การศึกษาสัดส่วนอาคารสำนักงานและทิศทางการติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์เพื่อประสิทธิภาพการใช้พลังงานในอาคาร

โดย

นายพิชญ์ณัฐ จำนงค์เดช

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
สถาปัตยกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาสถาปัตยกรรม
คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์และการผังเมือง มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
ปีการศึกษา 2557

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

การศึกษาสัดส่วนอาคารสำนักงานและทิศทางการติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์เพื่อประสิทธิภาพการใช้พลังงานในอาคาร

โดย

นายพิชญ์ณัฐ จำนงค์เดช

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
สถาปัตยกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาสถาปัตยกรรม
คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์และการผังเมือง มหาวิทยาลัยธรรมศา
ปีการศึกษา 2557

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

STUDY OF BUILDING PROPORTION AND PV ORIENTATION FOR ENERGY EFFICIENCY IN OFFICE BUILDING

BY

MR. PITCHANAT CHOMNONGDEJ

A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT OF THE REQUIREMENTS

FOR THE DEGREE OF MASTER OF ARCHITECTURE

ARCHITECTURE

FACULTY OF ARCHITECTURE AND PLANNING

THAMMASAT UNIVERSITY

ACADEMIC YEAR 2014

COPYRIGHT OF THAMMASAT UNIVERSITY

มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์และการผังเมือง

วิทยานิพนธ์

ของ

นายพิชญ์ณัฐ จำนงค์เดช

เรื่อง

การศึกษาสัดส่วนอาคารสำนักงานและทิศทางการติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์
เพื่อประสิทธิภาพการใช้พลังงานในอาคาร

ได้รับการตรวจสอบและอนุมัติ ให้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
สถาปัตยกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

เมื่อ วันที่ 10 สิงหาคม พ.ศ. 2558

ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ _____
(รองศาสตราจารย์ ดร. บัณฑิต ลิ้มมีโชคชัย)

กรรมการและอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ _____
(รองศาสตราจารย์ อวิรุทธ์ ศรีสุธาพรรณ)

กรรมการสอบวิทยานิพนธ์ _____
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สุดาภรณ์ สุดประเสริฐ)

คณบดี _____
(รองศาสตราจารย์ เฉลิมวัฒน์ ตันตสวัสดิ์)

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การศึกษาสัดส่วนอาคารสำนักงานและทิศทางการติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์เพื่อประสิทธิภาพการใช้พลังงานในอาคาร
ชื่อผู้เขียน	นายพิชญ์ณัฐ จำนงค์เดช
ชื่อปริญญา	สถาปัตยกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา/คณะ/มหาวิทยาลัย	สถาปัตยกรรม สถาปัตยกรรมศาสตร์และการผังเมือง มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์	รองศาสตราจารย์ อวิรุทธ์ ศรีสุธาพรรณ
ปีการศึกษา	2557

บทคัดย่อ

ในปัจจุบันปัญหาภาวะโลกร้อนและพลังงานขาดแคลนเป็นปัญหาสำคัญที่ทั่วโลกกำลังให้ความสนใจ และการใช้พลังงานสะอาดทดแทนเป็นหนทางหนึ่งที่จะช่วยลดปัญหาดังกล่าวได้ โดยรัฐบาลไทยเองก็มีนโยบายตามมาตรการ FiT (Feed in Tariff) ส่งเสริมการใช้พลังงานสะอาดทั้งในภาคครัวเรือน ธุรกิจ และอุตสาหกรรม นอกจากนี้การลดปริมาณการใช้พลังงานก็เป็นอีกวิธีที่จะช่วยลดปัญหาได้ โดยปัจจัยหนึ่งที่มีผลต่อการใช้พลังงานในอาคารคือ สัดส่วน และทิศทางการวางตัวของอาคาร งานวิจัยนี้จึงศึกษาการประยุกต์ใช้เซลล์แสงอาทิตย์ในอาคารสำนักงานที่มีความสูง 7 ชั้น ขนาด 4,200 9,800 และ 17,500 ตารางเมตร ที่มีสัดส่วนของอาคารเท่ากับ 1:1 1:1.3 1:1.7 และ 1:2 ในทิศทางการวางตัว 0° 45° 90° และ 315° ทำมุมกับทิศตะวันออก ด้วยการจำลองผ่านโปรแกรม eQUEST 3.65 เพื่อหาปริมาณการใช้พลังงานในรูปแบบต่าง ๆ จากนั้นศึกษาทิศทางการวางตัวเซลล์แสงอาทิตย์บนหลังคาที่ได้จากการศึกษาสัดส่วนและทิศทางการวางตัวอาคารใน 5 ทิศทาง คือ ทิศตะวันออก ทิศตะวันออกเฉียงใต้ ทิศใต้ ทิศตะวันตกเฉียงใต้ และทิศตะวันตก โดยพิจารณาให้ติดตั้งเต็มพื้นที่หลังคาให้ได้มากที่สุด เพื่อนำมาหารูปแบบอาคารสำนักงานที่มีสัดส่วนการผลิตพลังงานไฟฟ้าใกล้เคียงกับปริมาณการใช้ไฟฟ้าของอาคารมากที่สุด

จากการวิจัยพบว่าอาคารสำนักงานที่มีประสิทธิภาพการใช้พลังงานสูงสุดคือ อาคารขนาด 17,500 ตารางเมตร ที่มีสัดส่วนอาคาร 1:1 และทำมุม 0° กับทิศตะวันออก และอาคารสำนักงานที่มีประสิทธิภาพการใช้พลังงานต่ำสุดคือ อาคารขนาด 4,200 ตารางเมตร ที่มีสัดส่วนอาคาร 1:2 และทำมุม 45° กับแนวแกนทิศตะวันออก เนื่องจากขนาดอาคารที่เพิ่มขึ้นทำให้มีปริมาณ

พื้นที่ติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์ที่มากขึ้น ส่งผลให้สัดส่วนการผลิตไฟฟ้าต่อปริมาณการใช้ไฟฟ้าของอาคารเพิ่มสูงขึ้น และความคุ้มค่าในการลงทุนติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์แบบเต็มหลังคาเพื่อลดการซื้อไฟฟ้าจากรัฐ พบว่ามีระยะเวลาคืนทุน 28.91 ปี และหากพิจารณาขายไฟฟ้าคืนให้กับรัฐตามนโยบายการรับซื้อไฟฟ้าจากพลังงานหมุนเวียนในรูปแบบ Feed-in Tariff ด้วยอัตรารับซื้อไฟฟ้า 6.55 บาทต่อหน่วย จะทำให้ระยะเวลาคืนทุนลดลงเหลือ 21.24 ปี

จากผลการวิจัยสามารถนำข้อมูลไปใช้เป็นแนวทางในการออกแบบอาคารสำนักงานใหม่หรืออาคารสำนักงานที่ต้องการติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์เพิ่มเพื่อให้ได้อาคารที่มีประสิทธิภาพการใช้พลังงานที่เหมาะสมกับเงื่อนไขในการออกแบบมากที่สุด

คำสำคัญ: สัดส่วนอาคาร, ทิศทางการวางตัวของอาคาร, เซลล์แสงอาทิตย์, การจำลองผลการใช้พลังงาน

Thesis Title	STUDY OF BUILDING PROPORTION AND PV ORIENTATION FOR ENERGY EFFICIENCY IN OFFICE BUILDING
Author	Mr. Pitchanat Chomnongdej
Degree	Master Degree of Architecture
Major Field/Faculty/University	Architecture Architecture and Planning Thammasat University
Thesis Advisor	Associate Professor Awiroot Srisutapan
Academic Years	2014

ABSTRACT

Over a decade Global warming and energy shortage have been major issues for human beings. To solve such problems, renewable energy is one of the interesting alternatives. The Government of Thailand offered policy FiT (Feed in Tariff) to increase renewable energy usage in various segments including the residential, commercial and industrial. Moreover, reducing energy consumption is another way to relieve the problem. Therefore, the researcher interested in how building layout could reduce energy consumption. This research studied on how the solar cells work in a 7-storey office building with 4,200 9,800 and 17,500 square meters accordingly. The proportion of the building was 1:1 1:1.3 1:1.7 and 1:2 while the layout was 0° 45° 90° and 315° angle to the East. The researcher used eQUEST 3.65, a simulation program, to determine the energy generate in each case. Then, to find out the way to arrange solar panel on the rooftop of building in five different directions (east, southeast, south, southwest and west) in order to collect maximum solar power to serve power need in the building.

The result showed that the building generating power the most efficiency is the one with 17,500 square meters with 1:1 ratio and 0° to the East, while the least one is 4,200 square meters with 1:2 ratio and 45° to the East. This is because of the

more space to install solar panels, the more power generated leading to the better energy management. For the investment return, the research represented that the payback period is 28.91 years, and will shorter to 21.24 years in the case of selling electricity back to government with Feed-in Tariff that purchasing rate of power is 6.55 baht per unit.

The results of the research could be applied as a guideline for the new office building design or the building that require to install solar panels in order to manage energy efficiency according to building design.

Keywords: Building Proportion, Building Orientation, Solar PV, Energy Simulation

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยฉบับนี้สำเร็จลงได้ด้วยดี ด้วยความอนุเคราะห์จากทุกฝ่ายที่เกี่ยวข้อง โดยเฉพาะความกรุณาอย่างสูงจาก รองศาสตราจารย์ อวิรุทธ์ ศรีสุธาพรรณ อาจารย์ที่ปรึกษางานวิจัย ที่กรุณาให้คำแนะนำ คำปรึกษา ตลอดจนปรับปรุงแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ ด้วยความเอาใจใส่อย่างยิ่ง พร้อมทั้งประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ รองศาสตราจารย์ ดร. บัณฑิต ลิ้มมีโชคชัย และกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สุดาภรณ์ สุดประเสริฐ ที่ได้กรุณาให้คำปรึกษาและข้อแนะนำต่าง ๆ ที่เป็นประโยชน์อย่างยิ่ง ทำให้งานวิจัยนี้มีความสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น ผู้วิจัยจึงของกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ ที่นี้

ขอขอบพระคุณ คุณจตุพร โสภารักษ์ ผู้อำนวยการฝ่ายอวุโส ฝ่ายธุรกิจเกี่ยวเนื่อง บริษัท ผลิตไฟฟ้าราชบุรีโฮลดิ้ง จำกัด (มหาชน) ซึ่งเป็นผู้ทรงคุณวุฒิที่ให้ความอนุเคราะห์เอื้อเฟื้อข้อมูลภาคสนามเกี่ยวกับเซลล์แสงอาทิตย์ และสถิติความเข้มแสงอาทิตย์ ที่เอื้อต่อการทำงานวิจัย ทำให้งานวิจัยชิ้นนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี

ผู้วิจัยหวังเป็นอย่างยิ่งว่างานวิจัยชิ้นนี้จะเป็นประโยชน์ต่อบุคลากรทางการศึกษาและผู้สนใจทั่วไป ตลอดจนเป็นประโยชน์ในการสร้างองค์ความรู้ทางด้านสถาปัตยกรรมต่อไป

สุดท้ายนี้ ขอกราบขอบพระคุณ บิดา มารดา ที่คอยช่วยเหลือและเป็นกำลังใจที่สำคัญ ตลอดจนเพื่อน ๆ ทุกคนที่คอยให้ความช่วยเหลือ ให้คำแนะนำและกำลังใจเสมอมา จนงานวิจัยฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี

นายพิชญ์ณัฐ จำนงค์เดช

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	(1)
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	(3)
กิตติกรรมประกาศ	(5)
สารบัญตาราง	(9)
สารบัญภาพ	(11)
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย	3
1.3 สมมติฐานการวิจัย	3
1.4 ขอบเขตการวิจัย	3
1.5 กระบวนการวิจัย	4
1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	5
1.7 นิยามศัพท์	5
บทที่ 2 วรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	6
2.1 เซลล์แสงอาทิตย์	6
2.2 ค่าความเข้มรังสีดวงอาทิตย์	9
2.3 แผนพัฒนาพลังงานทดแทนและพลังงานทางเลือก	16
2.4 ปัจจัยที่ส่งผลต่อการใช้พลังงานในอาคาร	16
2.5 การประเมินอาคารเขียว	17

บทที่ 3 วิธีการวิจัย 20

3.1 การกำหนดขนาดอาคารสำนักงานที่ใช้ในการทดลอง 20
3.2 การจำลองผลการใช้พลังงานในอาคารสำนักงาน 20
3.3 การจำลองผลการใช้พลังงานในอาคารสำนักงาน 25
3.3.1 การกำหนดทิศทางการติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์ 25
3.3.2 หาปริมาณการติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์ 26
3.4 การคำนวณปริมาณไฟฟ้าในอาคาร 30
3.4.1 ปริมาณความต้องการไฟฟ้าในอาคาร 30
3.4.2 ปริมาณไฟฟ้าที่ผลิตได้ 30
3.5 การวิเคราะห์ข้อมูล 31
3.5.1 ปริมาณไฟฟ้าที่ใช้ 31
3.5.2 ปริมาณไฟฟ้าที่ผลิตได้ 31
3.5.3 รูปแบบที่มีประสิทธิภาพการใช้พลังงานสูงสุด 31
3.6 กรอบแนวคิดการวิจัย 32

บทที่ 4 ผลการวิจัยและอภิปรายผล 33

4.1 ผลการจำลองด้วยโปรแกรม eQuest 3.65 33
4.2 ผลการออกแบบการติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์ 37
4.4.1 จำนวนแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ติดตั้งได้ 37
4.4.2 ปริมาณไฟฟ้าที่ผลิตได้จากการติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์ในทิศทางต่าง ๆ 41
4.3 พลังงานสุทธิ 44
4.3.1 ประสิทธิภาพการใช้พลังงานในอาคาร 48
4.4 มูลค่าการลงทุน 51
4.4.1 มูลค่าเพิ่มการลงทุนต่อตารางเมตร 54
4.4.2 ระยะเวลาคืนทุน 57

บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ 64

5.1 สรุปผลรูปแบบอาคารสำนักงานและทิศทางการติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์ที่เหมาะสม 64
5.2 ผลของตัวแปรที่ใช้ในงานวิจัย 68
5.2.1 ปริมาณไฟฟ้าที่ต้องการ 68
5.2.2 ปริมาณไฟฟ้าที่ผลิตได้ 68
5.3 ความคุ้มค่าในการลงทุน 68
5.4 ข้อเสนอแนะ 69

รายการอ้างอิง 70

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก 74
ภาคผนวก ข 80

ประวัติผู้เขียน 93

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

2.1 การเปรียบเทียบคุณสมบัติของเซลล์แสงอาทิตย์ประเภท Thin Film และ Crystalline Silicon 8

2.2 ค่าความเข้มแสงปี 2013 จังหวัดนครปฐม (kWh/m^2) 13

2.3 ค่าความเข้มแสงปี 2014 จังหวัดนครปฐม (kWh/m^2) 14

2.4 ตัวแปรที่ใช้ในงานวิจัยเกี่ยวกับสัดส่วนและทิศทางการวางตัวของอาคารที่ส่งผลต่อการใช้พลังงาน 17

2.5 เกณฑ์การให้คะแนนของ LEED ในหมวดย่อยการใช้พลังงานหมุนเวียน 18

2.6 ดัชนีการใช้พลังงานของอาคารแต่ละประเภท 19

3.1 กรณีศึกษาสำหรับการทดลองที่ 1 21

3.2 ข้อมูลพื้นฐานในการทดลอง 23

3.3 สัดส่วนพื้นที่ใช้งานและตำแหน่งที่ใช้ในการทดลอง 24

3.4 ค่ารังสีดวงอาทิตย์ที่ตกกระทบแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ทำมุม 15 องศากับระนาบพื้น 25

3.5 ตารางแจกแจงกรณีศึกษาการออกแบบการติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์ 28

3.6 ตัวอย่างการติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์ที่ใช้ในการทดลองกรณีรูปแบบอาคารที่แตกต่างกัน 29

4.1 ผลการจำลองการใช้พลังงานไฟฟ้าของอาคารสำนักงานด้วยโปรแกรม eQuest 3.65 33

4.2 จำนวนแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ติดตั้งได้ กรณีอาคารสำนักงานขนาด 4,200 ตารางเมตร 38

4.3 จำนวนแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ติดตั้งได้ กรณีอาคารสำนักงานขนาด 9,800 ตารางเมตร 39

4.4 จำนวนแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ติดตั้งได้ กรณีอาคารสำนักงานขนาด 17,500 ตารางเมตร 40

4.5 ปริมาณไฟฟ้าเฉลี่ยรายปีที่ผลิตได้ กรณีอาคารสำนักงานขนาด 4,200 ตารางเมตร (kWh) 41

4.6 ปริมาณไฟฟ้าเฉลี่ยรายปีที่ผลิตได้ กรณีอาคารสำนักงานขนาด 9,800 ตารางเมตร (kWh) 42

4.7 ปริมาณไฟฟ้าเฉลี่ยรายปีที่ผลิตได้ กรณีอาคารสำนักงานขนาด 17,500 ตารางเมตร (kWh) 43

4.8 พลังงานสุทธิ กรณีอาคารสำนักงานขนาด 4,200 ตารางเมตร 45
4.9 พลังงานสุทธิ กรณีอาคารสำนักงานขนาด 9,800 ตารางเมตร 46
4.10 พลังงานสุทธิ กรณีอาคารสำนักงานขนาด 17,500 ตารางเมตร 47
4.11 ประสิทธิภาพการใช้พลังงานในอาคาร (ร้อยละ) กรณีอาคารสำนักงานขนาด 4,200 ตารางเมตร 48
4.12 ประสิทธิภาพการใช้พลังงานในอาคาร (ร้อยละ) กรณีอาคารสำนักงานขนาด 9,800 ตารางเมตร 49
4.13 ประสิทธิภาพการใช้พลังงานในอาคาร (ร้อยละ) กรณีอาคารสำนักงานขนาด 17,500 ตารางเมตร 50
4.14 มูลค่าการลงทุน กรณีอาคารสำนักงานขนาด 4,200 ตารางเมตร 51
4.15 มูลค่าการลงทุน กรณีอาคารสำนักงานขนาด 9,800 ตารางเมตร 52
4.16 มูลค่าการลงทุน กรณีอาคารสำนักงานขนาด 17,500 ตารางเมตร 53
4.17 มูลค่าเพิ่มการลงทุนต่อตารางเมตร กรณีอาคารสำนักงานขนาด 4,200 ตารางเมตร 54
4.18 มูลค่าเพิ่มการลงทุนต่อตารางเมตร กรณีอาคารสำนักงานขนาด 9,800 ตารางเมตร 55
4.19 มูลค่าเพิ่มการลงทุนต่อตารางเมตร กรณีอาคารสำนักงานขนาด 17,500 ตารางเมตร 56
4.20 ผลตอบแทนรายปีจากการติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์ กรณีอาคารสำนักงานขนาด 4,200 ตารางเมตร 60
4.21 ลตอบแทนรายปีจากการติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์ กรณีอาคารสำนักงานขนาด 9,800 ตารางเมตร 61
4.22 ลตอบแทนรายปีจากการติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์ กรณีอาคารสำนักงานขนาด 17,500 ตารางเมตร 62
4.23 อัตรารับซื้อไฟฟ้า Feed in Tariff (TiF) 63
5.1 รูปแบบอาคารสำนักงานและทิศทางการติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์ที่เหมาะสม สำหรับอาคารสักนักงานขนาด 4,200 ตารางเมตร 65
5.2 รูปแบบอาคารสำนักงานและทิศทางการติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์ที่เหมาะสม สำหรับอาคารสักนักงานขนาด 9,800 ตารางเมตร 66
5.3 รูปแบบอาคารสำนักงานและทิศทางการติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์ที่เหมาะสม สำหรับอาคารสักนักงานขนาด 17,500 ตารางเมตร 67

สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
1.1 สัดส่วนการใช้พลังงานของประเทศไทยปี 2554	2
2.1 แผนที่ศักยภาพพลังงานแสงอาทิตย์เฉลี่ยตลอดปี	10
2.2 แผนที่ศักยภาพพลังงานแสงอาทิตย์ของเดือนต่าง ๆ	11
2.3 การเปรียบเทียบความเข้มรังสีดวงอาทิตย์รายวันเฉลี่ยต่อปีที่ประเทศต่าง ๆ ได้รับ	12
2.4 เครื่อง Pyranometer ของ kipp&zonen SMP11	12
2.5 กราฟค่าเฉลี่ยความเข้มแสงอาทิตย์ตลอดทั้งปี ที่เก็บข้อมูลด้วยเครื่อง Pyranometer ของ kipp&zonen SMP11	15
2.6 กราฟค่าเฉลี่ยความเข้มแสงอาทิตย์ในปี 1964 – 2008	15
3.1 โปรแกรมที่ใช้ในการทดลอง eQuest 3.65	21
3.2 ทิศทางการวางตัวอาคารสำหรับการทดลอง	22
3.3 วัสดุผนังที่ใช้ในการทดลอง	22
3.4 การกำหนดระยะการติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์บนหลังคาที่ใช้ในการทดลอง	26
3.5 ขนาดแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ใช้ในการทดลอง	27
3.6 ขนาดระยะราบที่ใช้ในการทดลองเมื่อแผงเซลล์แสงอาทิตย์ทำมุม 15 องศากับหลังคา	27
4.1 เปรียบเทียบการใช้พลังงานในอาคารสำนักงานขนาด 4,200 ตารางเมตร	34
4.2 เปรียบเทียบการใช้พลังงานในอาคารสำนักงานขนาด 9,800 ตารางเมตร	35
4.3 เปรียบเทียบการใช้พลังงานในอาคารสำนักงานขนาด 17,500 ตารางเมตร	36
4.4 ตัวอย่างหนังสือแจ้งค่าไฟฟ้าประเภทที่ 3	58
4.5 ตัวอย่างหนังสือแจ้งค่าไฟฟ้าประเภทที่ 4	59

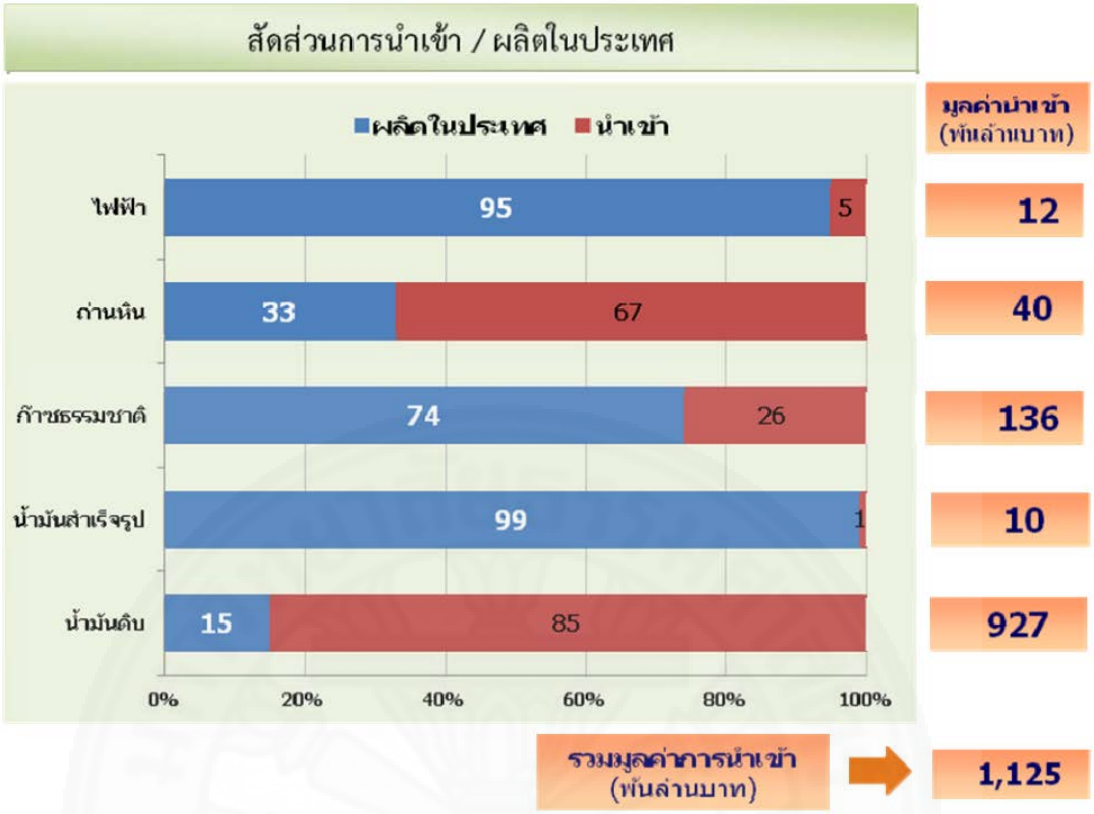
บทที่ 1
บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา

ปัญหาภาวะโลกร้อนเป็นปัญหาที่ทั่วโลกกำลังให้ความสนใจและเร่งหามาตรการเพื่อควบคุม โดยมาตรการกีดกันทางการค้าก็เป็นมาตรการหนึ่งที่มีแนวโน้มจะนำใช้อย่างแพร่หลายในอนาคต เพื่อกดดันให้ประเทศต่าง ๆ ร่วมมือกันลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก แม้ว่ามาตรการดังกล่าวจะยังไม่ถูกนำมาใช้จริง แต่ประเทศไทยก็ได้เริ่มมีนโยบายส่งเสริมพลังงานทดแทน ซึ่งเป็นหนึ่งในแนวทางลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก รวมทั้งเป็นจุดเริ่มต้นให้ประเทศไทยเริ่มก้าวสู่เส้นทางของการเป็นสังคมคาร์บอนต่ำ (Low Carbon Society)

ประเทศไทยต้องพึ่งพาการนำเข้าพลังงานจากต่างประเทศเป็นหลัก ดังภาพที่ 1.1 โดยในปี 2554 พบว่ากว่าร้อยละ60 ของความต้องการพลังงานขั้นต้นมาจากการนำเข้า โดยมีสัดส่วนการนำเข้าน้ำมันสูงถึงร้อยละ 80 ของปริมาณการใช้น้ำมันทั้งหมดภายในประเทศและยังมีแนวโน้มจะสูงขึ้นอีกเพราะไม่สามารถเพิ่มปริมาณการผลิตปิโตรเลียมในประเทศได้ทันกับความต้องการใช้งาน การพัฒนาพลังงานทดแทนจะช่วยลดการพึ่งพาและการนำเข้าน้ำมันเชื้อเพลิงและพลังงานชนิดอื่น ในปี 2555 ประเทศไทยมีการใช้พลังงานเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องเป็นปีที่ 14 และเพิ่มขึ้นจากปี 2554 ร้อยละ 3.9 ประเทศไทยพึ่งพาก๊าซธรรมชาติเป็นหลักมากกว่าร้อยละ 70 โดยพลังงานทดแทนถือเป็นหนึ่งในเชื้อเพลิงเป้าหมายที่คาดว่าจะสามารถนำมาใช้ในการผลิตไฟฟ้าทดแทนก๊าซธรรมชาติได้อย่างมีนัยสำคัญ หากเทคโนโลยีพลังงานทดแทนเหล่านี้มีต้นทุนถูกลงและได้รับการยอมรับอย่างกว้างขวางก็อาจสามารถพัฒนาให้เป็นพลังงานหลักในการผลิตไฟฟ้าสำหรับประเทศไทยได้ในอนาคต (กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, 2555)

จากสถานการณ์ราคาน้ำมันดิบที่เพิ่มสูงขึ้นอย่างรวดเร็วทำให้ประเทศไทยต้องจัดหาพลังงานทดแทนเพื่อใช้ทดแทนน้ำมัน ซึ่งภาครัฐมีมาตรการและนโยบายที่สนับสนุนให้มีการใช้พลังงานทดแทนเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง โดยเฉพาะพลังงานทดแทนที่สามารถผลิตได้จากภายในประเทศ ประกอบด้วย พลังงานแสงอาทิตย์ พลังงานลม พลังน้ำ ชีวมวล ก๊าซชีวภาพ ขยะ และเชื้อเพลิงชีวภาพ โดยในปี พ.ศ. 2555 พบว่าการใช้พลังงานทดแทนทั้งสิ้น 7,292 พันตันเทียบเท่าน้ำมันดิบเพิ่มขึ้นจากปี พ.ศ. 2554 ร้อยละ 14.3 (กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, 2555)



ภาพที่ 1.1 สัดส่วนการใช้พลังงานของประเทศไทยปี 2554. จาก กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน, 2555

จากแผนการพลังงานทดแทนและพลังงานทางเลือก พ.ศ. 2555-2564 ได้กำหนดให้มีสัดส่วนการใช้พลังงานทดแทนเพิ่มขึ้นจาก 7,413 พันตันเทียบเท่าน้ำมันดิบ ในปี 2555 เป็น 25,000 พันตันเทียบเท่าน้ำมันดิบ ในปี 2564 หรือคิดเป็น 25% ของการใช้พลังงานรวมทั้งหมด จะเห็นได้ว่านโยบายนี้ยังต้องการการร่วมมือจากภาคเอกชนและภาคครัวเรือนอย่างมากเพื่อบรรลุเป้าหมาย โดยการนำพลังงานทดแทนมาใช้ในอาคารนอกจากประโยชน์ด้านการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก และการบรรลุเป้าหมายแผนการพลังงานทดแทนและพลังงานทางเลือกแล้ว ผู้ประกอบการยังสามารถเข้าร่วมการประเมินอาคารเขียวได้ เพื่อเพิ่มมูลค่าและภาพลักษณ์ให้กับองค์กร

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1.2.1 เพื่อศึกษาสัดส่วนและทิศทางการวางตัวของอาคารที่มีผลต่อการใช้พลังงานของอาคารสำนักงาน

1.2.2 เพื่อศึกษาปริมาณไฟฟ้าที่ผลิตได้จากการติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์ในอาคารที่มีสัดส่วนและทิศทางการวางตัวอาคารแตกต่างกัน

1.2.3 วิเคาะห์รูปแบบอาคารที่มีความเหมาะสมกับการติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์เพื่อนำเสนอรูปแบบอาคารที่มีประสิทธิภาพการใช้พลังงานสูงสุด

1.2.4 วิเคราะห์ความคุ้มค่าในการเข้าร่วมการประเมินอาคารเขียว (LEED, TREEs) และการเข้าร่วมแผนพลังงานทดแทน

1.3 สมมติฐานการวิจัย

1.3.1 สัดส่วนอาคารที่แตกต่างกันจะส่งผลให้การใช้พลังงานในอาคารแตกต่างกัน

1.3.2 การติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์บนหลังคาอาคารในทิศทางที่แตกต่างกัน จะส่งผลต่อประสิทธิภาพการผลิตกระแสไฟฟ้าของเซลล์แสงอาทิตย์

1.4 ขอบเขตการวิจัย

1.4.1 ศึกษาอาคารสำนักงานในประเทศไทย โดยกำหนดรูปแบบอาคารสำนักงานจากการรวบรวมข้อมูลขนาดอาคารระหว่าง 4,000 – 17,500 ตารางเมตร ภายในกรุงเทพมหานคร

1.4.2 ศึกษาแนวทางการออกแบบเพื่อลดการใช้พลังงานในอาคารด้วยปัจจัยกำหนด คือ สัดส่วนอาคารและทิศทางการวางตัวของอาคาร เป็นหลักโดยไม่คำนึงถึงวัสดุ และกำหนดลักษณะหลังคาอาคารเป็นระบบหลังคาเรียบ ด้วยวิธีจำลองผ่านโปรแกรมคอมพิวเตอร์ ภายใต้สภาพอากาศของประเทศไทย

1.4.3 ศึกษาเซลล์แสงอาทิตย์ที่ติดตั้งบนหลังคาเท่านั้น

1.4.4 ไม่คำนึงถึงอุณหภูมิที่ลดลงจากการบังเงาให้กับอาคารของแผงเซลล์แสงอาทิตย์

1.5 กระบวนการวิจัย

การวิจัยนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลองด้วยการจำลองอาคารสมมติผ่านโปรแกรมคอมพิวเตอร์ eQuest 3.65 เพื่อนำมาวิเคราะห์และประเมินผลประสิทธิภาพการใช้พลังงานในอาคารสำนักงาน โดยงานวิจัยมีขั้นตอนการศึกษาดังนี้

1.5.1 ศึกษาข้อมูลเบื้องต้น

1.5.1.1 ศึกษาขนาดอาคารสำนักงานในเขตกรุงเทพมหานคร

1.5.1.2 ศึกษาข้อมูลการใช้พลังงานของอาคารสำนักงาน

1.5.1.3 ศึกษาหลักการและทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการลดการใช้พลังงานในอาคาร

1.5.1.4 ศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์ในอาคาร

1.5.1.5 ศึกษาข้อมูลค่าใช้จ่ายในการติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์

1.5.1.6 ศึกษาข้อมูลแผนพัฒนาพลังงานทดแทนและพลังงานทางเลือก

1.5.2 การทดลองและออกแบบ

1.5.2.1 จำลองการใช้พลังงานของอาคารสำนักงานที่มีสัดส่วนและทิศทางการวางตัวแตกต่างกัน ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ eQuest 3.65

1.5.2.2 ออกแบบทิศทางการติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์บนหลังคาอาคารสำนักงานแบบต่าง ๆ เพื่อหาปริมาณสูงสุดที่ติดตั้งได้

1.5.2.3 คำนวณกระแสไฟฟ้าที่ผลิตได้จากการติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์บนหลังคาอาคารสำนักงานในทิศทางต่าง ๆ

1.5.2.4 วิเคราะห์ข้อมูลจากการทดลองเพื่อหารูปแบบอาคารที่มีประสิทธิภาพการใช้ไฟฟ้าสูงสุด

1.5.3 วิเคราะห์ สรุปและอภิปราย

1) นำเสนอแนวทางการออกแบบอาคารสำนักงานภายใต้เงื่อนไขเรื่อง ขนาด สัดส่วน และทิศทางของอาคาร เพื่อให้ได้อาคารที่มีความเหมาะสมกับการติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์บนหลังคา

2) วิเคราะห์รายได้ที่ได้จากการขายกระแสไฟฟ้าคืนให้กับการไฟฟ้านครหลวง

3) วิเคราะห์ความคุ้มค่าในการลงทุนติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์แบบเต็มผืนหลังคา

1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.6.1 ทราบถึงปัจจัยที่มีผลกับการใช้พลังงานในอาคารสำนักงาน

1.6.2 ทราบถึงปริมาณกระแสไฟฟ้าที่เซลล์แสงอาทิตย์ผลิตได้ภายใต้ตัวแปรเรื่องทิศทางและปริมาณพื้นที่ติดตั้ง

1.6.3 ทราบถึงสัดส่วนและทิศทางของอาคารที่มีประสิทธิภาพการใช้ไฟฟ้าสูงสุด

1.6.4 ทราบถึงความคุ้มค่าในการลงทุนติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์บนหลังคาอาคารสำนักงาน

1.7 นิยามศัพท์

1.7.1 อาคารที่มีประสิทธิภาพการใช้พลังงานสูงสุด หมายถึง อาคารที่มีสัดส่วนการใช้พลังงานและการผลิตพลังงานใกล้เคียงกันมากที่สุด

1.7.2 การเข้าร่วมแผนพลังงานทดแทน หมายถึง การขายกระแสไฟฟ้าคืนให้กับการไฟฟ้านครหลวง โดยการไฟฟ้านครหลวงจะรับซื้อไฟฟ้าจากผู้ผลิตไฟฟ้าตามอัตรารับซื้อไฟฟ้า Feed-in-Tariff จำแนกตามขนาดกำลังผลิต

บทที่ 2
วรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์บนหลังคา (Solar PV Rooftop) เกี่ยวข้องกับประสิทธิภาพในการผลิตกระแสไฟฟ้า การบังเงาให้กับอาคารของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ พื้นที่ที่ใช้ติดตั้ง ความเข้มของรังสีดวงอาทิตย์ (Solar radiation) และชนิดของเซลล์แสงอาทิตย์

2.1 เซลล์แสงอาทิตย์

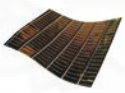
เซลล์แสงอาทิตย์สามารถผลิตกระแสไฟฟ้าได้จากการที่รังสีของดวงอาทิตย์ที่ประกอบด้วยอนุภาคของพลังงานที่เรียกว่า โฟตอน (Photon) ถ่ายเทพลังงานให้กับอิเล็กตรอนในสารกึ่งตัวนำของเซลล์แสงอาทิตย์จนอยู่ในสถานะกระตุ้น (Excited State) เมื่ออิเล็กตรอนได้รับพลังงานจากโฟตอนแล้ว (Excited Electron) จะกระโดดออกมาจากอะตอมและสามารถเคลื่อนที่ได้อย่างอิสระดังนั้นเมื่ออิเล็กตรอนเคลื่อนที่ครบวงจรจะทำให้เกิดกระแสไฟฟ้าขึ้นขั้วไฟฟ้า (Electrode) ที่อิเล็กตรอนมารวมกันและเคลื่อนที่ผ่านเรียกว่า ขั้วลบ และขั้วที่อยู่ตรงข้ามจะเรียกว่า ขั้วบวก เมื่อขั้วทั้ง 2 ถูกต่อด้วยหลอดไฟฟ้าก็จะทำให้มีแสงสว่างเกิดขึ้นสารกึ่งตัวนำที่นิยมนำมาผลิตเซลล์แสงอาทิตย์ในปัจจุบันคือสารซิลิคอนสาเหตุเพราะมีราคาต่ำและหาได้ง่ายในธรรมชาติ การผลิตเซลล์แสงอาทิตย์สารซิลิคอนบริสุทธิ์ปรกติจะมีความเป็นตัวนำไฟฟ้าที่ต่ำมากเพราะอิเล็กตรอนไม่มีการเคลื่อนที่ในบอนด์ แต่เมื่อใช้วิธีการโดปปิ้ง (Doping) โดยสารโบรอน (Boron) จะทำให้ความเป็นตัวนำไฟฟ้าเพิ่มขึ้นเพราะโบรอน (Boron) จะทำตัวเป็นตัวพาประจุ (Charge Carrier) ซึ่งเป็นประจุบวกคือไม่มีอิเล็กตรอนแต่จะเป็นช่องว่างที่เรียกว่า Gaps หรือโฮล (holes) ซึ่งอิเล็กตรอนจะมาจับคู่ด้วยในโครงสร้างของรูปผลึกสารซิลิคอนเมื่อผ่านขบวนการนี้แล้ว เรียกว่า P-type การโดปปิ้งอีกแบบหนึ่งโดยใช้สาร ฟอสฟอรัส (Phosphorous) สารซิลิคอนที่ผ่านขบวนการโดปปิ้งแล้วเรียกว่า N-type ซึ่งหมายความว่าฟอสฟอรัสจะทำหน้าที่เป็นตัวพาอิเล็กตรอนหรือประจุลบเหมือนกับในโลหะทั่วไป ซิลิคอนเกือบทั้งหมดในเซลล์แสงอาทิตย์ คือส่วนที่เป็น P-type ในขณะที่ผิวส่วนหน้าของเซลล์ด้านที่แสงตกกระทบจะเป็นเพียงชั้นบาง ๆ เป็นแบบ N-type รอยต่อที่อยู่ระหว่างชั้นทั้ง 2 เรียกว่า pn junction ซึ่งเป็นส่วนสำคัญที่สุดในเซลล์แสงอาทิตย์เพราะจะเป็นบริเวณที่มีประจุอิสระเคลื่อนที่ผ่านและทำให้เกิดแรงเคลื่อนไฟฟ้าขึ้นระหว่าง Junction ในส่วนของซิลิคอนที่เป็น N-type นั้นอิเล็กตรอนสามารถเคลื่อนไหวได้อย่างอิสระที่อุณหภูมิของห้องในขณะที่ซิลิคอนส่วนที่เป็น P-type มีส่วนที่เรียกว่าโฮล คือส่วนที่อิเล็กตรอนขาดหายไป (Electron space) สามารถเคลื่อนที่ได้อย่างอิสระที่อุณหภูมิของห้องเช่นกัน เมื่อประจุอิสระเหล่านี้เคลื่อนที่ข้ามรอยต่อ pn junction จะเกิด

แรงเคลื่อนไฟฟ้า (Voltage) ระหว่างรอยต่อบนสารกึ่งตัวนำทำให้เกิดการผลิตประจุอิเล็กตรอนอิสระและโฮลขึ้นอย่างมากมาย มีแรงเคลื่อนไฟฟ้าระหว่าง pn junction โดยแรงเคลื่อนไฟฟ้าเกิดขึ้นการจากการเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอนก็คือการเกิดกระแสไฟฟ้าขึ้นนั่นเอง (วารสารประสิทธิภาพพลังงาน, 2553)

ชนิดของเซลล์แสงอาทิตย์สามารถแบ่งได้เป็น 2 ชนิดคือ ผลึกซิลิกอน (Crystalline Silicon) และ ฟิล์มบาง (Thin Film) เซลล์แสงอาทิตย์ชนิดผลึกซิลิกอนที่ให้ประสิทธิภาพสูงสุด คือ อะตอมเรียงกัน เป็นแบบผลึกเดี่ยว (Single Crystal) หรือที่รู้จักกันในชื่อ Monoceystalling การเตรียมสารซิลิคอนชนิดนี้เริ่มต้นจากนำสารซิลิคอนมาหลอมละลายแล้วทำให้เกิดการจับตัวกันเป็นผลึกเล็ก ๆ จากนั้นจะขยายขนาดขึ้นเรื่อย ๆ จนเป็นแท่งผลึก นำแท่งผลึกมาตัดให้เป็นแผ่นบาง ๆ จากนั้นเป็นขบวนการทำให้ผิวเรียบโดยใช้สารละลายอัลคาไล การผลิต เซลล์แสงอาทิตย์อีกวิธีหนึ่งที่มีค่าใช้จ่ายถูกกว่าวิธีแรกคือการเทสารละลายซิลิคอนลงในแบบพิมพ์ เมื่อสารละลายซิลิคอนแข็งตัวก็จะได้เป็นแท่งซิลิคอนแบบผลึกรวม (Polycrystalline) ความแตกต่างระหว่างแบบผลึกเดี่ยวและแบบผลึกรวมสังเกตได้จากแบบผลึกรวมจะเห็นหน้าผลึกหลาย ๆ หน้าในแผ่นเซลล์ ในขณะที่แบบผลึกเดี่ยวจะเห็นเป็นสีเดียว คือสีน้ำเงินเข้ม เซลล์แสงอาทิตย์ซิลิคอนแบบผลึกรวมนี้จะให้ประสิทธิภาพต่ำกว่าแบบผลึกเดี่ยว อย่างไรก็ตาม เซลล์ทั้ง 2 ชนิดมีข้อเสีย คือแตกหักง่าย ส่วนเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดฟิล์มบาง เป็นการนำเทคนิคการเคลือบสารซิลิคอนบนแผ่นแก้วหรือแผ่นโลหะ โดยสารซิลิคอนที่ใช้เป็นแบบไม่มีรูปผลึกหรืออะมอฟัส (Amorphous) ซึ่งมีประสิทธิภาพในการเปลี่ยนรูปพลังงานต่ำกว่า Monocrystalline และ Polycrystalline แต่ปัจจุบันได้มีการนำเทคโนโลยีสมัยใหม่มาใช้ในการผลิตทำให้สามารถลดต้นทุนการผลิตลงและเพิ่มประสิทธิภาพขึ้นด้วย เช่น เซลล์แสงอาทิตย์แบบฟิล์มบางที่มีโครงสร้างเป็นหลายชั้น (Triple junction structure) เป็นต้น ข้อดีของเซลล์แบบอะมอฟัส คือ มีน้ำหนักเบา สามารถบิดงอได้โดยไม่แตกหัก และในมุมมองของสถาปนิกยังเป็นการให้ความสำคัญต่อความสวยงามของวัสดุที่ใช้ผลิตเซลล์อีกด้วย (วารสารประสิทธิภาพพลังงาน, 2553) จากตารางที่ 2.1 จะเห็นได้ว่าประสิทธิภาพต่อพื้นที่ที่ใช้ติดตั้งโซลลาร์เซลล์ที่มีประสิทธิภาพสูงสุดคือ เซลล์แสงอาทิตย์ชนิดผลึกซิลิกอน เมื่อพิจารณากำลังการผลิตไฟฟ้าที่เท่ากัน พบว่าเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดผลึกซิลิกอนใช้พื้นที่ในการติดตั้งน้อยกว่าเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดฟิล์มบาง โดยโครงการที่มีการนำเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดฟิล์มบางมาใช้มีมูลค่าการลงทุนต่อหน่วยพลังงานอยู่ที่ 0.26-0.39 ล้านบาทต่อกิโลวัตต์ สูงกว่าเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดผลึกซิลิกอน (มูลค่าการลงทุนต่อหน่วย พลังงาน 0.11-0.18 ล้านบาทต่อกิโลวัตต์) ถึง 1.6-2.1 เท่า (พิมลมาศ วรรณคนาพล, 2556)

ตารางที่ 2.1

การเปรียบเทียบคุณสมบัติของเซลล์แสงอาทิตย์ประเภท Thin Film และ Crystalline Silicon

ประเภท	Thin Film				Crystalline Silicon	
	-Si	dTe	CIGS	Dye s. cell	Mono	Multi
						
ประสิทธิภาพเซลล์แสงอาทิตย์	4 - 8%	0 - 11%	7 - 12%	2 - 4%	6 – 22%	4 - 18%
ประสิทธิภาพแผงเซลล์แสงอาทิตย์					3 – 19%	1 - 15%
พื้นที่ที่ต้องการ/KW (สำหรับแผงเซลล์แสงอาทิตย์)	15 m^2	10 m^2	10 m^2	12 m^2	7 m^2	8 m^2

หมายเหตุ. จาก *Solar generation 6 : Solar photovoltaic electricity empowering the world*. Greenpeace, 2011, European Photovoltaic Industry Association.

2.2 ค่าความเข้มรังสีดวงอาทิตย์

ตัวแปรหลักที่มีผลต่อประสิทธิภาพการผลิตกระแสไฟฟ้าของเซลล์แสงอาทิตย์ คือ ความเข้มของรังสีดวงอาทิตย์ (Solar radiation) ยิ่งมีค่ามากยิ่งส่งผลดีต่อการผลิตกระแสไฟ โดยค่าความเข้มของรังสีดวงอาทิตย์มีความแตกต่างกันไปในแต่ละพื้นที่ และเวลา ประเทศที่อยู่ใกล้เส้นศุนย์สูตร (Equator) มีแนวโน้มว่าจะมีค่าความเข้มของรังสีดวงอาทิตย์ต่อพื้นที่มากกว่าประเทศที่ห่างไกลจากเส้นศุนย์สูตร ซึ่งประเทศไทยมีตำแหน่งที่ตั้งอยู่ที่ละติจูด 5 องศา 37 ลิปดาเหนือถึง 20 องศา 28 ลิปดาเหนือ จึงอยู่ในเขตร้อน ทำให้มีอุณหภูมิสูงตลอดปี และมีตำแหน่งลองจิจูดที่ 97องศา 21 ลิปดาตะวันออกถึง 105 องศา 37 ลิปดาตะวันออก จากภาพที่ 2.1 จะเห็นว่า 39.8 % ของพื้นที่ในประเทศไทย มีความเข้มรังสีดวงอาทิตย์รายวันเฉลี่ยต่อปีอยู่ในช่วง 17-18 MJ/m^2-dayและ35.6% ของพื้นที่ทั้งหมดจะได้รับรังสีดวงอาทิตย์อยู่ในช่วง18-19MJ/m^2-day ส่วน บริเวณที่มีศักยภาพพลังงานค่อนข้างต่ำในช่วง 15-16 MJ/m^2-day มีเพียงประมาณ 0.4% ของพื้นที่ทั้งหมด และในเดือนที่มีความเข้มรังสีดวงอาทิตย์มากที่สุดคือช่วงเดือนเมษายน มีความเข้มรังสีดวงอาทิตย์สูงสุดถึง 23 MJ/m^2-day (ภาพที่ 2.2) เมื่อทำการเฉลี่ยค่าความเข้มรังสีดวงอาทิตย์ทั่วประเทศไทยจากทุกพื้นที่เป็นค่ารายวันเฉลี่ยต่อปี จะได้เท่ากับ 18.0 MJ/m^2-day เมื่อทำการเปรียบเทียบกับข้อมูลจากประเทศอื่น ๆ (ภาพที่ 2.3) จะเห็นว่า ประเทศไทยมีค่าศักยภาพพลังงานแสงอาทิตย์ค่อนข้างสูง (กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, 2557) โดยสามารถคำนวณหากำลังการผลิตไฟฟ้าของระบบเซลล์แสงอาทิตย์ได้ดังสมการที่ 1

$$P_{cell} = Pi / (Q \times A \times B \times (C/D)) \qquad [1]$$

กำาหนดให้

P_{cell} = กำาลังการผลิตไฟฟ้าของเซลล์แสงอาทิตย์ (kW)

Pi = ความต้องการพลังงานไฟฟ้าในหนึ่งวัน (kWh)

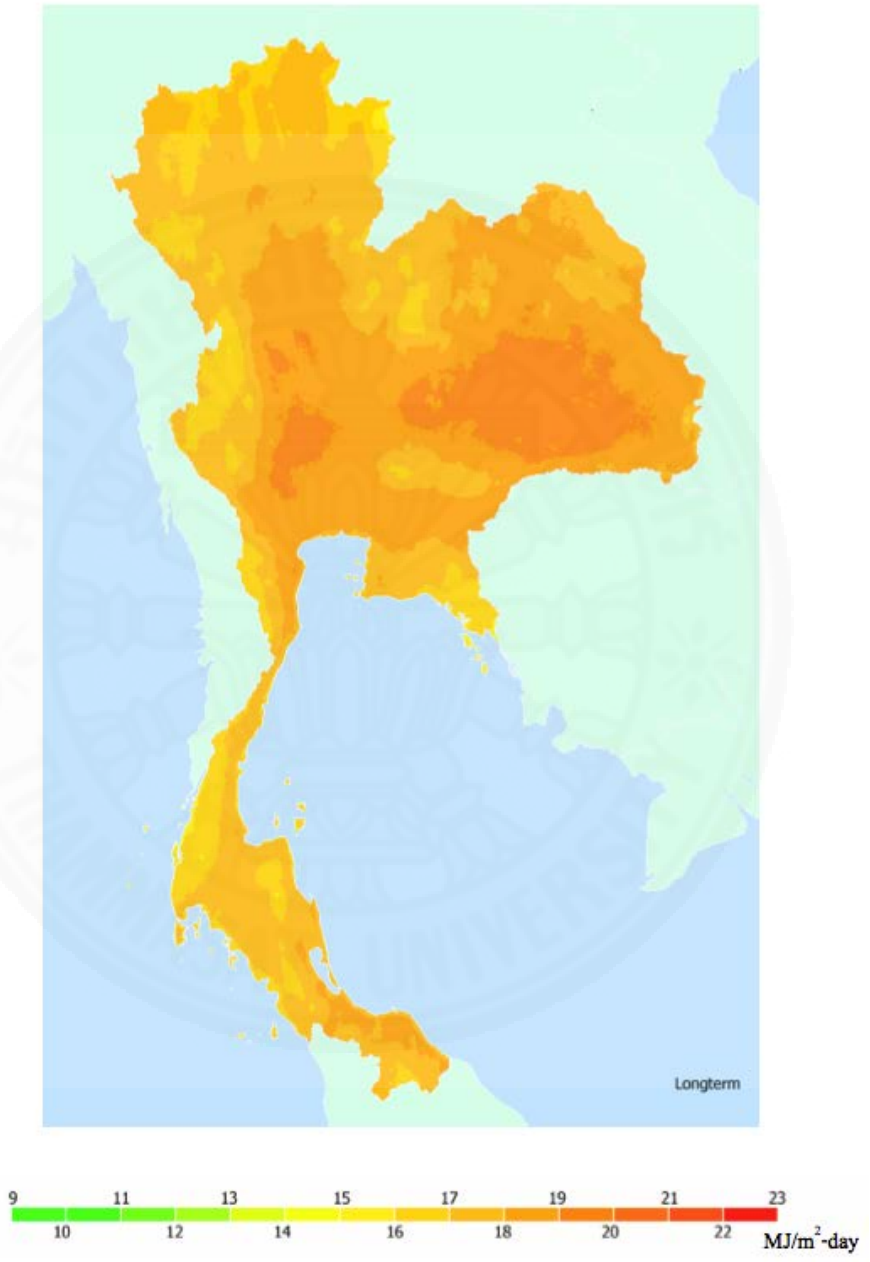
Q = พลังงานแสงอาทิตย์ในหนึ่งวัน (Wh/m^2) โดยพื้นที่กรุงเทพฯ มีค่า 4.66 kWh/m2·day (DEDE, 2007 as cited in kruangam, 2011)

A = ค่าชดเชยการสูญเสียของเซลล์ (0.80)

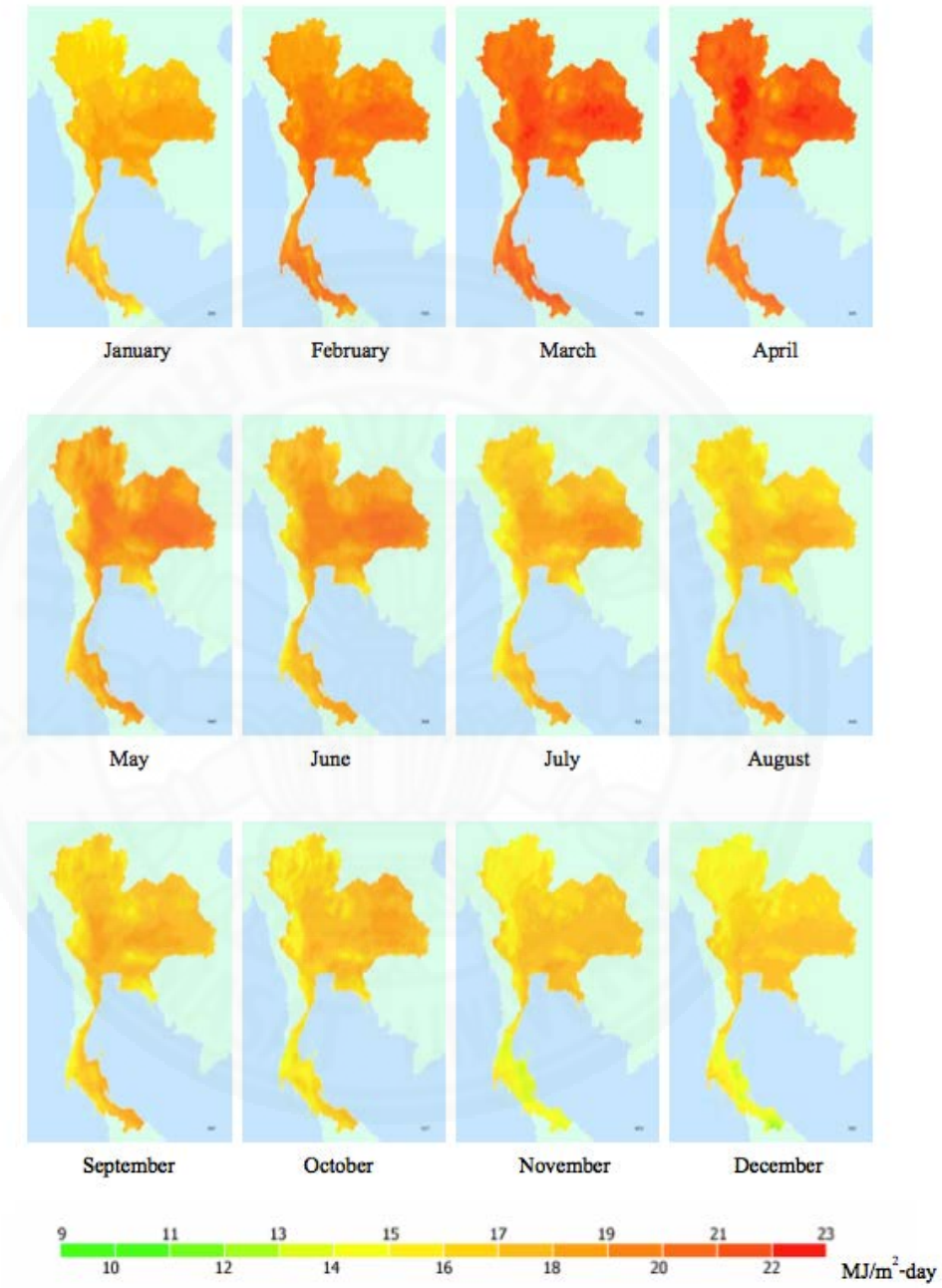
B = ค่าชดเชยความสูญเสียเชิงความร้อน (0.85)

C = ประสิทธิภาพของอินเวอร์เตอร์ (0.85)

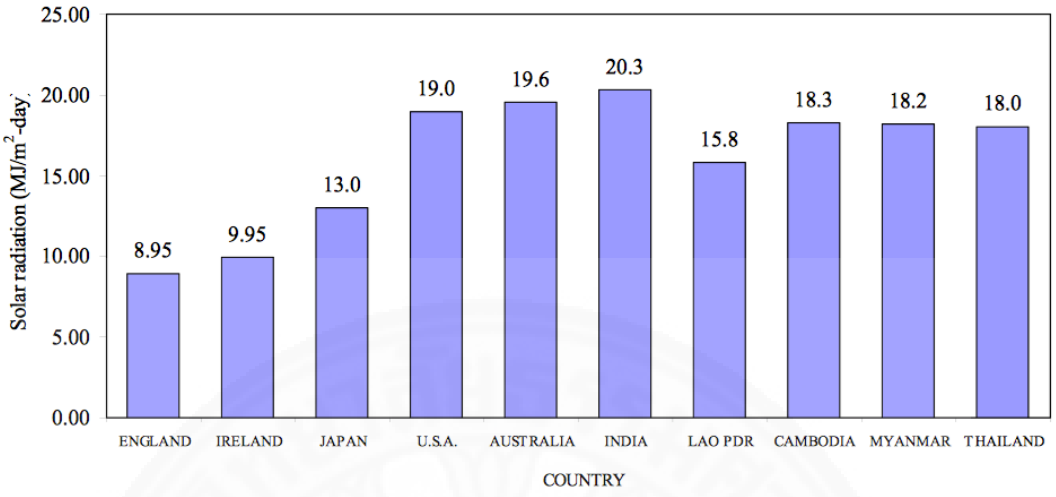
D = ความเข้มแสงปกติ (1 kWh/m^2)



ภาพที่ 2.1 แผนที่ศักยภาพพลังงานแสงอาทิตย์เฉลี่ยตลอดปี. จาก กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, 2555



ภาพที่ 2.2 แผนที่ศักยภาพพลังงานแสงอาทิตย์ของเดือนต่าง ๆ. จาก กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, 2555



ภาพที่ 2.3 การเปรียบเทียบความเข้มรังสีดวงอาทิตย์รายวันเฉลี่ยต่อปีที่ประเทศต่าง ๆ ได้รับ. จาก กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, 2555

โดยสถานการณ์ความเข้มแสงของประเทศไทยในช่วงปี 2013 และ 2014 ได้มีการเก็บข้อมูลโดย บริษัท ผลิตไฟฟ้าราชบุรีโฮลดิ้ง จำกัด (มหาชน) (Ratchaburi Electricity Generating Holding Public Co., Ltd.; RATCH) ในเขตพื้นที่จังหวัดนครปฐม ด้วยเครื่อง Pyranometer ของ kipp&zonen SMP11 (ภาพที่ 2.4)

ภาพที่ 2.4 เครื่อง Pyranometer ของ kipp&zonen SMP11. จาก http://img.directindustry.com/images_di/photo-g/pyranometer-9079-4900745.jpg

ตารางที่ 2.2

ค่าความเข้มแสงปี 2013 จังหวัดนครปฐม (kWh/m^2)

เดือน	พื้นที่วัดความเข้มแสง	
	ต.บางหลวง	ต.คลองนกกระทุง
มกราคม	152.87	151.34
กุมภาพันธ์	134.13	138.91
มีนาคม	174.56	161.45
เมษายน	161.00	160.00
พฤษภาคม	178.38	178.81
มิถุนายน	146.34	140.78
กรกฎาคม	144.52	139.39
สิงหาคม	152.52	152.98
กันยายน	124.80	135.75
ตุลาคม	156.20	149.24
พฤศจิกายน	144.96	137.25
ธันวาคม	162.70	164.60

ตารางที่ 2.2 เป็นข้อมูลค่าเฉลี่ยความเข้มแสงของตำบล บางหลวง และ ตำบล คลองนกกระทุง ในจังหวัดนครปฐม ซึ่งในตำบล บางหลวง นั้นจะมีค่าเฉลี่ยความเข้มแสงเท่ากับ 152.75 kWh/m^2 และตำบล คลองนกกระทุง มีค่าเฉลี่ยความเข้มแสงเท่ากับ 150.88 kWh/m^2

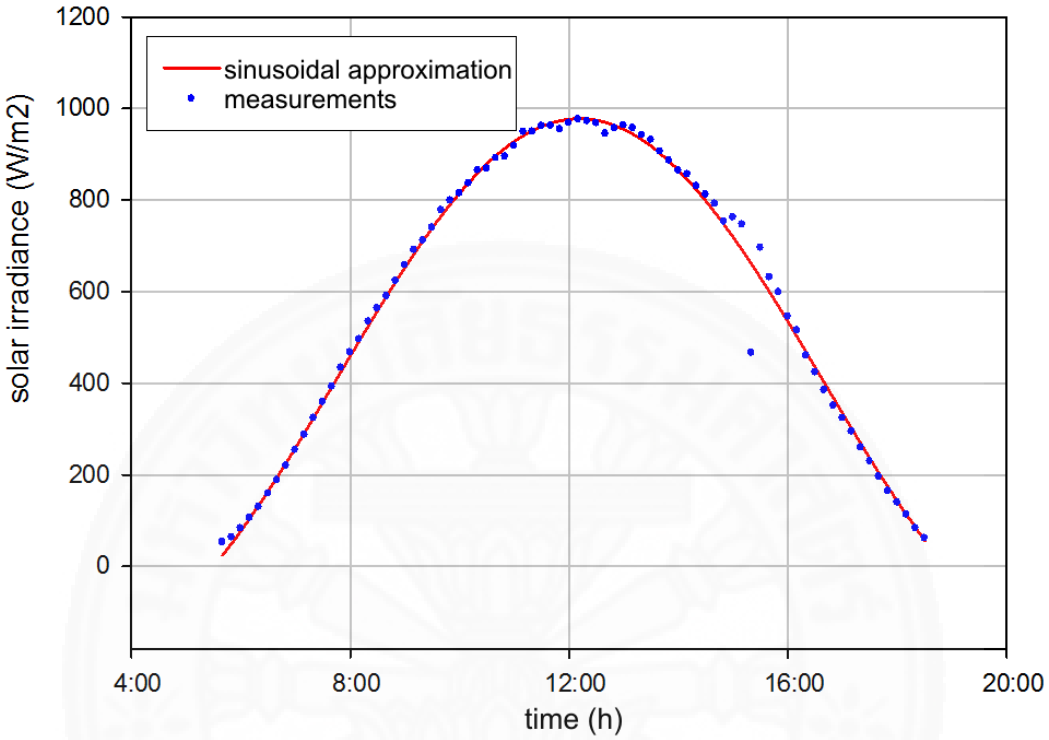
ตารางที่ 2.3

ค่าความเข้มแสงปี 2014 จังหวัดนครปฐม (kWh/m^2)

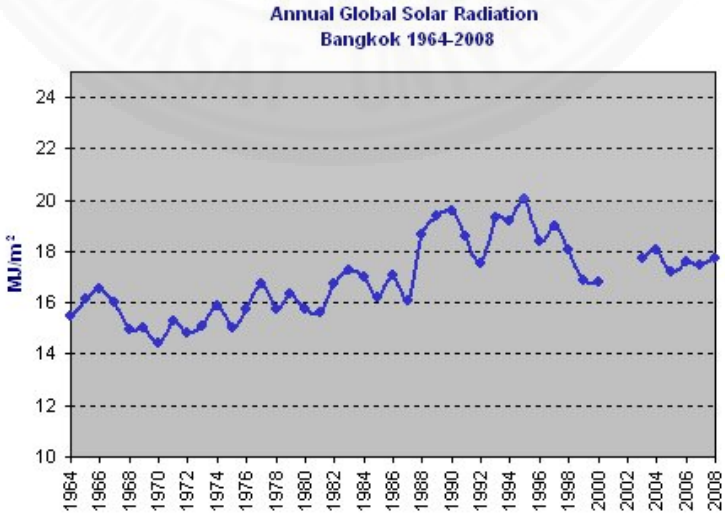
เดือน	พื้นที่วัดความเข้มแสง	
	ต.บางหลวง	ต.คลองนกกระทุง
มกราคม	174.79	170.93
กุมภาพันธ์	159.34	151.57
มีนาคม	156.03	176.14
เมษายน	180.17	176.82
พฤษภาคม	192.19	186.01
มิถุนายน	152.20	150.59
กรกฎาคม	153.35	151.72
สิงหาคม	157.17	151.16
กันยายน	165.78	167.23
ตุลาคม	161.96	155.86
พฤศจิกายน	167.17	160.45
ธันวาคม	154.68	150.44

ตารางที่ 2.3 เป็นข้อมูลค่าเฉลี่ยความเข้มแสงของตำบล บางหลวง และ ตำบล คลองนกกระทุง ในจังหวัดนครปฐม ซึ่งในตำบล บางหลวง นั้นจะมีค่าเฉลี่ยความเข้มแสงเท่ากับ 164.57 kWh/m^2 และตำบล คลองนกกระทุง มีค่าเฉลี่ยความเข้มแสงเท่ากับ 162.41 kWh/m^2 โดยการเก็บข้อมูลนี้ เครื่อง Pyranometer จะทำการบันทึกข้อมูลทุก ๆ 5 นาที (**จตุพร โสภารักษ์, การสื่อสารระหว่างบุคคล [อีเมล], 17 กุมภาพันธ์ 2558**) ซึ่งจะมีค่าเฉลี่ยรายวันดังภาพที่ 2.5 จากตารางที่ 2.2 และ 2.3 จะเห็นได้ว่าในช่วงเดือน มิถุนายน ถึงเดือน ตุลาคม จะเป็นช่วงที่ค่าความเข้มแสงตกลง เนื่องจากเป็นช่วงหน้าฝน ทำให้มีเมฆมาก บดบังแสงที่ตกกระทบลงบนพื้นโลก และแนวโน้มของทั้งสองปีจะเห็นได้ว่าค่าเฉลี่ยความเข้มแสงมีแนวโน้มที่สูงขึ้นเรื่อย ๆ และจากสถิติค่าเฉลี่ยความเข้ม

แสงที่เก็บข้อมูลโดยกรมอุตุนิยมวิทยาในช่วงปี 1964 – 2008 เองก็มีแนวโน้มที่สูงขึ้นเรื่อยมา ดังภาพที่ 2.6



ภาพที่ 2.5 กราฟค่าเฉลี่ยความเข้มแสงอาทิตย์ตลอดทั้งปี ที่เก็บข้อมูลด้วยเครื่อง Pyranometer ของ kipp&zonen SMP11 จาก บริษัท ผลิตไฟฟ้าราชบุรีโฮลดิ้ง จำกัด (มหาชน)



ภาพที่ 2.6 กราฟค่าเฉลี่ยความเข้มแสงอาทิตย์ในปี 1964 – 2008. จาก กรมอุตุนิยมวิทยา

2.3 แผนพัฒนาพลังงานทดแทนและพลังงานทางเลือก

เซลล์แสงอาทิตย์มีปัจจัยสำคัญอยู่ที่ ความสามารถในผลิตพลังงานให้กับอาคาร และค่าใช้จ่าย ซึ่งประเทศไทยในปัจจุบันมีผู้ให้ความสนใจด้านพลังงานสูงขึ้นทั้งภาคครัวเรือน และภาคธุรกิจ สาเหตุหนึ่งคือเรื่องนโยบายตามมาตรการ FiT (Feed in Tariff) ของภาครัฐที่ส่งเสริมให้เอกชนเข้ามามีส่วนร่วมในการผลิตพลังงานทดแทนมากขึ้น โดยการขายคืนพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้จากเซลล์แสงอาทิตย์ให้กับการไฟฟ้า โดยธุรกิจขนาดเล็กสำหรับที่พักอาศัย ไม่เกิน 10 กิโลวัตต์ ราคารับซื้อที่ 6.96บาทต่อหน่วย ธุรกิจขนาดกลาง มากกว่า 10 กิโลวัตต์ และไม่เกิน 250 กิโลวัตต์ ราคารับซื้อ 6.55 บาทต่อหน่วย และธุรกิจขนาใหญ่มากกว่า 250 กิโลวัตต์ และไม่เกิน 1,000 กิโลวัตต์ ราคารับซื้อ 6.16 บาทต่อหน่วย (กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, 2557)

เนื่องจากอาคารสำนักงานเป็นอาคารที่มีพื้นที่สำหรับติดตั้งทั้งเซลล์แสงอาทิตย์ได้ และอาคารสำนักงานยังเป็นสัญลักษณ์ขององค์กร ดังนั้นอาคารสำนักงานจึงเป็นอาคารที่มีแนวโน้มที่จะใช้จ่ายเพื่อสร้างภาพลักษณ์ให้กับองค์กรด้วยการติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์ มากกว่าอาคารประเภทอื่น ๆ อีกทั้งยังเป็นปัจจัยที่ช่วยเพิ่มค่าเช่าสำหรับอาคารสำนักงานนั้น ๆ ได้ เพราะเป็นอาคารที่มีสมรรถภาพสูง (High-performance Building) และมีสภาพแวดล้อมที่ส่งเสริมการทำงานที่ดี

2.4 ปัจจัยที่ส่งผลต่อการใช้พลังงานในอาคาร

ปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อการใช้พลังงานในอาคารประเภทต่าง ๆ ก็คือ รูปทรง สัดส่วน และทิศทางการวางตัวของอาคาร ซึ่งอาคารสำนักงานทั่วไปมักจะมีรูปทรงสี่เหลี่ยมเนื่องจากเป็นรูปทรงที่ง่ายต่อการออกแบบโครงสร้าง การจัดพื้นที่ใช้งาน การก่อสร้าง และเป็นรูปทรงที่มีพื้นที่ขายมากที่สุด ซึ่งเป็นปัจจัยที่ตอบสนองกับความต้องการของผู้ประกอบการ แต่รูปทรงสี่เหลี่ยมกลับไม่ใช่รูปทรงที่ประหยัดพลังงานที่สุด เนื่องจากรูปทรงสี่เหลี่ยมทำให้มีด้านที่สัมผัสกับรังสีดวงอาทิตย์เป็นเวลานานมากกว่ารูปทรงโค้ง ส่งผลให้ความร้อนเข้าสู่ตัวอาคารได้มากทำให้เกิดภาระการทำความเย็นที่สูง ดังนั้นการออกแบบอาคารรูปทรงสี่เหลี่ยมจึงต้องมีแนวทางสำหรับการลดผลกระทบจากรังสีความร้อน โดยปัจจัยอื่น ๆ ที่มีผลกับการใช้พลังงานในอาคารก็คือ สัดส่วน และทิศทางการวางตัวที่สามารถช่วยให้อาคารที่พื้นที่เท่ากันมีการใช้พลังงานที่แตกต่างกันไปได้ งานวิจัยที่เกี่ยวกับสัดส่วนและทิศทางการวางตัวอาคาร โดย อวิรุทธ์ กัลยา (2556), ณัฐภูมิ รับคำอินทร์(2553) และ ภานุพงษ์ ญาณเวทย์สกุล (2556) ได้ทำการจำลองอาคารด้วยตัวแปรดังตารางที่ 2.4 โดยในงานวิจัยทั้งสามชิ้นมีการกำหนดทิศทางการวางตัวอาคารสำหรับการจำลองที่เหมือนกันคือ 0 องศา (ตามตะวัน), 45 องศา, 90 องศา (ขวางตะวัน) และ 315 องศา ด้วยสัดส่วนอาคารที่แตกต่างกัน งานวิจัยของอวิรุทธ์ กัลยา และ ภานุพงษ์ ญาณเวทย์สกุล มีผลการวิจัยที่สอดคล้องกัน คือ อาคารที่มีการ

วางตัวตามตะวันจะมีการใช้พลังงานในอาคารน้อยที่สุด แตกต่างจากงานวิจัยของ ณัฐภูมิ รับคำอินทร์ ที่ผลการวิจัยบอกว่าทิศทางที่มีการใช้พลังงานในอาคารน้อยที่สุด คือ การวางตัวอาคาร 45 องศา และงานวิจัยของ อวิรุทธ์ กัลยา ณัฐภูมิ รับคำอินทร์ และ ภาณิตภัทร ศิริสวัสดิ์วัฒนา (2556) สอดคล้องกันในเรื่องสัดส่วนอาคาร โดยสัดส่วนอาคารที่มีการใช้พลังงานน้อยที่สุดมีสัดส่วนอยู่ระหว่าง 1:1.3 ถึง 1:1.7 จากงานวิจัยทั้งสาม สามารถสรุปได้ว่าสัดส่วนอาคารที่มีการใช้พลังงงานน้อยจะมีสัดส่วนอยู่ในช่วง 1:1.3 ถึง 1:1.7 แต่ไม่สามารถสรุปตัวแปรเรื่องทิศทางการวางตัวของอาคารได้ เนื่องจากงานวิจัยมีความขัดแย้งกัน

ตารางที่ 2.4

ตัวแปรที่ใช้ในงานวิจัยเกี่ยวกับสัดส่วนและทิศทางการวางตัวของอาคารที่ส่งผลต่อการใช้พลังงาน

ผู้วิจัย	ตัวแปร	
	สัดส่วนอาคาร	ทิศทางการวางตัวอาคาร (องศา)
ณัฐภูมิ รับคำอินทร์, 2010	1:1, 1:1.1, 1:1.2, 1:1.3, 1:1.7, 1:2, 1:2.5, 1:3, 1:4	0, 45, 90, 315
อวิรุทธ์ กัลยา, 2013	1:1, 1:1.44, 1:2.25	
ภาณิตภัทร ศิริสวัสดิ์วัฒนา, 2013	1:1, 1:1.3, 1:1.7, 1:3	
ภานุพงษ์ ญาณเวทย์สกุล, 2013	1:3.75	

2.5 การประเมินอาคารเขียว

การติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์ให้กับอาคาร นอกจากจะช่วยผลิตพลังงานให้กับอาคารแล้ว ยังเป็นส่วนหนึ่งในเกณฑ์การประเมินที่สำคัญของหลักเกณฑ์การประเมินอาคารเขียวของสหรัฐอเมริกา (LEED: Leadership in Energy and Environmental Design) และของไทย (TREES: Thai's Rating of Energy and Environmental Sustainability) อีกด้วย สำหรับเกณฑ์การประเมินอาคารเขียวของสหรัฐอเมริกาในหมวดย่อยการใช้พลังงานหมุนเวียน (On-Site Renewable Energy) การติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์จะสามารถทำคะแนนในหมวดนี้ได้ 1-7 คะแนน ขึ้นอยู่กับปริมาณไฟฟ้าที่ผลิตได้เทียบกับปริมาณไฟฟ้าที่ใช้ต่อปีของอาคาร รวมเป็นคะแนนสูงสุดที่สามารถทำได้คือ 7 คะแนน ตามตารางที่ 2.5

ตารางที่ 2.5

เกณฑ์การให้คะแนนของ LEED ในหมวดย่อยการใช้พลังงานหมุนเวียน

อาคารก่อสร้างใหม่		คะแนนที่ได้จากการลดค่าใช้จ่ายด้านพลังงาน (%)						
		1	2	3	4	5	6	7
V2009	EAc2	1%	3%	5%	7%	9%	11%	13%
V2.2	EAc2	2.5%	7.5%	12.5%	-	-	-	-
V2.1	EAc2	5%	10%	20%	-	-	-	-

หมายเหตุ. จาก *How to earn the LEED green power credit*, 2012, 3Degrees.

เกณฑ์การประเมินอาคารเขียวของไทย (TREES: Thai's Rating of Energy and Environmental Sustainability) โดยสถาบันอาคารเขียวไทย (TGBI: Thai Green Building Institute) สำหรับการประเมินความยั่งยืนทางพลังงานทางสิ่งแวดล้อม

ในส่วนของหมวดพลังงานและบรรยากาศ จะมีหัวข้อการให้คะแนนย่อยเรื่อง การใช้พลังงานทดแทน ในหัวข้อนี้สามารถทำคะแนนได้โดยการใช้พลังงานหมุนเวียนเพื่อผลิตพลังงานไว้ใช้ในโครงการ เช่น พลังงานแสงอาทิตย์ (เซลล์แสงอาทิตย์ เครื่องทำน้ำร้อน) พลังงานลม พลังงานชีวมวล เป็นต้น ให้ได้มูลค่าร้อยละ 0.5-1.5 ของค่าใช้จ่ายพลังงานในอาคารต่อปี ที่คำนวณได้จากแบบจำลองทางคอมพิวเตอร์ มีคะแนนรวมเท่ากับ 2 คะแนน โดยแบ่งเกณฑ์การได้คะแนนดังนี้

1. ผลิตพลังงานทดแทนให้มีมูลค่าไม่น้อยกว่าร้อยละ 0.5 ขอค่าใช้จ่ายพลังงานในอาคารได้ 1 คะแนน
2. ผลิตพลังงานทดแทนให้มีมูลค่าไม่น้อยกว่าร้อยละ 1.5 ขอค่าใช้จ่ายพลังงานในอาคารได้ 2 คะแนน

ในกรณีที่ใช้การเทียบค่าจากอาคารที่ใช้แบบประเมินการประหยัดพลังงานและเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมหรืออาคารติดฉลาก (TEEAM) รุ่น 49 เป็นเกณฑ์ ให้ใช้ค่าเฉลี่ยของพลังงานต่อพื้นที่อาคารแต่ละประเภทตามตารางที่ 2.6 โดยใช้ค่าเฉลี่ยค่าไฟที่ 3.5 ต่อหน่วย

ตารางที่ 2.6

ดัชนีการใช้พลังงานของอาคารแต่ละประเภท

อาคาร	ดัชนีการใช้พลังงานต่อพื้นที่ใช้สอยต่อปี
1. สำนักงาน	หน่วย kWh/Year/sq.m.
1.1 อาคารขนาดใหญ่และเป็นอาคารสูง	215.80
1.2 อาคารขนาดใหญ่พิเศษและไม่ใช่อาคารสูง	199.90
1.3 อาคารขนาดใหญ่พิเศษและเป็นอาคารสูง	218.50
2. ศูนย์การค้า	หน่วย kWh/Year/sq.m.
2.1 ดิสเค้าท์สโตร์ (Discount Store)	336.40
2.2 ห้างสรรพสินค้า (Department Store)	240.60
2.3 ช็อปปิ้งพลาซ่า (Shopping Plaza)/ พื้นที่ให้เช่า	204.20
2.4 ซุปเปอร์มาร์เก็ต (Supermarket)	418.40
3. โรงพยาบาล	ดัชนีการใช้พลังงานต่อปริมาณคนไข้ในต่อปี หน่วย MJ/Bed-Day (in Year)
3.1 โรงพยาบาลรัฐ	262.00
3.2 โรงพยาบาลเอกชน	625.00
4. อาคารประเภทอื่น ๆ ที่ไม่ได้ระบุไว้	240 kWh/Year/sq.m.

หมายเหตุ. จาก *เกณฑ์การประเมินความยั่งยืนทางพลังงานและสิ่งแวดล้อม สำหรับการเตรียมความพร้อมการก่อสร้างและอาคารปรับปรุงใหม่*, 2555, สถาบันอาคารเขียว.

เกณฑ์การประเมินอาคารเขียวของ LEED และ TREES มีความคล้ายคลึงกันค่อนข้างมาก โดยทั้ง สองเกณฑ์ต่างให้ความสำคัญกับการใช้พลังงานในอาคารอย่างมาก จะเห็นได้จากการแบ่งคะแนนในส่วนของพลังงานที่สูงเป็นอันดับหนึ่ง และมีวิธีการให้คะแนนที่คล้ายคลึงกัน คือ การคิดเทียบจากค่าใช้จ่ายด้านพลังงานของอาคารว่าพลังงานหมุนเวียนในอาคารที่ผลิตได้สามารถลดค่าใช้จ่ายด้านพลังงานของอาคารเท่าไหร่ แต่มีความแตกต่างกันที่ TREES มีการให้คะแนนในส่วนนี้น้อยและทำคะแนนได้ง่ายกว่าของ LEED ค่อนข้างมาก

บทที่ 3
วิธีการวิจัย

จากการศึกษาแนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง สามารถนำมากำหนดขั้นตอนการดำเนินการวิจัยได้ดังนี้

3.1 การกำหนดขนาดอาคารสำนักงานที่ใช้ในการทดลอง

3.2 การจำลองผลการใช้พลังงานในอาคารสำนักงาน

3.3 การออกแบบการติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์

3.4 การคำนวณปริมาณไฟฟ้าในอาคาร

3.5 การวิเคราะห์ข้อมูล

3.1 การกำหนดขนาดอาคารสำนักงานที่ใช้ในการทดลอง

ในขั้นตอนนี้เบื้องต้นได้ทำการประเมินรูปแบบอาคารสำนักงานโดยเลือกพิจารณาจากอาคารสำนักงานในเขตพื้นที่กรุงเทพมหานคร หลังจากรวบรวมขนาดพื้นที่อาคารสำนักงานแล้วนั้น ก็ได้ทำการหาขนาดพื้นที่สูงสุด ต่ำสุด และขนาดพื้นที่เฉลี่ยของพื้นที่ต่อชั้น พบว่าอาคารสำนักงานในเขตกรุงเทพมหานครมีขนาดพื้นที่ต่อชั้นระหว่าง 600 – 2500 และมีขนาดพื้นที่ต่อชั้นเฉลี่ยเท่ากับ 1,400 ตารางเมตร

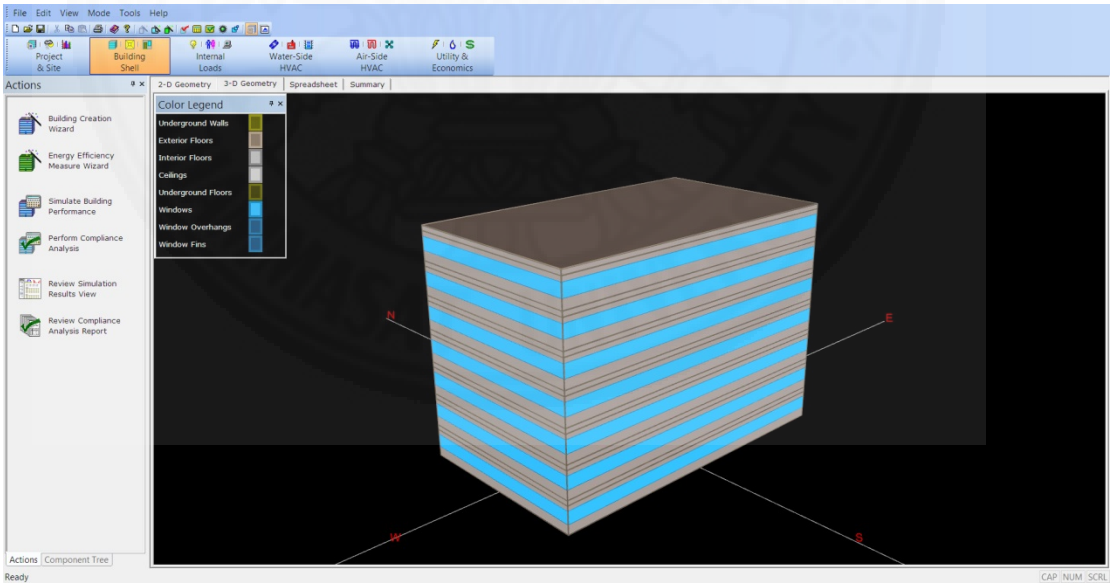
3.2 การจำลองผลการใช้พลังงานในอาคารสำนักงาน

ในขั้นตอนการทดลองนี้เป็นการจำลองผลด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ eQuest 3.65 เพื่อจำลองการใช้พลังงานของอาคารสำนักงานที่มีสัดส่วนและทิศทางการวางตัวอาคารที่แตกต่างกัน โดยนำข้อมูลที่ได้จากขั้นตอนที่ 3.1 มาใช้กำหนดขนาดอาคารที่ใช้ในการวิจัย ประกอบด้วยอาคารที่มีขนาดพื้นที่ต่อชั้นเท่ากับ 600, 1,400 และ 2,500 ในสัดส่วนและทิศทางการวางตัวอาคารที่แตกต่างกัน ได้กรณีศึกษาทั้งหมด 42 กรณีดังตารางที่ 3.1 มีสัดส่วนของผังอาคารเท่ากับ 1:1, 1:1.3, 1:1.7 และ 1:2 โดยมีทิศทางการวางตัวอาคารทั้งหมด 4 ทิศทาง คือ ทิศ 0° (ตามตะวัน), 45°, 90° (ขวางตะวัน) และ 315° ดังภาพที่ 3.2

ตารางที่ 3.1

กรณีศึกษาสำหรับการทดลองที่ 1

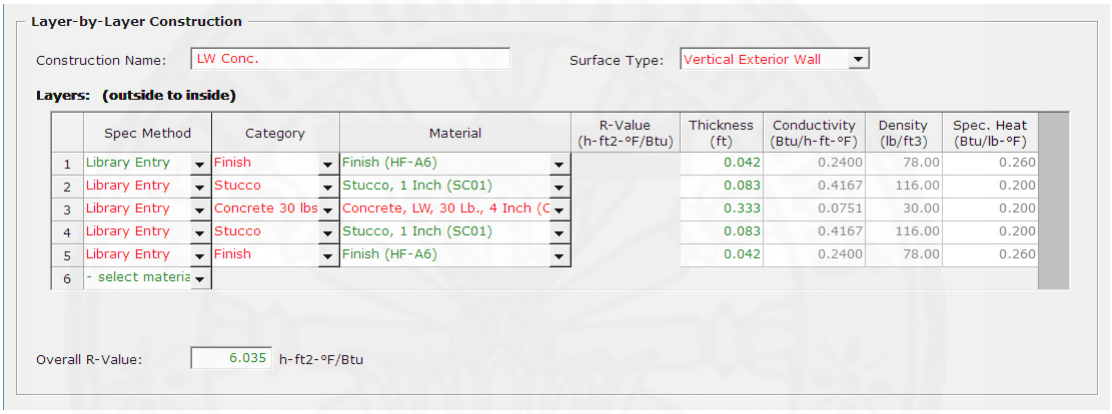
พื้นที่ต่อชั้น (ตร.ม.)	สัดส่วนอาคาร	ทิศทางการวางตัวอาคาร			
		0°	45°	90°	315°
600 1,400 2,500	1:1	✓	✓	✗	✗
	1:1.3	✓	✓	✓	✓
	1:1.7	✓	✓	✓	✓
	1:2	✓	✓	✓	✓
รวม	42 กรณีศึกษา				



ภาพที่ 3.1 โปรแกรมที่ใช้ในการทดลอง eQuest 3.65 โดย ผู้วิจัย

0° (ตามตะวัน) 45° 90° (ขวางตะวัน) 315°

ภาพที่ 3.2 ทิศทางการวางตัวอาคารสำหรับการทดลอง โดย ผู้วิจัย



Layer-by-Layer Construction

Construction Name: LW Conc. Surface Type: Vertical Exterior Wall

Layers: (outside to inside)

	Spec Method	Category	Material	R-Value (h-ft2-°F/Btu)	Thickness (ft)	Conductivity (Btu/h-ft-°F)	Density (lb/ft3)	Spec. Heat (Btu/lb-°F)
1	Library Entry	Finish	Finish (HF-A6)		0.042	0.2400	78.00	0.260
2	Library Entry	Stucco	Stucco, 1 Inch (SC01)		0.083	0.4167	116.00	0.200
3	Library Entry	Concrete 30 lbs	Concrete, LW, 30 Lb., 4 Inch (C		0.333	0.0751	30.00	0.200
4	Library Entry	Stucco	Stucco, 1 Inch (SC01)		0.083	0.4167	116.00	0.200
5	Library Entry	Finish	Finish (HF-A6)		0.042	0.2400	78.00	0.260
6	- select materia							

Overall R-Value: 6.035 h-ft2-°F/Btu

ภาพที่ 3.3 วัสดุผนังที่ใช้ในการทดลอง โดย ผู้วิจัย

ภาพที่ 3.3 เป็นการกำหนดวัสดุผนังที่ใช้ในการทดลองด้วยโปรแกรม eQuest 3.65 โดยใช้วัสดุก่อเป็นคอนกรีตมวลเบาหนา 4 นิ้ว พร้อมปูนฉาบเรียบหนา 1 นิ้ว และทาสีปิดผิวทั้ง 2 ด้าน ทำให้ได้ค่าการต้านทานความร้อน (R-Value) ของผนังเท่ากับ 6.035 $ft^2 \cdot °F \cdot hr/Btu$

ในการทดลองด้วยการจำลองโมเดลผ่านโปรแกรม eQuest 3.65 นี้มีตัวแปรหลักคือ ขนาดพื้นที่หลังคา สัดส่วนอาคาร และทิศทางการวางตัวของอาคาร โดยโมเดลจำลองในแต่ละกรณีศึกษาจะมีการกำหนดข้อมูลพื้นฐานในการทดลองไว้ ดังตารางที่ 3.2

ตารางที่ 3.2

ข้อมูลพื้นฐานในการทดลอง

ข้อมูลพื้นฐาน	
ประเภทอาคาร	สำนักงาน
จำนวนชั้น	7 ชั้น
ความสูงจากพื้นถึงพื้น	2.7 เมตร
ความสูงจากพื้นถึงเพดาน	3.2 เมตร
หลังคา	หลังคาแบน (Flat Slab)
ชนิดกระจก	Single Clr/Tint (Single Green 1/8in)
คุณสมบัติกระจก*	U=6.31/SC=0.83/SHGC=0.72/Tvis=0.82/Rfvis=0.08
WWR (เหนือ/ใต้/ตะวันออก/ตะวันตก)	50%
ฉนวนใต้หลังคา	Polyurethane หนา 3 นิ้ว
ฉนวนในผนัง	ไม่มี
ระบบปรับอากาศ	ระบบ Split type
	EER 10.6
ช่วงเวลาการใช้งาน	จ.-ศ. : 08.00 น. – 17.00 น.
ข้อมูลสภาพอากาศ	กรุงเทพมหานคร

หมายเหตุ. จาก DOE–2.2 Volume 4 Libraries, 2009.

ระบบปรับอากาศที่กำหนดไว้ในตารางที่ 3.2 แสดงถึงระบบปรับอากาศที่เลือกใช้ในโปรแกรม eQuest 3.65 โดยเลือกระบบปรับอากาศที่ใช้ในการจำลองเป็นระบบ split type เนื่องจากเป็นระบบปรับอากาศที่ไม่รบกวนการใช้พื้นที่หลังคา และมีค่า EER เท่ากับ 10.6 ซึ่งเป็นค่ามาตรฐานของระบบปรับอากาศเบอร์ 5 ที่มีการใช้อยู่ทั่วไป

ตารางที่ 3.3

สัดส่วนพื้นที่ใช้งานและตำแหน่งที่ใช้ในการทดลอง

ประเภทพื้นที่ใช้งาน	สัดส่วนต่อพื้นที่อาคาร	ตำแหน่งชั้น		
		ชั้นที่ 1	ชั้นที่ 2-6	ชั้นที่ 7
สำนักงานรวม	40.0	✓	✓	✓
สำนักงานส่วนตัว	30.0	✓	✓	✓
ทางเดิน	10.0	✓	✓	✓
โถงกลาง	5.0	✓	✗	✗
ห้องน้ำ	5.0	✓	✓	✓
ห้องประชุม	4.0	✓	✓	✓
ห้องเครื่อง	4.0	✓	✗	✗
ห้องถ่ายเอกสาร	2.0	✓	✓	✓

ตารางที่ 3.3 เป็นข้อมูลการแบ่งสัดส่วนพื้นที่ใช้งานแต่ละประเภท โดยแบ่งออกเป็น 9 ประเภท พื้นที่ส่วนใหญ่จะเป็นพื้นที่สำนักงาน และทางเดินในอาคาร ซึ่งทุกประเภทการใช้งานจะมีอยู่ในทุกชั้นของอาคารจำลอง ยกเว้นโถงกลาง และห้องเครื่อง ที่จะอยู่บริเวณชั้น 1 ของอาคาร

3.3 การออกแบบการติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์

ในกระบวนการการออกแบบการติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์นี้สามารถแบ่งขั้นตอนย่อยออกมาได้ 2ขั้นตอน คือ

3.3.1 กำหนดทิศทางการติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์

จากการศึกษาแนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้องพบว่าการทำงานของเซลล์แสงอาทิตย์ที่ติดตั้งในเขตประเทศไทยจะมีประสิทธิภาพในการผลิตกระแสไฟฟ้าได้ดีที่สุดเมื่อติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ทำมุม 14 องศากับระนาบพื้นและหันหน้าไปทางทิศใต้ แต่ทั้งนี้ปริมาณการผลิตกระแสไฟฟ้าก็ขึ้นอยู่กับปริมาณแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่สามารถติดตั้งได้ ดังนั้นตัวแปรสำคัญที่ต้องพิจารณาควบคู่ไปพร้อมกับการกำหนดทิศทางการติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์ก็คือ พื้นที่หลังคา ในที่นี้หมายถึงพื้นที่ว่างที่ไม่ได้รับอิทธิพลจากการบังเงาของวัตถุบนหลังคาผืนเดียวกัน เช่น ผนังกันตก ห้องบันได งานระบบ เป็นต้น ทิศทางการติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์สามารถทำได้หลายทิศทาง โดยในงานวิจัยชิ้นนี้จะแบ่งทิศออกเป็น 8 ทิศดังนี้ เหนือ ตะวันออกเฉียงเหนือ ตะวันออก ตะวันออกเฉียงใต้ ใต้ ตะวันตกเฉียงใต้ ตะวันตก ตะวันตกเฉียงเหนือ เนื่องจากตำแหน่งที่ตั้งของประเทศไทยที่ดวงอาทิตย์จะเดินทางอ้อมใต้ตลอดทั้งปี ดังนั้นในงานวิจัยชิ้นนี้จึงตัดทิศที่มีประสิทธิภาพในการผลิตกระแสไฟได้ต่ำออก คือ ทิศเหนือ ตะวันออกเฉียงเหนือ และตะวันตกเฉียงเหนือ ทำให้เหลือทิศทางที่ควรนำมาวิเคราะห์ ดังตารางที่ 3.3

ตารางที่ 3.4

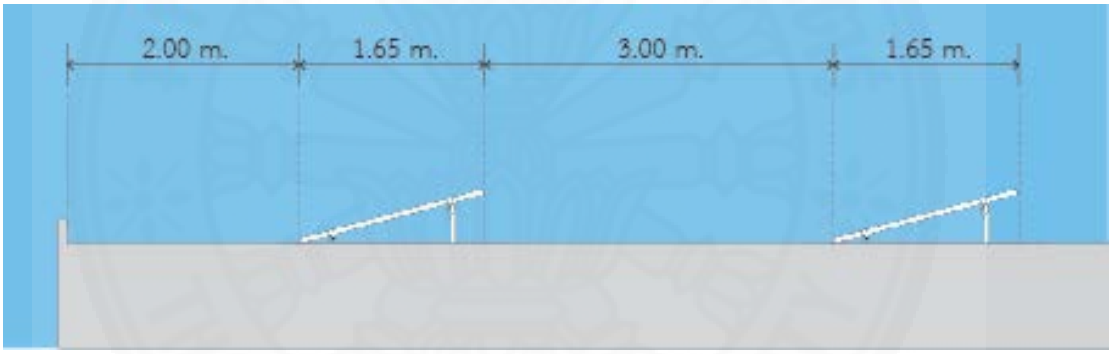
ค่ารังสีดวงอาทิตย์ที่ตกกระทบแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ทำมุม 15 องศากับระนาบพื้น

มุมเอียง 15 องศา	ทิศทางการติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์				
	ตะวันออก	ตะวันตก	ตะวันออกเฉียงใต้	ตะวันตกเฉียงใต้	ใต้
ค่ารังสีดวงอาทิตย์ (ESRPV)	433.61	431.51	440	438.90	441.62

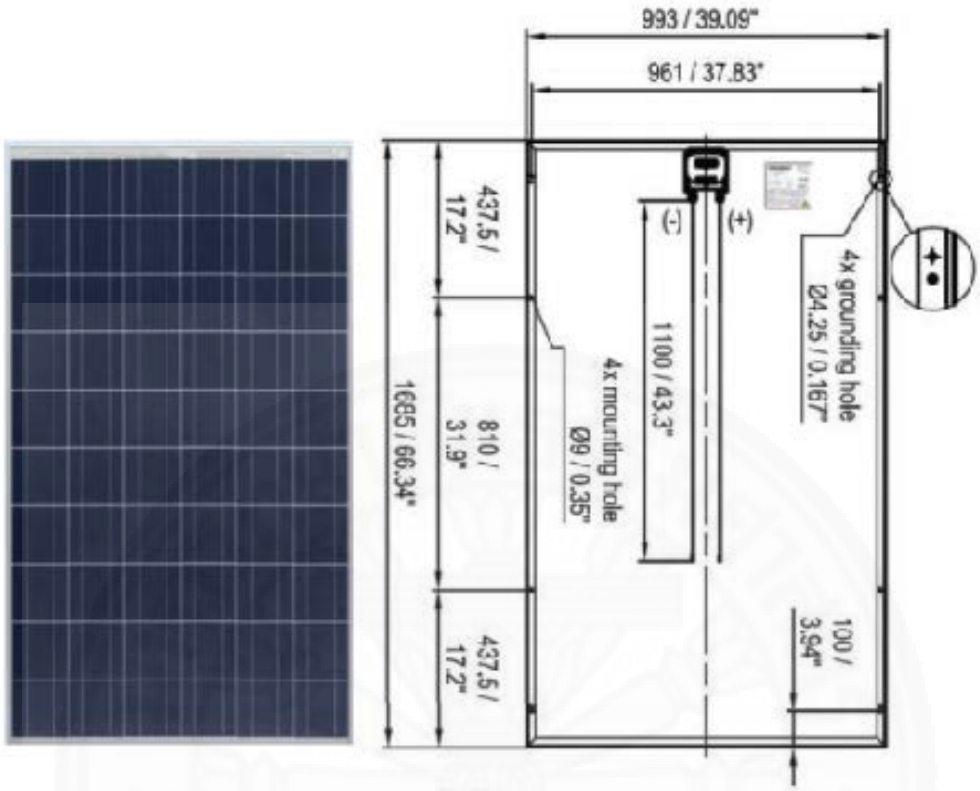
หมายเหตุ. จาก กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน, 2555

3.3.2 หาปริมาณการติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์

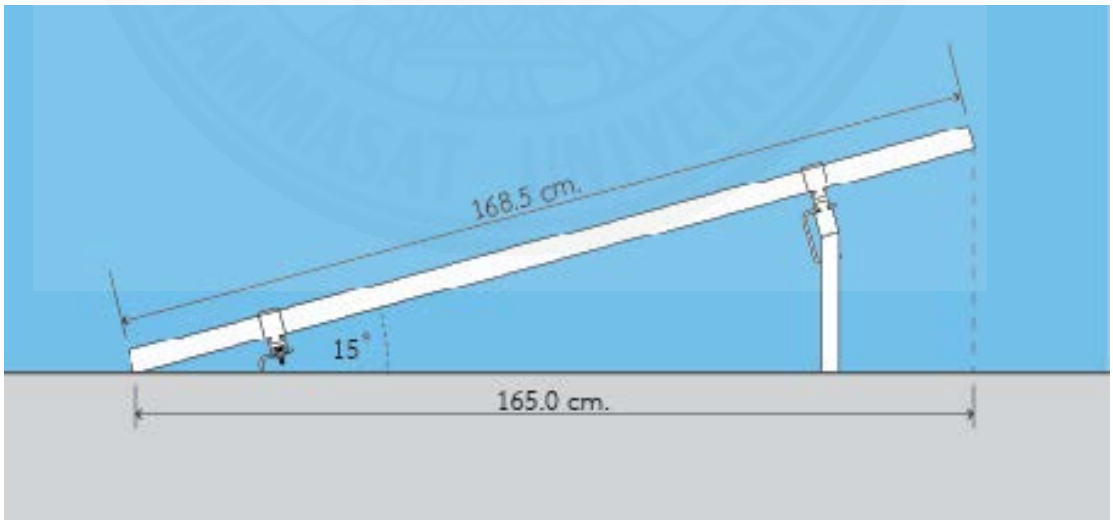
จากข้อมูลพื้นที่ต่อชั้น ทำให้สามารถอ้างอิงพื้นที่หลังคาของอาคารสำนักงานได้โดยพื้นที่ที่สามารถติดตั้งได้ หมายถึง พื้นที่ว่างที่ไม่ได้รับอิทธิพลจากการบังเงาของวัตถุบนหลังคาผืนเดียวกัน โดยกำหนดให้มีการเว้นระยะจากขอบอาคาร 2 เมตรเพื่อเป็นทางเดินโดยรอบ และระยะระหว่างเซลล์แสงอาทิตย์แต่ละแถวเท่ากับ 3 เมตร เพื่อไม่ให้เกิดการบังเงาของแผงเซลล์แสงอาทิตย์แต่ละแผง ดังภาพที่ 3.4 และขนาดแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ใช้ในการทดลอง มีขนาดกว้าง 99.3 ซม. ยาว 168.5 ซม. ดังภาพที่ 3.5 โดยเมื่อพิจารณาพื้นที่ที่ใช้ในการติดตั้งเมื่อแผงเซลล์แสงอาทิตย์ทำมุม 15 องศากับพื้นหลังคาแล้ว ทำให้ได้ขนาดพื้นที่ที่นำมาวิจัยคือ กว้าง 100 ซม. ยาว 165 ซม. ดังภาพที่ 3.6 ในสัดส่วนและทิศทางการวางตัวอาคารทั้ง 42 กรณีศึกษา นำมาหาปริมาณแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่สามารถติดตั้งได้เมื่อหันเซลล์แสงอาทิตย์ไปในทิศทางต่าง ๆ 5 ทิศทาง ดังตารางที่ 3.4



ภาพที่ 3.4 การกำหนดระยะการติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์บนหลังคาที่ใช้ในการทดลอง โดย ผู้วิจัย



ภาพที่ 3.5 ขนาดแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ใช้ในการทดลอง จาก SCHOTT Solar PV, Inc.



ภาพที่ 3.6 ขนาดระยะราบที่ใช้ในการทดลองเมื่อแผงเซลล์แสงอาทิตย์ทำมุม 15 องศากับหลังคา โดย ผู้วิจัย

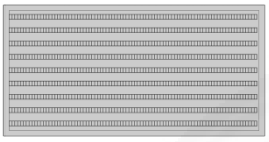
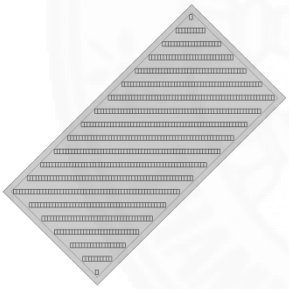
ตารางที่ 3.5

ตารางแจกแจงกรณีศึกษาการออกแบบการติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์

	ทิศทางการติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์				
	ตะวันออก	ตะวันตก	ตะวันออกเฉียงใต้	ตะวันตกเฉียงใต้	ใต้
กรณีศึกษาสัดส่วนและทิศทางการวางตัวอาคาร	42	42	42	42	42
รวม	210 กรณีศึกษา				

ตารางที่ 3.6

ตัวอย่างการติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์ที่ใช้ในการทดลองกรณีรูปแบบอาคารที่แตกต่างกัน

ลักษณะการติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์	รูปแบบอาคาร	ทิศทางการติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์	ปริมาณเซลล์แสงอาทิตย์ (แผง)
	4,200 ตารางเมตร สัดส่วน: 1:2 ทิศทาง: 0°	ใต้	783
	4,200 ตารางเมตร สัดส่วน: 1:2 ทิศทาง: 0°	ตะวันออกเฉียงใต้	746
	4,200 ตารางเมตร สัดส่วน: 1:2 ทิศทาง: 45°	ใต้	746
	4,200 ตารางเมตร สัดส่วน: 1:2 ทิศทาง: 45°	ตะวันออกเฉียงใต้	783

3.4 การคำนวณปริมาณไฟฟ้าในอาคาร

การคำนวณไฟฟ้าในอาคารสามารถแบ่งได้เป็น 2 ส่วนคือ

3.4.1 ปริมาณความต้องการไฟฟ้าในอาคาร

เป็นข้อมูลที่ได้จากขั้นตอนที่ 3.2 การจำลองผลการใช้พลังงานในอาคาร โดยข้อมูลที่ได้นี้จะบอกปริมาณความต้องการไฟฟ้าของอาคารทั้ง 42 กรณีศึกว่า รูปแบบใดมีความต้องการปริมาณไฟฟ้ามากน้อยกว่ากันเท่าไหร่ สามารถนำไปสรุปหารูปแบบที่ประหวัดพลังงานที่สุดได้

3.4.2 ปริมาณไฟฟ้าที่ผลิตได้

เป็นข้อมูลที่ได้จากขั้นตอนที่ 3.3 จากการออกแบบการติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์บนพื้นที่หลังคาอาคารสำนักงานในทิศทางต่าง ๆ ทำให้ทราบถึงปริมาณแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่สามารถติดตั้งได้ในกรณีศึกษาทั้งหมด 210 กรณี เพื่อนำมาคำนวณหาความสามารถในการผลิตไฟฟ้าของทุกกรณีได้จากสมการ

$$PVE = \frac{(9) \cdot (365) \cdot A_{mod} \cdot \eta_{sys} \cdot ESR_{PV}}{1000}$$

$(9) \cdot (365)$ คือ จำนวนชั่วโมงเฉลี่ยที่เซลล์แสงอาทิตย์ผลิตกระแสไฟฟ้าได้ใน 1 ปี

โดย (9) คือ จำนวนชั่วโมงเฉลี่ยที่มีแสงอาทิตย์ใน 1 วัน

(365) คือ จำนวนวันใน 1 ปี

PVE คือ พลังงานไฟฟ้าเฉลี่ยรายปีที่ผลิตได้โดยเซลล์แสงอาทิตย์ (kWh)

A_{mod} คือ พื้นที่รวมทั้งหมดของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ติดตั้ง (sq.m.)

η_{sys} คือ ประสิทธิภาพรวมของระบบ

ESR_{PV} คือ ค่ารังสีอาทิตย์ที่มุมเอียงและทิศทางที่ตรงกับการติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์ (W/m^2)

3.5 การวิเคราะห์ข้อมูล

สามารถแบ่งขั้นตอนการทดลองตามผลลัพธ์ที่ต้องการออกเป็น 3 ส่วนได้ดังนี้

3.5.1 ปริมาณไฟฟ้าที่ใช้

โดยการวิเคราะห์ตัวแปรเรื่อง ขนาดอาคาร สัดส่วน และทิศทางการวางตัวของอาคารตามที่ได้กำหนดเอาไว้ข้างต้น จะทำให้ทราบได้ว่าอาคารแต่ละรูปแบบมีการใช้ปริมาณไฟฟ้าเท่าไหร่ (kWh/year)

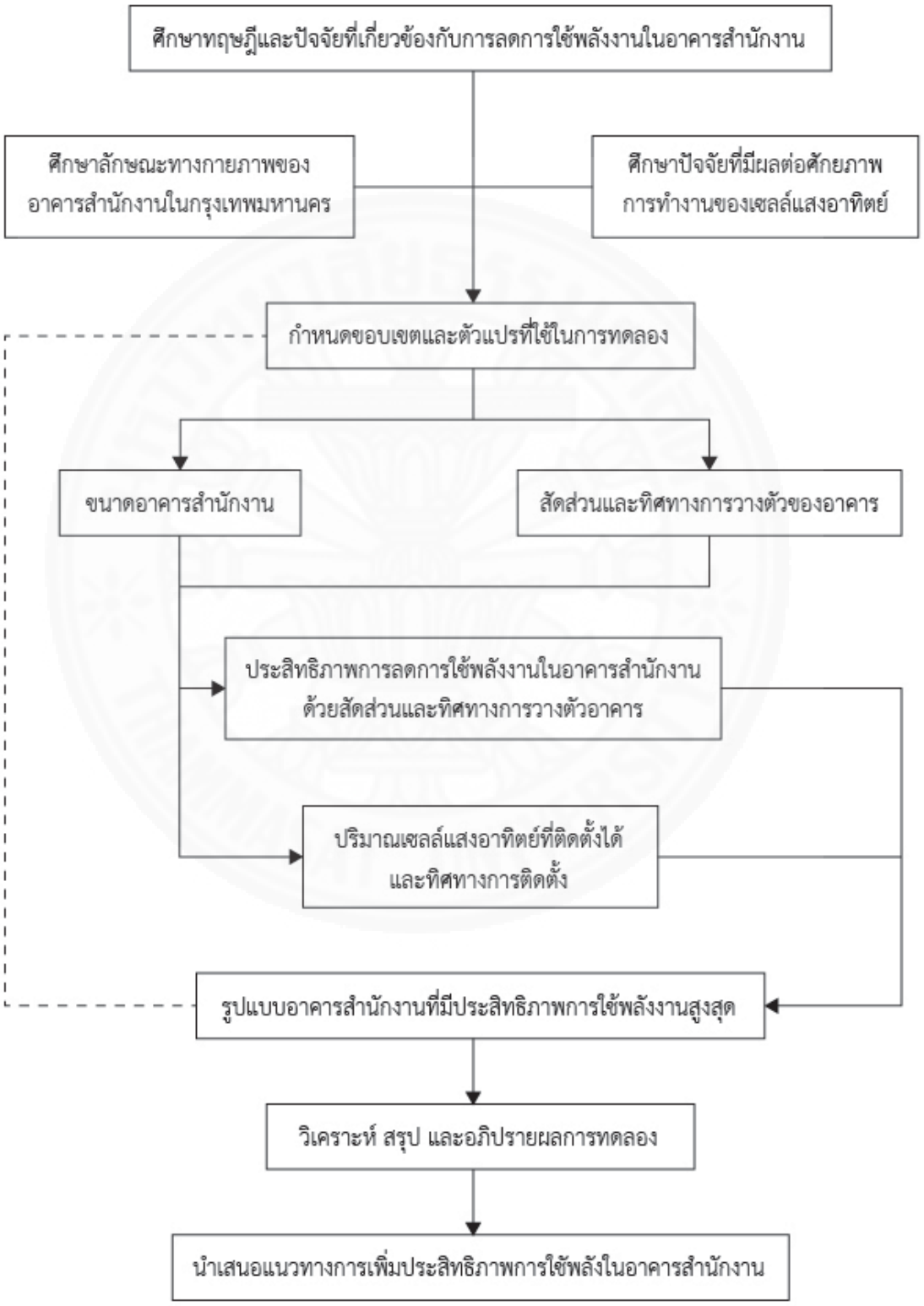
3.5.2 ปริมาณไฟฟ้าที่ผลิตได้

โดยการวิเคราะห์ตัวแปรเรื่อง ขนาดอาคาร สัดส่วน ทิศทางการวางตัวของอาคาร และปริมาณการติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์ในทิศทางต่าง ๆ (ทิศตะวันออก ทิศตะวันออกเฉียงใต้ ทิศใต้ ทิศตะวันตกเฉียงใต้ ทิศตะวันตก) ตามที่ได้กำหนดเอาไว้ข้างต้น จะทำให้ทราบได้ว่าอาคารแต่ละรูปแบบสามารถผลิตไฟฟ้าที่เกิดจากการติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์บนหลังคาได้เท่าไหร่ (kWh/year)

3.5.3 รูปแบบที่มีประสิทธิภาพการใช้พลังงานสูงสุด

โดยการวิเคราะห์ผลลัพธ์ที่ได้จากขั้นตอนที่ 3.5.1 และ 3.5.2 จะทำให้ทราบถึงรูปแบบที่มีประสิทธิภาพการใช้พลังงานในอาคารสำนักงานสูงสุด และสามารถวิเคราะห์ความเป็นไปได้ในการเข้าร่วมการประเมินอาคารเขียว (LEED, TREES) และการเข้าร่วมแผนพลังงานทดแทน (Feed in Tariff) ของภาครัฐได้

3.6 กรอบแนวคิดการวิจัย



บทที่ 4
ผลการวิจัยและอภิปรายผล

การวิจัยนี้เป็นการศึกษารูปแบบอาคารสำนักงาน 7 ชั้น ขนาดพื้นที่ 4,200 9,800 และ 17,500 ตารางเมตร โดยการวิจัยแบ่งออกเป็น 3 ส่วนคือ การจำลองการใช้พลังงานในอาคารสำนักงานด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ eQuest 3.65 การออกแบบการติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์ และประสิทธิภาพการใช้พลังงานในอาคาร

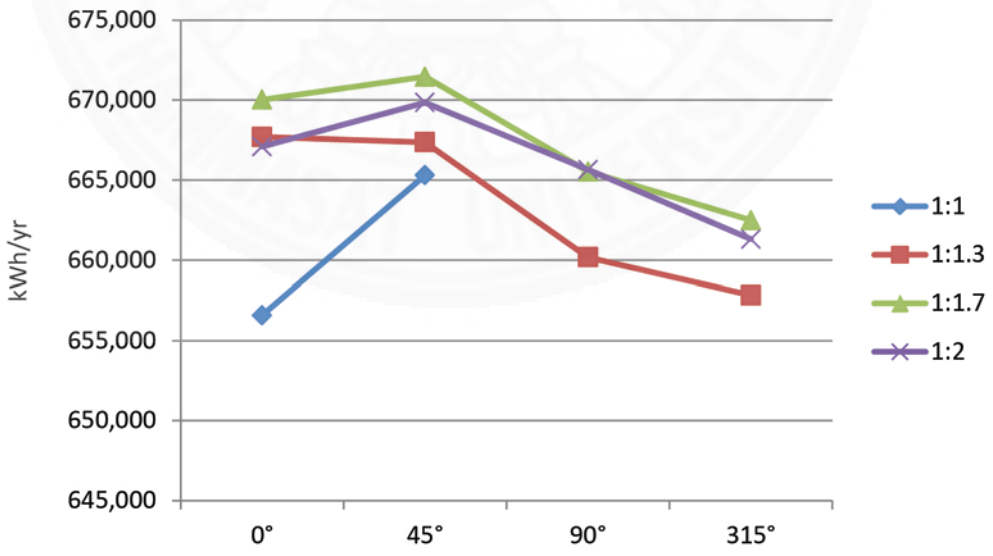
4.1 ผลการจำลองด้วยโปรแกรม eQuest 3.65

ตารางที่ 4.1

ผลการจำลองการใช้พลังงานไฟฟ้าของอาคารสำนักงานด้วยโปรแกรม eQuest 3.65

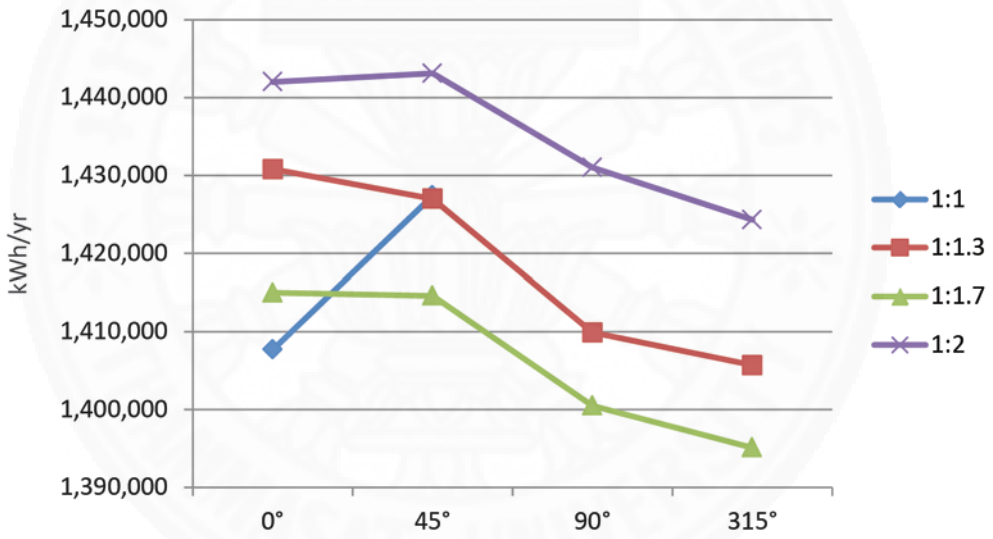
ขนาดอาคาร (ตารางเมตร)	สัดส่วนอาคาร	ทิศทางการวางตัวอาคาร				หมายเหตุ
		0°	45°	90°	315°	
4,200	1:1	656,590	665,310	-	-	kWh/yr
	1:1.3	667,700	667,370	660,180	657,830	
	1:1.7	670,030	671,460	665,540	662,490	
	1:2	667,100	669,850	665,660	661,310	
9,800	1:1	1,407,700	1,427,400	-	-	kWh/yr
	1:1.3	1,430,800	1,427,000	1,409,900	1,405,700	
	1:1.7	1,415,000	1,414,600	1,400,500	1,395,100	
	1:2	1,442,000	1,443,100	1,431,000	1,424,300	
17,500	1:1	2,383,300	2,417,700	-	-	kWh/yr
	1:1.3	2,427,500	2,418,500	2,387,900	2,381,300	
	1:1.7	2,430,900	2,426,600	2,399,600	2,391,800	
	1:2	2,440,300	2,438,400	2,414,000	2,405,000	

จากการจำลองการใช้พลังงานไฟฟ้าในอาคารด้วยโปรแกรม eQuest 3.65 พบว่า กรณีอาคารสำนักงานขนาด 4,200 ตารางเมตร รูปแบบที่มีการใช้พลังงานไฟฟ้าในอาคารน้อยที่สุดคือ อาคารที่มีอัตราส่วน 1:1 และวางตัวอาคารทำมุม 0° กับทิศตะวันออก (ตามตะวัน) รูปแบบที่มีการใช้พลังงานไฟฟ้าในอาคารมากที่สุดคือ อาคารที่มีอัตราส่วน 1:1.7 และวางตัวอาคารทำมุม 45° กับทิศตะวันออก กรณีอาคารสำนักงานขนาด 9,800 ตารางเมตร รูปแบบที่มีการใช้พลังงานไฟฟ้าในอาคารน้อยที่สุดคือ อาคารที่มีอัตราส่วน 1:1.7 และวางตัวอาคารทำมุม 315° กับทิศตะวันออก (ตามตะวัน) รูปแบบที่มีการใช้พลังงานไฟฟ้าในอาคารมากที่สุดคือ อาคารที่มีอัตราส่วน 1:2 และวางตัวอาคารทำมุม 45° กับทิศตะวันออก กรณีอาคารสำนักงานขนาด 17,500 ตารางเมตร รูปแบบที่มีการใช้พลังงานไฟฟ้าในอาคารน้อยที่สุดคือ อาคารที่มีอัตราส่วน 1:1.3 และวางตัวอาคารทำมุม 315° กับทิศตะวันออก (ตามตะวัน) รูปแบบที่มีการใช้พลังงานไฟฟ้าในอาคารมากที่สุดคือ อาคารที่มีอัตราส่วน 1:2 และวางตัวอาคารทำมุม 0° กับทิศตะวันออก ซึ่งจากการจำลองการใช้พลังงานไฟฟ้าในอาคารสำนักงานทั้ง 42 กรณี พบว่าทิศทางการวางตัวของอาคารสำนักงานกรณีศึกษาทั้ง 4 กรณีได้แก่ อาคารสำนักงานที่ทำมุม 0° (ตามตะวัน), 45°, 90° (ขวางตะวัน) และ 315° กับทิศตะวันออก ซึ่งประกอบด้วยการทดลอง 42 การทดลอง โดยแบ่งเป็น 3 กรณีย่อยตามขนาดของอาคาร และในแต่ละกรณีจะมีการปรับเลี่ยนสัดส่วนอาคารเพื่อหาความแตกต่างของการใช้พลังงานในอาคารสำนักงานแต่ละรูปแบบ



ภาพที่ 4.1 เปรียบเทียบการใช้พลังงานในอาคารสำนักงานขนาด 4,200 ตารางเมตร โดย ผู้วิจัย

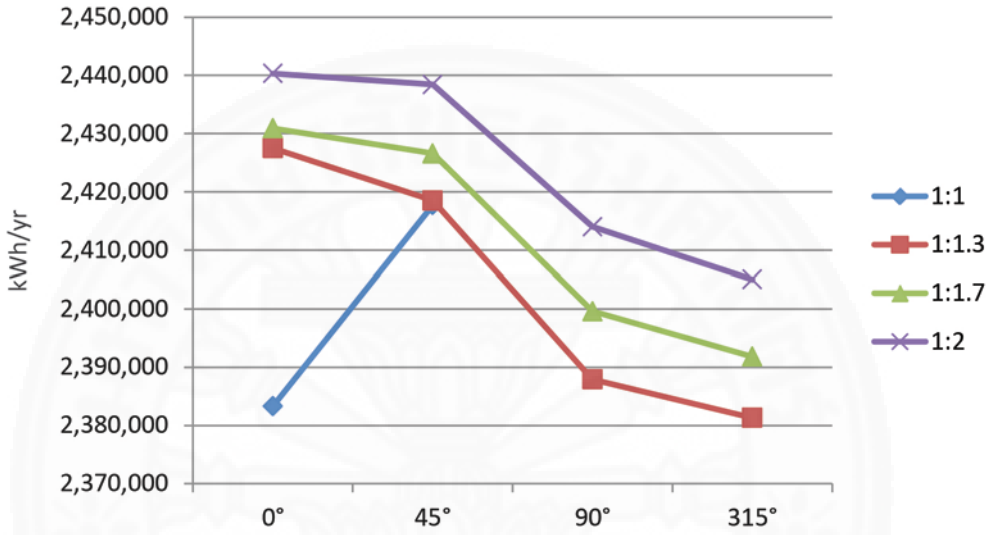
จากการทดลองพบว่า ทิศทางการวางตัวของอาคารสำนักงานขนาด 4,200 ตารางเมตรมีผลต่อการใช้พลังงานในอาคาร โดยรูปแบบของอาคารที่มีการใช้พลังงานน้อยที่สุดคืออาคารที่มีทิศทางทำมุม 0° (ตามตะวัน)กับทิศตะวันออก และมีสัดส่วนอาคารแบบ 1:1 มีการใช้พลังงานเฉลี่ยต่อปีเท่ากับ 656,590 kWh/yr ส่วนรูปแบบของอาคารที่มีการใช้พลังงานมากที่สุดคืออาคารที่ทิศทางทำมุม 45° กับทิศตะวันออก และมีสัดส่วนอาคารแบบ 1:1.7 มีการใช้พลังงานเฉลี่ยต่อปีเท่ากับ 671,460 kWh/yr ซึ่งจากภาพที่ 4.1 จะเห็นได้ว่าเส้นกราฟในแต่ละกรณีมีรูปแบบของกราฟที่ใกล้เคียงกันคือ มีการใช้พลังงานมากที่สุดเมื่ออาคารทำมุม 45° กับทิศตะวันออก และมีการใช้พลังงานลดลงเมื่ออาคารทำมุม 0°, 90° และ 315° กับทิศตะวันออกตามลำดับ ยกเว้นกรณีอาคารที่มีสัดส่วน 1:1.3 ที่มีการใช้พลังงานมากที่สุดเมื่ออาคารทำมุม 0° กับทิศตะวันออก และมีการใช้พลังงานลดลงเมื่ออาคารทำมุม 45°, 90° และ 315° กับทิศตะวันออกตามลำดับ



ภาพที่ 4.2 เปรียบเทียบการใช้พลังงานในอาคารสำนักงานขนาด 9,800 ตารางเมตร โดย ผู้วิจัย

จากการทดลองพบว่า ทิศทางการวางตัวของอาคารสำนักงานขนาด 9,800 ตารางเมตรมีผลต่อการใช้พลังงานในอาคาร โดยรูปแบบของอาคารที่มีการใช้พลังงานน้อยที่สุดคืออาคารที่มีทิศทางทำมุม 315° กับทิศตะวันออก และมีสัดส่วนอาคารแบบ 1:1.7 มีการใช้พลังงานเฉลี่ยต่อปีเท่ากับ 1,395,100 kWh/yr ส่วนรูปแบบของอาคารที่มีการใช้พลังงานมากที่สุดคืออาคารที่ทิศทางทำมุม 45° กับทิศตะวันออก และมีสัดส่วนอาคารแบบ 1:2 มีการใช้พลังงานเฉลี่ยต่อปีเท่ากับ 1,443,100 kWh/yr ซึ่งจากภาพที่ 4.2 จะเห็นได้ว่าเส้นกราฟในแต่ละกรณีมีรูปแบบของกราฟที่

แตกต่างไปจากกรณีอาคารสำนักงานขนาด 4,200 ตารางเมตร คือ กรณีอาคารที่มีสัดส่วน 1:1 และ 1:2 มีการใช้พลังงานมากที่สุดเมื่ออาคารทำมุม 45° กับทิศตะวันออก และมีการใช้พลังงานลดลงเมื่ออาคารทำมุม 0°, 90° และ 315° กับทิศตะวันออกตามลำดับ กรณีอาคารที่มีสัดส่วน 1:1.3 และ 1:1.7 มีการใช้พลังงานมากที่สุดเมื่ออาคารทำมุม 0° กับทิศตะวันออก และมีการใช้พลังงานลดลงเมื่ออาคารทำมุม 45°, 90° และ 315° กับทิศตะวันออกตามลำดับ



ภาพที่ 4.3 เปรียบเทียบการใช้พลังงานในอาคารสำนักงานขนาด 17,500 ตารางเมตร โดย ผู้วิจัย

จากการทดลองพบว่า ทิศทางการวางตัวของอาคารสำนักงานขนาด 17,500 ตารางเมตรมีผลต่อการใช้พลังงานในอาคาร โดยรูปแบบของอาคารที่มีการใช้พลังงานน้อยที่สุดคืออาคารที่มีทิศทางทำมุม 315° กับทิศตะวันออก และมีสัดส่วนอาคารแบบ 1:1.3 มีการใช้พลังงานเฉลี่ยต่อปีเท่ากับ 2,381,300 kWh/yr ส่วนรูปแบบของอาคารที่มีการใช้พลังงานมากที่สุดคืออาคารที่ทิศทางทำมุม 0° กับทิศตะวันออก และมีสัดส่วนอาคารแบบ 1:2 มีการใช้พลังงานเฉลี่ยต่อปีเท่ากับ 2,440,300 kWh/yr ซึ่งจากภาพที่ 4.3 จะเห็นได้ว่าเส้นกราฟในแต่ละกรณีมีรูปแบบของกราฟที่ใกล้เคียงกัน คือ มีการใช้พลังงานมากที่สุดเมื่ออาคารทำมุม 0° กับทิศตะวันออก และมีการใช้พลังงานลดลงเมื่ออาคารทำมุม 45°, 90° และ 315° กับทิศตะวันออกตามลำดับ ยกเว้นกรณีอาคารที่มีสัดส่วน 1:1 ที่มีการใช้พลังงานมากที่สุดเมื่ออาคารทำมุม 45° กับทิศตะวันออก และมีการใช้พลังงานลดลงเมื่ออาคารทำมุม 0° กับทิศตะวันออก

จากภาพที่ 4.1, 4.2 และ 4.3 จะเห็นได้ว่าอาคารสำนักงานมีการใช้พลังงานที่เปลี่ยนแปลงไปเมื่อมีการเปลี่ยนทิศทางการวางตัวอาคาร โดยแต่ละกรณีมีลักษณะการใช้พลังงานที่ใกล้เคียงกัน คือมีการใช้พลังงานเฉลี่ยต่อปีน้อยที่สุดเมื่ออาคารทำมุม 315° กับทิศตะวันออก รองลงมาคืออาคารที่ทำมุม 90° กับทิศตะวันออก และอาคารที่ทำมุม 45° กับทิศตะวันออกมีแนวโน้มที่จะมีสัดส่วนการใช้พลังงานลดลงเมื่ออาคารมีขนาดเพิ่มขึ้น โดยเมื่อเทียบกับอาคารที่ทำมุม 0° กับทิศตะวันออกมีแนวโน้มที่จะมีสัดส่วนการใช้พลังงานเพิ่มขึ้นเมื่ออาคารมีขนาดเพิ่มขึ้น

4.2 ผลการออกแบบการติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์

4.2.1 จำนวนแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ติดตั้งได้

จากตารางที่ 4.2 พบว่ารูปแบบอาคารสำนักงานขนาด 4,200 ตารางเมตร เมื่อมีการวางตัวอาคารที่แตกต่างกันจะทำให้ปริมาณแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ติดตั้งได้มีความเหมาะสมแตกต่างกันไปแต่ละกรณี สำหรับการติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์หันทางทิศใต้ เหมาะสมกับอาคารที่มีทิศทางการวางตัวอาคาร 0° มากที่สุด สำหรับการติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์หันทางทิศตะวันออกเฉียงใต้ เหมาะสมกับอาคารที่มีทิศทางการวางตัวอาคาร 45° มากที่สุด สำหรับการติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์หันทางทิศตะวันออกและทิศตะวันตก เหมาะสมกับอาคารที่มีทิศทางการวางตัวอาคาร 90° มากที่สุด และสำหรับการติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์หันทางทิศตะวันตกเฉียงใต้เหมาะสมกับอาคารที่มีทิศทางการวางตัวอาคาร 315° มากที่สุด

ตารางที่ 4.2

จำนวนแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ติดตั้งได้ กรณีอาคารสำนักงานขนาด 4,200 ตารางเมตร

ทิศทางการวางตัวอาคาร	สัดส่วนอาคาร	ทิศทางการติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์				
		ตะวันตก	ตะวันตกเฉียงใต้	ใต้	ตะวันออกเฉียงใต้	ตะวันออก
0°	1:1	780	753	780	753	780
	1:1.3	780	757	840	757	780
	1:1.7	765	754	800	754	765
	1:2	779	746	783	746	779
45°	1:1	753	780	753	780	753
	1:1.3	757	780	757	840	757
	1:1.7	754	765	754	800	754
	1:2	746	779	746	783	746
90°	1:1	-	-	-	-	-
	1:1.3	840	757	780	757	840
	1:1.7	800	754	765	754	800
	1:2	783	746	779	746	783
315°	1:1	-	-	-	-	-
	1:1.3	757	840	757	780	757
	1:1.7	754	800	754	765	754
	1:2	746	783	746	779	746

ตารางที่ 4.3

จำนวนแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ติดตั้งได้ กรณีอาคารสำนักงานขนาด 9,800 ตารางเมตร

ทิศทางการวางตัวอาคาร	สัดส่วนอาคาร	ทิศทางการติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์				
		ตะวันตก	ตะวันตกเฉียงใต้	ใต้	ตะวันออกเฉียงใต้	ตะวันออก
0°	1:1	1,995	1,814	1995	1814	1995
	1:1.3	1,968	1,809	1,944	1,809	1968
	1:1.7	1,944	1,802	2,000	1,802	1944
	1:2	1,914	1,797	1,904	1,797	1914
45°	1:1	1814	1,995	1814	1995	1814
	1:1.3	1,809	1,968	1,809	1,944	1,809
	1:1.7	1,802	1,944	1,802	2,000	1,802
	1:2	1,797	1,914	1,797	1,904	1,797
90°	1:1	-	-	-	-	-
	1:1.3	1,944	1,809	1,968	1,809	1,944
	1:1.7	2,000	1,802	1,944	1,802	2,000
	1:2	1,904	1,797	1,914	1,797	1,904
315°	1:1	-	-	-	-	-
	1:1.3	1,809	1,944	1,809	1,968	1,809
	1:1.7	1,802	2,000	1,802	1,944	1,802
	1:2	1,797	1,904	1,797	1,914	1,797

จากตารางที่ 4.3 พบว่าในกรณีอาคารสำนักงานขนาด 9,800 ตารางเมตร มีความเหมาะสมในการหินทิศทางแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่แตกต่างไปจากกรณีอาคารสำนักงานขนาด 4,200

ตารางที่ 4.4

จำนวนแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ติดตั้งได้ กรณีอาคารสำนักงานขนาด 17,500 ตารางเมตร

ทิศทางการวางตัวอาคาร	สัดส่วนอาคาร	ทิศทางการติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์				
		ตะวันตก	ตะวันตกเฉียงใต้	ใต้	ตะวันออกเฉียงใต้	ตะวันออก
0°	1:1	3,584	3,461	3584	3461	3584
	1:1.3	3,584	3,454	3,504	3,454	3584
	1:1.7	3,492	3,452	3,528	3,452	3492
	1:2	3,560	3,430	3,477	3,430	3560
45°	1:1	3461	3,584	3461	3584	3461
	1:1.3	3,454	3,584	3,454	3,504	3,454
	1:1.7	3,452	3,492	3,452	3,528	3,452
	1:2	3,430	3,560	3,430	3,477	3,430
90°	1:1	-	-	-	-	-
	1:1.3	3,504	3,454	3,584	3,454	3,504
	1:1.7	3,528	3,452	3,492	3,452	3,528
	1:2	3,477	3,430	3,560	3,430	3,477
315°	1:1	-	-	-	-	-
	1:1.3	3,454	3,504	3,454	3,584	3,454
	1:1.7	3,452	3,528	3,452	3,492	3,452
	1:2	3,430	3,477	3,430	3,560	3,430

จากตารางที่ 4.4 พบว่าในกรณีอาคารสำนักงานขนาด 17,500 ตารางเมตร มีความเหมาะสมในการหันทิศทางแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่เหมือนกับกรณีอาคารสำนักงานขนาด 9,800 ตารางเมตร

จากตารางทั้งสามไม่สามารถสรุปความสัมพันธ์ของจำนวนแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่สามารถติดตั้งได้และทิศทางการวางตัวอาคารได้ เนื่องจากเมื่ออาคารมีขนาดเปลี่ยนแปลงไป ส่งผลให้ความเหมาะสมเปลี่ยนแปลงไปด้วย โดยปริมาณที่ติดตั้งได้จะขึ้นอยู่กับความลงตัวของขนาดแผงเซลล์แสงอาทิตย์และระยะกว้างยาวของอาคาร

4.2.2 ปริมาณไฟฟ้าที่ผลิตได้จากการติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์ในทิศทางต่าง ๆ

ตารางที่ 4.5

ปริมาณไฟฟ้าเฉลี่ยรายปีที่ผลิตได้ กรณีอาคารสำนักงานขนาด 4,200 ตารางเมตร (kWh)

ทิศทางการวางตัวอาคาร	สัดส่วนอาคาร	ทิศทางการติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์				
		ตะวันตก	ตะวันตกเฉียงใต้	ใต้	ตะวันออกเฉียงใต้	ตะวันออก
0°	1:1	133,785	131,365	136,919	131694	134,435
	1:1.3	133,785	132,063	147,451	132,394	134,435
	1:1.7	131,212	131,540	140,430	131,870	131,850
	1:2	133,613	130,144	137,446	130,470	134,263
45°	1:1	129,154	136,076	132,179	136,416	129,782
	1:1.3	129,840	136,076	132,882	146,910	130,471
	1:1.7	129,325	133,459	132,355	139,915	129,954
	1:2	127,953	135,901	130,951	136,942	128,575
90°	1:1	-	-	-	-	-
	1:1.3	144,076	132,063	136,919	132,394	144,776
	1:1.7	137,215	131,540	134,286	131,870	137,882
	1:2	134,299	130,144	136,744	130,470	134,952
315°	1:1	-	-	-	-	-
	1:1.3	129,840	146,543	132,881	136,416	130,471
	1:1.7	129,325	139,565	132,355	133,793	129,954
	1:2	127,953	136,599	130,951	136,242	128,575

จากตารางที่ 4.5 พบว่าในกรณีอาคารสำนักงานขนาด 4,200 ตารางเมตรจะมีทิศทางที่เหมาะสมกับการติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์ที่ชัดเจนคือ กรณีทิศทางการวางตัวอาคาร 0° จะเหมาะสมกับการหันเซลล์แสงอาทิตย์ไปทางทิศใต้ กรณีทิศทางการวางตัวอาคาร 45° จะเหมาะสมกับการหันเซลล์แสงอาทิตย์ไปทางทิศตะวันออกเฉียงใต้ กรณีทิศทางการวางตัวอาคาร 90° จะเหมาะสมกับการหันเซลล์แสงอาทิตย์ไปทางทิศตะวันออก และกรณีทิศทางการวางตัวอาคาร 315° จะเหมาะสมกับการหันเซลล์แสงอาทิตย์ไปทางทิศตะวันตกเฉียงใต้

ตารางที่ 4.6

ปริมาณไฟฟ้าเฉลี่ยรายปีที่ผลิตได้ กรณีอาคารสำนักงานขนาด 9,800 ตารางเมตร (kWh)

ทิศทางการวางตัวอาคาร	สัดส่วนอาคาร	ทิศทางการติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์				
		ตะวันตก	ตะวันตกเฉียงใต้	ใต้	ตะวันออกเฉียงใต้	ตะวันออก
0°	1:1	342,180	316,463	350,196	317,256	343,845
	1:1.3	337,549	315,591	341,245	316,382	339,191
	1:1.7	333,432	314,370	351,075	315,158	335,055
	1:2	328,287	313,498	334,223	314,283	329,884
45°	1:1	311,135	348,040	318,424	348,912	312,649
	1:1.3	310,277	343,330	317,547	339,993	311,787
	1:1.7	309,077	339,143	316,318	349,787	310,581
	1:2	308,219	333,909	315,441	332,997	309,719
90°	1:1	-	-	-	-	-
	1:1.3	333,432	315,591	345,457	316,382	335,055
	1:1.7	343,038	314,370	341,245	315,158	344,707
	1:2	326,572	313,498	335,978	314,283	328,161
315°	1:1	-	-	-	-	-
	1:1.3	310,277	339,143	317,547	344,190	311,787
	1:1.7	309,077	348,912	316,318	339,993	310,581
	1:2	308,219	332,165	315,441	334,746	309,719

ตารางที่ 4.7

ปริมาณไฟฟ้าเฉลี่ยรายปีที่ผลิตได้ กรณีอาคารสำนักงานขนาด 17,500 ตารางเมตร (kWh)

ทิศทางการวางตัวอาคาร	สัดส่วนอาคาร	ทิศทางการติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์				
		ตะวันตก	ตะวันตกเฉียงใต้	ใต้	ตะวันออกเฉียงใต้	ตะวันออก
0°	1:1	614,723	603,793	629,125	605,306.06	617,714
	1:1.3	614,723	602,572	615,083	604,082	617,714
	1:1.7	598,943	602,223	619,296	603,732	601,858.32
	1:2	610,607	598,385	610,343	599,884	613,578
45°	1:1	593,626	625,251	607,534	626,817	596,515
	1:1.3	592,426	625,251	606,306	612,826	595,309
	1:1.7	592,083	609,201	605,955	617,024	594,964
	1:2	588,309	621,064	602,093	608,104	591,172
90°	1:1	-	-	-	-	-
	1:1.3	601,002	602,572	629,126	604,082	603,927
	1:1.7	605,118	602,223	612,976	603,732	608,063
	1:2	596,371	598,385	624,913	599,884	599,273
315°	1:1	-	-	-	-	-
	1:1.3	592,426	611,294	606,306	626,818	595,309
	1:1.7	592,083	615,481	605,955	610,728	594,964
	1:2	588,309	606,584	602,093	622,621	591,172

จากตารางทั้งสามพบว่า เมื่ออาคารมีขนาดใหญ่ขึ้น จำนวนของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่สามารถติดตั้งได้จะมีผลกับปริมาณไฟฟ้าที่ผลิตได้มากกว่าทิศทางการติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์ ทั้งนี้จะเห็นได้จากกรณีอาคารสำนักงานขนาด 4,200 ตารางเมตร ที่มีทิศทางการติดตั้งที่เหมาะสมอย่างชัดเจน เกิดจากความแตกต่างของปริมาณแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่สามารถติดตั้งได้ในแต่ละทิศทางยังมีความแตกต่างกันน้อย (มากที่สุดเพียง 83 แผง) ทำให้ความแตกต่างเกิดจากผลของทิศทางการติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์มากกว่า แต่เมื่ออาคารมีขนาดเพิ่มมากขึ้น จากกรณีอาคารสำนักงานขนาด 9,200 และ 17,500 ตารางเมตร ความแตกต่างของปริมาณแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่สามารถติดตั้งได้ในแต่ละทิศทางมีมากขึ้น (มากที่สุด 198 และ 130 แผง ตามลำดับ) ซึ่งส่งผลกับปริมาณไฟฟ้าที่ผลิตได้มากกว่าทิศทางการติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์

4.3 พลังงานสุทธิ

จากผลการทดลองที่ 4.1 และ 4.2 ทำให้ทราบถึงปริมาณไฟฟ้าที่อาคารต้องการและปริมาณไฟฟ้าที่อาคารสามารถผลิตได้ นำผลการทดลองทั้งสองมาหาพลังงานสุทธิที่อาคารในแต่ละกรณีใช้ได้ดังนี้

ตารางที่ 4.8

พลังงานสุทธิ กรณีอาคารสำนักงานขนาด 4,200 ตารางเมตร

ทิศทางการวางตัวอาคาร	สัดส่วนอาคาร	ทิศทางการติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์				
		ตะวันตก	ตะวันตกเฉียงใต้	ใต้	ตะวันออกเฉียงใต้	ตะวันออก
0°	1:1	522,805.37	525,224.51	519,670.89	524,895.27	522,154.29
	1:1.3	533,915.37	535,636.68	520,248.65	535,305.70	533,264.29
	1:1.7	538,818.15	538,490.05	529,600.14	538,160.38	538,179.59
	1:2	533,486.89	536,955.70	529,654.27	536,629.52	532,836.65
45°	1:1	536,156.38	529,234.19	533,130.39	528,893.15	535,527.84
	1:1.3	537,530.30	531,294.19	534,488.24	520,459.54	536,898.42
	1:1.7	542,134.86	538,001.03	539,104.86	531,545.28	541,505.48
	1:2	541,897.01	533,948.65	538,899.16	532,908.47	541,274.31
90°	1:1	-	-	-	-	-
	1:1.3	516,104.25	528,116.68	523,260.89	527,785.70	515,403.08
	1:1.7	528,325.00	534,000.05	531,253.95	533,670.38	527,657.22
	1:2	531,360.82	535,515.70	528,916.42	535,189.52	530,707.23
315°	1:1	-	-	-	-	-
	1:1.3	527,990.30	511,286.82	524,948.24	521,413.15	527,358.42
	1:1.7	533,164.86	522,925.07	530,134.86	528,696.55	532,535.48
	1:2	533,357.01	524,710.82	530,359.16	525,068.04	532,734.31

ตารางที่ 4.9

พลังงานสุทธิ กรณีอาคารสำนักงานขนาด 9,800 ตารางเมตร

ทิศทางการวางตัวอาคาร	สัดส่วนอาคาร	ทิศทางการติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์				
		ตะวันตก	ตะวันตกเฉียงใต้	ใต้	ตะวันออกเฉียงใต้	ตะวันออก
0°	1:1	1,065,520	1,091,236	1,057,503	1,090,443	1,063,854
	1:1.3	1,093,251	1,115,208	1,089,555	1,114,417	1,091,608
	1:1.7	1,081,567	1,100,629	1,063,925	1,099,842	1,079,944
	1:2	1,113,713	1,128,502	1,107,776	1,127,716	1,112,115
45°	1:1	1,116,264	1,079,359	1,108,975	1,078,487	1,114,750
	1:1.3	1,116,722	1,083,670	1,109,452	1,087,007	1,115,212
	1:1.7	1,105,523	1,075,457	1,098,281	1,064,813	1,104,019
	1:2	1,134,880	1,109,190	1,127,659	1,110,102	1,133,380
90°	1:1	-	-	-	-	-
	1:1.3	1,076,467	1,094,308	1,064,442	1,093,517	1,074,844
	1:1.7	1,057,462	1,086,129	1,059,255	1,085,342	1,055,793
	1:2	1,104,428	1,117,502	1,095,021	1,116,716	1,102,838
315°	1:1	-	-	-	-	-
	1:1.3	1,095,422	1,066,557	1,088,152	1,061,509	1,093,912
	1:1.7	1,086,023	1,046,187	1,078,781	1,055,107	1,084,519
	1:2	1,116,080	1,092,135	1,108,859	1,089,554	1,114,580

ตารางที่ 4.10

พลังงานสุทธิ กรณีอาคารสำนักงานขนาด 17,500 ตารางเมตร

ทิศทางการวางตัวอาคาร	สัดส่วนอาคาร	ทิศทางการติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์				
		ตะวันตก	ตะวันตกเฉียงใต้	ใต้	ตะวันออกเฉียงใต้	ตะวันออก
0°	1:1	1,768,576	1,779,507	1,754,174	1,777,993	1,765,585
	1:1.3	1,812,776	1,824,928	1,812,417	1,823,418	1,809,785
	1:1.7	1,831,956	1,828,677	1,811,604	1,827,167	1,829,041
	1:2	1,829,693	1,841,915	1,829,956	1,840,415	1,826,721
45°	1:1	1,824,073	1,792,449	1,810,165	1,790,882	1,821,184
	1:1.3	1,826,074	1,793,249	1,812,194	1,805,673	1,823,191
	1:1.7	1,834,517	1,817,399	1,820,645	1,809,576	1,831,635
	1:2	1,850,090	1,817,336	1,836,306	1,830,295	1,847,227
90°	1:1	-	-	-	-	-
	1:1.3	1,786,898	1,785,328	1,758,774	1,783,818	1,783,973
	1:1.7	1,794,481	1,797,377	1,786,623	1,795,867	1,791,536
	1:2	1,817,629	1,815,615	1,789,087	1,814,11	1,814,726
315°	1:1	-	-	-	-	-
	1:1.3	1,788,874	1,770,005	1,774,994	1,754,482	1,785,991
	1:1.7	1,799,717	1,776,318	1,785,845	1,781,072	1,796,835
	1:2	1,816,690.68	1,798,415.91	1,802,906	1,782,379	1,813,827

จากตารางพลังงานสุทธิทั้ง 3 มีความสัมพันธ์กับตารางปริมาณไฟฟ้าที่ผลิตได้จากการติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์ในทิศทางต่าง ๆ (ตารางที่ 4.8 – 4.10) โดยทิศทางการติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์ที่ให้ปริมาณไฟฟ้าสูงสุด ทำให้พลังงานสุทธิของอาคารต่ำสุดเช่นเดียวกัน

4.3.1 ประสิทธิภาพการใช้พลังงานในอาคาร

ประสิทธิภาพการใช้พลังงานในที่นี้หมายถึงสัดส่วนการผลิตไฟฟ้าต่อการใช้พลังงานไฟฟ้าในอาคาร ยิ่งมีค่ามากยิ่งหมายถึงอาคารมีประสิทธิภาพการใช้พลังงานในอาคารสูง

ตารางที่ 4.11

ประสิทธิภาพการใช้พลังงานในอาคาร (ร้อยละ) กรณีอาคารสำนักงานขนาด 4,200 ตารางเมตร

ทิศทางการวางตัวอาคาร	สัดส่วนอาคาร	ทิศทางการติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์				
		ตะวันตก	ตะวันตกเฉียงใต้	ใต้	ตะวันออกเฉียงใต้	ตะวันออก
0°	1:1	20.38	20.01	20.85	20.06	20.47
	1:1.3	20.04	19.78	22.08	19.83	20.13
	1:1.7	19.58	19.63	20.96	19.68	19.68
	1:2	20.03	19.51	20.60	19.56	20.13
45°	1:1	19.41	20.45	19.87	20.50	19.51
	1:1.3	19.46	20.39	19.91	22.01	19.55
	1:1.7	19.26	19.88	19.71	20.84	19.35
	1:2	19.10	20.29	19.55	20.44	19.19
90°	1:1	-	-	-	-	-
	1:1.3	21.82	20.00	20.74	20.05	21.93
	1:1.7	20.62	19.76	20.18	19.81	20.72
	1:2	20.18	19.55	20.54	19.60	20.27
315°	1:1	-	-	-	-	-
	1:1.3	19.74	22.28	20.20	20.74	19.83
	1:1.7	19.52	21.07	19.98	20.20	19.62
	1:2	19.35	20.66	19.80	20.60	19.44

ตารางที่ 4.12

ประสิทธิภาพการใช้พลังงานในอาคาร (ร้อยละ) กรณีอาคารสำนักงานขนาด 9,800 ตารางเมตร

ทิศทางการวางตัวอาคาร	สัดส่วนอาคาร	ทิศทางการติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์				
		ตะวันตก	ตะวันตกเฉียงใต้	ใต้	ตะวันออกเฉียงใต้	ตะวันออก
0°	1:1	24.31	22.48	24.88	22.54	24.43
	1:1.3	23.59	22.06	23.85	22.11	23.71
	1:1.7	23.56	22.22	24.81	22.27	23.68
	1:2	22.77	21.74	23.18	21.79	22.88
45°	1:1	21.80	24.38	22.31	24.44	21.90
	1:1.3	21.74	24.06	22.25	23.83	21.85
	1:1.7	21.85	23.97	22.36	24.73	21.96
	1:2	21.36	23.14	21.86	23.08	21.46
90°	1:1	-	-	-	-	-
	1:1.3	23.65	22.38	24.50	22.44	23.76
	1:1.7	24.49	22.45	24.37	22.50	24.61
	1:2	22.82	21.91	23.48	21.96	22.93
315°	1:1	-	-	-	-	-
	1:1.3	22.07	24.13	22.59	24.49	22.18
	1:1.7	22.15	25.01	22.67	24.37	22.26
	1:2	21.64	23.32	22.15	23.50	21.75

ตารางที่ 4.13

ประสิทธิภาพการใช้พลังงานในอาคาร (ร้อยละ) กรณีอาคารสำนักงานขนาด 17,500 ตารางเมตร

ทิศทางการวางตัวอาคาร	สัดส่วนอาคาร	ทิศทางการติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์				
		ตะวันตก	ตะวันตกเฉียงใต้	ใต้	ตะวันออกเฉียงใต้	ตะวันออก
0°	1:1	25.79	25.33	26.40	25.40	25.92
	1:1.3	25.32	24.82	25.34	24.88	25.45
	1:1.7	24.64	24.77	25.48	24.84	24.76
	1:2	25.02	24.52	25.01	24.58	25.14
45°	1:1	24.55	25.86	25.13	25.93	24.67
	1:1.3	24.50	25.85	25.07	25.34	24.61
	1:1.7	24.40	25.11	24.97	25.43	24.52
	1:2	24.13	25.47	24.69	24.94	24.24
90°	1:1	-	-	-	-	-
	1:1.3	25.17	25.23	26.35	25.30	25.29
	1:1.7	25.22	25.10	25.54	25.16	25.34
	1:2	24.70	24.79	25.89	24.85	24.82
315°	1:1	-	-	-	-	-
	1:1.3	24.88	25.67	25.46	26.32	25.00
	1:1.7	24.75	25.73	25.33	25.53	24.88
	1:2	24.46	25.22	25.04	25.89	24.58

จากตารางประสิทธิภาพการใช้พลังงานในอาคารมีความสัมพันธ์กับปริมาณไฟฟ้าที่ผลิตได้จากการติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์ โดยรูปแบบที่ผลิตไฟฟ้าได้สูงสุด ส่งผลให้อาคารรูปแบบนั้น ๆ มีประสิทธิภาพการใช้พลังงานสูงสุดเช่นกัน นอกจากนี้เมื่อขนาดของอาคารเพิ่มมากขึ้น ทำให้ประสิทธิภาพการใช้พลังงานในอาคารสูงขึ้นด้วย

4.4 มูลค่าการลงทุน

การลงทุนติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์ในประเทศไทยจะพิจารณาจากศักยภาพพลังงานแสงอาทิตย์ในประเทศไทยซึ่งอยู่ในช่วงประมาณ 5 kWh/m2/day ราคาของระบบเซลล์แสงอาทิตย์ประมาณ 90 – 150 บาทต่อวัตต์ (รวมค่าติดตั้งพร้อมจ่ายไฟฟ้า) โดยเซลล์แสงอาทิตย์ชนิด Polycrystalline มีประสิทธิภาพการผลิตไฟฟ้าต่อตารางเมตรและมูลค่าการลงทุนต่ำกว่าเซลล์แสงอาทิตย์ชนิด Monocrystalline ประมาณ 10-15% ดังนั้นการคิดมูลค่าการลงทุนของงานวิจัยชิ้นนี้จึงใช้มูลค่าการลงทุนเท่ากับ 127.5 บาทต่อวัตต์

ตารางที่ 4.14

มูลค่าการลงทุน กรณีอาคารสำนักงานขนาด 4,200 ตารางเมตร

ทิศทางการวางตัวอาคาร	สัดส่วนอาคาร	ทิศทางการติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์				
		ตะวันตก	ตะวันตกเฉียงใต้	ใต้	ตะวันออกเฉียงใต้	ตะวันออก
0°	1:1	17,057,540	16,749,100	17,457,187	16,791,078	17,140,553
	1:1.3	17,057,540	16,838,073	18,800,048	16,880,274	17,140,553
	1:1.7	16,729,510	16,771,344	17,904,807	16,813,377	16,810,927
	1:2	17,035,671	16,593,398	17,524,330	16,634,986	17,118,578
45°	1:1	16,467,087	17,349,666	16,852,900	17,393,149	16,547,226
	1:1.3	16,554,561	17,349,666	16,942,424	18,731,083	16,635,126
	1:1.7	16,488,955	17,016,018	16,875,281	17,839,127	16,569,201
	1:2	16,314,006	17,327,423	16,696,233	17,460,045	16,393,400
90°	1:1	-	-	-	-	-
	1:1.3	18,369,658	16,838,073	17,457,187	16,880,274	18,459,057
	1:1.7	17,494,913	16,771,344	17,121,472	16,813,377	17,580,054
	1:2	17,123,146	16,593,398	17,434,806	16,634,986	17,206,478
315°	1:1	-	-	-	-	-
	1:1.3	16,554,561	18,684,255	16,942,424	17,393,149	16,635,126
	1:1.7	16,488,955	17,794,529	16,875,281	17,058,665	16,569,201
	1:2	16,314,006	17,416,395	16,696,233	17,370,850	16,393,400

ตารางที่ 4.15

มูลค่าการลงทุน กรณีอาคารสำนักงานขนาด 9,800 ตารางเมตร

ทิศทางการวางตัวอาคาร	สัดส่วนอาคาร	ทิศทางการติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์				
		ตะวันตก	ตะวันตกเฉียงใต้	ใต้	ตะวันออกเฉียงใต้	ตะวันออก
0°	1:1	43,627,939	40,349,094	44,650,113	40,450,220	43,840,260
	1:1.3	43,037,485	40,237,879	43,508,682	40,338,725	43,246,933
	1:1.7	42,512,638	40,082,177	44,762,018	40,182,633	42,719,531
	1:2	41,856,579	39,970,961	42,613,441	40,071,139	42,060,279
45°	1:1	39,669,715	44,375,107	40,599,150	44,486,322	39,862,773
	1:1.3	39,560,371	43,774,541	40,487,245	43,349,078	39,752,897
	1:1.7	39,407,291	43,240,705	40,330,578	44,597,817	39,599,072
	1:2	39,297,948	42,573,411	40,218,673	42,457,122	39,489,196
90°	1:1	-	-	-	-	-
	1:1.3	42,512,638	40,237,879	44,045,826	40,338,725	42,719,531
	1:1.7	43,737,282	40,082,177	43,508,682	40,182,633	43,950,135
	1:2	41,637,892	39,970,961	42,837,251	40,071,139	41,840,529
315°	1:1	-	-	-	-	-
	1:1.3	39,560,371	43,240,705	40,487,245	43,884,252	39,752,897
	1:1.7	39,407,291	44,486,322	40,330,578	43,349,078	39,599,072
	1:2	39,297,948	42,350,979	40,218,673	42,680,111	39,489,196

ตารางที่ 4.16

มูลค่าการลงทุน กรณีอาคารสำนักงานขนาด 17,500 ตารางเมตร

ทิศทางการวางตัวอาคาร	สัดส่วนอาคาร	ทิศทางการติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์				
		ตะวันตก	ตะวันตกเฉียงใต้	ใต้	ตะวันออกเฉียงใต้	ตะวันออก
0°	1:1	78,377,209	76,983,581	80,213,536	77,176,522	78,758,642
	1:1.3	78,377,209	76,827,879	78,423,056	77,020,430	78,758,642
	1:1.7	76,365,294	76,783,393	78,960,200	76,975,832	76,736,936
	1:2	77,852,362	76,294,043	77,818,768	76,485,256	78,231,240
45°	1:1	75,687,366	79,719,490	77,460,672	79,919,288	76,055,709
	1:1.3	75,534,286	79,719,490	77,304,005	78,135,375	75,901,883
	1:1.7	75,490,548	77,673,119	77,259,243	78,670,549	75,857,933
	1:2	75,009,438	79,185,654	76,766,861	77,533,305	75,374,482
90°	1:1	-	-	-	-	-
	1:1.3	76,627,718	76,827,879	80,213,536	77,020,430	77,000,637
	1:1.7	77,152,565	76,783,393	78,154,484	76,975,832	77,528,038
	1:2	76,037,264	76,294,043	79,676,392	76,485,256	76,407,310
315°	1:1	-	-	-	-	-
	1:1.3	75,534,286	77,940,037	77,304,005	79,919,288	75,901,883
	1:1.7	75,490,548	78,473,873	77,259,243	77,867,788	75,857,933
	1:2	75,009,438	77,339,472	76,766,861	79,384,114	75,374,482

4.4.1 มูลค่าเพิ่มการลงทุนต่อตารางเมตร

จากข้อมูลมูลค่าการลงทุนนำมาคิดเป็นมูลค่าเพิ่มในการลงทุนติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์ต่อตารางเมตร โดยพบว่ายิ่งอาคารมีขนาดเพิ่มขึ้น ทำให้การลงทุนมีความคุ้มค่ามากขึ้น โดยค่าเฉลี่ยมูลค่าเพิ่มการลงทุนต่อตารางเมตรของอาคารขนาด 4,200 ตารางเมตรเท่ากับ 4,067 บาทต่อตารางเมตร อาคารขนาด 9,800 ตารางเมตรเท่ากับ 4,246 บาทต่อตารางเมตร และอาคารขนาด 17,500 ตารางเมตรเท่ากับ 4,418 บาทต่อตารางเมตร

ตารางที่ 4.17

มูลค่าเพิ่มการลงทุนต่อตารางเมตร กรณีอาคารสำนักงานขนาด 4,200 ตารางเมตร

ทิศทางการวางตัวอาคาร	สัดส่วนอาคาร	ทิศทางการติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์				
		ตะวันตก	ตะวันตกเฉียงใต้	ใต้	ตะวันออกเฉียงใต้	ตะวันออก
0°	1:1	4,061	3,988	4,156	3,998	4,081
	1:1.3	4,061	4,009	4,476	4,019	4,081
	1:1.7	3,983	3,993	4,263	4,003	4,003
	1:2	4,056	3,951	4,172	3,961	4,076
45°	1:1	3,921	4,131	4,013	4,141	3,940
	1:1.3	3,942	4,131	4,034	4,460	3,961
	1:1.7	3,926	4,051	4,018	4,247	3,945
	1:2	3,884	4,126	3,975	4,157	3,903
90°	1:1	-	-	-	-	-
	1:1.3	4,374	4,009	4,156	4,019	4,395
	1:1.7	4,165	3,993	4,077	4,003	4,186
	1:2	4,077	3,951	4,151	3,961	4,097
315°	1:1	-	-	-	-	-
	1:1.3	3,942	4,449	4,034	4,141	3,961
	1:1.7	3,926	4,237	4,018	4,062	3,945
	1:2	3,884	4,147	3,975	4,136	3,903

ตารางที่ 4.18

มูลค่าเพิ่มการลงทุนต่อตารางเมตร กรณีอาคารสำนักงานขนาด 9,800 ตารางเมตร

ทิศทางการวางตัวอาคาร	สัดส่วนอาคาร	ทิศทางการติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์				
		ตะวันตก	ตะวันตกเฉียงใต้	ใต้	ตะวันออกเฉียงใต้	ตะวันออก
0°	1:1	4,452	4,117	4,556	4,128	4,473
	1:1.3	4,392	4,106	4,440	4,116	4,413
	1:1.7	4,338	4,090	4,568	4,100	4,359
	1:2	4,271	4,079	4,348	4,089	4,292
45°	1:1	4,048	4,528	4,143	4,539	4,068
	1:1.3	4,037	4,467	4,131	4,423	4,056
	1:1.7	4,021	4,412	4,115	4,551	4,041
	1:2	4,010	4,344	4,104	4,332	4,030
90°	1:1	-	-	-	-	-
	1:1.3	4,338	4,106	4,494	4,116	4,359
	1:1.7	4,463	4,090	4,440	4,100	4,485
	1:2	4,249	4,079	4,371	4,089	4,269
315°	1:1	-	-	-	-	-
	1:1.3	4,037	4,412	4,131	4,478	4,056
	1:1.7	4,021	4,539	4,115	4,423	4,041
	1:2	4,010	4,322	4,104	4,355	4,030

ตารางที่ 4.19

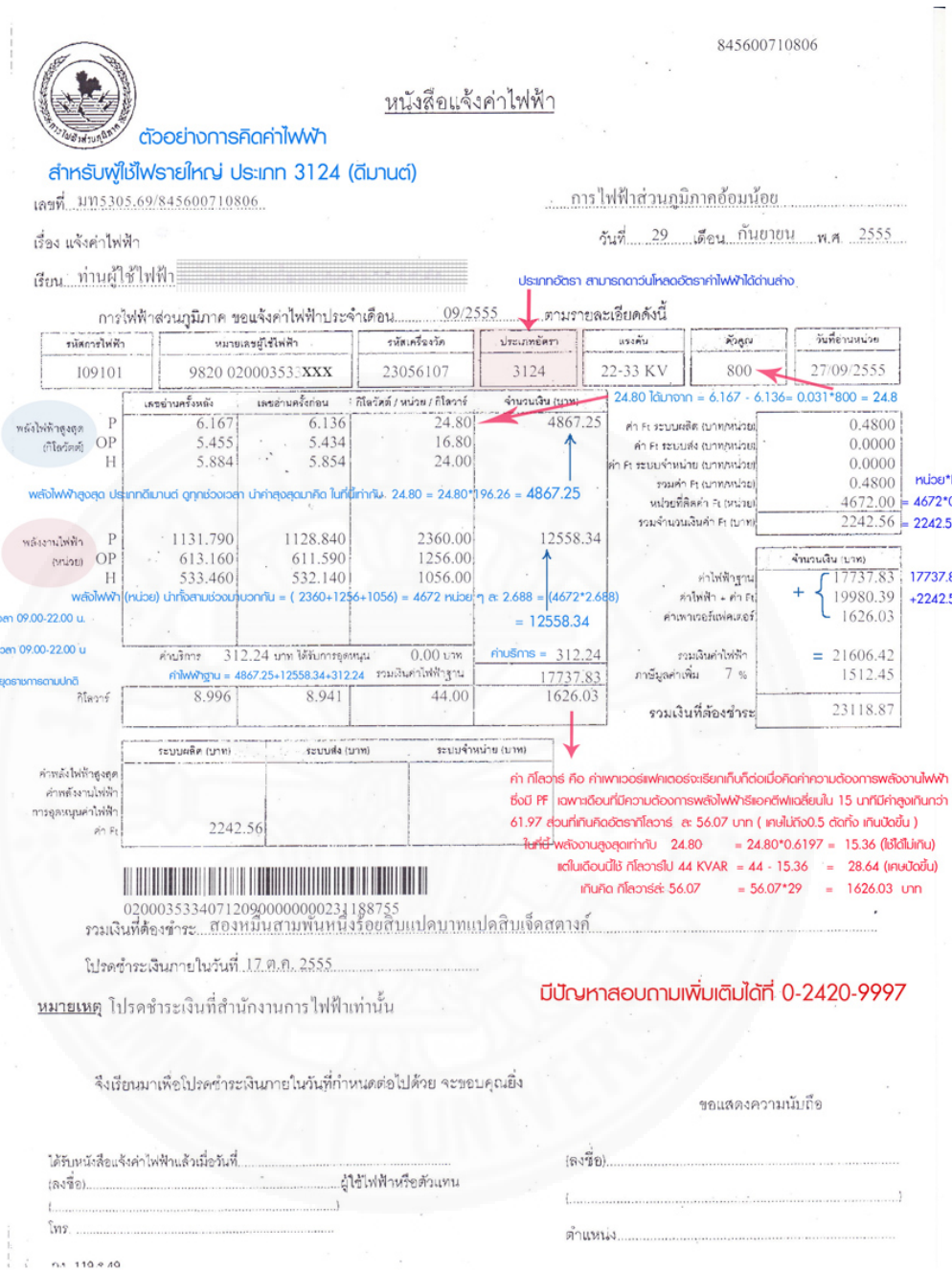
มูลค่าเพิ่มการลงทุนต่อตารางเมตร กรณีอาคารสำนักงานขนาด 17,500 ตารางเมตร

ทิศทางการวางตัวอาคาร	สัดส่วนอาคาร	ทิศทางการติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์				
		ตะวันตก	ตะวันตกเฉียงใต้	ใต้	ตะวันออกเฉียงใต้	ตะวันออก
0°	1:1	4,479	4,399	4,584	4,410	4,500
	1:1.3	4,479	4,390	4,481	4,401	4,500
	1:1.7	4,364	4,388	4,512	4,399	4,385
	1:2	4,449	4,360	4,447	4,371	4,470
45°	1:1	4,325	4,555	4,426	4,567	4,346
	1:1.3	4,316	4,555	4,417	4,465	4,337
	1:1.7	4,314	4,438	4,415	4,495	4,335
	1:2	4,286	4,525	4,387	4,430	4,307
90°	1:1	-	-	-	-	-
	1:1.3	4,379	4,390	4,584	4,401	4,400
	1:1.7	4,409	4,388	4,466	4,399	4,430
	1:2	4,345	4,360	4,553	4,371	4,366
315°	1:1	-	-	-	-	-
	1:1.3	4,316	4,454	4,417	4,567	4,337
	1:1.7	4,314	4,484	4,415	4,450	4,335
	1:2	4,286	4,419	4,387	4,536	4,307

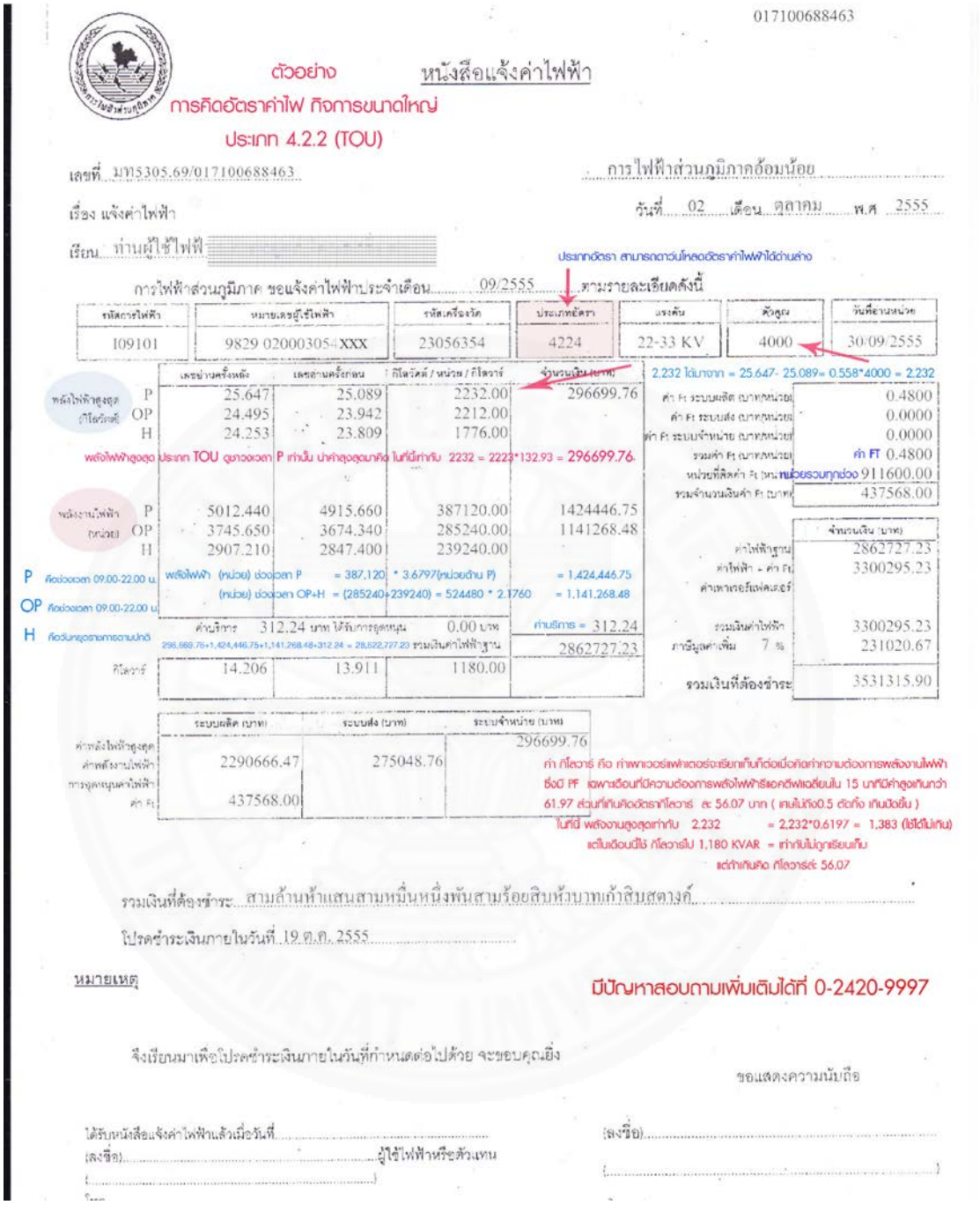
4.4.2 ระยะเวลาคืนทุน

อาคารที่ใช้ในการทดลองเป็นอาคารสำนักงานที่ครอบคลุมการใช้งานประเภทกิจการขนาดกลางไปจนถึงกิจการขนาดใหญ่ ซึ่งการไฟฟ้านครหลวงได้กำหนดอัตราค่าไฟฟ้าประเภทที่ 3 กิจการขนาดกลาง สำหรับการใช้ไฟฟ้าเพื่อประกอบธุรกิจ อุตสาหกรรม หน่วยงานรัฐวิสาหกิจ สถานที่ทำการเกี่ยวกับกิจการของต่างชาติ และสถานที่ทำการขององค์การระหว่างประเทศ ตลอดจนบริเวณที่เกี่ยวข้อง ซึ่งมีความต้องการพลังไฟฟ้าเฉลี่ยใน 15 นาทีสูงสุด ตั้งแต่ 30 ถึง 999 กิโลวัตต์ และมีปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าเฉลี่ย 3 เดือน ไม่เกิน 250,000 หน่วยต่อเดือน และประเภทที่ 4 กิจการขนาดใหญ่ สำหรับการใช้ไฟฟ้าเพื่อประกอบธุรกิจ อุตสาหกรรม หน่วยราชการ สำนักงาน หรือหน่วยงานอื่นใดของรัฐ องค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น หน่วยงานรัฐวิสาหกิจ สถานที่ทำการเกี่ยวกับกิจการของต่างชาติ และสถานที่ทำการขององค์การระหว่างประเทศ ตลอดจนบริเวณที่เกี่ยวข้อง ซึ่งมีความต้องการพลังไฟฟ้าเฉลี่ยใน 15 นาทีที่สูงสุด ตั้งแต่ 1,000 กิโลวัตต์ขึ้นไป หรือ มีปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าเฉลี่ย 3 เดือน เกินกว่า 250,000 หน่วยต่อเดือน อัตราค่าพลังงานไฟฟ้าของทั้ง 2 ประเภทมีค่าประมาณ 2.6880 บาทต่อหน่วย (การไฟฟ้านครหลวง, 2558) นอกจากนั้นยังมีการคิดค่า ft (Float time) ค่าพาวเวอร์แฟคเตอร์ และภาษีมูลค่าเพิ่ม จึงนำอัตราค่าพลังงานไฟฟ้าตัวอย่างของกิจการประเภทที่ 3 และ 4 มาคำนวณเพื่อหาค่าไฟต่อหน่วยให้ใกล้เคียงกับค่าไฟจริง จากตัวอย่างหนังสือแจ้งค่าไฟฟ้าประเภทที่ 3 (ภาพที่ 4.4) มีการใช้พลังงานไฟฟ้ารวม 4,672 หน่วย เป็นมูลค่าเท่ากับ 23,118.87 บาท มีค่าไฟฟ้าเฉลี่ยต่อหน่วยเท่ากับ 4.95 บาท และตัวอย่างหนังสือแจ้งค่าไฟฟ้าประเภทที่ 4 (ภาพที่ 4.5) มีการใช้พลังงานไฟฟ้ารวม 911,600 หน่วย เป็นมูลค่าเท่ากับ 3,531,315.90 บาท มีค่าไฟฟ้าเฉลี่ยต่อหน่วยเท่ากับ 3.87 บาท จากนั้นนำค่าไฟฟ้าเฉลี่ยต่อหน่วยของตัวอย่างทั้ง 2 มาหาค่ากลางเพื่อใช้คำนวณหาผลตอบแทนรายปีจากการลงทุนติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์ในงานวิจัย ซึ่งค่าไฟฟ้าเฉลี่ยต่อหน่วยที่ได้เท่ากับ 4.41 บาท

จากนั้นคำนวณเพื่อหาผลตอบแทนรายปีจากการลงทุนติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์ในแต่ละกรณี (ตารางที่ 4.20 – 4.22) เมื่อนำมูลค่าการลงทุนติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์เฉลี่ยรายปีของอาคารสำนักงานแต่ละขนาดมาคำนวณกับผลตอบแทนเฉลี่ยรายปีแล้วพบว่า มีระยะเวลาการคืนทุนอยู่ที่ 28.91 ปี จะเห็นได้ว่าการลงทุนดังกล่าวให้ผลตอบแทนค่อนข้างช้า และเมื่อพิจารณาอายุการใช้งานของเซลล์แสงอาทิตย์ที่มีอายุการใช้งานอยู่ระหว่าง 25-30 ปี ซึ่งสะท้อนให้เห็นว่าการลงทุนดังกล่าวยังไม่คุ้มค่าในด้านการเงิน แต่ยังสามารถพิจารณาถึงผลประโยชน์ในด้านอื่น ๆ ได้ เช่น การลดการปล่อยคาร์บอน การลดการนำเข้าเชื้อเพลิงจากต่างประเทศ การสร้างเพิ่มมูลค่าเพิ่มให้กับอาคาร เป็นต้น



ภาพที่ 4.4 ตัวอย่างหนังสือแจ้งค่าไฟฟ้าประเภทที่ 3 จาก การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค, 2555



ภาพที่ 4.5 ตัวอย่างหนังสือแจ้งค่าไฟฟ้าประเภทที่ 4 จาก การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค, 2555

ตารางที่ 4.20

ผลตอบแทนรายปีจากการติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์ กรณีอาคารสำนักงานขนาด 4,200 ตารางเมตร

ทิศทางการวางตัวอาคาร	สัดส่วนอาคาร	ทิศทางการติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์				
		ตะวันตก	ตะวันตกเฉียงใต้	ใต้	ตะวันออกเฉียงใต้	ตะวันออก
0°	1:1	589,990	579,322	603,813	580,774	592,861
	1:1.3	589,990	582,399	650,260	583,859	592,861
	1:1.7	578,644	580,091	619,296	581,545	581,460
	1:2	589,234	573,936	606,136	575,375	592,101
45°	1:1	569,567	600,094	582,912	601,598	572,339
	1:1.3	572,593	600,094	586,009	647,875	575,380
	1:1.7	570,324	588,554	583,686	617,024	573,099
	1:2	564,273	599,325	577,493	603,912	567,019
90°	1:1	-	-	-	-	-
	1:1.3	635,374	582,399	603,813	583,859	638,466
	1:1.7	605,118	580,091	592,201	581,545	608,063
	1:2	592,259	573,936	603,039	575,375	595,142
315°	1:1	-	-	-	-	-
	1:1.3	572,593	646,255	586,009	601,598	575,380
	1:1.7	570,324	615,481	583,686	590,029	573,099
	1:2	564,273	602,402	577,493	600,827	567,019
ผลตอบแทนเฉลี่ย		590,775 บาท/ปี				

ตารางที่ 4.21

ผลตอบแทนรายปีจากการติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์ กรณีอาคารสำนักงานขนาด 9,800 ตารางเมตร

ทิศทางการวางตัวอาคาร	สัดส่วนอาคาร	ทิศทางการติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์				
		ตะวันตก	ตะวันตกเฉียงใต้	ใต้	ตะวันออกเฉียงใต้	ตะวันออก
0°	1:1	1,509,013	1,395,604	1,544,369	1,399,102	1,516,357
	1:1.3	1,488,591	1,391,757	1,504,889	1,395,245	1,495,835
	1:1.7	1,470,437	1,386,372	1,548,239	1,389,846	1,477,593
	1:2	1,447,745	1,382,525	1,473,924	1,385,990	1,454,791
45°	1:1	1,372,105	1,534,857	1,404,253	1,538,703	1,378,783
	1:1.3	1,368,323	1,514,084	1,400,382	1,499,368	1,374,983
	1:1.7	1,363,029	1,495,620	1,394,964	1,542,560	1,369,662
	1:2	1,359,247	1,472,539	1,391,093	1,468,517	1,365,862
90°	1:1	-	-	-	-	-
	1:1.3	1,470,437	1,391,757	1,523,467	1,395,245	1,477,593
	1:1.7	1,512,795	1,386,372	1,504,889	1,389,846	1,520,158
	1:2	1,440,181	1,382,525	1,481,665	1,385,990	1,447,190
315°	1:1	-	-	-	-	-
	1:1.3	1,368,323	1,495,620	1,400,382	1,517,879	1,374,983
	1:1.7	1,363,029	1,538,703	1,394,964	1,499,368	1,369,662
	1:2	1,359,247	1,464,846	1,391,093	1,476,230	1,365,862
ผลตอบแทนเฉลี่ย		1,439,392 บาท/ปี				

ตารางที่ 4.22

ผลตอบแทนรายปีจากการติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์ กรณีอาคารสำนักงานขนาด 17,500 ตารางเมตร

ทิศทางการวางตัวอาคาร	สัดส่วนอาคาร	ทิศทางการติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์				
		ตะวันตก	ตะวันตกเฉียงใต้	ใต้	ตะวันออกเฉียงใต้	ตะวันออก
0°	1:1	2,710,929	2,662,726	2,774,445	2,669,400	2,724,122
	1:1.3	2,710,929	2,657,341	2,712,515	2,664,001	2,724,122
	1:1.7	2,641,341	2,655,802	2,731,094	2,662,458	2,654,195
	1:2	2,692,776	2,638,876	2,691,614	2,645,490	2,705,881
45°	1:1	2,617,892	2,757,356	2,679,228	2,764,267	2,630,633
	1:1.3	2,612,598	2,757,356	2,673,809	2,702,565	2,625,312
	1:1.7	2,611,085	2,686,576	2,672,261	2,721,075	2,623,792
	1:2	2,594,444	2,738,892	2,655,230	2,681,740	2,607,070
90°	1:1	-	-	-	-	-
	1:1.3	2,650,418	2,657,341	2,774,445	2,664,001	2,663,316
	1:1.7	2,668,571	2,655,802	2,703,226	2,662,458	2,681,558
	1:2	2,629,995	2,638,876	2,755,866	2,645,490	2,642,794
315°	1:1	-	-	-	-	-
	1:1.3	2,612,598	2,695,808	2,673,809	2,764,267	2,625,312
	1:1.7	2,611,085	2,714,273	2,672,261	2,693,309	2,623,792
	1:2	2,594,444	2,675,036	2,655,230	2,745,756	2,607,070
ผลตอบแทนเฉลี่ย		2,674,306 บาท/ปี				

ในกรณีที่มีการขายไฟฟ้าคืนให้กับรัฐตามนโยบายการรับซื้อไฟฟ้าจากพลังงานหมุนเวียนในรูปแบบ Feed-in Tariff โดยอัตรารับซื้อไฟฟ้า (FiT) ของอาคารธุรกิจขนาดเล็ก มีกำลังการผลิตมากกว่า 10 ถึง 250 kWp เท่ากับ 6.55 บาทต่อหน่วย (ประกาศคณะกรรมการกำกับกิจการพลังงาน, 2556) ทำให้ระยะเวลาคืนทุนของอาคารทั้ง 3 ขนาดลดลงเหลือ 21.24 ปี โดยสัญญาซื้อขายไฟฟ้ามีระยะเวลา 25 ปี

ตารางที่ 4.23

อัตรารับซื้อไฟฟ้า Feed in Tariff (TiF)

กลุ่มประเภทอาคาร	กำลังการผลิตติดตั้ง	อัตรารับซื้อไฟฟ้า (บาท/หน่วย)
บ้านอยู่อาศัย	ไม่เกิน 10 kWp	6.96
อาคารธุรกิจขนาดเล็ก	มากกว่า 10 - 250 kWp	6.55
อาคารธุรกิจขนาดกลาง-ใหญ่/โรงงาน	มากกว่า 250 - 1,000 kWp	6.16

ที่มา: ประกาศคณะกรรมการกำกับกิจการพลังงาน, 2556

บทที่ 5
สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

งานวิจัยชิ้นนี้มุ่งเน้นในเรื่องการออกแบบอาคารสำนักงานที่มีขนาดพื้นที่ใช้สอยตั้งแต่ 4,200 – 17,500 ตารางเมตร ความสูง 7 ชั้น เพื่อให้ทราบถึงรูปแบบอาคารที่มีประสิทธิภาพการใช้พลังงานในอาคารสูงสุด โดยมีการคำนึงถึงขนาดอาคาร สัดส่วนอาคาร ทิศทางการวางตัวของอาคาร และทิศทางการติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์บนหลังคา ซึ่งมีการจำลองการใช้พลังงานของอาคารสำนักงานด้วยโปรแกรม eQuest 3.65 เพื่อให้ได้รูปแบบอาคารที่มีความต้องการพลังงานเฉลี่ยต่อปีน้อยที่สุด และสามารถผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ได้มากที่สุด เพื่อเป็นแนวทางนำไปสู่อาคารพลังงานสุทธิเป็นศูนย์ ซึ่งจากการวิจัยพบว่าอาคารสำนักงานที่มีประสิทธิภาพการใช้พลังงานสูงสุดคืออาคารขนาด 17,500 ตารางเมตร ที่มีสัดส่วนอาคาร 1:1 และวางตัวอาคารทำมุม 0° กับแนวแกนทิศตะวันออก และอาคารสำนักงานที่มีประสิทธิภาพการใช้พลังงานต่ำสุดคือ อาคารขนาด 4,200 ตารางเมตร ที่มีสัดส่วนอาคาร 1:2 และวางตัวอาคารทำมุม 45° กับแนวแกนทิศตะวันออก เนื่องจากขนาดอาคารที่เพิ่มขึ้นทำให้มีปริมาณพื้นที่ติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์ที่มากขึ้น ส่งผลให้สัดส่วนการผลิตไฟฟ้าต่อปริมาณการใช้ไฟฟ้าของอาคารเพิ่มสูงขึ้น

5.1 สรุปผลรูปแบบอาคารสำนักงานและทิศทางการติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์ที่เหมาะสม

วัตถุประสงค์ของงานวิจัยชิ้นนี้คือ การนำเสนอรูปแบบอาคารสำนักงานและทิศทางการติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์ที่เหมาะสม เพื่อเป็นแนวทางในการออกแบบอาคารสำนักงานใหม่หรือพิจารณาติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์เพิ่มเติมบนอาคารที่มีอยู่เดิม โดยสามารถสรุปได้ดังตารางที่ 5.1-5.3 ซึ่งแบ่งเป็นอาคารสำนักงาน 3 ขนาดคือ 4,200 9,800 และ 17,500 ตารางเมตร

ตารางที่ 5.1

รูปแบบอาคารสำนักงานและทิศทางการติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์ที่เหมาะสมสำหรับอาคารสักนักงาน ขนาด 4,200 ตารางเมตร

ทิศทางการวางตัวอาคาร	สัดส่วนอาคาร	ทิศทางการติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์				
		ตะวันตก	ตะวันตกเฉียงใต้	ใต้	ตะวันออกเฉียงใต้	ตะวันออก
0°	1:1			✓		
	1:1.3			✓		
	1:1.7			✓		
	1:2			✓		
45°	1:1				✓	
	1:1.3				✓	
	1:1.7				✓	
	1:2				✓	
90°	1:1	-	-	-	-	-
	1:1.3					✓
	1:1.7					✓
	1:2			✓		
315°	1:1	-	-	-	-	-
	1:1.3		✓			
	1:1.7		✓			
	1:2		✓			

ตารางที่ 5.2

รูปแบบอาคารสำนักงานและทิศทางการติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์ที่เหมาะสมสำหรับอาคารสักนักงาน ขนาด 9,800 ตารางเมตร

ทิศทางการวางตัวอาคาร	สัดส่วนอาคาร	ทิศทางการติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์				
		ตะวันตก	ตะวันตกเฉียงใต้	ใต้	ตะวันออกเฉียงใต้	ตะวันออก
0°	1:1			✓		
	1:1.3			✓		
	1:1.7			✓		
	1:2			✓		
45°	1:1				✓	
	1:1.3		✓			
	1:1.7				✓	
	1:2		✓			
90°	1:1	-	-	-	-	-
	1:1.3			✓		
	1:1.7					✓
	1:2			✓		
315°	1:1	-	-	-	-	-
	1:1.3				✓	
	1:1.7		✓			
	1:2				✓	

ตารางที่ 5.3

รูปแบบอาคารสำนักงานและทิศทางการติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์ที่เหมาะสมสำหรับอาคารสักนักงาน ขนาด 17,500 ตารางเมตร

ทิศทางการวางตัวอาคาร	สัดส่วนอาคาร	ทิศทางการติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์				
		ตะวันตก	ตะวันตกเฉียงใต้	ใต้	ตะวันออกเฉียงใต้	ตะวันออก
0°	1:1			✓		
	1:1.3					✓
	1:1.7			✓		
	1:2					✓
45°	1:1				✓	
	1:1.3		✓			
	1:1.7				✓	
	1:2		✓			
90°	1:1	-	-	-	-	-
	1:1.3			✓		
	1:1.7			✓		
	1:2			✓		
315°	1:1	-	-	-	-	-
	1:1.3				✓	
	1:1.7		✓			
	1:2				✓	

5.2 ผลของตัวแปรที่ใช้ในงานวิจัย

5.2.1 ปริมาณไฟฟ้าที่ต้องการ

จากการศึกษาตัวแปรเรื่อง ขนาดอาคาร พบว่าเมื่ออาคารมีขนาดเปลี่ยนแปลงไป ทำให้สัดส่วนการใช้พลังงานเปลี่ยนแปลงไปด้วยเช่นกัน ดังจะเห็นได้จากผลการทดลอง การใช้พลังงานของอาคารขนาด 4,800 ตารางเมตร ที่มีสัดส่วนอาคารเท่ากับ 1:1.7 และวางตัวอาคารทำมุม 45° เป็นรูปแบบอาคารที่มีการใช้พลังงานสูงสุดเมื่อเทียบกับอาคารรูปแบบอื่นที่มีขนาดอาคารเท่ากัน แต่เมื่ออาคารมีขนาดเพิ่มขึ้น ที่สัดส่วนอาคารและการวางตัวเดิม กลับมีการใช้พลังงานน้อยกว่าอาคารรูปแบบอื่นที่มีขนาดอาคารเท่ากัน เช่น อาคารขนาด 9,800 ตารางเมตร ที่มีสัดส่วนอาคารเท่ากับ 1:1.7 วางตัวอาคารทำมุม 45° มีการใช้พลังงานน้อยกว่าอาคารที่มีสัดส่วนอาคารเท่ากับ 1:2 วางตัวอาคารทำมุม 45°

5.2.2 ปริมาณไฟฟ้าที่ผลิตได้

จากการจำลองปริมาณไฟฟ้าที่ผลิตได้จากเซลล์แสงอาทิตย์ พบว่าจำนวนแผงเซลล์แสงอาทิตย์มีผลกับปริมาณไฟฟ้าที่ผลิตได้มากกว่าทิศทางการติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์เมื่อพิจารณาบนอาคารที่มีพื้นที่หลังคาเท่ากัน

5.3 ความคุ้มค่าในการลงทุน

จากการคำนวณระยะเวลาการคืนทุนการติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์บนหลังคาอาคารสำนักงานแต่ละรูปแบบเพื่อลดการซื้อไฟฟ้าจากรัฐ พบว่ามีระยะเวลาคืนทุน 28.91 ปี ซึ่งเมื่อเทียบกับค่าไฟของภาคครัวเรือนแล้วพบว่าภาคครัวเรือนมีอัตราค่าไฟที่สูงกว่าภาคธุรกิจ ทำให้การลดใช้ไฟฟ้าในปริมาณที่เท่ากัน ภาคครัวเรือนจะมีความคุ้มค่าในการลงทุนมากกว่า จะเห็นได้ว่าการลงทุนติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์เพื่อลดการซื้อไฟฟ้าจากรัฐให้ผลตอบแทนค่อนข้างช้า ในปัจจุบันยังไม่เหมาะสมที่จะลงทุน แต่เมื่อพิจารณาขายไฟฟ้าคืนให้กับรัฐตามนโยบายการรับซื้อไฟฟ้าจากพลังงานหมุนเวียนในรูปแบบ Feed-in Tariff ด้วยอัตรารับซื้อไฟฟ้า 6.55 บาทต่อหน่วย ทำให้ระยะเวลาคืนทุนลดลงเหลือ 21.24 ปี โดยสัญญาซื้อขายไฟฟ้ามีระยะเวลา 25 ปี

สามารถสรุปได้ว่าการลงทุนผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์เพื่อใช้เองในอาคารสำนักงานยังไม่เหมาะสม แต่ยังมีความเป็นไปได้ในการลงทุนเมื่อพิจารณาขายไฟฟ้าคืนให้กับรัฐ และผลประโยชน์ที่ได้นอกเหนือจากการลดค่าใช้จ่ายให้กับอาคารแล้ว การลงทุนติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์ยังมีประโยชน์ในเรื่อง การลดการปล่อยคาร์บอน การลดการนำเข้าเชื้อเพลิงจากต่างประเทศ การสร้าง

เพิ่มมูลค่าเพิ่มให้กับอาคาร เป็นต้น ซึ่งอาจเป็นผลประโยชน์ที่ไม่ได้สะท้อนให้เห็นในรูปของค่าเงิน แต่เป็นผลประโยชน์ที่อาคาร และสังคมได้รับทางอ้อม

5.4 ข้อเสนอแนะ

1. การจำลองอาคารสำนักงานด้วยโปรแกรม eQuest 3.65 ในงานวิจัยชิ้นนี้มุ้งเน้นเพียงอาคารที่ไม่ได้รับอิทธิพลจากบริบทรอบข้าง โดยยังมีตัวแปรที่ไม่ได้นำมาพิจารณาในงานวิจัยชิ้นนี้ เช่น การบังเงาจากอาคารข้างเคียง การบังเงาจากแผงเซลล์แสงอาทิตย์ วัสดุกรอบอาคาร ความสูงของอาคาร รูปทรงอาคารแบบอื่น ๆ เป็นต้น

2. ในการทดลองหาปริมาณไฟฟ้าที่อาคารสำนักงานต้องการ ได้กำหนดให้ใช้เครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน เนื่องจากไม่ต้องตั้งอุปกรณ์เพิ่มเติมบนหลังคาอาคาร ซึ่งอาจส่งผลให้มีการใช้พลังงานไฟฟ้ามากกว่าเครื่องปรับอากาศชนิดอื่นที่มีประสิทธิภาพของระบบสูงกว่า จึงควรมีการศึกษาการใช้เครื่องปรับอากาศชนิดอื่น ๆ

3. งานวิจัยชิ้นนี้มุ่งเน้นการเพิ่มประสิทธิภาพในการผลิตไฟฟ้าของเซลล์แสงอาทิตย์ให้มีกำลังผลิตสูงสุด จึงพิจารณาให้ติดตั้งเต็มพื้นที่หลังคา (มีการเว้นระยะทางเดินและการซ่อมบำรุง) ทำให้ผลการศึกษานำไปใช้ได้กับอาคารที่ต้องการติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์เต็มพื้นที่หลังคาเช่นกัน

4. งานวิจัยชิ้นนี้มุ้งเน้นให้เห็นถึงประโยชน์ของการประยุกต์ใช้พลังงานสะอาดในอาคาร แม้ว่าเมื่อพิจารณาความคุ้มค่าในการลงทุนแล้วจะพบว่าการลงทุนติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์ในอาคารสำนักงานยังไม่คุ้มค่าในด้านของตัวเงิน แต่การใช้พลังงานสะอาดยังสามารถพิจารณาความคุ้มค่าในด้านอื่น ๆ ได้อีก เช่น การลดปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ การลดปริมาณการใช้เชื้อเพลิงที่ก่อให้เกิดมลพิษ ซึ่งไม่สามารถตีค่าเป็นตัวเงินได้

5. การใช้พลังงานสะอาดในอาคาร เป็นส่วนหนึ่งของเกณฑ์การประเมินอาคารเขียว ซึ่งการผ่านเกณฑ์การประเมินอาคารเขียวจะช่วยเพิ่มมูลค่าของอาคารได้ จึงเป็นแนวทางที่น่าสนใจที่สามารถศึกษาเพิ่มเติม

6. การนำผลการศึกษาเรื่องการติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์ไปใช้ ควรมีการออกแบบเพิ่มเติมด้านโครงสร้างรับน้ำหนักของอาคาร เพื่อความปลอดภัย

รายการอ้างอิง

บทความวารสาร

พิมลมาศ วรรณคนาพล. (2556). *ประโยชน์ของการใช้แผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบติดตั้งบนหลังคา : กรณีศึกษาอาคารที่พักอาศัยต้นทุนต่ำ*. ปทุมธานี, JARS 9(2). 2012.

ภานุพงษ์ ญาณเวทย์สกุล. (2556). *แนวทางการเพิ่มประสิทธิภาพด้านการใช้พลังงานของอาคารสำนักงานราชการขนาดใหญ่พิเศษด้วยการปรับปรุงวัสดุเปลือกอาคาร*. กรุงเทพมหานคร, BERAC 4, 2013.

สถาบันอาคารเขียว. (2555). *เกณฑ์การประเมินความยั่งยืนทางพลังงานและสิ่งแวดล้อม สำหรับการเตรียมความพร้อมการก่อสร้างและอาคารปรับปรุงใหม่*.

3Degrees. (2012.) *How to earn the LEED green power credit*, 2012, 3Degrees White Paper, 2012.

Greenpeace. (2011). *Solar generation 6 : Solar photovoltaic electricity empowering the world*. European Photovoltaic Industry Association.

วิทยานิพนธ์

ณัฐภูมิ รับคำอินทร์. (2553). *อิทธิพลของสัดส่วนและทิศทางอาคารที่มีผลต่อการใช้พลังงานในอาคาร*. (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต), จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์, สาขาวิชาสถาปัตยกรรม.

ปารวี ตั้งจิตวิทยา. (2556). *การออกแบบกรอบอาคารบ้านเดี่ยว เพื่อนำไปสู่อาคารพลังงานสุทธิเป็นศูนย์*. (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต), มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์, คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์และการผังเมือง, สาขาวิชาสถาปัตยกรรม.

ภาณิตภัทร ศิริสวัสดิ์วัฒนา. (2556). *ประสิทธิภาพการใช้พลังงานของอาคารสำนักงาน เมื่อมีการกำหนดพื้นที่กระจกต่อผนังอาคารตามทิศ.* (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต), มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์, คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์และการผังเมือง, สาขาวิชาสถาปัตยกรรม.

สมชาย กฤตพลวิวัฒน์. (2547). *เทคนิคและการใช้งานระบบเซลล์แสงอาทิตย์*. (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต), มหาวิทยาลัยนเรศวร, คณะวิทยาศาตร์, ภาควิชาฟิสิกส์.

อวิรุทธ์ กัลยา. (2556). *อิทธิพลของรูปทรงอาคารและทิศทางต่อภาระการทำความเย็นของอาคาร กรณีศึกษาจังหวัดขอนแก่น*. (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต), มหาวิทยาลัยขอนแก่น, คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์, สาขาวิชาเทคโนโลยีอาคาร.

สื่ออิเล็กทรอนิกส์

กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน. (22 พฤศจิกายน 2557). แผนพัฒนาพลังงานทดแทนและพลังงานทางเลือก 25% ใน 10 ปี (พ.ศ.2555-2564). สืบค้นจาก http://dede.go.th/dede/image/stories/aedp25.pdf

กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน. (22 พฤศจิกายน 2557). การชดเชยค่าพลังงานไฟฟ้าด้วยไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์. สืบค้นจาก http://www.2e-building.com/article.php?cat=bec&id=107

กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน. (15 ธันวาคม 2557). Energy in Thailand: Facts & Figures. สืบค้นจาก http://www.dede.go.th/dede/images/stories/stat_dede/factsFigures2014/factsq1_2014.pdf

กรมอุตุนิยมวิทยา (1 กุมภาพันธ์ 2558). ค่าเฉลี่ยความเข้มแสงอาทิตย์ปี 1964 - 2008. สืบค้นจาก http://ozone.tmd.go.th/annual_solar.htm

การไฟฟ้านครหลวง. (25 มิถุนายน 2558). อัตรค่าไฟฟ้าประเภทต่าง ๆ. สืบค้นจาก http://www.mea.or.th/profile/index.php?l=th&tid=3&mid=113&pid=1

ลีโอนิคส์. (9 พฤศจิกายน 2557). ความรู้เกี่ยวกับเซลล์แสงอาทิตย์. สืบค้นจาก http://leonics.co.th/html/th/aboutpower/solar_knowledge.php

วารสารประสิทธิภาพพลังงาน ฉบับที่ 46. (25 มิถุนายน 2558). ทำไมแสงอาทิตย์จึงสามารถเปลี่ยนเป็นไฟฟ้า. สืบค้นจาก http://www.amornsolar.com/single.php

CBRE Thailand. (22 พฤศจิกายน 2557). ข้อมูลอาคารสำนักงาน. สืบค้นจาก http://www.cbre.co.th/en/Property/Search/?searchType=advanced&transactionId=2&propertyTypeId=2&propertyTypeSubId=10

Green Building Center. (22 พฤศจิกายน 2557). Green Building Standard. สืบค้นจาก http://greenbuilding-material.com/green-standard/tree-criteria/

Jillproperty. (22 พฤศจิกายน 2557). ข้อมูลอาคารสำนักงาน. สืบค้นจาก http://www.jllproperty.in.th/en-th/bangkok/

Office Bangkok. (22 พฤศจิกายน 2557). ข้อมูลอาคารสำนักงาน. สืบค้นจาก http://www.officebangkok.com/

TJland. (22 พฤศจิกายน 2557). ข้อมูลอาคารสำนักงาน. สืบค้นจาก http://www.tjlanddev.com/index.php?mo=10&art=41954062

โปรแกรมคอมพิวเตอร์และเครื่องมือที่ใช้ในการวัดผลและวิเคราะห์ข้อมูล

James J. Hirsch. (1998). eQuest (3.65) [Energy simulation]. Retrieved from http://www.doe2.com/equest/

James J. Hirsch. (2009). DOE-2.2 Volume 4: Libraries & Reports [Building energy use and cost analysis]. Retrieved from http://doe2.com/download/doe-22/DOE22Vol4-Libraries_47.pdf

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก
ผลการจำลองผ่านโปรแกรม eQuest 3.65

ตารางที่ ก.1

เปรียบเทียบพลังงานของอาคารสำนักงานกรณีพื้นที่อาคารรวม 4,200 ตรม. สัดส่วนอาคาร 1:1 ที่มีทิศทางการวางตัวอาคารแตกต่างกัน

ทิศทางการวางตัวอาคาร	space cool	Vent. Fan	Misc Equip.	Lighting	Total
0	395,260	39,480	85,480	136,370	656,590
45	409,120	40,830	84,730	135,170	669,850
90	-	-	-	-	-
315	-	-	-	-	-

ตารางที่ ก.2

เปรียบเทียบพลังงานของอาคารสำนักงานกรณีพื้นที่อาคารรวม 4,200 ตรม. สัดส่วนอาคาร 1:1.3 ที่มีทิศทางการวางตัวอาคารแตกต่างกัน

ทิศทางการวางตัวอาคาร	space cool	Vent. Fan	Misc Equip.	Lighting	Total
0	405,990	39,670	85,550	136,480	667,700
45	405,500	39,840	85,550	136,480	667,370
90	398,230	39,910	85,550	136,480	660,180
315	396,000	39,790	85,550	136,480	657,830

ตารางที่ ก.3

เปรียบเทียบพลังงานของอาคารสำนักงานกรณีพื้นที่อาคารรวม 4,200 ตรม. สัดส่วนอาคาร 1:1.7 ที่มีทิศทางการวางตัวอาคารแตกต่างกัน

ทิศทางการวางตัวอาคาร	space cool	Vent. Fan	Misc Equip.	Lighting	Total
0	407,560	40,520	85,520	136,440	670,030
45	408,990	40,510	85,520	136,440	671,460
90	402,870	40,710	85,520	136,440	665,540
315	399,810	40,730	85,520	136,440	662,490

ตารางที่ ก.4

เปรียบเทียบพลังงานของอาคารสำนักงานกรณีพื้นที่อาคารรวม 4,200 ตรม. สัดส่วนอาคาร 1:2 ที่มีทิศทางการวางตัวอาคารแตกต่างกัน

ทิศทางการวางตัวอาคาร	space cool	Vent. Fan	Misc Equip.	Lighting	Total
0	406,290	40,910	84,730	135,170	667,100
45	409,120	40,830	84,730	135,170	669,850
90	404,390	41,370	84,730	135,170	665,660
315	400,210	41,210	84,730	135,170	661,310

ตารางที่ ก.5

เปรียบเทียบพลังงานของอาคารสำนักงานกรณีพื้นที่อาคารรวม 9,800 ตรม. สัดส่วนอาคาร 1:1 ที่มีทิศทางการวางตัวอาคารแตกต่างกัน

ทิศทางการวางตัวอาคาร	space cool	Vent. Fan	Misc Equip.	Lighting	Total
0	812,600	75,800	200,100	319,200	1,400,700
45	833,000	75,200	200,100	319,200	1,427,400
90	-	-	-	-	-
315	-	-	-	-	-

ตารางที่ ก.6

เปรียบเทียบพลังงานของอาคารสำนักงานกรณีพื้นที่อาคารรวม 9,800 ตรม. สัดส่วนอาคาร 1:1.3 ที่มีทิศทางการวางตัวอาคารแตกต่างกัน

ทิศทางการวางตัวอาคาร	space cool	Vent. Fan	Misc Equip.	Lighting	Total
0	836,800	76,000	199,600	318,400	1,430,800
45	833,400	75,600	199,600	318,400	1,427,000
90	815,500	76,300	199,600	318,400	1,409,900
315	812,100	75,600	199,600	318,400	1,405,700

ตารางที่ ก.7

เปรียบเทียบพลังงานของอาคารสำนักงานกรณีพื้นที่อาคารรวม 9,800 ตรม. สัดส่วนอาคาร 1:1.7 ที่มีทิศทางการวางตัวอาคารแตกต่างกัน

ทิศทางการวางตัวอาคาร	space cool	Vent. Fan	Misc Equip.	Lighting	Total
0	828,600	76,300	196,500	313,500	1,415,000
45	828,700	75,800	196,500	313,500	1,414,600
90	813,700	76,700	196,500	313,500	1,400,500
315	808,400	76,600	196,500	313,500	1,395,100

ตารางที่ ก.8

เปรียบเทียบพลังงานของอาคารสำนักงานกรณีพื้นที่อาคารรวม 9,800 ตรม. สัดส่วนอาคาร 1:2 ที่มีทิศทางการวางตัวอาคารแตกต่างกัน

ทิศทางการวางตัวอาคาร	space cool	Vent. Fan	Misc Equip.	Lighting	Total
0	844,800	78,400	199,900	318,900	1,442,000
45	846,600	77,800	199,900	318,900	1,443,100
90	833,500	78,800	199,900	318,900	1,431,000
315	826,600	79,000	199,900	318,900	1,424,300

ตารางที่ ก.9

เปรียบเทียบพลังงานของอาคารสำนักงานกรณีพื้นที่อาคารรวม 17,500 ตรม. สัดส่วนอาคาร 1:1 ที่มีทิศทางการวางตัวอาคารแตกต่างกัน

ทิศทางการวางตัวอาคาร	space cool	Vent. Fan	Misc Equip.	Lighting	Total
0	1,339,500	120,300	355,800	567,700	2,383,300
45	1,375,500	118,700	355,800	567,700	2,417,700
90	-	-	-	-	-
315	-	-	-	-	-

ตารางที่ ก.10

เปรียบเทียบพลังงานของอาคารสำนักงานกรณีพื้นที่อาคารรวม 17,500 ตรม. สัดส่วนอาคาร 1:1.3 ที่มีทิศทางการวางตัวอาคารแตกต่างกัน

ทิศทางการวางตัวอาคาร	space cool	Vent. Fan	Misc Equip.	Lighting	Total
0	1,384,600	120,600	355,400	566,900	2,427,500
45	1,377,000	119,300	355,400	566,900	2,418,600
90	1,344,700	120,900	355,400	566,900	2,387,900
315	1,339,000	120,000	355,400	566,900	2,381,300

ตารางที่ ก.11

เปรียบเทียบพลังงานของอาคารสำนักงานกรณีพื้นที่อาคารรวม 17,500 ตรม. สัดส่วนอาคาร 1:1.7 ที่มีทิศทางการวางตัวอาคารแตกต่างกัน

ทิศทางการวางตัวอาคาร	space cool	Vent. Fan	Misc Equip.	Lighting	Total
0	1,387,600	122,000	354,900	566,300	2,430,800
45	1,384,700	120,700	354,900	566,300	2,426,600
90	1,355,800	122,600	354,900	566,300	2,399,600
315	1,348,200	122,400	354,900	566,300	2,391,800

ตารางที่ ก.12

เปรียบเทียบพลังงานของอาคารสำนักงานกรณีพื้นที่อาคารรวม 17,500 ตรม. สัดส่วนอาคาร 1:2 ที่มีทิศทางการวางตัวอาคารแตกต่างกัน

ทิศทางการวางตัวอาคาร	space cool	Vent. Fan	Misc Equip.	Lighting	Total
0	1,394,700	123,600	355,300	566,800	2,440,400
45	1,394,300	122,100	355,300	566,800	2,438,500
90	1,367,800	124,200	355,300	566,800	2,414,100
315	1,358,600	124,400	355,300	566,800	2,405,100

ภาคผนวก ข
ข้อมูลอาคารสำนักงานในเขตพื้นที่กรุงเทพมหานครฯ

ตารางที่ ข.1

ข้อมูลอาคารสำนักงานที่ตั้งบนถนน อโศก

ชื่ออาคาร	ขนาดพื้นที่ต่อชั้น (ตารางเมตร)	ขนาดพื้นที่เช่ารวม (ตารางเมตร)	ความสูง (ชั้น)	ชนิดของเครื่องปรับอากาศ
253 Asoke	1,160	18,130	30	Water cooled package
Exchange Tower	1,300	35,000	42	Central chilled water
Fico Place	400	5,00	12	Central chilled water
Interchange21	2,200	44,00	35	Central chilled water
Jasmine City Building	700 - 1,500	18,300	28	Central chilled water
Serm-Mit Tower	1,780 - 3,760	48,700	30	Central chilled water

ตารางที่ ข.2

ข้อมูลอาคารสำนักงานที่ตั้งบนถนน บางนา – ตราด

ชื่ออาคาร	ขนาดพื้นที่ต่อชั้น (ตารางเมตร)	ขนาดพื้นที่เช่ารวม (ตารางเมตร)	ความสูง (ชั้น)	ชนิดของเครื่องปรับอากาศ
Ample Tower	1,500	19,500	12	Central chilled water
Bangna Tower	1,060	17,800 (Tower A)	18	Air cooled package / split-type
		16,100 (Tower B)	18	
		8,400 (Tower C)	20	

ตารางที่ ข.3

ข้อมูลอาคารสำนักงานที่ตั้งบนถนน พระราม 4

ชื่ออาคาร	ขนาดพื้นที่ต่อชั้น (ตารางเมตร)	ขนาดพื้นที่เช่ารวม (ตารางเมตร)	ความสูง (ชั้น)	ชนิดของเครื่องปรับอากาศ
Abdulrahim Place 990	2,200	48,000	34	Central chilled water
Chamchuri Square	2,400 - 3,250	89,000	40	Central chilled water
Dusit Office	1,000	12,800	11	Central chilled water
U Chu Liang Building	2,140	92,000	38	Central chilled water
Ramaland	2,400	25,368	32	Central chilled water

ตารางที่ ข.4

ข้อมูลอาคารสำนักงานที่ตั้งบนถนน พระราม 9

ชื่ออาคาร	ขนาดพื้นที่ต่อชั้น (ตารางเมตร)	ขนาดพื้นที่เช่ารวม (ตารางเมตร)	ความสูง (ชั้น)	ชนิดของเครื่องปรับอากาศ
The 9th Tower	1,000 - 1,300	23,530	34	Central chilled water
KPN Tower	1,186	27,000	27	Central chilled water
The Ninth Tower Grand	1,500 (Tower A)	33,900 (Tower A)	36	Central chilled water
	1,200 (Tower B)	23,700 (Tower B)	34	
AIA Sathorn Tower	1,500 -1,600	38,500	29	-
Modernform Tower	1,300	28,000	28	Water cooled package

ตารางที่ ข.5

ข้อมูลอาคารสำนักงานที่ตั้งบนถนน เพชรบุรีตัดใหม่

ชื่ออาคาร	ขนาดพื้นที่ต่อชั้น (ตารางเมตร)	ขนาดพื้นที่เช่ารวม (ตารางเมตร)	ความสูง (ชั้น)	ชนิดของเครื่องปรับอากาศ
Bangkok Tower	1,000	18,000	20	Central chilled water
Italthai Tower	1,850	57,800	44	Central chilled water
KPI Tower	810	11,010	24	Central chilled water
Thai Summit Tower	1,200	33,242	35	Central chilled water
Thanapoom Tower	1,300	41,000	32	Central chilled water
Vanit Building	1,200	42,000	42	Central chilled water

ตารางที่ ข.6

ข้อมูลอาคารสำนักงานที่ตั้งบนถนน พหลโยธิน

ชื่ออาคาร	ขนาดพื้นที่ต่อชั้น (ตารางเมตร)	ขนาดพื้นที่เช่ารวม (ตารางเมตร)	ความสูง (ชั้น)	ชนิดของเครื่องปรับอากาศ
Central Chaengwattana	1,350	27,000	23	Central chilled water
Equinox The Office Place	900	20,100	31	Air cooled package / VRF system
Jasmine International	1,400	32,000	31	Air cooled package
Lao Peng Nguan Building	1,400	35,000	32	Water cooled package
Rasa Towers	1,300 -1,400	21,700 (Tower I)	28	Air cooled package
		24,000 (Tower II)	29	Central chilled water
Shinawatra Tower III	180 - 1,200	53,000	38	Central chilled water
Sun Towers	1,256	60,000	40	Water cooled package
TP & T Tower	1,011	13,964	25	Air cooled package / VRF system
Voravit Building	588	6,462	17	Water cooled package
WangLee Building	390	3,760	10	split-type

ตารางที่ ข.7

ข้อมูลอาคารสำนักงานที่ตั้งบนถนน เพลินจิต – ชิดลม

ชื่ออาคาร	ขนาดพื้นที่ต่อชั้น (ตารางเมตร)	ขนาดพื้นที่เช่ารวม (ตารางเมตร)	ความสูง (ชั้น)	ชนิดของเครื่องปรับอากาศ
Ploenchit Tower	1,300 - 1,500	32,000	22	Water cooled package
Alma Link	1,160	12,700	19	Central chilled water
Wave Place	700 -1,500	20,000	21	Central chilled water
Park Ventures Ecoplex	1,900 - 2,000	27,000	34	Central chilled water / VAV
Amarin Tower	1,300	24,000	22	Central chilled water
Mahatun Plaza	2,600	28,000	18	Air cooled package
Tonson Tower	1,300	22,776	19	Central chilled water
Maneeya Center	2,000	17,750	17	Central chilled water
Q House	900	10,800	18	Water cooled package
Gaysorn Building	1,800	5,100	7	Water cooled package
Mercury Tower	1,100	23,500	23	Central chilled water

ตารางที่ ข.8

ข้อมูลอาคารสำนักงานที่ตั้งบนถนน วิทยุ

ชื่ออาคาร	ขนาดพื้นที่ต่อชั้น (ตารางเมตร)	ขนาดพื้นที่เช่ารวม (ตารางเมตร)	ความสูง (ชั้น)	ชนิดของเครื่องปรับอากาศ
208 Wireless	700	12,795	18	Water cooled package
All Seasons Place	1,200 - 1,700	63,000	52	Central chilled water
GPF Witthayu	1,500	27,000	18	Central chilled water
Kian Gwan House II	1,690	15,000	20	Central chilled water
Kian Gwan House III	1,300	9,000	9	Central chilled water
Athenee Tower	1,400 - 1,500	40,000	34	Central chilled water
Sivatel	700	5,600	32	Air cooled package / VRF system
Sindhorn II & III	1,050 - 1,250	12,500 (Tower II)	15	Central chilled water
		25,000 (Tower III)	29	

ตารางที่ ข.9

ข้อมูลอาคารสำนักงานที่ตั้งบนถนน รัชดาภิเษก

ชื่ออาคาร	ขนาดพื้นที่ต่อชั้น (ตารางเมตร)	ขนาดพื้นที่เช่ารวม (ตารางเมตร)	ความสูง (ชั้น)	ชนิดของเครื่องปรับอากาศ
CyberWorld Tower	590	61,815	48 (A) 43 (B)	Central chilled water
Le Concorde Office Tower	1,300	26,200	25	Central chilled water
Muangthai Phatra Complex	1,250	70,200	35	Air cooled package / split-type
Pakin Building	3,200	30,000	12	Water cooled package
Olympia Thai Tower	500	14,500	23	Central chilled water
RS Tower	1,200	59,000	41	Water cooled package
AIA Capital Center	1,780 - 1,900	54,000	34	Central chilled water / VAV
Column Tower	1,500 - 1,650	34,270	42	Central chilled water
Lake Rajada	1,470	54,700	38	Water cooled package
Ocean Tower I	1,090	29,800	32	Water cooled package
Supalai Grand Tower	1,400	40,000	34	Central chilled water

ตารางที่ ข.10

ข้อมูลอาคารสำนักงานที่ตั้งบนถนน สาทร

ชื่ออาคาร	ขนาดพื้นที่ต่อชั้น (ตารางเมตร)	ขนาดพื้นที่เช่ารวม (ตารางเมตร)	ความสูง (ชั้น)	ชนิดของเครื่องปรับอากาศ
Empire Tower	3,300	139,000	58	Water cooled package
Sathorn Square	1,900 - 2,000	73,500	40	Central chilled water
Bangkok Insurance	1,500	40,000	32	Air cooled package
Sathorn City Tower	2,300	55,000	31	Central chilled water
Bangkok City Tower	1,000 - 2,132	48,382	30	Central chilled water
Smooth Life Tower	870	11,608	26	Central chilled water
Asia Centre	1,450	27,410	28	Central chilled water
Chartered Square	1,600	33,500	33	Water cooled package
Harindhorn Tower	1,183	25,000	18	Central chilled water
Q House Convent	1,500	18,000	14	Water cooled package
Pipatanasin Building	836	8,300	20	Central chilled water

ตารางที่ ข.10 (ต่อ)

ข้อมูลอาคารสำนักงานที่ตั้งบนถนน สาทร

House Sathorn	918	14,000	19	Air cooled package / split-type
Rajanakarn	1,087	35,000	32	Air cooled package / split-type
Thai CC Tower	1,700	55,000	35	Air cooled package
Panjabhum I & II	600 - 725	14,200	11 (I) 16 (II)	Central chilled water
Q House Lumpini	1,500 - 1,800	59,000	38	Water cooled package
@Sathorn	985	16,700	21	Water cooled package

ตารางที่ ข.11

ข้อมูลอาคารสำนักงานที่ตั้งบนถนน สีลม

ชื่ออาคาร	ขนาดพื้นที่ต่อชั้น (ตารางเมตร)	ขนาดพื้นที่เช่ารวม (ตารางเมตร)	ความสูง (ชั้น)	ชนิดของเครื่องปรับอากาศ
Kamolsukosol	731	7,310	17	Water cooled package
Zuellig House	517 - 1,020	5,670	9	Central chilled water
United Center	2,700	58,000	50	Central chilled water
Boonmitr Building	1,600	21,040	12	Central chilled water
Thaniya Plaza	800	13,000	29	Water cooled package
Paso Tower	900	15,000	28	Water cooled package
Yongvanich Building	190 - 200	1,000	5	Air cooled package / split-type
Silom 19	50 - 750	5,000	7	split-type
Silom Complex	1,800	30,000	32	Central chilled water
Liberty Square	700 - 1,500	19,500	23	Central chilled water

ตารางที่ ข.12

ข้อมูลอาคารสำนักงานที่ตั้งบนถนน สุขุมวิท

ชื่ออาคาร	ขนาดพื้นที่ต่อชั้น (ตารางเมตร)	ขนาดพื้นที่เช่ารวม (ตารางเมตร)	ความสูง (ชั้น)	ชนิดของเครื่องปรับอากาศ
Times Square	1,000	20,000	27	-
Mille Malle	570	3,100	4	split-type
BB Building	1,480	30,000	23	Air cooled package / split-type
K Tower	920	35,000	32	Central chilled water
Sermmitr Tower	1,780 - 3,760	48,000	32	Central chilled water
Asoke Tower	800	15,000	19	Air cooled package
Jasmine City	1,500	18,000	28	Central chilled water
Emporium Tower	2,330	41,500	41	Central chilled water
RSU Tower	1,300	15,000	18	Central chilled water
UBC II	1,600 - 2,200	32,000	24	Water cooled package
White Group I & II	800 - 1,100	15,800	7 (I) 16 (II)	Water cooled package
Sorachai Building	400 - 1,600	26,600	32	Air cooled

ตารางที่ ข.12 (ต่อ)

ข้อมูลอาคารสำนักงานที่ตั้งบนถนน สุขุมวิท

Bangkok Business Center	900	42,200	30	Water cooled package
One Pacific Place	1,300	17,500	20	Water cooled package
Two Pacific Place	1,200	22,500	30	Water cooled package
Bhiraj Tower at EmQuartier	1,500 - 1,900	47,500	45	Central chilled water / VAV
UM Tower	1,560	36,000	30	Water cooled package

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ	นาย พิชญ์ณัฐ จำนงค์เดช
วันเดือนปีเกิด	9 ตุลาคม 2533
วุฒิการศึกษา	วิทยาศาสตรบัณฑิต (สถาปัตยกรรม) คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์และการผังเมือง มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
การนำเสนอบทความ	เข้าร่วมประชุมและนำเสนอบทความ 1.Building Environment Research Associates Conference (BERAC6), มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ศูนย์รังสิต