

อาคารสำนักงานเขียว *

Green Office Building

ยุทธวัชร อภิวัตนสิริ (Yuttawat Aphiwatanasiri)**

บทคัดย่อ

ในปัจจุบันมีอาคารสำนักงานมีแนวโน้มเกิดขึ้นใหม่จำนวนมากเพื่อตอบสนองการขยายตัวทางเศรษฐกิจ โดยอาคารที่ถูกสร้างขึ้นอาจจะไม่ได้คำนึงถึงผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมหรือไม่ได้ผสานแนวความคิดในการเป็นอาคารเขียวทำให้อาคารสำนักงานไม่มีประสิทธิภาพเท่าที่ควร ในงานวิจัยนี้จึงได้ทำการศึกษาแนวทางการออกแบบอาคารสำนักงานเพื่อให้มีความเป็นอาคารเขียวโดยได้ศึกษาและนำเกณฑ์ประเมิน LEED-NC (v.2009) มาใช้วิเคราะห์เพื่อเป็นแนวทางในการออกแบบ และสามารถประเมินประสิทธิภาพของอาคารเพื่อวัดความเป็นอาคารเขียวเบื้องต้นได้

จากการศึกษาเกณฑ์ประเมิน LEED-NC (v.2009) จะพบว่าหัวข้อที่สามารถนำมาประเมินอาคารได้ในขั้นตอนการออกแบบร่าง โดยส่วนใหญ่อยู่ในหมวดการเลือกที่ตั้งโครงการที่มีคะแนนประเมินมากที่สุดและสามารถนำมาใช้ได้ตั้งแต่ขั้นตอนเริ่มต้นโครงการ ส่วนหมวดการใช้พลังงานและบรรยากาศจะเป็นการนำอาคารที่ออกแบบแล้วมาประเมินค่าการใช้พลังงานรวมเทียบกับอาคารอ้างอิง โดยจะจำลองอาคารทางเลือก 4 แบบ ที่มีการเลือกใช้วัสดุและระบบปรับอากาศที่แตกต่างกัน และหมวดคุณภาพสภาวะแวดล้อมในอาคารจะมีการจำลองแสงธรรมชาติเพื่อลดการใช้ไฟฟ้าแสงสว่างได้

โดยผลที่ได้จากการประเมินจะพบว่าอาคารที่ออกแบบมีแนวโน้มผ่านเกณฑ์ประเมิน LEED-NC (v.2009) ได้ในเบื้องต้น ซึ่งจากการจำลองพลังงานจะพบว่าอาคารทางเลือกที่ใช้แนวทางเปลี่ยนระบบปรับอากาศประสิทธิภาพสูงจะสามารถลดค่าการใช้พลังงานโดยรวมได้มากกว่าการใช้แนวทางเปลี่ยนวัสดุอาคารประสิทธิภาพสูง และสามารถนำแสงธรรมชาติมาใช้ได้โดยมีค่าความส่องสว่างผ่านเกณฑ์ที่กำหนด

จากการออกแบบอาคารสำนักงานเขียวจะพบว่าตลอดกระบวนการออกแบบต้องมีการจำลองอาคาร คือ การจำลองพลังงาน การจำลองแสง ซึ่งจะต้องระบุคุณสมบัติของวัสดุอย่างละเอียด จึงควรมีการศึกษาวัดอาคารเพิ่มเติมเพื่อให้เกิดแนวทางเลือกใช้วัสดุได้อย่างหลากหลายมากขึ้น

คำสำคัญ: อาคารเขียว, แบบประเมิน LEED-NC, Energy Simulation, Light Simulation

* บทความนี้เป็นส่วนหนึ่งของวิทยานิพนธ์ หลักสูตรสถาปัตยกรรมศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยศิลปากร

This article is a part of the thesis. Master of Architecture, Slipakorn University.

** นักศึกษาปริญญาโท ภาควิชาสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร e-mail: world_architecture@hotmail.com

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์: ผศ.ดร.พันธุ์ดา พุฒิปุโรจน์

Graduate student of Master of Architecture, Slipakorn University. e-mail: world_architecture@hotmail.com.

Thesis advisor: Asst. Prof. Pantuda Phthipiroj.

Abstract

Currently, there is a tentative of emerging of new office buildings in order to meet the requirement of expanding economics. Unfortunately, in terms of constructing those buildings, people do not consider the environmental impact and do not apply the concept of "Green Building". As a result, the construction of the buildings is not efficiency as it should be. In this research had study designing the office building by applying green concept, and utilize LEED-NC (v.2009) assessment form to analyze the designed plan and evaluate the efficiency of the buildings.

According to LEED-NC (v.2009) assessment form, many criteria are found to use in the assessment in terms of designing the building plans, which most of them would be in the category of the "Sustainable Sites" (SS) that have highest assessment score in selecting the location of the project, and could be applied in the early stage of the project. For the category of the "Energy and Atmosphere" (EA), I would use the existed designed building to analyze the usage of energy compared to the baseline buildings, which I will simulate 4 types of building by using different types of material selection and HVAC system. Furthermore, in the category of the "Indoor Environmental Quality" (IEQ), the building will have to do sunlight simulation in order to reduce the use of electricity.

From the outcome of the assessment, the designed building have the potential to pass LEED-NC(v.2009) assessment form in the basic terms, which simulating energy indicated that the alternative buildings that use high efficient HVAC system will reduce the use of energy rather than changing to high quality of material. Likewise, we could utilize sunlight with passing the requirement of the level of lighting.

In regards to designing Green Buildings, I found that every procedure requires computer simulation in terms of energy and light, which the quality of material must be specified in details. Consequently, there should be a further research on using material for building in order to enhance more selection of material.

Keyword: Green Building, LEED-NC, Energy Simulation, Light Simulation

บทนำ

ในปัจจุบันอาคารประเภทอาคารสำนักงานมีการใช้พลังงานหลักในอาคาร คือ การใช้พลังงานไฟฟ้าในระบบปรับอากาศเพื่อสร้างสภาวะสบาย การใช้พลังงานไฟฟ้าในระบบแสงสว่าง และการใช้เครื่องใช้ไฟฟ้าสำนักงานประเภทต่างๆ ซึ่งการใช้ไฟฟ้าในอาคารอาจไม่มีประสิทธิภาพเท่าที่ควร เนื่องจากข้อจำกัดในด้านการออกแบบอาคาร หรือ การออกแบบอาคารที่ผู้ออกแบบไม่ได้คำนึงถึงประสิทธิภาพด้านการประหยัดพลังงาน

ตั้งแต่ต้น ในขณะที่แนวโน้มในการเกิดอาคารสำนักงานในปัจจุบันได้เพิ่มขึ้นเพื่อตอบสนองการขยายตัวทางเศรษฐกิจ จึงมีการพัฒนาอาคารสำนักงานอีกรูปแบบหนึ่งที่ได้รวมแนวความคิดในด้านการใช้พลังงานให้มีประสิทธิภาพและส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมน้อยที่สุด โดยจะเป็นอาคารที่มีคุณสมบัติผ่านเกณฑ์ประเมินอาคารเขียวประเภทต่างๆ เช่น แบบประเมิน LEED ของประเทศสหรัฐอเมริกา ดังนั้นการวิจัยนี้จึงได้มีการศึกษา และออกแบบอาคารสำนักงาน โดยได้ผนวกแนวความคิดในการเป็นอาคารเขียวไว้ร่วมด้วย

จุดมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ของการศึกษา

1. เพื่อศึกษากระบวนการออกแบบอาคารสำนักงานเขียว โดยคำนึงถึงเกณฑ์การประเมินอาคารเขียวประเภท LEED - New Construction (v.2009)
2. เพื่อศึกษาลักษณะ และแนวความคิดในการออกแบบอาคารเขียวที่เหมาะสมกับสภาพบริบทในประเทศไทย
3. เพื่อศึกษาและทดลองแนวความคิดในการเลือกใช้ระบบไฟฟ้าแสงสว่าง และระบบปรับอากาศประเภทต่างๆ เพื่อให้เกิดแนวทางในการเลือกใช้งานระบบอาคารได้อย่างมีประสิทธิภาพ
4. เพื่อศึกษาและทดลองเปรียบเทียบวัสดุประกอบอาคารประเภทต่างๆ ให้เกิดแนวทางในการเลือกวัสดุได้อย่างเหมาะสมและมีประสิทธิภาพ

ขอบเขตการศึกษา

1. ศึกษาเกณฑ์การประเมินอาคารเขียว โดยศึกษาเกณฑ์การประเมินอาคารเขียวประเภท LEED - NC (v.2009) และนำมาวิเคราะห์เพื่อเป็นแนวทางในการออกแบบ
2. ศึกษาอาคารที่ผ่านเกณฑ์การประเมินของ LEED ในประเทศไทย ซึ่งมีลักษณะเป็นอาคารสำนักงาน รวมถึงศึกษารายละเอียดของคะแนนที่ได้ในหัวข้อต่างๆจากแบบประเมิน
3. ศึกษาที่ตั้งโครงการที่มีความเหมาะสมในการออกแบบอาคารสำนักงานเขียว ในพื้นที่บริเวณกรุงเทพมหานคร
4. ศึกษาอาคารที่มีความเหมาะสมกับอาคารสำนักงานโดยได้มีการนำมาใช้ และจำหน่ายในประเทศไทย
5. ออกแบบอาคารสำนักงานที่มีลักษณะเป็นอาคารสำนักงานขนาดกลาง ซึ่งมีพื้นที่ใช้สอยไม่เกิน 10,000 ตารางเมตร และสูงไม่เกิน 23 เมตร โดยเป็นอาคารที่มีแนวโน้มผ่านเกณฑ์มาตรฐานของ LEED - NC (v.2009) และจำลองอาคารเพื่อวิเคราะห์ประสิทธิภาพการใช้พลังงานในอาคาร โดยจำลองการใช้พลังงานด้วยโปรแกรม Energy Plus และจำลองแสงโดยใช้โปรแกรม Radiance

วิธีการศึกษา

1. ศึกษางานวิจัย หนังสือ และบทความที่เกี่ยวข้องกับการออกแบบอาคารประหยัดพลังงานในเขตภูมิอากาศร้อนชื้น
2. วิเคราะห์แนวความคิดจากแบบประเมินอาคารเขียวประเภท LEED - NC (v.2009) เพื่อสรุปหัวข้อจากแบบประเมินที่สามารถนำมาใช้ได้ตั้งแต่ขั้นตอนการออกแบบร่างอาคาร
3. ออกแบบร่างอาคาร โดยมีเป้าหมายในการออกแบบอาคารเพื่อให้สามารถผ่านเกณฑ์การประเมินของ LEED - NC (v.2009) ได้ในระดับตั้งแต่ Certified ขึ้นไป
4. ประเมินประสิทธิภาพของคอมไฟท์ที่เลือกใช้โดยใช้โปรแกรม Radiance
5. ประเมินประสิทธิภาพอาคารโดยใช้โปรแกรม Energy Plus จำลองค่าการใช้พลังงานรวม
6. วิเคราะห์ผลที่ได้จากการทดลอง และสรุปผลที่ได้จากการออกแบบและการประเมินอาคาร

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ได้แบบอาคารสำนักงานที่มีแนวความคิดในการเป็นอาคารเขียว ซึ่งสามารถนำไปประยุกต์ใช้เป็นแนวทางในการออกแบบอาคารเพื่อก่อสร้างจริงได้
2. ได้เผยแพร่ความรู้เกี่ยวกับเกณฑ์ประเมินอาคารเขียวของ LEED ซึ่งสถาปนิก และผู้ออกแบบสามารถนำมาใช้พัฒนาเป็นแนวความคิดในการออกแบบอาคารเขียวในประเทศไทยได้
3. ช่วยให้สถาปนิก นักออกแบบ เกิดความสนใจในการออกแบบอาคารโดยผสมแนวความคิดในเรื่องการเป็นอาคารเขียวมากขึ้นในอนาคต

ศึกษาข้อมูลที่เกี่ยวข้อง และวิเคราะห์เพื่อนำไปใช้ในการออกแบบ

1. การออกแบบทางสถาปัตยกรรมเพื่อความเป็นอาคารเขียว

จากการศึกษาขั้นตอนในการออกแบบสถาปัตยกรรม พบว่าช่วงที่สามารถกำหนดแนวทางออกแบบเพื่อให้เป็นอาคารเขียวจะเริ่มตั้งแต่การกำหนดเป้าหมายในการออกแบบเพื่อให้ได้แนวความคิดเบื้องต้น และแสดงออกมาในช่วงการออกแบบร่างอาคาร (Schematic Design) ซึ่งจะนำมาประเมิน และปรับเปลี่ยนรูปแบบตามความเหมาะสม โดยในการออกแบบทางสถาปัตยกรรมเพื่อความเป็นอาคารเขียวนั้นจำเป็นต้องมีการบูรณาการออกแบบตั้งแต่ขั้นตอนการออกแบบร่าง ดังที่กล่าวไว้ในเอกสารการบรรยาย เรื่อง "Integrative Design Process- A Whole System Approach" (Sachin Anand and Helen J. Kessler, 2012: 12) โดยได้กล่าวถึงความสัมพันธ์ระหว่างทีมออกแบบ (Design Team) ลูกค้า (Client) และผู้ก่อสร้างอาคาร (Builder) ในกระบวนการออกแบบอาคารแบบบูรณาการ (Integrative Design Process) ซึ่งเมื่อมีการประสานงานกันในแต่ละภาคส่วนที่เกี่ยวข้องกับโครงการแล้ว ทุกภาคส่วนจะมีการประชุมเพื่อกำหนดเป้าหมายร่วมกันตั้งแต่ขั้นตอนก่อนเริ่มโครงการจนถึงขั้นตอนการเข้าใช้งานอาคาร โดยในแต่ละครั้งจะมีการแลกเปลี่ยนข้อมูลและปัญหาต่างๆ ของแต่ละทีม ซึ่งจะนำมาวิเคราะห์และถ่วงดุล เพื่อให้ได้ข้อสรุปเป็นแนวทางในการออกแบบ และพัฒนาไปสู่ขั้นตอนต่อไป

2. แบบประเมิน LEED

LEED ย่อมาจาก Leadership in Energy and Environmental Design คือแบบประเมินอาคารเขียวที่จัดทำขึ้นโดย U.S. Green Building Council จากประเทศสหรัฐอเมริกา โดยได้มีการเริ่มใช้แบบประเมิน LEED Version 1.0 ขึ้นในปี ค.ศ. 2000 และมีการปรับปรุงเป็น LEED Version 2.0, LEED Version 2009 จนในปัจจุบันพัฒนาเป็นแบบประเมิน LEED Version 4 ซึ่งได้มีการประกาศใช้ในปี ค.ศ. 2013 โดยในที่นี่จะนำเกณฑ์ประเมิน LEED Version 2009 (United States Green Building Council, 2013) มาใช้เป็นแนวทางในการออกแบบ ซึ่งมีการแบ่งเกณฑ์ประเมินตามประเภทของอาคารได้ดังนี้

LEED - New Construction and Major Renovation

LEED - Core & Shell

LEED - Schools

LEED - Retail: New construction & Major Renovation/Retail: Commercial Interiors

LEED - Healthcare

LEED - Commercial Interiors

LEED - Existing Buildings: Operation & Maintenance

LEED - Homes

LEED - Neighborhood Development

โดยมีหมวดที่ใช้ประเมิน คือ

1. Sustainable Sites (หมวดที่ตั้งโครงการเพื่อความยั่งยืน)
2. Water Efficiency (หมวดประสิทธิภาพการใช้น้ำ)
3. Energy and Atmosphere (หมวดการใช้พลังงานและบรรยากาศ)
4. Materials and Resources (หมวดวัสดุและการก่อสร้าง)
5. Indoor Environmental Quality (หมวดคุณภาพสภาวะแวดล้อมในอาคาร)
6. Innovation and Design Process (หมวดนวัตกรรมและกระบวนการออกแบบ)
7. Regional Priority (หมวดความสำคัญเร่งด่วนของภูมิภาค)

ซึ่งระดับของการประเมินจะแบ่งเป็น 4 ระดับคือ

Certified 40-49 คะแนน

Silver 50-59 คะแนน

Gold 60-79 คะแนน

Platinum 80-110 คะแนน

2.1 วิเคราะห์แบบประเมิน LEED - NC (v.2009)

จากการศึกษาแบบประเมินอาคาร LEED - NC (v.2009) จะพบว่าหัวข้อที่ใช้ในการประเมินสามารถนำไปใช้เป็นแนวทางในการออกแบบอาคารได้ตั้งแต่ขั้นตอนก่อนการออกแบบอาคารขั้นตอนการออกแบบและก่อสร้างอาคาร จนถึงขั้นตอนตรวจสอบอาคารและการเข้าใช้งานอาคารจริง

โดยในที่นี่จะนำหัวข้อประเมินที่อยู่ในขั้นตอนการออกแบบมาใช้เป็นแนวทางในการออกแบบอาคารสำนักงานเขียว ซึ่งในแต่ละหมวดสามารถสรุปเป็นแนวทางได้ดังนี้

2.1.1 หัวข้อประเมินที่อยู่ในขั้นตอนการออกแบบ

2.1.1.1 Sustainable Sites (ที่ตั้งโครงการเพื่อความยั่งยืน) จะพบว่ารายละเอียดในแบบประเมินสามารถทำได้ในช่วงการออกแบบร่าง โดยการเลือกที่ตั้งโครงการที่มีความเหมาะสม คำนึงถึงการเข้าถึงแหล่งคมนาคมที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม และก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมน้อยที่สุด

2.1.1.2 Water Efficiency (ประสิทธิภาพการใช้น้ำ) เมื่อพิจารณาจากแบบประเมินในหมวดนี้พบว่าบางหัวข้อจะต้องมีการคำนวณ ซึ่งควรมีผู้ที่มีความชำนาญมาร่วมในขั้นตอนนี้ด้วย

2.1.1.3 Energy and Atmosphere (การใช้พลังงานและบรรยากาศ) ในหมวดนี้จะพบว่าหัวข้อที่มีคะแนนมากที่สุด โดยต้องใช้การจำลองอาคารเพื่อประเมินประสิทธิภาพการประหยัดพลังงาน ซึ่งในขั้นตอนนี้จะต้องมีการคำนวณที่แม่นยำจากโปรแกรมที่ได้รับการรับรองจาก LEED

2.1.1.4 Materials and Resources (วัสดุและการก่อสร้าง) ในหมวดนี้จะพบว่าหัวข้อส่วนใหญ่จะเป็นการจัดการทรัพยากร และการเลือกใช้วัสดุที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม ซึ่งสามารถนำวัสดุมาเปรียบเทียบแนวทางเลือกในขั้นตอนการออกแบบได้

2.1.1.5 Indoor Environmental Quality (คุณภาพสภาวะแวดล้อมในอาคาร) ในหมวดนี้จะพบว่าหัวข้อที่สามารถนำไปใช้ในขั้นตอนการออกแบบได้ คือ 1. การออกแบบพื้นที่สุขุบนุหรีให้อยู่ห่างจากจุดนำอากาศเข้า-ออกไม่น้อยกว่าที่กำหนด 2. การนำแสงธรรมชาติเข้ามาใช้ภายในอาคาร โดยมีการออกแบบเพื่อควบคุมคุณภาพและความสว่างของแสงให้เหมาะสมกับพื้นที่ใช้งาน

2.1.1.6 Innovation and Design Process (นวัตกรรมและกระบวนการออกแบบ) ในหมวดนี้จะได้คะแนนจากการใช้นวัตกรรมมาร่วมในงานออกแบบเพื่อความเป็นอาคารเขียว

2.1.1.7 Regional Priority (ความสำคัญเร่งด่วนของภูมิภาค) ในหมวดนี้จะพบว่าหัวข้อที่ได้คะแนนจะเป็นหัวข้อที่มีอยู่ในแต่ละหมวดต่างๆของแบบประเมิน โดยมีความเกี่ยวเนื่องกับความต้องการเร่งด่วนในแต่ละภูมิภาค ซึ่งจะมีหัวข้อที่แตกต่างกันตามภูมิภาคของที่ตั้งโครงการ

3. โปรแกรมจำลองการใช้พลังงานในอาคาร และข้อมูลที่ต้องใช้ในการประเมิน

เมื่อพิจารณาจากแบบประเมินจะพบว่าในหมวดที่ 3 เรื่องของประสิทธิภาพการใช้พลังงานในอาคาร ต้องจำลองการใช้พลังงานภายในอาคารอย่างละเอียด ตามกระบวนการที่ระบุไว้ใน ASHRAE 90.1-2007, Appendix G (American Society of Heating Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, 2007: 175-184) โดยจะนำผลของอาคารที่ได้ออกแบบมาเปรียบเทียบกับอาคารอ้างอิง ซึ่งจะได้ผลเป็นสัดส่วนของค่าใช้จ่ายทางด้านพลังงานที่ประหยัดได้

1. การเลือกใช้โปรแกรมในการจำลองอาคาร โปรแกรมที่สามารถใช้ในจำลองอาคารตามมาตรฐาน ASHRAE 90.1-2007 ได้นั้น ต้องมีคุณสมบัติตามที่ระบุไว้ดังนี้

- 1.1 ต้องสามารถจำลองการใช้พลังงานได้ 8,760 ชั่วโมง ใน 1 ปี
- 1.2 มีความละเอียดในการแสดงผลการจำลองในระดับรายชั่วโมง
- 1.3 สามารถจำลองลักษณะ Thermal mass ของวัสดุที่แตกต่างกันได้

- 1.4 สามารถจำลองได้หลายโซนพร้อมกัน (อย่างน้อย 10 โซน)
 - 1.5 สามารถแสดงกราฟประสิทธิภาพการทำงานสำหรับระบบเครื่องกลภายในอาคารแยกเป็นส่วนๆได้
 - 1.6 สามารถคำนวณขนาดและแสดงประสิทธิภาพของระบบปรับอากาศได้
 - 1.7 สามารถจำลองอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนได้ (Economizer)
 - 1.8 สามารถจำลองลักษณะอาคารอ้างอิงตามที่ระบุใน ASHRAE 90.1-2007, Appendix G ได้
- โดยในที่นี้จะเลือกใช้การจำลองอาคารด้วยโปรแกรม EnergyPlus (Version 7.2)

2. ข้อมูลที่ต้องใช้ในการจำลองอาคาร โดยในโปรแกรม EnergyPlus ผู้ใช้จะต้องทำการกรอกข้อมูลอย่างละเอียดในหัวข้อดังนี้

- 2.1 ที่ตั้งอาคารและสภาพแวดล้อม
 - 2.1.1 ที่ตั้งอาคาร (latitude, longitude, time zone, elevation)
 - 2.1.2 ข้อมูลสภาพอากาศ (weather file)
- 2.2 ขนาดของอาคาร
 - 2.2.1 ขนาด (กว้าง ยาว สูง) ของพื้นที่ใช้สอย หน้าต่าง ประตู และแผงบังแดด
 - 2.2.2 ขนาดของอาคารที่อยู่ใกล้เคียงที่บังแสงแดดจากดวงอาทิตย์
- 2.3 วัสดุที่ใช้และคุณสมบัติ
 - 2.3.1 วัสดุของผนังภายนอก, ผนังภายใน, partition, พื้น, เพดาน, หลังคา, หน้าต่าง, ประตู
 - 2.3.2 คุณสมบัติของวัสดุ (roughness, thickness, conductivity, density, specific heat, thermal/solar/visible absorptance)
 - 2.3.3 คุณสมบัติของกระจก (thickness, solar/visible reflectance, transmittance, conductivity, IR, SHGC)
- 2.4 ข้อมูลการใช้อาคาร
 - 2.4.1 ปริมาณการใช้เครื่องใช้ไฟฟ้า แสงสว่าง (Watts) ในแต่ละชั่วโมง
 - 2.4.2 จำนวนผู้ใช้อาคารและกิจกรรมที่ทำของแต่ละ Zone ในแต่ละชั่วโมง
- 2.5 ข้อมูลการรั่วซึมของอากาศ/ การระบายอากาศ
 - 2.5.1 ปริมาณการรั่วซึมของอากาศ
 - 2.5.2 การระบายอากาศตามธรรมชาติ
- 2.6 ข้อมูลการควบคุมอุณหภูมิของอาคาร
 - 2.6.1 ช่วงเวลาที่เปิดใช้เครื่องปรับอากาศ
 - 2.6.2 ค่าอุณหภูมิที่ตั้งไว้
 - 2.6.3 อุปกรณ์ และวิธีการที่ใช้ในการควบคุมอุณหภูมิ

ในการจำลองอาคารตามที่ระบุไว้ใน ASHRAE 90.1-2007, Appendix G นั้นจำเป็นต้องกำหนดคุณสมบัติวัสดุประกอบอาคาร และสมรรถนะขั้นต่ำในงานระบบต่างๆ ของอาคารอ้างอิงให้มีความถูกต้อง ซึ่งจะมีรายละเอียดตามตารางดังนี้ (American Society of Heating Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, 2007a: 177-181)

ตารางที่ 1 แสดงรายละเอียดและคุณสมบัติสำหรับการจำลองอาคารเพื่อหาประสิทธิภาพของอาคารที่ทำการออกแบบ (Propose Building) และอาคารอ้างอิง (Baseline Building)

Propose Building Performance อาคารที่ทำการออกแบบ	Baseline Building Performance อาคารอ้างอิง
1. Design Model	
โมเดลที่ทำการจำลองต้องมีรายละเอียดเป็นไปตามแบบที่ได้กำหนดไว้ โดยจะต้องกำหนดลักษณะและคุณสมบัติของวัสดุประกอบอาคาร, ช่องเปิด และระบบอาคารต่างๆอย่างละเอียด	เช่นเดียวกับอาคารที่ออกแบบ
2. Schedule	
กำหนดช่วงเวลาการใช้งานอาคารตามที่ออกแบบไว้เป็นรายชั่วโมง แยกตามพื้นที่ซึ่งมีลักษณะใช้งานแตกต่างกัน เช่น จำนวนผู้ใช้งาน, ระบบแสงสว่าง, ระบบปรับอากาศ, อุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้าต่างๆ	เช่นเดียวกับอาคารที่ออกแบบ
3. Building Envelop	
ระบุวัสดุประกอบอาคารตามที่ได้ออกแบบไว้ โดยจะยกเว้นให้กำหนดค่า reflectance ของหลังคาอาคาร = 0.45 ในกรณีที่มีค่า reflectance มากกว่า 0.70 และมีค่า emittance มากกว่า 0.75 ส่วนหลังคาที่มีพื้นผิวแบบอื่นให้ใช้ค่า reflectance = 0.30 ทำการจำลองอุปกรณ์บังแดดตามที่ได้ออกแบบไว้ ยกเว้นม่านปรับแสงภายในอาคาร ส่วนอุปกรณ์บังแดดอัตโนมัติสามารถนำมาจำลองได้	ทำการจำลองอาคารโดยกำหนดให้มีขนาดและรูปร่างอาคารเหมือนอาคารที่ออกแบบ แต่จะมีข้อกำหนดเพิ่มเติม คือ 1. ให้จำลองอาคารโดยหมุนอาคารในทิศ 90,180 และ 270 องศา แล้วนำค่าที่ได้จากการจำลองอาคารในแต่ละทิศมาหาค่าเฉลี่ย 2. สำหรับอาคารที่สร้างใหม่ให้จำลองโดยใช้วัสดุโครงสร้างเบา และมีรายละเอียดของวัสดุตามตารางที่ 4
4. Lighting	
จำลองการใช้ไฟฟ้าแสงสว่างตามแบบแยกตามประเภทพื้นที่ใช้งาน โดยคิดรวมพื้นที่จอดรถและโคมไฟส่องอาคารไว้ด้วย ซึ่งจะคิดค่าพลังงานตามอุปกรณ์ที่ระบุในแบบ	ทำการจำลองการใช้ไฟฟ้าแสงสว่างตามประเภทของอาคาร (อาคารสำนักงานมีค่า LPD = 11 W/m ²) หรือแยกตามประเภทของพื้นที่ใช้งานตามตารางที่ 5

ตารางที่ 1 แสดงรายละเอียดและคุณสมบัติสำหรับการจำลองอาคารเพื่อหาประสิทธิภาพของอาคารที่ทำการออกแบบ (Propose Building) และอาคารอ้างอิง (Baseline Building) (ต่อ)

Propose Building Performance อาคารที่ทำการออกแบบ	Baseline Building Performance อาคารอ้างอิง
5. HVAC System	
จำลองระบบปรับอากาศตามรายละเอียดที่ได้ออกแบบไว้ รวมถึงอุปกรณ์ต่างๆที่เกี่ยวข้องด้วยทั้งหมด สำหรับพื้นที่ที่ไม่มีการปรับอากาศให้กำหนดตาม baseline building	จำลองระบบปรับอากาศตามที่ได้ระบุไว้ในตารางที่ 2 โดยจะกำหนดคุณสมบัติแยกตามประเภทของอาคาร ขนาดของพื้นที่ปรับอากาศ และให้มีความสมรรถนะขั้นต่ำตามที่ระบุไว้ในตารางที่ 3

ในการจำลองระบบปรับอากาศสำหรับอาคารอ้างอิงนั้น จะต้องกรอกข้อมูลในระบบ HVAC อย่างละเอียด ซึ่งจะมีความแตกต่างกันตามขนาดพื้นที่ใช้สอยของโครงการ และลักษณะการใช้สอยดังนี้

ตารางที่ 2 ระบบปรับอากาศประเภทต่างๆ ที่กำหนดไว้สำหรับการจำลองอาคารอ้างอิง

Baseline HVAC System Types	
Building Type	Electric and Other
Nonresidential and 4 or 5 Floors and <2300 m ² or 5 Floors or Less and 2300 m ² to 14,000 m ²	System 6 -Packaged VAV With PFP Boxes

ที่มา: American Society of Heating Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, ANSI/ASHRAE/IESNA STANDARD 90.1-2007 Energy Standard for Buildings Except Low-Rise Residential Buildings (SI Edition) (Atlanta: n.p., 2007), 181.

จากตารางที่ 2 จะพบว่าระบบ HVAC ที่ใช้ในการจำลองอาคารอ้างอิง จะมีลักษณะตามที่ระบุไว้ คือ เป็นอาคารที่ไม่ใช่ที่อยู่อาศัยและมีพื้นที่ใช้สอยไม่เกิน 14,000 m² ซึ่งจะอยู่ในประเภทที่ 6. Packaged VAV with PFP Boxes โดยจะมีรายละเอียดดังนี้

ตารางที่ 3 รายละเอียดระบบปรับอากาศประเภทต่างๆ สำหรับการจำลองอาคารอ้างอิง

Baseline System Descriptions				
System No.	System Type	Fan Control	Cooling Type	Heating Type
System 6 -Packaged VAV With PFP Boxes	Packaged rooftop VAV with reheat	VAV	Direct expansion	Electric resistance

ที่มา: American Society of Heating Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, ANSI/ASHRAE/IESNA STANDARD 90.1-2007 Energy Standard for Buildings Except Low-Rise Residential Buildings (SI Edition) (Atlanta: n.p., 2007), 181.

ส่วนการกำหนดคุณสมบัติวัสดุประกอบอาคารที่ทำการจำลอง จะมีความแตกต่างกันในแต่ละ Climate Zone โดยในประเทศไทยจะมีลักษณะภูมิอากาศตามที่ ASHRAE 90.1-2007 ได้ระบุไว้ในโซนที่ 1(A) ซึ่งจะมีรายละเอียดดังนี้

ตารางที่ 4 ลักษณะคุณสมบัติวัสดุประกอบอาคารสำหรับพื้นที่บริเวณ Climate Zone1(A, B)

Building Envelope Requirement for Climate Zone 1 (A, B)		
Opaque Elements	Nonresidential	
	Assembly Maximum	Insulation Min. R-Value
Roof: Insulation Entirely above Deck	U-0.360	R-2.6 c.i.
Wall, Above-Grade: Steel-Framed	U-0.705	R-2.3
Wall, Below-Grade: Below-Grade Wall	C-6.473	NR
Floor: Steel-Joist	U-1.986	NR
Opaque Doors: Swinging	U-3.975	
Fenestration	Assembly Max. U	Assembly Max. SHGC
Vertical Glazing, 0%-40% of Wall		
Nonmetal framing (all)	U-6.81	
Metal framing (entrance door)	U-6.81	SHGC-0.25 all
Metal framing (all other)	U-6.81	
*The following definitions apply: c.i. = continous insulation, NR = no (insulation) requirement.		

ที่มา: American Society of Heating Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, ANSI/ASHRAE/ IESNA STANDARD 90.1-2007 Energy Standard for Buildings Except Low-Rise Residential Buildings (SI Edition) (Atlanta: n.p., 2007), 19.

เมื่อพิจารณาจากข้อมูลประสิทธิภาพขั้นต่ำของระบบปรับอากาศประเภทต่างๆ จะพบว่าอาคารที่ทำการออกแบบจะอยู่ในประเภท Air conditioner, air cooled ขนาด ≥ 223 kW ซึ่งจะมีค่า COP ขั้นต่ำสำหรับการจำลองอาคารอยู่ที่ 2.84 (ตั้งแต่วันที่ 1/1/2010 เป็นต้นไป)

ในส่วนของการจำลองระบบไฟฟ้าแสงสว่างสำหรับอาคารอ้างอิงจะใช้วิธี Space by Space Method คือ การคิดแยกตามประเภทของพื้นที่ใช้สอยแบบต่างๆ โดยจะคิดเป็นค่าเฉลี่ยตามขนาดของพื้นที่ใช้งานและประเภทของพื้นที่ใช้สอย ซึ่งจะมีรายละเอียดตามที่ระบุไว้ในตารางดังนี้

ตารางที่ 5 ค่า LPD แยกตามประเภทพื้นที่ใช้สอย

Lighting Power Densities Using the Space-by-Space Method	
Common Space Type	LPD, W/m ²
Office-Enclosed	12
Office-Open Plan	12
Lobby	14
Dining Area	10
Restrooms	10
Corridor/Transition	5
Stairs-Active	6
Active Storage	9
Electrical/Mechanical	16
Retail	
Sale Area (for accent lighting)	18
Mall Concourse	18
Parking Garage-Garage Area	2

ที่มา: American Society of Heating Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, ANSI/ASHRAE/IESNA STANDARD 90.1-2007 Energy Standard for Buildings Except Low-Rise Residential Buildings (SI Edition) (Atlanta: n.p., 2007), 63-64.

การออกแบบทางสถาปัตยกรรม

1. ที่ตั้งโครงการ

ในขั้นตอนนี้จะเป็นการพิจารณาเลือกที่ตั้งโครงการ โดยได้นำเกณฑ์ประเมินมาเป็นแนวทางในการเลือกที่ตั้งโครงการให้มีความเหมาะสม ซึ่งจะใช้เกณฑ์ดังนี้

1.1. การเข้าถึงและเชื่อมต่อกับระบบคมนาคมที่มีประสิทธิภาพ จะพิจารณาในด้านการเชื่อมต่อกับระบบคมนาคมที่มีประสิทธิภาพและรวดเร็ว เพื่อลดการใช้รถยนต์ส่วนตัวซึ่งจะกำหนดให้ที่ตั้งโครงการสามารถเข้าถึงระบบขนส่งมวลชนประเภทรางได้ในระยะไม่เกิน 800 m

1.2. การเชื่อมต่อกับแหล่งบริการชุมชนที่หลากหลาย จะกำหนดให้บริเวณที่ตั้งโครงการต้องสามารถเชื่อมต่อกับแหล่งบริการชุมชนได้อย่างน้อย 10 แห่ง ภายในรัศมี 800 m

1.3. ลักษณะสภาพแวดล้อมโดยรอบ จะมีการศึกษาลักษณะทางกายภาพในบริเวณที่ตั้งโครงการและบริเวณโดยรอบ เพื่อนำมาพิจารณาและวิเคราะห์ผลกระทบต่อการออกแบบโครงการโดยรวม

1.4. ความเหมาะสมทางเศรษฐกิจ จะมีการพิจารณาถึงความคุ้มค่าทางเศรษฐกิจโดยรวม ซึ่งจะพิจารณาถึงความเป็นไปได้ของโครงการในอนาคต และประเมินความเหมาะสมของราคาที่ตั้งโครงการโดยเบื้องต้น

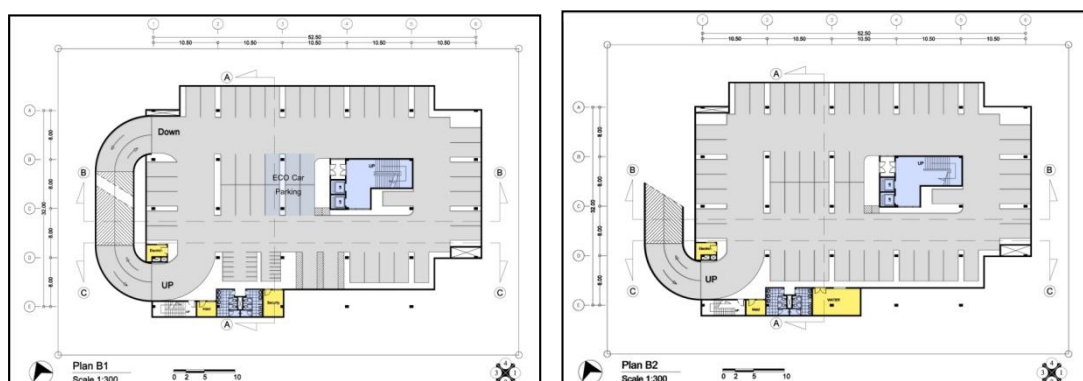


ภาพที่ 1 ที่ตั้งโครงการบริเวณถนนสุขุมวิท ระหว่างซอย 70/3-70/4
ที่มา: Google, **Google Maps**, accessed June 30, 2014, available from
<https://www.google.com/maps>

2. แบบร่างอาคาร



ภาพที่ 2 ผังพื้นที่ 1 (รูปซ้าย) และผังพื้นที่ 2-5 (รูปขวา)



ภาพที่ 3 ผังพื้นที่ B1 (รูปซ้าย) และผังพื้นที่ B2 (รูปขวา)



ภาพที่ 4 ทศนียภาพภายนอกอาคาร

การประเมินอาคาร

1. การจำลองแสง

1.1 การจำลองลักษณะของแสงธรรมชาติที่เข้ามาภายในอาคาร (Natural Lighting)

ในขั้นตอนนี้จะเป็นการจำลองค่าความสว่างของแสงธรรมชาติที่เข้ามาภายในอาคารตามเกณฑ์ประเมินในหัวข้อการใช้แสงธรรมชาติเข้ามาใช้ภายในอาคารที่กำหนดให้บริเวณพื้นที่ใช้สอยสามารถได้รับแสงสว่างที่มีค่าตั้งแต่ 108-5,400 lux (10 - 500 fc) ในสัดส่วนไม่น้อยกว่า 75% ของพื้นที่ใช้งานทั้งหมด ซึ่งจะจำลองแสงธรรมชาติในวันที่ 21 กันยายน ณ เวลา 9.00 น. และ 15.00 น. โดยกำหนดให้สภาพท้องฟ้าเป็นแบบ Clear Sky Condition มีการวางจุดรับแสงอยู่ที่ความสูงระดับโต๊ะทำงานทั่วไปที่ระยะ 75 ซม. และกำหนดให้พื้น ผนัง และฝ้าเพดานมีสีอ่อน มีค่าการสะท้อนของแสงอยู่ที่ 0.70 ส่วนหน้าต่างกำหนดให้มีค่า visible transmittance (VT=0.49) เช่นเดียวกับที่ใช้ในขั้นตอนการจำลองพลังงาน

1.1.1 ผลที่ได้จากการจำลอง เมื่อพิจารณาผลการทดลองพบว่าพื้นที่ให้เข้าจะได้รับแสงธรรมชาติที่มีค่าความส่องสว่างอยู่ในช่วง 108-5,400 lux ในสัดส่วนประมาณ 75-76% ของพื้นที่ใช้งานประจำทั้งหมด ซึ่งมีแนวโน้มผ่านเกณฑ์ประเมินในหมวดการใช้แสงธรรมชาติเข้ามาใช้ภายในอาคาร

1.2 การจำลองแสงจากโคมไฟภายในอาคาร (Artificial Lighting)

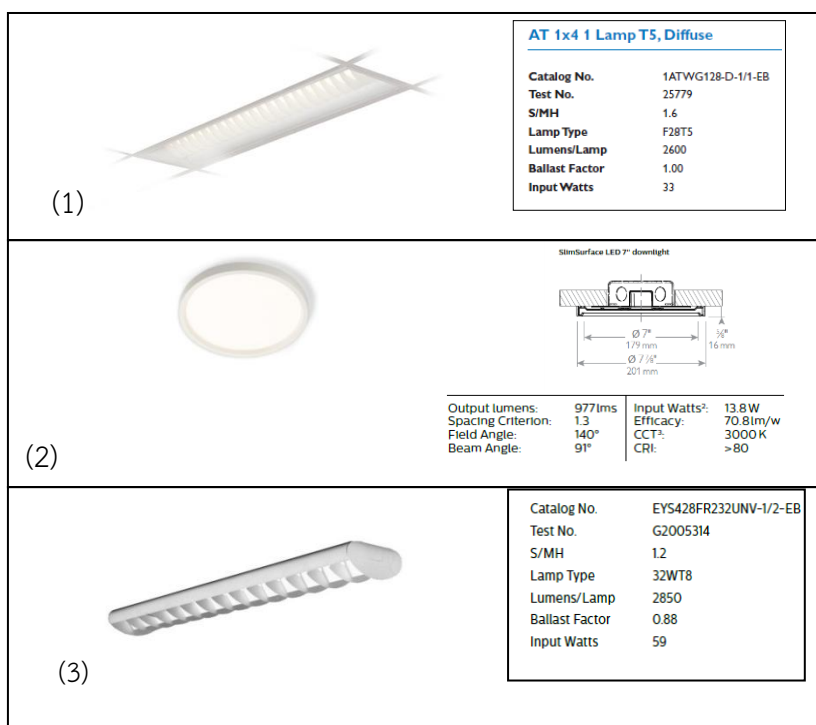
ในขั้นตอนนี้จะเป็นการจำลองแสงไฟประดิษฐ์ภายในอาคารจากดวงโคมแบบต่างๆ เพื่อหาค่าการใช้พลังงานแสงสว่างภายในอาคาร โดยลักษณะของดวงโคมและหลอดไฟที่เลือกใช้จะต้องมีประสิทธิภาพทางด้านการส่องสว่างที่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานขั้นต่ำด้วยเช่นกัน โดยเนื่องจากอาคารมีพื้นที่ใช้งานที่หลากหลายจึงได้เลือกใช้วิธีจำลองแบบคิดแยกตามประเภทพื้นที่ใช้สอย (Space-by-Space) ซึ่งจะนำผลที่ได้มาใช้ในการขั้นตอนการจำลองพลังงานในอาคารด้วยเช่นกัน

ตารางที่ 6 เกณฑ์มาตรฐานขั้นต่ำแยกตามพื้นที่ใช้สอย สำหรับการจำลองแสงจากโคมไฟ

พื้นที่ใช้สอย	ค่าความส่องสว่าง (Lux)	Maximum LPD (W/m^2)
1. สำนักงาน	300-500	12
2. โถงบันได	200-300	14
3. ทางเดินหลัก	100-200	5
4. ห้องน้ำ	100-200	10
5. ส่วนพื้นที่บริการอาคาร	300-500	16
6. ร้านค้าให้เช่า, ร้านอาหาร	300-500	18
7. โถงหลักชั้น 1 (Lobby)	200-300	14

ที่มา: American Society of Heating Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, ANSI/ASHRAE/ IESNA STANDARD 90.1-2007 Energy Standard for Buildings Except Low-Rise Residential Buildings (SI Edition) (Atlanta: n.p., 2007), 63-64.

โดยจะมีการเลือกใช้โคมไฟ 3 แบบ ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้



ภาพที่ 5 ลักษณะและรายละเอียดของดวงโคมที่เลือกใช้ในการจำลองแสงสำหรับพื้นที่ใช้สอยทั่วไป (รูปที่ 1) สำหรับพื้นที่ห้องน้ำ (รูปที่ 2) และสำหรับพื้นที่ส่วนบริการอาคาร (รูปที่ 3)

ที่มา: Koninklijke Philips N.V., **Luminaires E-Catalog**, accessed March 30, 2015, available from <http://www.lightingproducts.philips.com>

โคมไฟสำหรับพื้นที่ใช้สอยทั่วไป จะเลือกใช้หลอดไฟ Fluorescent แบบ T5 ซึ่งมีค่า LPD ที่ดี และมีค่าความถูกต้องของแสง (CRI) ที่ดีกว่าหลอดไฟแบบ LED

โคมไฟสำหรับพื้นที่ห้องน้ำ จะเลือกใช้หลอดไฟแบบ LED ซึ่งมีค่า LPD ที่ดีกว่าหลอดไฟแบบ Fluorescent มีอายุการใช้งานที่มากกว่า แต่จะมีค่าความถูกต้องของแสงที่น้อยกว่า

โคมไฟสำหรับพื้นที่บริการอาคาร จะเลือกใช้หลอดไฟ Fluorescent แบบ T8 ซึ่งสามารถเลือกใช้กับโคมไฟประเภทต่างๆได้หลากหลาย แต่จะมีค่า LPD ที่ด้อยกว่าหลอดไฟรุ่น T5 และหลอดไฟแบบ LED ซึ่งมีผลที่ได้จากการจำลองดังนี้

ตารางที่ 7 สรุปรวมผลที่ได้จากการจำลองแสงในพื้นที่ทั้งหมด

พื้นที่ใช้สอย	ค่าความส่องสว่าง (Lux)	LPD (W/m ²)	Max. LPD (W/m ²)
1. สำนักงานให้เช่า	554	3.4	12
2. โถงบันได	450	3.0	14
3. ทางเดินหลัก	366	3.0	5
4. ห้องน้ำ	285	2.4	10
5. ส่วนพื้นที่บริการอาคาร	460	10	16
6. ร้านค้าให้เช่า	515	4.1	18
7. โถงหลักชั้น 1 (Lobby)	350	3.4	14
8. สำนักงานหลัก, ห้องพยาบาล	596	4.3	12
9. ทางเดินหลักชั้น 1	314	3.1	5
10. ส่วนพื้นที่บริการอาคารชั้น 1	522	8.6	16

2. การจำลองพลังงานในอาคาร



ภาพที่ 6 ลักษณะอาคารที่ใช้ในการจำลองพลังงานในอาคารด้วยโปรแกรม EnergyPlus

2.1 การจำลองการใช้พลังงานในอาคาร Baseline ในขั้นตอนนี้จะเป็นการจำลองการใช้พลังงานโดยใช้ค่าที่กำหนดไว้ตาม Baseline Building Performance ซึ่งจะนำค่าพลังงานที่ได้จากอาคารทั้ง 4 แบบมาหาค่าเฉลี่ยเพื่อนำมาเปรียบเทียบกับอาคารที่ได้ออกแบบจริง

2.2 การจำลองการใช้พลังงานในอาคารที่ทำการออกแบบ จะจำลองอาคารโดยใช้ค่าที่กำหนดตามที่ได้ออกแบบไว้ และนำผลที่ได้จากการจำลองมาเปรียบเทียบกับอาคาร Baseline เพื่อหาค่าใช้จ่ายทางด้าน

พลังงานที่ลดลง ซึ่งจะจำลองอาคารทางเลือก 4 แบบ ที่มีการกำหนดประสิทธิภาพของวัสดุอาคารและระบบปรับอากาศที่แตกต่างกันตามตารางดังนี้

ตารางที่ 8 การเปรียบเทียบวัสดุอาคารและระบบปรับอากาศของอาคารทางเลือกทั้ง 4 แบบ

	Baseline	Proposed 01	Proposed 02	Proposed 03	Proposed 04
1. Wall	U-Value (W/m ² °C)				
Wall 01	0.705	0.727	0.727	0.449	0.449
Wall 02	0.705	0.806	0.806	0.478	0.478
Wall 03	0.705	0.952	0.952	0.952	0.952
2. Floor	U-Value (W/m ² °C)				
Floor 01	1.986	1.485	1.485	1.485	1.485
3. Roof	U-Value (W/m ² °C)				
Roof 01	0.360	0.601	0.601	0.409	0.409
Roof 02	0.360	0.717	0.717	0.346	0.346
4. Door	U-Value (W/m ² °C)				
Door 01	3.975	0.543	0.543	0.543	0.543
Door 02	6.81	5.127	5.127	5.127	5.127
5. Window	SHGC (VT)				
Window 01	0.25	0.53 (0.66)	0.53 (0.66)	0.38 (0.49)	0.38 (0.49)
6. HVAC	COP				
VRF 01	2.84	3.40	4.00	3.40	4.00

โดยมีผลที่ได้จากการจำลองดังนี้

ตารางที่ 9 ผลการจำลองและค่าคะแนนที่ได้เมื่อเปรียบเทียบจากประสิทธิภาพในการประหยัดพลังงาน

	Electric: Facility (kWh/Year)	% Save	LEED Point
Baseline	930,354	-	-
Proposed 01	633,903	31.86	10 (30-32%)
Proposed 02	561,937	39.59	14 (38-40%)
Proposed 03	624,963	32.82	11 (32-34%)
Proposed 04	554,295	40.35	15 (40-42%)

เมื่อเปรียบเทียบผลจากอาคารทั้ง 4 แบบ จะพบว่าอาคารที่มีแนวทางเลือกใช้ระบบปรับอากาศประสิทธิภาพสูงสามารถลดค่าการใช้พลังงานโดยรวมได้มากกว่าอาคารที่ใช้แนวทางเลือกเพิ่มประสิทธิภาพของวัสดุอาคาร โดยการใช้ระบบปรับอากาศที่มีประสิทธิภาพสูงสามารถประหยัดพลังงานได้ประมาณ 8% และ

ได้รับคะแนนประเมินเพิ่มขึ้น 4-5 คะแนน ในขณะที่การเปลี่ยนวัสดุอาคารสามารถประหยัดพลังงานได้ประมาณ 1% และได้รับคะแนนประเมินเพิ่มขึ้น 1 คะแนน

การสรุปผล

จากการออกแบบและประเมินอาคารสำนักงานเขียว จะพบว่าอาคารที่ออกแบบมีแนวโน้มผ่านเกณฑ์ประเมิน LEED - NC (v.2009) ได้ในขั้นตอนการออกแบบร่างอาคาร โดยหัวข้อที่ได้คะแนนสามารถประเมินได้ในเบื้องต้นตั้งแต่ขั้นตอนการเลือกที่ตั้งโครงการ เพื่อให้เจ้าของโครงการสามารถประเมินประสิทธิภาพในการเป็นอาคารเขียวได้ตั้งแต่ขั้นตอนเริ่มต้นโครงการจนถึงขั้นตอนการออกแบบร่างอาคาร

ในการประเมินอาคารสำนักงานเขียวที่ได้ออกแบบสามารถได้คะแนนจากการประเมินในหัวข้อต่างๆ ทั้งหมด 41-46 คะแนน โดยสามารถผ่านเกณฑ์ประเมิน LEED - NC (v.2009) ในระดับ Certified (40-49 คะแนน) ซึ่งในแต่ละขั้นตอนของกระบวนการออกแบบจะมีแนวทางในการได้คะแนนประเมินจากหมวดต่างๆ ดังนี้

1. หมวดที่ตั้งเพื่อความยั่งยืน (Sustainable Sites) จะได้คะแนน 20 คะแนน ซึ่งจะเป็นหมวดที่ได้คะแนนประเมินมากที่สุด โดยจะประเมินในเบื้องต้นได้ในช่วงขั้นตอนการเลือกที่ตั้งโครงการและขั้นตอนการออกแบบร่าง

เมื่อพิจารณาจะพบว่าหัวข้อที่ได้คะแนนส่วนใหญ่เกี่ยวกับการเชื่อมต่อกับระบบขนส่งมวลชน การสนับสนุนยานพาหนะที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม และการควบคุมขนาดพื้นที่จอดรถให้ไม่เกินกว่าที่กฎหมายกำหนด ซึ่งจะได้คะแนนรวม 12 คะแนน โดยหัวข้อที่ได้คะแนนสูงสุด 6 คะแนน คือ การเชื่อมต่อกับระบบขนส่งสาธารณะได้อย่างมีประสิทธิภาพ จากแนวทางในการพิจารณาเลือกที่ตั้งโครงการในย่านที่สามารถเชื่อมต่อกับรถไฟฟ้าได้อย่างสะดวก

โดยในขั้นตอนการออกแบบร่างอาคารจะมีแนวทางในการออกแบบให้มีพื้นที่เปิดโล่งภายนอกอาคารมากที่สุดโดยการกำหนดให้พื้นที่จอดรถอยู่บริเวณชั้นใต้ดิน ซึ่งสามารถได้คะแนนประเมินในหัวข้อการเพิ่มพื้นที่เปิดโล่งภายนอกอาคาร และการลดพื้นที่ใช้งานภายนอกอาคารที่อาจจะส่งผลให้เกิดภาวะเกาะความร้อนในเมือง (Heat Island Effect) ได้ด้วยเช่นกัน

2. หมวดพลังงานและบรรยากาศ (Energy and Atmosphere) จะได้คะแนน 10-15 คะแนน จากการจำลองพลังงานของอาคารที่ออกแบบ 4 อาคาร โดยจะมีรายละเอียดดังนี้

2.1 อาคารแบบที่ 1 จะใช้วัสดุผนังบริเวณพื้นที่ Retail Shop และโถงบันไดฝั่งด้านทิศตะวันออก (Wall 01) เป็นคอนกรีตมวลเบาหนา 10 ซม. ฝั่งด้านนอกอาคารจะปิดผิวด้วยแผ่นอลูมิเนียมคอมโพสิต โดยมีช่องว่างอากาศคั่นกลางขนาด 50 มม. ฝั่งด้านในปิดผิวด้วยแผ่นยิปซัมมีช่องว่างอากาศคั่นกลางขนาด 50 มม. และผนังในส่วนพื้นที่ปรับอากาศทั่วไป (Wall 02) เป็นคอนกรีตมวลเบาหนา 10 ซม. ฝั่งด้านนอกฉาบปูนปิดผิวหนา 1 ซม. ฝั่งด้านในปิดผิวด้วยแผ่นยิปซัม โดยมีช่องว่างอากาศคั่นกลางขนาด 50 มม. หน้าต่างจะใช้กระจกสีเขียวหนา 10 มม. ($SHGC = 0.53$, $VT = 0.66$) และหลังคาเป็นพื้นคอนกรีตเสริมเหล็กหนา 15 ซม. มีช่องว่างอากาศขนาด 80 มม. บุฉนวนกันความร้อนใยแก้วบริเวณเหนือฝ้าขนาด 50 มม. ($R\text{-value} = 1.19 \text{ m}^2 \cdot ^\circ\text{C/W}$) โดยมีประสิทธิภาพโดยรวมในระดับปานกลาง ส่วนระบบปรับอากาศจะใช้แบบ VRF รุ่นประสิทธิภาพปานกลาง ($COP = 3.40$)

2.2 อาคารแบบที่ 2 จะใช้วัสดุอาคารเช่นเดียวกับอาคารแบบที่ 1 โดยจะเปลี่ยนระบบปรับอากาศเป็นระบบประสิทธิภาพสูงขึ้น (COP = 4.00)

2.3 อาคารแบบที่ 3 จะใช้วัสดุผนังคล้ายกับอาคารแบบที่ 1 โดยจะเพิ่มประสิทธิภาพด้วยการใส่ฉนวนกันความร้อนในแก้วแทนที่ช่องว่างอากาศบริเวณฝั่งด้านในอาคารขนาด 50 มม. (R-value = $1 \text{ m}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{W}$) หลังจากจะเพิ่มประสิทธิภาพด้วยการใช้ฉนวนกันความร้อนในแก้วบริเวณเหนือฝ้าที่มีค่าความต้านทานความร้อนมากขึ้นโดยมีขนาด 75 มม. (R-value = $1.97 \text{ m}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{W}$) และหน้าต่างจะเปลี่ยนไปใช้กระจก Laminated หนา 10 มม. (SHGC = 0.38, VT = 0.49) โดยมีประสิทธิภาพโดยรวมที่สูงขึ้น ส่วนระบบปรับอากาศจะใช้ระบบเดียวกับอาคารแบบที่ 1 (COP = 3.40)

2.4 อาคารแบบที่ 4 จะใช้วัสดุอาคารที่มีประสิทธิภาพสูงเช่นเดียวกับแบบที่ 3 และใช้ระบบปรับอากาศระบบประสิทธิภาพสูง (COP = 4.00) โดยอาคารนี้จะมีประสิทธิภาพโดยรวมที่สูงกว่าอาคารแบบอื่นๆ โดยอาคารทั้ง 4 แบบจะมีผลการจำลอง และได้คะแนนจากการประเมินดังนี้

ตารางที่ 6 การเปรียบเทียบคุณสมบัติของวัสดุอาคาร ระบบปรับอากาศ และค่าคะแนนที่ได้จากการประเมินของอาคารทางเลือกทั้ง 4 แบบ

	Baseline	Proposed 1	Proposed 2	Proposed 3	Proposed 4
1. Wall*	U-Value ($\text{W}/\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$)				
Wall 01	0.705	0.727	0.727	0.449	0.449
Wall 02	0.705	0.806	0.806	0.478	0.478
2. Roof	U-Value ($\text{W}/\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$)				
Roof 01	0.360	0.601	0.601	0.409	0.409
3. Window	SHGC (VT)				
Window 01	0.25	0.53 (0.66)	0.53 (0.66)	0.38 (0.49)	0.38 (0.49)
4. HVAC	COP				
VRF 01	COP=2.84	COP=3.40	COP=4.00	COP=3.40	COP=4.00
ค่าการใช้พลังงานรวม (kWh/Year)	930,354	633,903	561,937	624,963	554,295
% Save	-	31.86	39.59	32.82	40.35
LEED Point	-	10	14	11	15

หมายเหตุ: Wall 01 คือ ผนังที่ใช้เฉพาะบริเวณกรอบอาคารส่วน Retail Shop และบริเวณบันไดฝั่งด้านทิศตะวันออก โดยด้านที่ติดตั้งแผ่น Aluminum Composite จะอยู่ด้านนอกอาคาร

Wall 02 คือ ผนังที่ใช้ในส่วนกรอบอาคารและส่วนกันห้องสำหรับพื้นที่ปรับอากาศทั้งหมด โดยด้านที่ติดตั้งแผ่นยิปซัมจะอยู่ด้านในอาคาร

จากการจำลองอาคารที่แตกต่างกันทั้ง 4 แบบ เพื่อเปรียบเทียบแนวทางในการเลือกใช้วัสดุอาคารและระบบปรับอากาศที่ต่างกัน ผลที่ได้พบว่าอาคารที่มีการเปลี่ยนระบบปรับอากาศที่มีประสิทธิภาพสูงขึ้น

สามารถลดการใช้พลังงานโดยรวมได้มากกว่าการเปลี่ยนวัสดุรอบอาคาร ซึ่งการเปลี่ยนระบบปรับอากาศจะลดการใช้พลังงานได้ประมาณ 9% และได้คะแนนประเมินเพิ่มขึ้น 4-5 คะแนน ในขณะที่การเปลี่ยนวัสดุรอบอาคารจะลดการใช้พลังงานได้ประมาณ 1% และได้คะแนนประเมินเพิ่มขึ้นเพียง 1 คะแนน

3. หมวดวัสดุและการก่อสร้าง (Materials and Resources) จะเป็นหมวดที่ได้คะแนนรวม 3 คะแนน ในหัวข้อการใช้วัสดุที่มีแหล่งผลิตภายในระยะไม่เกิน 800 กิโลเมตร และการใช้วัสดุที่มีส่วนผสมของวัสดุรีไซเคิลหรือใช้วัสดุที่สามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้

โดยสามารถประเมินในเบื้องต้นได้ในขั้นตอนการกำหนดแนวความคิดในการเลือกใช้วัสดุอาคาร ซึ่งจะมีการตรวจสอบผลึกต่อเมื่อมีการคำนวณราคาแล้วพบว่าสามารถนำวัสดุดังกล่าวมาใช้ได้ตั้งแต่ 10-20% ของราคาวัสดุทั้งหมด

4. หมวดคุณภาพสภาวะแวดล้อมในอาคาร (Indoor Environmental Quality) จะเป็นหมวดที่ได้คะแนนรวม 7 คะแนน จากแนวทางในการออกแบบกรอบอาคารที่สามารถนำแสงธรรมชาติเข้ามาใช้ภายในอาคารได้โดยมีค่าความส่องสว่างอยู่ในเกณฑ์ที่กำหนด ซึ่งประเมินผลได้ในขั้นตอนการจำลองแสงธรรมชาติ และการเลือกใช้ระบบปรับอากาศที่สามารถแยกควบคุมอุณหภูมิและเปิด – ปิดได้เป็นกลุ่ม

ส่วนในหัวข้อการใช้วัสดุภายในอาคารที่ทำให้เกิดสภาพแวดล้อมที่ดีต่อผู้ใช้งานอาคารจะสามารถประเมินได้ในเบื้องต้นจากการกำหนดแนวความคิดในการเลือกใช้วัสดุอาคารที่มีค่า VOC ที่ต่ำ ซึ่งจะมีการยืนยันผลอีกครั้งเมื่ออาคารก่อสร้างเสร็จแล้ว

5. หมวดความสำคัญเร่งด่วนของภูมิภาค (Regional Priority Credits) ในหมวดนี้จะเป็นคะแนนที่ได้รับเพิ่มจากหมวดที่ผ่านมา โดยจะได้คะแนน 1 คะแนน ในหัวข้อประสิทธิภาพในการประหยัดพลังงานภายในอาคาร (Optimize Energy Performance)

จากการประเมินจะพบว่าอาคารสำนักงานเขียวได้รับคะแนนประเมินสูงสุด 3 หมวดหลัก คือ หมวดที่ตั้งเพื่อความยั่งยืน (ได้ 20 คะแนน) จากการเลือกที่ตั้งโครงการที่มีศักยภาพในด้านการเชื่อมต่อกับระบบคมนาคมสาธารณะได้อย่างหลากหลาย รวมถึงการแบ่งโซนพื้นที่จอดรถ Eco Car และพื้นที่จอดรถจักรยานส่วนหมวดที่ได้คะแนนรองลงมาคือ หมวดพลังงานและบรรยากาศ (ได้ 10-15 คะแนน) จากการประเมินประสิทธิภาพพลังงานอาคาร ในหมวดคุณภาพสภาวะแวดล้อมในอาคาร (ได้ 7 คะแนน) สามารถได้คะแนนจากการเลือกใช้วัสดุที่มีสาร VOC อยู่ในระดับต่ำ และการเลือกใช้ระบบปรับอากาศ, ระบบแสงสว่าง ที่สามารถแยกควบคุมเป็นกลุ่มย่อยได้ ส่วนหมวดอื่นๆที่เหลือจะได้รับคะแนนรวม 5 คะแนน

เมื่อพิจารณาโดยรวมแล้วจะพบว่าในกระบวนการออกแบบอาคารเขียว ผู้ออกแบบสามารถนำเกณฑ์จากแบบประเมินมาใช้เป็นแนวทางในการออกแบบได้ตั้งแต่ขั้นตอนเริ่มต้นโครงการการกำหนดแนวความคิดในการออกแบบ จนกระทั่งขั้นตอนการจำลองอาคารจากแบบร่างเพื่อประเมินระดับความเป็นอาคารเขียวได้ในเบื้องต้น ซึ่งในแต่ละขั้นตอนสามารถประเมินทางเลือกในการออกแบบได้ เพื่อนำไปสู่ขั้นตอนการพัฒนาแบบร่างอาคารให้มีคุณลักษณะและประสิทธิภาพตรงตามจุดมุ่งหมายที่กำหนดไว้มากที่สุด

ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม

1. ในแต่ละขั้นตอนของการจำลองอาคารจะพบว่าต้องระบุคุณสมบัติของวัสดุอาคารโดยเบื้องต้นจึงควรมีการศึกษาในเรื่องเกี่ยวกับวัสดุอาคารร่วมกับการออกแบบอาคารไว้ตั้งแต่ขั้นตอนการเริ่มต้นโครงการ เพื่อให้สามารถพัฒนาและถ่ายทอดเป็นแนวความคิดในการออกแบบอาคารทางเลือกได้หลากหลายมากขึ้น
2. ในขั้นตอนการจำลองพลังงานในอาคาร จะพบว่าสามารถผนวกแนวความคิดในการเลือกใช้วัสดุอาคารแบบต่างๆร่วมกับการศึกษาความคุ้มค่าทางด้านเศรษฐศาสตร์ได้ โดยสามารถนำผลที่ได้มาเปรียบเทียบเพื่อให้ได้ทางเลือกที่มีความคุ้มค่าและตรงตามเป้าหมายของโครงการมากที่สุด

เอกสารอ้างอิง

ภาษาไทย

กระทรวงพลังงาน. "ประกาศกระทรวงพลังงาน เรื่อง หลักเกณฑ์และวิธีการคำนวณในการออกแบบอาคารแต่ละระบบ การใช้พลังงานโดยรวมของอาคาร และการใช้พลังงานหมุนเวียนในระบบต่างๆ ของอาคาร พ.ศ. 2552." 28 สิงหาคม 2552.

ธารา จำเนียรดำรงการ. (พ.ศ. 2556). "การพัฒนาโปรแกรมประมาณค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนังด้านนอกอาคาร (OTTV) และ ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของหลังคาอาคาร (RTTV)." วารสาร Veridian E-Journal ปีที่ 6, ฉบับที่ 1 (มกราคม - เมษายน) : 848.

"ประกาศกระทรวงพลังงาน เรื่อง หลักเกณฑ์และวิธีการคำนวณในการออกแบบอาคารแต่ละระบบการใช้พลังงานโดยรวมของอาคารและการใช้พลังงานหมุนเวียนในระบบต่างๆ ของอาคาร พ.ศ.2552."

ราชกิจจานุเบกษา เล่ม 126, ตอนพิเศษ 122ง (3 สิงหาคม 2537): 21-49.

สมาคมสถาปนิกสยามในพระบรมราชูปถัมภ์. **คู่มือสถาปนิก**. เข้าถึงเมื่อ 6 มกราคม 2557. เข้าถึงได้จาก <http://www.asa.or.th/?q=node/98701>

ภาษาต่างประเทศ

American Society of Heating Refrigerating and Air-Conditioning Engineers. **ANSI/ASHRAE/ IESNA STANDARD 90.1-2007 Energy Standard for Buildings Except Low-Rise Residential Buildings (SI Edition)**. Atlanta: n.p., 2007.

Google. **Google Maps**, accessed June 30, 2014, available from <https://www.google.com/maps>

Koninklijke Philips N.V.. **Luminaires E-Catalog**. Accessed March 30, 2015. Available from <http://www.lightingproducts.philips.com>

United States Green Building Council. **LEED 2009 For New Construction and Major Renovations With Alternative Compliance Paths For Projects Outside The U.S.**. Washington: n.p., 2009.