สำนักงานวิทยทรัพยากร จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัย

งานวิจัยนี้แสดงให้เห็นถึงความสำคัญของสัดส่วนรูปทรงอาคาร (building forms) สัดส่วนพื้นที่ช่องเปิดต่อพื้นที่ผนังทึบ (WWR) และทิศทาง (orientation) อาคาร ซึ่งเป็นปัจจัยเริ่มต้นในการออกแบบอาคารทั้ง 3 ประเภท ให้มีภาระการทำความเย็นในอาคารต่ำที่สุด

5.1.1 สัดส่วนพื้นที่ช่องเปิดต่อพื้นที่ผนังทึบ (WWR)

จากการจำลองพลังงานไฟฟ้าปรับอากาศที่ใช้ในอาคารแปรผันโดยตรงกับค่า WWR ที่เพิ่มขึ้นตามลำดับ ซึ่งหมายความว่า เมื่อพื้นที่หน้าต่างเพิ่มขึ้นนั้นการใช้พลังงานเพื่อการปรับอากาศในอาคารก็เพิ่มขึ้นตามไปด้วย

เพื่อการพิจารณาค่า WWR ที่เหมาะสมสำหรับอาคารสำนักงาน อาคารโรงแรม อาคารห้างสรรพสินค้า อาศัยมาตรฐานจากแบบประเมินอาคารประหยัดพลังงานและเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมเป็นเกณฑ์ดังนี้

ตารางที่ 5.1 แสดงพื้นที่ช่องเปิดต่อพื้นที่ผนังของอาคารแต่ละประเภท

อัตราส่วนพื้นที่หน้าต่างต่อพื้นที่ผนัง (WWR)		
อาคารสำนักงาน	อาคารห้างสรรพสินค้า	อาคารโรงแรม
ไม่เกิน 35%	ไม่เกิน 30%	ไม่เกิน 30%

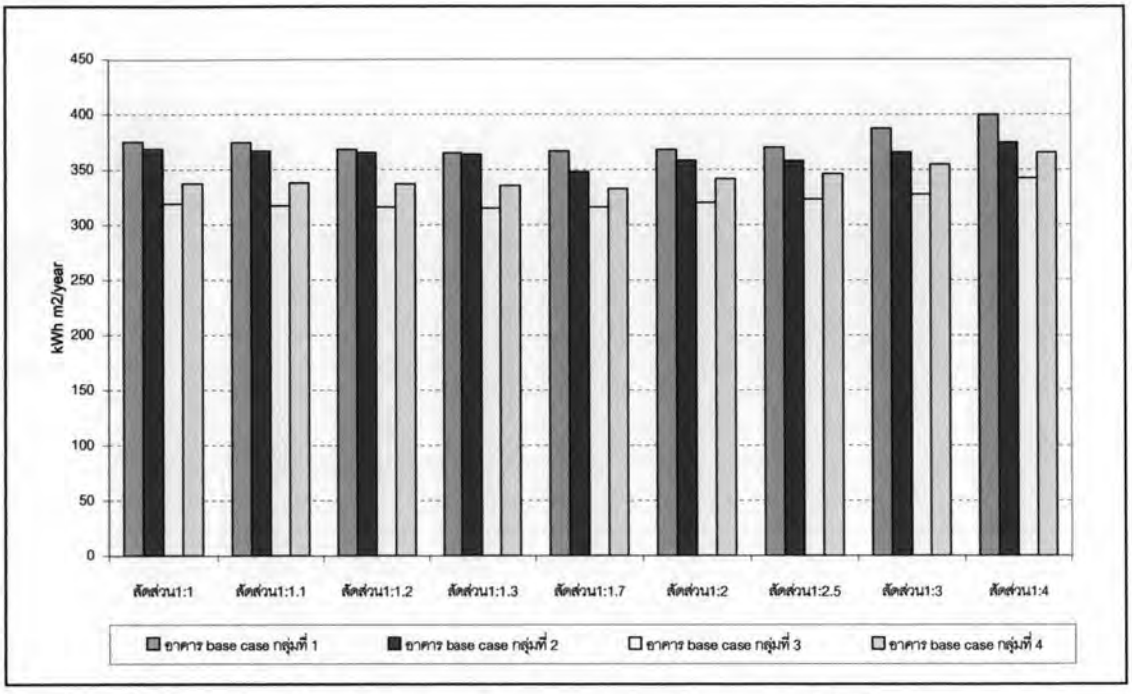
จากตารางแสดงให้เห็นถึงความเหมาะสมของค่า WWR ของอาคารทั้ง 3 ประเภทอยู่ประมาณ 30% ดังนั้นในการทดสอบสัดส่วนรูปทรงอาคารที่เหมาะสมกับอาคารทั้ง 3 ประเภท รวมถึงการเปรียบเทียบภาระในการทำความเย็นจากการจัดวางทิศทางอาคารตามที่กำหนด จะใช้ค่า WWR 30% เพื่อการอ้างอิง

5.1.2 สัดส่วนรูปทรงอาคาร (building forms)

การวิจัยในส่วนของรูปทรงอาคารในทุกสัดส่วน ของอาคารอ้างอิงทั้ง 3 ประเภท ได้ใช้ค่า WWR 30% และวางอาคารในทิศทาง basecase ด้านแคบทิศเหนือ – ทิศใต้ ด้านยาวทิศตะวันออก – ทิศตะวันตก (อาคารวางตามตะวัน)

1) อาคารสำนักงาน กลุ่มที่ 1-4

แผนภูมิที่ 5.1 แสดงการเปรียบเทียบใช้พลังงานเพื่อการทำความเย็นอาคารสำนักงาน กลุ่มอาคารที่ 1-4 ที่ WWR 30%



กลุ่มที่ 1 อาคารที่ไม่ใช่อาคารขนาดใหญ่และไม่ใช่อาคารสูง (พื้นที่ (A) < 10,000 m^2 และ และความสูง (H) < 23 m) จำนวนชั้น 6 ชั้น ความสูงอาคาร 21.00 เมตร พื้นที่อาคาร 3,000 ตารางเมตร อาคาร (building forms) ที่ใช้พลังงานในการทำความเย็นน้อยที่สุดคือ ***1:1.3*** ใช้พลังงาน ***365.183 kwh/m^2Yr.***

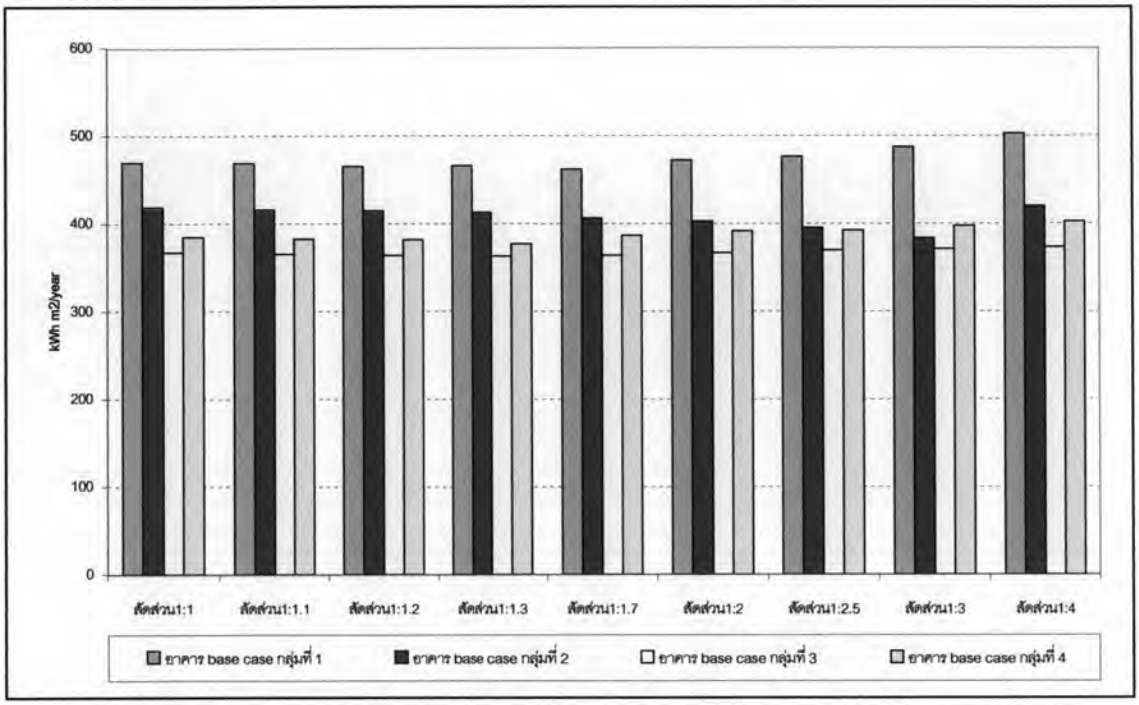
กลุ่มที่ 2 อาคารที่เข้าข่ายอาคารขนาดใหญ่ และเป็นอาคารสูง (2,000 m^2< พื้นที่ (A) < 10,000 m^2 และความสูง (H) $\geq$ 23 m) จำนวนชั้น 9 ชั้น ความสูงอาคาร 31.50 เมตร พื้นที่อาคาร 9,000 ตารางเมตร อาคาร (building forms) ที่ใช้พลังงานในการทำความเย็นน้อยที่สุดคือ ***1:1.7*** ใช้พลังงาน ***348.127 kwh/m^2Yr.***

กลุ่มที่ 3 อาคารที่เข้าข่ายอาคารขนาดใหญ่พิเศษและไม่ใช่อาคารสูง (พื้นที่ (A)$\geq$ 10,000 m^2 และ ความสูง(H) < 23 m) จำนวนชั้น 6 ชั้น ความสูงอาคาร 21.00 เมตร พื้นที่อาคาร 10,000 ตารางเมตร อาคาร (building forms) ที่ใช้พลังงานในการทำความเย็นน้อยที่สุดคือ ***1:1.3*** ใช้พลังงาน ***315.21 kwh/m^2Yr.***

กลุ่มที่ 4 อาคารที่เข้าข่ายอาคารขนาดใหญ่พิเศษและเป็นอาคารสูง (พื้นที่ (A) $\geq$ 10,000 m^2 และ ความสูง(H) $\geq$ 23 m) จำนวนชั้น 9 ชั้น ความสูงอาคาร 31.50 เมตร พื้นที่อาคาร 10,000 ตารางเมตรอาคาร (building forms) ที่ใช้พลังงานในการทำความเย็นน้อยที่สุดคือ ***1:1.7*** ใช้พลังงาน ***332.734 kwh/m^2Yr.***

2) **อาคารโรงแรม กลุ่มที่** 1-4

แผนภูมิที่ 5.2 แสดงการเปรียบเทียบใช้พลังงานเพื่อการทำความเย็นอาคารโรงแรม กลุ่มอาคารที่ 1-4 ที่ WWR 30%



กลุ่มที่ 1 อาคารที่ไม่ใช่อาคารขนาดใหญ่และไม่ใช่อาคารสูง (พื้นที่ (A) < 10,000 m^2 และ และความสูง (H) < 23 m) จำนวนชั้น 6 ชั้น ความสูงอาคาร 21.00 เมตร พื้นที่อาคาร 3,000 ตารางเมตร อาคาร (building forms) ที่ใช้พลังงานในการทำความเย็นน้อยที่สุดคือ ***1:1.7*** ใช้พลังงาน ***462. 072 kwh/m^2Yr.***

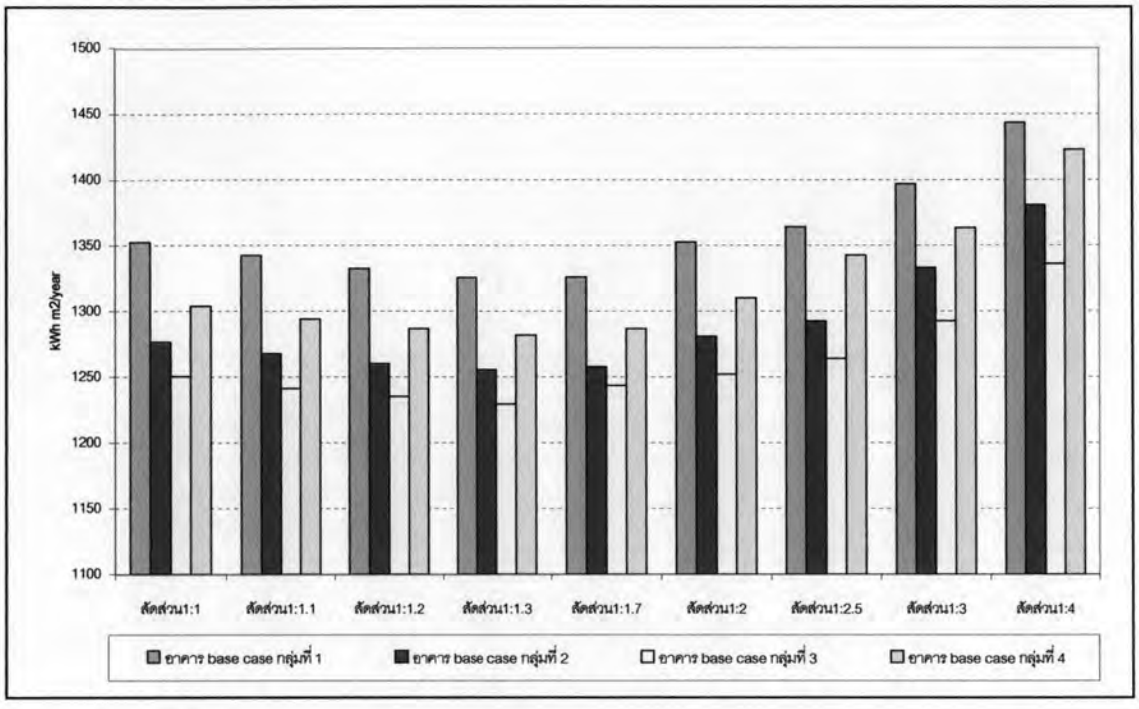
กลุ่มที่ 2 อาคารที่เข้าข่ายอาคารขนาดใหญ่ และเป็นอาคารสูง (2,000 m^2< พื้นที่ (A) < 10,000 m^2 และความสูง (H) $\geq$ 23 m) จำนวนชั้น 9 ชั้น ความสูงอาคาร 31.50 เมตร พื้นที่อาคาร 9,000 ตารางเมตร อาคาร (building forms) ที่ใช้พลังงานในการทำความเย็นน้อยที่สุดคือ ***1:1.3*** ใช้พลังงาน ***383.792 kwh/m^2Yr.***

กลุ่มที่ 3 อาคารที่เข้าข่ายอาคารขนาดใหญ่พิเศษและไม่ใช่อาคารสูง (พื้นที่ (A) $\geq$ 10,000 m^2 และ ความสูง(H) < 23 m) จำนวนชั้น 6 ชั้น ความสูงอาคาร 21.00 เมตร พื้นที่อาคาร 10,000 ตารางเมตร อาคาร (building forms) ที่ใช้พลังงานในการทำความเย็นน้อยที่สุดคือ ***1:1.7*** ใช้พลังงาน ***363.772 kwh/m^2Yr.***

กลุ่มที่ 4 อาคารที่เข้าข่ายอาคารขนาดใหญ่พิเศษและเป็นอาคารสูง (พื้นที่ (A) $\geq$ 10,000 m^2 และ ความสูง(H) $\geq$ 23 m) จำนวนชั้น 9 ชั้น ความสูงอาคาร 31.50 เมตร พื้นที่อาคาร 10,000 ตารางเมตรอาคาร (building forms) ที่ใช้พลังงานในการทำความเย็นน้อยที่สุดคือ ***1:1.3*** ใช้พลังงาน ***377.303 kwh/m^2Yr.***

3) อาคารห้างสรรพสินค้า กลุ่มที่ 1-4

แผนภูมิที่ 5.3 แสดงการเปรียบเทียบใช้พลังงานเพื่อการทำความเย็นอาคารห้างสรรพสินค้า กลุ่มอาคารที่ 1-4 ที่ WWR 30%



กลุ่มที่ 1 อาคารที่ไม่ใช่อาคารขนาดใหญ่และไม่ใช่อาคารสูง (พื้นที่ (A) < 10,000 m^2 และ และความสูง (H) < 23 m) จำนวนชั้น 3 ชั้น ความสูงอาคาร 18.00 เมตร พื้นที่อาคาร 9,000 ตารางเมตร อาคาร (building forms) ที่ใช้พลังงานน้อยในการทำความเย็นที่สุดคือ ***1:1.3*** ใช้พลังงาน ***1325.586 kwh/m^2Yr.***

กลุ่มที่ 2 อาคารที่เข้าข่ายอาคารขนาดใหญ่ และเป็นอาคารสูง (2,000 m^2< พื้นที่ (A) < 10,000 m^2 และความสูง (H) $\geq$ 23 m) จำนวนชั้น 4 ชั้น ความสูงอาคาร 24.00 เมตร พื้นที่อาคาร 9,000 ตารางเมตร อาคาร (building forms) ที่ใช้พลังงานในการทำความเย็นน้อยที่สุดคือ ***1:1.3*** ใช้พลังงาน ***1255.507 kwh/m^2Yr.***.

กลุ่มที่ 3 อาคารที่เข้าข่ายอาคารขนาดใหญ่พิเศษและไม่ใช่อาคารสูง (พื้นที่ (A) $\geq$ 10,000 m^2 และ ความสูง(H) < 23 m) จำนวนชั้น 3 ชั้น ความสูงอาคาร 18.00 เมตร พื้นที่อาคาร 10,000 ตารางเมตร อาคาร (building forms) ที่ใช้พลังงานในการทำความเย็นน้อยที่สุดคือ ***1:1.3*** ใช้พลังงาน ***1229.449 kwh/m^2Yr.***

กลุ่มที่ 4 อาคารที่เข้าข่ายอาคารขนาดใหญ่พิเศษและเป็นอาคารสูง (พื้นที่ (A) $\geq$ 10,000 m^2 และ ความสูง(H) $\geq$ 23 m) จำนวนชั้น 9 ชั้น ความสูงอาคาร 30.00 เมตร พื้นที่อาคาร 10,000

ตารางเมตรอาคาร (building forms) ที่ใช้พลังงานในการทำความเย็นน้อยที่สุดคือ *1:1.3* ใช้พลังงาน *1282.014 kwh/m²Yr.*

5.1.3 สรุปสัดส่วนรูปทรงอาคาร (building forms)

เมื่อพิจารณาข้อมูลข้างต้นพบว่าโดยภาพรวมของอาคารทั้ง 3 ประเภทคือ อาคารสำนักงาน อาคารโรงแรม อาคารห้างสรรพสินค้า ที่มีการใช้ระบบปรับอากาศภายในอาคารจะพบว่า สัดส่วนที่เหมาะสมเมื่อค่า WWR 30% จะอยู่ระหว่าง 1:1.3 และ 1:1.7 แสดงให้เห็นว่ารูปทรงอาคารที่เหมาะสมสำหรับอาคารปรับอากาศจะมีรูปทรงเป็นสี่เหลี่ยมผืนผ้าเล็กน้อย

5.1.4 ทิศทาง (orientation) การวางอาคาร

จากข้อมูลดังกล่าวสามารถสรุปเรื่องทิศทางการวางอาคารได้ดังนี้

1. สัดส่วน 1:1อาคารเอียง 45 องศาจากการวางอาคารตามตะวัน มีผลต่อการใช้พลังงานเพื่อการทำความเย็นมากขึ้น

2. สัดส่วนระหว่าง 1:1.1, 1:1.2, 1:1.3 และ 1:1.7 ซึ่งมีลักษณะเป็นสี่เหลี่ยมผืนผ้าเล็กน้อยนั้น ทิศทางการวางอาคารที่มีผลต่อการใช้พลังงานเพื่อการทำความเย็นมากที่สุดคืออาคารเอียง 315 องศาการวางอาคารตามตะวัน และอาคารเอียง 45 องศาจากการวางอาคารตามตะวัน ทางทิศตามลำดับ

3. สัดส่วนระหว่าง 1:2 ถึง 1:4 ที่มีรูปทรงอาคารที่เป็นสี่เหลี่ยมผืนผ้า ทิศทางอาคารที่มีผลต่อการใช้พลังงานเพื่อการทำความเย็นมากที่สุดคือ อาคารเอียง 90 องศา (อาคารวางขวางตะวัน)

5.2 เปรียบเทียบการใช้พลังงานเพื่อการทำความเย็นระหว่างสัดส่วนอาคารที่ใช้พลังงานต่ำสุดกับสัดส่วนอาคารที่ใช้พลังงานสูงสุด

5.2.1 อาคารสำนักงาน

ตารางที่ 5.2 ตารางแสดงผลการเปรียบเทียบการใช้พลังงานการทำความเย็นอาคารสำนักงาน (WWR30%)

กลุ่มอาคาร	สัดส่วนอาคาร	ทิศทางอาคาร	ใช้พลังงาน (kwh m^2/year)	สัดส่วนอาคาร	ทิศทางอาคาร	ใช้พลังงาน (kwh m^2/year)	ใช้พลังงานเพิ่มขึ้น(%)
กลุ่มที่ 1	1:1.3	อาคารวางตามตะวัน	365.183	1:4	อาคารวางขวางตะวัน	445.756	22.06
กลุ่มที่ 2	1:1.7	อาคารวางตามตะวัน	348.127	1:4	อาคารวางขวางตะวัน	418.672	20.26
กลุ่มที่ 3	1:1.3	อาคารวางตามตะวัน	315.210	1:4	อาคารวางขวางตะวัน	412.614	30.90
กลุ่มที่ 4	1:1.7	อาคารวางตามตะวัน	332.734	1:4	อาคารวางขวางตะวัน	401.901	20.79

5.2.2 อาคารโรงแรม

ตารางที่ 5.3 ตารางแสดงผลการเปรียบเทียบการใช้พลังงานการทำความเย็นอาคารโรงแรม (WWR30%)

กลุ่มอาคาร	สัดส่วนอาคาร	ทิศทางอาคาร	ใช้พลังงาน (kwh m^2/year)	สัดส่วนอาคาร	ทิศทางอาคาร	ใช้พลังงาน (kwh m^2/year)	ใช้พลังงานเพิ่มขึ้น(%)
กลุ่มที่ 1	1:1.3	อาคารวางตามตะวัน	462.072	1:4	อาคารวางขวางตะวัน	552.925	19.66
กลุ่มที่ 2	1:1.7	อาคารวางตามตะวัน	383.792	1:4	อาคารวางขวางตะวัน	458.223	19.39
กลุ่มที่ 3	1:1.3	อาคารวางตามตะวัน	363.772	1:4	อาคารวางขวางตะวัน	413.062	13.55
กลุ่มที่ 4	1:1.7	อาคารวางตามตะวัน	377.303	1:4	อาคารวางขวางตะวัน	436.383	15.66

5.2.3 อาคารห้างสรรพสินค้า

ตารางที่ 5.4 ตารางแสดงผลการเปรียบเทียบการใช้พลังงานการทำความเย็นอาคารห้างสรรพสินค้า(WWR30%)

กลุ่มอาคาร	สัดส่วนอาคาร	ทิศทางอาคาร	ใช้พลังงาน (kwh m^2/year)	สัดส่วนอาคาร	ทิศทางอาคาร	ใช้พลังงาน (kwh m^2/year)	ใช้พลังงานเพิ่มขึ้น(%)
กลุ่มที่ 1	1:1.3	อาคารวางตามตะวัน	1325.586	1:4	อาคารวางขวางตะวัน	1671.450	26.09
กลุ่มที่ 2	1:1.3	อาคารวางตามตะวัน	1255.507	1:4	อาคารวางขวางตะวัน	1563.260	24.51
กลุ่มที่ 3	1:1.3	อาคารวางตามตะวัน	1229.449	1:4	อาคารวางขวางตะวัน	1530.600	24.49
กลุ่มที่ 4	1:1.3	อาคารวางตามตะวัน	1282.014	1:4	อาคารวางขวางตะวัน	1605.100	25.20

5.3 อภิปรายผล

5.3.1 สัดส่วนช่องเปิดต่อพื้นที่ผนังอาคาร (window to wall ratio: WWR) จากผลการเปรียบเทียบการเพิ่มขึ้นเป็นเปอร์เซ็นต์ จะสังเกตว่าอัตราการเพิ่มขึ้นของเปอร์เซ็นต์ทุกสัดส่วนอาคารทั้ง 3 ประเภทมีค่าการเพิ่มขึ้นใกล้เคียงกันทั้งหมด

5.3.2 สัดส่วนรูปทรงอาคาร (building forms) ที่เหมาะสมต่อการใช้พลังงานเพื่อการทำความเย็น กับอาคารทั้ง 3 ประเภท คือสัดส่วนอาคาร 1:1.3 และ1:1.7

5.3.3 ทิศทาง (orientation) ใช้ค่า WWR 30%อ้างอิงในการวิจัยอาคารทั้ง 3 ประเภท โดยอาศัยเกณฑ์จากแบบประเมินอาคารประหยัดพลังงานและเป็นกับสิ่งแวดล้อม กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน สัดส่วน 1:1 อาคารเอียง 45 องศาจากการวางอาคารตามตะวัน มีการใช้พลังงานเพื่อการทำความเย็นสูงสุด สัดส่วน 1:1.1, 1:1.2, 1:1.3 และ1:1.7 อาคารเอียง 315 องศาจากการวางอาคารตามตะวัน มีการใช้พลังงานเพื่อการทำความเย็นสูงสุด ซึ่งสัดส่วนดังกล่าวมีลักษณะเป็นสี่เหลี่ยมผืนผ้าเล็กน้อย ในสัดส่วน 1:2, 1:2.5, 1:3 และ 1:4 ที่มีลักษณะเป็นสี่เหลี่ยมผืนผ้านั้นอาคารเอียง 90 องศา(อาคารวางขวางตะวัน) มีการใช้พลังงานเพื่อการทำความเย็นสูงสุด

5.4 ข้อเสนอแนะ

งานวิจัยนี้เป็นงานวิจัยเชิงการจำลอง (simulation research) มีจุดมุ่งเน้นที่จะแสดงการใช้พลังงานในการทำความเย็นอันเกิดมาจาก รูปทรงอาคาร (building forms) สัดส่วนช่องเปิดต่อพื้นที่ผนังอาคาร (window to wall ratio: WWR) การจัดวางทิศทาง(orientation) อาคาร เป็นสำคัญโดยการแสดงออกมาเป็นหน่วยการใช้ไฟฟ้าต่อปี เฉพาะพลังงานปรับอากาศ (kWh/year) งานวิจัยนี้ไม่ได้ทำการศึกษาด้านวัสดุประกอบอาคาร และในการวิจัยใช้อาคารอ้างอิงที่เป็นสี่เหลี่ยมที่อาจจะมีปรากฏได้ยากอันเนื่องมาจากการสร้างอาคารนั้นจำเป็นต้องสร้างตามขอบเขตที่ดิน ใช้สภาพอากาศจำลองของกรุงเทพมหานครรวมถึงแสดงแวดล้อมที่สมมุตให้ไม่มีสิ่งก่อสร้างข้างเคียงเพื่อที่จะสามารถควบคุมตัวแปรทั้งหมดได้ ผู้วิจัยต้องการแสดงให้เห็นถึงประเด็นดังกล่าวที่เป็นจุดเริ่มต้นในการออกแบบอาคารอนุรักษ์พลังงาน