อิทธิพลของสัดส่วนและทิศทางอาคารที่มีผลต่อการใช้พลังงานในอาคาร

นายณัฐภูมิ รับคำอินทร์

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาสถาปัตยกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาสถาปัตยกรรม ภาควิชาสถาปัตยกรรมศาสตร์
คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2552
ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

THE EFFECT OF BUILDING PROPORTION AND ORIENTATION TO ENERGY CONSUMPTION BUILDINGS

Mr. Nattapoom Rubcome-in

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of Master of Architecture Program in Architecture

Department of Architecture

Faculty of Architecture

Chulalongkorn University

Academic Year 2009

Copyright of Chulalongkorn University

520714

หัวข้อวิทยานิพนธ์	อิทธิพลของสัดส่วนและทิศทางอาคารที่มีผลต่อการใช้พลังงานในอาคาร
โดย	นายณัฐภูมิ รับคำอินทร์
สาขาวิชา	สถาปัตยกรรม
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก	รองศาสตราจารย์ ธนิต จินดาวณิค

คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

..... คณบดีคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์

(ศาสตราจารย์ ดร.บัณฑิต จุลาสัย)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....ประธานกรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อรรจน์ เศรษฐบุตร)

..... อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

(รองศาสตราจารย์ ธนิต จินดาวณิค)

..... กรรมการ

(รองศาสตราจารย์ พรรณชลัท สุริโยธิน)

..... กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย

(รองศาสตราจารย์ พาสินี สุนากร)

ณัฐภูมิ รับคำอินทร์ : อิทธิพลของสัดส่วนและทิศทางอาคารที่มีผลต่อการใช้พลังงานในอาคาร. (THE EFFECT OF BUILDING PROPORTION AND ORIENTATION TO ENERGY CONSUMPTION BUILDINGS)

อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก : รองศาสตราจารย์ ธนิต จินดาวณิค, 144 P.

การออกแบบอาคารปรับอากาศข้างต้นนั้น สัดส่วน และทิศทางอาคาร มีผลต่อภาระการทำความเย็นภายในอาคารโดยตรง ในการศึกษาจะอาศัยมาตรฐานจากแบบประเมินอาคารประหยัดพลังงานและเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมเป็นเกณฑ์ โดยใช้อาคารสำนักงาน โรงแรม และห้างสรรพสินค้า เป็นอาคารอ้างอิง ขั้นตอนการวิจัยกำหนดรูปทรงอาคารให้เป็นสี่เหลี่ยม 9 สัดส่วน ดังนี้ 1:1, 1:1.1, 1:1.2, 1:1.3, 1:1.7, 1:2, 1:2.5, 1:3 และ 1:4 มีสัดส่วนช่องเปิดต่อพื้นที่ผนังอาคาร (WWR) ตั้งแต่ 10%-90% เพื่อเปรียบเทียบการใช้พลังงานเพื่อการทำความเย็นที่เพิ่มขึ้น และกำหนดค่า WWR 30%โดยอาศัยมาตรฐานจากแบบประเมินฯ เพื่อทดสอบสัดส่วนอาคารที่เหมาะสม ในประเด็นการจัดวางทิศทางอาคารนั้น กำหนดเป็น 4 ทิศทาง โดยกำหนดให้อาคารวางตามตะวันเป็นเกณฑ์มาตรฐาน เปรียบเทียบการใช้พลังงานเพื่อการทำความเย็นกับอาคารเอียง 45 องศา 90 องศา(วางอาคารขวางตะวัน) และ315 องศาจากการวางอาคารตามตะวัน

จากการวิจัยพบว่ารูปทรงที่เหมาะสมกับ อาคารสำนักงานและโรงแรม คือ 1:1.3 และ 1:1.7 อาคารห้างสรรพสินค้ารูปทรงที่เหมาะสมคือ 1:1.3 ส่วนทิศทางอาคารนั้น สัดส่วนอาคาร 1:1-1:1.7 การเอียงอาคาร 315 และ 45 องศาจากการวางอาคารตามตะวันมีผลต่อภาระการทำความเย็นตามลำดับ สัดส่วนอาคารระหว่าง 1:2 -1:4 การวางอาคารขวางตะวันมีผลต่อภาระการทำความเย็นสูงสุด

ภาควิชา สถาปัตยกรรมศาสตร์ ลายมือชื่อนิสิต .....

สาขาวิชา สถาปัตยกรรม ลายมือชื่ออ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก .....

ปีการศึกษา 2551

5174118125 : MAJOR ARCHITECTURE

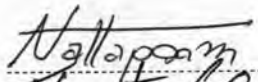
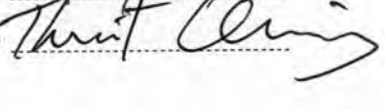
KEYWORDS : BUILDING FORMS / ORENTATION / WINDOW WALL AREA RATIO / ENERGY CONSUMPTION / INDEX

NATTAPOOM RUBCOME-IN : THE EFFCT OF BUILDING PROPORTION AND ORENTATION TO ENERGY CONSUMPTION BUILDINGS. THESIS ADVISOR : ASSISTANT PROFESSOR THANIT CHINDAWANIK, 144 pp.

When designing energy efficient buildings, the building's form and orientation have a direct effect on the cooling system. In this study, evaluation criteria of energy consumption and environmentally friendly buildings were used to evaluate office buildings, hotels, and department stores. In the research process, the buildings were determined as four-sided buildings with the nine following ratios: 1:1, 1:1.1, 1:1.2, 1:1.3, 1:1.7, 1:2, 1:2.5, 1:3, and 1:4. The wall to wall ratios ranged from 10% to 90% to compare energy consumption for increased cooling. Also, the wall to wall ratio was set at 30% based on the standard specified in the evaluation criteria to test suitable building ratios. As for the orientation of buildings, four orientations in relation to the sun were used as the standard criteria to compare energy consumption with the layout of the buildings tilted at 45 degrees, 90 degrees (with buildings laid out horizontally opposite the sun), and 315 degrees.

The research findings revealed that the forms of the buildings that are suitable are 1:1.3 and 1:1.7 for office buildings and hotels, and 1:1.3 for department stores. As for building orientation, the ratios of 1:1 to 1:1.7 were deemed most suitable, with the buildings tilted at 315 degrees and 45 degrees in relation to the sun, respectively. In addition, it was found that the building ratios of 1:2 to 1:4, with the buildings laid out horizontally opposite the sun, had the largest effect on the cooling system.

Department : Architecture
Field of Study : Architecture
Academic Year : 2009

Student's Signature 
Advisor's Signature 

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยครั้งนี้ประสบความสำเร็จได้เนื่องจากได้รับคำแนะนำจากรองศาสตราจารย์ ธนิต จินดาวณิค อาจารย์ที่เป็นที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อรรจน์ เศรษฐบุตร ที่คอยให้คำแนะนำในการดำเนินการทำวิทยานิพนธ์ อาจารย์ ดร.วรภัทร อิงคโรจฤทธิ์ ที่ได้แนะนำหนังสือสำหรับประกอบวิทยานิพนธ์ รวมถึงอาจารย์ในคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ทุกท่านที่ประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้

ขอขอบพระคุณมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก วิทยาเขตอุเทนถวายที่ให้การสนับสนุนด้านเงินทุนเข้ารับการศึกษาในระดับปริญญามหาบัณฑิต ณ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ขอขอบคุณผู้ช่วยศาสตราจารย์ พรจิต พีระพัฒนกุล อาจารย์ประจำสาขาเทคโนโลยีสถาปัตยกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก วิทยาเขตอุเทนถวาย ที่ได้ให้การสนับสนุนอุปกรณ์เครื่องมือพร้อมทั้งคำแนะนำ เพื่อใช้ในระหว่างการศึกษา รวมทั้งสมาคมครูผู้ปกครองอุเทนถวายที่สนับสนุนด้านการเงิน สำหรับการทำงานวิจัยจนแล้วเสร็จ และขอขอบคุณกรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน สถาบันพลังงานจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่ให้การสนับสนุนด้านข้อมูล

สุดท้ายนี้ขอขอบพระคุณคุณพระศรีรัตนตรัย องค์พระวิญญุกรรมประจำ วิทยาเขตอุเทนถวายที่เป็นที่พึ่งพิงทางด้านจิตใจและครอบครัวรับคำอินทร์ทุกคนที่เป็นกำลังใจในการทำวิจัยครั้งนี้ ให้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี ข้าพเจ้าหวังเป็นอย่างยิ่งว่างานวิจัยนี้จะก่อให้เกิดประโยชน์ต่อการออกแบบด้านสถาปัตยกรรมต่อไปในอนาคต

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ..... จ

กิตติกรรมประกาศ..... ฉ

สารบัญ..... ช

สารบัญตาราง..... ฎ

สารบัญภาพ..... ณ

สารบัญแผนภูมิ..... ด

บทที่ 1 บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา..... 1

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย..... 4

1.3 สมมติฐานการวิจัย..... 4

1.4 ขอบเขตของการวิจัย..... 4

1.5 ข้อตกลงเบื้องต้น..... 6

1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ..... 7

1.7 วิธีดำเนินงานวิจัย..... 7

บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 แนวคิดและทฤษฎีจากเอกสารและตำราที่เกี่ยวข้อง..... 8

2.1.1 ตัวแปรที่มีผลต่อการใช้พลังงานในอาคาร..... 8

2.1.2 ปัจจัยหลักจากภายนอกที่มีผลต่อการใช้พลังงานในอาคาร..... 10

2.1.3 การถ่ายเทความร้อนในอาคาร..... 13

2.1.4 ระบบปรับอากาศ..... 15

2.2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง..... 19

2.2.1 ทิศทางอาคารและการวางผังอาคาร..... 20

2.2.2 สัดส่วนรูปทรงอาคาร..... 23

2.2.3 ทิศทางของช่องเปิด..... 29

2.3 สรุปเอกสารและงานวิจัยเข้าสู่ประเด็นปัญหาการวิจัย..... 31

สารบัญ(ต่อ)

หน้า

บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง(ต่อ)

2.3.1 ทิศทางอาคารและการวางผังอาคาร 31

2.3.2 สัดส่วนรูปทรงอาคาร 31

2.3.3 ทิศทางและขนาดช่องเปิด 32

บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในงานวิจัย 33

3.1.1 อาคารประเภทอาคารสำนักงาน 33

3.1.2 อาคารประเภทโรงแรม 34

3.1.3 อาคารประเภทห้างสรรพค้า 35

3.2 การจัดกลุ่มตัวอย่างอาคารเพื่อความเหมาะสมในการวิจัย 36

3.3 การจำลองการใช้พลังงานของอาคารอ้างอิง 37

3.3.1 เครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัย 37

3.3.2 การเก็บรวบรวมข้อมูล 38

3.4 การวิเคราะห์ข้อมูล 38

3.4.1 รูปทรงอาคาร (building forms) 38

3.4.2 สัดส่วนช่องเปิดต่อพื้นที่ผนัง (WWR) 39

3.4.3 ทิศทาง (orientation) การวางอาคาร 39

3.5 เกณฑ์การเปรียบเทียบ 39

3.5.1 การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ความสูงระหว่างชั้นกับพื้นที่ใช้สอย 41

3.5.2 จำนวนชั้นที่เหมาะสม 42

3.5.3 จำนวนชั้นที่และอัตราส่วนพื้นที่ใช้สอยอาคารสำนักงานและอาคารโรงแรม หลังจากจัดกลุ่มตามวิธีวิจัย 43

3.5.4 จำนวนชั้นที่และอัตราส่วนพื้นที่ใช้สอยอาคารห้างสรรพสินค้าหลังจากจัดกลุ่มตามวิธีวิจัย 43

3.6 สรุปขั้นตอนและวิธีการดำเนินการวิจัย 44

สารบัญ(ต่อ)

หน้า

บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย(ต่อ)

3.6.1 รูปทรงอาคาร (building forms)..... 44

3.6.2 สัดส่วนพื้นที่ช่องเปิดต่อพื้นที่ผนัง (WWR)..... 45

3.6.3 ทิศทางอาคาร (orientation)..... 45

บทที่ 4 ผลการทดลอง

4.1 การวิเคราะห์การใช้พลังงานในอาคารสำนักงาน..... 47

4.1.1 การใช้พลังงานเพื่อการทำความเย็นในอาคารสำนักงานอาคาร base case (อาคารวางตามตะวัน)..... 47

4.1.2 การใช้พลังงานเพื่อการทำความเย็นในอาคารสำนักงานอาคารเอียง 45 องศาจากทิศทางตามตะวัน..... 48

4.1.3การใช้พลังงานเพื่อการทำความเย็นในอาคารสำนักงานอาคารเอียง90 องศา (อาคารวางขวางตะวัน)..... 51

4.1.4 การใช้พลังงานเพื่อการทำความเย็นในอาคารสำนักงานอาคารเอียง 315 องศาจากทิศทางตามตะวัน..... 53

4.2 แสดงผลการเปรียบเทียบการใช้พลังงานไฟฟ้าเพื่อทำความเย็นเมื่อสัดส่วนช่องเปิดต่อพื้นที่ผนังอาคาร (WWR) เพิ่มขึ้นของอาคารสำนักงานกลุ่มที่ 1-4..... 55

4.3 แสดงผลการเปรียบเทียบการใช้พลังงานไฟฟ้าเพื่อทำความเย็นเมื่อมีการจัดวางทิศทาง (orientation) ในทิศทางที่ต่างกันของอาคารสำนักงานกลุ่มที่ 1-4 กำหนด WWR ที่ 10-90%..... 61

4.4 การวิเคราะห์การใช้พลังงานในอาคารโรงแรม..... 77

4.4.1 การใช้พลังงานเพื่อการทำความเย็นในอาคารโรงแรมอาคารbase case (อาคารวางตามตะวัน)..... 77

4.4.2 การใช้พลังงานเพื่อการทำความเย็นในอาคารโรงแรม อาคารเอียง 45 องศาจากทิศทางตามตะวัน..... 79

สารบัญ(ต่อ)

หน้า

บทที่ 4 ผลการทดลอง (ต่อ)

4.4.3 การใช้พลังงานเพื่อการทำความเย็นในอาคารโรงแรมอาคารเอียง 90 องศา (อาคารวางขวางตะวัน)..... 81

4.4.4 การใช้พลังงานเพื่อการทำความเย็นในอาคารโรงแรมอาคารเอียง 315 องศาจากทิศทางตามตะวัน..... 83

4.5 แสดงผลการเปรียบเทียบการใช้พลังงานไฟฟ้าเพื่อทำความเย็นเมื่อสัดส่วนช่องเปิดต่อพื้นที่ผนังอาคาร (WWR) เพิ่มขึ้นของอาคารโรงแรมกลุ่มที่ 1-4..... 85

4.6 แสดงผลการเปรียบเทียบการใช้พลังงานไฟฟ้าเพื่อทำความเย็นเมื่อมีการจัดวางทิศทาง (orientation) ในทิศทางที่ต่างกันของอาคารโรงแรมกลุ่มที่ 1-4 กำหนด WWR ที่ 10-90%..... 92

4.7 การวิเคราะห์การใช้พลังงานในอาคารห้างสรรพสินค้า..... 108

4.7.1 การใช้พลังงานเพื่อการทำความเย็นในอาคารห้างสรรพสินค้าอาคารbase case (อาคารวางตามตะวัน)..... 108

4.7.2 การใช้พลังงานเพื่อการทำความเย็นในอาคารห้างสรรพสินค้าอาคารเอียง 45 องศาจากทิศทางตามตะวัน..... 110

4.7.3 การใช้พลังงานเพื่อการทำความเย็นในอาคารห้างสรรพสินค้าอาคารเอียง 90 องศา (อาคารวางขวางตะวัน)..... 112

4.7.4 การใช้พลังงานเพื่อการทำความเย็นในอาคารห้างสรรพสินค้าอาคารเอียง 315 องศาจากทิศทางตามตะวัน..... 114

4.8 แสดงผลการเปรียบเทียบการใช้พลังงานไฟฟ้าเพื่อทำความเย็นเมื่อสัดส่วนช่องเปิดต่อพื้นที่ผนังอาคาร (WWR) เพิ่มขึ้นของอาคารห้างสรรพสินค้ากลุ่มที่ 1-4..... 116

4.9 แสดงผลการเปรียบเทียบการใช้พลังงานไฟฟ้าเพื่อทำความเย็นเมื่อมีการจัดวางทิศทาง (orientation) ในทิศทางที่ต่างกันของอาคารห้างสรรพสินค้ากลุ่มที่ 1-4 กำหนด WWR ที่ 10-90%..... 122

สารบัญ(ต่อ)

หน้า

บทที่ 5 สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ 138

5.1 สรุปผลการวิจัย..... 138

5.1.1 สัดส่วนพื้นที่ช่องเปิดต่อพื้นที่ผนังทึบ (WWR) 138

5.1.2 สัดส่วนรูปทรงอาคาร (building forms)..... 138

5.1.3 สรุปสัดส่วนรูปทรงอาคาร (building forms)..... 142

5.2 เปรียบเทียบการใช้พลังงานเพื่อการทำความเย็นระหว่างสัดส่วนอาคารที่ใช้พลังงานต่ำสุดกับสัดส่วนอาคารที่ใช้พลังงานสูงสุด..... 142

5.2.1 อาคารสำนักงาน..... 142

5.2.2 อาคาโรงแรม..... 143

5.2.3 อาคารห้างสรรพสินค้า..... 143

5.3 อภิปรายผล 143

5.4 ข้อเสนอแนะ..... 144

รายการอ้างอิง..... 145

ภาคผนวก ก..... 147

ภาคผนวก ข..... 166

ภาคผนวก ค..... 174

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์..... 215

สารบัญ(ต่อ)

	หน้า
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ	138
5.1 สรุปผลการวิจัย	138
5.1.1 สัดส่วนพื้นที่ช่องเปิดต่อพื้นที่ผนังทึบ (WWR)	138
5.1.2 สัดส่วนรูปทรงอาคาร (building forms)	138
5.1.3 สรุปสัดส่วนรูปทรงอาคาร (building forms)	142
5.2 เปรียบเทียบการใช้พลังงานเพื่อการทำความเย็นระหว่างสัดส่วนอาคารที่ใช้พลังงานต่ำสุดกับสัดส่วนอาคารที่ใช้พลังงานสูงสุด	142
5.2.1 อาคารสำนักงาน	142
5.2.2 อาคารโรงแรม	143
5.2.3 อาคารห้างสรรพสินค้า	143
5.3 อภิปรายผล	143
5.4 ข้อเสนอแนะ	144
รายการอ้างอิง	145
ภาคผนวก ก	147
ภาคผนวก ข	166
ภาคผนวก ค	174
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์	215

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
2.1	แสดงปัจจัยของอุณหภูมิอากาศที่ควรคำนึงถึง	11
2.2	แสดงตัวอย่างรูปทรงอาคารและผลกระทบต่อการใช้พลังงาน	23
2.3	แสดงการแยกประเภทสัดส่วนอาคาร	27
2.4	แสดงพื้นที่ช่องเปิดต่อพื้นที่ผนังอาคาร	31
2.5	แสดงการศึกษาสัดส่วนอาคารในการทำวิจัย	32
3.1	แสดงนิยามลักษณะอาคารตามพระราชบัญญัติควบคุมอาคาร	36
3.2	แสดงพื้นที่ช่องเปิดต่อพื้นที่ผนังของอาคารแต่ละประเภท	39
3.3	แสดงทิศทางอาคารที่ทำการวิจัย	45
4.1	แสดงผลการเปรียบเทียบการใช้พลังงานไฟฟ้าเพื่อทำความเย็นเมื่อสัดส่วนช่องเปิดต่อพื้นที่ผนังอาคาร (WWR) เพิ่มขึ้นของอาคารสำนักงานกลุ่มที่ 1-4 อาคาร base case (อาคารวางตามตะวัน)	55
4.2	แสดงผลการเปรียบเทียบการใช้พลังงานไฟฟ้าเพื่อทำความเย็นเมื่อสัดส่วนช่องเปิดต่อพื้นที่ผนังอาคาร (WWR) เพิ่มขึ้นของอาคารสำนักงานกลุ่มที่ 1-4 อาคารเอียง 45 องศาจากทิศทางตามตะวัน	57
4.3	แสดงผลการเปรียบเทียบการใช้พลังงานไฟฟ้าเพื่อทำความเย็นเมื่อสัดส่วนช่องเปิดต่อพื้นที่ผนังอาคาร (WWR) เพิ่มขึ้นของอาคารสำนักงานกลุ่มที่ 1-4 ในทิศทาง อาคารเอียง 90 องศา (อาคารวางขวางตะวัน)	54
4.4	แสดงผลการเปรียบเทียบการใช้พลังงานไฟฟ้าเพื่อทำความเย็นเมื่อสัดส่วนช่องเปิดต่อพื้นที่ผนังอาคาร (WWR) เพิ่มขึ้นของอาคารสำนักงานกลุ่มที่ 1-4 อาคารเอียง 315 องศาจากทิศทางตามตะวัน	59
4.5	แสดงผลการเปรียบเทียบการใช้พลังงานไฟฟ้าเพื่อทำความเย็นเมื่อทิศทาง (orientation) ที่ต่างกันของอาคารสำนักงานกลุ่มที่ 1-4 กำหนด WWR ที่ 10%	62
4.6	แสดงผลการเปรียบเทียบการใช้พลังงานไฟฟ้าเพื่อทำความเย็นเมื่อทิศทาง (orientation) ที่ต่างกันของอาคารสำนักงานกลุ่มที่ 1-4 กำหนด WWR ที่ 20%	62
4.7	แสดงผลการเปรียบเทียบการใช้พลังงานไฟฟ้าเพื่อทำความเย็นเมื่อทิศทาง (orientation) ที่ต่างกันของอาคารสำนักงานกลุ่มที่ 1-4 กำหนด WWR ที่ 30%	63

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
4.8	แสดงผลการเปรียบเทียบการใช้พลังงานไฟฟ้าเพื่อทำความเย็นเมื่อทิศทาง (orientation) ที่ต่างกันของอาคารสำนักงานกลุ่มที่ 1-4 กำหนด WWR ที่ 40%..	64
4.9	แสดงผลการเปรียบเทียบการใช้พลังงานไฟฟ้าเพื่อทำความเย็นเมื่อทิศทาง (orientation) ที่ต่างกันของอาคารสำนักงานกลุ่มที่ 1-4 กำหนด WWR ที่ 50%..	64
4.10	แสดงผลการเปรียบเทียบการใช้พลังงานไฟฟ้าเพื่อทำความเย็นเมื่อทิศทาง (orientation) ที่ต่างกันของอาคารสำนักงานกลุ่มที่ 1-4 กำหนด WWR ที่ 60%..	65
4.11	แสดงผลการเปรียบเทียบการใช้พลังงานไฟฟ้าเพื่อทำความเย็นเมื่อทิศทาง (orientation) ที่ต่างกันของอาคารสำนักงานกลุ่มที่ 1-4 กำหนด WWR ที่ 70%..	66
4.12	แสดงผลการเปรียบเทียบการใช้พลังงานไฟฟ้าเพื่อทำความเย็นเมื่อทิศทาง (orientation) ที่ต่างกันของอาคารสำนักงานกลุ่มที่ 1-4 กำหนด WWR ที่ 80%..	66
4.13	แสดงผลการเปรียบเทียบการใช้พลังงานไฟฟ้าเพื่อทำความเย็นเมื่อทิศทาง (orientation) ที่ต่างกันของอาคารสำนักงานกลุ่มที่ 1-4 กำหนด WWR ที่ 90%..	67
4.14	แสดงผลการเปรียบเทียบการใช้พลังงานไฟฟ้าเพื่อทำความเย็นเมื่อสัดส่วนช่องเปิดต่อพื้นที่ผนังอาคาร (WWR) เพิ่มขึ้นของอาคารโรงแรมกลุ่มที่ 1-4 อาคาร base case (อาคารวางตามตะวัน).....	85
4.15	แสดงผลการเปรียบเทียบการใช้พลังงานไฟฟ้าเพื่อทำความเย็นเมื่อสัดส่วนช่องเปิดต่อพื้นที่ผนังอาคาร (WWR) เพิ่มขึ้นของอาคารโรงแรมกลุ่มที่ 1-4 อาคารเอียง 45 องศาจากทิศทางตามตะวัน.....	86
4.16	แสดงผลการเปรียบเทียบการใช้พลังงานไฟฟ้าเพื่อทำความเย็นเมื่อสัดส่วนช่องเปิดต่อพื้นที่ผนังอาคาร (WWR) เพิ่มขึ้นของอาคารโรงแรมกลุ่มที่ 1-4 ในทิศทาง อาคารเอียง 90 องศา (อาคารวางขวางตะวัน).....	88
4.17	แสดงผลการเปรียบเทียบการใช้พลังงานไฟฟ้าเพื่อทำความเย็นเมื่อสัดส่วนช่องเปิดต่อพื้นที่ผนังอาคาร (WWR) เพิ่มขึ้นของอาคารโรงแรมกลุ่มที่ 1-4 อาคารเอียง 315 องศาจากทิศทางตามตะวัน.....	90
4.18	แสดงผลการเปรียบเทียบการใช้พลังงานไฟฟ้าเพื่อทำความเย็นเมื่อทิศทาง (orientation) ที่ต่างกันของอาคารโรงแรมกลุ่มที่ 1-4 กำหนด WWR ที่ 10%.....	92

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
4.19	แสดงผลการเปรียบเทียบการใช้พลังงานไฟฟ้าเพื่อทำความเย็นเมื่อทิศทาง (orientation) ที่ต่างกันของอาคารโรงแรมกลุ่มที่ 1-4 กำหนด WWR ที่ 20%.....	92
4.20	แสดงผลการเปรียบเทียบการใช้พลังงานไฟฟ้าเพื่อทำความเย็นเมื่อทิศทาง (orientation) ที่ต่างกันของอาคารโรงแรมกลุ่มที่ 1-4 กำหนด WWR ที่ 30%.....	93
4.21	แสดงผลการเปรียบเทียบการใช้พลังงานไฟฟ้าเพื่อทำความเย็นเมื่อทิศทาง (orientation) ที่ต่างกันของอาคารโรงแรมกลุ่มที่ 1-4 กำหนด WWR ที่ 40%.....	94
4.22	แสดงผลการเปรียบเทียบการใช้พลังงานไฟฟ้าเพื่อทำความเย็นเมื่อทิศทาง (orientation) ที่ต่างกันของอาคารโรงแรมกลุ่มที่ 1-4 กำหนด WWR ที่ 50%.....	95
4.23	แสดงผลการเปรียบเทียบการใช้พลังงานไฟฟ้าเพื่อทำความเย็นเมื่อทิศทาง (orientation) ที่ต่างกันของอาคารโรงแรมกลุ่มที่ 1-4 กำหนด WWR ที่ 60%.....	96
4.24	แสดงผลการเปรียบเทียบการใช้พลังงานไฟฟ้าเพื่อทำความเย็นเมื่อทิศทาง (orientation) ที่ต่างกันของอาคารโรงแรมกลุ่มที่ 1-4 กำหนด WWR ที่ 70%.....	96
4.25	แสดงผลการเปรียบเทียบการใช้พลังงานไฟฟ้าเพื่อทำความเย็นเมื่อทิศทาง (orientation) ที่ต่างกันของอาคารโรงแรมกลุ่มที่ 1-4 กำหนด WWR ที่ 80%.....	97
4.26	แสดงผลการเปรียบเทียบการใช้พลังงานไฟฟ้าเพื่อทำความเย็นเมื่อทิศทาง (orientation) ที่ต่างกันของอาคารโรงแรมกลุ่มที่ 1-4 กำหนด WWR ที่ 90%.....	98
4.27	แสดงผลการเปรียบเทียบการใช้พลังงานไฟฟ้าเพื่อทำความเย็นเมื่อสัดส่วนช่องเปิดต่อพื้นที่ผนังอาคาร (WWR) เพิ่มขึ้นของอาคารห้างสรรพสินค้ากลุ่มที่ 1-4 อาคาร base case (อาคารวางตามตะวัน).....	116
4.28	แสดงผลการเปรียบเทียบการใช้พลังงานไฟฟ้าเพื่อทำความเย็นเมื่อสัดส่วนช่องเปิดต่อพื้นที่ผนังอาคาร (WWR) เพิ่มขึ้นของอาคารห้างสรรพสินค้ากลุ่มที่ 1-4 อาคารเอียง 45 องศาจากทิศทางตามตะวัน.....	117
4.29	แสดงผลการเปรียบเทียบการใช้พลังงานไฟฟ้าเพื่อทำความเย็นเมื่อสัดส่วนช่องเปิดต่อพื้นที่ผนังอาคาร (WWR) เพิ่มขึ้นของอาคารห้างสรรพสินค้ากลุ่มที่ 1-4 อาคารเอียง 90 องศา (อาคารวางขวางตะวัน).....	119

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
4.30	แสดงผลการเปรียบเทียบการใช้พลังงานไฟฟ้าเพื่อทำความเย็นเมื่อสัดส่วนช่องเปิดต่อพื้นที่ผนังอาคาร (WWR) เพิ่มขึ้นของอาคารห้างสรรพสินค้ากลุ่มที่ 1-4 อาคารเอียง 315 องศาจากทิศทางตามตะวัน.....	120
4.31	แสดงผลการเปรียบเทียบการใช้พลังงานไฟฟ้าเพื่อทำความเย็นเมื่อมีการจัดวางทิศทาง (orientation)ในทิศทางที่ต่างกันของอาคารห้างสรรพสินค้ากลุ่มที่1-4 กำหนดWWRที่ 10%.....	122
4.32	แสดงผลการเปรียบเทียบการใช้พลังงานไฟฟ้าเพื่อทำความเย็นเมื่อมีการจัดวางทิศทาง (orientation)ในทิศทางที่ต่างกันของอาคารห้างสรรพสินค้ากลุ่มที่1-4 กำหนดWWRที่ 20%.....	122
4.33	แสดงผลการเปรียบเทียบการใช้พลังงานไฟฟ้าเพื่อทำความเย็นเมื่อมีการจัดวางทิศทาง (orientation)ในทิศทางที่ต่างกันของอาคารห้างสรรพสินค้ากลุ่มที่1-4 กำหนดWWRที่ 30%.....	123
4.34	แสดงผลการเปรียบเทียบการใช้พลังงานไฟฟ้าเพื่อทำความเย็นเมื่อมีการจัดวางทิศทาง(orientation)ในทิศทางที่ต่างกันของอาคารห้างสรรพสินค้ากลุ่มที่1-4 กำหนดWWRที่ 40%.....	124
4.35	แสดงผลการเปรียบเทียบการใช้พลังงานไฟฟ้าเพื่อทำความเย็นเมื่อมีการจัดวางทิศทาง(orientation)ในทิศทางที่ต่างกันของอาคารห้างสรรพสินค้ากลุ่มที่1-4 กำหนดWWRที่ 50%.....	125
4.36	แสดงผลการเปรียบเทียบการใช้พลังงานไฟฟ้าเพื่อทำความเย็นเมื่อมีการจัดวางทิศทาง(orientation)ในทิศทางที่ต่างกันของอาคารห้างสรรพสินค้ากลุ่มที่1-4 กำหนดWWRที่ 60%.....	125
4.37	แสดงผลการเปรียบเทียบการใช้พลังงานไฟฟ้าเพื่อทำความเย็นเมื่อมีการจัดวางทิศทาง(orientation)ในทิศทางที่ต่างกันของอาคารห้างสรรพสินค้ากลุ่มที่1-4 กำหนดWWRที่ 70%.....	126

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
4.38	แสดงผลการเปรียบเทียบการใช้พลังงานไฟฟ้าเพื่อทำความเย็นเมื่อมีการจัดวางทิศทาง(orientation)ในทิศทางที่ต่างกันของอาคารห้างสรรพสินค้ากลุ่มที่1-4 กำหนดWWRที่ 80%.....	127
4.39	แสดงผลการเปรียบเทียบการใช้พลังงานไฟฟ้าเพื่อทำความเย็นเมื่อมีการจัดวางทิศทาง(orientation)ในทิศทางที่ต่างกันของอาคารห้างสรรพสินค้ากลุ่มที่1-4 กำหนดWWRที่ 90%.....	127
5.1	แสดงพื้นที่ช่องเปิดต่อพื้นที่ผนังของอาคารแต่ละประเภท.....	138
5.2	ตารางแสดงผลการเปรียบเทียบการใช้พลังงานการทำความเย็นอาคารสำนักงาน (WWR30%).....	142
5.3	ตารางแสดงผลการเปรียบเทียบการใช้พลังงานการทำความเย็นอาคารโรงแรม (WWR30%).....	143
5.4	ตารางแสดงผลการเปรียบเทียบการใช้พลังงานการทำความเย็นอาคารห้างสรรพสินค้า(WWR30%).....	143

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
2.1	แสดงรังสีดวงอาทิตย์ที่อาคารได้รับทั้งทางตรงและทางอ้อม.....	12
2.2	แสดงทิศทางของดวงอาทิตย์.....	13
2.3	แสดงข้อควรพิจารณาของที่ตั้งโครงการ.....	20
2.4	แสดงการหันทิศทางอาคารตามทิศต่างๆ.....	20
2.5	แสดงการผนังส่วนที่รับแสงอาทิตย์สูงสุด.....	21
2.6	แสดงการหันทิศทางอาคารในแต่ละเขตภูมิอากาศ.....	22
2.7	แสดงการยอมให้ความร้อนเข้าสู่อาคารของรูปทรงที่ต่างกัน.....	24
2.8	แสดงการคิดสัดส่วนอาคาร.....	25
2.9	แสดงการรูปทรงพื้นฐานในแต่ละภูมิอากาศ.....	26
2.10	แสดงทางเลือกรูปทรงอาคารให้เหมาะสมกับสภาพภูมิอากาศ.....	27
2.11	แสดงผลการจำลองเพื่อทำความเย็นของอาคารพักอาศัยรูปทรงต่างๆ.....	28
3.1	แสดงรูปทรงอาคาร (building forms) ในสัดส่วนที่ต้องการศึกษา.....	40
3.2	แสดงลักษณะการคำนวณอัตราพื้นที่ผิวภายนอกต่อพื้นที่ใช้สอย	40
3.3	แสดงอัตราส่วนพื้นที่ผิวต่อพื้นที่ใช้สอยของอาคารรูปทรงสี่เหลี่ยมจัตุรัสกรณีขนาดอาคารพื้นที่ใช้สอย 1,000 5,000 และ 10,000 ตารางเมตร.....	41
3.4	แสดงอัตราส่วนพื้นที่ผิวต่อพื้นที่ใช้สอยของอาคารที่มีพื้นที่ระหว่างชั้น 3.0 – 5.0 เมตร กรณีอาคารขนาดพื้นที่ใช้สอย 10,000 ตารางเมตร.....	42

สารบัญแผนภูมิ

แผนภูมิที่		หน้า
1.1	แสดงภาระการทำความเย็นใน 8 ด้าน 4 ทิศทางเฉลี่ยทั้งปี	2
1.2	แสดงสัดส่วนอาคารควบคุมแต่ละประเภท	3
4.1	แสดงการใช้พลังงานไฟฟ้าเพื่อการทำความเย็นต่อปีของอาคารสำนักงานกลุ่มที่ 1 base case (อาคารวางตามตะวัน)	47
4.2	แสดงการใช้พลังงานไฟฟ้าเพื่อการทำความเย็นต่อปีของอาคารสำนักงานกลุ่มที่ 2 base case (อาคารวางตามตะวัน)	48
4.3	แสดงการใช้พลังงานไฟฟ้าเพื่อการทำความเย็นต่อปีของอาคารสำนักงานกลุ่มที่ 3 base case (อาคารวางตามตะวัน)	48
4.4	แสดงการใช้พลังงานไฟฟ้าเพื่อการทำความเย็นต่อปีของอาคารสำนักงานกลุ่มที่ 4 base case (อาคารวางตามตะวัน)	49
4.5	แสดงการใช้พลังงานไฟฟ้าเพื่อการทำความเย็นต่อปีของอาคารสำนักงานกลุ่มที่ 1 อาคารเอียง 45 องศาจากทิศทางตามตะวัน	49
4.6	แสดงการใช้พลังงานไฟฟ้าเพื่อการทำความเย็นต่อปีของอาคารสำนักงานกลุ่มที่ 2 อาคารเอียง 45 องศาจากทิศทางตามตะวัน	50
4.7	แสดงการใช้พลังงานไฟฟ้าเพื่อการทำความเย็นต่อปีของอาคารสำนักงานกลุ่มที่ 3 อาคารเอียง 45 องศาจากทิศทางตามตะวัน	50
4.8	แสดงการใช้พลังงานไฟฟ้าเพื่อการทำความเย็นต่อปีของอาคารสำนักงานกลุ่มที่ 4 อาคารเอียง 45 องศาจากทิศทางตามตะวัน	51
4.9	แสดงการใช้พลังงานไฟฟ้าเพื่อการทำความเย็นต่อปีของอาคารสำนักงานกลุ่มที่ 1 อาคารเอียง 90 องศา (อาคารวางขวางตะวัน)	51
4.10	แสดงการใช้พลังงานไฟฟ้าเพื่อการทำความเย็นต่อปีของอาคารสำนักงานกลุ่มที่ 2 อาคารเอียง 90 องศา (อาคารวางขวางตะวัน)	52
4.11	แสดงการใช้พลังงานไฟฟ้าเพื่อการทำความเย็นต่อปีของอาคารสำนักงานกลุ่มที่ 3 อาคารเอียง 90 องศา (อาคารวางขวางตะวัน)	52
4.12	แสดงการใช้พลังงานไฟฟ้าเพื่อการทำความเย็นต่อปีของอาคารสำนักงานกลุ่มที่ 4 อาคารเอียง 90 องศา (อาคารวางขวางตะวัน)	53

4.13 แสดงการใช้พลังงานไฟฟ้าเพื่อการทำความเย็นต่อปีของอาคารสำนักงานกลุ่มที่ 1 อาคารเอียง 315 องศาจากทิศทางตามตะวัน..... 53
4.14 แสดงการใช้พลังงานไฟฟ้าเพื่อการทำความเย็นต่อปีของอาคารสำนักงานกลุ่มที่ 2 อาคารเอียง 315องศาจากทิศทางตามตะวัน..... 54
4.15 แสดงการใช้พลังงานไฟฟ้าเพื่อการทำความเย็นต่อปีของอาคารสำนักงานกลุ่มที่ 3 อาคารเอียง 315องศาจากทิศทางตามตะวัน..... 54
4.16 แสดงการใช้พลังงานไฟฟ้าเพื่อการทำความเย็นต่อปีของอาคารสำนักงานกลุ่มที่ 4 อาคารเอียง 315องศาจากทิศทางตามตะวัน..... 55
4.17 แสดงการเปรียบเทียบการใช้พลังงานไฟฟ้าเพื่อการทำความเย็นรูปทรงอาคาร สัดส่วน 1:1 ของอาคารสำนักงาน..... 68
4.18 แสดงการเปรียบเทียบการใช้พลังงานไฟฟ้าเพื่อการทำความเย็นรูปทรงอาคาร สัดส่วน 1:1.1 ของอาคารสำนักงาน..... 69
4.19 แสดงการเปรียบเทียบการใช้พลังงานไฟฟ้าเพื่อการทำความเย็นรูปทรงอาคาร สัดส่วน 1:1.2 ของอาคารสำนักงาน..... 70
4.20 แสดงการเปรียบเทียบการใช้พลังงานไฟฟ้าเพื่อการทำความเย็นรูปทรงอาคาร สัดส่วน 1:1.3 ของอาคารสำนักงาน..... 71
4.21 แสดงการเปรียบเทียบการใช้พลังงานไฟฟ้าเพื่อการทำความเย็นรูปทรงอาคาร สัดส่วน 1:1.7 ของอาคารสำนักงาน..... 72
4.22 แสดงการเปรียบเทียบการใช้พลังงานไฟฟ้าเพื่อการทำความเย็นรูปทรงอาคาร สัดส่วน 1:2 ของอาคารสำนักงาน..... 73
4.23 แสดงการเปรียบเทียบการใช้พลังงานไฟฟ้าเพื่อการทำความเย็นรูปทรงอาคาร สัดส่วน 1:2.5 ของอาคารสำนักงาน..... 74
4.24 แสดงการเปรียบเทียบการใช้พลังงานไฟฟ้าเพื่อการทำความเย็นรูปทรงอาคาร สัดส่วน 1:3 ของอาคารสำนักงาน..... 75
4.25 แสดงการเปรียบเทียบการใช้พลังงานไฟฟ้าเพื่อการทำความเย็นรูปทรงอาคาร สัดส่วน 1:4 ของอาคารสำนักงาน..... 76
4.26 แสดงการใช้พลังงานไฟฟ้าเพื่อการทำความเย็นต่อปีของอาคารโรงแรมกลุ่มที่ 1 base case (อาคารวางตามตะวัน)..... 77

สารบัญแผนภูมิ (ต่อ)

แผนภูมิที่		หน้า
4.27	แสดงการใช้พลังงานไฟฟ้าเพื่อการทำความเย็นต่อปีของอาคารโรงแรมกลุ่มที่ 2 base case (อาคารวางตามตะวัน).....	77
4.28	แสดงการใช้พลังงานไฟฟ้าเพื่อการทำความเย็นต่อปีของอาคารโรงแรมกลุ่มที่ 3 base case (อาคารวางตามตะวัน).....	78
4.29	แสดงการใช้พลังงานไฟฟ้าเพื่อการทำความเย็นต่อปีของอาคารโรงแรมกลุ่มที่ 4 base case (อาคารวางตามตะวัน).....	78
4.30	แสดงการใช้พลังงานไฟฟ้าเพื่อการทำความเย็นต่อปีของอาคารโรงแรมกลุ่มที่1 อาคารเอียง 45 องศาจากทิศทางตามตะวัน.....	79
4.31	แสดงการใช้พลังงานไฟฟ้าเพื่อการทำความเย็นต่อปีของอาคารโรงแรมกลุ่มที่ 2 อาคารเอียง 45 องศาจากทิศทางตามตะวัน.....	79
4.32	แสดงการใช้พลังงานไฟฟ้าเพื่อการทำความเย็นต่อปีของอาคารโรงแรมกลุ่มที่ 3 อาคารเอียง 45 องศาจากทิศทางตามตะวัน.....	80
4.33	แสดงการใช้พลังงานไฟฟ้าเพื่อการทำความเย็นต่อปีของอาคารโรงแรมกลุ่มที่ 4 อาคารเอียง 45 องศาจากทิศทางตามตะวัน.....	80
4.34	แสดงการใช้พลังงานไฟฟ้าเพื่อการทำความเย็นต่อปีของอาคารโรงแรมกลุ่มที่ 1 อาคารเอียง 90 องศา (อาคารวางขวางตะวัน).....	81
4.35	แสดงการใช้พลังงานไฟฟ้าเพื่อการทำความเย็นต่อปีของอาคารโรงแรมกลุ่มที่ 2 อาคารเอียง 90 องศา (อาคารวางขวางตะวัน).....	81
4.36	แสดงการใช้พลังงานไฟฟ้าเพื่อการทำความเย็นต่อปีของอาคารโรงแรมกลุ่มที่ 3 อาคารเอียง 90 องศา (อาคารวางขวางตะวัน).....	82
4.37	แสดงการใช้พลังงานไฟฟ้าเพื่อการทำความเย็นต่อปีของอาคารโรงแรมกลุ่มที่ 4 อาคารเอียง 90 องศา (อาคารวางขวางตะวัน).....	82
4.38	แสดงการใช้พลังงานไฟฟ้าเพื่อการทำความเย็นต่อปีของอาคารโรงแรมกลุ่มที่ 1 อาคารเอียง 315 องศาจากทิศทางตามตะวัน.....	83
4.39	แสดงการใช้พลังงานไฟฟ้าเพื่อการทำความเย็นต่อปีของอาคารโรงแรมกลุ่มที่ 2 อาคารเอียง 315 องศาจากทิศทางตามตะวัน.....	83

สารบัญแผนภูมิ (ต่อ)

แผนภูมิที่		หน้า
4.40	แสดงการใช้พลังงานไฟฟ้าเพื่อการทำความเย็นต่อปีของอาคารโรงแรมกลุ่มที่ 3 อาคารเอียง 315 องศาจากทิศทางตามตะวัน	84
4.41	แสดงการใช้พลังงานไฟฟ้าเพื่อการทำความเย็นต่อปีของอาคารโรงแรมกลุ่มที่ 4 อาคารเอียง 315 องศาจากทิศทางตามตะวัน	84
4.42	แสดงการเปรียบเทียบการใช้พลังงานไฟฟ้าเพื่อการทำความเย็นรูปทรงอาคาร สัดส่วน 1:1 ของอาคารโรงแรม	99
4.43	แสดงการเปรียบเทียบการใช้พลังงานไฟฟ้าเพื่อการทำความเย็นรูปทรงอาคาร สัดส่วน 1:1.1 ของอาคารโรงแรม	100
4.44	แสดงการเปรียบเทียบการใช้พลังงานไฟฟ้าเพื่อการทำความเย็นรูปทรงอาคาร สัดส่วน 1:1.2 ของอาคารโรงแรม	101
4.45	แสดงการเปรียบเทียบการใช้พลังงานไฟฟ้าเพื่อการทำความเย็นรูปทรงอาคาร สัดส่วน 1:1.3 ของอาคารโรงแรม	102
4.46	แสดงการเปรียบเทียบการใช้พลังงานไฟฟ้าเพื่อการทำความเย็นรูปทรงอาคาร สัดส่วน 1:1.7 ของอาคารโรงแรม	103
4.47	แสดงการเปรียบเทียบการใช้พลังงานไฟฟ้าเพื่อการทำความเย็นรูปทรงอาคาร สัดส่วน 1:2 ของอาคารโรงแรม	104
4.48	แสดงการเปรียบเทียบการใช้พลังงานไฟฟ้าเพื่อการทำความเย็นรูปทรงอาคาร สัดส่วน 1:2.5 ของอาคารโรงแรม	105
4.49	แสดงการเปรียบเทียบการใช้พลังงานไฟฟ้าเพื่อการทำความเย็นรูปทรงอาคาร สัดส่วน 1:3 ของอาคารโรงแรม	106
4.50	แสดงการเปรียบเทียบการใช้พลังงานไฟฟ้าเพื่อการทำความเย็นรูปทรงอาคาร สัดส่วน 1:4 ของอาคารโรงแรม	107
4.51	แสดงการใช้พลังงานไฟฟ้าเพื่อการทำความเย็นต่อปีของอาคารห้างสรรพสินค้า กลุ่มที่ 1 base case (อาคารวางตามตะวัน)	108
4.52	แสดงการใช้พลังงานไฟฟ้าเพื่อการทำความเย็นต่อปีของอาคารห้างสรรพสินค้า กลุ่มที่ 2 base case (อาคารวางตามตะวัน)	108

สารบัญแผนภูมิ (ต่อ)

แผนภูมิที่		หน้า
4.53	แสดงการใช้พลังงานไฟฟ้าเพื่อการทำความเย็นต่อปีของอาคารห้างสรรพสินค้ากลุ่มที่ 3 base case (อาคารวางตามตะวัน).....	109
4.54	แสดงการใช้พลังงานไฟฟ้าเพื่อการทำความเย็นต่อปีของอาคารห้างสรรพสินค้ากลุ่มที่ 4 base case (อาคารวางตามตะวัน).....	109
4.55	แสดงการใช้พลังงานไฟฟ้าเพื่อการทำความเย็นต่อปีของอาคารห้างสรรพสินค้ากลุ่มที่ 1 อาคารเอียง 45 องศาจากทิศทางตามตะวัน.....	110
4.56	แสดงการใช้พลังงานไฟฟ้าเพื่อการทำความเย็นต่อปีของอาคารห้างสรรพสินค้ากลุ่มที่ 2 อาคารเอียง 45 องศาจากทิศทางตามตะวัน.....	110
4.57	แสดงการใช้พลังงานไฟฟ้าเพื่อการทำความเย็นต่อปีของอาคารห้างสรรพสินค้ากลุ่มที่ 3 อาคารเอียง 45 องศาจากทิศทางตามตะวัน.....	111
4.58	แสดงการใช้พลังงานไฟฟ้าเพื่อการทำความเย็นต่อปีของอาคารห้างสรรพสินค้ากลุ่มที่ 4 อาคารเอียง 45 องศาจากทิศทางตามตะวัน.....	111
4.59	แสดงการใช้พลังงานไฟฟ้าเพื่อการทำความเย็นต่อปีของอาคารห้างสรรพสินค้ากลุ่มที่ 1 อาคารเอียง 90 องศา (อาคารวางขวางตะวัน).....	112
4.60	แสดงการใช้พลังงานไฟฟ้าเพื่อการทำความเย็นต่อปีของอาคารห้างสรรพสินค้ากลุ่มที่ 2 อาคารเอียง 90 องศา (อาคารวางขวางตะวัน).....	112
4.61	แสดงการใช้พลังงานไฟฟ้าเพื่อการทำความเย็นต่อปีของอาคารห้างสรรพสินค้ากลุ่มที่ 3 อาคารเอียง 90 องศา (อาคารวางขวางตะวัน).....	113
4.62	แสดงการใช้พลังงานไฟฟ้าเพื่อการทำความเย็นต่อปีของอาคารห้างสรรพสินค้ากลุ่มที่ 4 อาคารเอียง 90 องศา (อาคารวางขวางตะวัน).....	113
4.63	แสดงการใช้พลังงานไฟฟ้าเพื่อการทำความเย็นต่อปีของอาคารห้างสรรพสินค้ากลุ่มที่ 1 อาคารเอียง 315 องศาจากทิศทางตามตะวัน.....	114
4.64	แสดงการใช้พลังงานไฟฟ้าเพื่อการทำความเย็นต่อปีของอาคารห้างสรรพสินค้ากลุ่มที่ 2 อาคารเอียง 315 องศาจากทิศทางตามตะวัน.....	114
4.65	แสดงการใช้พลังงานไฟฟ้าเพื่อการทำความเย็นต่อปีของอาคารห้างสรรพสินค้ากลุ่มที่ 3 อาคารเอียง 315 องศาจากทิศทางตามตะวัน.....	115