 ถึง 9 แสดงค่าการใช้พลังงานของอาคารต่อหน่วยพื้นที่ และค่าการใช้พลังงานไฟฟ้าตลอดทั้งปีภายหลังจากการได้รับ FAR BONUS สำหรับอาคารสำนักงานและห้างสรรพสินค้า โดยพิจารณาอาคารที่ได้รับคะแนนจากหมวดอื่นตามเกณฑ์อาคารเขียวและการพิจารณาเฉพาะผลจากการประหยัดพลังงาน



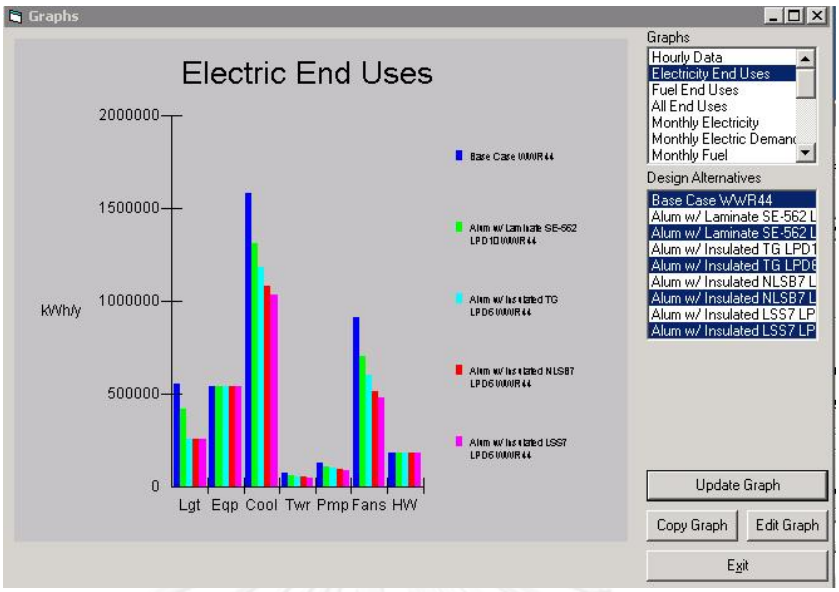
ภาพที่ 3 แสดงการตั้งค่าไฟฟ้าส่องสว่างและข้อกำหนดสำหรับอาคารสำนักงาน



ภาพที่ 4 แสดงรูปแบบภายนอกของอาคารสำนักงานกรณีศึกษา



ภาพที่ 5 แสดงการค่าการใช้พลังงานในแต่ละเดือนของอาคารกรณีศึกษา



ภาพที่ 6 แสดงการค่าการใช้พลังงานในแต่ละเดือนในแต่ละประเภทของอาคารกรณีศึกษา

ตารางที่ 21 แสดงค่าการประหยัดพลังงานรายปีที่คาดว่าจะได้จากทางเลือกต่างๆ สำหรับอาคารสำนักงาน

ทางเลือก	วัสดุผนังทึบ	ชนิดกระจก	ชนิดหลอดไฟ	TOTAL Energy Consumption (kWh/yr)	Energy Saving (%)
OA-3	ผนังอลูมิเนียมสำเร็จรูป	Laminated Low-E	T8	3,498,223	Baseline
OA-4, OB-4, OC-4	ผนังอลูมิเนียมสำเร็จรูป	Laminated Low-E	T5	3,315,064	5.24
OA-5, OB-5, OC-5	ผนังอลูมิเนียมสำเร็จรูป	Insulated Low-E (1)	T5	3,157,011	9.75
OA-6, OB-6, OC-6	ผนังอลูมิเนียมสำเร็จรูป	Insulated Low-E (1)	LED	2,907,853	16.88
OA-7, OB-7, OC-7	ผนังอลูมิเนียมสำเร็จรูป	Insulated Low-E (2)	T5	2,957,844	15.45
OA-8, OB-8, OC-8	ผนังอลูมิเนียมสำเร็จรูป	Insulated Low-E (2)	LED	2,711,213	22.50
OA-9, OB-9, OC-9	ผนังอลูมิเนียมสำเร็จรูป	Insulated Low-E (3)	T5	2,871,858	17.91
OA-10, OB-10, OC-10	ผนังอลูมิเนียมสำเร็จรูป	Insulated Low-E (3)	LED	2,616,570	25.20

ตารางที่ 22 แสดงค่าการประหยัดพลังงานรายปีที่คาดว่าจะได้จากทางเลือกต่างๆ สำหรับห้างสรรพสินค้า

ทางเลือก	วัสดุ ผนังทึบ	ชนิดกระจก	ชนิด หลอดไฟ	TOTAL Energy Consumption (kWh/yr)	Energy Saving (%)
RA-2	ผนังก่ออิฐฉาบปูน	กระจกใส	T8	4,603,594	Baseline
RA-3, RB-3, RC-3	ผนังอลูมิเนียมสำเร็จรูป	Laminated Low-E	T8	4,149,763	9.86
RA-4, RB-4, RC-4	ผนังอลูมิเนียมสำเร็จรูป	Laminated Low-E	T5	3,911,472	15.03
RA-5, RB-5, RC-5	ผนังอลูมิเนียมสำเร็จรูป	Insulated Low-E (1)	T5	3,747,092	18.61
RA-6, RB-6, RC-6	ผนังอลูมิเนียมสำเร็จรูป	Insulated Low-E (1)	LED	3,440,232	25.27
RA-7, RB-7, RC-7	ผนังอลูมิเนียมสำเร็จรูป	Insulated Low-E (2)	T5	3,557,234	22.73
RA-8, RB-8, RC-8	ผนังอลูมิเนียมสำเร็จรูป	Insulated Low-E (2)	LED	3,241,182	29.59
RA-9, RB-9, RC-9	ผนังอลูมิเนียมสำเร็จรูป	Insulated Low-E (3)	T5	3,473,082	24.56
RA-10, RB-10, RC-10	ผนังอลูมิเนียมสำเร็จรูป	Insulated Low-E (3)	LED	3,150,869	31.56

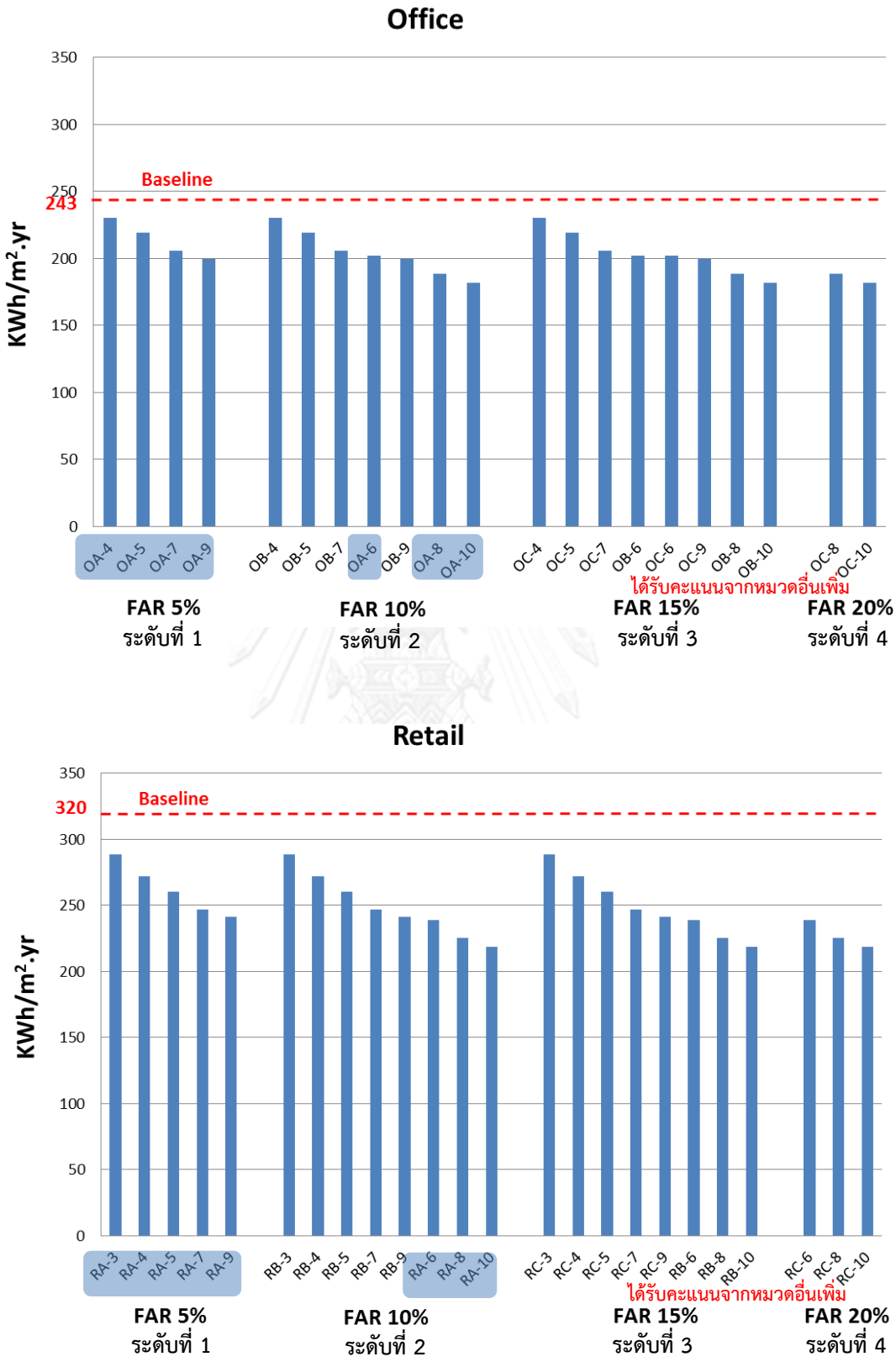
ตารางที่ 23 แสดงค่าการใช้พลังงานของอาคารก่อนและหลังได้ FAR BONUS : อาคารสำนักงาน

ทางเลือก	TOTAL Energy Consumption[1]		Energy Saving	ระดับ TREES	FAR BONUS	Area Increase	Total Area	TOTAL Energy Consumption[2]
	(kWh/yr)	(kWh/m^2.yr)	(%)		(%)	(m^2)	(m^2)	(kWh/yr)
OA-4	3,315,064	230	5.24%	ระดับ 1	5%	960	15,360	3,536,073
OA-5	3,157,011	219	9.75%	ระดับ 1	5%	960	15,360	3,367,483
OA-7	2,957,844	205	15.45%	ระดับ 1	5%	960	15,360	3,155,038
OA-9	2,871,858	199	17.91%	ระดับ 1	5%	960	15,360	3,063,320
OA-6	2,907,853	202	16.88%	ระดับ 2	10%	1,920	16,320	3,295,576
OA-8	2,711,213	188	22.50%	ระดับ 2	10%	1,920	16,320	3,072,716
OA-10	2,616,570	182	25.20%	ระดับ 2	10%	1,920	16,320	2,965,454
OB-4	3,315,064	230	5.24%	ระดับ 2	10%	1,920	16,320	3,757,083
OB-5	3,157,011	219	9.75%	ระดับ 2	10%	1,920	16,320	3,577,955
OB-7	2,957,844	205	15.45%	ระดับ 2	10%	1,920	16,320	3,352,232
OB-9	2,871,858	199	17.91%	ระดับ 2	10%	1,920	16,320	3,254,781
OB-6	2,907,853	202	16.88%	ระดับ 3	15%	2,880	17,280	3,489,437
OB-8	2,711,213	188	22.50%	ระดับ 3	15%	2,880	17,280	3,253,468
OB-10	2,616,570	182	25.20%	ระดับ 3	15%	2,880	17,280	3,139,896
OC-4	3,315,064	230	5.24%	ระดับ 3	15%	2,880	17,280	3,978,092
OC-5	3,157,011	219	9.75%	ระดับ 3	15%	2,880	17,280	3,788,428
OC-6	2,957,844	205	15.45%	ระดับ 3	15%	2,880	17,280	3,549,426
OC-7	2,871,858	199	17.91%	ระดับ 3	15%	2,880	17,280	3,446,243
OC-9	2,907,853	202	16.88%	ระดับ 3	15%	2,880	17,280	3,489,437
OC-8	2,711,213	188	22.50%	ระดับ 4	20%	3,840	18,240	3,434,220
OC-10	2,616,570	182	25.20%	ระดับ 4	20%	3,840	18,240	3,314,338

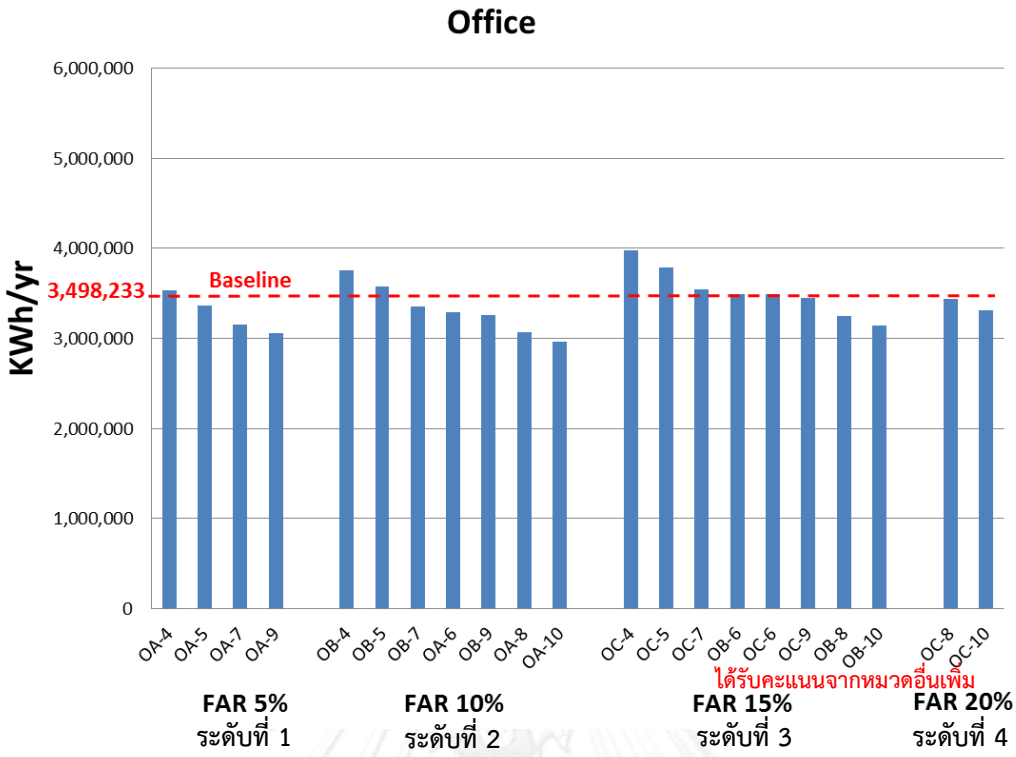
ตารางที่ 24 แสดงค่าการใช้พลังงานของอาคารก่อนและหลังได้ FAR BONUS : ห้างสรรพสินค้า

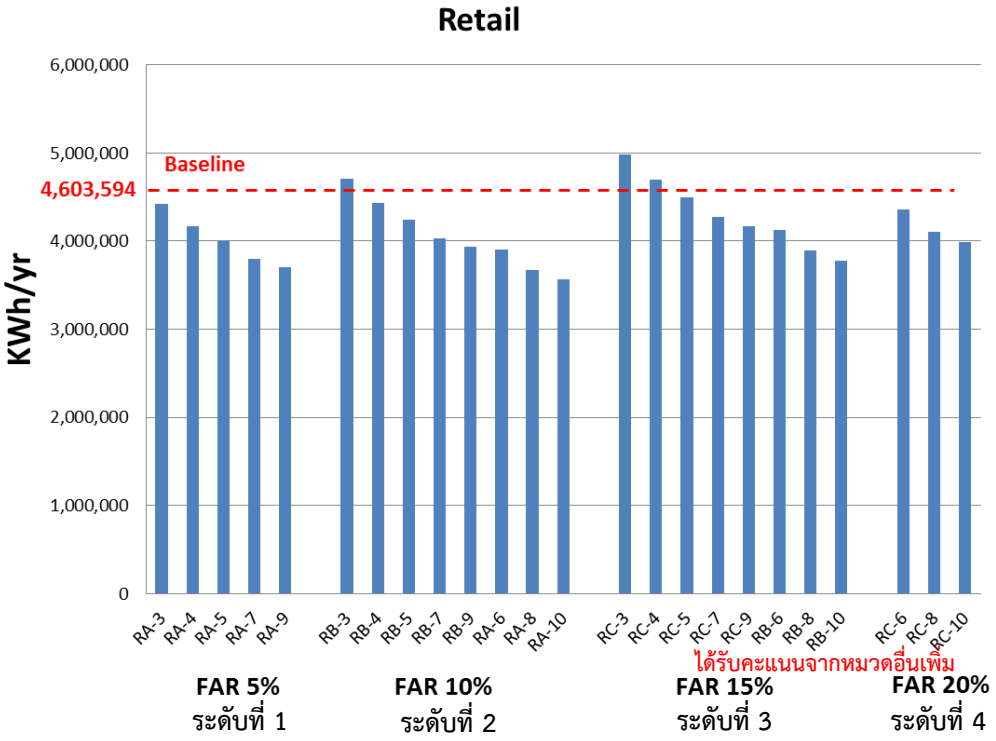
ทางเลือก	TOTAL Energy Consumption[1]		Energy Saving	ระดับ TREES	FAR BONUS	Area Increase	Total Area	TOTAL Energy Consumption[2]
	(kWh/yr)	(kWh/m^2.yr)	(%)		(%)	(m^2)	(m^2)	(kWh/yr)
RA-3	4,149,763	288	9.86%	ระดับ 1	5%	960	15,360	4,426,420
RA-4	3,911,472	272	15.03%	ระดับ 1	5%	960	15,360	4,172,243
RA-5	3,747,092	260	18.61%	ระดับ 1	5%	960	15,360	3,996,904
RA-7	3,557,234	247	22.73%	ระดับ 1	5%	960	15,360	3,794,388
RA-9	3,473,082	241	24.56%	ระดับ 1	5%	960	15,360	3,704,626
RA-6	3,440,232	239	25.27%	ระดับ 2	10%	1,920	16,320	3,898,940
RA-8	3,241,182	225	29.59%	ระดับ 2	10%	1,920	16,320	3,673,350
RA-10	3,150,869	219	31.56%	ระดับ 2	10%	1,920	16,320	3,570,994
RB-3	4,149,763	288	9.86%	ระดับ 2	10%	1,920	16,320	4,703,077
RB-4	3,911,472	272	15.03%	ระดับ 2	10%	1,920	16,320	4,433,014
RB-5	3,747,092	260	18.61%	ระดับ 2	10%	1,920	16,320	4,246,716
RB-7	3,557,234	247	22.73%	ระดับ 2	10%	1,920	16,320	4,031,543
RB-9	3,473,082	241	24.56%	ระดับ 2	10%	1,920	16,320	3,936,170
RB-6	3,440,232	239	25.27%	ระดับ 3	15%	2,880	17,280	4,128,294
RB-8	3,241,182	225	29.59%	ระดับ 3	15%	2,880	17,280	3,889,433
RB-10	3,150,869	219	31.56%	ระดับ 3	15%	2,880	17,280	3,781,057
RC-3	4,149,763	288	9.86%	ระดับ 3	15%	2,880	17,280	4,979,735
RC-4	3,911,472	272	15.03%	ระดับ 3	15%	2,880	17,280	4,693,784
RC-5	3,747,092	260	18.61%	ระดับ 3	15%	2,880	17,280	4,496,528
RC-7	3,557,234	247	22.73%	ระดับ 3	15%	2,880	17,280	4,268,697
RC-9	3,473,082	241	24.56%	ระดับ 3	15%	2,880	17,280	4,167,714
RC-6	3,440,232	239	25.27%	ระดับ 4	20%	3,840	18,240	4,357,648
RC-8	3,241,182	225	29.59%	ระดับ 4	20%	3,840	18,240	4,105,517
RC-10	3,150,869	219	31.56%	ระดับ 4	20%	3,840	18,240	3,991,120

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

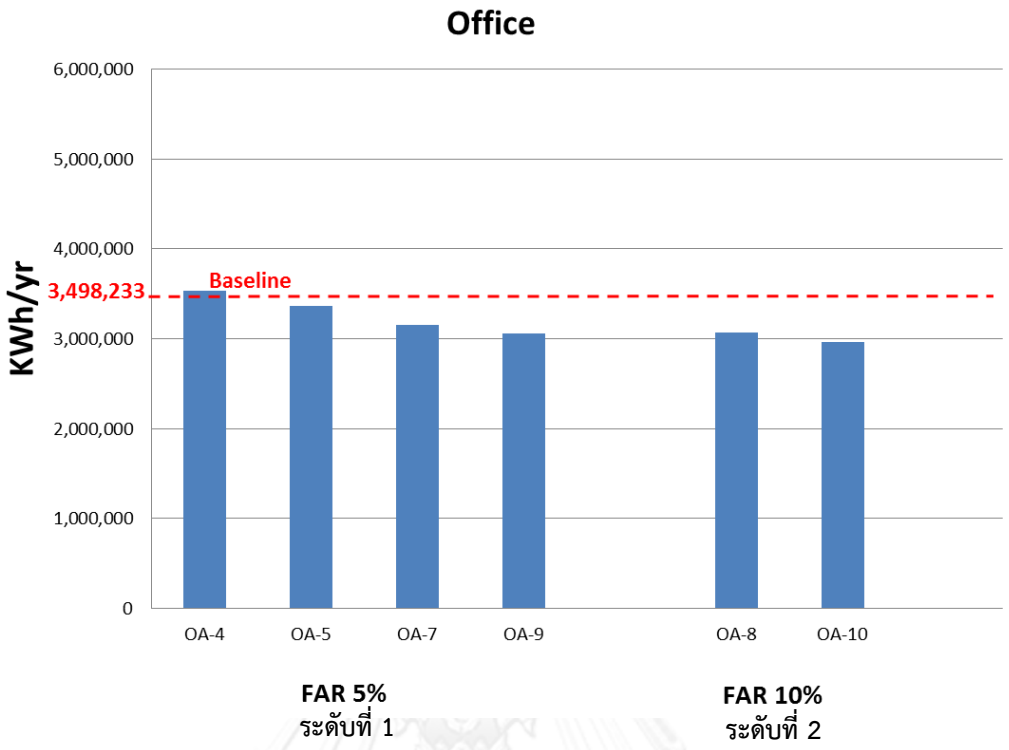


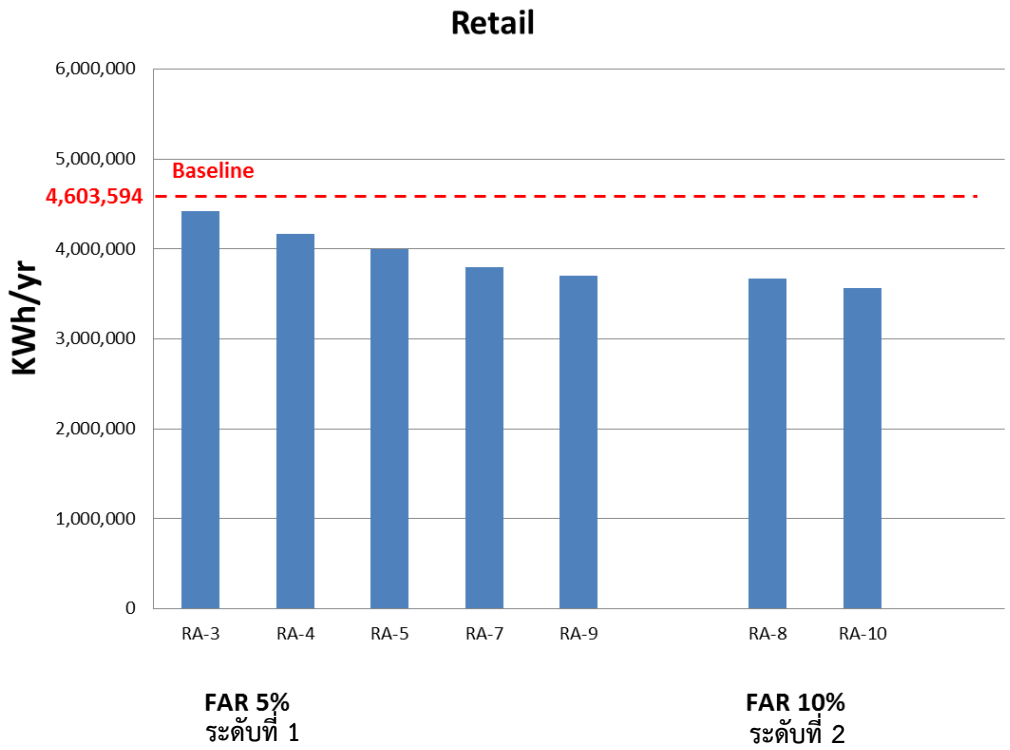
ภาพที่ 7 แสดงค่าการใช้พลังงานของอาคารต่อหน่วยพื้นที่ สำหรับอาคารสำนักงานและห้างสรรพสินค้า





ภาพที่ 8 แสดงค่าการใช้พลังงานไฟฟ้าตลอดทั้งปี ภายหลังจากการได้รับ FAR BONUS สำหรับอาคารสำนักงานและห้างสรรพสินค้า





ภาพที่ 9 แสดงค่าการใช้พลังงานไฟฟ้าตลอดทั้งปี ภายหลังจากการได้รับ FAR BONUS สำหรับอาคารสำนักงานและห้างสรรพสินค้า เมื่อพิจารณาเฉพาะผลจากการประหยัดพลังงาน

4.4 ผลการวิเคราะห์ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์

การวิเคราะห์ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์จะถูกแบ่งออกเป็น 2 ลักษณะ คือ พิจารณาเฉพาะผลประโยชน์ที่ได้รับจากการประหยัดพลังงานเพียงอย่างเดียว และ เมื่อพิจารณาผลประโยชน์จากการประหยัดพลังงานและพื้นที่อาคารที่ได้รับเพิ่มขึ้น

4.4.1 การพิจารณาเฉพาะผลประโยชน์ที่ได้รับจากการประหยัดพลังงาน

การวิเคราะห์ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์จะพิจารณาจากผลการประหยัดพลังงานเปรียบเทียบต่อค่าลงทุนในการเลือกใช้วัสดุเปลือกอาคารและระบบไฟฟ้าส่องสว่างที่มีประสิทธิภาพสูง โดยคำนวณหาค่าใช้จ่ายตลอดช่วงอายุการใช้งานอาคาร (Life Cycle Cost) ในระยะเวลา 20 ปี โดยคำนึงถึงอัตราเงินเฟ้อ (Inflation Rate) ที่ 3% อัตราเงินกู้ (Minimum Load Rate) ที่ 7.4% ค่าไฟฟ้าที่ 3.50 บาทต่อ kWh และการพิจารณาอายุการใช้งานของอุปกรณ์ไฟฟ้าส่องสว่างในแต่ละประเภท

ตารางที่ 25 แสดงค่าราคาต่อหน่วยของวัสดุทางเลือกและค่าก่อสร้างสำหรับอาคารสำนักงานและห้างสรรพสินค้าทางเลือก ตารางที่ 26 และ 27 แสดงการคำนวณระยะเวลาคุ้มทุน (Payback Period) ตารางที่ 28 และ 29 แสดงผลการคำนวณค่าใช้จ่ายตลอดช่วงอายุการใช้งานอาคาร 20 ปี (Life Cycle Cost)

ตารางที่ 25 แสดงค่าราคาต่อหน่วยของวัสดุทางเลือกและค่าก่อสร้างสำหรับอาคารสำนักงานและห้างสรรพสินค้าในแต่ละทางเลือก

ทางเลือก	วัสดุผนังทึบ	พื้นที่ (ตร.ม.)	ราคาต่อหน่วย (บาท)	ชนิดกระจก	พื้นที่ (ตร.ม.)	ราคาต่อหน่วย (บาท)	ชนิดหลอดไฟ	ราคาต่อหน่วย (บาท)	ค่าลงทุนวัสดุ (บาท)
OA-2 RA-2	ผนังก่ออิฐฉาบปูน	4,032	655	กระจกใส	3,168	535	T8	210	5,202,282
OA-3 RA-3	ผนังอลูมิเนียมสำเร็จรูป	4,032	3,233	Laminated Low-E	3,168	2,153	T8	210	20,722,602
OA-4 RA-4	ผนังอลูมิเนียมสำเร็จรูป	4,032	3,233	Laminated Low-E	3,168	2,153	T5	380	21,621,321
OA-5 RA-5	ผนังอลูมิเนียมสำเร็จรูป	4,032	3,233	Insulated Low-E (1)	3,168	3,444	T5	380	25,711,209
OA-6 RA-6	ผนังอลูมิเนียมสำเร็จรูป	4,032	3,233	Insulated Low-E (1)	3,168	3,444	LED	2,000	32,586,048
OA-7 RA-7	ผนังอลูมิเนียมสำเร็จรูป	4,032	3,233	Insulated Low-E (2)	3,168	3,714	T5	380	26,566,569
OA-8 RA-8	ผนังอลูมิเนียมสำเร็จรูป	4,032	3,233	Insulated Low-E (2)	3,168	3,714	LED	2,000	33,441,408

ทางเลือก	วัสดุผนังทึบ	พื้นที่ (ตร.ม.)	ราคาต่อหน่วย (บาท)	ชนิดกระจก	พื้นที่ (ตร.ม.)	ราคาต่อหน่วย (บาท)	ชนิดหลอดไฟ	ราคาต่อหน่วย (บาท)	ค่าลงทุนวัสดุ (บาท)
OA-9 RA-9	ผนังอลูมิเนียมสำเร็จรูป	4,032	3,233	Insulated Low-E (3)	3,168	4,306	T5	380	28,442,025
OA-10 RA-10	ผนังอลูมิเนียมสำเร็จรูป	4,032	3,233	Insulated Low-E (3)	3,168	4,306	LED	2,000	35,316,864

ตารางที่ 26 แสดงการวิเคราะห์ระยะเวลาคุ้มทุน (Payback Period) สำหรับอาคารสำนักงาน

ทางเลือก	ค่าลงทุนวัสดุ (บาท)	เงินลงทุนเพิ่มจาก Baseline (บาท)	หน่วยการใช้ไฟฟ้าต่อปี (kWh/yr)	ค่าไฟฟ้าต่อปี (บาท/ปี)	ค่าไฟฟ้าลดลงจาก Baseline (บาท/ปี)	ค่าไฟฟ้าลดลงจาก Baseline (%)	ระยะเวลาคุ้มทุน (ปี)
OA-3 Baseline	20,722,602		3,498,223	12,243,781			
OA-4	21,621,321	898,720	3,315,064	11,602,724	641,057	5.24	**1.40**
OA-5	25,711,209	4,988,608	3,157,011	11,049,539	1,194,242	9.75	4.18
OA-6	32,586,048	11,863,446	2,907,853	10,177,486	2,066,295	16.88	5.74
OA-7	26,566,569	5,843,968	2,957,844	10,352,454	1,891,327	15.45	3.09
OA-8	33,441,408	12,718,806	2,711,213	9,489,246	2,754,535	22.50	4.62
OA-9	28,442,025	7,719,424	2,871,858	10,051,503	2,192,278	17.91	3.52
OA-10	35,316,864	14,594,262	2,616,570	9,157,995	3,085,786	25.20	4.73

ตารางที่ 27 แสดงการวิเคราะห์ระยะเวลาคุ้มทุน (Payback Period) สำหรับห้างสรรพสินค้า

ทางเลือก	ค่าลงทุนวัสดุ (บาท)	เงินลงทุนเพิ่มจาก Baseline (บาท)	หน่วยการใช้ไฟฟ้าต่อปี (kWh/yr)	ค่าไฟฟ้าต่อปี (บาท/ปี)	ค่าไฟฟ้าลดลงจาก Baseline (บาท/ปี)	ค่าไฟฟ้าลดลงจาก Baseline (%)	ระยะเวลาคุ้มทุน (ปี)
RA-2 Baseline	5,202,282		4,603,594	16,112,579			
RA-3	20,722,602	15,520,320	4,149,763	14,524,171	453,831	9.86	9.77
RA-4	21,621,321	16,419,040	3,911,472	13,690,152	692,122	15.03	6.78
RA-5	25,711,209	20,508,928	3,747,092	13,114,822	856,502	18.61	6.84
RA-6	32,586,048	27,383,766	3,440,232	12,040,812	1,163,362	25.27	6.73
RA-7	26,566,569	21,364,288	3,557,234	12,450,319	1,046,360	22.73	**5.83**
RA-8	33,441,408	28,239,126	3,241,182	11,344,137	1,362,412	29.59	5.92
RA-9	28,442,025	23,239,744	3,473,082	12,155,787	1,130,512	24.56	5.87
RA-10	35,316,864	30,114,582	3,150,869	11,028,042	1,452,725	31.56	5.92

ตารางที่ 28 แสดงผลการวิเคราะห์ Life Cycle Cost ในระยะเวลา 20ปี สำหรับอาคารสำนักงาน

ทางเลือก	วัสดุผนังทึบ	ชนิดกระจก	ชนิดหลอดไฟ (อายุ)	เงินลงทุนเพิ่มจาก Baseline (บาท)	มูลค่าปัจจุบันของค่าหลอดไฟ (บาท)	มูลค่าปัจจุบันของค่าไฟฟ้า (บาท)	ค่าใช้จ่ายตลอดช่วงอายุการใช้งาน (บาท)
OA-3 Baseline	ผนังอลูมิเนียมสำเร็จรูป	Laminated Low-E	T8 (4ปี)		2,126,555	162,462,276	164,588,831
OA-4	ผนังอลูมิเนียมสำเร็จรูป	Laminated Low-E	T5 (7ปี)	898,720	2,373,612	153,956,120	157,228,452
OA-5	ผนังอลูมิเนียมสำเร็จรูป	Insulated Low-E (1)	T5 (7ปี)	4,988,608	2,373,612	146,615,922	153,978,142
OA-6	ผนังอลูมิเนียมสำเร็จรูป	Insulated Low-E (1)	LED (11ปี)	11,863,446	7,019,740	135,044,683	153,927,869
OA-7	ผนังอลูมิเนียมสำเร็จรูป	Insulated Low-E (2)	T5 (7ปี)	5,843,968	2,373,612	137,366,333	145,583,913
OA-8	ผนังอลูมิเนียมสำเร็จรูป	Insulated Low-E (2)	LED (11ปี)	12,718,806	7,019,740	125,912,451	145,650,998
OA-9	ผนังอลูมิเนียมสำเร็จรูป	Insulated Low-E (3)	T5 (7ปี)	7,719,424	2,373,612	133,373,026	143,466,061
OA-10	ผนังอลูมิเนียมสำเร็จรูป	Insulated Low-E (3)	LED (11ปี)	14,594,262	7,019,740	121,517,101	**143,131,103**

ตารางที่ 29 แสดงผลการวิเคราะห์ Life Cycle Cost ในระยะเวลา 20ปี สำหรับห้างสรรพสินค้า

ทางเลือก	วัสดุผนังทึบ	ชนิดกระจก	ชนิดหลอดไฟ	เงินลงทุนเพิ่มจาก Baseline (บาท)	มูลค่าปัจจุบันของค่าหลอดไฟ (บาท)	มูลค่าปัจจุบันของค่าไฟฟ้า (บาท)	ค่าใช้จ่ายตลอดช่วงอายุการใช้งาน (บาท)
RA-2 Baseline	ผนังก่ออิฐฉาบปูน	กระจกใส	T8 (4ปี)		2,126,555	213,797,221	215,923,776
RA-3	ผนังอลูมิเนียมสำเร็จรูป	Laminated Low-E	T8 (4ปี)	15,520,320	2,126,555	192,720,687	210,367,562
RA-4	ผนังอลูมิเนียมสำเร็จรูป	Laminated Low-E	T5 (7ปี)	16,419,040	2,373,612	181,654,126	200,446,778
RA-5	ผนังอลูมิเนียมสำเร็จรูป	Insulated Low-E (1)	T5 (7ปี)	20,508,928	2,373,612	174,020,093	196,902,633
RA-6	ผนังอลูมิเนียมสำเร็จรูป	Insulated Low-E (1)	LED (11ปี)	27,383,766	7,019,740	159,769,094	194,172,601
RA-7	ผนังอลูมิเนียมสำเร็จรูป	Insulated Low-E (2)	T5 (7ปี)	21,364,288	2,373,612	165,202,827	188,940,727
RA-8	ผนังอลูมิเนียมสำเร็จรูป	Insulated Low-E (2)	LED (11ปี)	28,239,126	7,019,740	150,524,939	185,783,806
RA-9	ผนังอลูมิเนียมสำเร็จรูป	Insulated Low-E (3)	T5 (7ปี)	23,239,744	2,373,612	161,294,693	186,908,049
RA-10	ผนังอลูมิเนียมสำเร็จรูป	Insulated Low-E (3)	LED (11ปี)	30,114,582	7,019,740	146,330,679	**183,465,002**

4.4.2 การพิจารณาผลประโยชน์จากการประหยัดพลังงานและพื้นที่อาคารที่ได้รับเพิ่มขึ้น

การคำนวณผลประโยชน์ที่ได้จากอัตราเช่านั้นได้ตั้งสมมติฐานว่าพื้นที่ใช้สอยภายในอาคารนั้น 75% เป็นพื้นที่ให้เช่า และ 25% เป็นพื้นที่ส่วนกลาง โดยมีค่าเช่าพื้นที่อยู่ที่ 810 บาท ต่อ ตร.ม. ต่อเดือน สำหรับอาคารสำนักงาน (CBRE Research Thailand 2013) และ 3,000 บาท ต่อ ตร.ม. ต่อเดือน สำหรับห้างสรรพสินค้า (CBRE Research Thailand 2013) ซึ่งค่าเช่านี้ถูกกำหนดให้ปรับขึ้นได้ในอัตรา 5% 10% 15% และ 20% ในขณะที่ค่าไฟฟ้าอยู่ที่ 3.50 บาทต่อ kWh และค่าการก่อสร้างอยู่ที่ 24,940 บาท ต่อ ตร.ม. สำหรับอาคารสำนักงาน และ 27,840 บาท ต่อ ตร.ม. สำหรับห้างสรรพสินค้า (สมาคมผู้ประเมินค่าทรัพย์สินแห่งประเทศไทย 2556) สำหรับอาคารพื้นที่ทั้งหมด 19,200 ตร.ม. โดยกำหนดให้ค่าอัตราคิดลดของธุรกิจอสังหาริมทรัพย์ (Discount Rate) อยู่ที่ 12% (สถาบันนักประเมินราคาอิสระไทย 2553) ตารางที่ 30 และ 31 แสดงสัดส่วนค่าการประหยัดพลังงานและค่าลงทุนก่อสร้างอาคารตามระดับค่า FAR BONUS ที่แตกต่างกัน

ตารางที่ 30 แสดงสัดส่วนค่าการประหยัดพลังงานและค่าก่อสร้างอาคาร ตามระดับค่า FAR BONUS สำหรับอาคารสำนักงาน

ทางเลือก	FAR BONUS (%)	TOTAL Energy Consumption (kWh/yr)	Energy Saving (%)	ค่าลงทุนวัสดุ (บาท)	ค่าก่อสร้างโครงสร้าง (บาท)	ค่าลงทุนที่เพิ่มขึ้น (บาท)	ค่าลงทุนที่เพิ่มขึ้น (%)
OA-3 Baseline		3,498,223		20,722,602	478,848,800		
OA-4	5%	3,315,064	5.24%	21,621,321	502,790,949	24,841,668	4.97%
OA-5	5%	3,157,011	9.75%	25,711,209	502,790,949	28,931,556	5.79%
OA-7	5%	2,907,853	16.88%	26,566,569	502,790,949	29,786,916	5.96%
OA-9	5%	2,957,844	15.45%	28,442,025	502,790,949	31,662,372	6.34%
OA-6	10%	2,711,213	22.50%	32,586,048	526,733,897	59,749,344	11.96%
OA-8	10%	2,871,858	17.91%	33,441,408	526,733,897	60,604,704	12.13%
OA-10	10%	2,616,570	25.20%	35,316,864	526,733,897	62,480,160	12.51%
OB-4	10%	3,315,064	5.24%	21,621,321	526,733,897	48,784,617	9.77%
OB-5	10%	3,157,011	9.75%	25,711,209	526,733,897	52,874,505	10.58%
OB-7	10%	2,907,853	16.88%	26,566,569	526,733,897	53,729,865	10.76%
OB-9	10%	2,957,844	15.45%	28,442,025	526,733,897	55,605,321	11.13%
OB-6	15%	2,711,213	22.50%	32,586,048	550,676,846	83,692,292	16.75%
OB-8	15%	2,871,858	17.91%	33,441,408	550,676,846	84,547,652	16.92%
OB-10	15%	2,616,570	25.20%	35,316,864	550,676,846	86,423,108	17.30%
OC-4	15%	3,315,064	5.24%	21,621,321	550,676,846	72,727,566	14.56%
OC-5	15%	3,157,011	9.75%	25,711,209	550,676,846	76,817,454	15.38%
OC-6	15%	2,907,853	16.88%	26,566,569	550,676,846	77,672,814	15.55%
OC-7	15%	2,957,844	15.45%	28,442,025	550,676,846	79,548,270	15.92%
OC-9	15%	2,711,213	22.50%	32,586,048	550,676,846	83,692,292	16.75%

ทางเลือก	FAR BONUS (%)	TOTAL Energy Consumption (kWh/yr)	Energy Saving (%)	ค่าลงทุนวัสดุ (บาท)	ค่าก่อสร้างโครงสร้าง (บาท)	ค่าลงทุนที่เพิ่มขึ้น (บาท)	ค่าลงทุนที่เพิ่มขึ้น (%)
OC-8	20%	2,871,858	17.91%	33,441,408	574,619,795	108,490,601	21.72%
OC-10	20%	2,616,570	25.20%	35,316,864	574,619,795	110,366,057	22.09%

ตารางที่ 31 แสดงสัดส่วนค่าการประหยัดพลังงานและค่าก่อสร้างอาคาร ตามระดับค่า FAR BONUS สำหรับห้างสรรพสินค้า

ทางเลือก	FAR BONUS (%)	TOTAL Energy Consumption (kWh/yr)	Energy Saving (%)	ค่าลงทุนวัสดุ (บาท)	ค่าก่อสร้างโครงสร้าง (บาท)	ค่าลงทุนที่เพิ่มขึ้น (บาท)	ค่าลงทุนที่เพิ่มขึ้น (%)
RA-2 Baseline		4,603,594		5,202,282	534,528,000		
RA-3	5%	4,149,763	9.86%	20,722,602	561,255,012	42,247,332	7.83%
RA-4	5%	3,911,472	15.03%	21,621,321	561,255,012	43,146,052	7.99%
RA-5	5%	3,747,092	18.61%	25,711,209	561,255,012	47,235,940	8.75%
RA-7	5%	3,557,234	22.73%	26,566,569	561,255,012	48,091,300	8.91%
RA-9	5%	3,473,082	24.56%	28,442,025	561,255,012	49,966,756	9.26%
RA-6	10%	3,440,232	25.27%	32,586,048	587,982,025	80,837,791	14.98%
RA-8	10%	3,241,182	29.59%	33,441,408	587,982,025	81,693,151	15.14%
RA-10	10%	3,150,869	31.56%	35,316,864	587,982,025	83,568,607	15.48%
RB-3	10%	4,149,763	9.86%	20,722,602	587,982,025	68,974,345	12.78%
RB-4	10%	3,911,472	15.03%	21,621,321	587,982,025	69,873,065	12.95%
RB-5	10%	3,747,092	18.61%	25,711,209	587,982,025	73,962,953	13.70%
RB-7	10%	3,557,234	22.73%	26,566,569	587,982,025	74,818,313	13.86%
RB-9	10%	3,473,082	24.56%	28,442,025	587,982,025	76,693,769	14.21%
RB-6	15%	3,440,232	25.27%	32,586,048	614,709,037	107,564,804	19.93%
RB-8	15%	3,241,182	29.59%	33,441,408	614,709,037	108,420,164	20.09%
RB-10	15%	3,150,869	31.56%	35,316,864	614,709,037	110,295,620	20.44%
RC-3	15%	4,149,763	9.86%	20,722,602	614,709,037	95,701,357	17.73%
RC-4	15%	3,911,472	15.03%	21,621,321	614,709,037	96,600,077	17.90%
RC-5	15%	3,747,092	18.61%	25,711,209	614,709,037	100,689,965	18.66%
RC-7	15%	3,557,234	22.73%	26,566,569	614,709,037	101,545,325	18.81%
RC-9	15%	3,473,082	24.56%	28,442,025	614,709,037	103,420,781	19.16%
RC-6	20%	3,440,232	25.27%	32,586,048	641,436,050	134,291,816	24.88%
RC-8	20%	3,241,182	29.59%	33,441,408	641,436,050	135,147,176	25.04%
RC-10	20%	3,150,869	31.56%	35,316,864	641,436,050	137,022,632	25.39%

ผลการวิเคราะห์ความคุ้มทุนทางเศรษฐศาสตร์ซึ่งประกอบด้วย มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) และอัตราผลตอบแทนภายใน (IRR) จะพิจารณาจาก 1) ค่าใช้จ่ายการลงทุนเลือกใช้วัสดุเปลือกอาคารและระบบไฟฟ้าส่องสว่างที่มีประสิทธิภาพสูง 2) การก่อสร้างพื้นที่อาคารที่มากขึ้นอันเนื่องจากการได้รับอัตราส่วนพื้นที่อาคารรวมต่อพื้นที่ดินเพิ่ม 3) การประหยัดค่าไฟฟ้า และ 4) ผลประโยชน์จากค่าเช่าพื้นที่เพิ่มขึ้นในระดับที่ต่างกันตั้งแต่ 5% 10% 15% และ 20% ของอาคารทางเลือกในรูปแบบต่างๆ โดยมีผลดังนี้

1.) ไม่ว่าอาคารจะได้ระดับใด หากอัตราค่าเช่าพื้นที่ได้เท่าเดิม จะมีค่า NPV น้อยกว่าศูนย์ ซึ่งถือว่าไม่น่าลงทุนในเชิงการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์
2.) อาคารระดับที่ 1 จะให้ค่า NPV สูงสุด หากอัตราค่าเช่าพื้นที่เพิ่มขึ้นเท่ากันโดยไม่คำนึงถึงระดับการประหยัดพลังงาน
3.) อาคารระดับที่ 4 จะให้ค่า NPV สูงสุด หากอัตราค่าเช่าพื้นที่เพิ่มขึ้นตามระดับการประหยัดพลังงาน

ตารางที่ 32 ถึง 41 แสดงรายละเอียดมูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) และ อัตราผลตอบแทนภายใน (IRR) สำหรับอาคารสำนักงานและห้างสรรพสินค้าในแต่ละทางเลือก ภาพที่ 10 และ 11 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างระดับอาคารประหยัดพลังงาน ค่า NPV และค่าเช่าพื้นที่ที่เพิ่มขึ้นของอาคารสำนักงานและห้างสรรพสินค้าตามลำดับ

ตารางที่ 32 แสดงการวิเคราะห์ค่า NPV และ IRR ของอาคารสำนักงาน : ค่าเช่าเท่าเดิม

ทางเลือก	ระดับ TREES	FAR BONUS (%)	ค่าลงทุนที่เพิ่มขึ้น (บาท)	ผลประโยชน์จากค่าไฟฟ้าและค่าเช่า (บาท)	ระยะเวลาคุ้มทุน (ปี)	มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (บาท)	อัตราผลตอบแทนภายใน (%)
OA-3	ไม่ผ่าน	Baseline					
OA-4	ระดับ 1	5%	24,841,668	1,224,270	20.29	-15,697,053	0%
OA-5	ระดับ 1	5%	28,931,556	1,777,455	16.28	-15,654,954	2%
OA-7	ระดับ 1	5%	29,786,916	2,474,540	12.04	-11,303,480	5%
OA-9	ระดับ 1	5%	31,662,372	2,775,491	11.41	-10,931,000	6%
OA-6	ระดับ 2	10%	59,749,344	3,232,722	18.48	-35,602,711	1%
OA-8	ระดับ 2	10%	60,604,704	3,920,962	15.46	-31,317,301	3%
OA-10	ระดับ 2	10%	62,480,160	4,252,212	14.69	-30,718,500	3%
OB-4	ระดับ 2	10%	48,784,617	1,807,483	26.99	-35,283,723	-3%
OB-5	ระดับ 2	10%	52,874,505	2,360,669	22.40	-35,241,623	-1%
OB-7	ระดับ 2	10%	53,729,865	3,057,753	17.57	-30,890,150	1%
OB-9	ระดับ 2	10%	55,605,321	3,358,704	16.56	-30,517,669	2%
OB-6	ระดับ 3	15%	83,692,292	3,815,935	21.93	-55,189,380	-1%
OB-8	ระดับ 3	15%	84,547,652	4,504,175	18.77	-50,903,970	1%

ทางเลือก	ระดับ TREES	FAR BONUS (%)	ค่าลงทุนที่เพิ่มขึ้น (บาท)	ผลประโยชน์จากค่าไฟฟ้าและค่าเช่า (บาท)	ระยะเวลาคุ้มทุน (ปี)	มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (บาท)	อัตราผลตอบแทนภายใน (%)
OB-10	ระดับ 3	15%	86,423,108	4,835,426	17.87	-50,305,169	1%
OC-4	ระดับ 3	15%	72,727,566	2,390,697	30.42	-54,870,392	-4%
OC-5	ระดับ 3	15%	76,817,454	2,943,882	26.09	-54,828,292	-2%
OC-6	ระดับ 3	15%	83,692,292	3,815,935	21.93	-55,189,380	-1%
OC-7	ระดับ 3	15%	77,672,814	3,640,967	21.33	-50,476,819	-1%
OC-9	ระดับ 3	15%	79,548,270	3,941,918	20.18	-50,104,338	0%
OC-8	ระดับ 4	20%	108,490,601	5,087,388	21.33	-70,490,640	-1%
OC-10	ระดับ 4	20%	110,366,057	5,418,639	20.37	-69,891,839	0%

ตารางที่ 33 แสดงการวิเคราะห์ค่า NPV และ IRR ของอาคารสำนักงาน : ค่าเช่าเพิ่ม 5%

ทางเลือก	ระดับ TREES	FAR BONUS (%)	ค่าลงทุนที่เพิ่มขึ้น (บาท)	ผลประโยชน์จากค่าไฟฟ้าและค่าเช่า (บาท)	ระยะเวลาคุ้มทุน (ปี)	มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (บาท)	อัตราผลตอบแทนภายใน (%)
OA-3	ไม่ผ่าน	Baseline					
OA-4	ระดับ 1	5%	24,841,668	6,502,231	3.82	23,726,376	26%
OA-5	ระดับ 1	5%	28,931,556	7,055,416	4.10	23,768,476	24%
OA-7	ระดับ 1	5%	29,786,916	7,752,501	3.84	28,119,949	26%
OA-9	ระดับ 1	5%	31,662,372	8,053,452	3.93	28,492,430	25%
OA-6	ระดับ 2	10%	59,749,344	8,539,843	7.00	4,038,533	13%
OA-8	ระดับ 2	10%	60,604,704	9,228,083	6.57	8,323,943	14%
OA-10	ระดับ 2	10%	62,480,160	9,559,334	6.54	8,922,744	14%
OB-4	ระดับ 2	10%	48,784,617	6,502,231	6.86	4,357,521	13%
OB-5	ระดับ 2	10%	52,874,505	7,055,416	6.90	4,399,621	13%
OB-7	ระดับ 2	10%	53,729,865	7,752,501	6.42	8,751,094	15%
OB-9	ระดับ 2	10%	55,605,321	8,053,452	6.42	9,123,575	15%
OB-6	ระดับ 3	15%	83,692,292	8,539,843	9.14	-15,330,323	9%
OB-8	ระดับ 3	15%	84,547,652	9,228,083	8.59	-11,044,913	10%
OB-10	ระดับ 3	15%	86,423,108	9,559,334	8.50	-10,446,112	10%
OC-4	ระดับ 3	15%	72,727,566	7,726,979	9.41	-15,011,335	9%
OC-5	ระดับ 3	15%	76,817,454	8,280,164	9.28	-14,969,235	9%
OC-6	ระดับ 3	15%	83,692,292	9,152,217	9.14	-15,330,323	9%
OC-7	ระดับ 3	15%	77,672,814	8,977,249	8.65	-10,617,761	10%
OC-9	ระดับ 3	15%	79,548,270	9,278,200	8.57	-10,245,281	10%
OC-8	ระดับ 4	20%	108,490,601	10,452,831	10.38	-30,413,768	7%
OC-10	ระดับ 4	20%	110,366,057	10,784,082	10.23	-29,814,967	7%

ตารางที่ 34 แสดงการวิเคราะห์ค่า NPV และ IRR ของอาคารสำนักงาน : ค่าเช่าเพิ่ม 10%

ทางเลือก	ระดับ TREES	FAR BONUS (%)	ค่าลงทุนที่เพิ่มขึ้น (บาท)	ผลประโยชน์จากค่าไฟฟ้าและค่าเช่า (บาท)	ระยะเวลาคุ้มทุน (ปี)	มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (บาท)	อัตราผลตอบแทนภายใน (%)
OA-3	ไม่ผ่าน	Baseline					
OA-4	ระดับ 1	5%	24,841,668	11,780,191	2.11	63,149,806	47%
OA-5	ระดับ 1	5%	28,931,556	12,333,377	2.35	63,191,906	43%
OA-7	ระดับ 1	5%	29,786,916	13,030,461	2.29	67,543,379	44%
OA-9	ระดับ 1	5%	31,662,372	13,331,412	2.38	67,915,860	42%
OA-6	ระดับ 2	10%	59,749,344	13,846,964	4.31	43,679,776	23%
OA-8	ระดับ 2	10%	60,604,704	14,535,204	4.17	47,965,186	24%
OA-10	ระดับ 2	10%	62,480,160	14,866,455	4.20	48,563,987	23%
OB-4	ระดับ 2	10%	48,784,617	12,421,726	3.93	43,998,764	25%
OB-5	ระดับ 2	10%	52,874,505	12,974,911	4.08	44,040,864	24%
OB-7	ระดับ 2	10%	53,729,865	13,671,996	3.93	48,392,338	25%
OB-9	ระดับ 2	10%	55,605,321	13,972,947	3.98	48,764,818	25%
OB-6	ระดับ 3	15%	83,692,292	14,488,499	5.78	24,528,735	16%
OB-8	ระดับ 3	15%	84,547,652	15,176,739	5.57	28,814,145	17%
OB-10	ระดับ 3	15%	86,423,108	15,507,990	5.57	29,412,946	17%
OC-4	ระดับ 3	15%	72,727,566	13,063,261	5.57	24,847,723	17%
OC-5	ระดับ 3	15%	76,817,454	13,616,446	5.64	24,889,823	17%
OC-6	ระดับ 3	15%	83,692,292	14,488,499	5.78	24,528,735	16%
OC-7	ระดับ 3	15%	77,672,814	14,313,531	5.43	29,241,296	18%
OC-9	ระดับ 3	15%	79,548,270	14,614,482	5.44	29,613,777	18%
OC-8	ระดับ 4	20%	108,490,601	15,818,274	6.86	9,663,103	13%
OC-10	ระดับ 4	20%	110,366,057	16,149,524	6.83	10,261,904	13%

ตารางที่ 35 แสดงการวิเคราะห์ค่า NPV และ IRR ของอาคารสำนักงาน : ค่าเช่าเพิ่ม 15%

ทางเลือก	ระดับ TREES	FAR BONUS (%)	ค่าลงทุนที่เพิ่มขึ้น (บาท)	ผลประโยชน์จากค่าไฟฟ้าและค่าเช่า (บาท)	ระยะเวลาคุ้มทุน (ปี)	มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (บาท)	อัตราผลตอบแทนภายใน (%)
OA-3	ไม่ผ่าน	Baseline					
OA-4	ระดับ 1	5%	24,841,668	17,058,152	1.46	102,573,235	69%
OA-5	ระดับ 1	5%	28,931,556	17,611,337	1.64	102,615,335	61%
OA-7	ระดับ 1	5%	29,786,916	18,308,422	1.63	106,966,809	61%
OA-9	ระดับ 1	5%	31,662,372	18,609,373	1.70	107,339,289	59%
OA-6	ระดับ 2	10%	59,749,344	19,154,086	3.12	83,321,020	32%
OA-8	ระดับ 2	10%	60,604,704	19,842,326	3.05	87,606,430	33%
OA-10	ระดับ 2	10%	62,480,160	20,173,576	3.10	88,205,231	32%

ทางเลือก	ระดับ TREES	FAR BONUS (%)	ค่าลงทุนที่เพิ่มขึ้น (บาท)	ผลประโยชน์จากค่าไฟฟ้าและค่าเช่า (บาท)	ระยะเวลาคุ้มทุน (ปี)	มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (บาท)	อัตราผลตอบแทนภายใน (%)
OB-4	ระดับ 2	10%	48,784,617	17,728,847	2.75	83,640,008	36%
OB-5	ระดับ 2	10%	52,874,505	18,282,033	2.89	83,682,108	34%
OB-7	ระดับ 2	10%	53,729,865	18,979,117	2.83	88,033,581	35%
OB-9	ระดับ 2	10%	55,605,321	19,280,068	2.88	88,406,062	35%
OB-6	ระดับ 3	15%	83,692,292	19,824,781	4.22	64,387,793	23%
OB-8	ระดับ 3	15%	84,547,652	20,513,021	4.12	68,673,202	24%
OB-10	ระดับ 3	15%	86,423,108	20,844,272	4.15	69,272,003	24%
OC-4	ระดับ 3	15%	72,727,566	18,399,543	3.95	64,706,781	25%
OC-5	ระดับ 3	15%	76,817,454	18,952,728	4.05	64,748,881	24%
OC-6	ระดับ 3	15%	83,692,292	19,824,781	4.22	64,387,793	23%
OC-7	ระดับ 3	15%	77,672,814	19,649,813	3.95	69,100,354	25%
OC-9	ระดับ 3	15%	79,548,270	19,950,764	3.99	69,472,834	25%
OC-8	ระดับ 4	20%	108,490,601	21,183,716	5.12	49,739,975	19%
OC-10	ระดับ 4	20%	110,366,057	21,514,967	5.13	50,338,776	19%

ตารางที่ 36 แสดงการวิเคราะห์ค่า NPV และ IRR ของอาคารสำนักงาน : ค่าเช่าเพิ่ม 20%

ทางเลือก	ระดับ TREES	FAR BONUS (%)	ค่าลงทุนที่เพิ่มขึ้น (บาท)	ผลประโยชน์จากค่าไฟฟ้าและค่าเช่า (บาท)	ระยะเวลาคุ้มทุน (ปี)	มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (บาท)	อัตราผลตอบแทนภายใน (%)
OA-3	ไม่ผ่าน	Baseline					
OA-4	ระดับ 1	5%	24,841,668	23,942,949	1.11	141,996,665	90%
OA-5	ระดับ 1	5%	28,931,556	23,942,949	1.26	142,038,765	79%
OA-7	ระดับ 1	5%	29,786,916	23,942,949	1.26	146,390,238	79%
OA-9	ระดับ 1	5%	31,662,372	23,942,949	1.33	146,762,719	75%
OA-6	ระดับ 2	10%	59,749,344	47,885,897	2.44	122,962,264	41%
OA-8	ระดับ 2	10%	60,604,704	47,885,897	2.41	127,247,673	41%
OA-10	ระดับ 2	10%	62,480,160	47,885,897	2.45	127,846,474	41%
OB-4	ระดับ 2	10%	48,784,617	23,035,969	2.12	123,281,252	47%
OB-5	ระดับ 2	10%	52,874,505	23,589,154	2.24	123,323,352	45%
OB-7	ระดับ 2	10%	53,729,865	24,286,239	2.21	127,674,825	45%
OB-9	ระดับ 2	10%	55,605,321	24,587,190	2.26	128,047,306	44%
OB-6	ระดับ 3	15%	83,692,292	25,161,063	3.33	104,246,850	30%
OB-8	ระดับ 3	15%	84,547,652	25,849,303	3.27	108,532,260	30%
OB-10	ระดับ 3	15%	86,423,108	26,180,554	3.30	109,131,061	30%
OC-4	ระดับ 3	15%	72,727,566	23,735,825	3.06	104,565,838	33%
OC-5	ระดับ 3	15%	76,817,454	24,289,010	3.16	104,607,938	31%

ทางเลือก	ระดับ TREES	FAR BONUS (%)	ค่าลงทุนที่เพิ่มขึ้น (บาท)	ผลประโยชน์จากค่าไฟฟ้าและค่าเช่า (บาท)	ระยะเวลาคุ้มทุน (ปี)	มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (บาท)	อัตราผลตอบแทนภายใน (%)
OC-6	ระดับ 3	15%	83,692,292	25,161,063	3.33	104,246,850	30%
OC-7	ระดับ 3	15%	77,672,814	24,986,095	3.11	108,959,412	32%
OC-9	ระดับ 3	15%	79,548,270	25,287,046	3.15	109,331,892	32%
OC-8	ระดับ 4	20%	108,490,601	26,549,159	4.09	89,816,847	24%
OC-10	ระดับ 4	20%	110,366,057	26,880,410	4.11	90,415,648	24%

ตารางที่ 37 แสดงการวิเคราะห์ค่า NPV และ IRR ของห้างสรรพสินค้า : ค่าเช่าเท่าเดิม

ทางเลือก	ระดับ TREES	FAR BONUS (%)	ค่าลงทุนที่เพิ่มขึ้น (บาท)	ผลประโยชน์จากค่าไฟฟ้าและค่าเช่า (บาท)	ระยะเวลาคุ้มทุน (ปี)	มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (บาท)	อัตราผลตอบแทนภายใน (%)
RA-2	ไม่ผ่าน	Baseline					
RA-3	ระดับ 1	5%	42,247,332	3,748,458	11.27	-14,248,437	6.22%
RA-4	ระดับ 1	5%	43,146,052	4,582,477	9.42	-8,917,502	8.57%
RA-5	ระดับ 1	5%	47,235,940	5,157,807	9.16	-8,709,995	8.95%
RA-7	ระดับ 1	5%	48,091,300	5,822,310	8.26	-4,601,887	10.45%
RA-9	ระดับ 1	5%	49,966,756	6,116,842	8.17	-4,277,353	10.61%
RA-6	ระดับ 2	10%	80,837,791	8,391,866	9.63	-18,155,221	8.26%
RA-8	ระดับ 2	10%	81,693,151	9,088,541	8.99	-13,806,807	9.22%
RA-10	ระดับ 2	10%	83,568,607	9,404,637	8.89	-13,321,205	9.38%
RB-3	ระดับ 2	10%	68,974,345	5,908,508	11.67	-24,841,081	5.78%
RB-4	ระดับ 2	10%	69,873,065	6,742,526	10.36	-19,510,147	7.29%
RB-5	ระดับ 2	10%	73,962,953	7,317,856	10.11	-19,302,640	7.61%
RB-7	ระดับ 2	10%	74,818,313	7,982,359	9.37	-15,194,532	8.63%
RB-9	ระดับ 2	10%	76,693,769	8,276,891	9.27	-14,869,998	8.79%
RB-6	ระดับ 3	15%	107,564,804	10,551,916	10.19	-28,747,866	7.50%
RB-8	ระดับ 3	15%	108,420,164	11,248,591	9.64	-24,399,451	8.25%
RB-10	ระดับ 3	15%	110,295,620	11,564,686	9.54	-23,913,850	8.39%
RC-3	ระดับ 3	15%	95,701,357	8,068,557	11.86	-35,433,726	5.59%
RC-4	ระดับ 3	15%	96,600,077	8,902,576	10.85	-30,102,791	6.69%
RC-5	ระดับ 3	15%	100,689,965	9,477,906	10.62	-29,895,284	6.96%
RC-7	ระดับ 3	15%	101,545,325	10,142,409	10.01	-25,787,176	7.74%
RC-9	ระดับ 3	15%	103,420,781	10,436,941	9.91	-25,462,642	7.88%
RC-6	ระดับ 4	20%	134,291,816	12,711,965	10.56	-39,340,510	7.04%
RC-8	ระดับ 4	20%	135,147,176	13,408,640	10.08	-34,992,096	7.65%
RC-10	ระดับ 4	20%	137,022,632	13,724,736	9.98	-34,506,494	7.78%

ตารางที่ 38 แสดงการวิเคราะห์ค่า NPV และ IRR ของห้างสรรพสินค้า : ค่าเช่าเพิ่ม 5%

ทางเลือก	ระดับ TREES	FAR BONUS (%)	ค่าลงทุนที่เพิ่มขึ้น (บาท)	ผลประโยชน์จากค่าไฟฟ้าและค่าเช่า (บาท)	ระยะเวลาคุ้มทุน (ปี)	มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (บาท)	อัตราผลตอบแทนภายใน (%)
RA-2	ไม่ผ่าน	Baseline					
RA-3	ระดับ 1	5%	42,247,332	23,296,460	1.81	131,764,266	55.13%
RA-4	ระดับ 1	5%	43,146,052	24,130,479	1.79	137,095,200	55.92%
RA-5	ระดับ 1	5%	47,235,940	24,705,809	1.91	137,302,707	52.29%
RA-7	ระดับ 1	5%	48,091,300	25,370,312	1.90	141,410,815	52.74%
RA-9	ระดับ 1	5%	49,966,756	25,664,844	1.95	141,735,349	51.35%
RA-6	ระดับ 2	10%	80,837,791	28,047,871	2.88	128,664,200	34.61%
RA-8	ระดับ 2	10%	81,693,151	28,744,546	2.84	133,012,614	35.10%
RA-10	ระดับ 2	10%	83,568,607	29,060,641	2.88	133,498,216	34.68%
RB-3	ระดับ 2	10%	68,974,345	25,564,512	2.70	121,978,340	37.00%
RB-4	ระดับ 2	10%	69,873,065	26,398,531	2.65	127,309,274	37.72%
RB-5	ระดับ 2	10%	73,962,953	26,973,861	2.74	127,516,781	36.40%
RB-7	ระดับ 2	10%	74,818,313	27,638,364	2.71	131,624,889	36.87%
RB-9	ระดับ 2	10%	76,693,769	27,932,896	2.75	131,949,423	36.35%
RB-6	ระดับ 3	15%	107,564,804	30,315,923	3.55	118,878,274	27.98%
RB-8	ระดับ 3	15%	108,420,164	31,012,598	3.50	123,226,688	28.41%
RB-10	ระดับ 3	15%	110,295,620	31,328,693	3.52	123,712,290	28.21%
RC-3	ระดับ 3	15%	95,701,357	27,832,564	3.44	112,192,413	28.90%
RC-4	ระดับ 3	15%	96,600,077	28,666,583	3.37	117,523,348	29.51%
RC-5	ระดับ 3	15%	100,689,965	29,241,913	3.44	117,730,855	28.86%
RC-7	ระดับ 3	15%	101,545,325	29,906,416	3.40	121,838,963	29.28%
RC-9	ระดับ 3	15%	103,420,781	30,200,948	3.42	122,163,497	29.02%
RC-6	ระดับ 4	20%	134,291,816	32,583,975	4.12	109,092,347	23.93%
RC-8	ระดับ 4	20%	135,147,176	33,280,650	4.06	113,440,762	24.31%
RC-10	ระดับ 4	20%	137,022,632	33,596,745	4.08	113,926,364	24.20%

CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตารางที่ 39 แสดงการวิเคราะห์ค่า NPV และ IRR ของห้างสรรพสินค้า : ค่าเช่าเพิ่ม 10%

ทางเลือก	ระดับ TREES	FAR BONUS (%)	ค่าลงทุนที่เพิ่มขึ้น (บาท)	ผลประโยชน์จากค่าไฟฟ้าและค่าเช่า (บาท)	ระยะเวลาคุ้มทุน (ปี)	มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (บาท)	อัตราผลตอบแทนภายใน (%)
RA-2	ไม่ผ่าน	Baseline					
RA-3	ระดับ 1	5%	42,247,332	42,844,463	0.99	277,776,968	101.41%
RA-4	ระดับ 1	5%	43,146,052	43,678,481	0.99	283,107,903	101.23%
RA-5	ระดับ 1	5%	47,235,940	44,253,811	1.07	283,315,410	93.69%
RA-7	ระดับ 1	5%	48,091,300	44,918,314	1.07	287,423,517	93.40%

ทางเลือก	ระดับ TREES	FAR BONUS (%)	ค่าลงทุนที่เพิ่มขึ้น (บาท)	ผลประโยชน์จากค่าไฟฟ้าและค่าเช่า (บาท)	ระยะเวลาคุ้มทุน (ปี)	มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (บาท)	อัตราผลตอบแทนภายใน (%)
RA-9	ระดับ 1	5%	49,966,756	45,212,846	1.11	287,748,052	90.49%
RA-6	ระดับ 2	10%	80,837,791	47,703,876	1.69	275,483,620	59.01%
RA-8	ระดับ 2	10%	81,693,151	48,400,551	1.69	279,832,035	59.24%
RA-10	ระดับ 2	10%	83,568,607	48,716,646	1.72	280,317,637	58.29%
RB-3	ระดับ 2	10%	68,974,345	45,220,517	1.53	268,797,760	65.56%
RB-4	ระดับ 2	10%	69,873,065	46,054,536	1.52	274,128,695	65.91%
RB-5	ระดับ 2	10%	73,962,953	46,629,866	1.59	274,336,202	63.04%
RB-7	ระดับ 2	10%	74,818,313	47,294,369	1.58	278,444,310	63.21%
RB-9	ระดับ 2	10%	76,693,769	47,588,901	1.61	278,768,844	62.05%
RB-6	ระดับ 3	15%	107,564,804	50,079,930	2.15	266,504,413	46.54%
RB-8	ระดับ 3	15%	108,420,164	50,776,605	2.14	270,852,827	46.81%
RB-10	ระดับ 3	15%	110,295,620	51,092,701	2.16	271,338,429	46.30%
RC-3	ระดับ 3	15%	95,701,357	47,596,572	2.01	259,818,553	49.72%
RC-4	ระดับ 3	15%	96,600,077	48,430,590	1.99	265,149,487	50.12%
RC-5	ระดับ 3	15%	100,689,965	49,005,920	2.05	265,356,994	48.65%
RC-7	ระดับ 3	15%	101,545,325	49,670,423	2.04	269,465,102	48.90%
RC-9	ระดับ 3	15%	103,420,781	49,964,955	2.07	269,789,636	48.29%
RC-6	ระดับ 4	20%	134,291,816	52,455,985	2.56	257,525,205	39.01%
RC-8	ระดับ 4	20%	135,147,176	53,152,660	2.54	261,873,620	39.28%
RC-10	ระดับ 4	20%	137,022,632	53,468,755	2.56	262,359,221	38.97%

ตารางที่ 40 แสดงการวิเคราะห์ค่า NPV และ IRR ของห้างสรรพสินค้า : ค่าเช่าเพิ่ม 15%

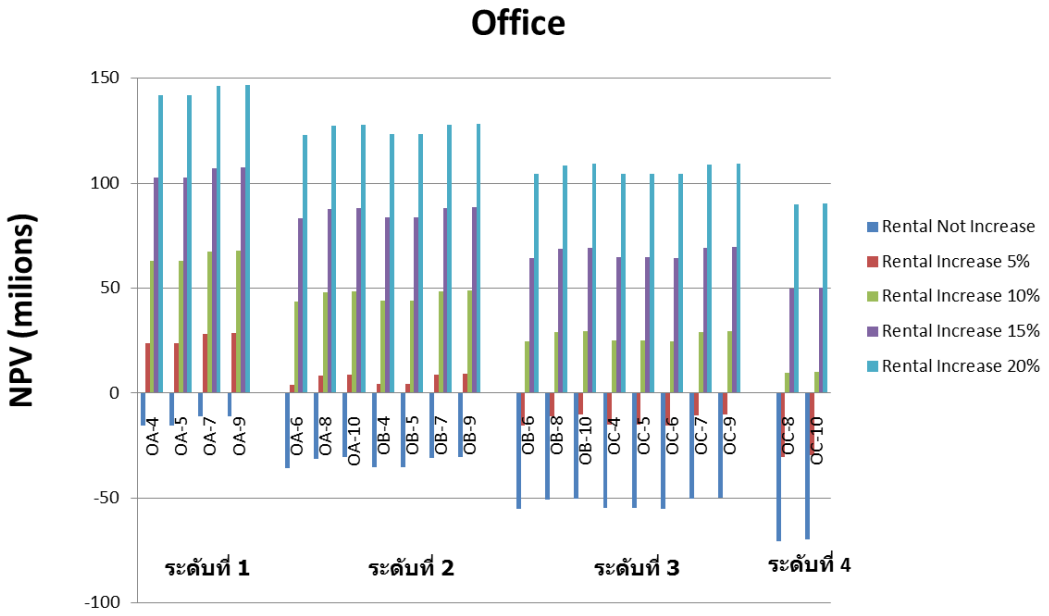
ทางเลือก	ระดับ TREES	FAR BONUS (%)	ค่าลงทุนที่เพิ่มขึ้น (บาท)	ผลประโยชน์จากค่าไฟฟ้าและค่าเช่า (บาท)	ระยะเวลาคุ้มทุน (ปี)	มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (บาท)	อัตราผลตอบแทนภายใน (%)
RA-2	ไม่ผ่าน	Baseline					
RA-3	ระดับ 1	5%	42,247,332	62,392,465	0.68	423,789,671	147.68%
RA-4	ระดับ 1	5%	43,146,052	63,226,484	0.68	429,120,605	146.54%
RA-5	ระดับ 1	5%	47,235,940	63,801,814	0.74	429,328,112	135.07%
RA-7	ระดับ 1	5%	48,091,300	64,466,317	0.75	433,436,220	134.05%
RA-9	ระดับ 1	5%	49,966,756	64,760,849	0.77	433,760,754	129.61%
RA-6	ระดับ 2	10%	80,837,791	67,359,881	1.20	422,303,041	83.33%
RA-8	ระดับ 2	10%	81,693,151	68,056,556	1.20	426,651,456	83.31%
RA-10	ระดับ 2	10%	83,568,607	68,372,651	1.22	427,137,057	81.82%
RB-3	ระดับ 2	10%	68,974,345	64,876,522	1.06	415,617,181	94.06%
RB-4	ระดับ 2	10%	69,873,065	65,710,541	1.06	420,948,116	94.04%
RB-5	ระดับ 2	10%	73,962,953	66,285,871	1.12	421,155,623	89.62%

ทางเลือก	ระดับ TREES	FAR BONUS (%)	ค่าลงทุนที่เพิ่มขึ้น (บาท)	ผลประโยชน์จากค่าไฟฟ้าและค่าเช่า (บาท)	ระยะเวลาคุ้มทุน (ปี)	มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (บาท)	อัตราผลตอบแทนภายใน (%)
RB-6	ระดับ 3	15%	107,564,804	69,843,938	1.54	414,130,552	64.93%
RB-7	ระดับ 2	10%	74,818,313	66,950,374	1.12	425,263,731	89.48%
RB-9	ระดับ 2	10%	76,693,769	67,244,906	1.14	425,588,265	87.68%
RB-8	ระดับ 3	15%	108,420,164	70,540,613	1.54	418,478,967	65.06%
RB-10	ระดับ 3	15%	110,295,620	70,856,708	1.56	418,964,568	64.24%
RC-3	ระดับ 3	15%	95,701,357	67,360,579	1.42	407,444,692	70.38%
RC-4	ระดับ 3	15%	96,600,077	68,194,598	1.42	412,775,627	70.59%
RC-5	ระดับ 3	15%	100,689,965	68,769,928	1.46	412,983,134	68.30%
RC-7	ระดับ 3	15%	101,545,325	69,434,431	1.46	417,091,241	68.38%
RC-9	ระดับ 3	15%	103,420,781	69,728,963	1.48	417,415,775	67.42%
RC-6	ระดับ 4	20%	134,291,816	72,327,995	1.86	405,958,063	53.85%
RC-8	ระดับ 4	20%	135,147,176	73,024,670	1.85	410,306,477	54.02%
RC-10	ระดับ 4	20%	137,022,632	73,340,765	1.87	410,792,079	53.51%

ตารางที่ 41 แสดงการวิเคราะห์ค่า NPV และ IRR ของห้างสรรพสินค้า : ค่าเช่าเพิ่ม 20%

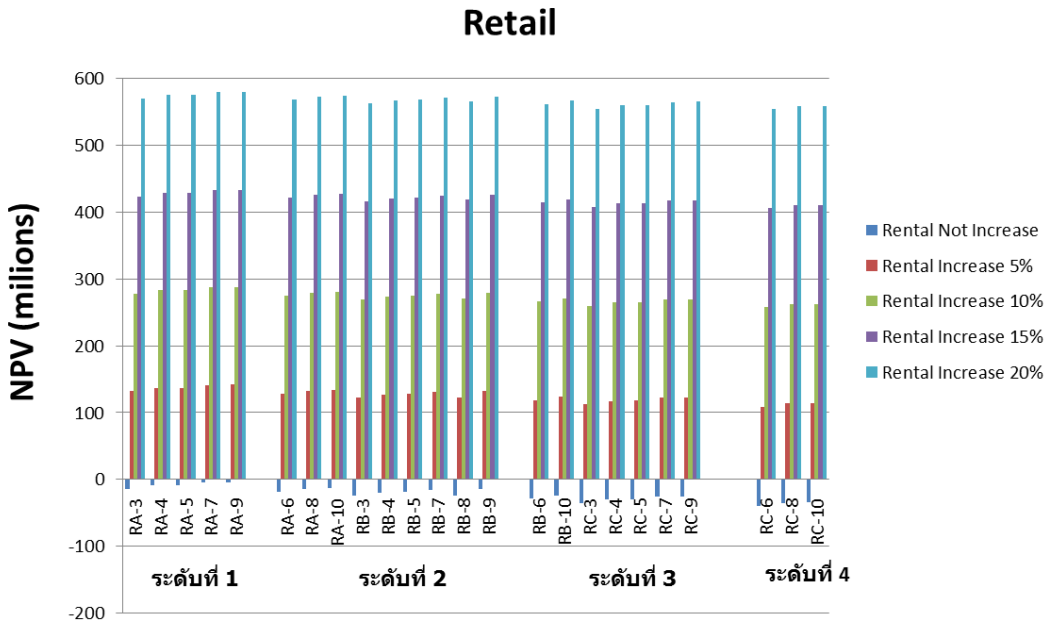
ทางเลือก	ระดับ TREES	FAR BONUS (%)	ค่าลงทุนที่เพิ่มขึ้น (บาท)	ผลประโยชน์จากค่าไฟฟ้าและค่าเช่า (บาท)	ระยะเวลาคุ้มทุน (ปี)	มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (บาท)	อัตราผลตอบแทนภายใน (%)
RA-2	ไม่ผ่าน	Baseline					
RA-3	ระดับ 1	5%	42,247,332	81,940,468	0.52	569,802,373	193.95%
RA-4	ระดับ 1	5%	43,146,052	82,774,486	0.52	575,133,308	191.85%
RA-5	ระดับ 1	5%	47,235,940	83,349,816	0.57	575,340,815	176.45%
RA-7	ระดับ 1	5%	48,091,300	84,014,319	0.57	579,448,922	174.70%
RA-9	ระดับ 1	5%	49,966,756	84,308,851	0.59	579,773,457	168.73%
RA-6	ระดับ 2	10%	80,837,791	87,015,886	0.93	569,122,462	107.64%
RA-8	ระดับ 2	10%	81,693,151	87,712,561	0.93	573,470,877	107.37%
RA-10	ระดับ 2	10%	83,568,607	88,028,656	0.95	573,956,478	105.34%
RB-3	ระดับ 2	10%	68,974,345	84,532,527	0.82	562,436,602	122.56%
RB-4	ระดับ 2	10%	69,873,065	85,366,546	0.82	567,767,537	122.17%
RB-5	ระดับ 2	10%	73,962,953	85,941,876	0.86	567,975,044	116.20%
RB-7	ระดับ 2	10%	74,818,313	86,606,379	0.86	572,083,151	115.76%
RB-9	ระดับ 2	10%	76,693,769	86,900,911	0.88	572,407,686	113.31%
RB-6	ระดับ 3	15%	107,564,804	89,607,945	1.20	561,756,691	83.31%
RB-8	ระดับ 3	15%	108,420,164	90,304,620	1.20	566,105,106	83.29%
RB-10	ระดับ 3	15%	110,295,620	90,620,716	1.22	566,590,707	82.16%
RC-3	ระดับ 3	15%	95,701,357	87,124,587	1.10	555,070,831	91.04%

ทางเลือก	ระดับ TREES	FAR BONUS (%)	ค่าลงทุนที่เพิ่มขึ้น (บาท)	ผลประโยชน์จากค่าไฟฟ้าและค่าเช่า (บาท)	ระยะเวลาคุ้มทุน (ปี)	มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (บาท)	อัตราผลตอบแทนภายใน (%)
RC-4	ระดับ 3	15%	96,600,077	87,958,605	1.10	560,401,766	91.05%
RC-5	ระดับ 3	15%	100,689,965	88,533,935	1.14	560,609,273	87.93%
RC-7	ระดับ 3	15%	101,545,325	89,198,438	1.14	564,717,381	87.84%
RC-9	ระดับ 3	15%	103,420,781	89,492,970	1.16	565,041,915	86.53%
RC-6	ระดับ 4	20%	134,291,816	92,200,005	1.46	554,390,920	68.65%
RC-8	ระดับ 4	20%	135,147,176	92,896,680	1.45	558,739,335	68.74%
RC-10	ระดับ 4	20%	137,022,632	93,212,775	1.47	559,224,936	68.03%



ภาพที่ 10 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างระดับอาคาร ค่าเช่าพื้นที่ และค่า NPV ของอาคารสำนักงาน

Chulalongkorn University



ภาพที่ 11 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างระดับอาคาร ค่าเช่าพื้นที่ และค่า NPV ของห้างสรรพสินค้า

4.5 การเปรียบเทียบผลจากแบบสอบถาม

จากการเก็บข้อมูลจากผู้ประกอบการที่เกี่ยวข้องกับอาคารเขียวซึ่งเข้าร่วมเสวนา Thai Green Building Business Networking ซึ่งจัดที่อาคารสถาปนิกสยาม ในวันที่ 3 เมษายน 2557 โดยการแจกแบบสอบถามที่แสดงผลจากการวิจัยทั้งหมด 50 ชุด และแบบสอบถามกลับมาเป็นจำนวน 12 ชุด ประกอบไปด้วย

เจ้าของโครงการ	ไม่มี
ที่ปรึกษาโครงการ	3 ชุด
ผู้ประเมินค่าทรัพย์สินโครงการ	1 ชุด
วิศวกรและสถาปนิก	7 ชุด
Supplier	1 ชุด

โดยข้อมูลที่ได้รับจากแบบสอบถามมีรายละเอียดดังนี้

- 6 คน เคยมีส่วนร่วมพิจารณาการลงทุนด้านอาคารเขียว
- 11 คน มีความเห็นว่าผลจากการวิจัยที่เกี่ยวข้องระหว่างค่า FAR BONUS และผลตอบแทนทางเศรษฐศาสตร์มีผลต่อการตัดสินใจในการกำหนดการประหยัดพลังงานของอาคารเพื่อให้ได้ FAR BONUS ในระดับที่สูงขึ้น

- 10 คน มีความยินดีที่จะจ่ายค่าเช่าในอัตราที่มากกว่าปกติสำหรับอาคารที่ได้รับรองการประหยัดพลังงาน
- 8 คน มีความคิดว่าการเพิ่มค่าเช่าที่ 10% เป็นอัตราที่เหมาะสมสำหรับอาคารที่ได้รับรองการประหยัดพลังงาน
- 10 คน มีความคิดว่าค่าเช่าพื้นที่ควรเพิ่มตามระดับของการเป็นอาคารประหยัดพลังงาน

ตารางที่ 42 แสดงผลจากแบบสอบถามเรื่องการส่งเสริมการก่อสร้างอาคารอนุรักษ์พลังงานด้วยการเพิ่มอัตราส่วนพื้นที่อาคารรวมต่อพื้นที่ดิน (FAR BONUS)

#	เจ้าของโครงการ	ที่ปรึกษาโครงการ	ผู้ประเมินค่าทรัพย์สิน	วิศวกร/สถาปนิก	Supplier	เคยมีส่วนร่วมงานอาคารเขียว	ไม่เคยมีส่วนร่วมงานอาคารเขียว	ทราบเกี่ยวกับผังเมืองรวมและ FAR BONUS	ไม่ทราบเกี่ยวกับผังเมืองรวมและ FAR BONUS	คิดว่ามาตรการการให้ FAR BONUS น่าสนใจ	คิดว่ามาตรการการให้ FAR BONUS ไม่น่าสนใจ	**ผลจากวิจัยมีผลต่อการตัดสินใจกำหนดการประหยัดพลังงาน**	ผลจากวิจัยไม่มีผลต่อการตัดสินใจกำหนดการประหยัดพลังงาน	การให้สิทธิพิเศษด้านภาษี	การร่นระยะเวลาการขออนุญาต	การให้ความช่วยเหลือด้านการลงทุน	การให้สิทธิ์ยกเว้นค่าธรรมเนียมการขออนุญาต	การให้บริการให้คำแนะนำและประชาสัมพันธ์	ยินดีจ่ายค่าเช่าที่มากกว่าปกติ	ไม่ยินดีจ่ายค่าเช่าที่มากกว่าปกติ	ยินดีจ่ายค่าเช่าเพิ่มขึ้น 5%	**ยินดีจ่ายค่าเช่าเพิ่มขึ้น 10%**	ยินดีจ่ายค่าเช่าเพิ่มขึ้น 15%	ยินดีจ่ายค่าเช่าเพิ่มขึ้น 20%	**เพิ่มตามระดับของการประหยัดพลังงาน**	เพิ่มเท่ากันทุกระดับการประหยัดพลังงาน
1					x		x	x		x		x		x						x			x			x	
2		x					x	x		x		x		x						x		x					x
3				x			x		x		x	x				x				x			x			x	
4		x				x		x		x		x	x	x		x	x			x			x			x	
5				x		x		x			x	x				x				x			x			x	
6				x			x	x		x		x		x							x	x	x			x	
7		x		x		x			x	x		x				x	x	x	x			x				x	
8				x		x			x	x		x		x		x	x		x				x			x	
9				x			x		x	x		x		x	x		x		x				x				x
10							x		x	x		x		x	x	x	x	x			x			x		x	
11			x			x		x		x		x		x			x	x	x				x			x	
12				x		x			x	x		x		x		x		x	x				x			x	
Total	0	3	1	7	1	6	6	6	6	10	2	11	1	9	2	7	6	4	10	2	3	8	1	0	10	2
%	0%	25%	8%	58%	8%	50%	50%	50%	50%	83%	17%	92%	8%	75%	17%	58%	50%	33%	83%	17%	25%	67%	8%	0%	83%	17%

โดยผู้ตอบแบบสอบถามมีความคิดเห็นต่อผลการวิเคราะห์ที่แสดงให้เห็นว่าการออกแบบอาคารประหยัดพลังงานในระดับที่ 1 ที่ได้รับ FAR BONUS เพียง 5% จะให้ผลตอบแทนทางเศรษฐศาสตร์มากกว่าการออกแบบให้อาคารประหยัดพลังงานเพื่อให้ได้รับ FAR BONUS ในระดับที่สูงกว่า ดังนี้

- ควรให้ผลตอบแทนทางเศรษฐศาสตร์เป็นไปตาม FAR BONUS ให้ได้
- ควรหาสิ่งจูงใจด้านอื่นมาร่วมประกอบด้วย
- เป็นการลงทุนที่น้อยและลดความเสี่ยงที่จะเกิดขึ้น
- การออกแบบให้อาคารประหยัดพลังงานได้ในระดับที่สูงช่วยสร้างภาพลักษณ์ และวิสัยทัศน์ให้กับองค์กร ส่วนผลตอบแทนเป็นเหมือนกำไรทางการตลาดของโครงการ ฉะนั้นก็ยังสนับสนุนให้อาคารควรออกแบบให้ได้ในระดับอาคารประหยัดพลังงานที่สูงขึ้น

- เจ้าของโครงการน่าจะสนใจผลตอบแทนทางเศรษฐศาสตร์มากกว่าการลงทุนให้ได้รับ FAR BONUS ในระดับที่สูงกว่า

ทั้งนี้จากข้อมูลที่ได้เกี่ยวกับการพิจารณาปรับเพิ่มค่าเช่าตามระดับของการเป็นอาคารประหยัดพลังงานจะถูกนำมาวิเคราะห์เพิ่มเติมเพื่อหาค่าความคุ้มทุนในทางเศรษฐศาสตร์สำหรับอาคารประหยัดพลังงานในระดับที่แตกต่างกัน

4.6 สรุปผลการวิเคราะห์ข้อมูล

การสรุปผลจากการวิเคราะห์ข้อมูลสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ลักษณะ คือ ผลการวิเคราะห์ค่าการใช้พลังงานของอาคาร และผลการวิเคราะห์ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์

4.6.1 ผลการวิเคราะห์ค่าการใช้พลังงานของอาคาร

จากการวิเคราะห์ค่าการใช้พลังงงานของอาคารกรณีศึกษาทั้ง 2 ประเภท พบว่าอาคารที่กำหนดให้ WWR เท่ากับ 44 การเลือกผนังก่ออิฐฉาบปูน และกระจกใสชั้นเดียว เป็นวัสดุเปลือกอาคาร จะให้ค่า OTTV ที่สูงกว่าข้อกำหนดตามกฎกระทรวง ซึ่งหากต้องการจะปรับลดค่าการใช้พลังงาน จะสามารถทำได้โดยการเปลี่ยนวัสดุที่มีประสิทธิภาพสูงขึ้น เช่น ผนังที่มีค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน (U_w) ต่ำ รวมทั้งการเลือกใช้กระจกที่มีค่า SHGC น้อย อย่างไรก็ตามเมื่อต้องพิจารณาถึงประสิทธิภาพการใช้พลังงานจากหลักเกณฑ์การประเมินอาคารเขียวที่อ้างอิงถึงการคำนวณโดยพิจารณาค่าการใช้พลังงานโดยรวมของอาคารจะพบว่า นอกเหนือไปจากการใช้วัสดุเปลือกอาคารที่มีประสิทธิภาพ การกำหนดค่ากำลังไฟฟ้าส่องสว่างของอาคารจะมีผลให้อาคารที่พิจารณามีค่าพลังงานที่น้อยกว่าหรือสูงกว่าอาคารอ้างอิง

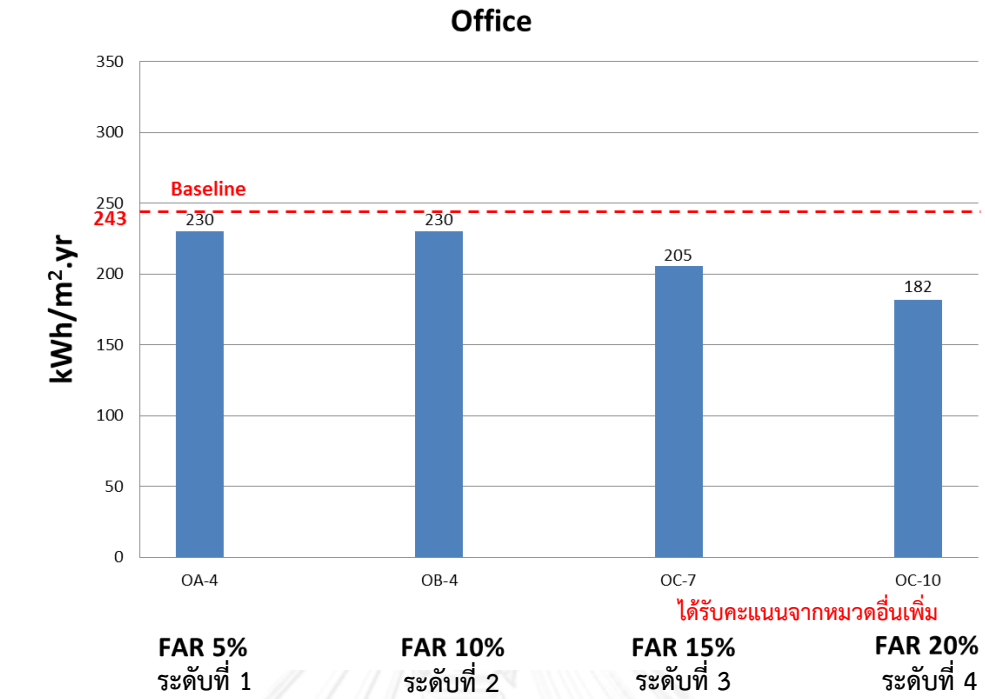
สำหรับการพิจารณาผลการวิเคราะห์ค่าการใช้พลังงานและค่า FAR BONUS ตามข้อกำหนดผังเมืองรวมกรุงเทพมหานคร และข้อกำหนดอื่นๆที่เกี่ยวข้อง จะพบว่าอาคารกรณีศึกษาที่ประหยัดพลังงานได้มากจะได้รับ FAR BONUS ที่สูง โดยอาคารสำนักงานทางเลือก OC-10 ซึ่งใช้แผ่นอลูมิเนียมสำเร็จรูป ร่วมกับกระจก Insulated Low-E ชนิดที่ 3 ที่มีค่า SHGC = 0.22 และหลอดไฟชนิด LED รวมถึงการได้รับคะแนนจากการวิเคราะห์ตามเกณฑ์อาคารเขียวในหมวดอื่นเพิ่มเติม ซึ่งทำให้ได้ FAR BONUS เท่ากับ 20% จะมีค่าการใช้พลังงานรายปีน้อยที่สุดเท่ากับ 2,616,570 kWh/yr หรือ 182 KWh/m^2.yr สามารถลดค่าการใช้พลังงานลง 25.20% เมื่อเทียบกับอาคาร Baseline โดยค่าการใช้พลังงานรายปีภายหลังจากการเพิ่มพื้นที่คือ 3,314,338 kWh/yr ในขณะที่อาคารสำนักงานทางเลือก OA-4 ซึ่งใช้แผ่นอลูมิเนียมสำเร็จรูป ร่วมกับกระจก Laminated Low-E ที่มีค่า SHGC = 0.39 และหลอดไฟชนิด T5 ซึ่งได้ FAR BONUS เท่ากับ 5% จะมีค่าการใช้พลังงานรายปีเท่ากับ

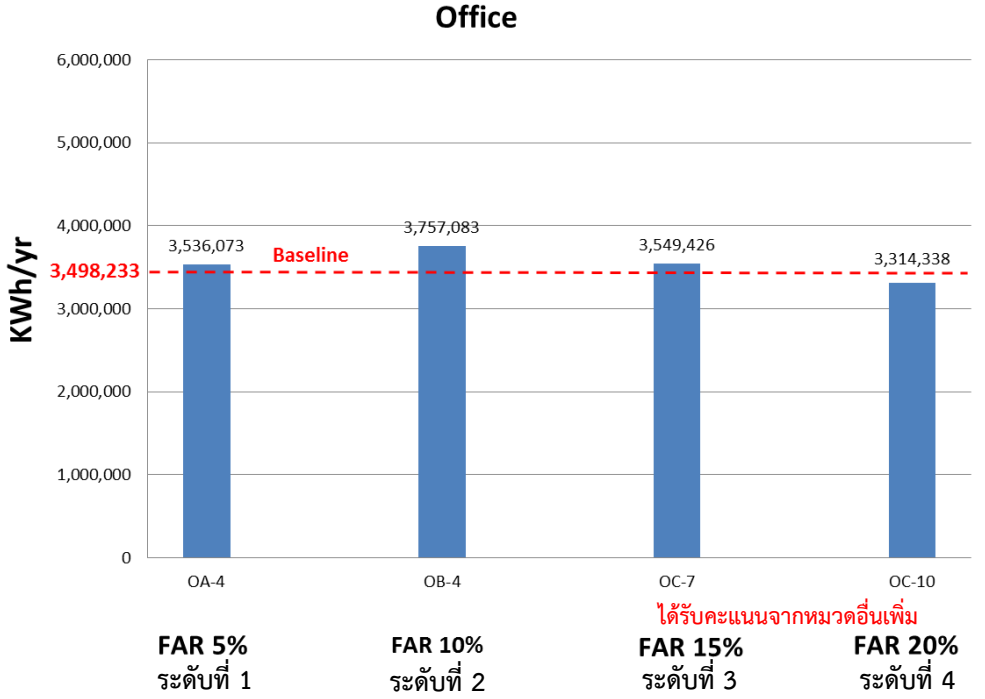
3,315,064 kWh/yr หรือ 230 KWh/m^2.yr สามารถลดค่าการใช้พลังงานลงได้เพียง 5.24% และโดยค่าการใช้พลังงานรายปีหลังจากการเพิ่มพื้นที่คือ 3,536,073 kWh/yr

ในลักษณะเดียวกับห้างสรรพสินค้าทางเลือก RC-10 ซึ่งใช้แผ่นอลูมิเนียมสำเร็จรูปร่วมกับกระจก Insulated Low-E ชนิดที่ 3 ที่มีค่า SHGC = 0.22 และหลอดไฟชนิด LED รวมถึงการได้รับคะแนนจากการวิเคราะห์ตามเกณฑ์อาคารเขียวในหมวดอื่นเพิ่มเติม ซึ่งทำให้ได้ FAR BONUS เท่ากับ 20% จะมีค่าการใช้พลังงานรายปีเท่ากับ 3,150,869 kWh/yr หรือ 219 KWh/m^2.yr สามารถลดค่าการใช้พลังงานลงได้ 31.56% โดยค่าการใช้พลังงานรายปีหลังจากการเพิ่มพื้นที่คือ 3,991,120 kWh/yr และห้างสรรพสินค้าทางเลือก RA-3 ซึ่งใช้แผ่นอลูมิเนียมสำเร็จรูป ร่วมกับกระจก Laminated Low-E ที่มีค่า SHGC = 0.39 และหลอดไฟชนิด T5 ซึ่งได้รับ FAR BONUS เท่ากับ 5% จะมีค่าการใช้พลังงานรายปีเท่ากับ 4,149,763 kWh/yr หรือ 288 KWh/m^2.yr สามารถลดค่าการใช้พลังงานลงได้ 9.86% โดยค่าการใช้พลังงานรายปีหลังจากการเพิ่มพื้นที่คือ 4,426,420 kWh/yr

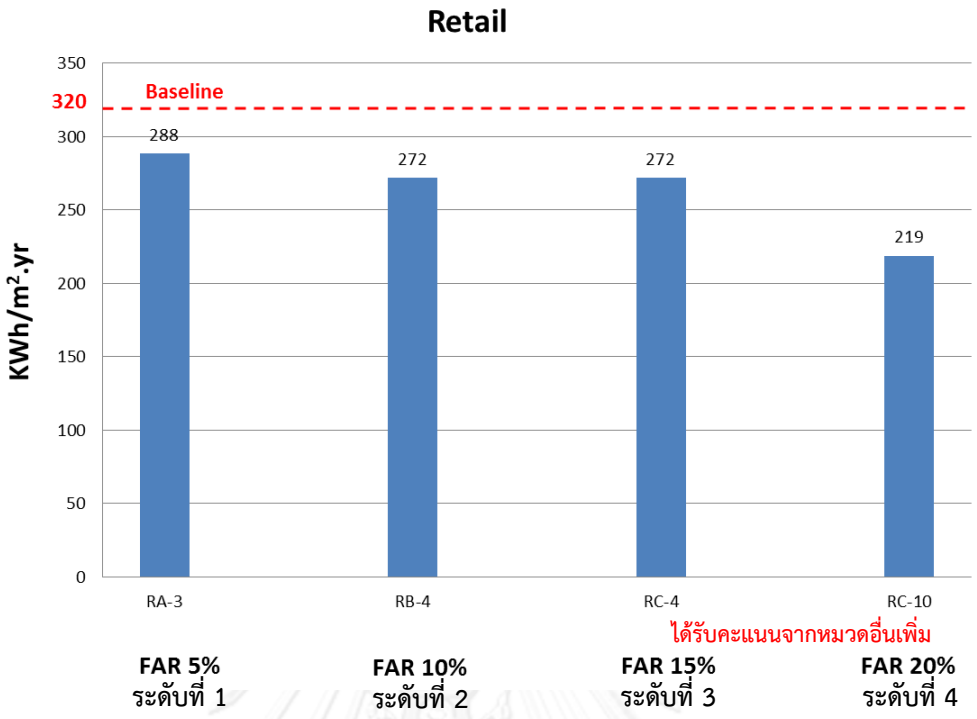
ภาพที่ 12 และ 13 แสดงค่าการใช้พลังงานของอาคารสำหรับอาคารที่ได้รับ FAR BONUS ในระดับที่แตกต่างกัน สำหรับอาคารสำนักงานและห้างสรรพสินค้า

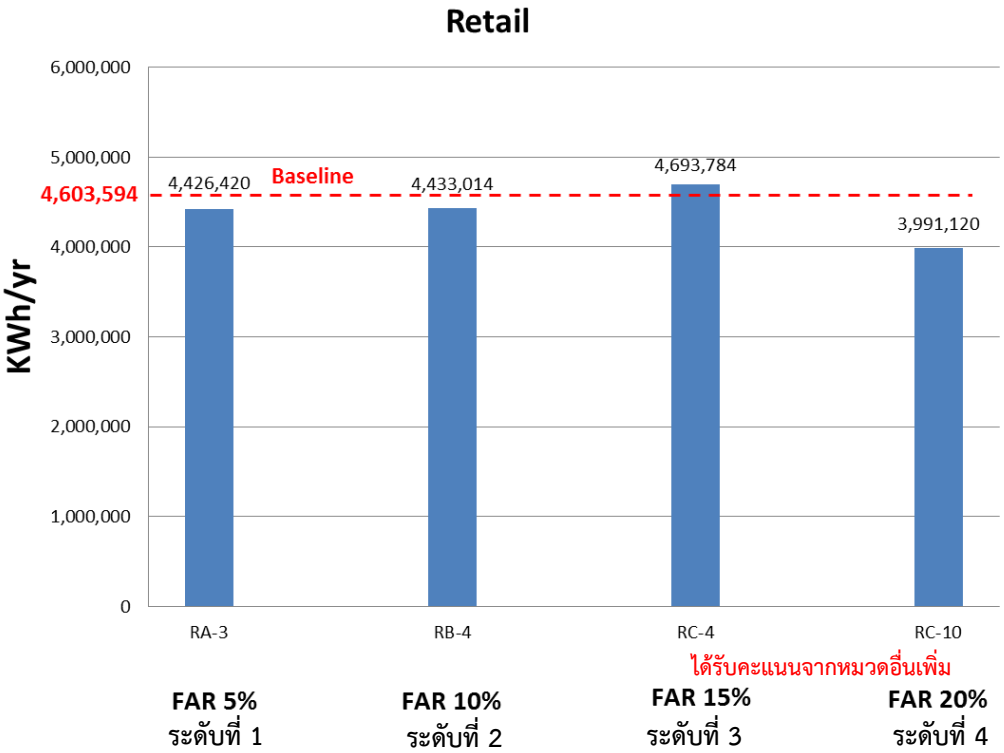
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University





ภาพที่ 12 แสดงค่าการใช้พลังงานของอาคารสำหรับอาคารที่ได้รับ FAR BONUS ในระดับที่แตกต่างกัน สำหรับอาคารสำนักงาน

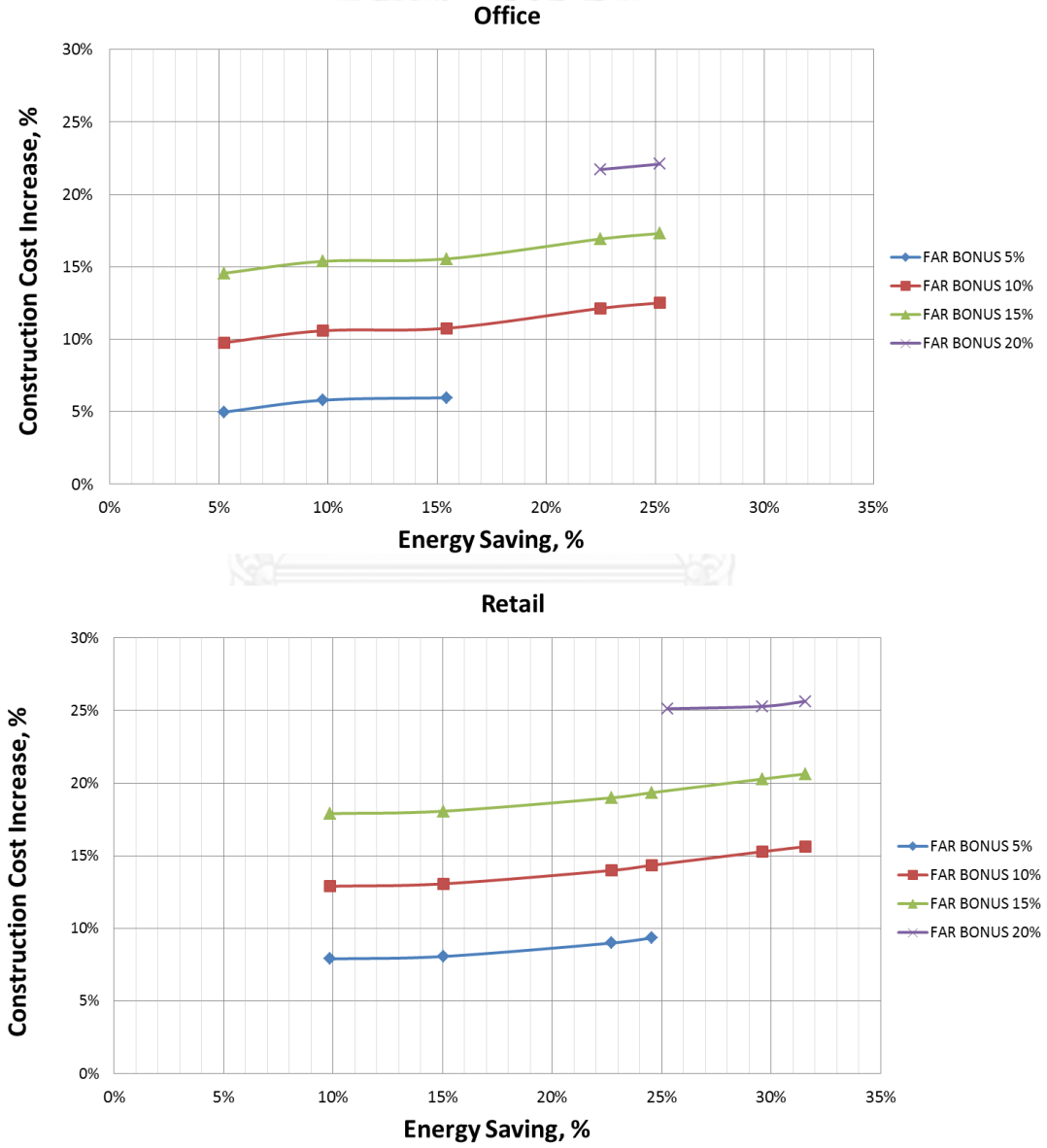




ภาพที่ 13 แสดงค่าการใช้พลังงานของอาคารสำหรับอาคารที่ได้รับFAR BONUS ในระดับที่แตกต่างกัน สำหรับห้างสรรพสินค้า

4.6.2 ผลการวิเคราะห์ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์

จากการวิเคราะห์ค่าการประหยัดพลังงานและค่าก่อสร้างของอาคารตามระดับค่า FAR BONUS ทั้งในกรณีอาคารสำนักงานและห้างสรรพสินค้าพบว่า ค่าก่อสร้างจะเพิ่มขึ้นตามสัดส่วนของการประหยัดพลังงาน โดยเมื่อทำการเปรียบเทียบอาคารที่ได้ FAR BONUS ในแต่ละระดับ จะพบว่าค่าก่อสร้างสำหรับอาคารประหยัดพลังงานที่ได้ FAR BONUS มาก จะมีค่าสูงกว่าอาคารที่ได้รับ FAR BONUS น้อย โดยห้างสรรพสินค้าจะมีสัดส่วนการประหยัดพลังงานและค่าก่อสร้างที่เพิ่มขึ้นสูงกว่าอาคารสำนักงาน รายละเอียดดังแสดงในภาพที่ 14



ภาพที่ 14 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างสัดส่วนการประหยัดพลังงานและค่าก่อสร้างตามระดับค่า FAR BONUS สำหรับอาคารสำนักงานและห้างสรรพสินค้า

เมื่อพิจารณาความคุ้มทุนทางเศรษฐศาสตร์ที่คิดเฉพาะผลประโยชน์ที่ได้จากการประหยัดพลังงานเพียงอย่างเดียว จะพบว่าอาคารสำนักงานทางเลือก OA-4 ที่ใช้แผ่นอลูมิเนียมสำเร็จรูป ร่วมกับกระจก Laminated Low-E ที่มีค่า SHGC เท่ากับ 0.39 และหลอดไฟ T5 จะให้ระยะคืนทุนสั้นที่สุดที่ 1.4 ปี ในขณะที่เมื่อพิจารณาค่าใช้จ่ายตลอดระยะเวลาการลงทุนใน 20 ปี จะพบว่าอาคารสำนักงาทางเลือก OA-10 ที่ใช้แผ่นอลูมิเนียมสำเร็จรูป ร่วมกับกระจก Insulated Low-E ชนิดที่ 3 ที่มีค่า SHGC = 0.22 และหลอดไฟ LED จะมีค่าใช้จ่ายน้อยที่สุด คือ 143,131,103 บาท ซึ่งน้อยกว่าค่าใช้จ่ายของ Baseline อยู่ที่ 21,457,727 บาท และห้างสรรพสินค้าทางเลือกที่ RA-7 ที่ใช้แผ่นอลูมิเนียมสำเร็จรูป ร่วมกับกระจก Insulated Low-E ชนิดที่ 2 ที่มีค่า SHGC เท่ากับ 0.26 และหลอดไฟ T5 จะให้ระยะคืนทุนสั้นที่สุดที่ 5.83 ปี ในขณะที่เมื่อพิจารณาค่าใช้จ่ายตลอดระยะเวลาการลงทุนใน 20 ปี จะพบว่าทางเลือกที่ RA-10 ที่ใช้แผ่นอลูมิเนียมสำเร็จรูป ร่วมกับกระจก Insulated Low-E ชนิดที่ 3 ที่มีค่า SHGC = 0.22 และหลอดไฟ LED จะมีค่าใช้จ่ายตลอดระยะเวลาการลงทุนน้อยที่สุด คือ 183,465,002 บาท ซึ่งน้อยกว่าค่าใช้จ่ายของ Baseline อยู่ที่ 32,458,775 บาท ทั้งนี้จะเห็นได้ว่าค่ากำลังไฟฟ้าส่องสว่างที่มีผลมาจากการเลือกใช้หลอดไฟ จะส่งผลต่อค่าการใช้พลังงานรวมของอาคารอย่างเห็นได้ชัด ยกตัวอย่างเช่น อาคารสำนักงานทางเลือก OA-5 และ OA-6 ซึ่งมีวัสดุเปลือกอาคารชนิดเดียวกัน แต่เมื่อเปลี่ยนหลอดไฟเป็นชนิด LED จะพบว่าอัตราการใช้พลังงานรวมของอาคารลดลงจาก 9.75% เป็น 16.88% โดยมีค่าใช้จ่ายในการเปลี่ยนวัสดุและอุปกรณ์จาก 25,711,209 บาท เป็น 32,586,048 บาท

ในขณะที่การพิจารณาผลประโยชน์จากการประหยัดพลังงานและปัจจัยด้านการลงทุนที่ส่งผลมาจาก FAR BONUS นั้นจะมีรายละเอียดเพิ่มเติมคือ ค่าลงทุนก่อสร้างสำหรับพื้นที่ที่ได้รับเพิ่มขึ้น และผลประโยชน์ที่ได้รับจากค่าเช่าที่เพิ่มขึ้น โดยผลจากการวิเคราะห์พบว่าหากกำหนดให้อัตราค่าเช่าพื้นที่เพิ่มขึ้นเท่ากันโดยไม่คำนึงถึงระดับของการประหยัดพลังงาน อาคารประหยัดพลังงานระดับที่ 1 ซึ่งได้รับ FAR BONUS เพียง 5% จะให้ค่า NPV และ IRR มากกว่าอาคารประหยัดพลังงานที่ได้ระดับที่สูง และได้รับ FAR BONUS มากกว่า ในขณะเดียวกันหากอาคารประหยัดพลังงานดังกล่าวไม่ได้ค่าเช่าเพิ่มขึ้น ผลการวิเคราะห์ที่ได้จะให้ค่า NPV น้อยกว่าศูนย์ ซึ่งหมายความว่าเป็นทางเลือกที่ไม่น่าลงทุน โดยผลการเปรียบเทียบการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ของอาคารทางเลือกในแต่ละระดับการประหยัดพลังงานดังแสดงในตารางที่ 43 และ 44 โดยมีผลสรุปความสัมพันธ์ของค่า NPV และ IRR ดังภาพที่ 15 และ 16 ทั้งนี้ห้างสรรพสินค้าจะให้ผลตอบแทนทางเศรษฐศาสตร์ที่มากกว่าอาคารสำนักงานเนื่องจากความแตกต่างของอัตราค่าเช่าต่อพื้นที่ที่สูงกว่าอย่างเห็นได้ชัด

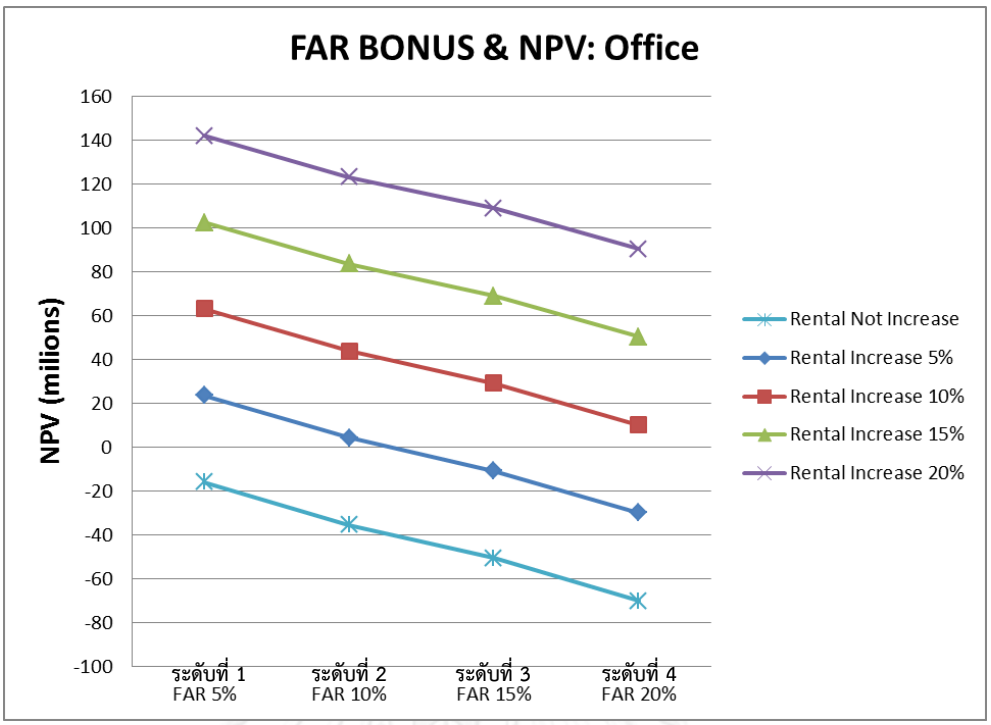
ตารางที่ 43 แสดงข้อมูลผลการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ สำหรับอาคารสำนักงาน

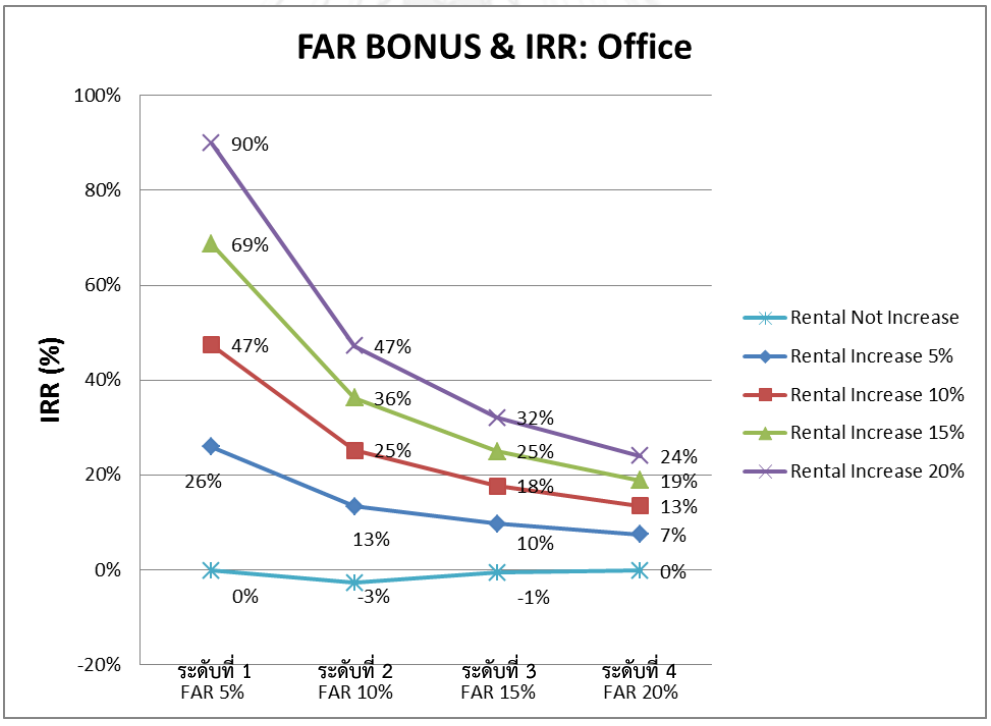
	OA-3 (Baseline)	OA-4	OB-4	OC-7	OC-10
วัสดุผนังทึบ	แผ่นอลูมิเนียมสำเร็จ U = 0.326 W/m^2	แผ่นอลูมิเนียมสำเร็จ U = 0.326 W/m^2	แผ่นอลูมิเนียมสำเร็จ U = 0.326 W/m^2	แผ่นอลูมิเนียมสำเร็จ U = 0.326 W/m^2	แผ่นอลูมิเนียมสำเร็จ U = 0.326 W/m^2
ชนิดกระจก	Laminated Low E SHGC = 0.39	Laminated Low E SHGC = 0.39	Laminated Low-E (1) SHGC = 0.39	Insulated Low-E (2) SHGC = 0.26	Insulated Low-E (3) SHGC = 0.22
ไฟฟ้าส่องสว่าง	T8 LPD = 13.18 W/m^2	T5 LPD = 10 W/m^2	T5 LPD = 10 W/m^2	T5 LPD = 10 W/m^2	LED LPD = 6 W/m^2
การได้คะแนนเกณฑ์ TREES ในหมวดอื่นๆ	ขั้นต่ำ	ขั้นต่ำ	เพิ่มคะแนนในหมวดอื่น (ระดับ 2)	เพิ่มคะแนนในหมวดอื่น (ระดับ 3-4)	เพิ่มคะแนนในหมวดอื่น (ระดับ 3-4)
เกณฑ์ TREES	ไม่ผ่าน	ระดับ 1	ระดับ 2	ระดับ 3	ระดับ 4
FAR BONUS		5%	10%	15%	20%
Energy Saving					
ค่าลงทุน (บาท)		898,720	898,720	5,843,968	14,594,262
ค่าไฟฟ้าที่ลดลง (บาท/ปี)		641,057	641,057	1,891,327	3,085,786
ระยะคืนทุน (ปี)		1.40	1.40	3.09	4.73
LCC 20 ปี (บาท)		157,228,452	157,228,452	145,583,913	143,131,103
FAR BONUS Benefit					
ค่าลงทุน (บาท)		24,841,668	48,784,617	77,672,814	110,366,057
ค่าเช่าเพิ่มขึ้น 5%					
ค่าไฟฟ้าที่ลดลงและค่าเช่าที่เพิ่มขึ้น (บาท/ปี)		6,502,231	7,114,605	8,977,249	10,784,082
ระยะคืนทุน (ปี)		3.82	6.86	8.65	10.23
NPV 20 ปี (บาท)		23,726,376	4,357,521	-10,617,761	-29,814,967
IRR		26%	13%	10%	7%
ค่าเช่าเพิ่มขึ้น 10%					
ค่าไฟฟ้าที่ลดลงและค่าเช่าที่เพิ่มขึ้น (บาท/ปี)		11,780,191	12,421,726	14,313,531	16,149,524
ระยะคืนทุน (ปี)		2.11	3.93	5.43	6.83
NPV 20 ปี (บาท)		63,149,806	43,998,764	29,241,296	10,261,904
IRR		47%	25%	18%	13%
ค่าเช่าเพิ่มขึ้น 15%					
ค่าไฟฟ้าที่ลดลงและค่าเช่าที่เพิ่มขึ้น (บาท/ปี)		17,058,152	17,728,847	19,649,813	21,514,967
ระยะคืนทุน (ปี)		1.46	2.75	3.95	5.13
NPV 20 ปี (บาท)		102,573,235	83,640,008	69,100,354	50,338,776
IRR		69%	36%	25%	19%
ค่าเช่าเพิ่มขึ้น 20%					
ค่าไฟฟ้าที่ลดลงและค่าเช่าที่เพิ่มขึ้น (บาท/ปี)		22,336,113	23,035,969	24,986,095	26,880,410
ระยะคืนทุน (ปี)		1.11	2.12	3.11	4.11
NPV 20 ปี (บาท)		141,996,665	123,281,252	108,959,412	90,415,648
IRR		90%	47%	32%	24%

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

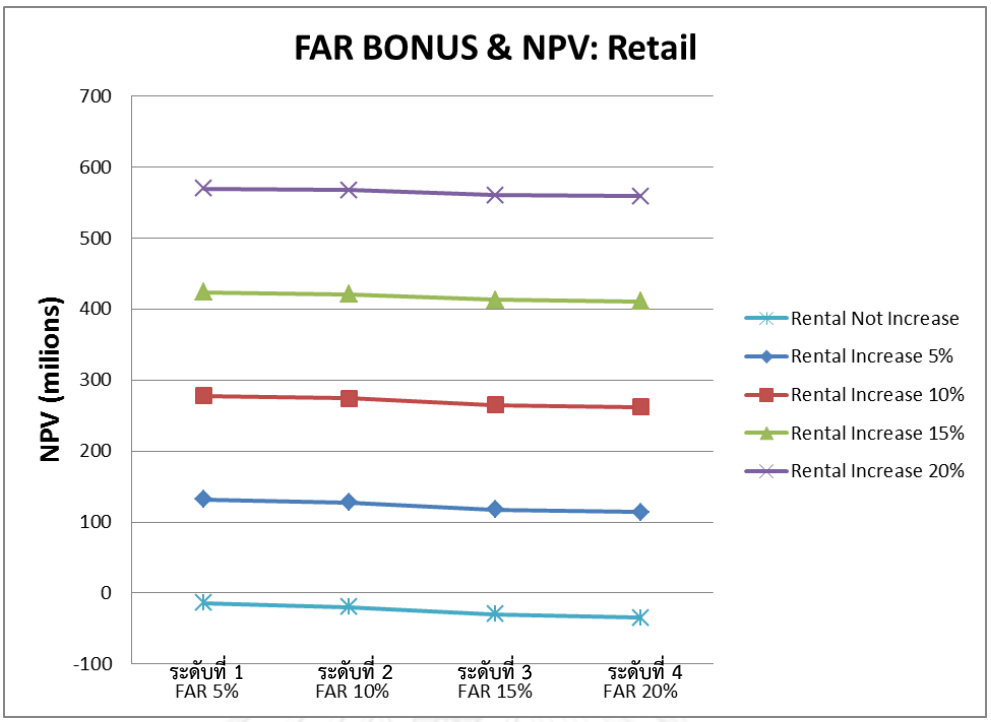
ตารางที่ 44 แสดงข้อมูลผลการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ สำหรับห้างสรรพสินค้า

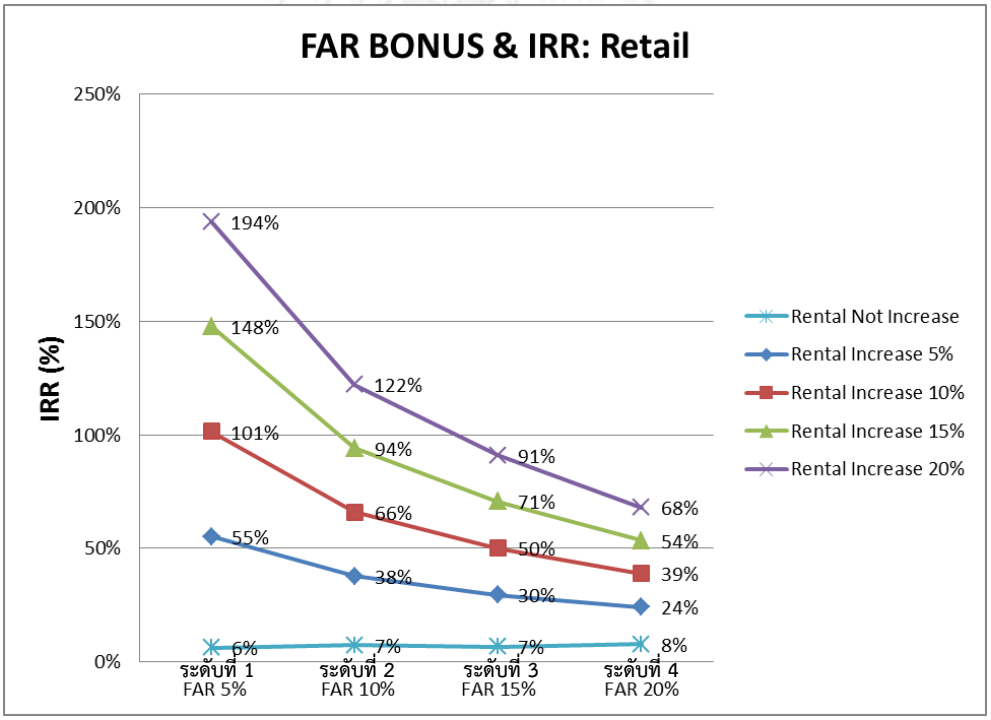
	RA-2 (Baseline)	RA-3	RB-4	RC-4	RC-10
วัสดุผนังทึบ	ผนังก่ออิฐฉาบปูน U = 2.943 W/m^2	แผ่นอลูมิเนียมสำเร็จ U = 0.326 W/m^2	แผ่นอลูมิเนียมสำเร็จ U = 0.326 W/m^2	แผ่นอลูมิเนียมสำเร็จ U = 0.326 W/m^2	แผ่นอลูมิเนียมสำเร็จ U = 0.326 W/m^2
ชนิดกระจก	กระจกใส SHGC = 0.55	Laminated Low E SHGC = 0.39	Laminated Low-E SHGC = 0.39	Laminated Low-E SHGC = 0.39	Insulated Low-E (3) SHGC = 0.22
ไฟฟ้าส่องสว่าง	T8 LPD = 13.18 W/m^2	T8 LPD = 13.18 W/m^2	T5 LPD = 10 W/m^2	T5 LPD = 10 W/m^2	LED LPD = 6 W/m^2
การได้คะแนนเกณฑ์ TREES ในหมวดอื่นๆ	ขั้นต่ำ	ขั้นต่ำ	เพิ่มคะแนนในหมวดอื่น (ระดับ 2)	เพิ่มคะแนนในหมวดอื่น (ระดับ3-4)	เพิ่มคะแนนในหมวดอื่น (ระดับ3-4)
เกณฑ์ TREES	ไม่ผ่าน	ระดับ 1	ระดับ 2	ระดับ 3	ระดับ 4
FAR BONUS		5%	10%	15%	20%
Energy Saving					
ค่าลงทุน (บาท)		15,520,320	16,419,040	16,419,040	30,114,582
ค่าไฟฟ้าที่ลดลง (บาท/ปี)		1,588,409	2,997,757	2,997,757	5,084,538
ระยะคืนทุน (ปี)		9.77	6.78	6.78	5.92
LCC 20 ปี (บาท)		210,367,562	200,446,778	200,446,778	183,465,002
FAR BONUS Benefit					
ค่าลงทุน (บาท)		42,247,332	69,873,065	96,600,077	137,022,632
ค่าเช่าเพิ่มขึ้น 5%					
ค่าไฟฟ้าที่ลดลงและค่าเช่าที่เพิ่มขึ้น (บาท/ปี)		23,296,460	26,398,531	28,666,583	33,596,745
ระยะคืนทุน (ปี)		1.81	2.65	3.37	4.08
NPV 20 ปี (บาท)		131,764,266	127,309,274	117,523,348	113,926,364
IRR		55%	38%	30%	24%
ค่าเช่าเพิ่มขึ้น 10%					
ค่าไฟฟ้าที่ลดลงและค่าเช่าที่เพิ่มขึ้น (บาท/ปี)		42,844,463	46,054,536	48,430,590	53,468,755
ระยะคืนทุน (ปี)		0.99	1.52	1.99	2.56
NPV 20 ปี (บาท)		277,776,968	274,128,695	265,149,487	262,359,221
IRR		101%	66%	50%	39%
ค่าเช่าเพิ่มขึ้น 15%					
ค่าไฟฟ้าที่ลดลงและค่าเช่าที่เพิ่มขึ้น (บาท/ปี)		62,392,465	65,710,541	68,194,598	73,340,765
ระยะคืนทุน (ปี)		0.68	1.06	1.42	1.87
NPV 20 ปี (บาท)		423,789,671	420,948,116	412,775,627	410,792,079
IRR		148%	94%	71%	54%
ค่าเช่าเพิ่มขึ้น 20%					
ค่าไฟฟ้าที่ลดลงและค่าเช่าที่เพิ่มขึ้น (บาท/ปี)		81,940,468	85,366,546	87,958,605	93,212,775
ระยะคืนทุน (ปี)		0.52	0.82	1.10	1.47
NPV 20 ปี (บาท)		569,802,373	567,767,537	560,401,766	559,224,936
IRR		194%	122%	91%	68%





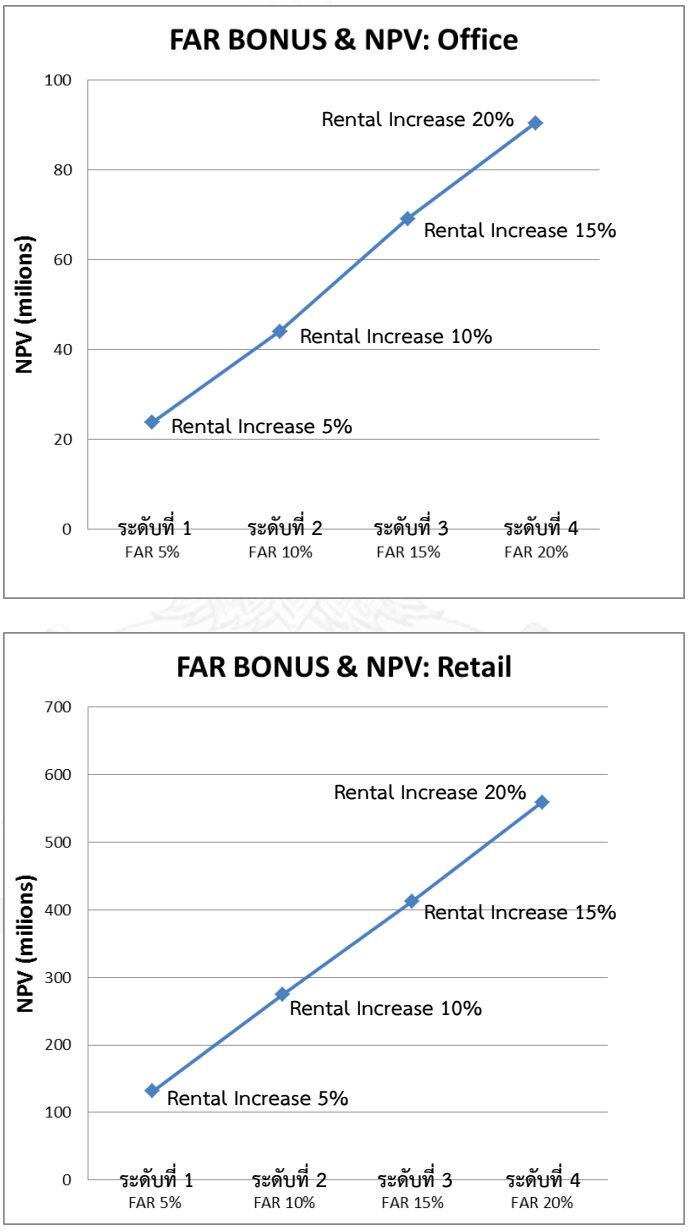
ภาพที่ 15 แสดงค่า NPV และ IRR สำหรับอาคารสำนักงานแต่ละระดับจากการพิจารณาค่า FAR BONUS และอัตราค่าเช่าพื้นที่อาคาร





ภาพที่ 16 แสดงค่า NPV และ IRR สำหรับห้างสรรพสินค้าแต่ละระดับ
จากการพิจารณาค่า FAR BONUS และอัตราค่าเช่าพื้นที่อาคาร

อย่างไรก็ตามหากกำหนดให้อัตราค่าเช่าสามารถเพิ่มขึ้นได้ตามระดับอาคารประหยัดพลังงาน โดยในที่นี้กำหนดให้อาคารที่ได้ระดับ1 จะได้รับอัตราค่าเช่าเพิ่มขึ้น 5% อาคารระดับที่ 2 ได้รับอัตราค่าเช่าเพิ่มขึ้น 10% อาคารระดับที่ 3 ได้รับอัตราค่าเช่าเพิ่มขึ้น 15% และอาคารระดับที่ 4 ได้รับอัตราค่าเช่าเพิ่มขึ้น 20% จากการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์จะพบว่าทั้งอาคารสำนักงานและห้างสรรพสินค้าที่ได้ประเมินเป็นอาคารระดับที่ 4 หรือได้รับค่า FAR 20% ซึ่งได้รับอัตราค่าเช่าเพิ่มขึ้น 20% จะให้ค่า NPV ที่สูงที่สุด ดังแสดงในภาพที่ 17



ภาพที่ 17 แสดงค่า NPV ของการได้รับอัตราค่าเช่าเพิ่มตามระดับอาคารประหยัดพลังงาน

ทั้งนี้หากใช้การวิเคราะห์ในลักษณะเดียวกันกับอาคารที่พักอาศัย ซึ่งแตกต่างกันที่ประโยชน์จากผลการประหยัดพลังงานนั้นเป็นผู้ซื้อห้องพักไม่ใช่เจ้าของโครงการ จะพบว่าค่าใช้จ่ายในการเลือกวัสดุที่มีประสิทธิภาพ และการก่อสร้างเนื่องจากอาคารได้พื้นที่เพิ่มนั้น เป็นสัดส่วนที่น้อยกว่าราคาขายต่อพื้นที่มาก โดยอ้างอิงจากราคาค่าก่อสร้างที่ 20,430 บาท ต่อ ตร.ม. (สมาคมผู้ประเมินค่าทรัพย์สินแห่งประเทศไทย 2556) และราคาขายพื้นที่เฉลี่ยของอาคารที่พักอาศัยในช่วงปี 2553 ที่ 156,270 บาท ต่อ ตร.ม. (CBRE Research Thailand 2010) ซึ่งสามารถสรุปได้ว่าสำหรับอาคารที่พักอาศัยที่มีระดับการประหยัดพลังงานสูงสุด ได้ FAR BONUS มาก จะได้ผลตอบแทนทางด้านการลงทุน มากกว่าอาคารที่มีระดับการประหยัดพลังงานต่ำกว่า

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทที่ 5
สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ

การศึกษาวิจัยเรื่องนี้มีจุดประสงค์หลักเพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างผลการประหยัดพลังงานและอัตราส่วนพื้นที่อาคารรวมต่อพื้นที่ดินที่จะได้รับ ซึ่งเป็นหนึ่งในมาตรการจูงใจที่ภาครัฐต้องการสนับสนุนและส่งเสริม โดยทำการศึกษาองค์ประกอบอาคารที่เกี่ยวข้องกับปริมาณการใช้พลังงานและปัจจัยด้านการลงทุน และนำผลการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ที่ได้ นำเสนอแนวทางการส่งเสริมอาคารประหยัดพลังงานด้วยการเพิ่มอัตราส่วนพื้นที่อาคารรวมต่อพื้นที่ดิน (FAR) ที่เหมาะสมสำหรับอาคารแต่ละประเภท โดยมีผลสรุปและข้อเสนอแนะการวิจัยดังนี้

5.1 สรุปและอภิปรายผลการวิจัย

จากการวิเคราะห์อาคารสำนักงานและห้างสรรพสินค้ากรณีศึกษาในรูปแบบต่างๆพบว่าการเลือกใช้วัสดุผนังทึบ ชนิดกระจก และอุปกรณ์ไฟฟ้าส่องสว่างจะมีผลอย่างมากต่อค่าการใช้พลังงานของอาคาร โดยหากนำผลการประหยัดพลังงานไฟฟ้าที่ได้จากการจำลองสภาพการใช้อาคารด้วยโปรแกรม VisualDOE 4.0 มาวิเคราะห์และเปรียบเทียบค่าการใช้พลังงานรายปีของอาคารกรณีศึกษาควบคู่กับผลประโยชน์ที่ได้จากระดับ FAR BONUS ซึ่งมีค่าที่แตกต่างกันตามสัดส่วนการประหยัดพลังงานจะพบว่า ค่าการใช้พลังงานรายปีสำหรับอาคารที่ได้ปรับพื้นที่เพิ่มขึ้นตามค่า FAR BONUS ไปแล้วนั้น อาคารกรณีศึกษาที่เลือกใช้วัสดุเปลือกอาคารและอุปกรณ์ไฟฟ้าส่องสว่างคุณภาพสูง ได้ FAR BONUS มาก จะยังคงมีค่าการใช้พลังงานรายปีต่ำที่สุด ทั้งนี้เนื่องจากค่าการใช้พลังงานรายปีต่อพื้นที่มีค่าน้อยเมื่อเทียบกับอาคารที่ประหยัดพลังงานหรือได้รับ FAR BONUS ในระดับที่ต่ำกว่า ซึ่งส่งผลให้ค่าการใช้พลังงานของอาคารยังมีค่าที่ต่ำแม้ว่าอาคารจะมีขนาดพื้นที่ใหญ่ขึ้นก็ตาม อย่างไรก็ตามเมื่อต้องการพิจารณาถึงค่าก่อสร้างและสัดส่วนการประหยัดพลังงานของอาคารที่ได้ FAR BONUS จะพบว่าทั้งกรณีอาคารสำนักงานและห้างสรรพสินค้าจะมีค่าก่อสร้างเพิ่มขึ้นตามสัดส่วนของการประหยัดพลังงาน โดยเมื่อทำการเปรียบเทียบอาคารที่ได้ FAR BONUS ในแต่ละระดับ จะพบว่าค่าก่อสร้างสำหรับอาคารประหยัดพลังงานที่ได้ FAR BONUS มากจะสูงกว่าอาคารที่ได้ FAR BONUS น้อย และห้างสรรพสินค้าจะมีสัดส่วนการประหยัดพลังงานและค่าก่อสร้างที่สูงกว่าอาคารสำนักงาน

สำหรับการประเมินความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์เพื่อหาระยะเวลาคืนทุนและค่าใช้จ่ายตลอดช่วงอายุการใช้งานของอาคารนั้น จะพบว่าการปรับปรุงโดยการเลือกใช้วัสดุที่มีประสิทธิภาพสูงนั้นมีความคุ้มค่าต่อการลงทุน ในขณะเดียวกันเมื่อต้องการพิจารณาถึงปัจจัยเพิ่มเติมจากจำนวนพื้นที่อาคารที่เพิ่มขึ้น และอัตราค่าเช่าพื้นที่ที่คาดว่าจะได้เพิ่มขึ้นหากอาคารได้รับการพิจารณาให้เป็นอาคารประหยัดพลังงาน จะพบว่าผลตอบแทนที่ได้จากค่าไฟฟ้าที่ลดลงจะเป็นส่วนน้อยเมื่อเทียบกับการได้รับค่าเช่าพื้นที่ที่จะได้มากขึ้นทั้งจากพื้นที่เดิมและจากพื้นที่อาคารที่ได้เพิ่มตามอัตราส่วน FAR

BONUS โดยค่าลงทุนที่ต้องใช้จ่ายเพิ่มสำหรับการเลือกใช้วัสดุอุปกรณ์ที่มีประสิทธิภาพสูงและการก่อสร้างอาคารในส่วนของพื้นที่ที่ได้รับนั้น พบว่าสัดส่วนการลงทุนเลือกใช้อุปกรณ์ประหยัดพลังงานเหล่านี้จะมีค่าน้อยกว่าค่าใช้จ่ายสำหรับการก่อสร้างอยู่มาก ด้วยปัจจัยประกอบ เช่น ค่าเช่าพื้นที่และค่าก่อสร้างอาคารที่ส่งผลต่อการลงทุนดังกล่าว จึงสามารถสรุปแนวทางการส่งเสริมอาคารประหยัดพลังงานจากการผลประโยชน์ของการได้รับอัตราส่วนพื้นที่อาคารรวมต่อพื้นที่ดินเพิ่ม (FAR BONUS) สำหรับอาคารสำนักงานและห้างสรรพสินค้า ได้เป็น 3 กรณี ดังนี้

กรณีที่ 1 อัตราค่าเช่าเพิ่มขึ้นเท่ากันหมดโดยไม่ขึ้นกับระดับการประหยัดพลังงานของอาคาร

เมื่อทำการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์โดยรวมผลประโยชน์จากการได้รับ FAR BONUS เข้าไป จะพบว่า การออกแบบอาคารให้ประหยัดพลังงานเพียงระดับที่ 1 โดยได้รับ FAR BONUS ที่ 5% จะให้ผลตอบแทนทางเศรษฐศาสตร์ที่ดีกว่าการออกแบบให้อาคารประหยัดพลังงานในระดับที่สูงขึ้นหรือได้รับ FAR BONUS ที่มากกว่า โดยเฉพาะอย่างยิ่งหากเปรียบเทียบกับการก่อสร้างอาคารที่ได้รับ FAR BONUS ที่ 20% ที่ค่าก่อสร้างอาคารเพิ่มเป็นสัดส่วนที่มากเทียบกับการได้รับผลตอบแทนจากค่าเช่าและค่าไฟฟ้าที่ลดลง

กรณีที่ 2 อัตราค่าเช่าเพิ่มขึ้นตามระดับการประหยัดพลังงานของอาคาร

ในทางกลับกัน เมื่อกำหนดให้อัตราค่าเช่าที่จะได้รับมีอัตราส่วนที่เพิ่มขึ้นตามระดับการประหยัดพลังงานของอาคารตามข้อมูลที่ได้จากการแบบสอบถาม โดยกำหนดให้ค่าเช่าเพิ่มขึ้นสำหรับอาคารประหยัดพลังงานระดับที่ 1 เท่ากับ 5% ซึ่งเป็นอัตราค่าเช่าที่ผู้เช่าส่วนใหญ่คาดการณ์สำหรับอาคารเขียว (บุญเกียรติ วิสิทธิกาศ 2552) และเพิ่มขึ้น 10% 15% 20% สำหรับอาคารประหยัดพลังงานในระดับที่ 2 3 และ 4 ผลจากการวิเคราะห์จะพบว่า ทางเลือกสำหรับการออกแบบให้เป็นอาคารประหยัดพลังงานระดับสูงสุด เพื่อให้ได้รับ FAR BONUS มากสุด และสามารถเพิ่มอัตราค่าเช่าให้สูงขึ้นได้มาก จะส่งผลให้ค่า NPV มากกว่าอาคารที่ประหยัดพลังงานในระดับที่ต่ำลงมา

กรณีที่ 3 อัตราค่าเช่าไม่ได้เพิ่มขึ้นจากการเป็นอาคารประหยัดพลังงาน

ในขณะเดียวกันหากอาคารที่ประหยัดพลังงานและได้ FAR BONUS ในระดับใดๆ แต่ไม่ได้รับอัตราค่าเช่าเพิ่มขึ้น ค่า NPV จะน้อยกว่าศูนย์ ซึ่งหมายถึงการเป็นทางเลือกที่ไม่คุ้มค่าต่อการลงทุน

ผลจากการศึกษานี้แสดงให้เห็นว่าการเลือกใช้วัสดุเปลือกอาคารและอุปกรณ์ไฟฟ้าส่องสว่างที่มีประสิทธิภาพจะมีส่วนช่วยให้อาคารประหยัดพลังงานได้มากขึ้น ซึ่งเมื่อรวมการพิจารณาคะแนนจากเกณฑ์การประเมินอาคารเขียวในหมวดอื่นๆ จะพบว่าอาคารประหยัดพลังงานสามารถได้รับ FAR BONUS เพิ่มขึ้นในระดับที่สูง ถึงแม้ผลจากการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์จะแสดงว่าความคุ้มค่า

ทางการลงทุนสำหรับอาคารประหยัดพลังงานในระดับที่สูงมีไม่มากนักเมื่อเทียบกับอาคารประหยัดพลังงานในระดับที่ต่ำกว่า ทั้งนี้ขึ้นกับปัจจัยอื่นๆที่เกี่ยวข้อง ทั้งในด้านค่าลงทุนก่อสร้าง และอัตราค่าเช่าพื้นที่ ซึ่งล้วนมีสัดส่วนที่สูงกว่าปัจจัยจากค่าการประหยัดพลังงาน อย่างไรก็ดีจากการทบทวนเอกสารและงานวิจัยในอดีตพบว่า การวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับอาคารประหยัดพลังงานในลักษณะนี้ยังมีไม่มากนัก ซึ่งผลการวิจัยนี้จะสามารถนำไปใช้เป็นต้นแบบในการวิเคราะห์ถึงผลประโยชน์ความคุ้มค่า รวมทั้งเป็นแนวทางในการเลือกก่อสร้างอาคารประหยัดพลังงานที่ได้รับการส่งเสริมการเพิ่มอัตราส่วนพื้นที่อาคารรวมต่อพื้นที่ดินในอนาคต

5.2 ข้อเสนอแนะ

ด้วยเหตุที่การวิเคราะห์หาแนวทางการส่งเสริมอาคารประหยัดพลังงานต่อการได้รับ FAR BONUS เป็นการวิเคราะห์โดยอ้างอิงถึงความคุ้มค่าต่อการลงทุนก่อสร้างอาคารประหยัดพลังงานซึ่งมีตัวแปร และรายละเอียดที่เกี่ยวข้องที่มีข้อจำกัดต่างๆมากมาย เพื่อให้การวิเคราะห์มีความชัดเจนและถูกต้องยิ่งขึ้น ควรมีการศึกษาและเก็บข้อมูลเพิ่มเติม ดังต่อไปนี้

1.) ควรเพิ่มตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับองค์ประกอบของอาคารเช่นค่า WWR เพื่อใช้ในการวิเคราะห์เพิ่มเติม เนื่องจากตัวแปรดังกล่าวอาจจะส่งผลต่อค่าก่อสร้างและอัตราการใช้ไฟฟ้าของอาคาร
2.) เนื่องจากพิจารณาเลื่อนระดับอาคารประหยัดพลังงานตามเกณฑ์อาคารเขียวสามารถทำได้หลายวิธี ทั้งการเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงานหรือการได้คะแนนในหัวข้ออื่นๆ ซึ่งล้วนมีค่าใช้จ่ายและส่งผลถึงการลงทุนก่อสร้างอาคาร จึงควรมีการศึกษาถึงค่าใช้จ่ายในการทำคะแนนของแต่ละหัวข้อ เพื่อให้การพิจารณาความคุ้มค่าของการลงทุนมีความถูกต้อง แม่นยำยิ่งขึ้น
3.) เนื่องจากตามผังเมืองรวมกรุงเทพมหานคร ได้กำหนดค่า FAR ในพื้นที่ต่างๆแตกต่างกัน ซึ่งจะส่งผลถึงพื้นที่อาคารรวมที่สามารถก่อสร้างได้ อีกทั้งในแต่ละพื้นที่จะมีอัตราค่าเช่าอาคารที่แตกต่างกัน การศึกษาเปรียบเทียบผลจากการวิเคราะห์ข้อมูลและตัวแปรอื่นๆที่เกี่ยวข้องจะทำให้ข้อมูลที่ได้รับสะท้อนความเป็นจริงมากยิ่งขึ้น
4.) ควรมีการวิจัยถึงความน่าจะเป็นของอัตราค่าเช่าที่สะท้อนกับความเป็นจริงสำหรับอาคารประหยัดพลังงานในระดับต่างๆ รวมทั้งมุมมองของผู้เช่าพื้นที่ต่อผลประโยชน์ที่ได้รับเปรียบเทียบกับค่าเช่าพื้นที่ที่เพิ่มขึ้น
5.) ควรมีการศึกษาถึงผลประโยชน์หรือรายได้ด้านอื่นๆที่เกี่ยวข้อง เช่นปัจจัยทางด้านการตลาดหรือการประชาสัมพันธ์ที่ส่งผลให้ค่าเช่าพื้นที่ของอาคารเพิ่มขึ้น โดยปัจจัย

ต่างๆเหล่านี้จะเป็นตัวแปรที่สำคัญต่อผลตอบแทนทางด้านการเงินและการวิเคราะห์ความคุ้มค่าด้านการลงทุนก่อสร้างอาคารประหยัดพลังงาน

6.) ควรศึกษาและวิเคราะห์ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการลงทุนอย่างเต็มรูปแบบ ยกตัวอย่าง เช่น ปัจจัยด้านการเงิน ค่าบริหารโครงการ ต้นทุนค่าที่ดิน ต้นทุนค่าใช้จ่ายในการก่อสร้าง และต้นทุนอื่นๆที่เกี่ยวข้องทั้งหมด ทั้งนี้ควรรวมถึงการพิจารณาความคุ้มค่าจากการใช้ที่ดินเนื่องจากการได้รับ FAR BONUS

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

รายการอ้างอิง

Blumberg, D. (2012). "LEED in the U.S. Commercial Office Market: Market Effects and the Emergence of LEED for Existing Buildings." The Journal of Sustainable Real Estate **4**(1).

CBRE Research Thailand (2010). MarketView Bangkok Residential Sales Fourth Quarter 2010.

CBRE Research Thailand (2013). Bangkok Office MarketView Q3 2013.

CBRE Research Thailand (2013). Bangkok Retail MarketView Q4 2013.

Chirarattananon S. Taveekun J. (2003). "A technical review of energy conservation programs for commercial and goverment buildings in Thailand." Energy Conservation and Management **44**: 743-762.

Chirarattananon S. Taveekun J. (2004). "AN OTTV-based energy estimation model for commercial buildings in Thiland." Energy and Buildings **36**: 680-689.

Institute for Building Efficiency (2011). Green Building Asset Valuation: Trends and Data.

USGBC (2009). "Summary of Government LEED® Incentives ". from http://www.usgbc.org/ShowFile.aspx?DocumentID=2021.

USGBC (2012). "The Business Case for Green Building." from http://www.usgbc.org/articles/business-case-green-building.

บุญเกียรติ วิสิทธิกาศ (2552). "ความต้องการอาคารเขียวของผู้เช่าสำนักงานระดับ เอ: กลุ่มตัวอย่างจากอาคารสำนักงานให้เช่าของกองทุนบำนาญข้าราชการ." วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต ภาควิชาสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

พรรณชลัท สุริโยธิน (2547). หลอดไฟฟ้า. กรุงเทพฯ, โรงพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

พุทธินันท์ สวัสดิ์รัตนาธร (2550). "การพัฒนาซอฟท์แวร์ช่วยวิเคราะห์ประเมินการถ่ายเทความร้อนรวมผ่านเปลือกอาคาร เพื่อการอนุรักษ์พลังงาน." วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.

สถาบันนักประเมินราคาอิสระไทย (2553). "การสำรวจอัตราผลตอบแทนและอัตราคิดลดของธุรกิจอสังหาริมทรัพย์."

สถาบันอาคารเขียวไทย (2555). คู่มือสำหรับเกณฑ์การประเมินความยั่งยืนทางพลังงานและสิ่งแวดล้อมไทยสำหรับการก่อสร้างและปรับปรุงโครงการใหม่. กรุงเทพฯ.

สถาบันอาคารเขียวไทย (2556). ประกาศ เรื่อง แนวทางการทำคะแนนข้อ EA P2 และ EA1 ทางเลือก 1.

สมาคมไฟฟ้าแสงสว่างแห่งประเทศไทย. "ตารางแสดงระดับความส่องสว่างเฉลี่ยอย่างต่ำสำหรับพื้นที่ทำงาน และกิจกรรมต่างๆ ภายในอาคาร ". from http://www.tieathai.org/knows.php.

สมาคมผู้ประเมินค่าทรัพย์สินแห่งประเทศไทย (2556). ราคาประเมินค่าก่อสร้างอาคาร พ.ศ.2556.

สวิชญา ดาวประกายมงคล (2552). "แนวทางการเลือกใช้กระจกเป็นผนังอาคารสำนักงานปรับอากาศเพื่อให้สอดคล้องกับกฎกระทรวงการออกแบบอาคารเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน." วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต ภาควิชาสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

สำนักผังเมืองกรุงเทพมหานคร (2556). คู่มือประกอบการดำเนินการให้เป็นไปตามผังเมืองรวมกรุงเทพมหานคร กฎกระทรวงให้ใช้บังคับผังเมืองรวมกรุงเทพมหานคร พ.ศ. 2556.

อรรจน์ เศรษฐบุตร ธนิต จินดาคณิต (2550). การพัฒนาเกณฑ์ขั้นต่ำของคุณสมบัติการป้องกันความร้อนของเปลือกอาคาร ในอาคารบ้านเดี่ยว. การประชุมเชิงวิชาการเครือข่ายพลังงานแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 3. กรุงเทพฯ.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาคผนวก

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาคผนวก ก

แบบสอบถาม เรื่องคะแนนการประเมินอาคารประหยัดพลังงานในระดับต่างๆ

คำชี้แจง แบบสอบถามนี้เป็นเครื่องมือในการเก็บข้อมูล เพื่อวิเคราะห์ถึงความน่าจะเป็นในการได้คะแนนที่เหมาะสมสำหรับอาคารประหยัดพลังงานในระดับที่ต่างกัน โดยใช้เกณฑ์การประเมินความยั่งยืนทางพลังงานและสิ่งแวดล้อมสำหรับอาคารใหม่และอาคารปรับปรุงดัดแปลง (TREES PRE NC 1.0) ซึ่งจัดทำโดยสถาบันอาคารเขียวไทย

กรุณาตอบแบบสอบถามในช่องที่กำหนดไว้

ส่วนที่ 1 ข้อมูลทั่วไป

1. อาชีพ

   ☐ สถาปนิก ☐ วิศวกร ☐ อื่นๆ (ระบุ .....)

2. ท่านเคยมีประสบการณ์ออกแบบหรือประเมินอาคารให้เป็นอาคารที่ประหยัดพลังงานหรือไม่

   ☐ เคย ☐ ไม่เคย

3. หากเคยมีประสบการณ์ มีกี่โครงการที่ท่านได้ทำ

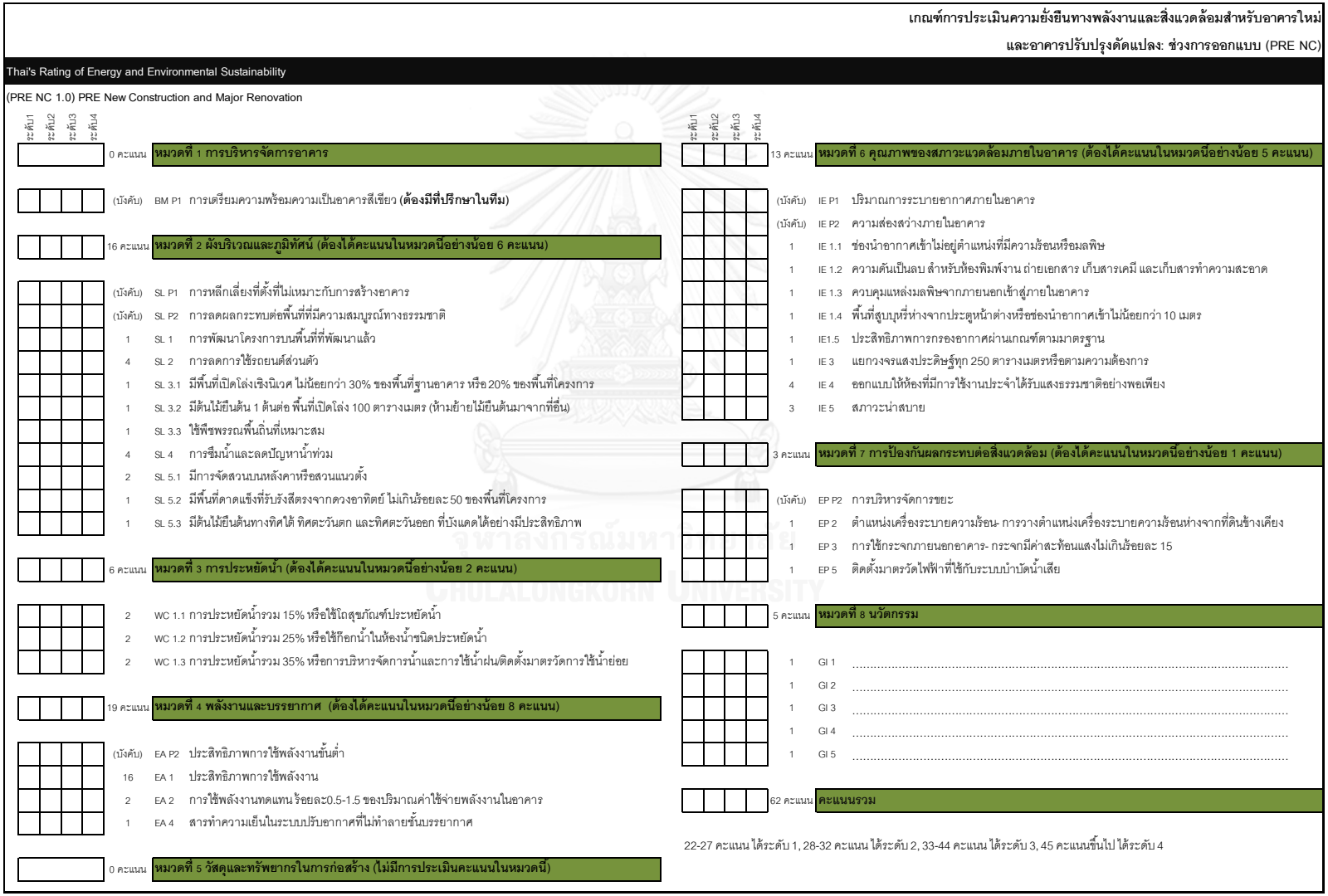
   ☐ 1-2 โครงการ ☐ 3-5 โครงการ ☐ มากกว่า 5 โครงการขึ้นไป

4. เกณฑ์การประเมินอาคารประเภทใดที่ท่านใช้ในการวิเคราะห์หรือเป็นส่วนช่วยในการกำหนดให้อาคารเป็นอาคารประหยัดพลังงาน (ตอบได้มากกว่า 1 ข้อ)

   ☐ TREES ☐ LEED ☐ BREEM
   ☐ GREEN MARK ☐ อื่นๆ (ระบุ .....)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ส่วนที่ 2 ความน่าจะเป็นในการได้คะแนนจากการประเมินความยั่งยืนทางพลังงานและสิ่งแวดล้อม**สำหรับอาคารใหม่** : ช่วงการออกแบบ ให้ระบุคะแนนในแต่ละหมวดที่คาดว่าจะได้สำหรับอาคารในระดับ 1 2 3 และ 4



เกณฑ์การประเมินความยั่งยืนทางพลังงานและสิ่งแวดล้อมสำหรับอาคารใหม่และอาคารปรับปรุงดัดแปลง: ช่วงการออกแบบ (PRE NC)

Thai's Rating of Energy and Environmental Sustainability

(PRE NC 1.0) PRE New Construction and Major Renovation

ระดับ1	ระดับ2	ระดับ3	ระดับ4			
				0 คะแนน		**หมวดที่ 1 การบริหารจัดการอาคาร**
				(บังคับ)	BM P1	การเตรียมความพร้อมความเป็นอาคารสีเขียว **(ต้องมีที่ปรึกษาในทีม)**
				16 คะแนน		**หมวดที่ 2 ผังบริเวณและภูมิทัศน์ (ต้องได้คะแนนในหมวดนี้อย่างน้อย 6 คะแนน)**
				(บังคับ)	SL P1	การหลีกเลี่ยงที่ตั้งที่ไม่เหมาะกับการสร้างอาคาร
				(บังคับ)	SL P2	การลดผลกระทบต่อพื้นที่ที่มีความสมบูรณ์ทางธรรมชาติ
				1	SL 1	การพัฒนาโครงการบนพื้นที่ที่พัฒนาแล้ว
				4	SL 2	การลดการใช้รถยนต์ส่วนตัว
				1	SL 3.1	มีพื้นที่เปิดโล่งเชิงนิเวศ ไม่น้อยกว่า 30% ของพื้นที่ฐานอาคาร หรือ 20% ของพื้นที่โครงการ
				1	SL 3.2	มีต้นไม้ยืนต้น 1 ต้นต่อ พื้นที่เปิดโล่ง 100 ตารางเมตร (ห้ามย้ายไม้ยืนต้นมาจากที่อื่น)
				1	SL 3.3	ใช้พืชพรรณพื้นถิ่นที่เหมาะสม
				4	SL 4	การซึมน้ำและลดปัญหาน้ำท่วม
				2	SL 5.1	มีการจัดสวนบนหลังคาหรือสวนแนวตั้ง
				1	SL 5.2	มีพื้นที่ดาดแข็งที่รับรังสีตรงจากดวงอาทิตย์ ไม่เกินร้อยละ 50 ของพื้นที่โครงการ
				1	SL 5.3	มีต้นไม้ยืนต้นทางทิศใต้ ทิศตะวันตก และทิศตะวันออก ที่บังแดดได้อย่างมีประสิทธิภาพ
				6 คะแนน		**หมวดที่ 3 การประหยัดน้ำ (ต้องได้คะแนนในหมวดนี้อย่างน้อย 2 คะแนน)**
				2	WC 1.1	การประหยัดน้ำรวม 15% หรือใช้โถสุขภัณฑ์ประหยัดน้ำ
				2	WC 1.2	การประหยัดน้ำรวม 25% หรือใช้ก๊อกน้ำในห้องน้ำชนิดประหยัดน้ำ
				2	WC 1.3	การประหยัดน้ำรวม 35% หรือการบริหารจัดการน้ำและการใช้น้ำฝน/ติดตั้งมาตรวัดการใช้น้ำย่อย
				19 คะแนน		**หมวดที่ 4 พลังงานและบรรยากาศ (ต้องได้คะแนนในหมวดนี้อย่างน้อย 8 คะแนน)**
				(บังคับ)	EA P2	ประสิทธิภาพการใช้พลังงานขั้นต่ำ
				16	EA 1	ประสิทธิภาพการใช้พลังงาน
				2	EA 2	การใช้พลังงานทดแทน ร้อยละ0.5-1.5 ของปริมาณค่าใช้จ่ายพลังงานในอาคาร
				1	EA 4	สารทำความเย็นในระบบปรับอากาศที่ไม่ทำลายชั้นบรรยากาศ
				0 คะแนน		**หมวดที่ 5 วัสดุและทรัพยากรในการก่อสร้าง (ไม่มีการประเมินคะแนนในหมวดนี้)**

ระดับ1	ระดับ2	ระดับ3	ระดับ4			
				13 คะแนน		**หมวดที่ 6 คุณภาพของสภาวะแวดล้อมภายในอาคาร (ต้องได้คะแนนในหมวดนี้อย่างน้อย 5 คะแนน)**
				(บังคับ)	IE P1	ปริมาณการระบายอากาศภายในอาคาร
				(บังคับ)	IE P2	ความต่องต่ำภายในอาคาร
				1	IE 1.1	ช่องนำอากาศเข้าไม่อยู่ตำแหน่งที่มีความร้อนหรือมลพิษ
				1	IE 1.2	ความดันเป็นลบ สำหรับห้องพิมพ์งาน ถ่ายเอกสาร เก็บสารเคมี และเก็บสารทำความสะอาด
				1	IE 1.3	ควบคุมแหล่งมลพิษจากภายนอกเข้าสู่ภายในอาคาร
				1	IE 1.4	พื้นที่สูบบุหรี่ห่างจากประตูหน้าต่างหรือช่องนำอากาศเข้าไม่น้อยกว่า 10 เมตร
				1	IE1.5	ประสิทธิภาพการกรองอากาศผ่านเกณฑ์ตามมาตรฐาน
				1	IE 3	แยกวงจรแสงประดิษฐ์ทุก 250 ตารางเมตรหรือตามความต้องการ
				4	IE 4	ออกแบบให้ห้องที่มีการใช้งานประจำได้รับแสงธรรมชาติอย่างพอเพียง
				3	IE 5	สภาวะน่าสบาย
				3 คะแนน		**หมวดที่ 7 การป้องกันผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม (ต้องได้คะแนนในหมวดนี้อย่างน้อย 1 คะแนน)**
				(บังคับ)	EP P2	การบริหารจัดการขยะ
				1	EP 2	ตำแหน่งเครื่องระบายความร้อน- การวางตำแหน่งเครื่องระบายความร้อนห่างจากที่ดินข้างเคียง
				1	EP 3	การใช้กระจกภายนอกอาคาร- กระจกมีค่าสะท้อนแสงไม่เกินร้อยละ 15
				1	EP 5	ติดตั้งมาตรวัดไฟฟ้าที่ใช้กับระบบบำบัดน้ำเสีย
				5 คะแนน		**หมวดที่ 8 นวัตกรรม**
				1	GI 1	.....
				1	GI 2	.....
				1	GI 3	.....
				1	GI 4	.....
				1	GI 5	.....
				62 คะแนน		**คะแนนรวม**

22-27 คะแนน ได้ระดับ 1, 28-32 คะแนน ได้ระดับ 2, 33-44 คะแนน ได้ระดับ 3, 45 คะแนนขึ้นไป ได้ระดับ 4

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ภาคผนวก ข

แบบสอบถาม เรื่องการส่งเสริมอาคารอนุรักษ์พลังงานด้วยการเพิ่มอัตราส่วนพื้นที่อาคารรวมต่อพื้นที่ดิน (FAR BONUS)

คำชี้แจง แบบสอบถามนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อใช้สอบถามความคิดเห็นจากผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้องในการพิจารณาลงทุนก่อสร้างอาคารประหยัดพลังงานต่อมาตรการการเพิ่มอัตราส่วนพื้นที่อาคารรวมต่อพื้นที่ดิน (FAR BONUS) รวมทั้งผลที่ได้จากการวิจัย และเพื่อให้ได้ข้อมูลที่เป็นประโยชน์ต่อการศึกษามากที่สุด ขอความกรุณาท่านระบุคำตอบที่ตรงกับความคิดเห็นของท่านมากที่สุด

กรุณาตอบแบบสอบถามในช่องที่กำหนดไว้

1. อาชีพ

☐ เจ้าของโครงการ ☐ ที่ปรึกษาโครงการ ☐ ผู้ประเมินค่าทรัพย์สิน
☐ วิศวกร/สถาปนิก ☐ อื่นๆ (ระบุ .....)

2. ท่านเคยหรือมีส่วนร่วมพิจารณาในการลงทุนก่อสร้างอาคารประหยัดพลังงานหรือไม่

☐ เคย ☐ ไม่เคย

3. ท่านทราบหรือไม่ว่าในปีพ.ศ. 2556 ได้มีการออกกฎกระทรวง ตามพรบ.ผังเมือง กรุงเทพฯ กำหนดให้สิทธิพิเศษในการสร้างอาคารอนุรักษ์พลังงาน โดยระบุให้อาคารสามารถได้รับอัตราส่วนพื้นที่อาคารรวมต่อพื้นที่ดิน (FAR BONUS) เพิ่มขึ้นได้ไม่เกิน 20% (หากอาคารได้รับการรับรองตามมาตรฐานที่รับรองโดยสถาบันอาคารเขียวไทยหรือองค์กรอื่นซึ่งได้รับความเห็นชอบจากคณะกรรมการผังเมือง)

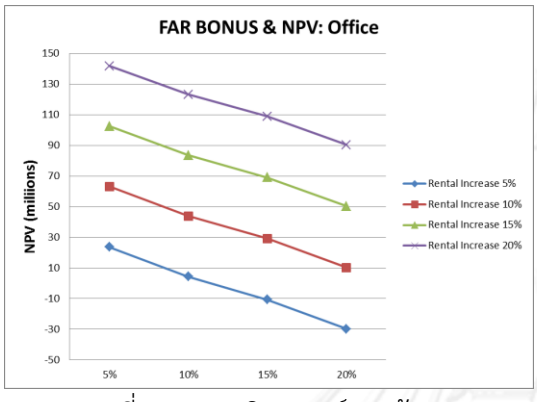
☐ ทราบ ☐ ไม่ทราบ

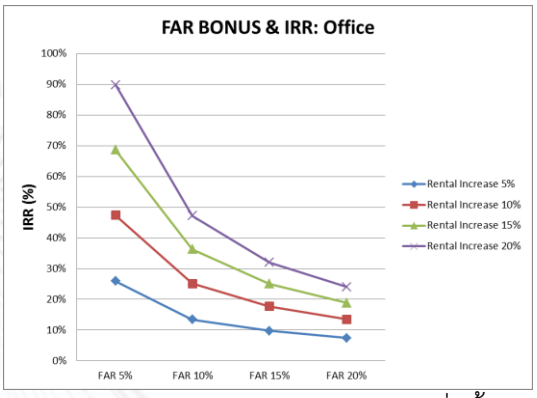
4. ท่านคิดว่ามาตรการการให้ FAR BONUS สำหรับอาคารประหยัดพลังงาน ตามพรบ. ผังเมือง รายละเอียดดังแสดงด้านล่างนั้นเป็นปัจจัยที่น่าสนใจต่อการลงทุนหรือไม่

อาคารที่ได้รับการรับรองการอนุรักษ์พลังงานระดับที่ 1 ให้มี FAR BONUS ได้ไม่เกิน 5%
อาคารที่ได้รับการรับรองการอนุรักษ์พลังงานระดับที่ 2 ให้มี FAR BONUS ได้ไม่เกิน 10%
อาคารที่ได้รับการรับรองการอนุรักษ์พลังงานระดับที่ 3 ให้มี FAR BONUS ได้ไม่เกิน 15%
อาคารที่ได้รับการรับรองการอนุรักษ์พลังงานระดับที่ 4 ให้มี FAR BONUS ได้ไม่เกิน 20%

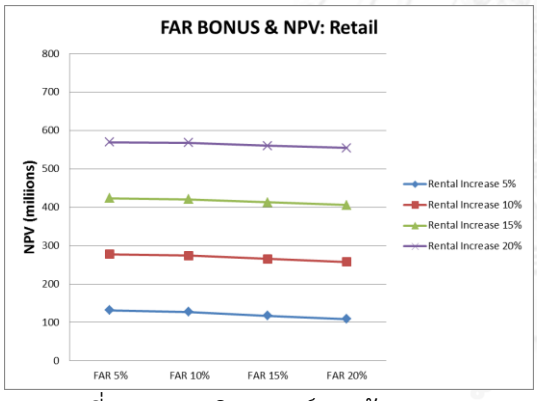
☐ น่าสนใจ ☐ ไม่น่าสนใจ

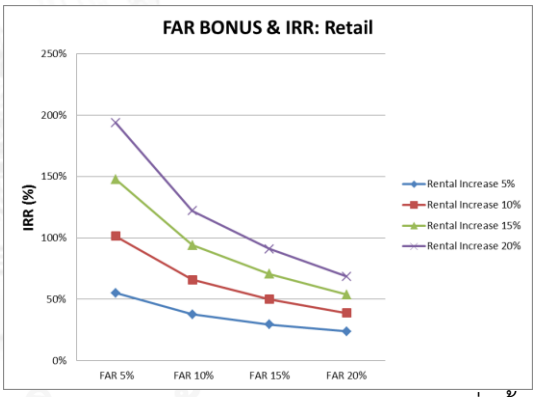
5. จากการวิเคราะห์อาคารประเภทสำนักงาน และ ห้างสรรพสินค้า พบว่าการได้เพิ่ม FAR BONUS จากการออกแบบให้อาคารสามารถประหยัดพลังงานได้ตามระดับการอนุรักษ์พลังงานที่กำหนดในพรบ.ผังเมือง เมื่อพิจารณาผลจากการประหยัดค่าไฟฟ้า ผลประโยชน์จากค่าเช่าพื้นที่เพิ่มขึ้นในอัตราที่ต่างๆกัน การลงทุนเลือกใช้วัสดุประหยัดพลังงาน และการก่อสร้างพื้นที่อาคารที่มากขึ้น จะมีผลต่อปัจจัยการลงทุนทางด้านเศรษฐศาสตร์ดังนี้





รูปภาพที่ 1 ผลการวิเคราะห์ทางด้านเศรษฐศาสตร์สำหรับสำนักงานที่ได้ FAR BONUS เพิ่มขึ้น





รูปภาพที่ 2 ผลการวิเคราะห์ทางด้านเศรษฐศาสตร์สำหรับห้างสรรพสินค้าที่ได้ FAR BONUS เพิ่มขึ้น

ท่านมีความคิดเห็นอย่างไร ถ้าผลจากการวิเคราะห์ พบว่าเมื่อคำนึงถึงจำนวนเงินลงทุนและผลตอบแทนที่จะได้รับ การออกแบบอาคารประหยัดให้พลังงานในระดับที่ 1 ที่ได้รับ FAR BONUS เพียง 5% จะให้ผลตอบแทนทางเศรษฐศาสตร์มากกว่าการออกแบบให้อาคารประหยัดพลังงานเพื่อให้ได้รับ FAR BONUS ในระดับที่สูงกว่า (รบกวนระบุรายละเอียด)

.....

.....

.....

6. ท่านคิดว่าผลการวิเคราะห์ที่แสดงในข้อที่ 5 มีผลต่อการตัดสินใจในการกำหนดการประหยัดพลังงานของอาคารเพื่อให้ได้ FAR BONUS ในระดับที่สูงขึ้นอีกหรือไม่

☐ มีผล ☐ ไม่มีผล

7. นอกจากการให้ FAR BONUS เพิ่มขึ้น ท่านคิดว่าควรมีมาตรการแรงจูงใจประเภทใด ที่จะส่งผลต่อการตัดสินใจให้ลงทุนก่อสร้างอาคารประหยัดพลังงาน

☐ การให้สิทธิ์พิเศษด้านภาษี
☐ การรื่นระยะเวลาการขออนุญาต
☐ การให้ความช่วยเหลือด้านการลงทุน
☐ การให้สิทธิ์ละเว้นค่าธรรมเนียมการขออนุญาต
☐ การให้บริการให้คำแนะนำและประชาสัมพันธ์

5. หากในกรณีที่ท่านเป็นผู้เช่าพื้นที่ ท่านยินดีหรือไม่ที่จะจ่ายค่าเช่าในอัตราที่มากกว่าปกติสำหรับอาคารที่ได้รับรองการประหยัดพลังงาน

☐ ยินดี ☐ ไม่ยินดี

6. ท่านคิดว่าอัตราค่าเช่าที่เพิ่มขึ้นเป็นเท่าไหร่ถึงเหมาะสม สำหรับอาคารที่ได้รับรองการประหยัดพลังงาน

☐ 5% ☐ 10% ☐ 15% ☐ 20%

7. ในกรณีเดียวกันกับคำถามข้อที่ 9 ท่านมีความเห็นอย่างไร เกี่ยวกับค่าเช่าพื้นที่ที่เพิ่มขึ้นและระดับการประหยัดพลังงานของอาคาร

☐ เพิ่มตามระดับของการเป็นอาคารประหยัดพลังงาน
☐ เพิ่มเท่ากันโดยไม่คำนึงว่าอาคารจะเป็นอาคารประหยัดพลังงานระดับใด

8. ข้อเสนอแนะ

.....
.....
.....

ขอขอบคุณเป็นอย่างสูง ที่กรุณาสละเวลาอันมีค่า เพื่อให้ข้อมูลตอบแบบสอบถาม

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาคผนวก ค คุณสมบัติของกระจก

กระจก Laminate Low-E (G1)

E-LITE & SE-LITE

All year round comfort from a significant gain of free solar energy and high insulation value whilst maximizing natural light transmission

Have to be glazed with the coated surface on the interior side on the window or curtain wall; a sticker is placed on the uncoated side of the glass. Exercise caution and prevent damage to the edges of the glass, always use suction cups to shift the glass in the opening and do not pry bars in raising or drifting the glass. It should be stored in a dry and well ventilated area. For details, please refer to the standard handling and glazing guidelines.

PERFORMANCE DATA

Product Name	Glass Thickness (mm.)	OPTICAL PERFORMANCE						THERMAL PERFORMANCE			SC	STC
		Visible Light (%)			Solar Energy (%)			RHG	U-value (W/m2-K)			
		T	R		T	Rout	A	W/m2	Summer	Winter		
			out	in								
6.38 SE-061	6.38	59	7	9	42	7	51	398.24	2.81	3.64	0.60	33
8.38 SE-061	8.38	59	7	9	41	7	52	391.31	2.79	3.62	0.59	34
10.38 SE-061	10.38	58	7	9	39	6	55	381.52	2.78	3.60	0.57	35
12.38 SE-061	12.38	58	7	9	38	6	56	377.55	2.76	3.57	0.56	37
6.38 SE-464	6.38	48	6	9	36	6	58	364.78	2.81	3.64	0.54	33
8.38 SE-464	8.38	48	6	9	35	6	59	358.50	2.79	3.62	0.53	34
10.38 SE-464	10.38	47	6	9	34	6	60	353.51	2.78	3.60	0.53	35
12.38 SE-464	12.38	47	6	9	32	6	62	346.58	2.76	3.57	0.52	37
6.38 SE-165	6.38	50	7	8	36	7	57	365.00	2.77	3.64	0.54	33
8.38 SE-165	8.38	50	6	7	36	6	58	363.00	2.77	3.61	0.54	34
10.38 SE-165	10.38	49	7	7	35	7	58	355.00	2.75	3.58	0.53	35
12.38 SE-165	12.38	49	6	8	34	6	60	354.00	2.75	3.54	0.53	37
6.38 SE-161	6.38	35	6	8	31	6	63	333.07	2.81	3.64	0.49	33
8.38 SE-161	8.38	35	6	8	29	6	65	327.44	2.79	3.62	0.48	34
10.38 SE-161	10.38	35	6	8	29	6	65	323.04	2.78	3.60	0.48	35
12.38 SE-161	12.38	34	6	8	27	5	68	317.01	2.76	3.57	0.47	37
6.38 SE-261	6.38	35	5	8	29	6	65	322.75	2.81	3.64	0.48	33
8.38 SE-261	8.38	35	5	8	28	6	66	317.77	2.79	3.62	0.47	34
10.38 SE-261	10.38	35	5	8	27	6	67	313.86	2.78	3.60	0.46	35
12.38 SE-261	12.38	34	5	8	26	5	69	308.40	2.76	3.57	0.45	37
6.38 SE-562	6.38	28	5	8	26	6	68	307.46	2.81	3.64	0.45	33
8.38 SE-562	8.38	28	5	8	25	6	69	302.76	2.79	3.62	0.45	34
10.38 SE-562	10.38	28	5	8	24	5	71	299.10	2.78	3.60	0.44	35
12.38 SE-562	12.38	28	5	8	23	5	72	293.98	2.76	3.57	0.43	37
6.38 E-061	6.38	81	11	11	64	10	26	518.15	2.77	3.61	0.79	33
8.38 E-061	8.38	80	10	11	61	9	30	505.11	2.75	3.58	0.77	34
10.38 E-061	10.38	80	10	11	60	9	31	500.99	2.75	3.57	0.76	35
12.38 E-061	12.38	79	10	10	57	8	35	482.87	2.73	3.54	0.73	37
6.38 E-OGN	6.38	75	9	11	46	7	47	419.29	2.77	3.61	0.63	33
8.38 E-OGN	8.38	72	9	10	42	7	51	394.82	2.75	3.58	0.59	34
10.38 E-OGN	10.38	69	8	10	36	6	58	362.40	2.73	3.56	0.54	35
12.38 E-OGN	12.38	69	8	10	35	6	59	361.19	2.73	3.54	0.54	37
10.38 E-EGY	10.38	45	6	9	35	6	59	359.05	2.75	3.57	0.54	35
12.38 E-EGY	12.38	40	5	8	31	5	64	335.67	2.73	3.54	0.50	37
10.38 E-SBL	10.38	57	8	10	36	6	58	363.39	2.74	3.56	0.54	35
12.38 E-SBL	12.38	53	7	9	32	6	62	340.72	2.72	3.53	0.51	37

The shown performance values are nominal only which may vary due to manufacturing tolerance.

ISO/TS 16949 : 2002 TIS 1222-2537 TIS 965-2537

Thai-German Specialty Glass Co., Ltd.
41/8 Rama 3 Road, Shongnonsea, Yannawa, Bangkok 10120 Thailand
Tel : (662) 294-6287 (20 Lines) Fax : (662) 294-6286
www.tgsg.com e-mail : center@tgsg.co.th

กระจก Insulated Low-E (G2)

คำแนะนำ:

1. วัสดุที่ใช้กับกระจกจะต้องเป็นสารประกอบที่มีความยืดหยุ่น และสามารถเข้ากันได้ดีกับวัตถุอุดกันรั่ว ไม่แนะนำให้ใช้วัสดุอื่นใดที่อาจเข้ากันได้แต่ไม่รู้จัก
2. วัตถุอื่นใดที่มีส่วนผสมของน้ำมันหรือสารละลายมากกว่า 4% มีโอกาสที่จะใช้ด้วยกันไม่ได้ และไปลดคุณภาพของวัตถุอุดกันรั่ว และทำให้เกิดการรั่วซึมได้
3. ใช้สารอุดกันรั่วที่ปลอดน้ำมัน เช่น polysulfide หรือ urethanes เมื่อสัมผัสกับกระจกด้านที่เคลือบ ปฏิบัติตามคำแนะนำของผู้ผลิตและ มั่นใจว่าสารอุดกันรั่วนั้นมีความทนทานต่อรังสี UV

ข้อปฏิบัติในการทำความสะอาด:

1. ใช้วัสดุที่สะอาดปราศจากเศษผงหรือสิ่งสกปรกทำความสะอาดกระจก เพื่อหลีกเลี่ยงการเกิดรอยขีดข่วนหรือรอยเปื้อนบนผิวกระจก
2. ใช้สารชะล้างที่มีฤทธิ์อ่อน หรือสารละลายที่ใช้สำหรับทำความสะอาดกระจกเท่านั้น
3. ห้ามใช้สารทำความสะอาดที่มีส่วนผสมของกรดไฮโดรฟลูออริก(hydrofluoric) หรือกรดฟอสฟอริก(phosphoric) เพราะมีฤทธิ์กัดกร่อนผิวกระจก
4. ห้ามใช้วัตถุขัดทำความสะอาดที่มีผิวหยาบ ผงขัด แปรงขัด หรือกระดาษทราย ในการทำความสะอาดกระจกเด็ดขาด

Data Performance:

Name	Optical Performance					Thermal Performance	
	Visible Rays			Solar Energy		U-value	SC
	Ref. In	Ref. Out	Trans.	Ref. Out	Trans.		
3mm Clear	8	8	90	8	84	5.8	1.00
24 HEAT STOP E-061	16	15	71	11	47	1.6	0.65
24 HEAT STOP SE-061	15	10	53	8	33	1.6	0.49
24 HEAT STOP SE-ARBL	15	7	38	5	20	1.6	0.34
24 HEAT STOP E-ARBL	15	10	51	7	28	1.6	0.42
24 HEAT STOP E-EGN	16	13	63	8	33	1.6	0.48
24 HEAT STOP SE-EGN	15	9	47	6	24	1.6	0.38

The performance values above were calculated under the following conditions:
1. European U-values (W/sqm K) is based on ISO-DP 10292 draft conditions (Previously K according to DIN 4707)
2. Visible, Total Solar and UV data are based on laboratory spectrophotometric measurements weighted by an appropriate weighing function(s) using LBL windows 5 software. The wavelength ranges of the sun's energy used to calculate properties: Visible from 0.38 to 0.78 microns, Total Solar from 0.30 to 2.5 microns and UV from 0.30 to 0.38 microns.

For more information of our products, please log on to our web site at http://www.tgsg.com or contact our sales representatives at 41/8 Rama 3 Road, Shongnonsea Yannawa, Bangkok 10120, Thailand or call us at (66) 0-2294-6287 or send us a fax at (66) 0-2294-6286 or e-mail: center@tgsg.com.

กระจก Insulated Low-E (G3 และG4)

คุณสมบัติด้านการประหยัดพลังงานของกระจกฉนวนกันความร้อนหนา (24 มม.)

(กระจกสะท้อนแสงหนา 6 มิล + AIR SPACE 12 มิล + กระจกใสหนา 6 มิล)

Coating Code	Visible Light			Solar Energy				Shading Coeff.	U-Value		RHG (W/m^2k)	UV Trans.%	K-Value (W/m^2k)
	Trans. %	Reflectance %		Trans. %	Reflectance %		Abs %		Summer (W/m^2k)	Winter (W/m^2k)			
		(Out)	(In)		(Out)	(In)							
NLE1	69	11	12	43	19	21	38	0.58	1.91	1.78	380	27	1.75
NLE2	58	9	11	29	9	21	62	0.42	1.94	1.78	278	10	1.75
NLE3J	32	6	11	27	10	23	63	0.40	1.94	1.78	270	20	1.75
NLE5	46	8	10	26	9	21	65	0.39	1.95	1.78	260	12	1.75
NLE6	59	10	11	30	10	21	61	0.43	1.94	1.78	286	13	1.75
NLE7	56	9	11	25	8	21	67	0.38	1.95	1.78	251	15	1.75
NLSN1	51	17	12	32	20	21	49	0.46	1.92	1.78	303	15	1.75
NLSN2	41	13	13	20	10	21	70	0.32	1.96	1.78	217	7	1.75
NLSN3J	22	8	11	18	12	20	70	0.30	1.96	1.78	207	12	1.75
NLSN5	33	11	13	19	10	20	72	0.31	1.96	1.78	210	8	1.75
NLSN6	44	15	12	22	11	21	67	0.34	1.95	1.78	231	8	1.75
NLSN7	39	13	12	16	9	21	75	0.28	1.97	1.78	195	11	1.75
NLSB1	59	22	14	36	23	22	41	0.51	1.91	1.78	334	11	1.75
NLSB2	50	16	12	23	12	21	65	0.35	1.95	1.78	238	5	1.75
NLSB3J	25	9	12	21	13	21	66	0.33	1.95	1.78	226	8	1.75
NLSB5	39	12	12	21	11	21	68	0.33	1.95	1.78	226	6	1.75
NLSB6	51	16	12	24	12	21	64	0.37	1.95	1.78	251	7	1.75
NLSB7	46	14	12	18	10	21	72	0.30	1.96	1.78	207	8	1.75
LSS1	40	47	37	22	47	44	31	0.29	1.63	1.61	197	12	1.55
L8S2	39	27	27	16	18	41	66	0.25	1.69	1.62	173	4	1.55
LSS3J	21	10	26	13	21	41	66	0.22	1.69	1.61	150	7	1.55
LSS5	31	19	26	15	17	41	68	0.24	1.69	1.62	164	5	1.56
LSS6	41	27	26	18	19	41	63	0.27	1.71	1.63	182	5	1.57
LSS7	39	27	27	16	16	41	68	0.25	1.71	1.62	169	5	1.56

Identification System for Low-Esave Glass

Coating Series: LE = Standard Low-E
LSN = Low-E Sun Neutral
LSB = Low-F Sun Blue
LSS = Low-E Sun Silve

REMARKS:

All values are subject to normal manufacturing tolerances Shading Coefficient, U-value and Relative heat gain (RGH) are based on the ASHRAE recommendations. K-Value is based on the ISO 10292 : 1994(E) standard. The other values are based on the 50 9050 : 1990(E) standard.

The information contained in this table is offered for product selection purposes, but it does not constitute a warranty of merchantability or fitness for any particular purpose. Actual performance may vary in particular applications.

CHULALONGKORN UNIVERSITY

ภาคผนวก ง ประกาศ เรื่อง แนวทางการทำคะแนนข้อ EA P2 และ EA1 ทางเลือก 1

TGBI

ประกาศ

เรื่อง แนวทางการทำคะแนนข้อ EA P2 และ EA1 ทางเลือก 1

****

ตามที่สถาบันอาคารเขียวไทยได้ออกประกาศ เรื่องยกเลิกการใช้โปรแกรม BEC (2E) ในการคำนวณค่าประหยัดพลังงานของอาคารสำหรับทำคะแนนตามเกณฑ์ TREES-NC V1.1 หัวข้อ EA P2 และ EA 1 ทางเลือกที่ 1 เมื่อวันที่ 24 ตุลาคม 2555 ที่ผ่านมาแล้ว สถาบันฯ ขอประกาศแนวทางการทำคะแนนหัวข้อ EA P2 และ EA1 ทางเลือก 1 โดยมีรายละเอียดดังนี้

1. ขอยกเลิกประกาศ เรื่อง ยกเลิกการใช้โปรแกรม 2E ที่ได้ประกาศไปเมื่อวันที่ 24 ตุลาคม 2555
2. อาคารที่ลงทะเบียนกับทางสถาบันฯ สามารถใช้ทางเลือก 1 ในการทำคะแนนข้อ EA P2 และ EA1 ได้ตามปรกติ โดยต้องกระทำตามเงื่อนไขดังต่อไปนี้

2.1 ให้เพิ่มการใช้พลังงานในอาคารอ้างอิงและอาคารตามแบบในส่วนของพลังงาน Process ที่ 25% ของอาคารอ้างอิงในทั้ง 2 อาคาร ซึ่งจะถือเป็นพลังงานที่ไม่สามารถประหยัดได้ ตัวอย่างเช่น พลังงานอาคารอ้างอิงที่ 100 MWh/Year ต้องมีพลังงาน Process ที่ 25 MWh/Year โดยพลังงานรวมของอาคารอ้างอิงถือเป็น 125 MWh/Year โดยหากอาคารตามแบบมีการใช้พลังงานเดิม 60 MWh/Year ต้องนำพลังงาน 25 MWh/year ไปรวมด้วย ซึ่งพลังงานของอาคารตามแบบจะถือเป็น 85 MWh/year

2.2 ทางเลือกที่ 1 สามารถผสมผสานกับทางเลือกที่ 2 ได้ เฉพาะกรณีพื้นที่ไม่ปรับอากาศเท่านั้น เช่น อาคารโกดังขนาดใหญ่ที่ไม่จัดอยู่ในประเภทอาคารควบคุมของทางกระทรวงพลังงาน ให้สามารถใช้เกณฑ์ตาม ASHRAE 90.1 2007 ที่อ้างอิงตามทางเลือกที่ 2 ในการสร้างโมเดลของอาคารอ้างอิงได้ เช่น การใช้ความเข้มของการส่องสว่าง หรือ LPD และ พลังงานพัดลม ซึ่งพลังงานในส่วนดังกล่าว เมื่อคำนวณแล้วสามารถนำไปรวมกับพื้นที่อาคารที่ตามทางเลือกที่ 1 ได้ เช่นนำพลังงาน office (คำนวณตามทางเลือกที่ 1) รวมกับส่วนของโกดัง โดยต้องเป็นไปตามเงื่อนไขของข้อ 2.1 ด้วย

2.3 หากโครงการมีพื้นที่ปรับอากาศประเภทอื่นนอกเหนือจากที่กระทรวงกำหนด แต่สามารถเทียบเคียงเป็นประเภทคล้ายคลึงได้ เช่น อาคารโชว์รูม อาจเทียบเป็นอาคารประเภท office จะถือว่าสามารถทำคะแนนตามทางเลือกที่ 1 ได้ และสามารถใช้วิธีการตามข้อ 2.2 ได้ หากมีพื้นที่ไม่ปรับอากาศตามลักษณะที่ระบุไว้

2.4 กรณีในโครงการมีพื้นที่ปรับอากาศขนาดใหญ่ และเป็นอาคารประเภทนอกเหนือจากที่กระทรวงพลังงานระบุไว้ ซึ่งไม่สามารถเทียบเคียงเป็นประเภทใกล้เคียงได้ ทั้งโครงการต้องเข้าสู่การประเมินตามทางเลือกที่ 2 เท่านั้น และต้องเข้าทั้งโครงการไม่สามารถผสมผสานได้

3. ผู้ยื่นประเมินต้องรับผิดชอบในการยื่นเอกสารให้ครบถ้วน ทั้งไฟล์ซอฟแวร์ รายการคำนวณที่ชัดเจน เพื่อเอื้อให้คณะผู้ตรวจประเมินทำงานโดยราบรื่น โดยหากเอกสารไม่ชัดเจน หรือไม่ครบถ้วน ทางสถาบันฯ ขอสงวนสิทธิ์ในการปฏิเสธคะแนน โดยทางผู้ยื่นประเมินสามารถอุทธรณ์ตามกระบวนการที่สถาบันฯ กำหนดได้

4. เนื่องจากประกาศฉบับนี้เป็นการขยายความจากคู่มือฯ และถือเป็นการช่วยผู้ประเมินให้ได้ประโยชน์มากขึ้น ประกาศฉบับนี้จึงส่งผลกับอาคารที่ลงทะเบียนไว้แล้วทั้งหมด รวมถึงอาคารที่จะลงทะเบียนใหม่จนกว่าจะมีประกาศฉบับอื่นจากทางสถาบันฯ ที่ยกเลิกประกาศฉบับนี้

ประกาศ ณ วันที่ 7 มิถุนายน 2556

สถาบันอาคารเขียวไทย

ภาคผนวก จ

ผลการคำนวณค่า OTTV ของอาคารสำนักงานในรูปแบบต่างๆ

Condition#BL Wall U = 2.915 + กระจกใส U = 5.874

BL	U wall (Watt/m2.C)	Total A Wall (m2)	WWR	A wall (m2)	DSH	Solar absorptance for wall	Tdeq C	U glass (Watt/m2.C)	A glass (m2)	Delta T C	SHGC	SC Shade	ESR (watt/m2)	Q (watt)	Envel area (m2)	OTTV
North -1	2.915	1800	44	1008.0	129.03	0.5	11.9	5.874	792.0	5	0.55	1	185.06	138,839	1800.0	77.1
East -1	2.915	1800	44	1008.0	129.03	0.5	15.3	5.874	792.0	5	0.55	1	244.53	174,735	1800.0	97.1
South -1	2.915	1800	44	1008.0	129.03	0.5	15.3	5.874	792.0	5	0.55	1	267.41	184,701	1800.0	102.6
West -1	2.915	1800	44	1008.0	129.03	0.5	13.8	5.874	792.0	5	0.55	1	234.58	165,993	1800.0	92.2
														664,268	7200.0	92.3

Aluminum Composite U = 0.326 + กระจก Laminated Low-E

	U wall (Watt/m2.C)	Total A Wall (m2)	WWR	A wall (m2)	DSH	Solar absorptance for wall	Tdeq C	U glass (Watt/m2.C)	A glass (m2)	Delta T C	SHGC	SC Shade	ESR (watt/m2)	Q (watt)	Envel area (m2)	OTTV
North -1	0.326	1800	44	1008.0	19.95	0.3	10.6	2.81	792.0	5	0.39	1	185.06	71,772	1800.0	39.9
East -1	0.326	1800	44	1008.0	19.95	0.3	12.4	2.81	792.0	5	0.39	1	244.53	90,733	1800.0	50.4
South -1	0.326	1800	44	1008.0	19.95	0.3	12.8	2.81	792.0	5	0.39	1	267.41	97,931	1800.0	54.4
West -1	0.326	1800	44	1008.0	19.95	0.3	12.1	2.81	792.0	5	0.39	1	234.58	87,561	1800.0	48.6
														347,997	7200.0	48.3

Aluminum Composite U = 0.326 + กระจก Insulated Low-E ชนิดที่ 1

	U wall (Watt/m2.C)	Total A Wall (m2)	WWR	A wall (m2)	DSH	Solar absorptance for wall	Tdeq C	U glass (Watt/m2.C)	A glass (m2)	Delta T C	SHGC	SC Shade	ESR (watt/m2)	Q (watt)	Envel area (m2)	OTTV
North -1	0.326	1800	44	1008.0	19.95	0.3	10.6	1.6	792.0	5	0.33	1	185.06	58,187	1800.0	32.3
East -1	0.326	1800	44	1008.0	19.95	0.3	12.4	1.6	792.0	5	0.33	1	244.53	74,321	1800.0	41.3
South -1	0.326	1800	44	1008.0	19.95	0.3	12.8	1.6	792.0	5	0.33	1	267.41	80,432	1800.0	44.7
West -1	0.326	1800	44	1008.0	19.95	0.3	12.1	1.6	792.0	5	0.33	1	234.58	71,622	1800.0	39.8
														284,562	7200.0	39.5

Aluminum Composite U = 0.326 + กระจก Insulated Low-E ชนิดที่ 2

	U wall (Watt/m2.C)	Total A Wall (m2)	WWR	A wall (m2)	DSH	Solar absorptance for wall	Tdeq C	U glass (Watt/m2.C)	A glass (m2)	Delta T C	SHGC	SC Shade	ESR (watt/m2)	Q (watt)	Envel area (m2)	OTTV
North -1	0.326	1800	44	1008.0	19.95	0.3	10.6	1.96	792.0	5	0.26	1	185.06	49,352	1800.0	27.4
East -1	0.326	1800	44	1008.0	19.95	0.3	12.4	1.96	792.0	5	0.26	1	244.53	62,190	1800.0	34.5
South -1	0.326	1800	44	1008.0	19.95	0.3	12.8	1.96	792.0	5	0.26	1	267.41	67,033	1800.0	37.2
West -1	0.326	1800	44	1008.0	19.95	0.3	12.1	1.96	792.0	5	0.26	1	234.58	60,042	1800.0	33.4
														238,618	7200.0	33.1

Aluminum Composite U = 0.326 + กระจก Insulated Low-E ชนิดที่ 3

	U wall (Watt/m2.C)	Total A Wall (m2)	WWR	A wall (m2)	DSH	Solar absorptance for wall	Tdeq C	U glass (Watt/m2.C)	A glass (m2)	Delta T C	SHGC	SC Shade	ESR (watt/m2)	Q (watt)	Envel area (m2)	OTTV
North -1	0.326	1800	44	1008.0	19.95	0.3	10.6	1.71	792.0	5	0.22	1	185.06	42,500	1800.0	23.6
East -1	0.326	1800	44	1008.0	19.95	0.3	12.4	1.71	792.0	5	0.22	1	244.53	53,453	1800.0	29.7
South -1	0.326	1800	44	1008.0	19.95	0.3	12.8	1.71	792.0	5	0.22	1	267.41	57,571	1800.0	32.0
West -1	0.326	1800	44	1008.0	19.95	0.3	12.1	1.71	792.0	5	0.22	1	234.58	51,621	1800.0	28.7
														205,145	7200.0	28.5

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ผลการคำนวณค่า OTTV ของอาคารห้างสรรพสินค้าในรูปแบบต่างๆ

Condition#BL Wall U = 2.915 + กระจกใส U = 5.874

BL-2	U wall (Watt/m 2.C)	Total A Wall (m2)	WWR	A wall (m2)	DSH	Solar absorptance for wall	Tdeq C	U glass (Watt/m 2.C)	A glass (m2)	Delta T C	SHGC	SC Shade	ESR (watt/m2)	Q (watt)	Envel area (m2)	OTTV
North -1	2.915	1800	44	1008.0	129.03	0.5	10.8	5.874	792.0	5	0.55	1	133.52	113,156	1800.0	62.9
East -1	2.915	1800	44	1008.0	129.03	0.5	12.85	5.874	792.0	5	0.55	1	162.04	131,603	1800.0	73.1
South -1	2.915	1800	44	1008.0	129.03	0.5	13.6	5.874	792.0	5	0.55	1	189.27	145,668	1800.0	80.9
West -1	2.915	1800	44	1008.0	129.03	0.5	12.8	5.874	792.0	5	0.55	1	173.98	136,657	1800.0	75.9
														527,085	7200.0	73.2

Aluminum Composite U = 0.326 + กระจก Laminated Low-E

	U wall (Watt/m 2.C)	Total A Wall (m2)	WWR	A wall (m2)	DSH	Solar absorptance for wall	Tdeq C	U glass (Watt/m 2.C)	A glass (m2)	Delta T C	SHGC	SC Shade	ESR (watt/m2)	Q (watt)	Envel area (m2)	OTTV
North -1	0.326	1800	44	1008.0	19.95	0.3	8.4	2.81	792.0	5	0.39	1	133.52	55,130	1800.0	30.6
East -1	0.326	1800	44	1008.0	19.95	0.3	9.3	2.81	792.0	5	0.39	1	162.04	64,235	1800.0	35.7
South -1	0.326	1800	44	1008.0	19.95	0.3	9.9	2.81	792.0	5	0.39	1	189.27	72,843	1800.0	40.5
West -1	0.326	1800	44	1008.0	19.95	0.3	9.7	2.81	792.0	5	0.39	1	173.98	68,054	1800.0	37.8
														260,261	7200.0	36.1

Aluminum Composite U = 0.326 + กระจก Insulated Low-E ชนิดที่ 1

	U wall (Watt/m 2.C)	Total A Wall (m2)	WWR	A wall (m2)	DSH	Solar absorptance for wall	Tdeq C	U glass (Watt/m 2.C)	A glass (m2)	Delta T C	SHGC	SC Shade	ESR (watt/m2)	Q (watt)	Envel area (m2)	OTTV
North -1	0.326	1800	44	1008.0	19.95	0.3	8.4	1.6	792.0	5	0.33	1	133.52	43,993	1800.0	24.4
East -1	0.326	1800	44	1008.0	19.95	0.3	9.3	1.6	792.0	5	0.33	1	162.04	51,743	1800.0	28.7
South -1	0.326	1800	44	1008.0	19.95	0.3	9.9	1.6	792.0	5	0.33	1	189.27	59,057	1800.0	32.8
West -1	0.326	1800	44	1008.0	19.95	0.3	9.7	1.6	792.0	5	0.33	1	173.98	54,995	1800.0	30.6
														209,788	7200.0	29.1

Aluminum Composite U = 0.326 + กระจก Insulated Low-E ชนิดที่ 2

	U wall (Watt/m 2.C)	Total A Wall (m2)	WWR	A wall (m2)	DSH	Solar absorptance for wall	Tdeq C	U glass (Watt/m 2.C)	A glass (m2)	Delta T C	SHGC	SC Shade	ESR (watt/m2)	Q (watt)	Envel area (m2)	OTTV
North -1	0.326	1800	44	1008.0	19.95	0.3	8.4	1.96	792.0	5	0.26	1	133.52	38,016	1800.0	21.1
East -1	0.326	1800	44	1008.0	19.95	0.3	9.3	1.96	792.0	5	0.26	1	162.04	44,185	1800.0	24.5
South -1	0.326	1800	44	1008.0	19.95	0.3	9.9	1.96	792.0	5	0.26	1	189.27	49,989	1800.0	27.8
West -1	0.326	1800	44	1008.0	19.95	0.3	9.7	1.96	792.0	5	0.26	1	173.98	46,775	1800.0	26.0
														178,966	7200.0	24.9

Aluminum Composite U = 0.326 + กระจก Insulated Low-E ชนิดที่ 3

	U wall (Watt/m 2.C)	Total A Wall (m2)	WWR	A wall (m2)	DSH	Solar absorptance for wall	Tdeq C	U glass (Watt/m 2.C)	A glass (m2)	Delta T C	SHGC	SC Shade	ESR (watt/m2)	Q (watt)	Envel area (m2)	OTTV
North -1	0.326	1800	44	1008.0	19.95	0.3	8.4	1.71	792.0	5	0.22	1	133.52	32,796	1800.0	18.2
East -1	0.326	1800	44	1008.0	19.95	0.3	9.3	1.71	792.0	5	0.22	1	162.04	38,062	1800.0	21.1
South -1	0.326	1800	44	1008.0	19.95	0.3	9.9	1.71	792.0	5	0.22	1	189.27	43,003	1800.0	23.9
West -1	0.326	1800	44	1008.0	19.95	0.3	9.7	1.71	792.0	5	0.22	1	173.98	40,273	1800.0	22.4
														154,135	7200.0	21.4

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นายพลวุฒิ ไชยนุวัติ สำเร็จการศึกษาวิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต (วิศวกรรมโยธา) จากมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ในปีการศึกษา 2539 วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (วิศวกรรมโยธา) จาก University of Texas at Arlington ประเทศสหรัฐอเมริกา ในปีการศึกษา 2544 ประกาศนียบัตรหลักสูตร การพัฒนาไปสู่ความเป็นเลิศในการจัดการ จากสถาบันบัณฑิตพัฒนบริหารศาสตร์ ในปี 2553 และเข้ารับการศึกษาต่อในหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (สถาปัตยกรรม) คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในปีการศึกษา 2556

ด้านประสบการณ์ทำงาน นายพลวุฒิ มีประสบการณ์ในด้านการออกแบบทางวิศวกรรมและการบริหารโครงการทั้งโครงการในประเทศ และต่างประเทศ อีกทั้งยังเป็นที่ปรึกษาด้านอาคารอนุรักษ์พลังงานและสิ่งแวดล้อมให้อีกหลายโครงการ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University