

ประสิทธิภาพการใช้พลังงานของอาคารที่มีการบังแดดด้วยรูปทรงอาคาร

นายวัชพล โสชะโก

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาสถาปัตยกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาสถาปัตยกรรม ภาควิชาสถาปัตยกรรมศาสตร์

คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปีการศึกษา 2554

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทคัดย่อและแฟ้มข้อมูลฉบับเต็มของวิทยานิพนธ์ตั้งแต่ปีการศึกษา 2554 ที่ให้บริการในคลังปัญญาจุฬาฯ (CUIR)

เป็นแฟ้มข้อมูลของนิสิตเจ้าของวิทยานิพนธ์ที่ส่งผ่านทางบัณฑิตวิทยาลัย

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

ENERGY EFFICIENCY OF SELF-SHADING BUILDINGS

Mr. Wachapol Kosako

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 2010

Copyright of Chulalongkorn University

หัวข้อวิทยานิพนธ์	ประสิทธิภาพการให้พลังงานของอาคารที่มีการ
	บังแดดด้วยรูปทรงอาคาร
โดย	นายวัชพล โฆษะโก
สาขาวิชา	สถาปัตยกรรม
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. อรรถจันทร์ เศรษฐ์สุนทร

คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้หัวข้อวิทยานิพนธ์ฉบับนี้
เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาโทมหาบัณฑิต

..... คณบดีคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. พงศ์ศักดิ์ วัฒนสินธุ์)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ธนิต จินดาวงศ์)

..... อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. อรรถจันทร์ เศรษฐ์สุนทร)

..... อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม (ถ้ามี)
(รองศาสตราจารย์ พรรณชัชวาล สุริโยธิน)

..... กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. วรภัทร์ อิงคโรจน์ฤทธิ์)

..... กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย
(ดร. ณรงค์วิทย์ อารีมิตร)

วัตถุประสงค์ : ประสิทธิภาพการใช้พลังงานของอาคารที่มีการบังแดดด้วยรูปทรงอาคาร. (ENERGY EFFICIENCY OF SELF-SHADING BUILDINGS)

อ. ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก : ผศ.ดร. อรรถจัน เศรษฐบุตร, 98 หน้า.

เรื่องประสิทธิภาพการใช้พลังงานของอาคารที่มีการบังแดดด้วยรูปทรงอาคาร มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาและเปรียบเทียบการใช้พลังงาน ของอาคารที่มีการบังแดดด้วยรูปทรงอาคารรูปทรงต่างๆ กับอาคารทั่วไปที่ไม่มีการบังแดดด้วยรูปทรงอาคาร ในทิศทางต่างๆ โดยศึกษาเฉพาะอาคารสำนักงานขนาดกลางในประเทศไทย ที่มีการใช้งานในเวลากลางวัน การศึกษาใช้วิธีการจำลองด้วยโปรแกรม VisualDOE 4.0 สำหรับคำนวณหาค่าการใช้พลังงานของอาคารและหาค่า OTTV ตามกฎกระทรวงพลังงาน พ.ศ.2552 เพื่อประเมินผลดีหรือผลเสียของอาคารทั้ง 2 ประเภท คือ 1) อาคารอ้างอิงที่ไม่มีการบังแดดด้วยรูปทรงอาคาร ขนาด 30X30 ตร.ม. จำนวน 7 ชั้น สูงชั้นละ 3 ม. (Base case) และ 2) อาคารรูปทรงต่างๆ ความสูงเท่ากัน (Design case) โดยแบ่งเป็น 3 แนวทาง คือ 2.1) Base case และ Design case มีรูปทรงแตกต่างกัน 2.2) Base case และ Design case รูปทรงคล้ายกันเป็นอาคารที่มีส่วนนูนและส่วนเว้า 2.3) Base case และ Design case มีรูปทรงเหมือนกันแต่มีรั้วระยะระจกเข้าอาคาร

จากการวิจัยพบว่าในอาคาร Design case ประเภทที่ 1 และ 2 อาคารที่มีการบังแดดด้วยรูปทรงอาคารมีการใช้พลังงานมากกว่าอาคารที่ไม่มีการบังแดด ซึ่งมากขึ้นตามอัตราส่วนพื้นที่ผนังต่อพื้นที่อาคารที่มากขึ้น และ Design case ประเภทที่ 1 ยิ่ง WWR เพิ่ม การเพิ่มการใช้พลังงานทำความเย็นยังมีเปอร์เซ็นต์เพิ่มขึ้น ขณะที่ Design case ประเภทที่ 2 เมื่อ WWR เพิ่ม การเพิ่มการใช้พลังงานทำความเย็นยังมีเปอร์เซ็นต์ลดลง และอาคารที่มีผนังตามทิศจะใช้พลังงานการทำความเย็นในอาคารต่ำกว่าอาคารที่มีผนังทำมุม 45° แต่อาคาร Base case และ Design case มีค่า OTTV เท่ากันเนื่องจากอาคารทั้ง 2 ประเภทไม่มีการบังแดดให้หน้าต่าง อาคารทั้งสองจึงมีค่า SC=1 ใน Design case ประเภทที่ 3 อาคารที่มีการบังแดดด้วยรูปทรงอาคารที่มีรั้วระยะระจกเข้าอาคาร มีการใช้พลังงานต่ำกว่าอาคารที่ไม่มีการบังแดดด้วยรูปทรงอาคาร และมีค่า OTTV ที่ต่ำกว่า Base case เพราะการรั้วระยะระจกเข้าอาคาร ทำให้ค่า SC ลดลง ค่า OTTV จึงลดลงตามไปด้วย

ผลการวิจัยสรุปได้ว่าค่า OTTV ตามกฎหมายที่ใช้้อยู่ยังไม่ครอบคลุมรูปทรงอาคารที่หลากหลาย ควรเพิ่มตัวแปรในการคำนวณ เพื่อให้ได้ค่า OTTV ที่แม่นยำมากยิ่งขึ้น และอาคารที่มีการบังแดดด้วยรูปทรงอาคารที่มีการใช้พลังงานทำความเย็นลดลงมากที่สุดคือ Design case ประเภทที่ 3 ซึ่งเป็นอาคารที่มีส่วนของอาคารที่เป็นส่วนที่บังส่วนโปร่งแสงของอาคาร ต่างจาก Design case ประเภทที่ 1 ที่ส่วนของอาคารบังส่วนโปร่งแสงได้ไม่มาก หรือ Design case ประเภทที่ 2 ที่ใช้ส่วนโปร่งแสงบังส่วนโปร่งแสง ค่าการใช้พลังงานในอาคารจึงไม่ลดลง

ภาควิชา...สถาปัตยกรรมศาสตร์.....

สาขาวิชา...สถาปัตยกรรม.....

ปีการศึกษา 2554.....

ลายมือชื่อนิสิต.....

ลายมือชื่ออ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก.....

5473358525: MAJOR ARCHITECTURE

KEYWORDS: Cooling energy / Self-shading buildings / OTTV / Office buildings

WACHAPOL KOSAKO: ENERGY EFFICIENCY OF SELF-SHADING BUILDINGS. ADVISOR: ASST. PROF. ATCH SRESHTHAPUTRA, Ph.D., 98 pp.

This thesis on the energy efficiency of self-shading buildings has as its objective to study and compare the energy consumption of self-shading buildings and those buildings with no self-shading strategies. The study focused on medium-sized office buildings in Thailand which are in use during the daytime. The research was conducted by creating a simulation model using the VisualDoe 4.0 program for the calculation of the buildings' energy consumption values and the overall thermal transfer value according to the Energy Conservation Promotion Act B.E. 2552. The purpose was to evaluate the advantages and the disadvantages of both types of buildings, i.e. 1) referenced buildings with no self-shading strategies of 30x30 square meters in area and of seven stories with each storey being three meters in height (base cases), and 2) buildings of various shapes and of the same height (design cases), which fall further into three categories: 2.1) The base case and design case are of different shapes, 2.2) The base case and design case are of similar shapes with convex and concave parts, and 2.3) The base case and design case are of similar shapes with spaces recessed into the buildings.

The research shows that the design case buildings with self-shading strategies in the first two categories consume more energy than those non self-shading buildings in variation with an increase in the window-wall ratio (WWR). The higher the WWR in design cases of the first type, the higher the increase in the percentage of energy consumption required for cooling. On the other hand, for the design cases of the second type, the higher the WWR, the lower the increase in the percentage of energy consumption required for cooling. Also, buildings with floor plans that follow the optimal orientation consume less energy than those with floor plans that are at a 45° angle to the optimal orientation. However, both base case and design case buildings show the same overall thermal transfer value (OTTV). This is because no shade was provided for the windows. The shading coefficient value is thus equal to 1. Finally, considering design case buildings of the third type, self-shading glass buildings with recessed spaces consume less energy than those non self-shading buildings. The OTTV is also lower than that of the base case as the recessed space leads to a lower shading coefficient value, resulting in turn, in a lower OTTV.

It is concluded that the OTTV according to the existing laws still does not cover the various shapes of buildings and that additional variables should be considered in calculations to get a more accurate OTTV. It is also concluded that the design case buildings of the third type with self-shading strategies are the buildings that require the least cooling energy. These are buildings with solid parts that provide shade over the transparent parts of the buildings. In comparison, in those design cases of the first type, the solid parts do not provide much shade over the transparent parts. As for design cases of the second type, some transparent parts are used to provide shade for other transparent parts and thus do not help reduce the energy consumption value of the buildings.

Department: Architecture.....

Student's Signature.....

Field of Study: Architecture.....

Advisor's Signature.....

Academic Year: 2011.....

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สามารถสำเร็จลุล่วงได้ด้วยความสามารถอย่างยิ่งจากผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อรรจน์ เศรษฐบุตร อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ที่กรุณาให้คำปรึกษา แก้ไขข้อบกพร่อง และข้อเสนอแนะอันเป็นประโยชน์ต่อวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นอย่างมาก ผู้วิจัยขอขอบพระคุณในความกรุณามา ณ โอกาสนี้

ขอขอบพระคุณรองศาสตราจารย์ พรรณชลัท สุริโยธิน ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วรภัทร์ อิงคโรจน์ฤทธิ์ และดร.พร วิรุฬห์รักษ์ ตลอดจนคณาจารย์คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ทุกท่าน ที่ได้ให้วิชาความรู้ คำแนะนำ และแง่คิดอันเป็นประโยชน์ที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัยครั้งนี้

ขอขอบคุณเพื่อนสตูดิโอ 74 รุ่นพี่ที่ร่วมเรียนปริญญาโท และผู้เกี่ยวข้องที่ไม่ได้กล่าวถึงสำหรับความช่วยเหลือ คำแนะนำ และประสบการณ์ที่ได้รับ

ขอบพระคุณคุณพ่อ คุณแม่และครอบครัวที่คอยสนับสนุน และให้กำลังใจตลอดระยะเวลาการศึกษาจนกระทั่งวิทยานิพนธ์นี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

งานวิจัยชิ้นนี้ได้รับทุนอุดหนุนจากบริษัท ดี ไอ ดี ไซน์ส์ จำกัด

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	จ
กิตติกรรมประกาศ.....	ฉ
สารบัญ.....	ช
สารบัญตาราง.....	ฌ
สารบัญภาพ.....	ฎ
สารบัญแผนภูมิ.....	ฏ
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย.....	2
1.3 ขอบเขตของการวิจัย.....	3
1.4 คำจำกัดความที่ใช้ในการวิจัย.....	3
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	3
1.6 วิธีดำเนินการวิจัย.....	3
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	
2.1 แนวคิดและทฤษฎี.....	5
2.2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	8
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย	
3.1 แนวทางในการวิจัย.....	13
3.2 กำหนดการดำเนินการวิจัย.....	13
3.3 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย.....	24
บทที่ 4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล	
4.1 ผลการวิเคราะห์อัตราส่วนการบังเงาของพื้นที่ผิวอาคาร.....	25
4.2 ผลการวิเคราะห์การใช้พลังงานการทำความเย็นภายในอาคารต่อพื้นที่อาคาร.....	30
4.3 ผลการวิเคราะห์การใช้พลังงานการทำความเย็นภายในอาคารต่อพื้นที่ผิวอาคาร.....	57
4.4 เปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์การใช้พลังงานการทำความเย็นภายในอาคารต่อพื้นที่อาคารและพื้นที่ผิวอาคาร.....	66
4.5 เปรียบเทียบค่า OTTV ต่อ การใช้พลังงานการทำความเย็นภายในอาคาร.....	72
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ	

	หน้า
5.1 สรุปผลการวิจัย.....	86
5.2 ข้อเสนอแนะ.....	90
รายการอ้างอิง.....	92
ภาคผนวก.....	93
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์.....	98

สารบัญตาราง

		หน้า
ตารางที่ 2.1	ค่าOTTV สำหรับอาคารประเภทต่างๆ ตามกฎกระทรวง พ.ศ.2552	8
ตารางที่ 2.2	ค่า CF ทิศต่างๆ.....	9
ตารางที่ 2.3	ค่า SC ทิศต่างๆ.....	9
ตารางที่ 2.4	ส่วนต่างค่าOTTV ของอาคารทั้ง 2 ประเภท.....	10
ตารางที่ 2.5	ตัวแปร.....	11
ตารางที่ 3.1	ตัวแปร.....	14
ตารางที่ 3.2	Design case.....	20
ตารางที่ 4.1	อัตราการบังเงาของอาคาร Base case.....	26
ตารางที่ 4.2	Design case # 1.....	26
ตารางที่ 4.3	อัตราการบังเงาของอาคาร Design case ผังพื้นรูปตัว X ทั้ง 3 ประเภท.....	26
ตารางที่ 4.4	อัตราการบังเงาของอาคาร Design case ผังพื้นรูปตัว H ทั้ง 3 ประเภท.....	26
ตารางที่ 4.5	อัตราการบังเงาของอาคาร Design case ผังพื้นรูปตัว L ทั้ง 3 ประเภท.....	27
ตารางที่ 4.6	อัตราการบังเงาของอาคาร Design case ผังพื้นรูปตัว T ทั้ง 3 ประเภท.....	27
ตารางที่ 4.7	อัตราการบังเงาของอาคาร Design case ผังพื้นรูปตัว U ทั้ง 3 ประเภท.....	27
ตารางที่ 4.8	Design case # 2.....	28
ตารางที่ 4.9	อัตราการบังเงาของอาคาร Design case เป็นอาคารที่มีส่วนเว้าระยะ 1 ม.....	28
ตารางที่ 4.10	อัตราการบังเงาของอาคาร Design case เป็นอาคารที่มีส่วนเว้าระยะ 2 ม.....	28
ตารางที่ 4.11	อัตราการบังเงาของอาคาร Design case เป็นอาคารที่มีส่วนเว้าระยะ 3 ม.....	28
ตารางที่ 4.12	Design case # 3.....	28
ตารางที่ 4.13	Design case # 1.....	31
ตารางที่ 4.14	เรียงลำดับการใช้พลังงานการทำความเย็นภายในอาคารDesign case - X WWR 0.5.....	34
ตารางที่ 4.15	เรียงลำดับการใช้พลังงานการทำความเย็นภายในอาคารDesign case - H WWR 0.5.....	37
ตารางที่ 4.16	เรียงลำดับการใช้พลังงานการทำความเย็นภายในอาคารDesign case - L WWR 0.5.....	40
ตารางที่ 4.17	เรียงลำดับการใช้พลังงานการทำความเย็นภายในอาคารDesign case - T WWR 0.5.....	43
ตารางที่ 4.18	เรียงลำดับการใช้พลังงานการทำความเย็นภายในอาคารDesign case - U WWR 0.5.....	46
ตารางที่ 4.19	ตัวอย่างอัตราส่วนพื้นที่ผิวต่อพื้นที่อาคารและอัตราการบังเงาของอาคารผังรูปตัว X..	46
ตารางที่ 4.20	ค่า OTTV.....	47

ตารางที่ 4.21	เรียงลำดับการใช้พลังงานการทำความเย็นภายในอาคาร Design case Design case # 1.....	49
ตารางที่ 4.22	Design case # 2.....	50
ตารางที่ 4.23	ตัวอย่างอัตราส่วนพื้นที่ผิวต่อพื้นที่อาคารและอัตราการบังเงาของอาคาร Design case # 2.....	52
ตารางที่ 4.24	Design case # 3.....	55
ตารางที่ 4.25	Design case # 1.....	57
ตารางที่ 4.26	Design case # 2.....	60
ตารางที่ 4.27	Design case # 3.....	62
ตารางที่ 4.28	OTTVb ต่อ OTTVss Design case X.....	73
ตารางที่ 4.29	OTTVb ต่อ OTTVss Design case H.....	75
ตารางที่ 4.30	OTTVb ต่อ OTTVss Design case L.....	76
ตารางที่ 4.31	OTTVb ต่อ OTTVss Design case T.....	78
ตารางที่ 4.32	OTTVb ต่อ OTTVss Design case U.....	79
ตารางที่ 4.33	OTTVb ต่อ OTTVss Design case #1.....	80
ตารางที่ 4.34	OTTVb ต่อ OTTVss Design case #2.1.....	81
ตารางที่ 4.35	OTTVb ต่อ OTTVss Design case #2.2.....	83
ตารางที่ 4.36	OTTVb ต่อ OTTVss Design case #2.3.....	84
ตารางที่ 4.37	OTTVb ต่อ OTTVss Design case #2.....	85
ตารางที่ 5.1	Design case	86
ตารางที่ 5.2	ตัวอย่างอัตราส่วนพื้นที่ผิวต่อพื้นที่อาคารและอัตราการบังเงาของอาคารผังรูปตัว X..	87
ตารางที่ 5.3	ตัวอย่างอัตราการบังเงาของอาคารต่อการใช้พลังงานการทำความเย็นที่เพิ่มขึ้นสูงสุด	88
ตารางที่ 5.4	การใช้พลังงานการทำความเย็นจากน้อยไปมาก	89
ตารางที่ 5.5	เปรียบเทียบค่าต่างๆที่เพิ่มขึ้นและลดลงจาก Base case.....	90
ตารางที่ 5.6	สมการเปรียบเทียบ OTTV ของอาคาร Design case 1.....	90
ตารางที่ 5.7	สมการเปรียบเทียบ OTTV ของอาคาร Design case 2.....	91

สารบัญภาพ

		หน้า
ภาพที่ 1.1	อาคารผังพื้นที่เหลี่ยมจัตุรัสและอาคารผังพื้นที่รูปตัว X.....	2
ภาพที่ 3.1	ผังพื้นที่อาคาร Base case.....	15
ภาพที่ 3.2	Base case 30x30 WWR 0.50 จากโปรแกรม Visual DOE 4.0.....	15
ภาพที่ 3.3	ผังพื้นที่อาคาร Design case มีพื้นที่ผิวอาคารเท่ากับ Base case.....	16
ภาพที่ 3.4	ผังพื้นที่อาคาร Design case มีพื้นที่อาคารเท่ากับ Base case.....	16
ภาพที่ 3.5	ผังพื้นที่อาคาร Design case มีพื้นที่อาคารและพื้นที่ผิวใกล้เคียงกับ Base case.....	16
ภาพที่ 3.6	Base case.....	16
ภาพที่ 3.7	Design case เป็นอาคารที่มีส่วนเว้าระยะ 1 ม.....	17
ภาพที่ 3.8	Design case เป็นอาคารที่มีส่วนเว้าระยะ 2 ม.....	17
ภาพที่ 3.9	Design case อาคารที่มีส่วนเว้าระยะ 2 ม. และส่วนนูนระยะ 1 ม. จากโปรแกรม VisualDOE 4.0.....	17
ภาพที่ 3.10	Design case เป็นอาคารที่มีส่วนเว้าระยะ 3 ม.....	18
ภาพที่ 3.11	Design case อาคารที่มีส่วนเว้าระยะ 3 ม. และส่วนนูนระยะ 1 ม.จากโปรแกรม Visual DOE 4.0.....	18
ภาพที่ 3.12	Base case.....	18
ภาพที่ 3.13	Design case รันระยะกระจกเข้าในแนวตั้ง จากโปรแกรม Visual DOE 4.0.....	19
ภาพที่ 3.14	การตั้งค่าการรันระยะกระจก จากโปรแกรม Visual DOE 4.0.....	19
ภาพที่ 3.15	แบบจำลอง Design case รันระยะกระจกเข้าในแนวนอน และแนวตั้งจากโปรแกรม SketchUP.....	20
ภาพที่ 3.16	ตัวอย่างการหาอัตราส่วนพื้นที่ผิวผนังที่ถูกบังแดดต่อพื้นที่ผิวผนังจากโปรแกรม Ecotect	21
ภาพที่ 3.17	การปรับทิศทางการวางตัวของอาคาร จากโปรแกรม Visual DOE 4.0.....	21
ภาพที่ 3.18	Base case.....	22
ภาพที่ 3.19	Design case # 1.1.....	22
ภาพที่ 3.20	Design case # 1.2	22
ภาพที่ 3.21	Design case # 1.3.....	23
ภาพที่ 3.22	Design case # 2.....	23
ภาพที่ 4.1	ตัวอย่างการหาอัตราการบังเงาเฉลี่ยทั้งปีจากโปรแกรม Ecotect Analysis.....	25

แผนภูมิที่ 4.32	เปรียบเทียบอัตราส่วนพื้นที่ผิวต่อพื้นที่อาคารต่อการใช้พลังงานการทำความเย็น ภายในอาคาร Design case # 1.....	47
แผนภูมิที่ 4.33	Design case –1.1 WWR 0.5.....	48
แผนภูมิที่ 4.34	Design case –1.2 WWR 0.5.....	48
แผนภูมิที่ 4.35	Design case –1.3 WWR 0.5.....	48
แผนภูมิที่ 4.36	การใช้พลังงานการทำความเย็นภายในอาคารอาคาร Base case.....	49
แผนภูมิที่ 4.37	การใช้พลังงานการทำความเย็นภายใน Design case เป็นอาคารที่มีส่วนเว้าระยะ 1 เมตร.....	50
แผนภูมิที่ 4.38	การใช้พลังงานการทำความเย็นภายใน Design case เป็นอาคารที่มีส่วนเว้าระยะ 2 เมตร.....	51
แผนภูมิที่ 4.39	การใช้พลังงานการทำความเย็นภายใน Design case เป็นอาคารที่มีส่วนเว้าระยะ 3 เมตร.....	51
แผนภูมิที่ 4.40	เปรียบเทียบอัตราส่วนพื้นที่ผิวต่อพื้นที่อาคารต่อการใช้พลังงานการทำความเย็น. ภายในอาคาร Design case # 2.....	53
แผนภูมิที่ 4.41	การใช้พลังงานการทำความเย็นภายในอาคารอาคาร Base case หน้าต่างแนวอนน...	54
แผนภูมิที่ 4.42	การใช้พลังงานการทำความเย็นภายในอาคารอาคาร Base case หน้าต่างแนวตั้ง.....	54
แผนภูมิที่ 4.43	การใช้พลังงานการทำความเย็นภายในอาคารต่อพื้นที่อาคาร Design case รันระยะ กระจกเข้าในแนวอนน.....	55
แผนภูมิที่ 4.44	การใช้พลังงานการทำความเย็นภายในอาคารต่อพื้นที่อาคาร Design case รันระยะ กระจกเข้าในแนวตั้ง.....	56
แผนภูมิที่ 4.45	การใช้พลังงานการทำความเย็นภายในอาคารต่อพื้นที่ผิวอาคารและต่อพื้นที่อาคาร Design case ผังพื้นรูปตัว X.....	57
แผนภูมิที่ 4.46	การใช้พลังงานการทำความเย็นภายในอาคารต่อพื้นที่ผิวอาคารและต่อพื้นที่อาคาร Design case ผังพื้นรูปตัว H.....	58
แผนภูมิที่ 4.47	การใช้พลังงานการทำความเย็นภายในอาคารต่อพื้นที่ผิวอาคารและต่อพื้นที่อาคาร Design case ผังพื้นรูปตัว L.....	58
แผนภูมิที่ 4.48	การใช้พลังงานการทำความเย็นภายในอาคารต่อพื้นที่ผิวอาคารและต่อพื้นที่อาคาร Design case ผังพื้นรูปตัว T.....	59
แผนภูมิที่ 4.49	การใช้พลังงานการทำความเย็นภายในอาคารต่อพื้นที่ผิวอาคารและต่อพื้นที่อาคาร Design case ผังพื้นรูปตัว U.....	59
แผนภูมิที่ 4.50	การใช้พลังงานการทำความเย็นภายในอาคารต่อพื้นที่ผิวอาคารและต่อพื้นที่อาคาร Design case ที่มีส่วนเว้าระยะ 1 ม.....	60

	หน้า
แผนภูมิที่ 4.69 OTTV ต่อการใช้พลังงานการทำความเย็นภายในอาคาร Design case L.....	75
แผนภูมิที่ 4.70 OTTVb ต่อ OTTVss Design case L.....	77
แผนภูมิที่ 4.71 OTTV ต่อการใช้พลังงานการทำความเย็นภายในอาคาร Design case T.....	77
แผนภูมิที่ 4.72 OTTVb ต่อ OTTVss Design case T.....	78
แผนภูมิที่ 4.73 OTTV ต่อการใช้พลังงานการทำความเย็นภายในอาคาร Design case U.....	79
แผนภูมิที่ 4.74 OTTVb ต่อ OTTVss Design case U.....	80
แผนภูมิที่ 4.75 OTTV ต่อการใช้พลังงานการทำความเย็นภายในอาคาร Design case # 2.1.....	81
แผนภูมิที่ 4.76 OTTVb ต่อ OTTVss Design case # 2.1.....	82
แผนภูมิที่ 4.77 OTTV ต่อการใช้พลังงานการทำความเย็นภายในอาคาร Design case # 2.2.....	82
แผนภูมิที่ 4.78 OTTVb ต่อ OTTVss Design case # 2.2.....	82
แผนภูมิที่ 4.79 OTTV ต่อการใช้พลังงานการทำความเย็นภายในอาคาร Design case #2.3.....	83
แผนภูมิที่ 4.80 OTTVb ต่อ OTTVss Design case # 2.3.....	84

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

การใช้พลังงานเป็นปัญหาสำคัญสำหรับประเทศไทย เพราะการผลิตพลังงานเพื่อใช้งานนั้นนอกจากจะเป็นส่วนหนึ่งที่ทำให้เกิดมลพิษต่อสิ่งแวดล้อมแล้ว ยังเป็นการสิ้นเปลืองงบประมาณของประเทศในการนำเข้าพลังงานจากต่างประเทศอีกด้วย ซึ่งการใช้พลังงานมากกว่า 1 ใน 3 ของปริมาณการใช้พลังงานรวมของประเทศไทยพบว่ามีหมดไปกับการใช้พลังงานสำหรับผลิตไฟฟ้าที่ใช้ในอาคารบ้านเรือนต่างๆ เพื่ออำนวยความสะดวกสบายแก่ผู้ใช้งาน สามารถแบ่งเป็น 3 ส่วนหลักๆ คือ ระบบทำความเย็นสำหรับเครื่องปรับอากาศ ระบบไฟฟ้าแสงสว่างและไฟฟ้าสำหรับอุปกรณ์ไฟฟ้าต่างๆ การใช้ไฟฟ้าส่วนใหญ่นั้นใช้ไปกับระบบทำความเย็น เพื่อสร้างภาวะสบายให้แก่ผู้ใช้อาคาร ดังนั้นการลดใช้พลังงานในอาคาร จึงควรเน้นในส่วนของระบบปรับอากาศ โดยการลดภาระการทำความเย็นของอาคาร ซึ่งปัจจัยที่ก่อให้เกิดภาระการทำความเย็นคือความร้อนจากแหล่งความร้อนต่างๆ ทั้งภายนอกและภายในอาคาร ได้แก่ ความร้อนจากผู้ใช้อาคาร ความร้อนจากอุปกรณ์ไฟฟ้าต่างๆ และที่สำคัญที่สุดคือความร้อนจากภายนอกอาคารที่เป็นปัจจัยหลักของภาระการทำความเย็นภายในอาคาร

อาคารสำนักงานเป็นอาคารประเภทหนึ่งที่ใช้พลังงานไฟฟ้าในปริมาณมาก เนื่องจากเป็นอาคารที่ใช้งานในเวลากลางวันจึงได้รับผลกระทบจากความร้อนภายนอกอาคารที่แผ่มาจากรังสีดวงอาทิตย์ และเป็นอาคารที่มีผู้ใช้งานเฉลี่ยต่อพื้นที่มากกว่าอาคารประเภทอื่นๆ ปัจจุบันก็ได้มีสร้างอาคารสำนักงานขนาดกลางเพิ่มขึ้นเพื่อรองรับธุรกิจรายย่อยที่เพิ่มขึ้น ซึ่งการออกแบบอาคารจึงควรคำนึงถึงการประหยัดพลังงานโดยการออกแบบเพื่อลดความร้อนเข้าสู่อาคาร สามารถทำได้หลายวิธีเช่น การเลือกใช้วัสดุเปลือกอาคาร ทิศทางการวางตัวของอาคาร ตำแหน่งช่องเปิด การบังแดดให้อาคารและรูปทรงของอาคาร ซึ่งการเลือกใช้วัสดุเปลือกอาคารที่มีคุณภาพสูงเช่นกระจกกันความร้อนและฉนวนกันความร้อนต่างๆ หรือการติดอุปกรณ์บังแดด อาจส่งผลให้ค่าใช้จ่ายในการก่อสร้างสูงขึ้นมา การออกแบบรูปทรงอาคารที่มีส่วนของอาคารช่วยบังแดดด้วยตัวเองจึงเป็นทางเลือกหนึ่งที่มีความเป็นไปได้ในการลดการนำความร้อนเข้าสู่อาคาร

การออกแบบอาคารเพื่อประหยัดพลังงานในปัจจุบันเริ่มมีความจำเป็นมากยิ่งขึ้น หลังจากที่ได้มีประกาศการใช้พระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ. 2535 และได้มีการพัฒนาข้อบังคับต่างๆ จนเกิดกฎกระทรวง การออกแบบอาคารเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน ควบคุม

อาคารที่มีพื้นที่ตั้งแต่ 2,000 ตารางเมตรขึ้นไป โดยมีมาตรฐานและหลักเกณฑ์ต่างๆ เช่น ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนังด้านนอกของอาคาร (OTTV , Overall Thermal Transfer Value) ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของหลังคาอาคาร (RTTV, Roof Thermal Transfer Value) และค่ากำลังไฟฟ้าส่องสว่างสูงสุด เป็นต้น

ค่า OTTV หมายถึงดัชนีในการแสดงปริมาณความร้อนเฉลี่ยที่เข้าสู่ที่มีการปรับอากาศเพื่อใช้ประเมินสมรรถนะของกรอบอาคารต่อการถ่ายเทความร้อน โดยคิดค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนังด้านนอกของอาคารแต่ละด้าน ซึ่งเป็นที่มาปัญหาว่าอาคารที่มีรูปทรงต่างๆ เช่นอาคารที่มีการบังแดดด้วยรูปอาคารกับอาคารรูปทรงสี่เหลี่ยมปกติที่สามารถคำนวณค่า OTTV มีค่าเท่ากันแล้วจะมีการใช้พลังงานมากน้อยแตกต่างกันเท่าใด เช่น อาคารปกติที่มีผนังสี่เหลี่ยมจตุรัสกับอาคารที่มีผนังรูปตัว X ซึ่งมีรูปทรงที่สามารถบังแดดเพิ่มจากปกติ โดยที่อาคารทั้งสองมีพื้นที่ผิวในแต่ละทิศเท่ากัน จึงมีค่า OTTV เท่ากัน แต่ปริมาณการใช้พลังงานของอาคารทั้งสองอาจมีค่าเท่ากันหรือต่างกันได้



ภาพที่ 1.1 อาคารผนังสี่เหลี่ยมจตุรัสและอาคารผนังรูปตัว X

งานวิจัยนี้จึงการศึกษาการใช้พลังงานภายในอาคารทั้ง 2 ประเภท คือ อาคารปกติที่ไม่มีการบังแดดด้วยรูปทรงอาคาร และอาคารที่มีการบังแดดด้วยรูปทรงรูปทรงต่างๆ โดยศึกษาจากอาคารสำนักงานขนาดกลาง สูงไม่เกิน 23 เมตร พื้นที่รวมไม่เกิน 10,000 ตารางเมตร เพื่อเปรียบเทียบการใช้พลังงานอาคารที่มีการบังแดดด้วยรูปทรงรูปทรงต่างๆ ในทิศทางต่างๆ เพื่อเป็นแนวทางในการออกแบบ เพื่อให้ผู้ออกแบบสามารถออกแบบเพื่อการประหยัดพลังงานภายในอาคาร

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาและเปรียบเทียบการใช้พลังงานการทำความเย็นภายในอาคาร ที่มีการบังแดดด้วยรูปทรงอาคารด้วยรูปทรง ต่างๆ กับอาคารทั่วไปที่ไม่มีการบังแดดด้วยรูปทรงอาคาร
2. เพื่อศึกษาและเปรียบเทียบอาคารที่มีการบังแดดด้วยรูปทรงอาคารในทิศทางต่างๆ
3. เพื่อศึกษาและเปรียบเทียบการใช้พลังงานการทำความเย็นภายในอาคาร กับค่าการถ่ายเทความร้อนของอาคาร

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

1. ศึกษาเฉพาะอาคารสำนักงานขนาดกลาง สูงไม่เกิน 23 เมตร พื้นที่รวมไม่เกิน 10,000 ตารางเมตร ใช้งานในเวลากลางวันในประเทศไทย
2. ช่องเปิดอาคารที่ใช้จำลองไม่ใช้อุปกรณ์บังแดดทั้งภายนอกและภายในอาคาร
3. ศึกษาโดยใช้วิธีการจำลองด้วยโปรแกรม VisualDOE 4.0 และ Ecotect Analysis เนื่องจากสามารถจำลองการใช้พลังงานของอาคารได้ทั้งปีและปรับเปลี่ยนได้ทุกสถานการณ์
4. ค่า WWR และความต้านทานความร้อนของวัสดุของอาคารที่ใช้จำลองทั้ง 2 ประเภทมีค่าเท่ากันทั้ง 4 ทิศ
5. ผังพื้นที่ของอาคารของอาคารที่ใช้จำลอง ไม่มีการแบ่งห้องย่อย ไม่รวมพื้นที่ส่วนกลาง
6. ศึกษาเฉพาะค่าพลังงานในการทำความเย็นของอาคารเท่านั้น โดยไม่พิจารณาค่าไฟฟ้า แสงสว่างและอุปกรณ์ไฟฟ้า
7. ศึกษาเฉพาะค่า OTTV เท่านั้น โดยไม่พิจารณาค่า RTTV

1.4 คำจำกัดความที่ใช้ในการวิจัย

1. อาคารที่มีการบังแดดด้วยรูปทรง(Self-Shading Building) คือ อาคารที่มีการบังแดดด้วยรูปทรงของอาคารเอง โดยไม่ได้ติดตั้งอุปกรณ์บังแดด

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. การใช้พลังงานการทำความเย็นภายในอาคาร ที่มีการบังแดดด้วยรูปทรงอาคารทิศทางต่างๆ
2. ผลดีและผลเสียของอาคารที่มีการบังแดดด้วยรูปทรงอาคารรูปทรงต่างๆ
3. แนวการออกแบบอาคารรูปทรงต่างๆ ในทิศทางต่างๆ เพื่อการประหยัดพลังงาน

1.6 วิธีดำเนินการวิจัย

1. ศึกษาทฤษฎีเบื้องต้นและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง เช่น ทฤษฎีการถ่ายเทความร้อนผ่านกรอบผนัง เกล็ดประสิทธิภาพพลังงานของกรอบอาคาร การถ่ายเทความร้อนรวมของผนังด้านนอกอาคาร งานวิจัยเกี่ยวกับอาคารที่มีการบังแดดด้วยรูปทรง
2. กำหนดสมมติฐานงานวิจัย
3. ศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการศึกษาการใช้พลังงานของอาคารสำนักงาน เพื่อหาตัวแปรสำหรับการสร้างแบบจำลองอาคาร

4. สร้างแบบจำลองของอาคารอ้างอิงที่ไม่มีการบังแดดด้วยรูปทรงและอาคารที่มีการบังแดดด้วยรูปทรงรูปทรงต่างๆ ทิศทางต่างๆ
5. จำลองการใช้พลังงานการทำความเย็นภายในอาคาร อ้างอิงและอาคารเปรียบเทียบ โดยโปรแกรม VisualDOE4.0
6. หาอัตราส่วนพื้นที่ผิวผนังที่ถูกบังแดดต่อพื้นที่ผิวผนังทั้งหมดเฉลี่ยทั้งปีโดยโปรแกรม Ecotect Analysis
7. เปรียบเทียบค่า OTTV ของอาคารอ้างอิงและอาคารเปรียบเทียบ
7. การเก็บข้อมูลเปรียบเทียบ
8. วิเคราะห์ผล ประเมินผล สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 แนวคิดและทฤษฎี

แหล่งความร้อนที่เข้าสู่อาคาร

1 ความร้อนจากแสงแดดโดยตรง เป็นความร้อนจากแสงดวงอาทิตย์ที่ส่องมายังโลก ความร้อนจะอยู่ในรูป ของแสงสว่างโดยวัตถุจะรับแสงสว่างและดูดซึมความร้อน และจะสะท้อนออกไปบางส่วน

2 ความร้อนจากสภาพแวดล้อมโดยรอบ เช่น ความร้อนจากผิวถนน ลานและอาคารข้างเคียง

3 ความร้อนจากช่องเปิด ได้แก่ หน้าต่าง ช่องแสง ที่ทำไว้รับแสงสว่างและรับลม จะต้องพิจารณาทำช่องเปิด ในทิศทางที่ถูกต้องหรือทำอุปกรณ์บังแดดเพื่อกันความร้อนเข้าสู่อาคาร

4 ความร้อนจากกรอบอาคาร เช่น ผนัง หลังคา โดยหลังคาเป็นส่วนที่ได้รับความร้อนมากที่สุดตลอดทั้งวัน

ค่าที่เกี่ยวข้องกับการกระทำของความร้อนกับวัสดุ

1. การสะท้อนรังสีความร้อน (Reflectivity) เกิดจากคุณสมบัติที่พื้นผิววัสดุสามารถสะท้อนความร้อน ออกไปได้เมื่อรังสีกระทบ

2. การดูดความร้อน (Absorbitivity) เป็นคุณสมบัติที่พื้นผิวของวัสดุที่ดูดความร้อน

3. การคายความร้อน (Emissivity) เกิดจากคุณสมบัติในเนื้อของวัสดุ ที่จะแผ่รังสีความร้อนออกจากเนื้อวัสดุ

4. การถ่ายเทความร้อน (Transmissivity) คือ ค่าการผ่านเข้ามาได้ของปริมาณความร้อน

5. การหน่วงเหนี่ยวความร้อน (Time Lag) คือ ความร้อนสูงสุดที่เกิดขึ้นภายในอาคาร จะเกิดขึ้นหลังจากอุณหภูมิอากาศภายนอกขึ้นสูงสุดระยะเวลาของการหน่วงเหนี่ยวความร้อนขึ้นอยู่กับ ปริมาณมวลสารอาคารในอาคารที่มีมวลสารมากเวลาของการหน่วงความร้อนก็จะยาวนานตาม

การถ่ายเทความร้อน

การถ่ายเทความร้อนเกิดขึ้นได้ 3 วิธี ระหว่างวัตถุใดๆ สามารถเกิดขึ้นได้ก็ต่อเมื่อ อุณหภูมิของวัตถุ ทั้งสองมีความแตกต่างกัน ปกติแล้วความร้อนจะถ่ายเทจากที่มีอุณหภูมิสูงไปยังที่มีอุณหภูมิต่ำกว่า โดยอาจ จะเกิดขึ้นจากวิธีใดวิธีหนึ่งหรือหลายวิธีพร้อมกันได้ กระบวนการถ่ายเทความร้อนจะดำเนินจนกระทั่งเข้าสู่ สมดุลทางความร้อนและเมื่อเข้าสู่สมดุลทางความร้อนแล้ว

กระบวนการถ่ายเทความร้อนจะไม่เกิดขึ้นอีก เนื่องจากไม่มีความแตกต่างของอุณหภูมิแล้ว การถ่ายเทความร้อน 3 วิธี ได้แก่ การนำ การพา และการแผ่รังสี

1 การถ่ายเทความร้อนโดยการนำ เป็นการถ่ายเทจากโมเลกุลหนึ่งไปยังอีกโมเลกุลหนึ่ง หรือ การถ่ายเทความร้อนที่ผ่านตัวกลางหรือมวลวัตถุ เช่น การถ่ายเทความร้อนที่ผ่านผนังหรือกำแพง ปริมาณ ความร้อนที่ถ่ายเทผ่านวัสดุที่นำความร้อนขึ้นกับสัมประสิทธิ์การนำความร้อนของวัสดุ วัสดุที่นำความร้อน ได้ดีจะมีค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนสูง เช่น โลหะ หิน และคอนกรีต เป็นต้น วัสดุที่ช่วยลดการนำ ความร้อนต้องมีค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนต่ำ เช่น โย แก้ว และฉนวนความร้อน เป็นต้น

2 การถ่ายเทความร้อนโดยการพา เป็นการถ่ายเทความร้อนโดยอาศัยการเคลื่อนตัวของอากาศ เป็นสื่อกลาง เช่น ภายในอาคาร ความร้อนจะผ่านผนังเข้ามาโดยการนำ จากนั้นผิวของผนัง ด้านในจะร้อนขึ้น ทำให้อากาศรอบๆ กำแพงด้านในร้อนขึ้นตามไปด้วย อากาศที่ร้อนจะมีความหนาแน่นต่ำน้ำหนักเบา ก็จะลอยตัวสูงขึ้น อากาศภายในห้องที่อุณหภูมิต่ำกว่าจะหมุนเวียนไปแทนที่ เกิดการถ่ายเทความร้อนแบบการพา

3 การถ่ายเทความร้อนโดยการแผ่รังสี เป็นการถ่ายเทความร้อนโดยการแผ่รังสีผ่านอากาศ หรือสุญญากาศในรูปแบบของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า ไม่ใช่ตัวกลางเป็นสื่อ เช่น ความร้อนจากดวงอาทิตย์ ถ่ายเทผ่านสุญญากาศมายังโลก เป็นต้น อาคารต่างๆ จะได้รับความร้อนโดนการแผ่รังสีทั้งจากรังสีตรง รังสีกระจายและรังสีสะท้อน ซึ่งเป็นรังสีคลื่นสั้นจากดวงอาทิตย์ และจากรังสีความร้อนคลื่นยาวที่แผ่ มาจากวัสดุ หรืออาคารอื่นรอบๆ

กรอบอาคารและปัจจัยที่มีผลต่อการถ่ายเทความร้อน

ผนังทึบ รังสีอาทิตย์ที่ตกกระทบบนผนังทึบ ส่วนหนึ่งจะถูกสะท้อนออกไปและมีส่วนหนึ่งถูกดูดกลืน และสะสมเอาไว้ แล้วจึงถูกถ่ายเทเข้าสู่ภายในอาคารในที่สุด ซึ่งปัจจัยที่มีผลต่อการถ่ายเทความร้อนของผนังทึบ ได้แก่

- สีภายนอกของอาคาร โดยผนังสีอ่อนจะดูดกลืนรังสีอาทิตย์ได้น้อยกว่าผนังสีเข้ม
- ฉนวนกันความร้อน สามารถช่วยลดการถ่ายเทความร้อนลงได้
- มวลสารของผนังอาคาร โดยผนังที่มีมวลสารมากจะช่วยลดการถ่ายเทความร้อนได้

ผนังโปร่งแสง คือการใช้กระจกของอาคาร ซึ่งความร้อนจากรังสีอาทิตย์ถ่ายเทผ่านกระจก โดยถูก สะท้อนและดูดกลืนเช่นเดียวกันกับผนังทึบ แต่มีการถ่ายเทความร้อนสูงกว่ามาก ปัจจัยในการเลือกใช้กระจก ได้แก่

-ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน (Coefficient of heat transfer หรือ U) เป็นค่าที่แสดงความสามารถในการถ่ายเทความร้อน เนื่องจากอุณหภูมิที่แตกต่างกันระหว่างสิ่งแวดล้อมด้านนอกและด้าน ในอาคาร ค่า U ต่ำ การถ่ายเทความร้อนเข้าสู่อาคาร น้อยค่า U สูง การถ่ายเทความร้อนเข้าสู่อาคารมาก

-ค่าสัมประสิทธิ์ความร้อนรังสีอาทิตย์ Solar Heat Gain Coefficient (SHGC) เป็นค่าที่แสดงถึงปริมาณพลังงานที่ผ่านจากกระจก เข้ามาในตัวอาคาร ซึ่งประกอบด้วยสองส่วน คือ รังสีอาทิตย์ที่เป็นคลื่นสั้นซึ่งผ่านเข้ามาในอาคารโดยตรง และ ส่วนของความร้อนที่ดูดกลืนไว้ที่ตัวกระจกและค่อยถ่ายเทเข้ามาในอาคาร

-ค่าสัมประสิทธิ์การบังแดด Shading Coefficient (SC) ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนอันเนื่อง จากปริมาณแสงอาทิตย์ที่ส่องผ่านเข้ามาในตัวอาคารโดยตรง เปรียบเทียบกับ กระจกใสความหนา 3 มิลลิเมตร

เกณฑ์ประสิทธิภาพพลังงานของกรอบอาคาร

การถ่ายเทความร้อนรวมของผนังด้านนอกอาคาร (OTTV , Overall Thermal Transfer Value) หมายถึงดัชนีในการแสดงปริมาณความร้อนเฉลี่ยที่เข้าสู่ที่มีการปรับอากาศ เพื่อใช้ประเมินสมรรถนะของ กรอบอาคารต่อการถ่ายเทความร้อน

$$OTTV = Q_{\text{conduction (Wall)}} + Q_{\text{conduction (glass)}} + Q_{\text{radiation (glass)}} / \text{Envelope Area}$$

$$Q_{\text{conduction (Wall)}} = U_{\text{wall}} \times A_{\text{wall}} \times T_{\text{deq}}$$

$$(\text{วัสดุผนัง} \times \text{พื้นที่ผนัง} \times \text{ความต่างอุณหภูมิ})$$

$$Q_{\text{conduction (glass)}} = U_{\text{glass}} \times A_{\text{glass}} \times \Delta T$$

$$(\text{วัสดุช่องแสง} \times \text{พื้นที่ช่องแสง} \times \text{ความต่างอุณหภูมิ})$$

$$Q_{\text{radiation (glass)}} = A_{\text{glass}} \times SHGC \times SC_{\text{shade}} \times ESR$$

$$(\text{พื้นที่ช่องแสง} \times \text{คุณสมบัติกระจก} \times \text{แผงบังแดด} \times \text{รังสีอาทิตย์})$$

$$\text{หรือ } OTTV = [(1 - WWR) \times T_{\text{Deq}} \times U_w] + [(WWR) \times \Delta T \times U_f] + [(WWR) \times SC \times SHGC \times ESR]$$

ตัวแปรในสมการ OTTV

OTTV คือ ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนังด้านที่พิจารณา (W/m^2)

U_w คือ สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวมของผนังที่บ (W/C)

WWR คือ อัตราส่วนพื้นที่ของหน้าต่างโปร่งแสงต่อพื้นที่ทั้งหมดของผนังด้านที่พิจารณา

- TDeq คือ ค่าความแตกต่างอุณหภูมิเทียบเท่า (C)
- Uf คือ สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวมของผนังโปร่งแสง/กระจก (W/m²C)
- ΔT คือ ค่าความแตกต่างอุณหภูมิระหว่างภายในและภายนอกอาคาร (C)
- SHGC คือ ค่าสัมประสิทธิ์ความร้อนจากรังสีอาทิตย์ที่ส่งผ่าน ผนังโปร่งแสงหรือกระจก
- SC คือ สัมประสิทธิ์การบังแดด
- ESR คือ ปริมาณรังสีอาทิตย์ตกกระทบที่มีผลต่อการถ่ายเทความร้อนผ่านผนังโปร่งแสง (W/m²)
- ค่าOTTV สำหรับอาคารประเภทต่างๆ ตามกฎกระทรวง พ.ศ.2552

ตารางที่ 2.1 ค่าOTTV สำหรับอาคารประเภทต่างๆ ตามกฎกระทรวง พ.ศ.2552

อาคาร	OTTV
สำนักงาน สถานศึกษา	ไม่เกิน 50 W/m ²
ห้างสรรพสินค้า ร้านค้าย่อย	ไม่เกิน 40 W/m ²
โรงแรม โรงพยาบาล สถานพักฟื้น	ไม่เกิน 30 W/m ²

2.2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การศึกษาอาคารที่มีการบังแดดด้วยรูปทรงอาคารต่อค่าการถ่ายเทความร้อนรวมและขนาดกระจกของอาคารสูง (Investigating the Effectiveness of Self-Shading Strategy on Overall Thermal Transfer Value and Window Size in High Rise Buildings) โดย Mansour Nikpour, Mohd Zin kandar, Mohammad Ghomeshi, Nima Moeinzadeh, Mohsen Ghasemi ประเทศมาเลเซีย ได้เปรียบเทียบค่า OTTV อาคารที่มี การบังแดดด้วยรูปทรงอาคารที่มีการบังแดดด้วยรูปทรงกับอาคารที่ไม่มีการบังแดดด้วยรูปทรงอาคาร และการเปรียบเทียบ WWR ของอาคารที่มีการบังแดดด้วยรูปทรงกับอาคารที่ไม่มีการบังแดดด้วยรูปทรงอาคาร

1) การศึกษาเรื่องปริมาณความร้อนของอาคารจากสูตรการคำนวณ OTTV ของประเทศมาเลเซีย

$$OTTV = [(1 - WWR) \times TDeq \times Uw] + [(WWR) \times T \times Uf] + [(WWR) \times SC \times SF]$$

จากนั้นจึงเปรียบเทียบอาคารที่มีการบังแดดด้วยรูปทรงกับอาคารที่ไม่มีการบังแดดด้วยรูปทรงอาคารโดยกำหนดในค่า SC ของอาคารที่ไม่มีการบังแดดเป็น 1 และ SC ของอาคารที่มีการ

บังแดดในตัวขึ้นอยู่กับทิศทางของผนังแต่ละด้าน โดยให้ OTTV หมายถึง OTTV ของอาคารที่ไม่มีการบังแดดด้วยรูปทรงกับอาคารและ OTTVss หมายถึง OTTV ของอาคารที่มีการบังแดดด้วยรูปทรงกับอาคาร

ตารางที่ 2.2 ค่า CF ทิศต่างๆ

Orientation	CF
North	0.90
East	1.23
West	0.92
South	0.94

ที่มา : Investigating the Effectiveness of Self-Shading Strategy on Overall Thermal Transfer Value and Window Size in High Rise Buildings

ตารางที่ 2.3 ค่า SC ทิศต่างๆ

Orientation	SC
North	0.67
East	0.60
West	0.65
South	0.67

ที่มา : Investigating the Effectiveness of Self-Shading Strategy on Overall Thermal Transfer Value and Window Size in High Rise Buildings

เปรียบเทียบ ค่า OTTV ทิศเหนือ

$$OTTV = (15 \times a \times (1-WWR) \times U_w) + (6 \times WWR \times U_f) + ((194 \times 0.9) \times WWR \times 1)$$

$$OTTV_{ss} = (15 \times a \times (1-WWR) \times U_w) + (6 \times WWR \times U_f) + ((194 \times 0.9) \times WWR \times 0.67)$$

ผลต่าง OTTV ของอาคารที่มีและไม่มีการบังแดดด้วยรูปทรงอาคารทางทิศเหนือ

$$OTTV - OTTV_{ss} = (194 \times 0.9 \times WWR \times 1) - (194 \times 0.9 \times WWR \times 0.67)$$

$$OTTV - OTTV_{ss} = 57.61 \times WWR$$

เปรียบเทียบ ค่า OTTV ทิศใต้

$$OTTV = (15 \times a \times (1-WWR) \times U_w) + (6 \times WWR \times U_f) + ((194 \times 0.92) \times WWR \times 1)$$

$$OTTV_{ss} = (15 \times a \times (1-WWR) \times U_w) + (6 \times WWR \times U_f) + ((194 \times 0.92) \times WWR \times 0.67)$$

ผลต่าง OTTV ของอาคารที่มีและไม่มีการบังแดดด้วยรูปทรงอาคารทางทิศใต้

$$\text{OTTV-OTTV}_{\text{ss}} = (194 \times 0.92 \times \text{WWR} \times 1) - (194 \times 0.92 \times \text{WWR} \times 0.67)$$

$$\text{OTTV-OTTV}_{\text{ss}} = 58.89 \times \text{WWR}$$

เปรียบเทียบ ค่า OTTV ทิศตะวันออก

$$\text{OTTV} = (15 \times a \times (1-\text{WWR}) \times U_w) + (6 \times \text{WWR} \times U_f) + ((194 \times 1.23) \times \text{WWR} \times 1)$$

$$\text{OTTV}_{\text{ss}} = (15 \times a \times (1-\text{WWR}) \times U_w) + (6 \times \text{WWR} \times U_f) + ((194 \times 1.23) \times \text{WWR} \times 0.60)$$

ผลต่าง OTTV ของอาคารที่มีและไม่มีการบังแดดด้วยรูปทรงอาคารทางทิศตะวันออก

$$\text{OTTV-OTTV}_{\text{ss}} = (194 \times 0.94 \times \text{WWR} \times 1) - (194 \times 0.94 \times \text{WWR} \times 0.60)$$

$$\text{OTTV-OTTV}_{\text{ss}} = 95.44 \times \text{WWR}$$

เปรียบเทียบ ค่า OTTV ทิศตะวันตก

$$\text{OTTV} = (15 \times a \times (1-\text{WWR}) \times U_w) + (6 \times \text{WWR} \times U_f) + ((194 \times 0.94) \times \text{WWR} \times 1)$$

$$\text{OTTV}_{\text{ss}} = (15 \times a \times (1-\text{WWR}) \times U_w) + (6 \times \text{WWR} \times U_f) + ((194 \times 0.94) \times \text{WWR} \times 0.65)$$

ผลต่าง OTTV ของอาคารที่มีและไม่มีการบังแดดด้วยรูปทรงอาคารทางทิศตะวันตก

$$\text{OTTV-OTTV}_{\text{ss}} = (194 \times 0.94 \times \text{WWR} \times 1) - (194 \times 0.94 \times \text{WWR} \times 0.65)$$

$$\text{OTTV-OTTV}_{\text{ss}} = 63.82 \times \text{WWR}$$

ผลที่ได้จากการรวมค่า OTTV ทั้งสองแบบในทิศต่างๆ คือ

$$\text{OTTV} - \text{OTTV}_{\text{ss}} = (A (57.61 \times \text{WWR} + 58.89 \times \text{WWR} + 95.44 \times \text{WWR} + 63.82 \times \text{WWR}) / 4A$$

$$\text{OTTV} - \text{OTTV}_{\text{ss}} = 68.94 \times \text{WWR}$$

ตารางที่ 2.4 ส่วนต่างค่า OTTV ของอาคารทั้ง 2 ประเภท

Orientation	OTTV reduction
North	57.61 x WWR
East	58.89 x WWR
West	95.44 x WWR
South	63.82 x WWR
Whole Building	68.94 x WWR

ที่มา : Investigating the Effectiveness of Self-Shading Strategy on Overall Thermal Transfer Value and Window Size in High Rise Buildings

2) การหาค่า WWR ของอาคารที่มีการบังแดดด้วยรูปทรงกับอาคาร ซึ่งที่มีค่า WWR เดิมที่เคยคิดไว้แล้วสำหรับอาคารทั่วไป จากงานของ Zain-Ahmed et al (1998) คือ 25% เมื่อได้ควบคุมค่าต่างๆ ให้มีค่าเท่ากันแล้ว เพื่อหาค่า OTTV ของอาคารปกติ

ตารางที่ 2.5 ตัวแปร

PARAMETER	VALUE
WWR:OTTV	0.25
Wall absorptance	20%
Uw	2.4
Uf	5.9

ที่มา : Investigating the Effectiveness of Self-Shading Strategy on Overall Thermal Transfer Value and Window Size in High Rise Buildings

ทิศเหนือ $OTTV = (15 \times 20/100 \times (1-0.25) \times 2.4) + (6 \times 0.25 \times 5.9) + (194 \times 0.90 \times 0.25 \times 1)$

ทิศใต้ $OTTV = (15 \times 20/100 \times (1-0.25) \times 2.4) + (6 \times 0.25 \times 5.9) + (194 \times 0.92 \times 0.25 \times 1)$

ทิศตะวันออก $OTTV = (15 \times 20/100 \times (1-0.25) \times 2.4) + (6 \times 0.25 \times 5.9) + (194 \times 1.23 \times 0.25 \times 1)$

ทิศตะวันตก $OTTV = (15 \times 20/100 \times (1-0.25) \times 2.4) + (6 \times 0.25 \times 5.9) + (194 \times 0.94 \times 0.25 \times 1)$

$$OTTV = (A \times (57.9 + 58.87 + 73.90 + 59.74)) / 4A$$

$$OTTV = 62.60 \text{ W/m}^2$$

จากนั้นจึงสร้างสมการค่า OTTV ของอาคารที่มีการบังแดดด้วยรูปทรงอาคาร โดยใช้ค่า SC ตามทิศต่างๆ คือ

ทิศเหนือ $OTTV_{ss} = (15 \times 20/100 \times (1-0.25) \times 2.4) + (6 \times 0.25 \times 5.9) + (194 \times 0.90 \times 0.25 \times 1)$

ทิศใต้ $OTTV_{ss} = (15 \times 20/100 \times (1-0.25) \times 2.4) + (6 \times 0.25 \times 5.9) + (194 \times 0.92 \times 0.25 \times 1)$

$$\text{ทิศตะวันออก OTTV}_{ss} = (15 \times 20/100 \times (1-0.25) \times 2.4) + (6 \times 0.25 \times 5.9) + (194 \times 1.23 \times 0.25 \times 1)$$

$$\text{ทิศตะวันตก OTTV}_{ss} = (15 \times 20/100 \times (1-0.25) \times 2.4) + (6 \times 0.25 \times 5.9) + (194 \times 0.94 \times 0.25 \times 1)$$

$$\text{OTTV}_{ss} = (A \times (7.2 + 145.18 \times \text{WWR}) + (7.2 + 147.78 \times \text{WWR}) + (7.2 + 171.37 \times \text{WWR}) + (7.2 + 146.73 \times \text{WWR})) / 4A$$

$$\text{OTTV}_s = 7.2 + 152.76 \times \text{WWR}$$

เมื่อนำค่า OTTV ของ WWR 25% จะได้

$$62.60 = 7.2 + 152.76 \times \text{WWR}$$

$$\text{WWR} = 0.36$$

จากการศึกษาเรื่องอาคารที่มีการบังแดดด้วยรูปทรงอาคารต่อค่าการถ่ายเทความร้อนรวม และขนาดกระจกของอาคารสูง เป็นงานศึกษาโดยการจำลองด้วยสมการคณิตศาสตร์ เปรียบเทียบ ค่า OTTV และ WWR ของอาคารทั้งสองประเภท ผลที่ได้คือ อาคารที่มีการบังแดดด้วยรูปทรงอาคารสามารถลดค่า OTTV ลดลง $68.94 \times \text{WWR}$ และค่า WWR ของอาคารที่มีการบังแดดด้วยรูปทรงอาคารสามารถเพิ่มจากอาคารปกติ คือ $\text{WWR} = 0.36$ จะมีค่า OTTV เท่ากับ WWR 0.25 ของอาคารปกติ

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 แนวทางในการวิจัย

งานวิจัยประสิทธิภาพการใช้พลังงานของอาคารที่มีการบังแดดด้วยรูปทรงอาคาร ศึกษาโดยใช้วิธีการจำลองด้วยโปรแกรม VisualDOE4.0 และ Ecotect Analysis เนื่องจากสามารถจำลองการใช้พลังงานของอาคารได้ทั้งปีและปรับเปลี่ยนได้ทุกสถานการณ์

3.2 กำหนดการดำเนินการวิจัย

3.1.1. ศึกษาทฤษฎีเบื้องต้นและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ศึกษาทฤษฎีเบื้องต้นและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง เช่น ทฤษฎีการถ่ายเทความร้อนผ่านกรอบผนัง เกณฑ์ประสิทธิภาพพลังงานของกรอบอาคาร การถ่ายเทความร้อนรวมของผนังด้านนอกอาคาร งานวิจัยเกี่ยวกับอาคารที่มีการบังแดดด้วยรูปทรง

3.1.2. กำหนดสมมติฐานงานวิจัย

อาคารที่มีการบังแดดด้วยรูปทรงอาคารสามารถช่วยลดการใช้พลังงานในอาคารได้

3.1.3. ศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการใช้พลังงานของอาคารสำนักงาน เพื่อหาตัวแปรต่างๆ

ตัวแปรต้น -รูปทรงอาคาร

-ทิศทางการวางตัวของอาคารทั้งสองประเภท 8 ทิศ

-WWR 0.1-0.9

-อัตราส่วนพื้นที่ผิวผนังที่ถูกบังแดดต่อพื้นที่ผิวผนังทั้งหมด

ตัวแปรตาม -ค่าการใช้พลังงานการทำความเย็นภายในอาคาร ทั้งปีต่อพื้นที่อาคาร (KWh/m².yr)

-ค่าการใช้พลังงานการทำความเย็นภายในอาคาร ทั้งปีต่อพื้นที่ผิวอาคาร (kWh/m².yr)

-ค่า OTTV (W/m²)

ตัวแปรควบคุม -คุณสมบัติเปลือกอาคารที่ใช้เป็น Base case

ตารางที่ 3.1 ตัวแปร

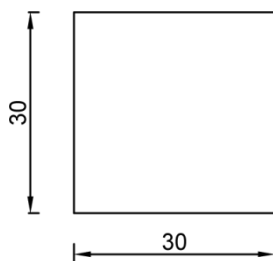
Item	Value
Building Type	Office
Building schedule	air-condition 5 days per week 8.00-17.00
Stories	7
Floor-to-Floor (m.)	3
Uw* (W/m ²)	3.31
Uf* (W/m ²)	3.25
LPD* (W/m ²)	17.11
EPD*(W/m ²)	16
Occupancy* (m ² /person)	11
SC* glass	0.69
Wall (m.)	0.2
Wall Absorptance	0.3
Wall Density (kg/m ³)	2400
Specific Heat	0.92
DSH (kJ/m ² K)	441
Temp.*(°C)	24.5
Partition	CMU Partition
Infiltration (air-changes/hr)	0.2
System	Residential

* (S.Chungloo, B.Limmeechockchai and S.Chungpaibulpatana, 2000)

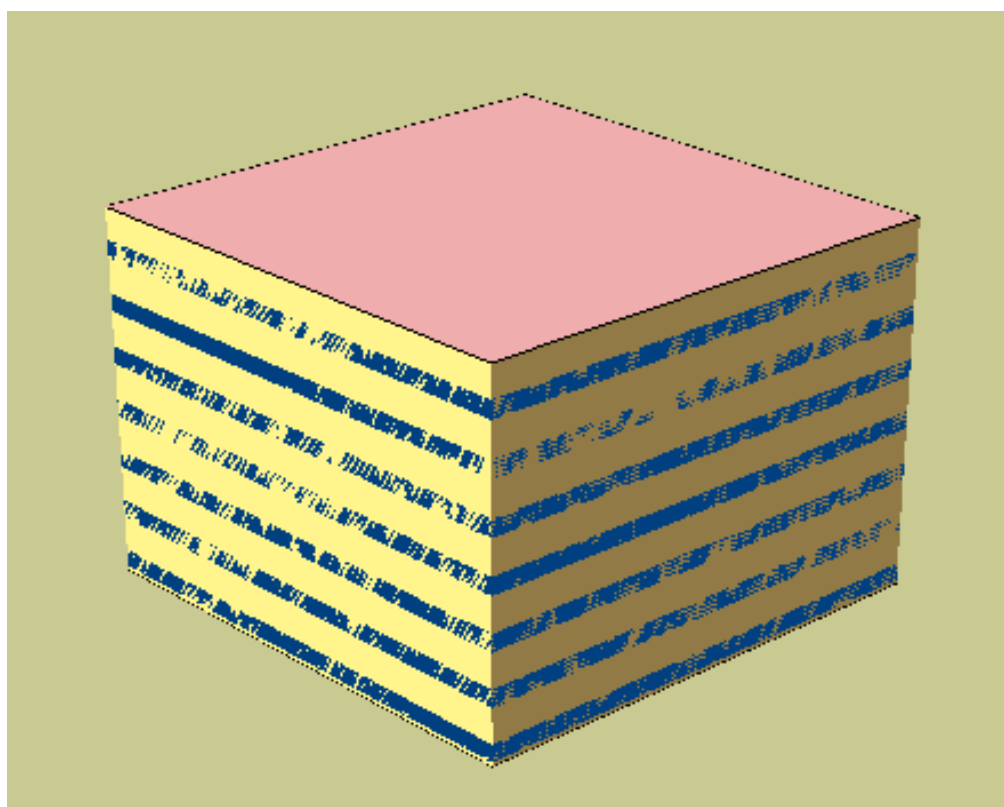
3.1.4. สร้างแบบจำลองพื้นฐานของอาคารที่ไม่มีการบังแดดด้วยรูปทรงอาคาร (Base case) โดยกำหนดตัวแปรต่างๆอ้างอิงจากงานวิจัยที่ผ่านมาและออกแบบแบบจำลองของอาคารที่มีการบังแดดด้วยรูปทรงอาคาร (Design case) โดยแบ่งเป็น 3 แนวทาง คือ

1 Base case และ Design case มีรูปทรงแตกต่างกัน

โดย Base Case เป็นอาคารทรงสี่เหลี่ยมขนาด 30 x 30 ตร.ม. สูง 7 ชั้น ความสูงจากพื้นถึงพื้นชั้นถัดไป 3 ม. พื้นที่อาคารรวม 6,300 ตร.ม. พื้นที่ผิวอาคาร 2,520 ตร.ม. โดยพื้นที่ผิวอาคารทั้ง 4 ทิศ มีขนาดเท่ากันทั้งหมด



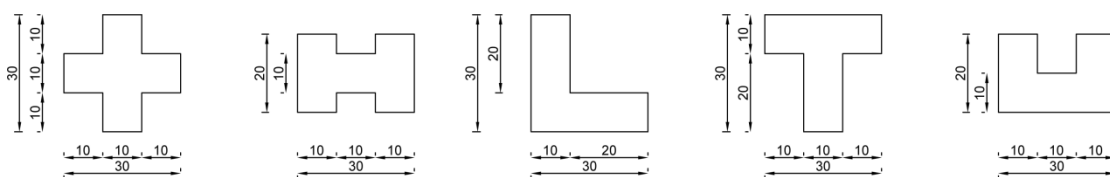
ภาพที่ 3.1 ผังพื้นอาคาร Base case



ภาพที่3.2 Base case 30x30 WWR 0.50 จากโปรแกรม VisaulDOE 4.0

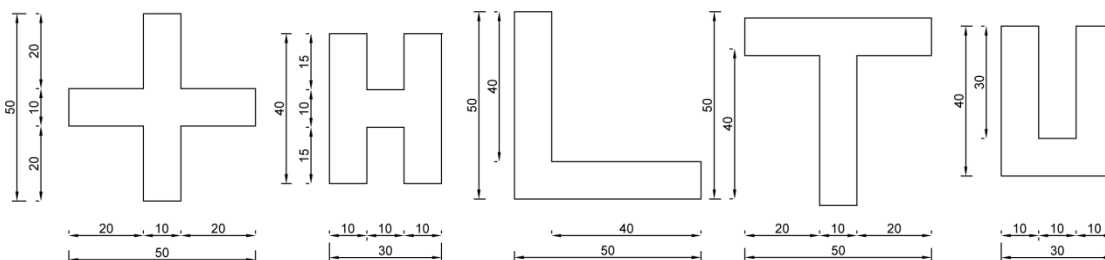
และ Design case เป็นอาคารรูปทรงต่างๆ คือ อาคารที่มีผังแบบตัว X H L T และ U โดยแบ่ง Design case เป็น 3 ประเภท คือ

1.1 Design case มีพื้นที่ผิวอาคารเท่ากับ Base case มีพื้นที่อาคาร 3,500 ตร.ม.



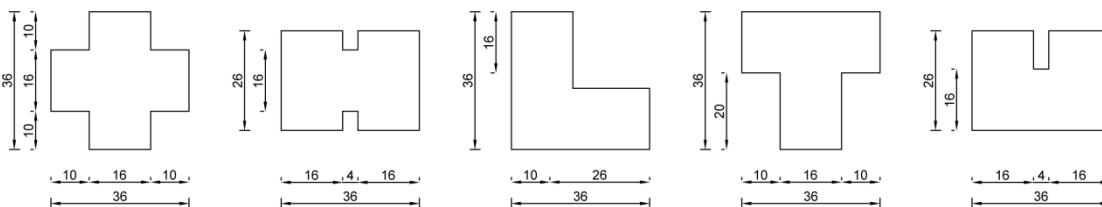
ภาพที่3.3 ผังพื้นอาคาร Design case มีพื้นที่ผิวอาคารเท่ากับ Base case

1.2 Design case มีพื้นที่อาคารเท่ากับ Base case มีพื้นที่ผิวอาคาร 4,200 ตร.ม.



ภาพที่3.4 ผังพื้นอาคาร Design case มีพื้นที่อาคารเท่ากับ Base case

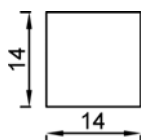
1.3 Design case มีพื้นที่อาคารและพื้นที่ผิวใกล้เคียงกับ Base case คือมีพื้นที่อาคาร 6,272 ตร.ม. และพื้นที่ผิวอาคาร 3,024 ตร.ม.



ภาพที่3.5 ผังพื้นอาคาร Design case มีพื้นที่อาคารและพื้นที่ผิวใกล้เคียงกับ Base case

2 Base case และ Design case รูปทรงคล้ายกัน

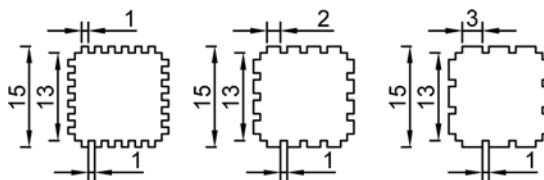
Base Case เป็นอาคารทรงสี่เหลี่ยมขนาด 14 x 14 ตร.ม. สูง 7 ชั้น ความสูงจากพื้นถึงพื้นชั้นถัดไป 3 ม. พื้นที่อาคารรวม 1,372 ตร.ม. พื้นที่ผิวอาคาร 1,176 ตร.ม. โดยพื้นที่ผิวอาคารทั้ง 4 ทิศ มีขนาดเท่ากันทั้งหมด



ภาพที่3.6 Base case

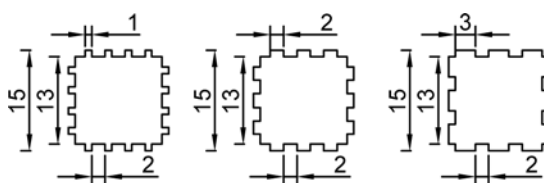
Design case เป็นอาคารที่มีส่วนนูนส่วนเว้า ลึก 1 ม. โดยแบ่ง Design case เป็น 2 ประเภท คือ

2.1. Design case เป็นอาคารที่มีส่วนเว้าระยะ 1 ม. และส่วนนูนระยะ 1 ม. 2 ม. และ 3 ม.

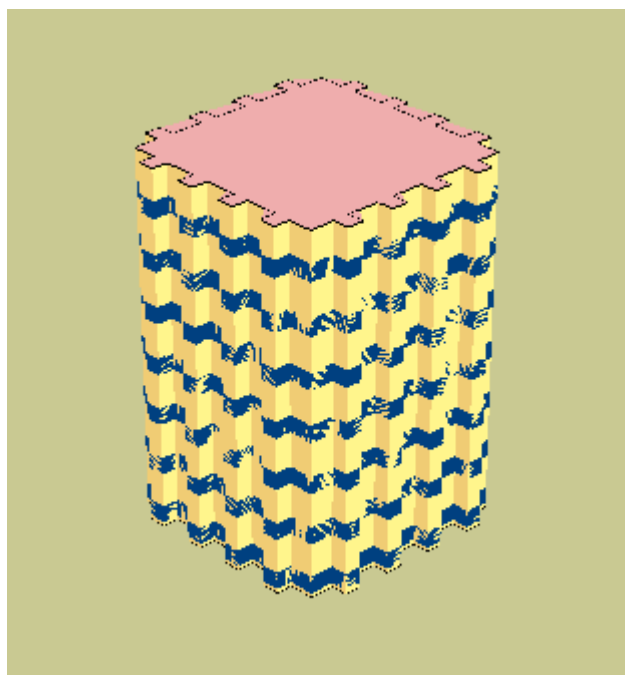


ภาพที่3.7 Design case เป็นอาคารที่มีส่วนเว้าระยะ 1 ม.

2.2. Design case เป็นอาคารที่มีส่วนเว้าระยะ 2 ม. และส่วนนูนระยะ 1 ม. 2 ม. และ 3 ม.



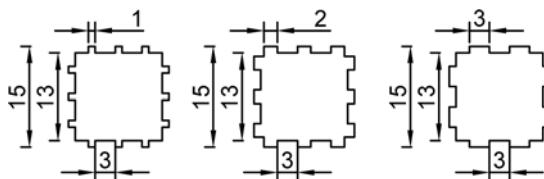
ภาพที่3.8 Design case เป็นอาคารที่มีส่วนเว้าระยะ 2 ม.



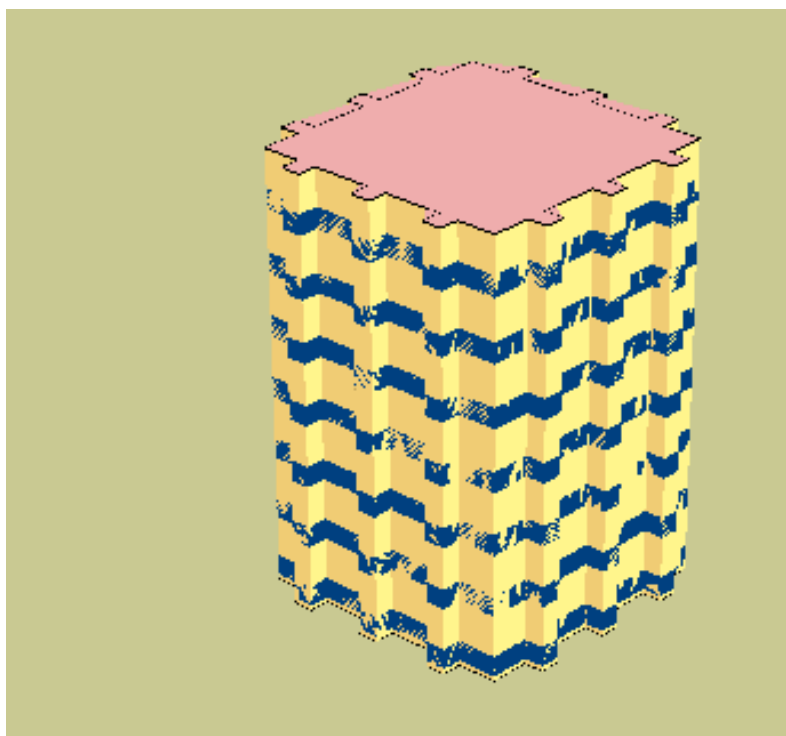
ภาพที่3.9 Design case อาคารที่มีส่วนเว้าระยะ 2 ม. และส่วนนูนระยะ 1 ม.

จากโปรแกรม Visual DOE 4.0

2.3. Design case เป็นอาคารที่มีส่วนเว้าระยะ 3 ม. และส่วนนูนระยะ 1 ม. 2 ม. และ 3 ม.



ภาพที่3.10 Design case เป็นอาคารที่มีส่วนเว้าระยะ 3 ม.

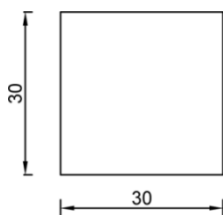


ภาพที่3.11 Design case อาคารที่มีส่วนเว้าระยะ 3 ม. และส่วนนูนระยะ 1 ม.

จากโปรแกรม Visual DOE 4.0

3 Base case และ Design case มีรูปทรงเหมือนกัน

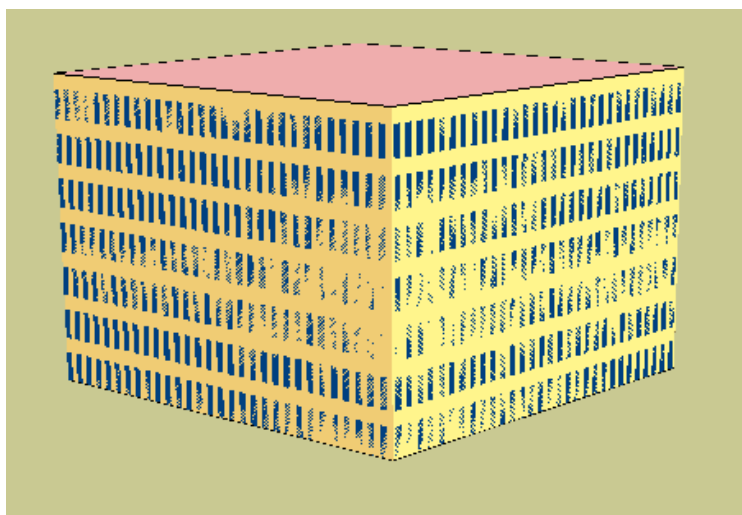
Base Case เป็นอาคารทรงสี่เหลี่ยมขนาด 30 x 30 ตร.ม. สูง 7 ชั้น ความสูงจากพื้นถึงพื้นชั้นถัดไป 3 ม. พื้นที่อาคารรวม 6,300 ตร.ม. พื้นที่ผิวอาคาร 2,520 ตร.ม. โดยพื้นที่ผิวอาคารทั้ง 4 ทิศ มีขนาดเท่ากันทั้งหมด



ภาพที่3.12 Base case

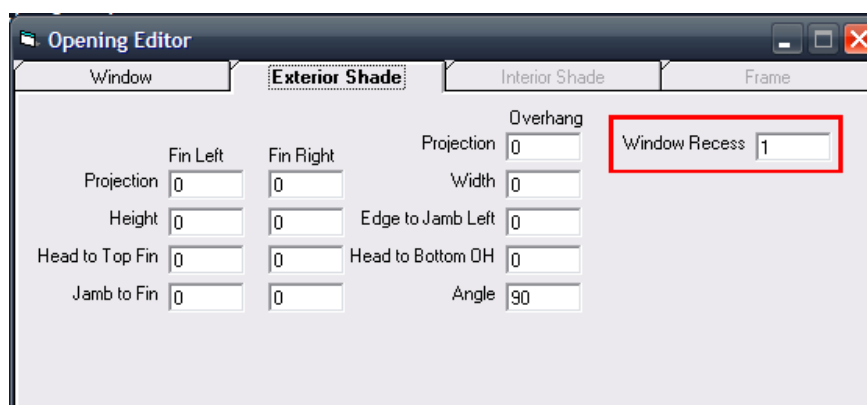
Design case เป็นอาคารรูปทรงเดียวกับ Base case และมีการร่นระยะกระจกเข้าไปในอาคารระยะต่างๆ คือ 0.25 ม. , 0.50 ม. , 0.75 ม. และ 1 ม. โดยแบ่ง Design case เป็น 2 ประเภท คือ

- 3.1. Design case ร่นระยะหน้าต่างเข้าในแนวนอน
- 3.2. Design case ร่นระยะหน้าต่างเข้าในแนวตั้ง

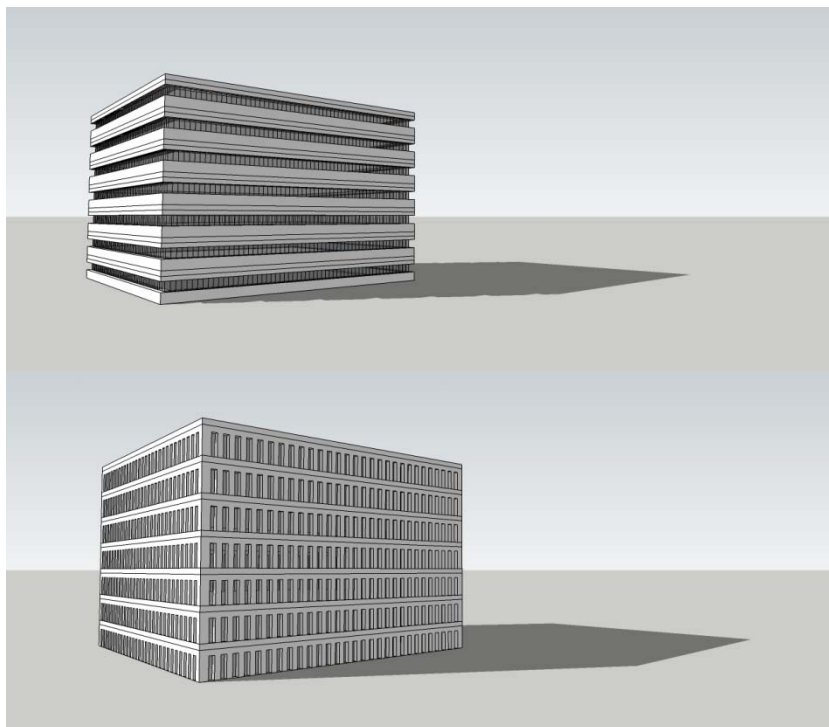


ภาพที่ 3.13 Design case ร่นระยะกระจกเข้าในแนวตั้ง จากโปรแกรม Visual DOE

4.0



ภาพที่ 3.14 การตั้งค่าการร่นระยะกระจก จากโปรแกรม Visual DOE 4.0

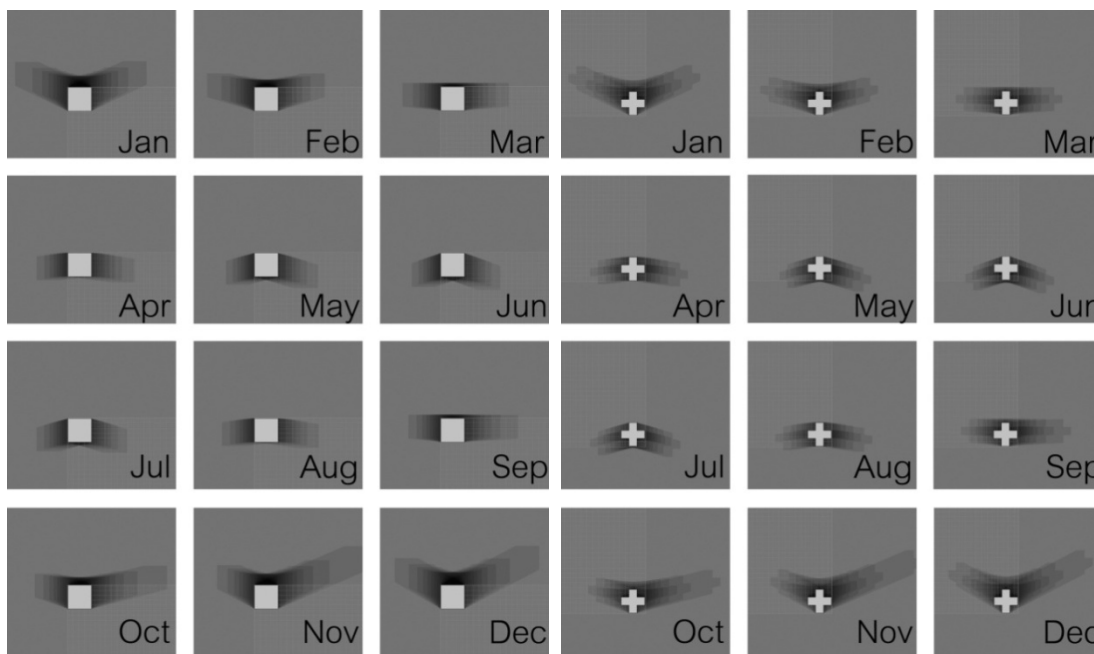


ภาพที่ 3.15 แบบจำลอง Design case รันระยะกระจกเข้าในแนวนอน และแนวตั้ง จากโปรแกรม Sketch UP

ตารางที่ 3.2 Design case

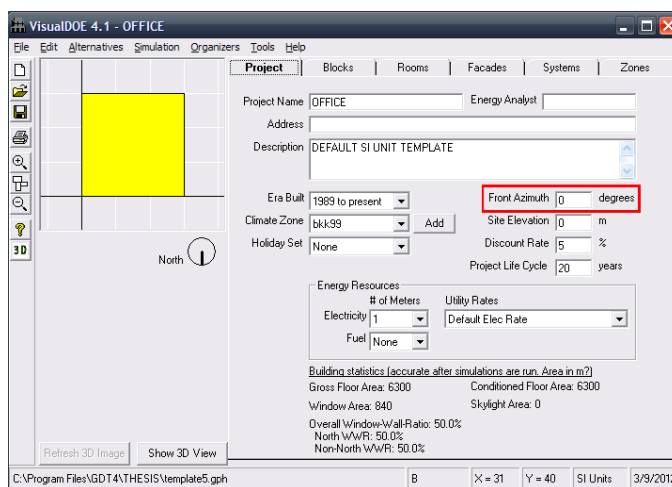
ประเภทที่ 1 Base case และ Design case มีรูปทรงแตกต่างกัน	1.1. Design case มีพื้นที่ผิวอาคารเท่ากับ Base case	
	1.2. Design case มีพื้นที่อาคารเท่ากับ Base case	
	1.3. Design case มีพื้นที่อาคารและพื้นที่ผิวใกล้เคียงกับ Base case	
ประเภทที่ 2 Base case และ Design case รูปทรงคล้ายกัน	2.1. Design case เป็นอาคารที่มีส่วนเว้าระยะ 1 ม.	
	2.2. Design case เป็นอาคารที่มีส่วนเว้าระยะ 2 ม.	
	2.3. Design case เป็นอาคารที่มีส่วนเว้าระยะ 3 ม.	
ประเภทที่ 3 Base case และ Design case มีรูปทรงเหมือนกัน	3.1. Design case รันระยะกระจกเข้าในแนวนอน	
	3.2. Design case รันระยะกระจกเข้าในแนวตั้ง	

3.1.5. หาอัตราส่วนพื้นที่ผิวผนังที่ถูกบังแดดต่อพื้นที่ผิวผนังทั้งหมด จากโปรแกรม Ecotect Analysis

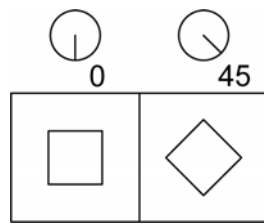


ภาพที่ 3.16 ตัวอย่างการหาอัตราส่วนพื้นที่ผิวผนังที่ถูกบังแดดต่อพื้นที่ผิวผนัง จากโปรแกรม Ecotect

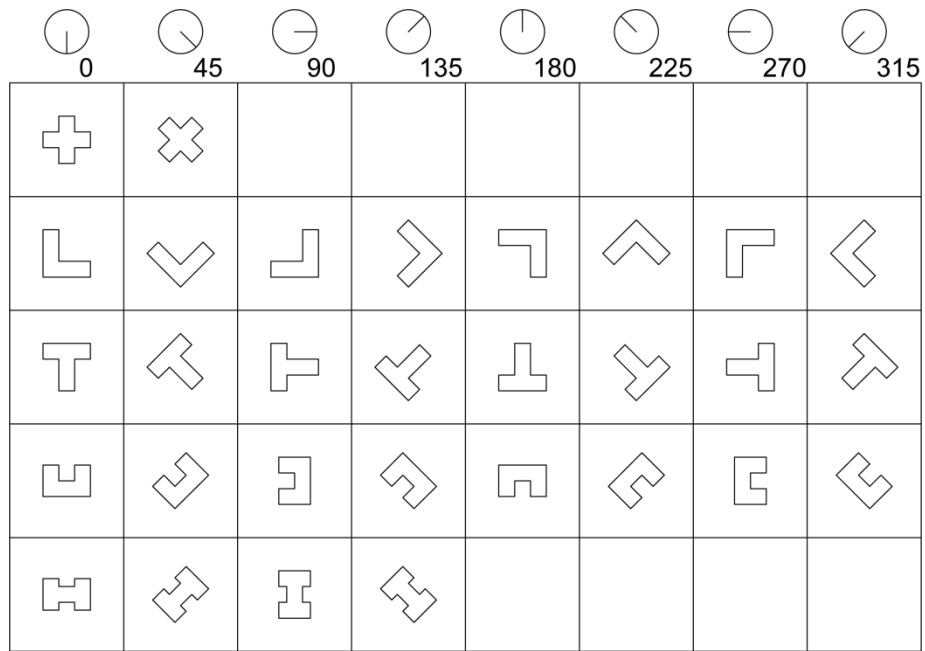
3.1.6. จำลองการใช้พลังงานของอาคารที่ไม่มีการบังแดดด้วยรูปทรงอาคารและอาคารที่มีการบังแดดด้วยรูปทรงอาคารรูปแบบต่างๆกับทิศทางการวางตัวของอาคารทั้ง 8 ทิศ WWR 0.1-0.9 และตามอัตราพื้นที่ผิวผนังที่ถูกบังแดดต่อพื้นที่ผิวผนังทั้งหมด ด้วยโปรแกรม VisualDOE 4.0 คำนวณค่าการใช้พลังงานรวมของอาคารต่อปีต่อตารางเมตร



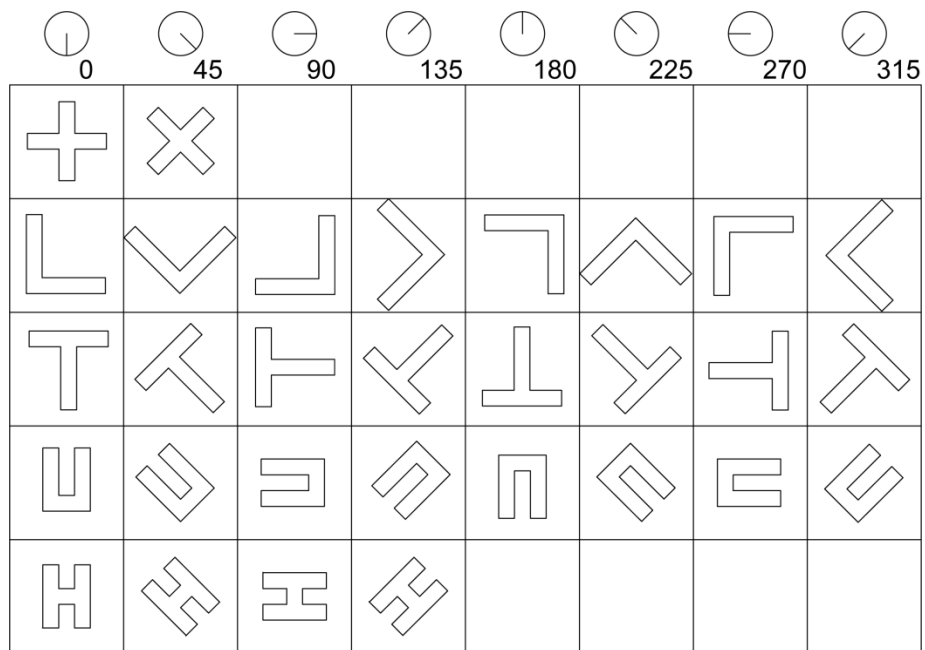
ภาพที่ 3.17 การปรับทิศทางการวางตัวของอาคาร จากโปรแกรม Visual DOE 4.0



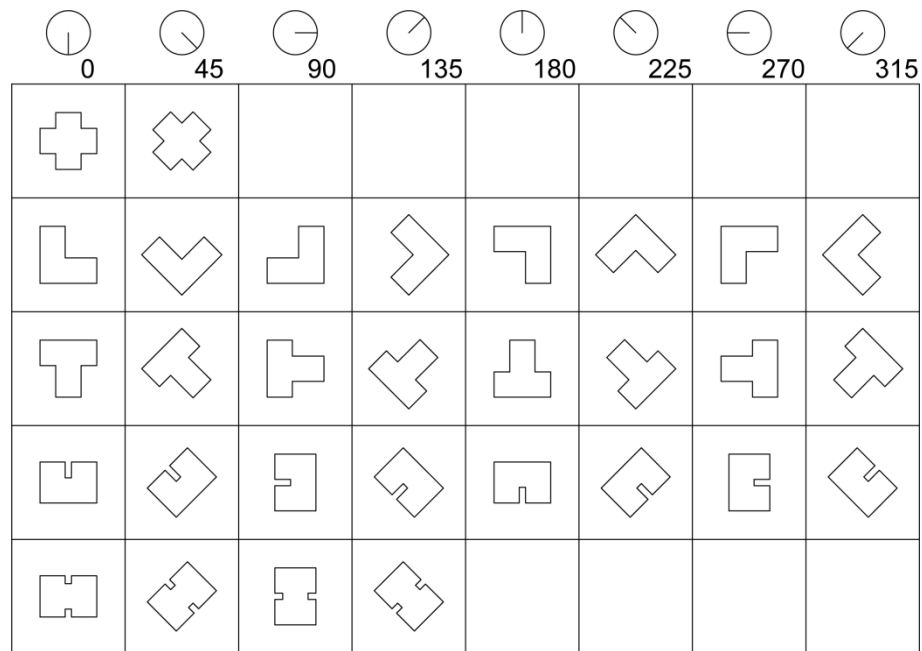
ภาพที่ 3.18 Base case



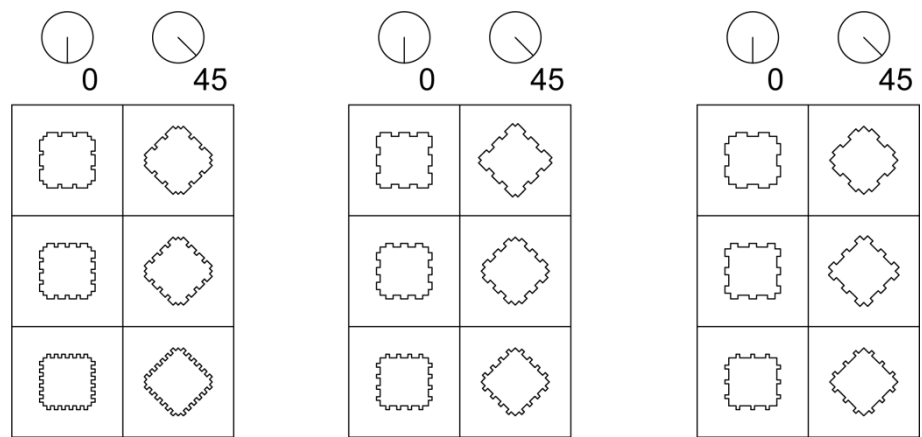
ภาพที่ 3.19 Design case # 1.1



ภาพที่ 3.20 Design case # 1.2



ภาพที่ 3.21 Design case # 1.3



ภาพที่ 3.22 Design case # 2

3.1.7. การเก็บข้อมูลเปรียบเทียบและประเมินประสิทธิภาพของอาคารที่มีการบังแดดด้วยรูปทรง ตามอัตราพื้นที่ผิวผนังที่ถูกบังแดดต่อพื้นที่ผิวผนังทั้งหมด

3.1.8. วิเคราะห์ผล ประเมินผล สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ

3.3 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

ในการวิจัยนี้เป็นวิจัยแบบจำลองด้วยคอมพิวเตอร์ สร้างแบบจำลองการใช้พลังงานที่เกิดขึ้นภายในอาคาร ซึ่งมีการปรับเปลี่ยนตัวแปรต่างๆ จำนวนมาก โดยใช้โปรแกรมดังต่อไปนี้ คือ

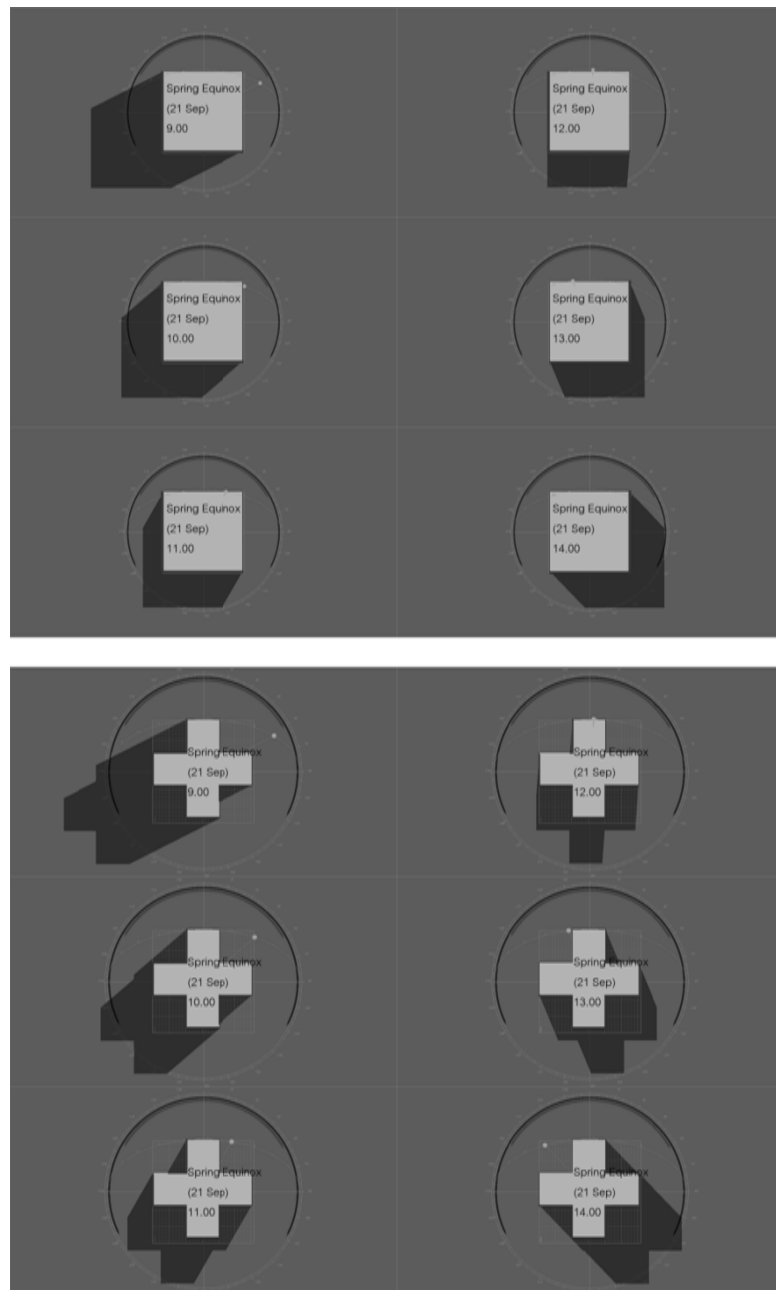
1. VisualDoe4.0 โปรแกรมสำหรับการประเมินในการใช้พลังงานภายในอาคาร ในการวิจัยนี้ ใช้สำหรับการคำนวณหาการใช้พลังงานการทำความเย็นภายในอาคาร
2. Ecotect Analysis โปรแกรมการวิเคราะห์พลังงานอาคาร ในการวิจัยนี้ ใช้สำหรับการคำนวณหาสัดส่วนการบังเงาของผิวผนังอาคาร

บทที่ 4

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล



4.1 ผลการวิเคราะห์อัตราส่วนการบังเงาของพื้นที่ผิวอาคาร

ผลการเก็บรวบรวมข้อมูลการหาอัตราการบังเงาเฉลี่ยทั้งปีจากโปรแกรม Ecotect Analysis เพื่อเปรียบเทียบระหว่างอาคาร Base case และ อาคาร Design case






ภาพที่ 4.1 ตัวอย่างการหาอัตราการบังเงาเฉลี่ยทั้งปีจากโปรแกรม Ecotect Analysis

ตารางที่ 4.1 อัตราการบังเงาของอาคาร Base case







Building orientation		
Shading (%)	50	50

จากผลการเก็บรวบรวมข้อมูลการหาอัตราการบังเงาเฉลี่ยทั้งปีของอาคาร Base case เป็น 50% ของพื้นที่ผิวทั้งหมด













ตารางที่ 4.2 Design case # 1

ประเภทที่ 1 Base case และ Design case มีรูปทรง แตกต่างกัน	1.1. Design case มีพื้นที่ผิวอาคาร เท่ากับ Base case	
	1.2. Design case มีพื้นที่อาคาร เท่ากับ Base case	
	1.3. Design case มีพื้นที่อาคารและ พื้นที่ผิวใกล้เคียงกับ Base case	

























ตารางที่ 4.3 อัตราการบังเงาของอาคาร Design case ผังพื้นรูปตัว X ทั้ง 3 ประเภท

Building orientation						
Shading (%)	56	57	55	54	56	57

























ตารางที่ 4.4 อัตราการบังเงาของอาคาร Design case ผังพื้นรูปตัว H ทั้ง 3 ประเภท

Building orientation				
Shading (%)	61	58	57	58
Building orientation				
Shading (%)	60	58	56	58
Building orientation				
Shading (%)	63	62	58	61

























ตารางที่ 4.5 อัตราการบังเงาของอาคาร Design case ผังพื้นรูปตัว L ทั้ง 3 ประเภท

Building orientation								
Shading (%)	53	58	56	52	52	52	50	49
Building orientation								
Shading (%)	52	56	55	51	51	50	48	49
Building orientation								
Shading (%)	53	57	57	52	52	51	49	49

ตารางที่ 4.6 อัตราการบังเงาของอาคาร Design case ผังพื้นรูปตัว T ทั้ง 3 ประเภท


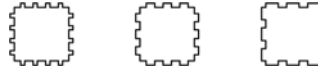
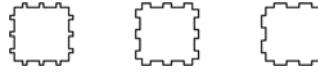
Building orientation								
Shading (%)	51	51	53	55	57	57	56	53
Building orientation								
Shading (%)	50	50	51	54	56	56	54	52
Building orientation								
Shading (%)	51	51	52	56	57	58	56	53

ตารางที่ 4.7 อัตราการบังเงาของอาคาร Design case ผังพื้นรูปตัว U ทั้ง 3 ประเภท







Building orientation								
Shading (%)	60	59	57	54	54	53	53	57
Building orientation								
Shading (%)	60	59	56	54	54	53	53	58
Building orientation								
Shading (%)	63	63	58	57	53	52	51	54

จากผลการเก็บรวบรวมข้อมูลการหาอัตราการบังเงาเฉลี่ยทั้งปีของอาคาร Design case ประเภทที่ 1 อาคาร Design case มีอัตราการบังเงาเฉลี่ยทั้งปีตั้งแต่ 49%-63% ของพื้นที่ผิวอาคารทั้งหมด







ตารางที่ 4.8 Design case # 2

ประเภทที่ 2 Base case และ Design case รูปทรงคล้ายกัน	1. Design case เป็นอาคารที่มี ส่วนเว้าระยะ 1 ม. .	
	2. Design case เป็นอาคารที่มี ส่วนเว้าระยะ 2 ม. .	
	3. Design case เป็นอาคารที่มี ส่วนเว้าระยะ 3 ม.	







ตารางที่ 4.9 อัตราการบังเงาของอาคาร Design case เป็นอาคารที่มีส่วนเว้าระยะ 1 ม.

Building orientation						
Shading (%)	68	68	67	68	67	62

ตารางที่ 4.10 อัตราการบังเงาของอาคาร Design case เป็นอาคารที่มีส่วนเว้าระยะ 2 ม.

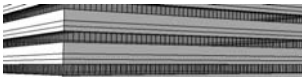
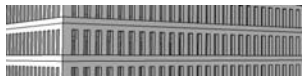
Building orientation						
Shading (%)	65	66	65	64	65	64

ตารางที่ 4.11 อัตราการบังเงาของอาคาร Design case เป็นอาคารที่มีส่วนเว้าระยะ 3 ม.

Building orientation						
Shading (%)	64	64	66	66	66	65

จากผลการเก็บรวบรวมข้อมูลการหาอัตราการบังเงาเฉลี่ยทั้งปีของอาคาร Design case ประเภทที่ 2 อาคาร Design case มีอัตราการบังเงาเฉลี่ยทั้งปีตั้งแต่ 62%-68% ของพื้นที่ผิวอาคารทั้งหมด

ตารางที่ 4.12 Design case # 3

ประเภทที่ 3 Base case และ Design case มีรูปทรง เหมือนกัน	1. Design case ร่นระยะกระจกเข้าใน แนวนอน	
	2. Design case ร่นระยะกระจกเข้าใน แนวตั้ง	

Design case ประเภทที่ 3 เป็น Design case ที่มีค่า OTTV ต่ำกว่า Base case เนื่องจากการร่นระยะหน้าต่างทำให้ค่า SC ของอาคารลดลง ค่า OTTV จึงต่ำลง ต่างจาก Design case ประเภทที่ 1 และ 2 ที่ ค่า OTTV คงที่ เพราะ มีค่า SC =1 ประกอบกับ Design case ประเภทที่ 3 มีรูปทรงที่แตกต่างกันตาม WWR 0.1 – 0.9 และระยะการร่นหน้าต่างทั้ง 4 ระยะ ด้วยข้อจำกัดของโปรแกรม ทำให้ไม่สามารถหา อัตราการบังเงาได้ครบทุกกรณี และเพราะมี ค่า OTTV ที่แตกต่างจาก Base case จึงไม่นำอัตราส่วนการบังเงาของอาคาร Design case ประเภทที่ 3 มาพิจารณาต่อ

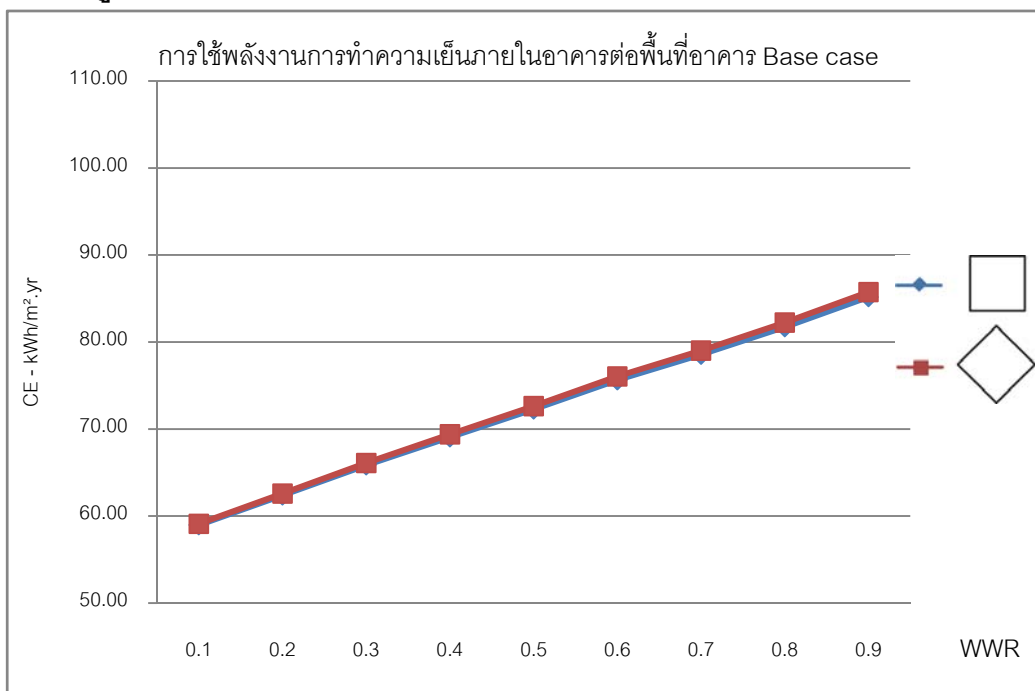
4.2 ผลการวิเคราะห์การใช้พลังงานการทำความเย็นภายในอาคารต่อพื้นที่อาคาร

ผลการเก็บรวบรวมข้อมูลการใช้พลังงานการทำความเย็นภายในอาคาร โดยการจำลองผล โดยโปรแกรม VisualDOE 4.0 เปรียบเทียบระหว่างอาคารสำนักงานปกติ (Base case) กับอาคารสำนักงานที่มีการบังแดดด้วยรูปทรงอาคารรูปทรงต่างๆ (Design case) โดยแบ่งเป็น 3 แนวทาง คือ 1. Base case และ Design case มีรูปทรงแตกต่างกัน 2. Base case และ Design case รูปทรงคล้ายกัน 3. Base case และ Design case มีรูปทรงเหมือนกัน

1. Base case และ Design case มีรูปทรงแตกต่างกัน

ผลจากการจำลองอาคาร Base case ที่เป็นอาคารทรงสี่เหลี่ยมขนาด 30 x 30 ตร.ม. สูง 7 ชั้น ความสูงจากพื้นถึงพื้นชั้นถัดไป 3 ม. พื้นที่อาคารรวม 6,300 ตร.ม. พื้นที่ผิวอาคาร 2,520 ตร.ม.




แผนภูมิที่ 4.1 การใช้พลังงานการทำความเย็นภายในอาคารอาคาร Base case



การใช้พลังงานการทำความเย็นภายในอาคาร Base case ค่อนข้างใกล้เคียงกันระหว่างอาคารที่มีผนังตรงตามทิศกับอาคารที่มีผนังเอียง 45° WWR 0.1 – 0.9 ของอาคาร Base case ใช้พลังงานการทำความเย็นภายในอาคาร ระหว่าง 59 – 85 kWh/m².yr มีการบังเงาของผิวอาคารเฉลี่ยทั้งปี 50%ของพื้นที่ผิวอาคาร

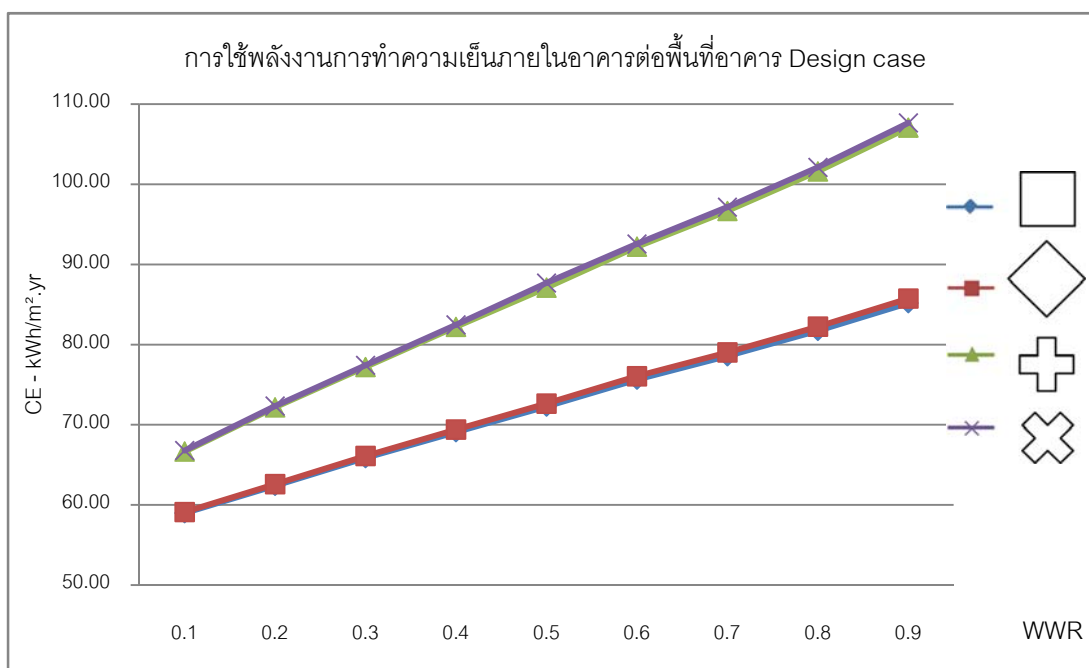
ผลการจำลองอาคาร Design case ที่มีผังแบบตัว X H L T และ U โดยแบ่ง Design case เป็น 3 ประเภท คือ 1. Design case มีพื้นที่ผิวอาคารเท่ากับ Base case 2. Design case มีพื้นที่อาคารเท่ากับ Base case 3. Design case มีพื้นที่อาคารและพื้นที่ผิวใกล้เคียงกับ Base case

ตารางที่ 4.13 Design case # 1

ประเภทที่ 1 Base case	1.1. Design case มีพื้นที่ผิวอาคารเท่ากับ Base case	
และ Design case มีรูปทรงแตกต่างกัน	1.2. Design case มีพื้นที่อาคารเท่ากับ Base case	
	1.3. Design case มีพื้นที่อาคารและพื้นที่ผิวใกล้เคียงกับ Base case	

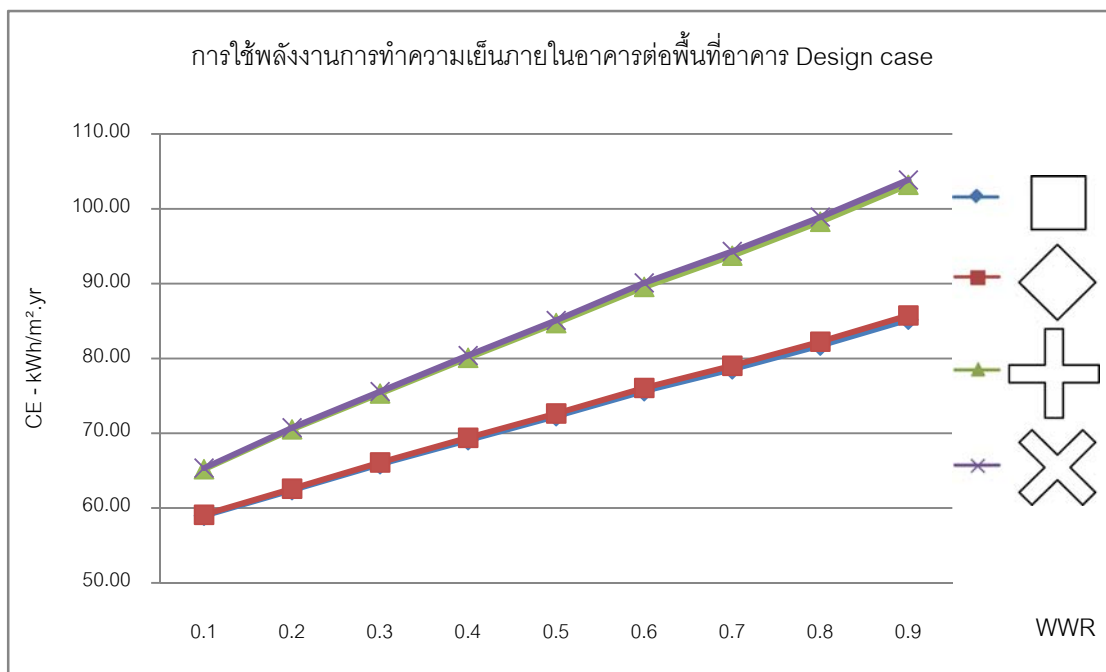
ผลการจำลองอาคาร Design case ประเภทที่ 1.1. Design case มีพื้นที่ผิวอาคารเท่ากับ Base case คือ พื้นที่อาคารรวม 3,500 ตร.ม. พื้นที่ผิวอาคาร 2,520 ตร.ม.

ผลการจำลองอาคาร Design case ที่มีผังแบบตัว X ประเภทที่ 1.1
แผนภูมิที่ 4.2 การใช้พลังงานการทำความเย็นภายในอาคาร Design ที่มีผังแบบตัว X # 1.1



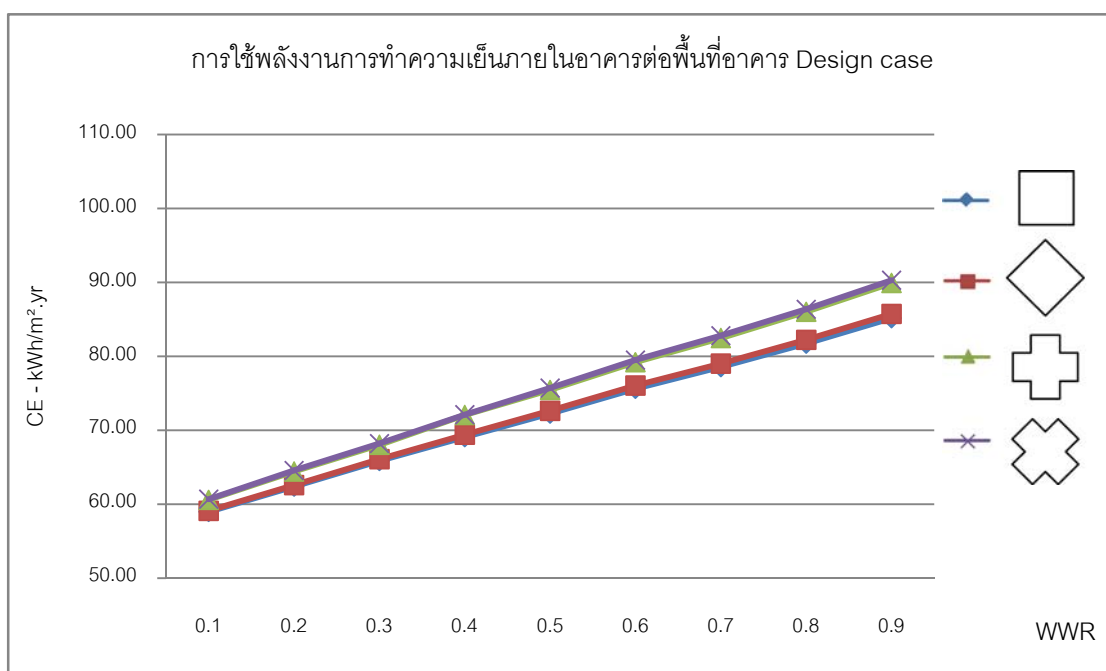
ผลการจำลองอาคาร Design case ที่มีผังแบบตัว X ประเภทที่ 1.2

แผนภูมิที่ 4.3 การใช้พลังงานการทำความเย็นภายในอาคาร Design ที่มีผังแบบตัว X # 1.2



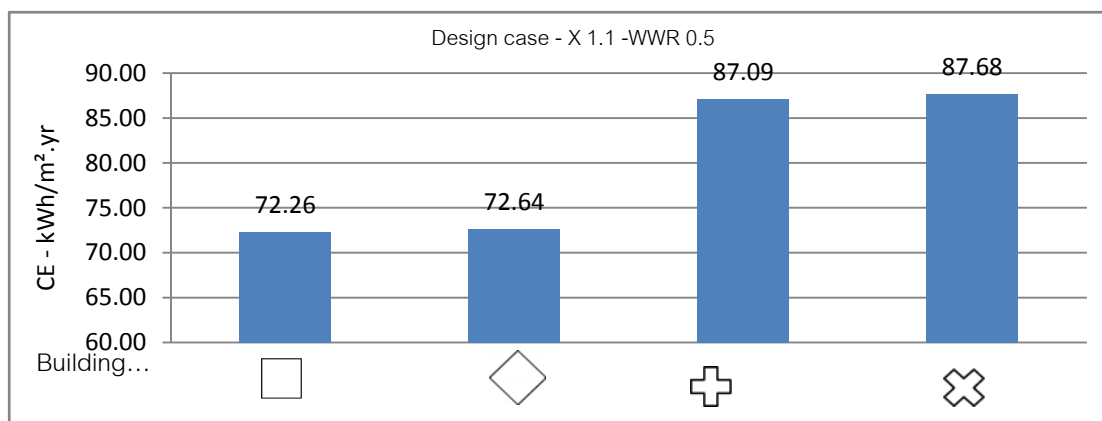
ผลการจำลองอาคาร Design case ที่มีผังแบบตัว X ประเภทที่ 1.3

แผนภูมิที่ 4.4 การใช้พลังงานการทำความเย็นภายในอาคาร Design ที่มีผังแบบตัว X # 1.3

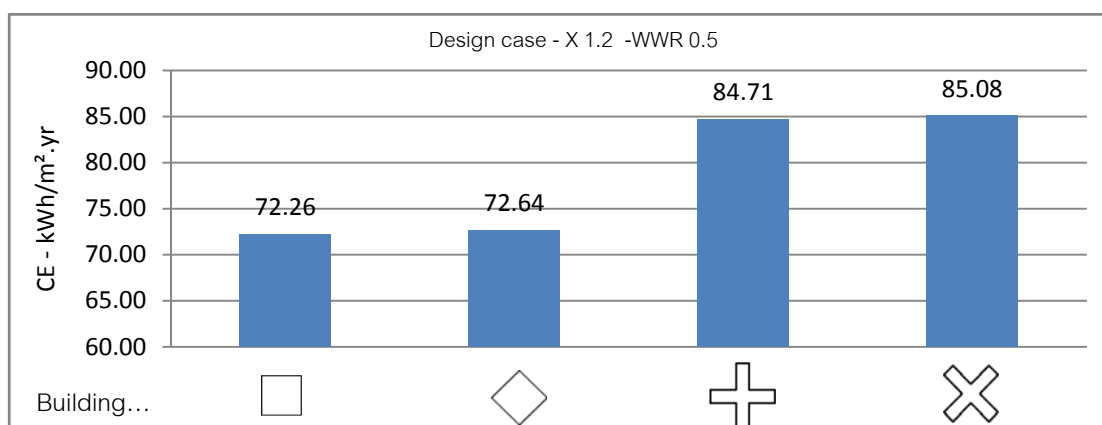


เปรียบเทียบการใช้พลังงานทำความเย็นของอาคารผังพื้นที่รูปตัว X ทั้ง 3 ประเภท ทิศทาง
ต่างๆ ที่ WWR 0.5

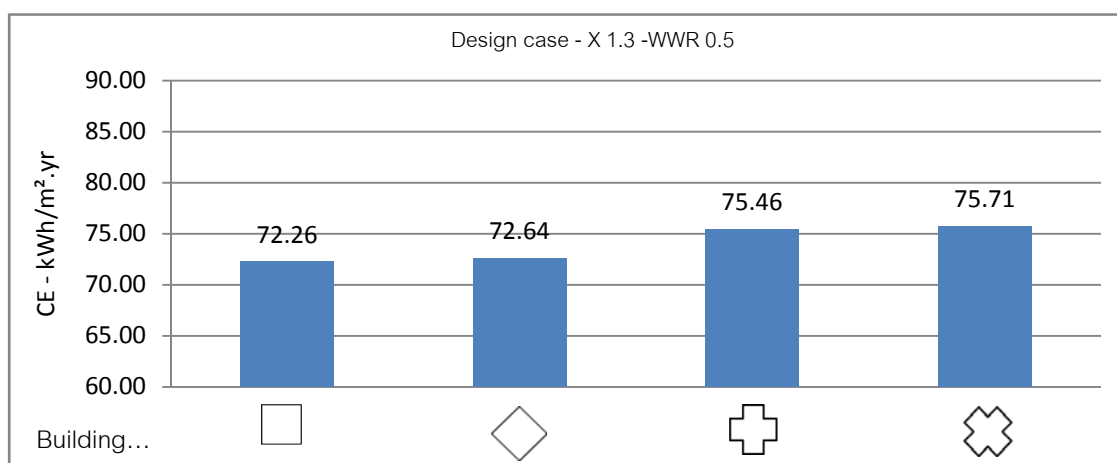
แผนภูมิที่ 4.5 Design case - X # 1.1 WWR 0.5



แผนภูมิที่ 4.6 Design case - X # 1.2 WWR 0.5

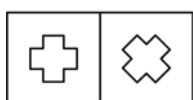
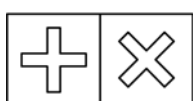
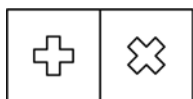


แผนภูมิที่ 4.7 Design case - X # 1.3 WWR 0.5



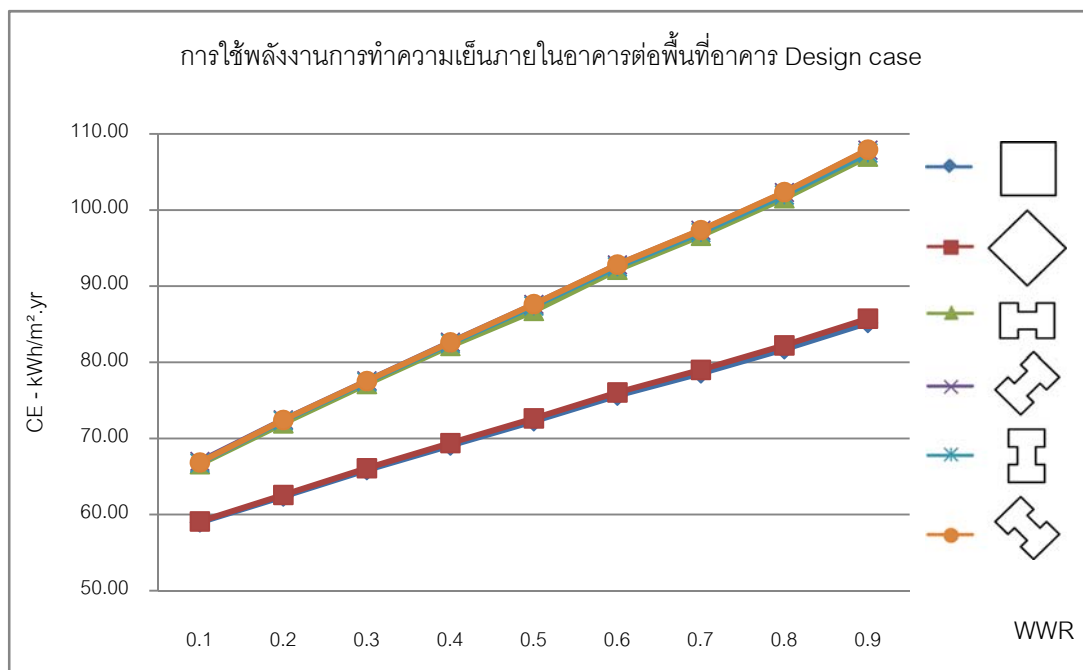
จากแผนภูมิ 4.5 - 4.7 สามารถเรียงลำดับการใช้พลังงานการทำความเย็นภายในอาคารต่อพื้นที่อาคารจากน้อยไปมากได้ตามตาราง

ตารางที่ 4.14 เรียงลำดับการใช้พลังงานการทำความเย็นภายในอาคาร Design case Design case - X WWR 0.5



ผลการจำลองอาคาร Design case ที่มีผังแบบตัว H ประเภทที่ 1.1

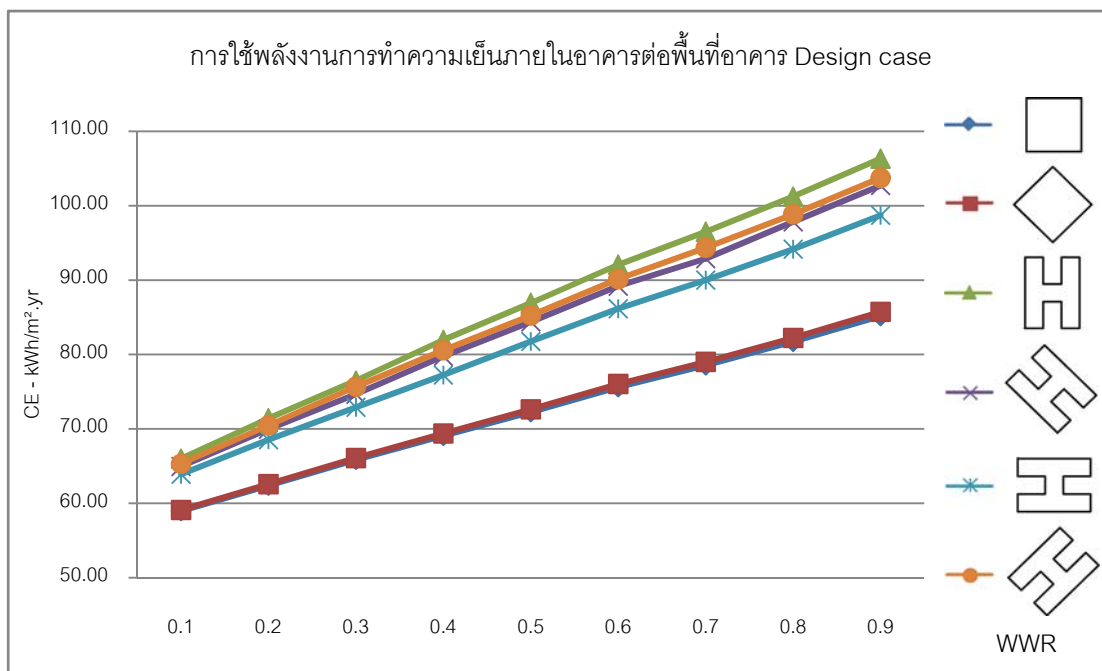
แผนภูมิที่ 4.8 การใช้พลังงานการทำความเย็นภายในอาคาร Design ที่มีผังแบบตัว H # 1.1



ผลการจำลองอาคาร Design case ที่มีผังแบบตัว H ประเภทที่ 1.2

แผนภูมิที่ 4.9 การใช้พลังงานการทำความเย็นภายในอาคาร Design ที่มีผังแบบตัว

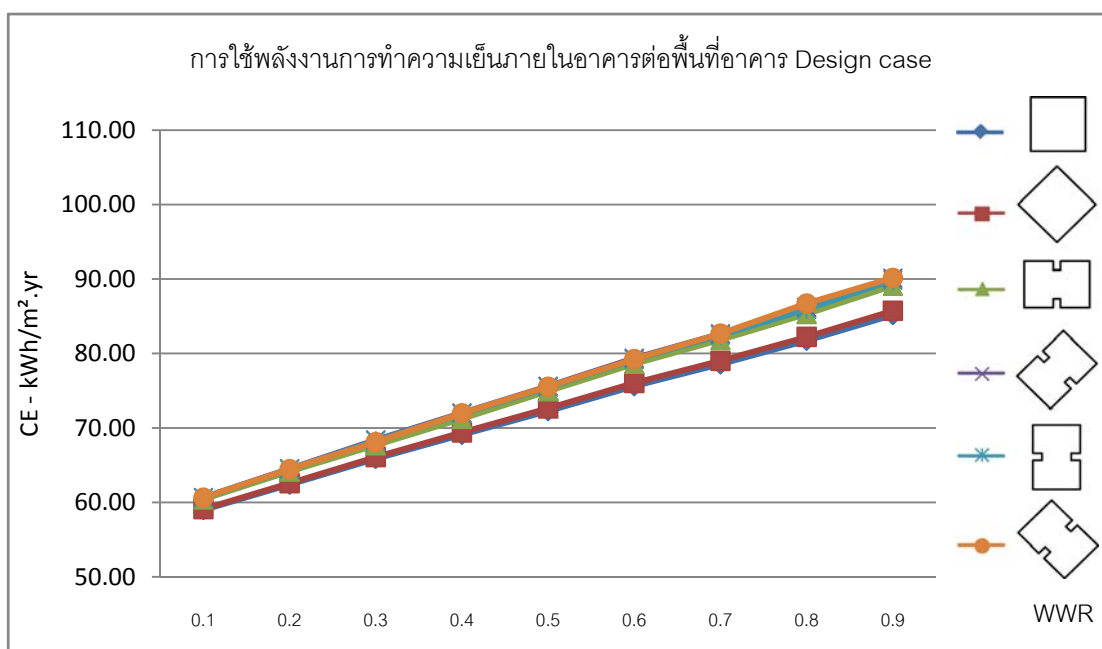
H # 1.2



ผลการจำลองอาคาร Design case ที่มีผังแบบตัว H ประเภทที่ 1.3

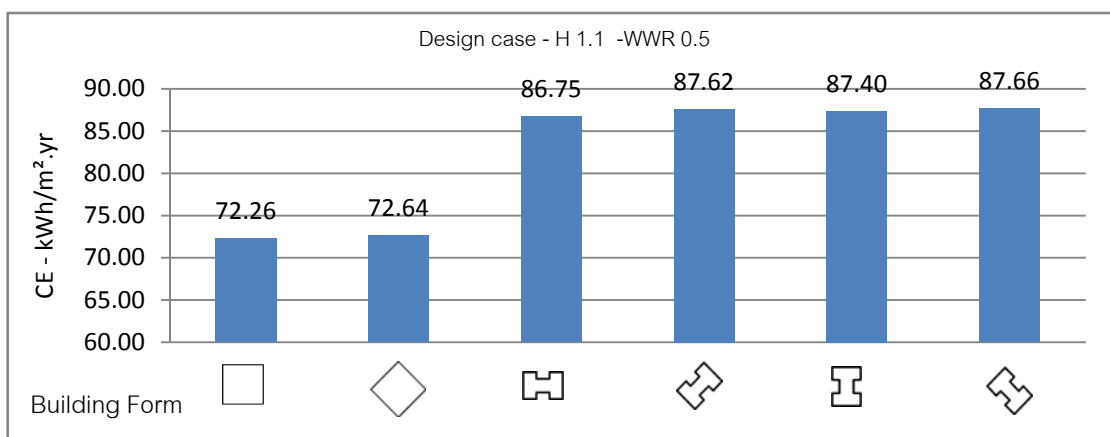
แผนภูมิที่ 4.10 การใช้พลังงานการทำความเย็นภายในอาคาร Design ที่มีผังแบบ

ตัว H # 1.3

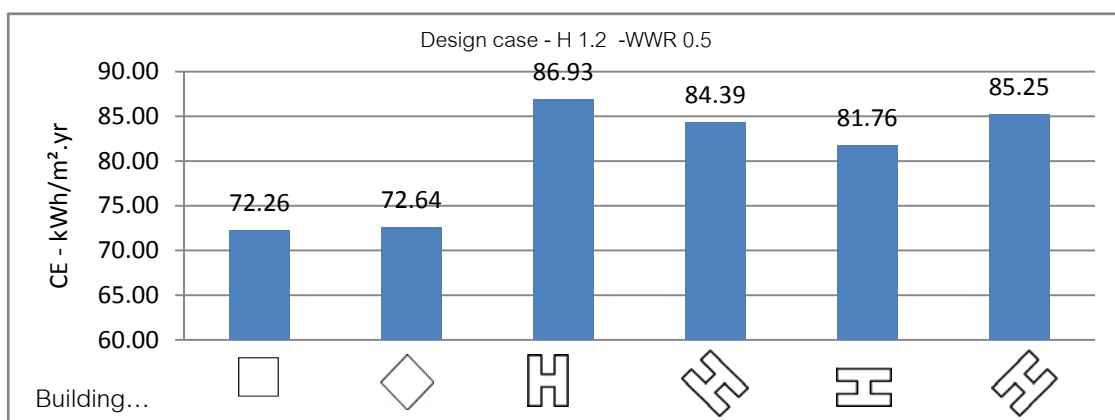


เปรียบเทียบการใช้พลังงานทำความเย็นของอาคารผังพื้นที่รูปตัว H ทั้ง 3 ประเภท ทิศทาง
ต่างๆ ที่ WWR 0.5

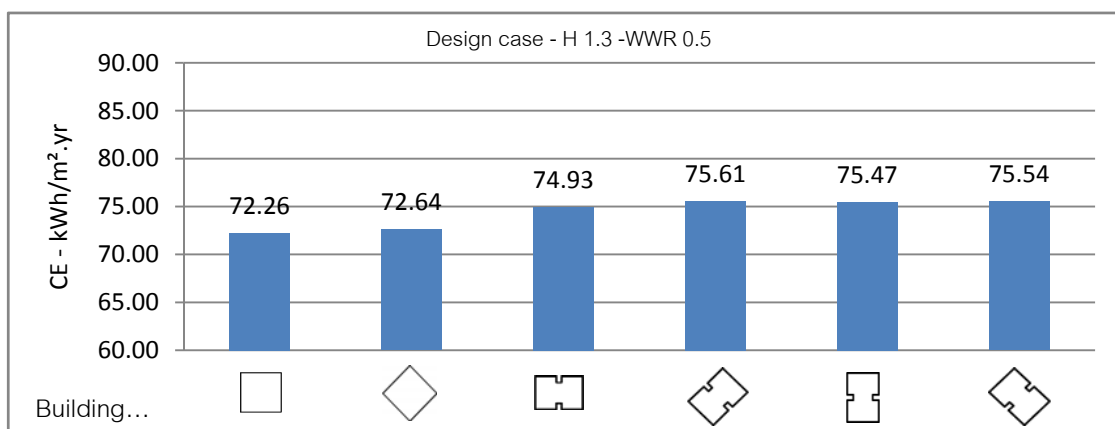
แผนภูมิที่ 4.11 Design case – H # 1.1 WWR 0.5



แผนภูมิที่ 4.12 Design case – H # 1.2 WWR 0.5

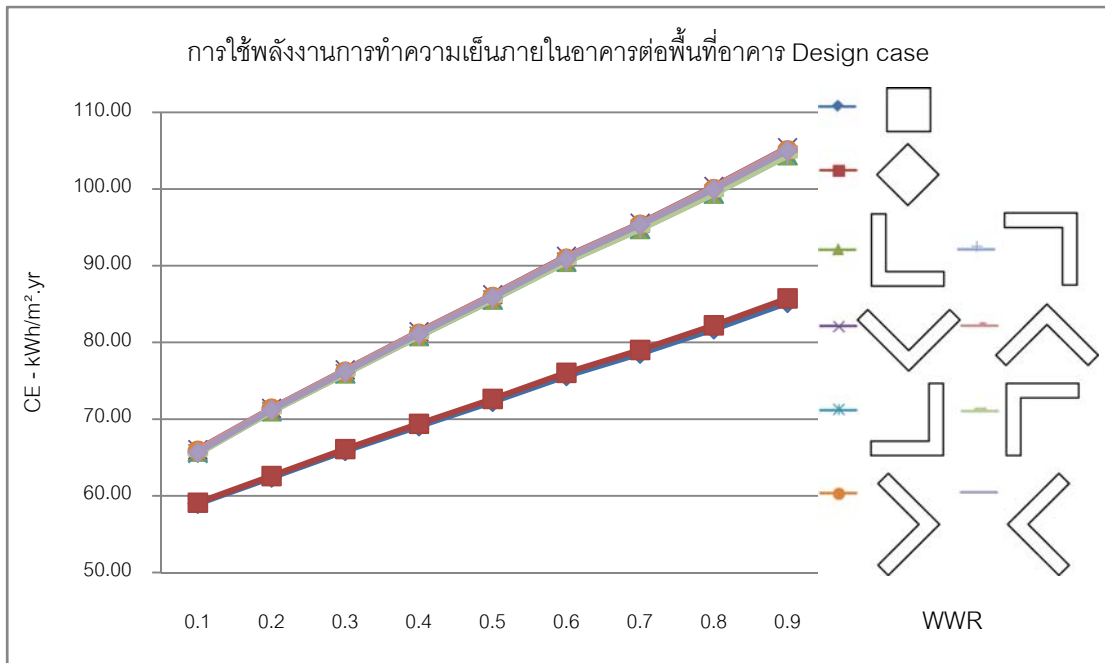


แผนภูมิที่ 4.13 Design case – H # 1.3 WWR 0.5



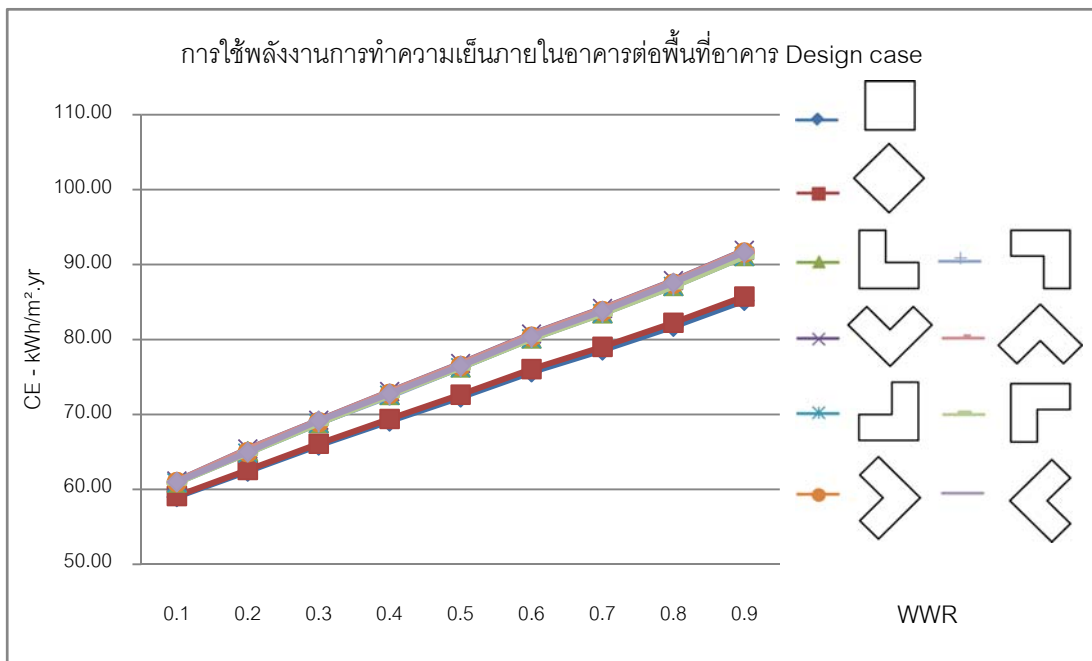
ผลการจำลองอาคาร Design case ที่มีผังแบบตัว L ประเภทที่ 1.2

แผนภูมิที่ 4.15 การใช้พลังงานการทำความเย็นภายในอาคาร Design ที่มีผังแบบ
ตัว L # 1.2



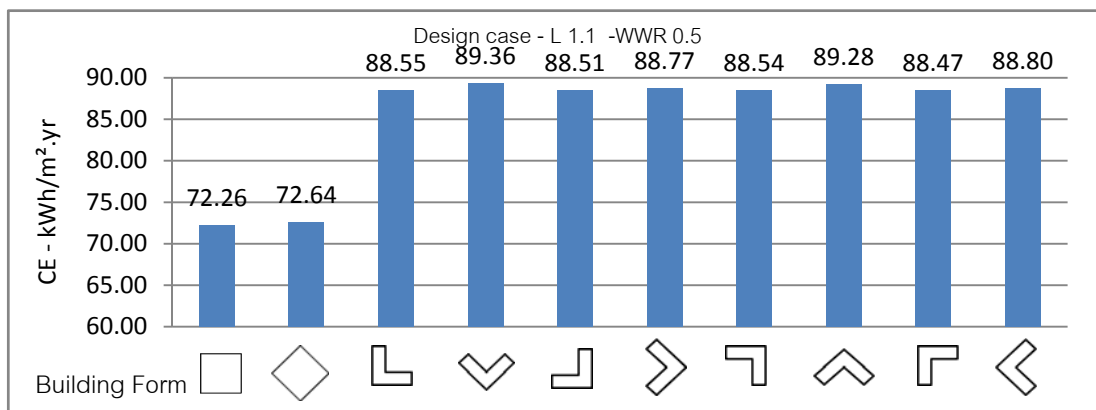
ผลการจำลองอาคาร Design case ที่มีผังแบบตัว L ประเภทที่ 1.3

แผนภูมิที่ 4.16 การใช้พลังงานการทำความเย็นภายในอาคาร Design ที่มีผังแบบ
ตัว L # 1.3

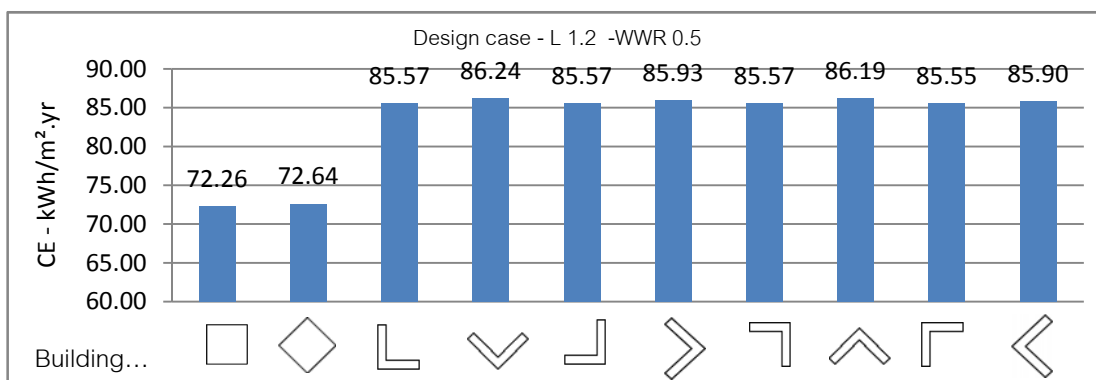


เปรียบเทียบการใช้พลังงานทำความเย็นของอาคารผังพื้นรูปตัว L ทั้ง 3 ประเภท ทิศทาง
ต่างๆ ที่ WWR 0.5

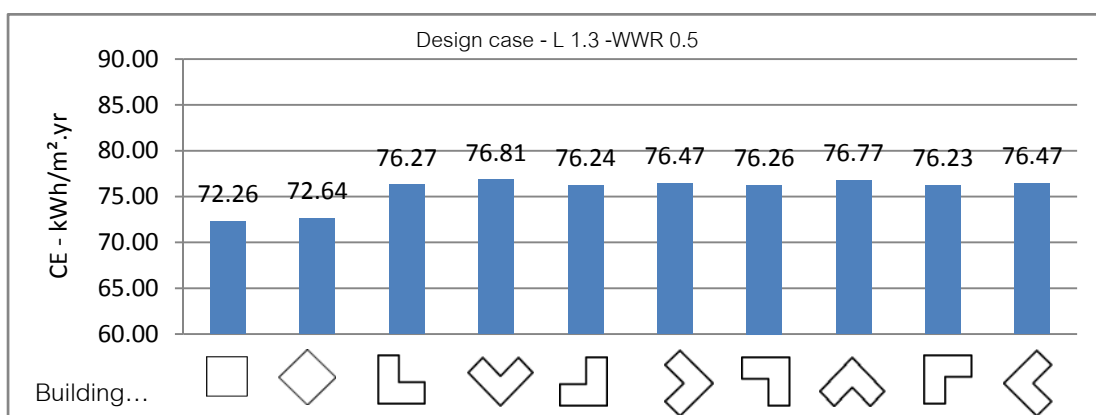
แผนภูมิที่ 4.17 – Design case – L # 1.1 WWR 0.5



แผนภูมิที่ 4.18 – Design case – L # 1.2 WWR 0.5

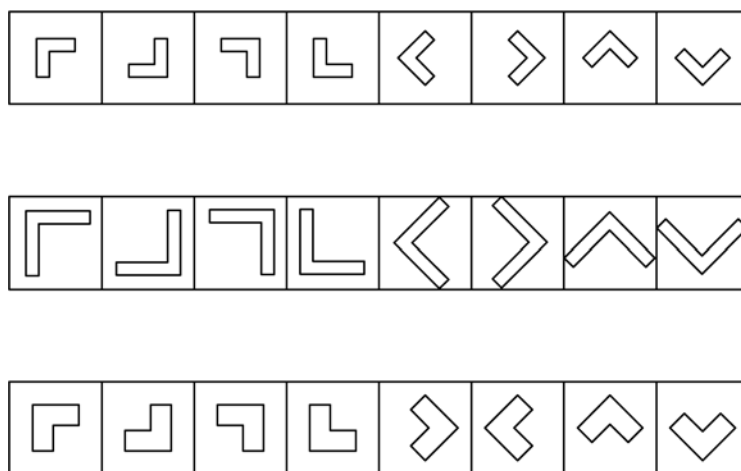


แผนภูมิที่ 4.19 – Design case – L # 1.3 WWR 0.5



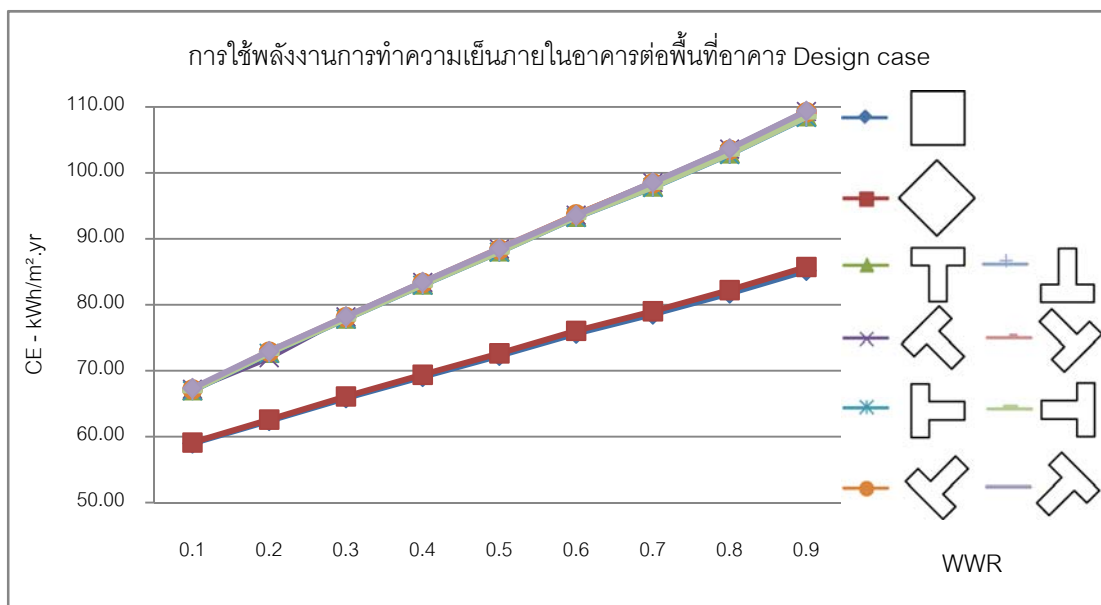
จากแผนภูมิ 4.17- 4.19 สามารถเรียงลำดับการใช้พลังงานการทำความเย็นในอาคาร ต่อพื้นที่อาคารจากน้อยไปมากได้ตามตาราง

ตารางที่ 4.16 เรียงลำดับการใช้พลังงานการทำความเย็นในอาคาร Design case Design case - L WWR 0.5



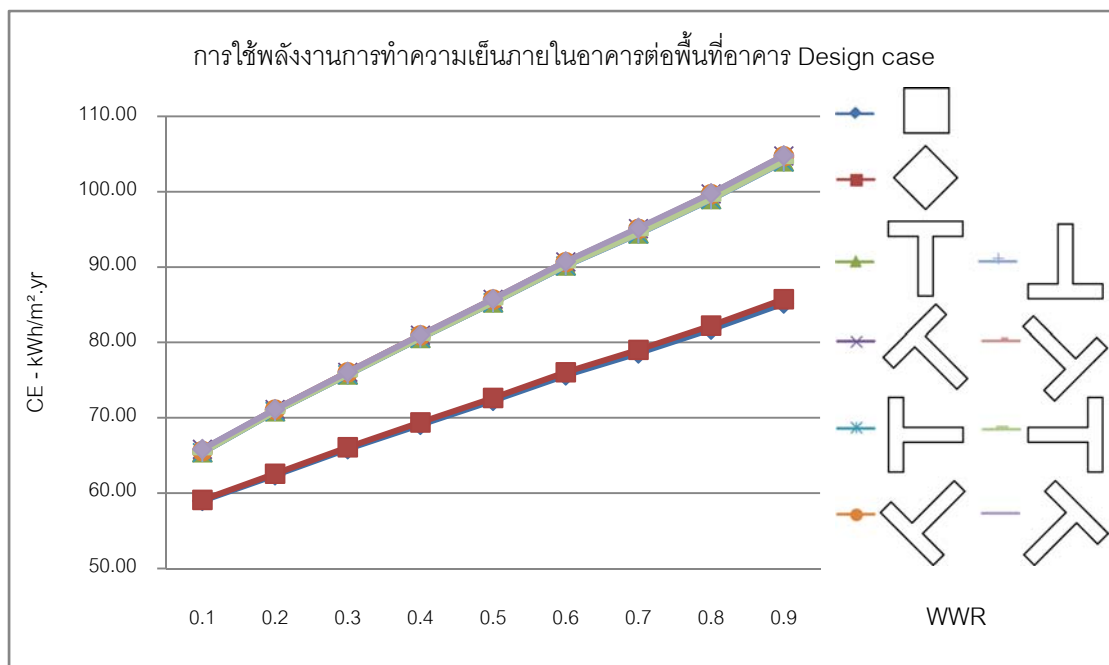
ผลการจำลองอาคาร Design case ที่มีผังแบบตัว T กระจกที่ 1.1

แผนภูมิที่ 4.20 การใช้พลังงานการทำความเย็นในอาคาร Design ที่มีผังแบบตัว T # 1.1



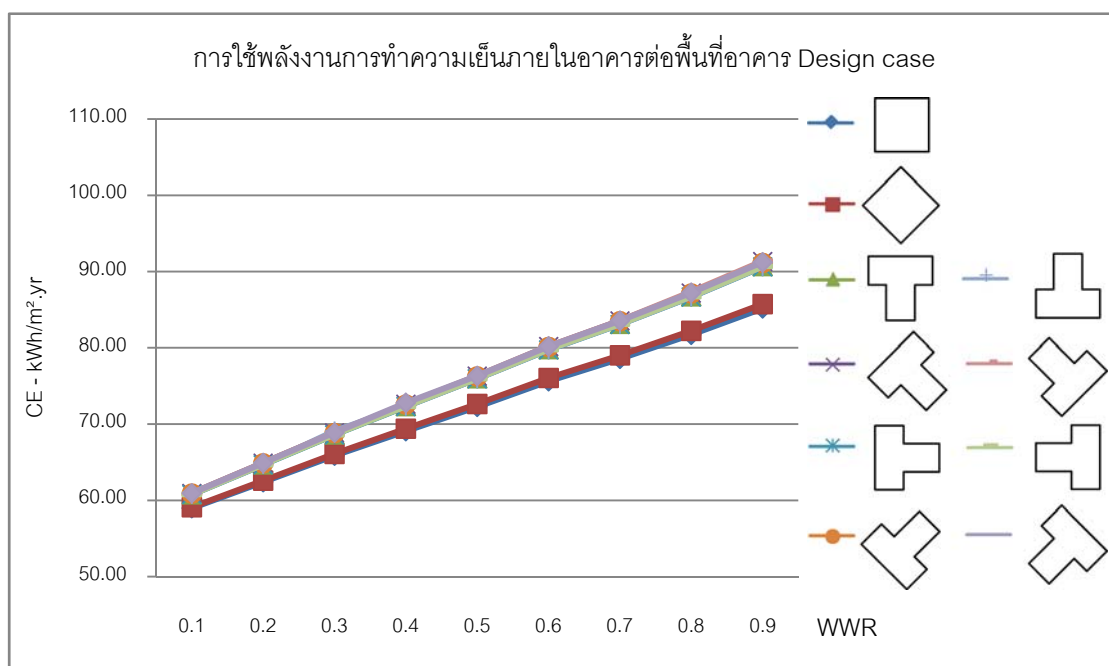
ผลการจำลองอาคาร Design case ที่มีผังแบบตัว T ประเภทที่ 1.2

แผนภูมิที่ 4.21 การใช้พลังงานการทำความเย็นภายในอาคาร Design ที่มีผังแบบ
ตัว T # 1.2



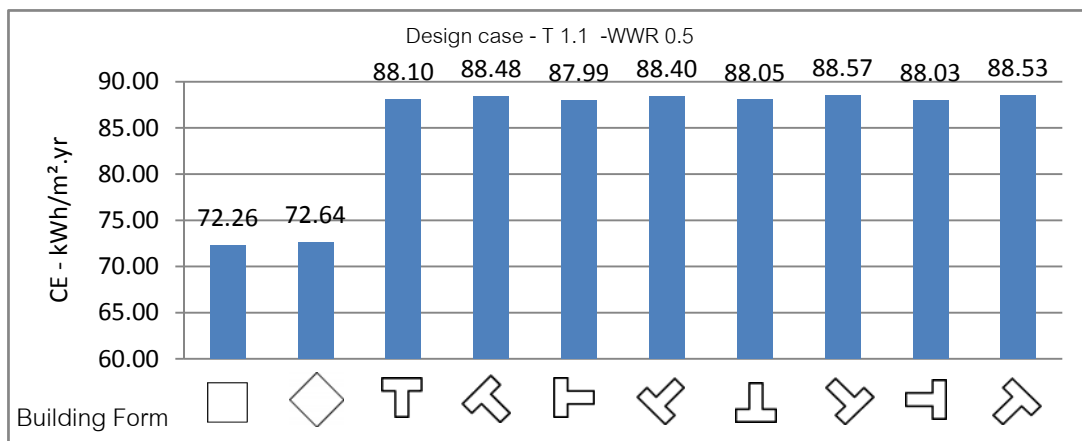
ผลการจำลองอาคาร Design case ที่มีผังแบบตัว T ประเภทที่ 1.3

แผนภูมิที่ 4.22 การใช้พลังงานการทำความเย็นภายในอาคาร Design ที่มีผังแบบ
ตัว T # 1.3

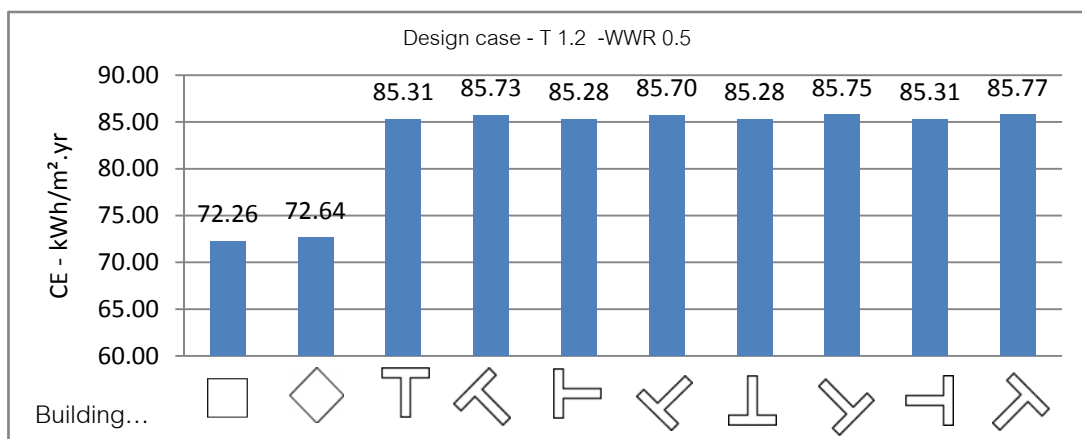


เปรียบเทียบการใช้พลังงานทำความเย็นของอาคารผังพื้นรูปตัว T ทั้ง 3 ประเภท ทิศทาง
ต่างๆ ที่ WWR 0.5

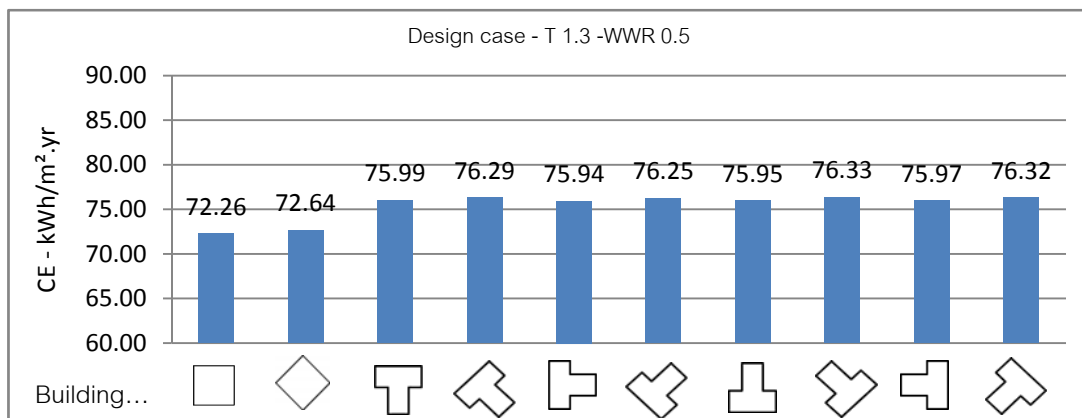
แผนภูมิที่ 4.23 Design case – T # 1.1 WWR 0.5



แผนภูมิที่ 4.24 Design case – T # 1.2 WWR 0.5

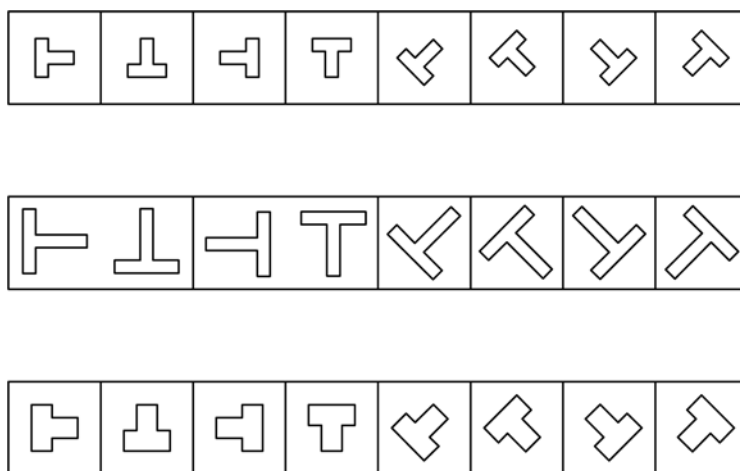


แผนภูมิที่ 4. 25 Design case – T # 1.3 WWR 0.5

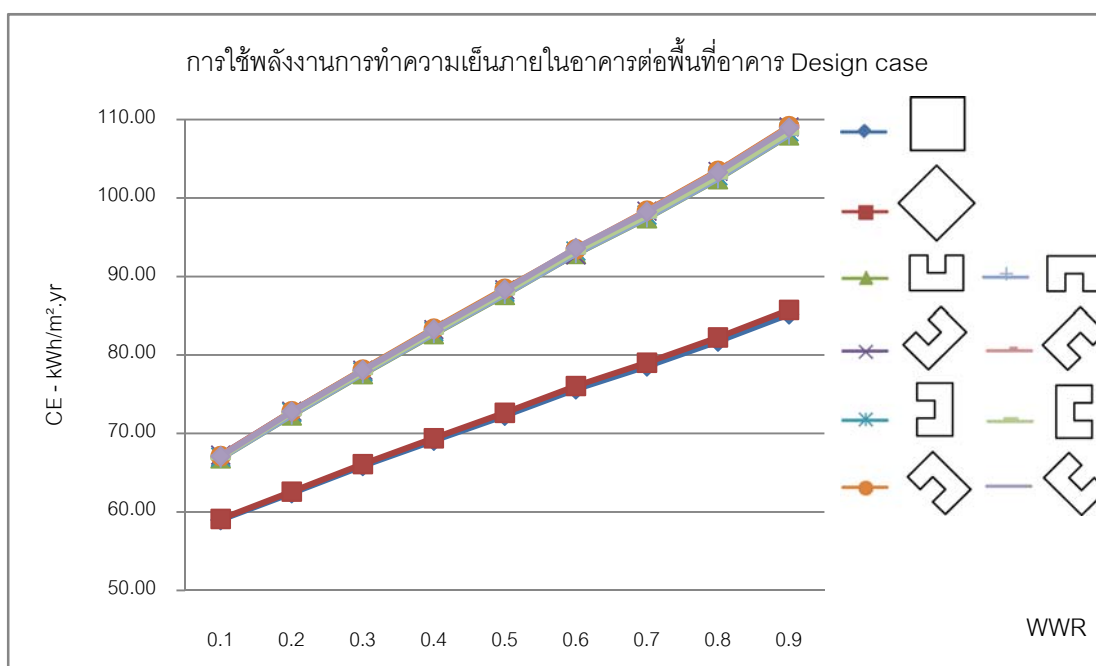


จากแผนภูมิ 4.23- 4.25 สามารถเรียงลำดับการใช้พลังงานการทำความเย็นภายในอาคารต่อพื้นที่อาคารจากน้อยไปมากได้ตามตาราง

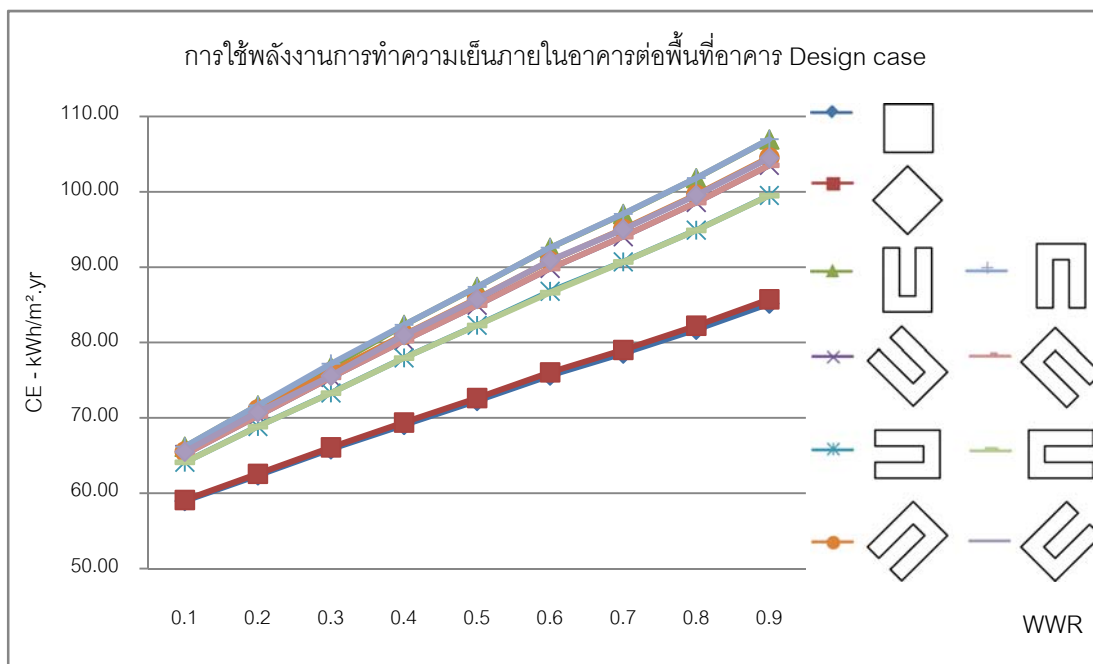
ตารางที่ 4.17 เรียงลำดับการใช้พลังงานการทำความเย็นภายในอาคาร Design case
Design case - T WWR 0.5



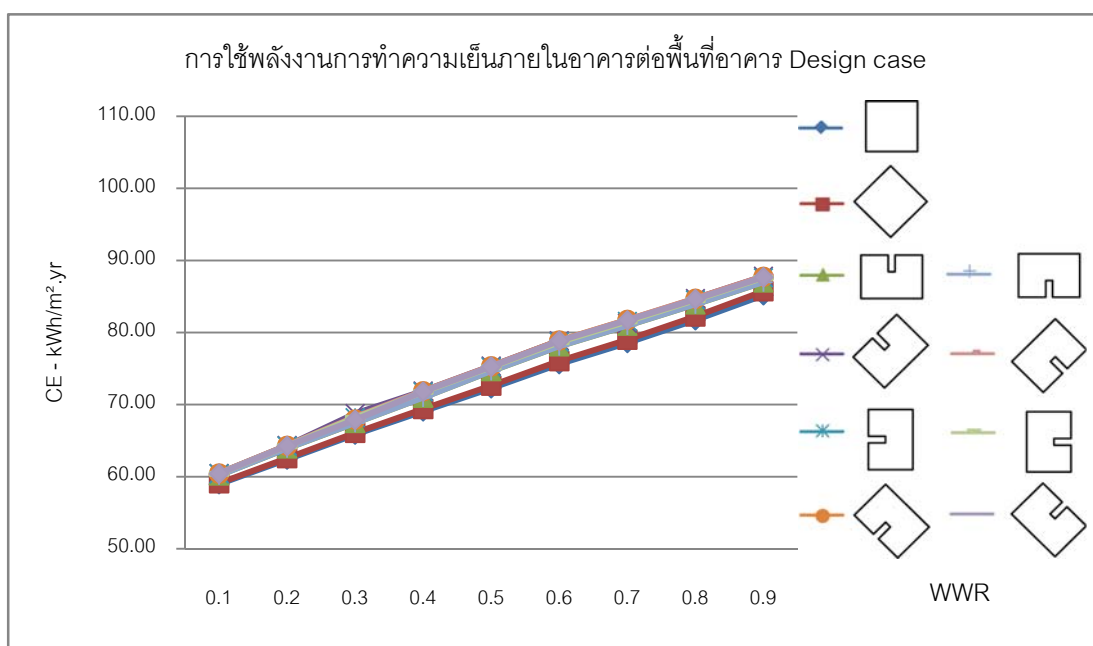
ผลการจำลองอาคาร Design case ที่มีผนังแบบตัว U ประเภทที่ 1.1
แผนภูมิที่ 4.26 การใช้พลังงานการทำความเย็นภายในอาคาร Design ที่มีผนังแบบตัว U #
1.1



ผลการจำลองอาคาร Design case ที่มีผังแบบตัว U ประเภทที่ 1.2
 แผนภูมิที่ 4.27 การใช้พลังงานการทำความเย็นภายในอาคาร Design ที่มีผังแบบตัว U #
 1.2

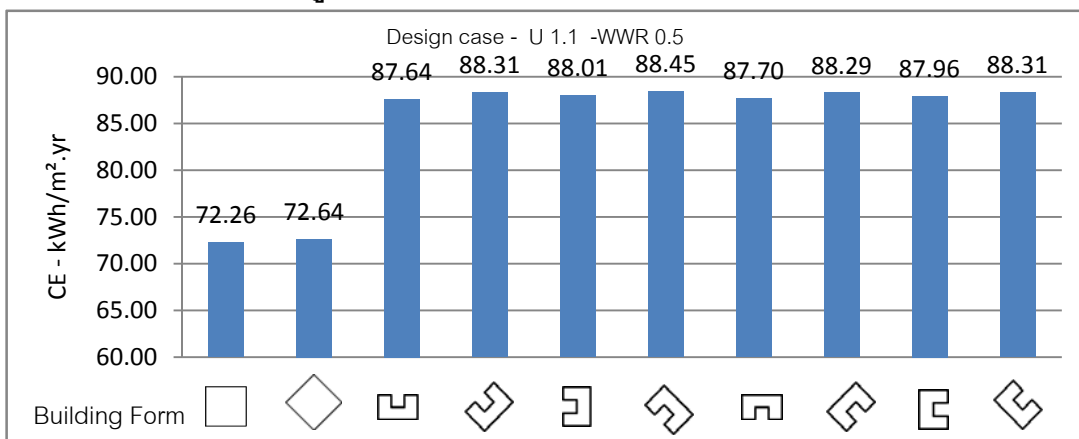


ผลการจำลองอาคาร Design case ที่มีผังแบบตัว U ประเภทที่ 1.3
 แผนภูมิที่ 4.28 การใช้พลังงานการทำความเย็นภายในอาคาร Design ที่มีผังแบบตัว U #
 1.3

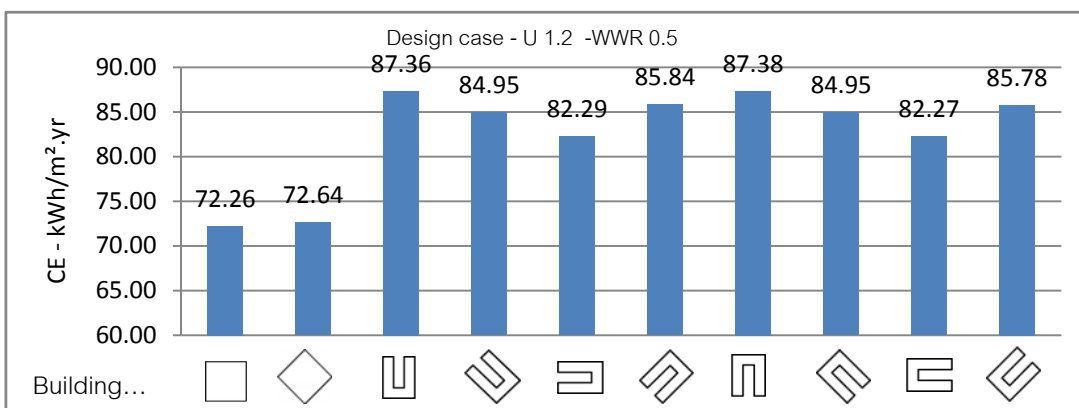


เปรียบเทียบการใช้พลังงานทำความเย็นของอาคารผังพื้นรูปตัว U ทั้ง 3 ประเภท ทิศทาง
ต่างๆ ที่ WWR 0.5

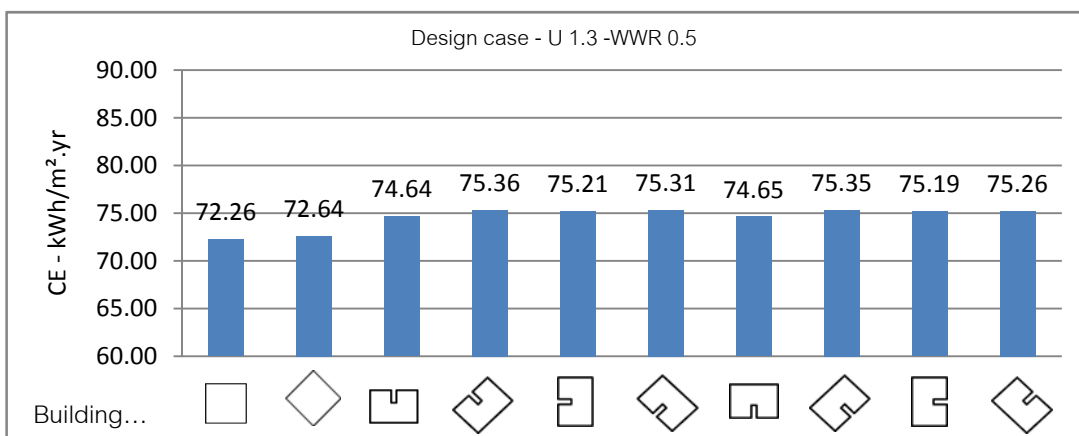
แผนภูมิที่ 4.29 Design case – U # 1.1 WWR 0.5



แผนภูมิที่ 4.30 Design case – U # 1.2 WWR 0.5



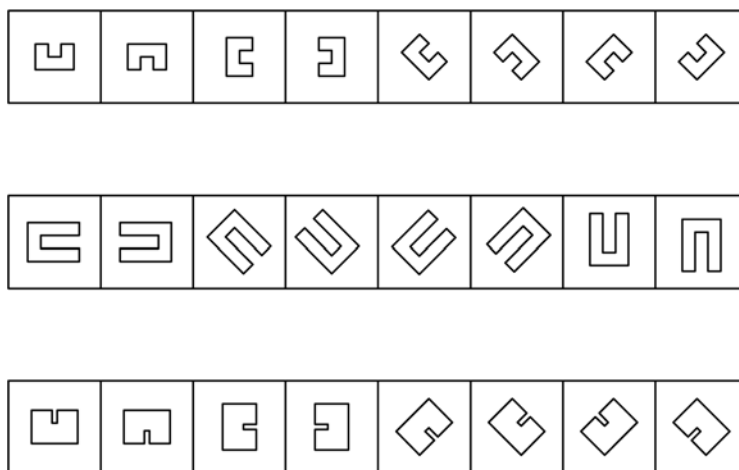
แผนภูมิที่ 4.31 Design case – U # 1.3 WWR 0.5



จากแผนภูมิ 4.29- 4.31 สามารถเรียงลำดับการใช้พลังงานการทำความเย็นภายในอาคารต่อพื้นที่อาคารจากน้อยไปมากได้ตามตาราง

ตารางที่ 4.18 เรียงลำดับการใช้พลังงานการทำความเย็นภายในอาคาร Design case

Design case – U WWR 0.5



จากผลการจำลองอาคาร Design case ประเภทที่ 1 Base case และ Design case มีรูปทรงแตกต่างกันพบว่า อาคาร Design case มีการใช้พลังงานการทำความเย็นภายในอาคารมากกว่าอาคาร Base case ทุกประเภทซึ่งใช้มากกว่า 30 % อาคารที่มีผนังตรงตามทิศจะใช้พลังงานน้อยกว่าอาคารที่มีผนังเอียง และการบังเงาของอาคารไม่มีผลต่อค่าการใช้การทำความเย็นภายในอาคาร สำหรับ Design case ประเภทนี้

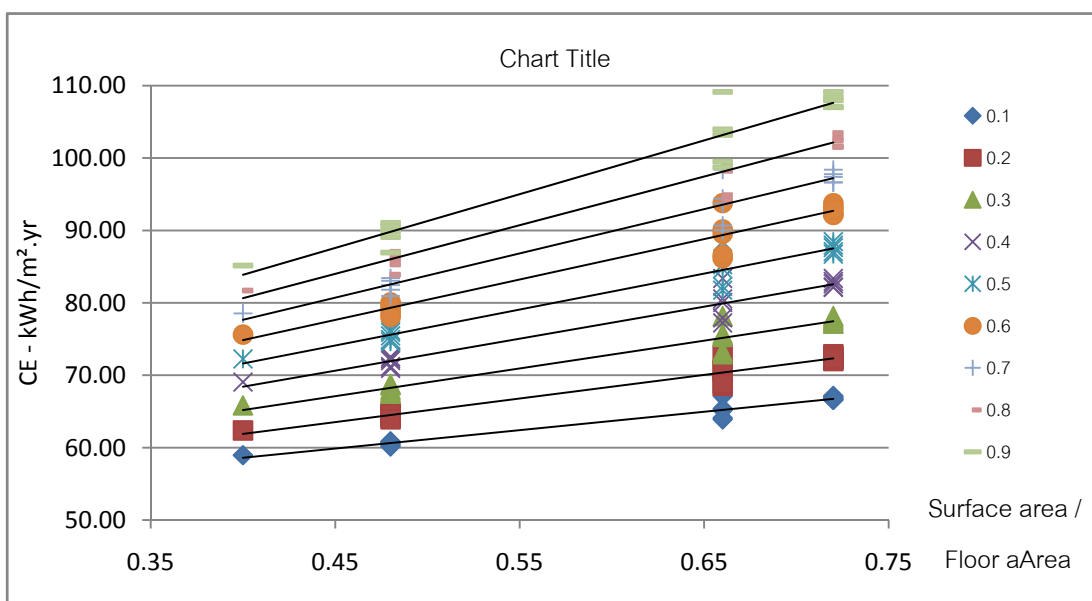
เมื่อพิจารณาค่าอัตราส่วนพื้นที่ผิวต่อพื้นที่อาคาร จะพบว่าการใช้พลังงานทำความเย็นภายในอาคาร มีค่าเพิ่มขึ้นตามอัตราส่วนพื้นที่ผิวต่อพื้นที่อาคารที่เพิ่มขึ้น

ตารางที่ 4.19 ตัวอย่างอัตราส่วนพื้นที่ผิวต่อพื้นที่อาคารและอัตราการบังเงาของอาคารฝั่งรูปตัว X

อาคาร	พื้นที่ผิวอาคาร (m ²)	พื้นที่อาคาร (m ²)	พื้นที่ผิว /พื้นที่ อาคาร	อัตราการบังเงาของอาคาร ฝั่งแบบตัว X
Base case	2,520	6,300	0.40	50 %
X #1.1	2,520	3,500	0.72	56 %
X #1.2	4,200	6,300	0.66	55 %
X # 1.3	3,024	6,272	0.48	56 %

Design case ผังรูปตัว X #1.1 และ # 1.3 ที่มีอัตราส่วนพื้นที่ผิวต่อพื้นที่อาคาร 0.72 และ 0.48 ตามลำดับ มีอัตราการบังเงา 56 % เท่ากัน แต่การใช้พลังงานการทำความเย็นภายในอาคารแตกต่างกันมากเมื่อดูจากตารางที่ 4.19

แผนภูมิที่ 4.32 เปรียบเทียบอัตราส่วนพื้นที่ผิวต่อพื้นที่อาคารต่อการใช้พลังงานการทำความเย็นภายในอาคาร Design case # 1



จากแผนภูมิที่ 4.17 แสดงค่าการใช้พลังงานการทำความเย็นภายในอาคารต่อพื้นที่อาคารตามสัดส่วนพื้นที่ผิวผนังต่ออาคาร ยิ่งอาคารมีสัดส่วนพื้นที่ผิวผนังต่ออาคาร ค่าการใช้พลังงานการทำความเย็นภายในอาคาร จะเพิ่มขึ้นในอัตราที่สูงขึ้น

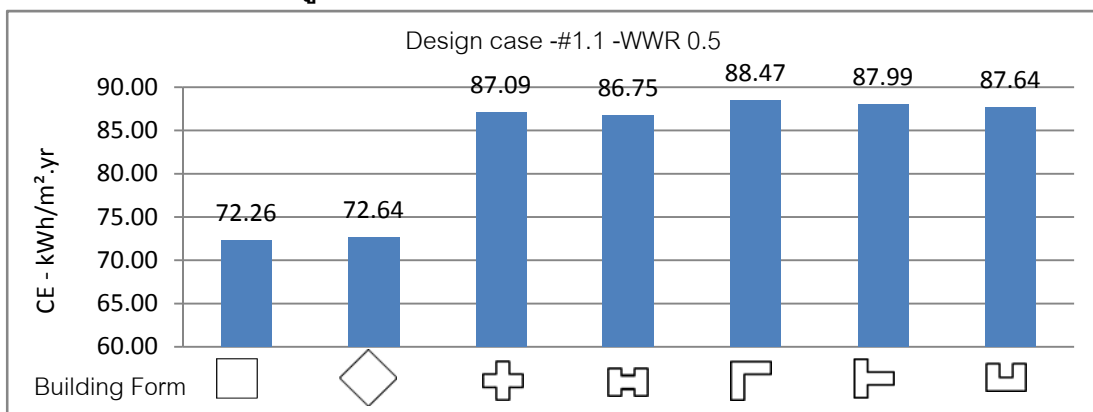
แม้ว่าอาคาร Design case และ Base case จะมีค่าการใช้พลังงานการทำความเย็นภายในอาคารต่อพื้นที่อาคาร และต่อพื้นที่ผิวอาคาร แตกต่างกัน แต่จากการคำนวณค่า OTTV ของอาคารทั้ง 2 ประเภทมีค่าเท่ากันตามตารางที่ 4.19

ตารางที่ 4.20 ค่า OTTV

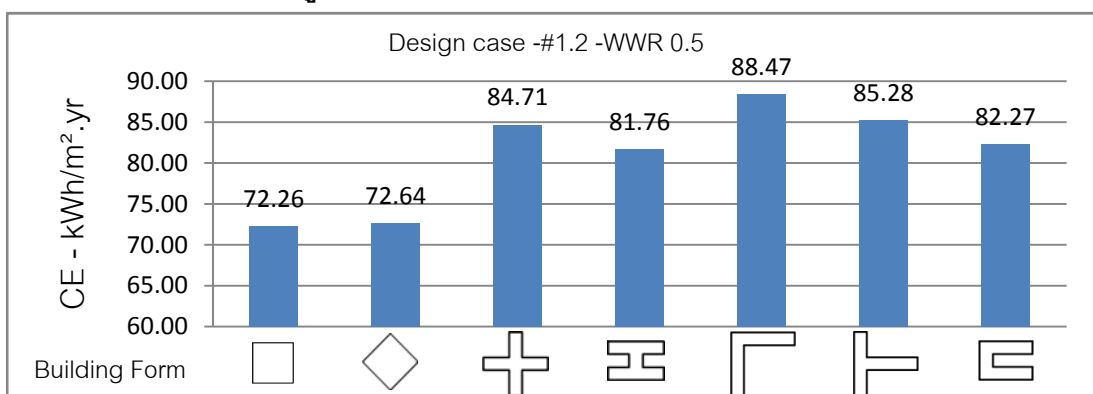
WWR \ ทิศ	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9
0	38.12	49.60	61.08	72.56	84.04	95.52	107.00	118.47	129.95
45	38.60	50.22	61.85	73.47	85.09	96.72	108.34	119.96	131.59

จากผลการจำลองเปรียบเทียบการใช้การทำความเย็นภายในอาคารแต่ละรูปทรง โดยเลือกทิศทางการวางตัวของอาคารที่ใช้พลังงานการทำความเย็นภายในอาคารน้อยที่สุด จากแผนภูมิที่ 4.43 - 4.45

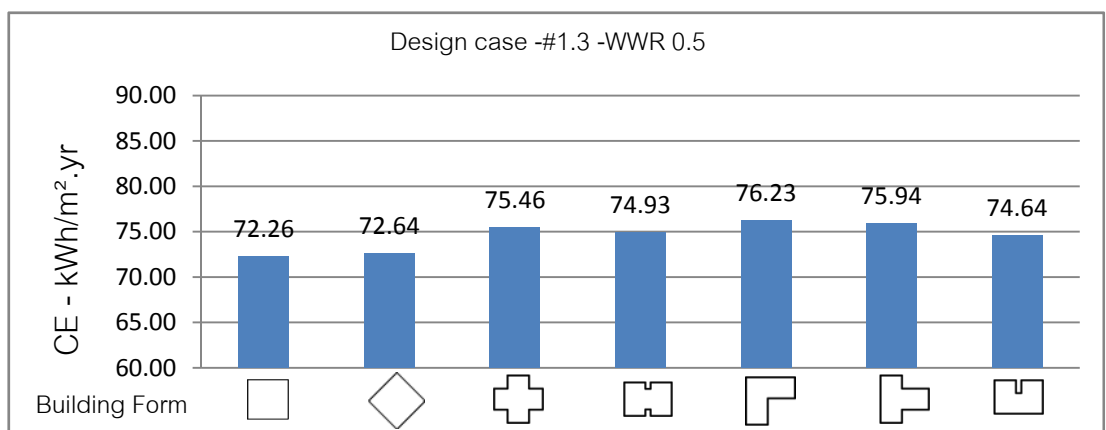
แผนภูมิที่ 4.33 Design case -1.1 WWR 0.5



แผนภูมิที่ 4.34 Design case -1.2 WWR 0.5

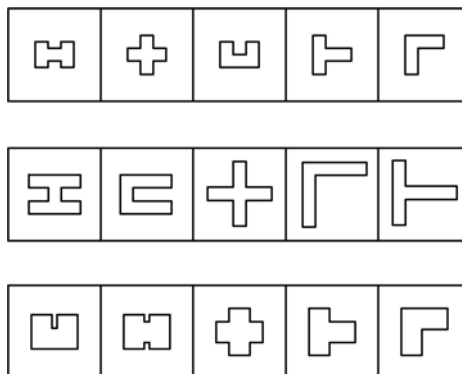


แผนภูมิที่ 4.35 Design case -1.3 WWR 0.5



จากแผนภูมิ 4.33- 4.35 สามารถเรียงลำดับการใช้พลังงานการทำความเย็นภายในอาคารต่อพื้นที่อาคารจากน้อยไปมากได้ตามตาราง

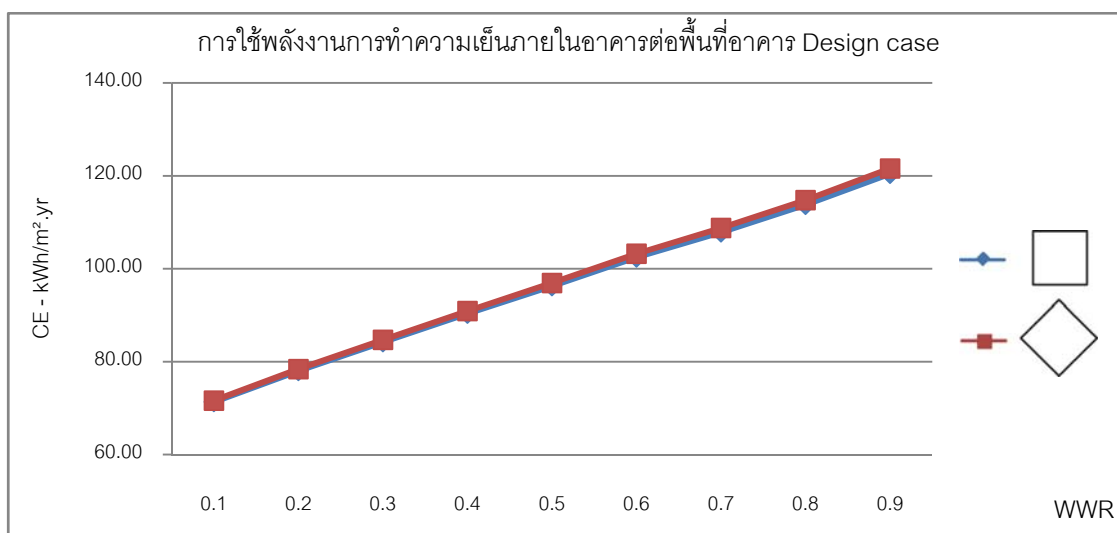
ตารางที่ 4.21 เรียงลำดับการใช้พลังงานการทำความเย็นภายในอาคาร Design case # 1



2. Base case และ Design case รูปทรงคล้ายกัน

จากการจำลอง Base Case เป็นอาคารทรงสี่เหลี่ยมขนาด 14 x 14 ตร.ม. สูง 7 ชั้น ความสูงจากพื้นถึงพื้นชั้นถัดไป 3 ม. พื้นที่อาคารรวม 1,372 ตร.ม. พื้นที่ผิวอาคาร 1,176 ตร.ม. โดยพื้นที่ผิวอาคารทั้ง 4 ทิศ มีขนาดเท่ากันทั้งหมด ซึ่ง Base case ของ Design case 2 ต่างจาก Design case 1 เนื่องจากข้อจำกัดของโปรแกรม VisualDoe 4.0 ที่ไม่สามารถสร้างแบบจำลอง Design case ให้มีเส้นรอบรูปจำนวนมากขนาด 30 X 30 ม. ได้ จึงได้ลดขนาดลงเหลือ 14 x 14 ม.

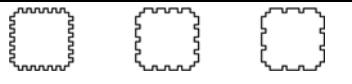
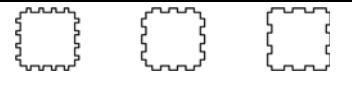
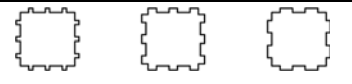
แผนภูมิที่ 4.36 การใช้พลังงานการทำความเย็นภายในอาคารอาคาร Base case



การใช้พลังงานการทำความเย็นภายในอาคาร Base case ค่อนข้างใกล้เคียงกันระหว่างอาคารที่มีผนังตรงตามทิศกับอาคารที่มีผนังเฉียง WWR 0.1 – 0.9 ของอาคาร Base case ใช้พลังงานระหว่าง 71 – 121 kWh/m².yr มีการบังเงาของผิวอาคารเฉลี่ยทั้งปี 50%ของพื้นที่ผิวอาคาร

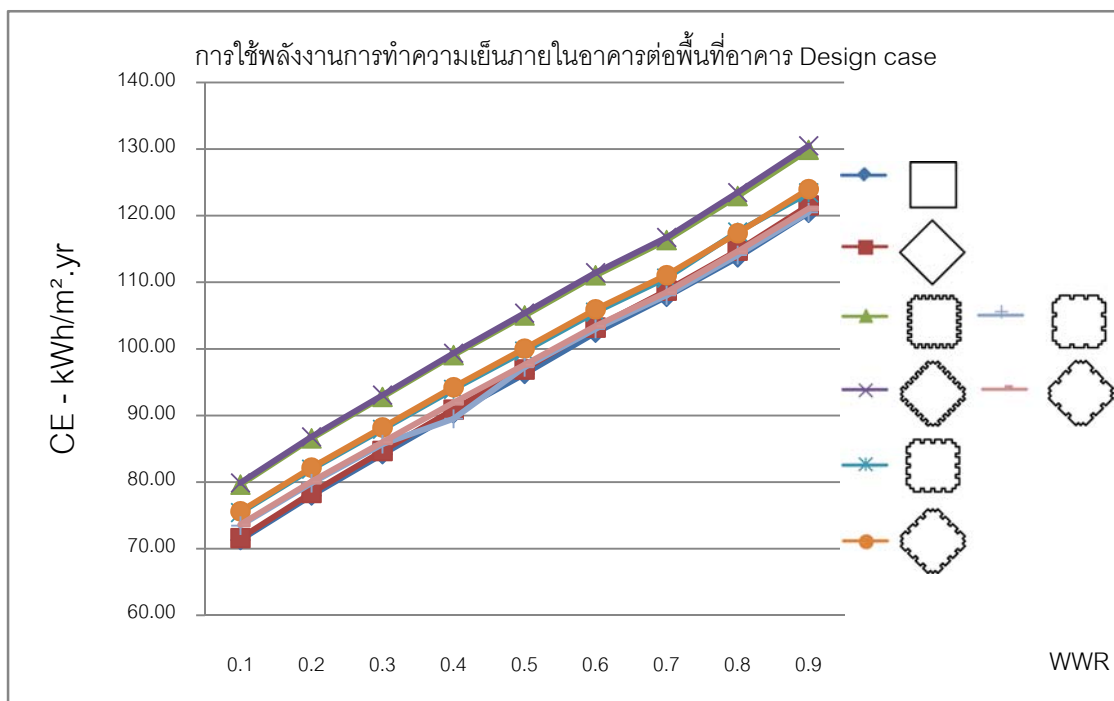
ผลการจำลองอาคาร Design case เป็นอาคารที่มีส่วนนูนส่วนเว้าระยะต่างๆ โดยแบ่ง Design case เป็น 3 ประเภท คือ 1. Design case เป็นอาคารที่มีส่วนเว้าระยะ 1 เมตร 2. Design case เป็นอาคารที่มีส่วนเว้าระยะ 2 เมตร 3. Design case เป็นอาคารที่มีส่วนเว้าระยะ 3 เมตร

ตารางที่ 4.22 – Design case # 2

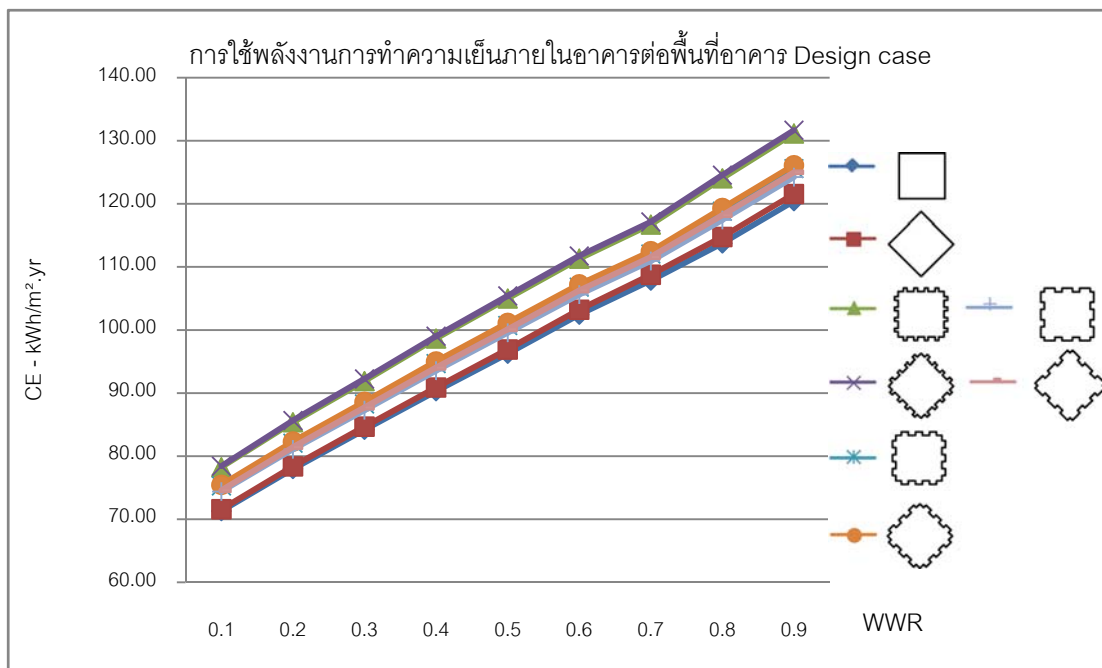
ประเภทที่ 2 Base case และ Design case รูปทรงคล้ายกัน	1. Design case เป็นอาคารที่มีส่วนเว้าระยะ 1 เมตร	
	2. Design case เป็นอาคารที่มีส่วนเว้าระยะ 2 เมตร	
	3. Design case เป็นอาคารที่มีส่วนเว้าระยะ 3 เมตร	

ผลการจำลองอาคาร Design case เป็นอาคารที่มีส่วนเว้าระยะ 1 เมตร

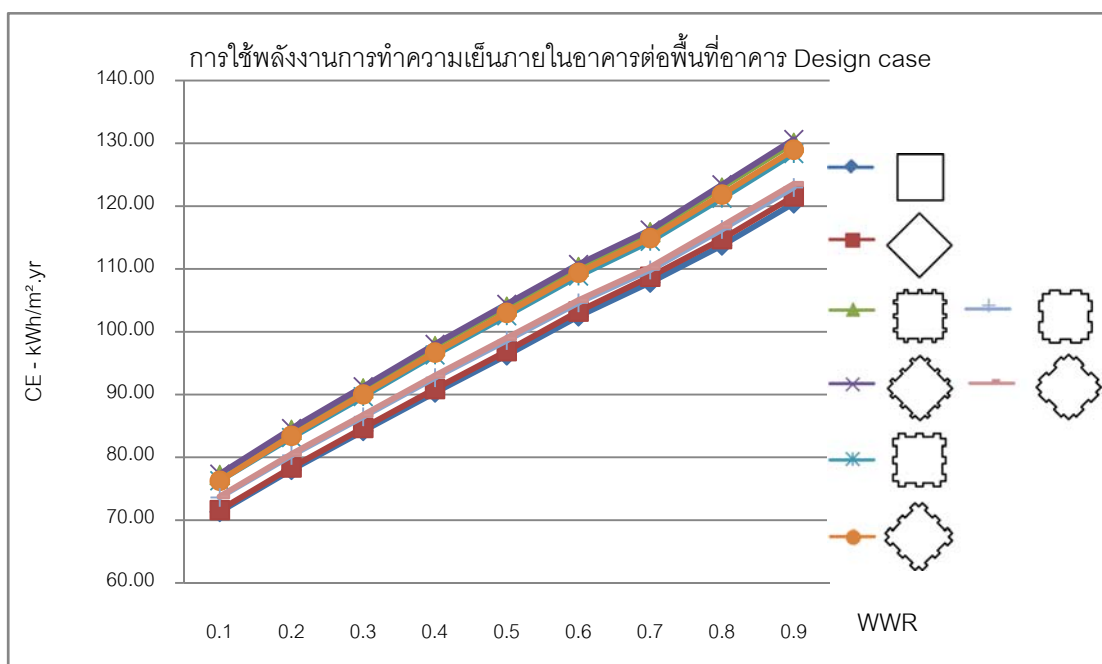
แผนภูมิที่ 4.37 การใช้พลังงานการทำความเย็นภายใน Design case เป็นอาคารที่มีส่วนเว้าระยะ 1 เมตร



ผลการจำลองอาคาร Design case เป็นอาคารที่มีส่วนเว้าระยะ 2 เมตร
 แผนภูมิที่ 4.38 การใช้พลังงานการทำความเย็นภายใน Design case เป็นอาคารที่มีส่วน
 เว้าระยะ 2 เมตร













ผลการจำลองอาคาร Design case เป็นอาคารที่มีส่วนเว้าระยะ 3 เมตร
 แผนภูมิที่ 4.21 การใช้พลังงานการทำความเย็นภายใน Design case เป็นอาคารที่มีส่วน
 เว้าระยะ 3 เมตร



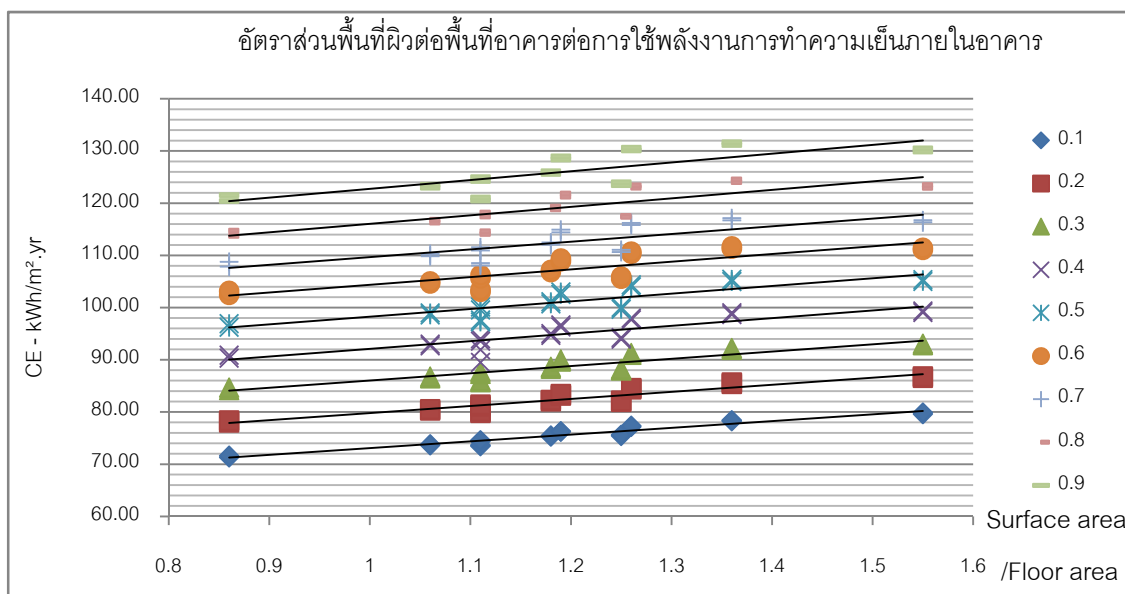
จากผลการจำลองอาคาร Design case ประเภทที่ 2 Base case และ Design case มีรูปทรงแตกต่างกันพบว่า อาคาร Design case มีการใช้พลังงานการทำความเย็นภายในอาคารมากกว่าอาคาร Base case ทุกประเภทซึ่งใช้มากกว่า 8 % อาคารที่มีผังพื้นตรงตามทิศจะใช้พลังงานการทำความเย็นภายในอาคาร น้อยกว่าอาคารที่มีผังพื้นเอียง และการบังเงาของอาคารไม่มีผลต่อค่าการใช้การทำความเย็นภายในอาคาร สำหรับ Design case ประเภทนี้

เมื่อพิจารณาค่าอัตราส่วนพื้นที่ผิวต่อพื้นที่อาคาร จะพบว่าการใช้พลังงานทำความเย็นภายในอาคาร มีค่าเพิ่มขึ้นตามอัตราส่วนพื้นที่ผิวต่อพื้นที่อาคารที่เพิ่มขึ้น เช่นเดียวกับ Design case ประเภทที่ 1

ตารางที่ 4.23 ตัวอย่างอัตราส่วนพื้นที่ผิวต่อพื้นที่อาคารและอัตราการบังเงาของอาคาร Design case # 2

อาคาร	พื้นที่ผิวอาคาร (m ²)	พื้นที่อาคาร (m ²)	พื้นที่ผิว / พื้นที่ อาคาร	อัตราการบังเงาของอาคาร ที่มีผังพื้นตรงตามทิศ
Base case 	1,176	1,372	0.86	50%
Design case # 2.1.1 	2,100	1,351	1.55	68%
Design case # 2.1.2 	1,764	1,407	1.25	67%
Design case # 2.1.3 	1,596	1,435	1.11	67%
Design case # 2.2.1 	1,764	1,395	1.36	65%
Design case # 2.2.2 	1,596	1,351	1.18	65%
Design case # 2.2.3 	1,596	1,435	1.11	65%
Design case # 2.3.1 	1,596	1,267	1.26	64%
Design case # 2.3.2 	1,596	1,344	1.19	66%
Design case # 2.3.3 	1,428	1,351	1.06	67%

แผนภูมิที่ 4.40 เปรียบเทียบอัตราส่วนพื้นที่ผิวต่อพื้นที่อาคารต่อการใช้พลังงาน
การทำความเย็นภายในอาคาร Design case # 2



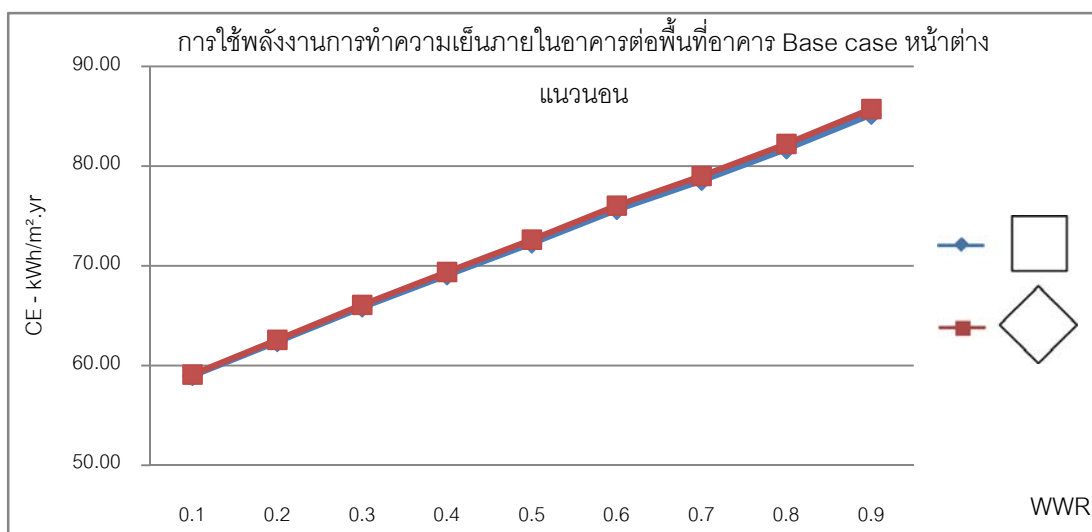
จากแผนภูมิที่ 4.40 แสดงค่าการใช้พลังงานการทำความเย็นภายในอาคารต่อพื้นที่อาคารตามสัดส่วนพื้นที่ผิวผนังต่ออาคาร ยิ่งอาคารมีสัดส่วนพื้นที่ผิวผนังต่ออาคาร ค่าการใช้พลังงานการทำความเย็นภายในอาคาร จะเพิ่มขึ้นในอัตราคงที่ ต่างจาก Design case #1 ที่จะเพิ่มขึ้นในอัตราที่สูงขึ้น

และแม้ว่าอาคาร Design case และ Base case จะมีค่าการใช้พลังงานการทำความเย็นภายในอาคารต่อพื้นที่อาคาร และต่อพื้นที่ผิวอาคาร แตกต่างกัน แต่จากการคำนวณค่า OTTV ของอาคารทั้ง 2 ประเภทมีค่าเท่ากันตามตารางที่ 4.19

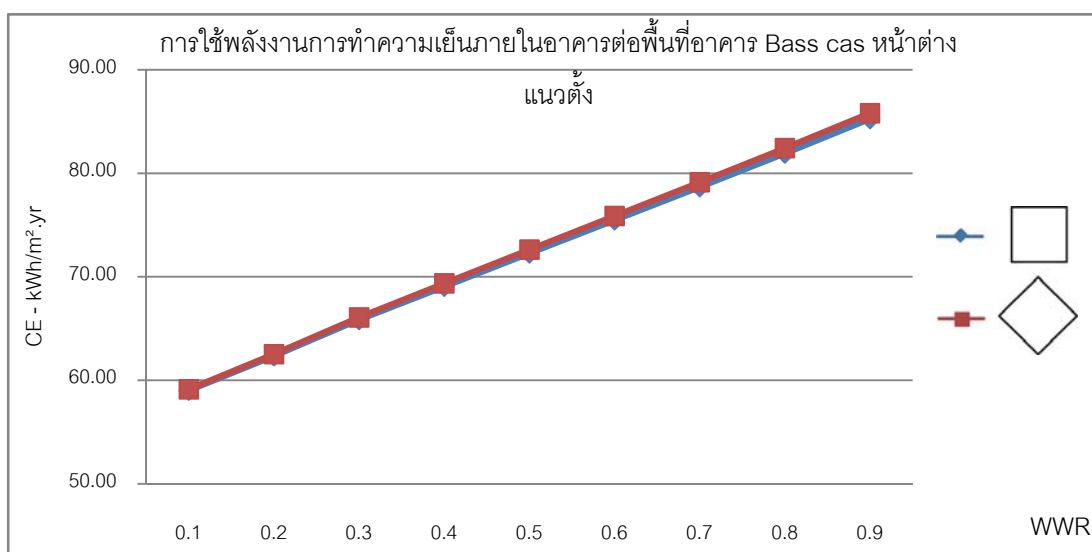
3. Base case และ Design case มีรูปทรงเหมือนกัน

ผลจากการจำลองอาคาร Base case ที่เป็นอาคารทรงสี่เหลี่ยมขนาด 30 x 30 ตร.ม. สูง 7 ชั้น ความสูงจากพื้นถึงพื้นชั้นถัดไป 3 ม. พื้นที่อาคารรวม 6,300 ตร.ม. พื้นที่ผิวอาคาร 2,520 ตร.ม.

แผนภูมิที่ 4.41 การใช้พลังงานการทำความเย็นภายในอาคารอาคาร Base case หน้าต่างแนวนอน



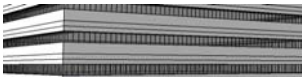

แผนภูมิที่ 4.42 การใช้พลังงานการทำความเย็นภายในอาคารอาคาร Base case หน้าต่างแนวตั้ง



การใช้พลังงานการทำความเย็นภายในอาคาร Base case ค่อนข้างใกล้เคียงกันระหว่างอาคารที่มีผนังตรงตามทิศกับอาคารที่มีผนังเอียง WWR 0.1 – 0.9 ของอาคาร Base case ใช้พลังงานการทำความเย็นภายในอาคาร ระหว่าง 59 – 85 kWh/m².yr มีการบังเงาของผิวอาคารเฉลี่ยทั้งปี 50%ของพื้นที่ผิวอาคาร

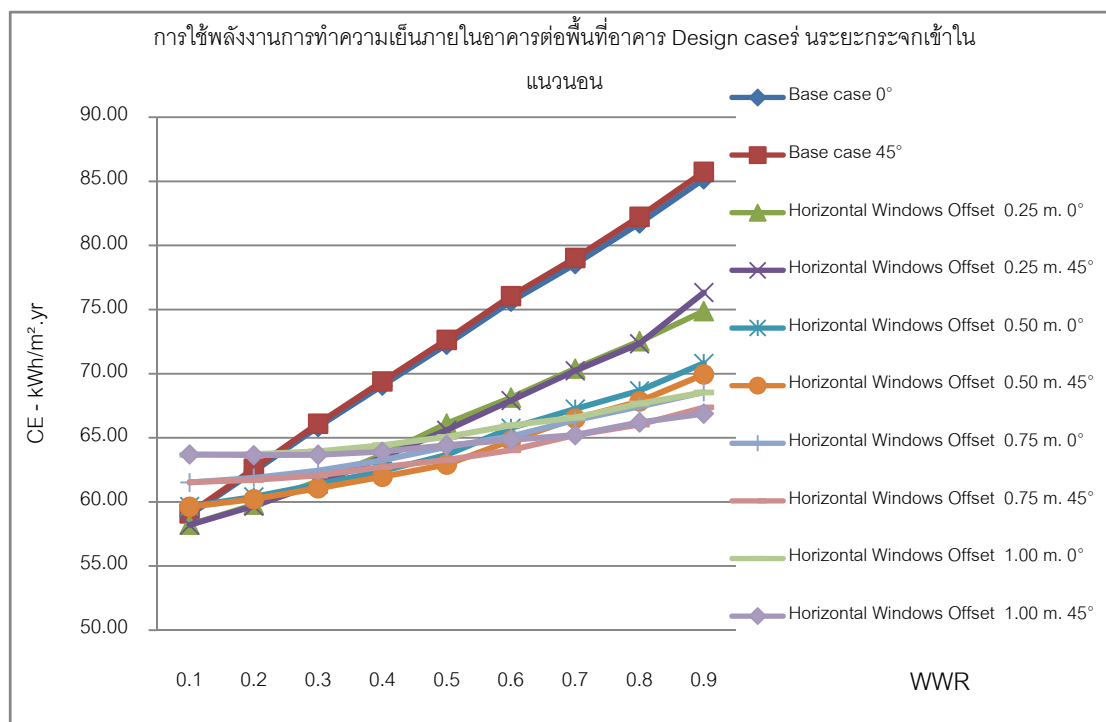
ผลการจำลองอาคาร Design case แบ่งเป็น 2 ประเภท คือ 1. Design case รันระยะกระจกเข้าในแนวนอน 2. Design case รันระยะกระจกเข้าในแนวตั้ง

ตารางที่ 4.24 Design case # 3

ประเภทที่ 3 Base case และ Design case มีรูปทรง เหมือนกัน	1. Design case รันระยะกระจกเข้า ในแนวนอน	
	2. Design case รันระยะกระจกเข้า ในแนวตั้ง	

ผลการจำลองอาคาร Design case รันระยะกระจกเข้าในแนวนอน

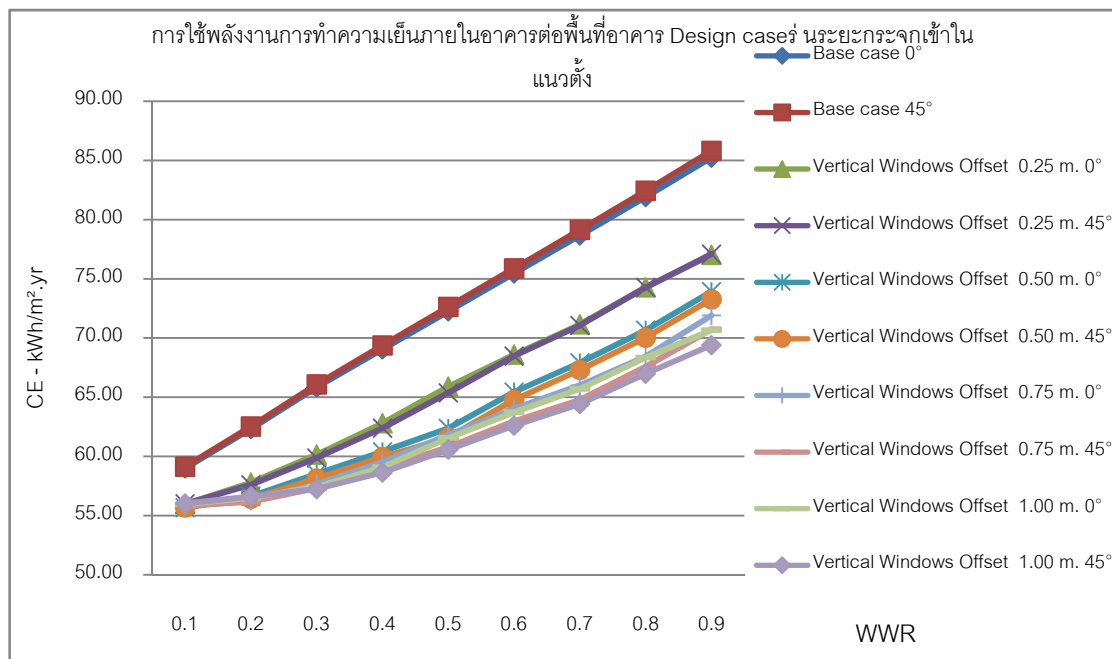
แผนภูมิที่ 4.43 การใช้พลังงานการทำความเย็นภายในอาคารต่อพื้นที่อาคาร Design case รันระยะกระจกเข้าในแนวนอน



ผลการจำลองอาคาร Design case ร่นระยะกระจกเข้าในแนวตั้ง

แผนภูมิที่ 4.44 การใช้พลังงานการทำความเย็นภายในอาคารต่อพื้นที่อาคาร

Design case ร่นระยะกระจกเข้าในแนวตั้ง



จากแผนภูมิที่ 4.43 -4.44 อาคาร Design case # 3 เป็น Design case ประเภทเดียวที่มีค่าการใช้พลังงานการทำความเย็นภายในอาคารส่วนใหญ่ต่ำกว่า การใช้พลังงานการทำความเย็นของอาคาร Base case




จากแผนภูมิที่ 4.43 Design case ร่นระยะกระจกเข้าในแนวนอน เมื่อ WWR ตั้งแต่ 0.1-0.3 ยิ่งร่นระยะหน้าต่างยิ่งลึก ค่าการใช้พลังงานการทำความเย็นภายในอาคารยิ่งมากขึ้น เนื่องจากเมื่อ WWR น้อย อาคาร Base case และอาคาร Design case ใช้พลังงานการทำความเย็นในอาคารใกล้เคียงกัน แต่เพราะ Design case มีพื้นที่อาคารน้อยลงตามระยะการร่นหน้าต่างต่าง เมื่อคิดพลังงานการทำความเย็นภายในอาคารต่อพื้นที่อาคาร Design case จึงมากกว่า Base case และเมื่อ WWR เพิ่มขึ้น อาคาร Design case ลดพลังงานการทำความเย็นภายในอาคารจาก Base case มาก เมื่อคิดการใช้พลังงานการทำความเย็นภายในอาคารต่อพื้นที่อาคาร จึงต่ำกว่า Base case โดยอาคารที่มีผนังตรงตามทิศจะใช้พลังงานการทำความเย็นภายในอาคาร มากกว่าอาคารที่มีผนังเอียง ต่างจาก Design case #1 และ #2 ที่ผนังตรงตามทิศจะใช้พลังงานการทำความเย็นภายในอาคาร น้อยกว่าอาคารที่มีผนังเอียง

จากแผนภูมิที่ 4.44 Design case รันระยะกระจกเข้าในแนวตั้ง ค่าการใช้พลังงานการทำความเย็นภายในอาคารลดลงตามระยะหน้าต่างต่าง ต่างจาก Design case รันระยะหน้าต่างเข้าในแนวนอน เนื่องจากการรันระยะกระจกเข้าในแนวตั้ง ลดพื้นที่อาคารน้อยกว่าการรันระยะหน้าต่างในแนวนอน ประกอบข้อจำกัดของโปรแกรม VisuaDoe 4.0 แบบจำลอง Design case รันระยะกระจกเข้าในแนวตั้ง จึงมีการบังแดดทั้งแนวตั้งและแนวนอน เนื่องจากไม่สามารถสร้างแบบจำลองให้รันระยะกระจกเข้าในแนวตั้งต่อเนื่องได้

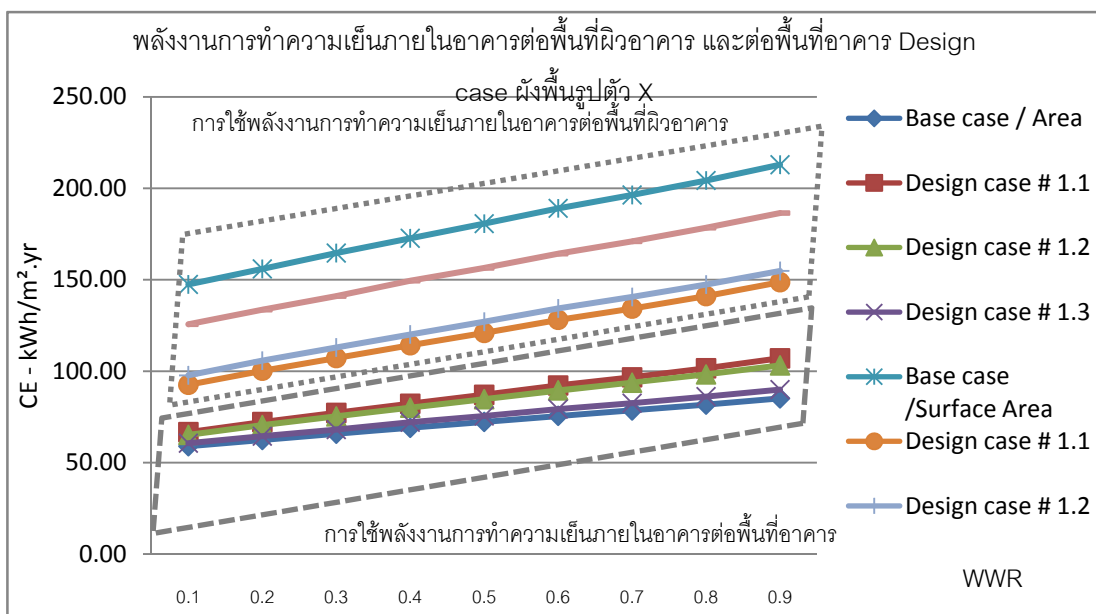
4.3 ผลการวิเคราะห์การใช้พลังงานการทำความเย็นภายในอาคารต่อพื้นที่ผิวอาคาร

เนื่องจากค่า OTTV เป็นค่าการถ่ายเทความร้อนของผนังอาคาร จึงได้เปรียบเทียบการใช้พลังงานการทำความเย็นภายในอาคารต่อพื้นที่ผิวอาคาร เปรียบเทียบกับการใช้พลังงานการทำความเย็นภายในอาคารต่อพื้นที่อาคาร จากผลการวิเคราะห์การใช้พลังงานการทำความเย็นภายในอาคารต่อพื้นที่อาคาร เลือกทิศทางของอาคารที่ใช้พลังงานการทำความเย็นภายในอาคารที่ต่ำที่สุดในแต่ละรูปทรงมาเปรียบเทียบ และใช้อาคารที่มีผังพื้นตรงตามทิศเป็น Base case

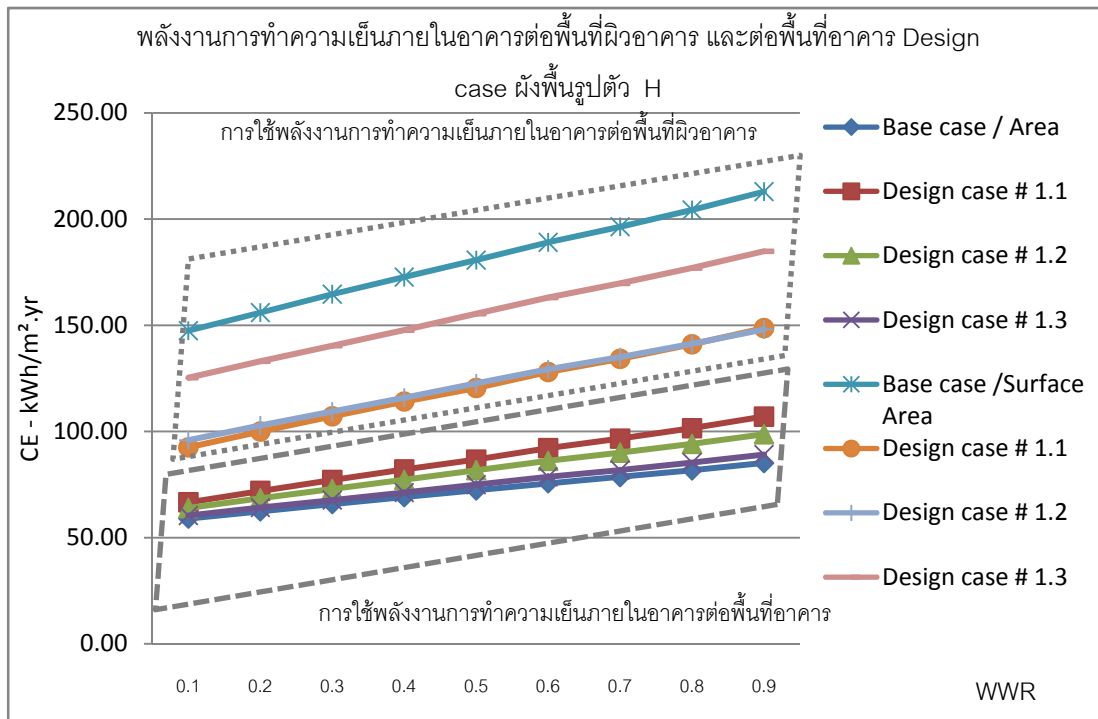
ตารางที่ 4.25 -- Design case # 1

อาคาร	พื้นที่ผิว /พื้นที่อาคาร
Base case	0.4
Design case # 1.1 	0.72
Design case # 1.2 	0.66
Design case # 1.3 	0.48

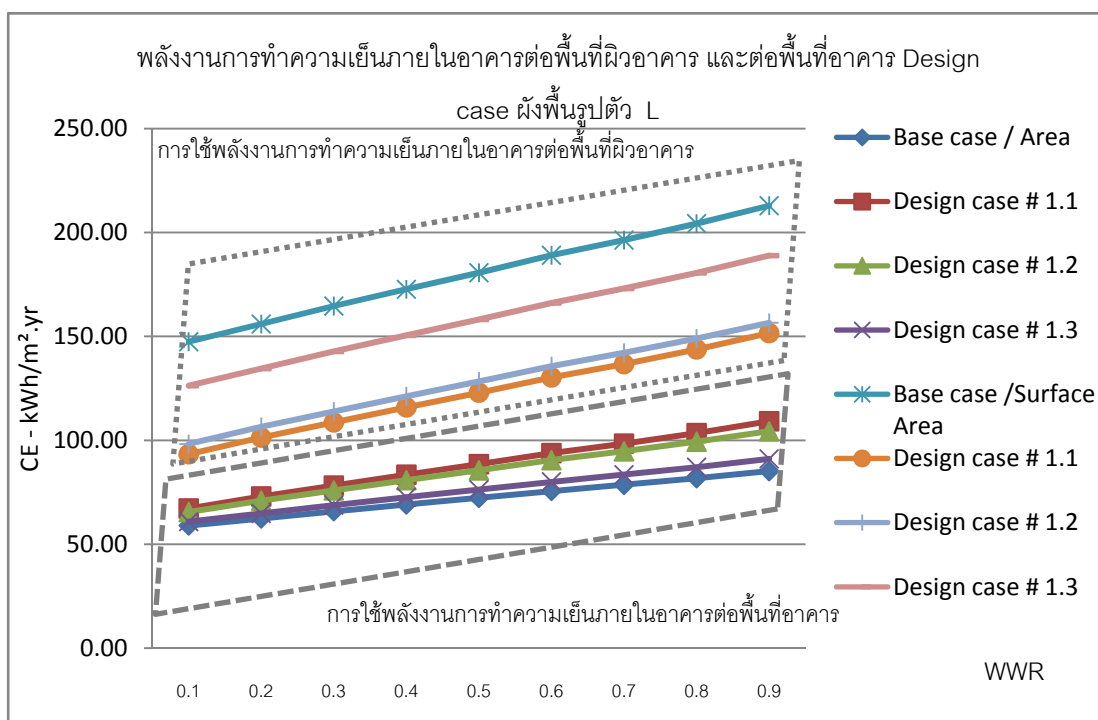
แผนภูมิที่ 4.45- การใช้พลังงานการทำความเย็นภายในอาคารต่อพื้นที่ผิวอาคาร และต่อพื้นที่อาคาร Design case ผังพื้นรูปตัว X



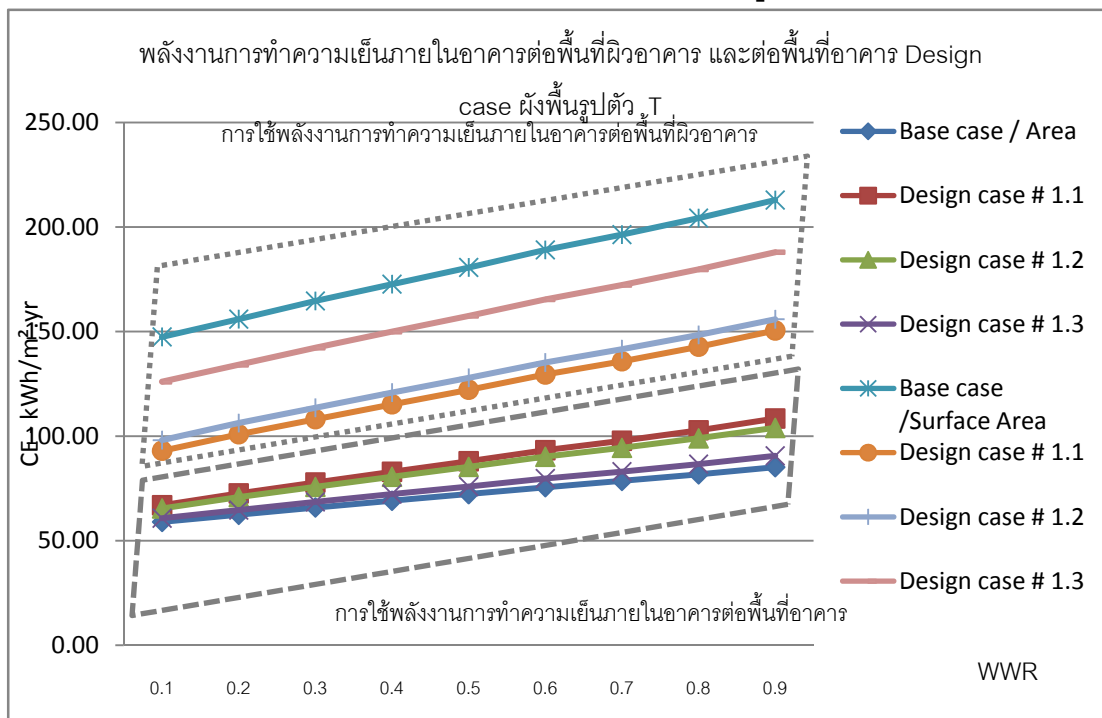
แผนภูมิที่ 4.46- การใช้พลังงานการทำความเย็นภายในอาคารต่อพื้นที่ผิวอาคารและต่อพื้นที่อาคาร Design case ผังพื้นรูปตัว H



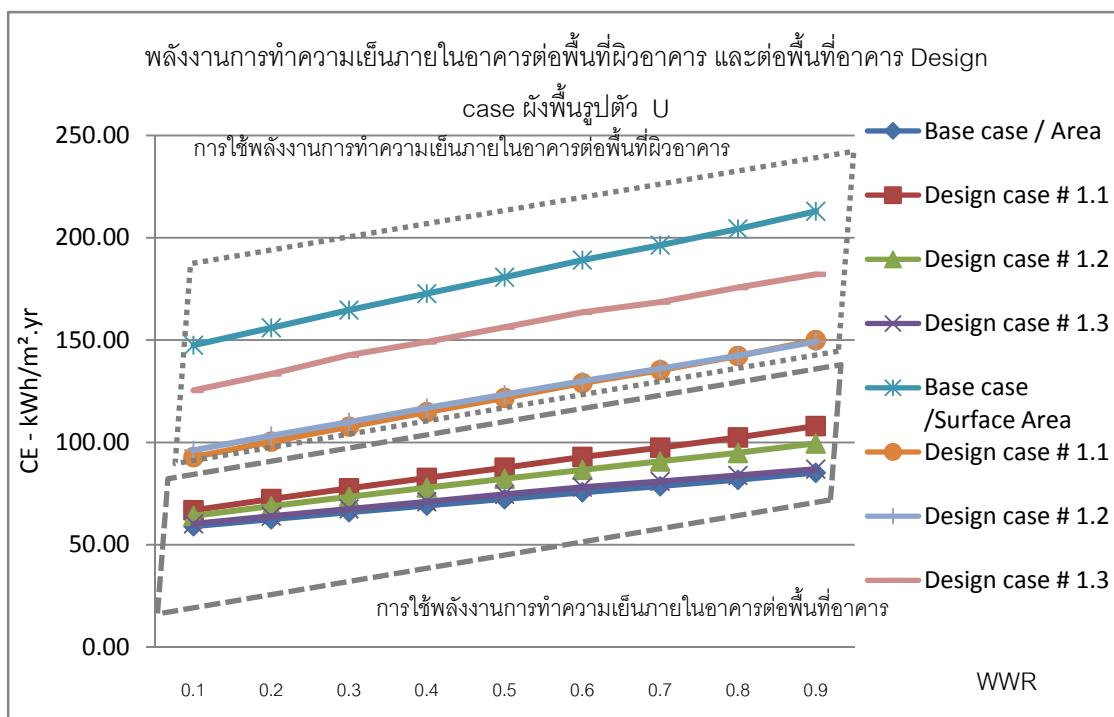
แผนภูมิที่ 4.47- การใช้พลังงานการทำความเย็นภายในอาคารต่อพื้นที่ผิวอาคารและต่อพื้นที่อาคาร Design case ผังพื้นรูปตัว L



แผนภูมิที่ 4.48– การใช้พลังงานการทำความเย็นภายในอาคารต่อพื้นที่ผิวอาคาร และต่อพื้นที่อาคาร Design case ผังพื้นรูปตัว T













แผนภูมิที่ 4.49– การใช้พลังงานการทำความเย็นภายในอาคารต่อพื้นที่ผิวอาคารและต่อพื้นที่อาคาร Design case ผังพื้นรูปตัว U

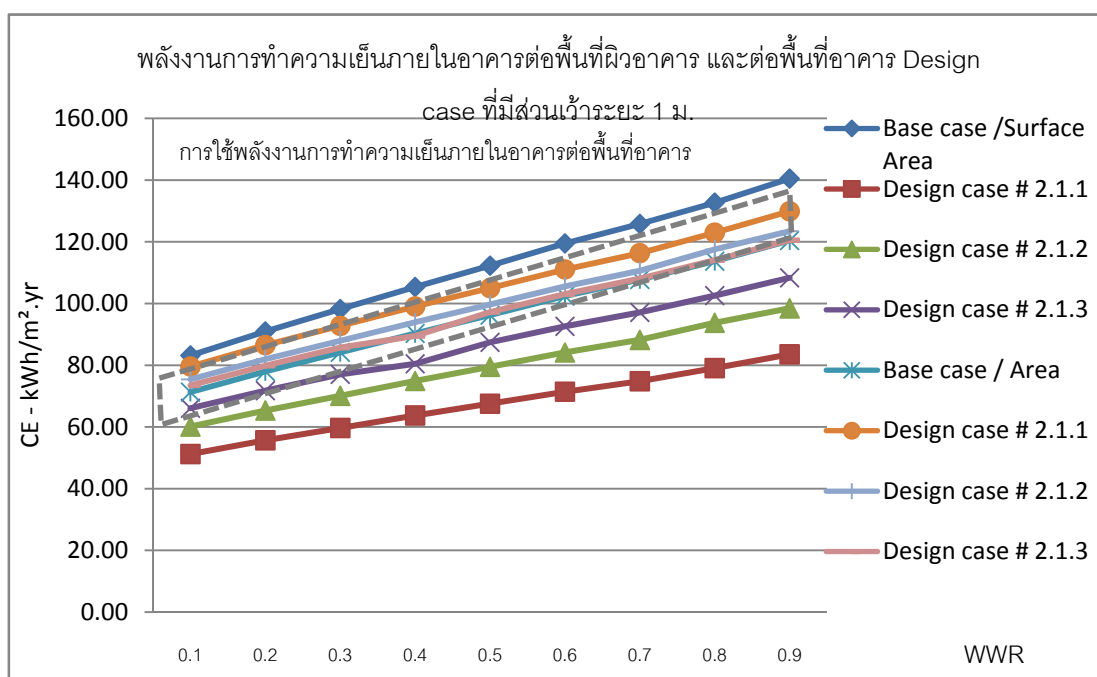


จากแผนภูมิที่ 4.457-4.49 เปรียบเทียบการใช้พลังงานการทำความเย็นภายในอาคารต่อพื้นที่ผิวอาคารและต่อพื้นที่อาคาร Design case # 1 การใช้พลังงานการทำความเย็นภายในอาคารต่อพื้นที่ผิวอาคารมีค่าลดลงตามอัตราส่วนพื้นที่ผิวต่อพื้นที่อาคารที่เพิ่มขึ้น และลดลงในอัตราราคงที่ขณะการใช้พลังงานการทำความเย็นภายในอาคารต่อพื้นที่อาคารเพิ่มขึ้นในอัตราที่สูงขึ้น

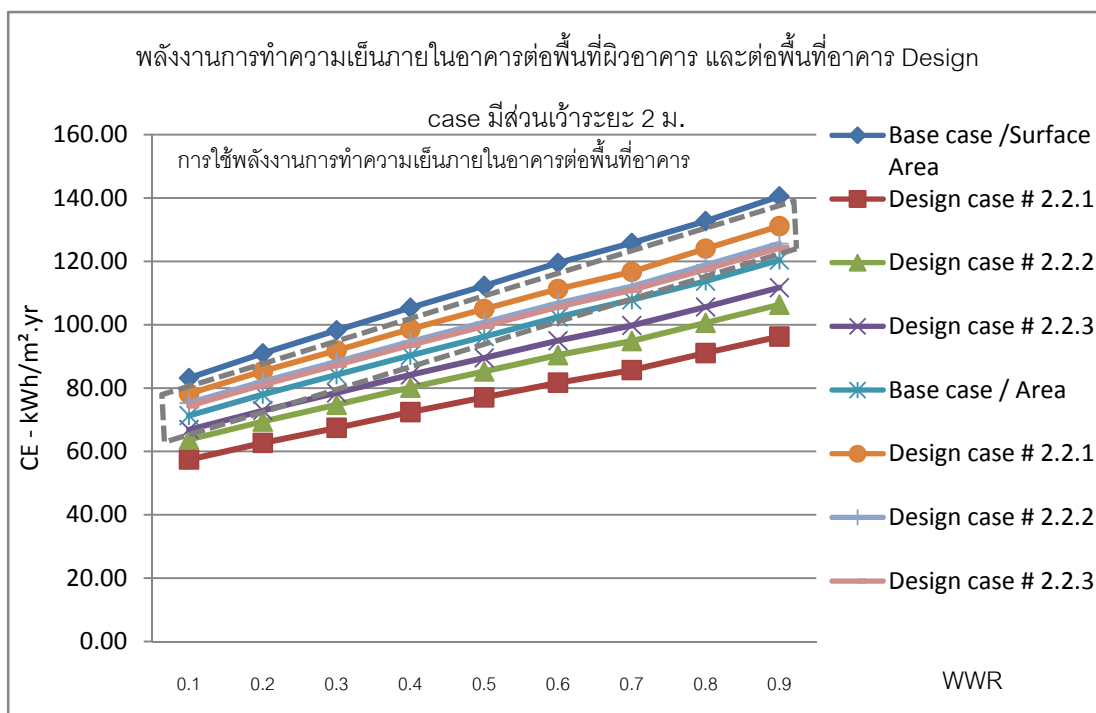
ตารางที่ 4.26 -Design case # 2

อาคาร	พื้นที่ผิว /พื้นที่อาคาร	อาคาร	พื้นที่ผิว /พื้นที่อาคาร
Base case 	0.86	Design case # 2.2.2 	1.18
Design case # 2.1.1 	1.55	Design case # 2.2.3 	1.11
Design case # 2.1.2 	1.25	Design case # 2.3.1 	1.26
Design case # 2.1.3 	1.11	Design case # 2.3.2 	1.19
Design case # 2.2.1 	1.36	Design case # 2.3.3 	1.06

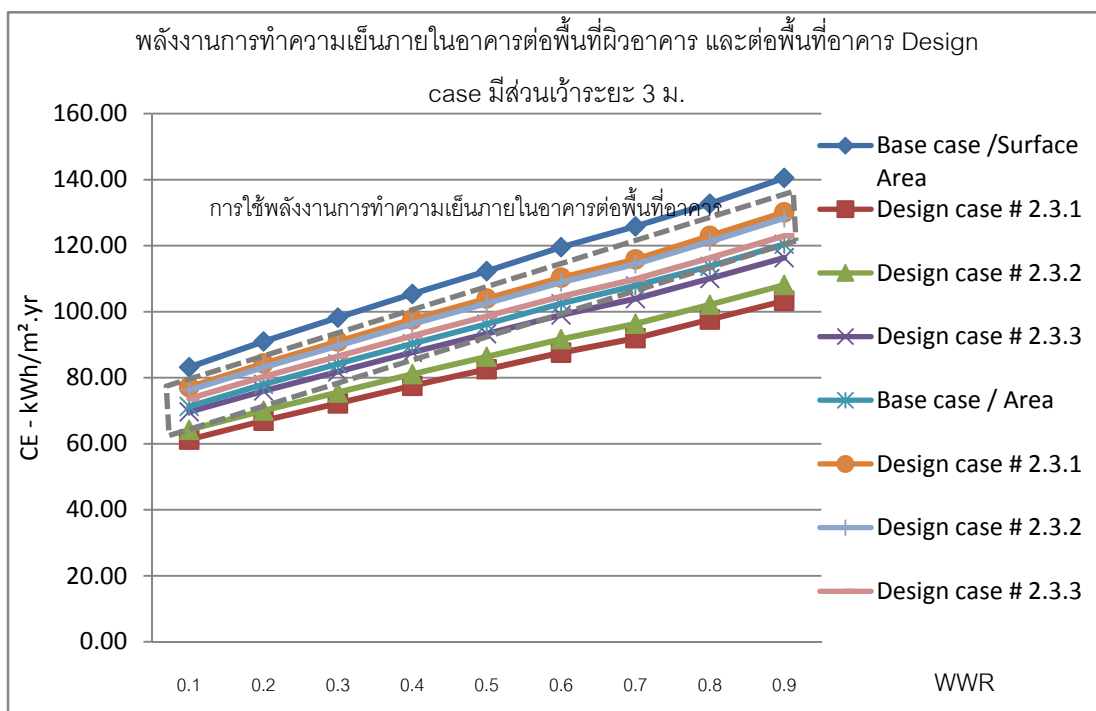
แผนภูมิที่ 4.50–การใช้พลังงานการทำความเย็นภายในอาคารต่อพื้นที่ผิวอาคารและต่อพื้นที่อาคาร Design case ที่มีสวนเว้าระยะ 1 ม.



แผนภูมิที่ 4.51– การใช้พลังงานการทำความเย็นภายในอาคารต่อพื้นที่ผิวอาคาร และต่อพื้นที่อาคาร Design case ที่มีส่วนเว้าระยะ 2 ม.



แผนภูมิที่ 4.52– การใช้พลังงานการทำความเย็นภายในอาคารต่อพื้นที่ผิวอาคาร และต่อพื้นที่อาคาร Design case ที่มีส่วนเว้าระยะ 3 ม.



จากแผนภูมิที่ 4.50 - 4.52 เปรียบเทียบการใช้พลังงานการทำงานความเย็นภายในอาคารต่อพื้นที่ผิวอาคารและต่อพื้นที่อาคาร Design case # 2 มีการเพิ่มขึ้นและลดลงในอัตราคงที่ พลังงานการทำงานความเย็นภายในอาคารต่อพื้นที่ผิวอาคารลดลงมากกว่าการเพิ่มขึ้นของพลังงานการทำงานความเย็นภายในอาคารต่อพื้นที่อาคารมาก เพราะพื้นที่ผิวของอาคาร Design case # 2 เพิ่มจาก Base case มากขึ้นมาก ขณะที่พื้นที่อาคารค่อนข้างใกล้เคียงกัน

Design case # 3 Design case ที่ร่นระยะหน้าต่าง อัตราส่วนพื้นที่ผิวต่อพื้นที่อาคารของ Design case ขึ้นอยู่ WWR ที่ต่างกันและระยะการร่นหน้าต่างที่ต่างกัน

ตารางที่ 4.24 -- Design case # 3

อาคาร	พื้นที่ผิว / พื้นที่อาคาร			
	0.25	0.50	0.75	1.00
Base case	0.4			
	ระยะการร่นหน้าต่าง			
Design case # 3 ร่นระยะหน้าต่างเข้าในแนวนอน WWR 0.1-0.9	0.41	0.43	0.44	0.46
Design case # 3 ร่นระยะหน้าต่างเข้าในแนวตั้ง WWR 0.1	0.47	0.54	0.61	0.63
Design case # 3 ร่นระยะหน้าต่างเข้าในแนวตั้ง WWR 0.2	0.47	0.54	0.61	0.63
Design case # 3 ร่นระยะหน้าต่างเข้าในแนวตั้ง WWR 0.3	0.47	0.54	0.61	0.63
Design case # 3 ร่นระยะหน้าต่างเข้าในแนวตั้ง WWR 0.4	0.47	0.54	0.61	0.64
Design case # 3 ร่นระยะหน้าต่างเข้าในแนวตั้ง WWR 0.5	0.47	0.54	0.61	0.64
Design case # 3 ร่นระยะหน้าต่างเข้าในแนวตั้ง WWR 0.6	0.48	0.55	0.62	0.64
Design case # 3 ร่นระยะหน้าต่างเข้าในแนวตั้ง WWR 0.7	0.48	0.55	0.62	0.64
Design case # 3 ร่นระยะหน้าต่างเข้าในแนวตั้ง WWR 0.8	0.48	0.55	0.62	0.65
Design case # 3 ร่นระยะหน้าต่างเข้าในแนวตั้ง WWR 0.9	0.48	0.55	0.62	0.65

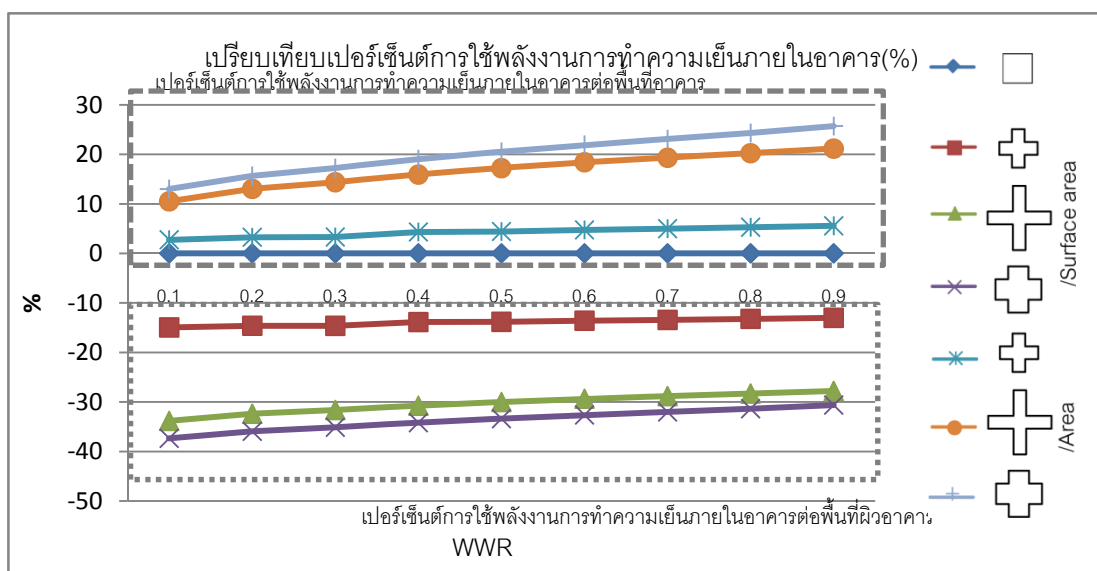
จากแผนภูมิที่ 4.53-4.54 การใช้พลังงานการทำความเย็นภายในอาคารต่อพื้นที่ผิวอาคาร Design case ที่ร่นระยะหน้าต่างแนวนอน ลดลงใกล้เคียงกัน เพราะพื้นที่ผิวผนังมีค่าเท่ากัน ทั้งหมดส่วนพื้นที่อาคารลดลงส่วนหนึ่งจากระยะการร่นหน้าต่าง ขณะที่ Design case ที่ร่นระยะหน้าต่างแนวตั้งลดลงมาก เนื่องจากมีพื้นที่ผิวที่เพิ่มขึ้น ในขณะที่พื้นที่อาคารลดลงแต่เพียงเล็กน้อย

จากผลการใช้พลังงานการทำความเย็นภายในอาคารต่อพื้นที่ผิวอาคาร พบว่า Design case ทุกประเภท มีค่าต่ำกว่า Base case เนื่องจาก Design case มีพื้นที่ผิวมากกว่า Base case เกือบทุกประเภท เมื่อเฉลี่ยค่าพลังงานการทำความเย็นภายในอาคารต่อตร.ม. แล้ว ค่าที่ได้จึงลดลง

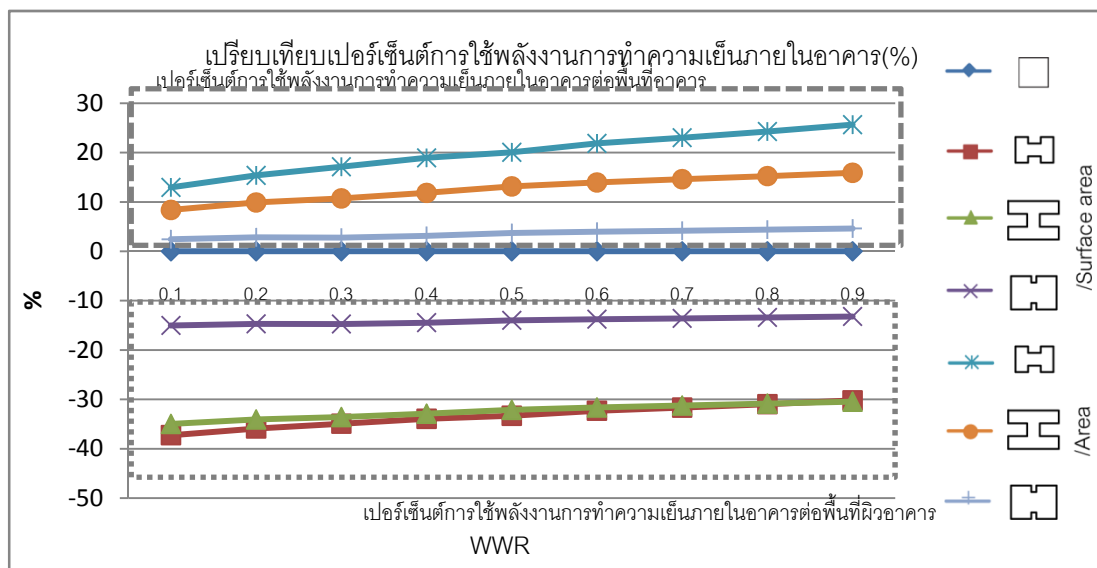
4.4 เปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์การใช้พลังงานการทำความเย็นภายในอาคารต่อพื้นที่อาคารและพื้นที่ผิวอาคาร

จากผลการจำลองเปรียบเทียบการใช้พลังงานการทำความเย็นภายในอาคารต่อพื้นที่อาคารและพื้นที่ผิวอาคาร ในบทที่ 4.3 จึงได้เปรียบเทียบเป็นเปอร์เซ็นต์เพื่อศึกษาส่วนต่างการใช้พลังงานการทำความเย็นภายในอาคารของ Base case และ Design case โดยเลือกทิศทางที่ใช้พลังงานการทำความเย็นภายในอาคารต่ำที่สุดในแต่ละรูปทรงมาพิจารณา

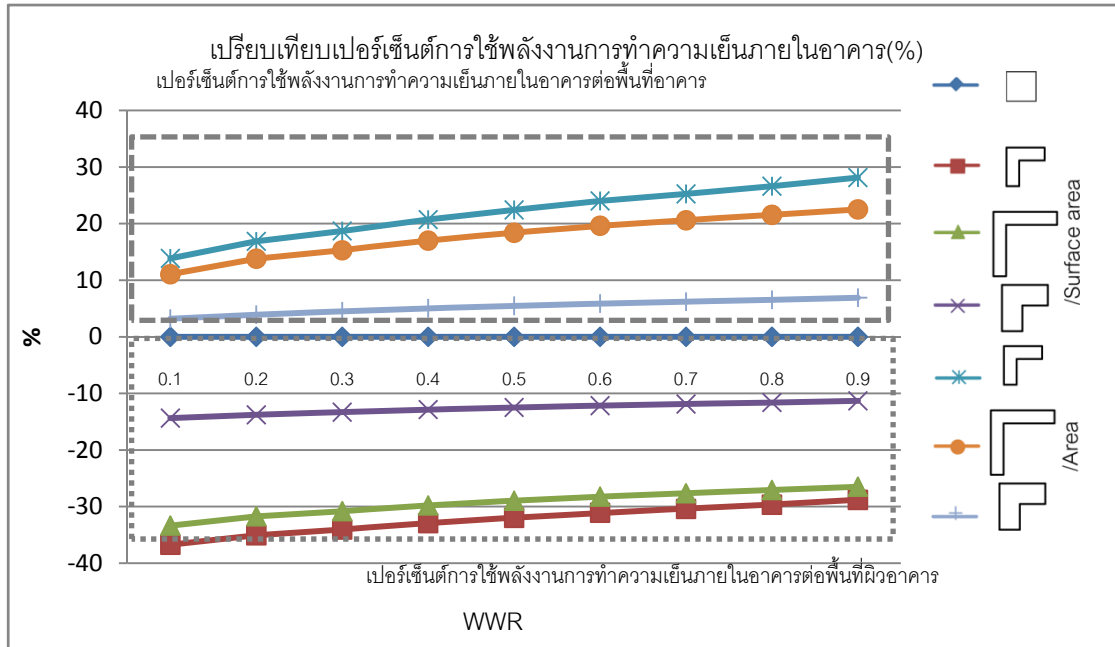
แผนภูมิที่ 4.55- เปอร์เซ็นต์การใช้พลังงานการทำความเย็นภายในอาคารต่อพื้นที่ผิวอาคารและต่อพื้นที่อาคาร Design case # 1 ผังพื้นรูปตัว X



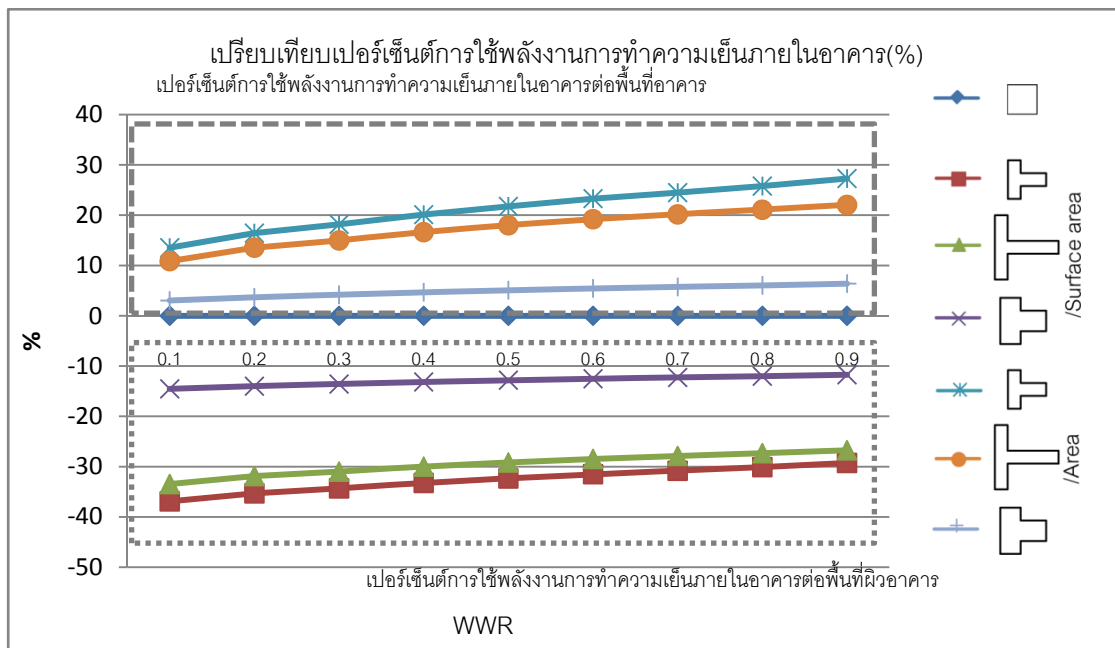
แผนภูมิที่ 4.56- เปอร์เซ็นต์การใช้พลังงานการทำความเย็นภายในอาคารต่อพื้นที่ผิวอาคารและต่อพื้นที่อาคาร Design case # 1 ผังพื้นรูปตัว H



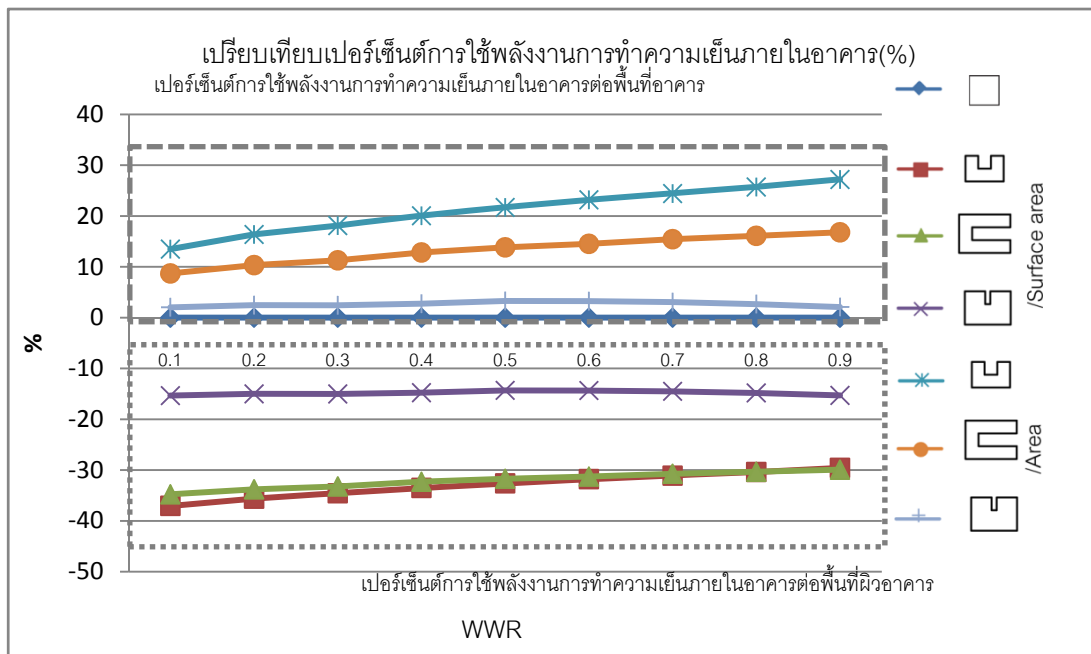
แผนภูมิที่ 4.57- เปอร์เซ็นต์การใช้พลังงานการทำความเย็นภายในอาคารต่อพื้นที่ผิวอาคารและต่อพื้นที่อาคาร Design case # 1 ผังพื้นรูปตัว L



แผนภูมิที่ 4.58- เปอร์เซ็นต์การใช้พลังงานการทำความเย็นภายในอาคารต่อพื้นที่ผิวอาคารและต่อพื้นที่อาคาร Design case # 1 ผังพื้นรูปตัว T

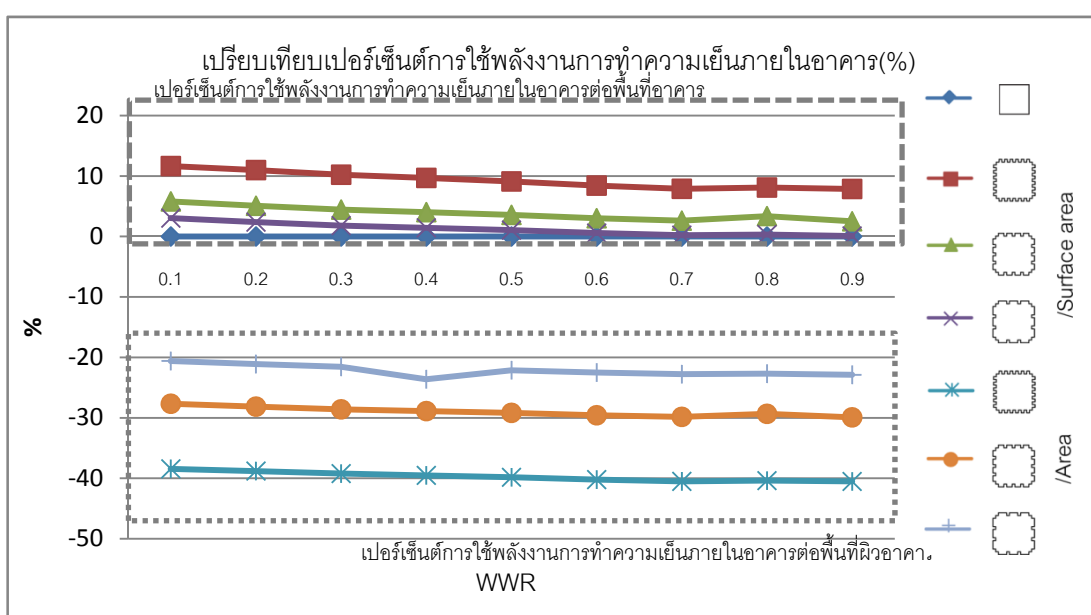


แผนภูมิที่ 4.59- เปรอ์เซ็นต์การใช้พลังงานการทำความเย็นภายในอาคารต่อพื้นที่ผิวอาคารและต่อพื้นที่อาคาร Design case # 1 ผังพื้นรูปตัว U

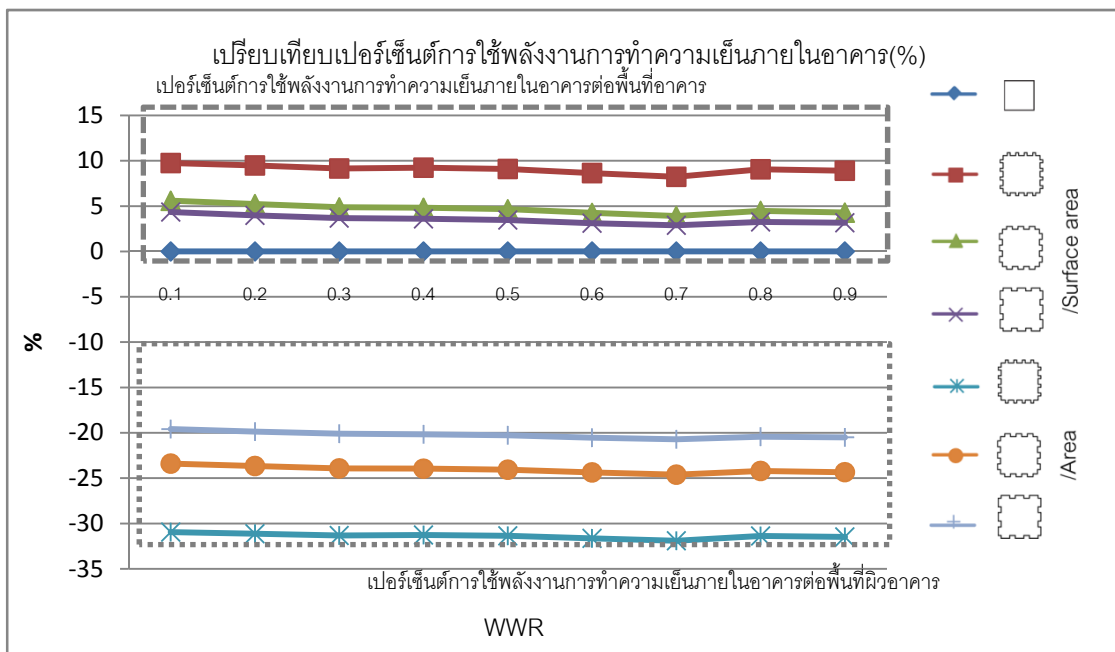


จากแผนภูมิที่ 4.55-4.59 พบว่าเมื่ออาคาร Design case # 1 มีค่า WWR เพิ่มขึ้น การใช้พลังงานการทำความเย็นภายในอาคารต่อพื้นที่เพิ่มขึ้นตามไปด้วย หากอาคารมีสัดส่วนพื้นที่ผิวต่อพื้นที่อาคารมาก ความชันของแผนภูมิจะสูงขึ้นตามไปด้วย หมายถึงมีการเพิ่มการใช้พลังงานการทำความเย็นภายในอาคารในอัตราที่สูงขึ้น ขณะที่พลังงานการทำความเย็นภายในอาคารต่อพื้นที่ผิว เมื่อมี WWR เพิ่มขึ้น พลังงานการทำความเย็นภายในอาคารต่อพื้นที่ผิวเพิ่มขึ้นเช่นกัน

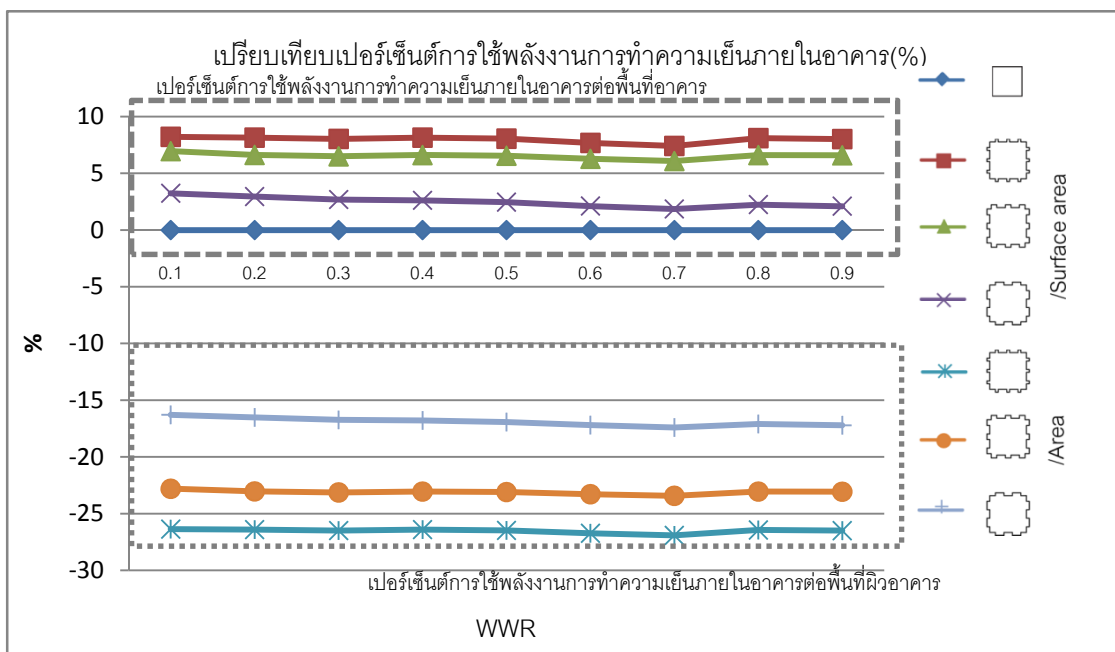
แผนภูมิที่ 4.60- เปรอ์เซ็นต์การใช้พลังงานการทำความเย็นภายในอาคารต่อพื้นที่ผิวอาคารและต่อพื้นที่อาคาร Design case # 2 อาคารที่มีสวนเว้าระยะ 1 ม.



แผนภูมิที่ 4.61- เปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์การใช้พลังงานการทำความเย็นภายในอาคารต่อพื้นที่ผิวอาคารและต่อพื้นที่อาคาร Design case # 2 อาคารที่มีส่วนเว้าระยะ 2 ม.



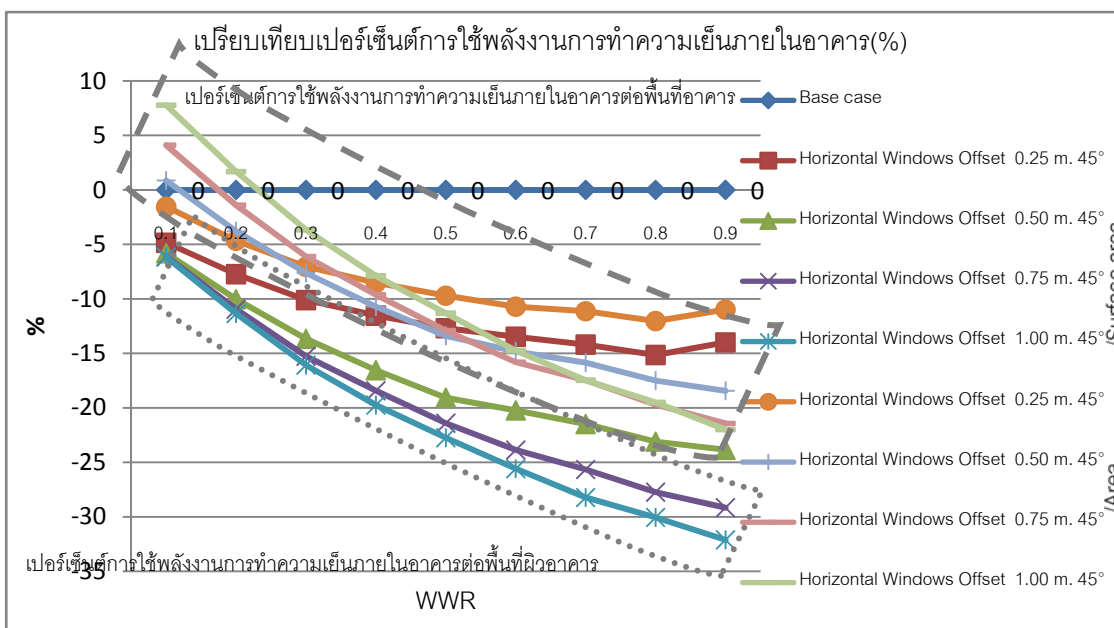
แผนภูมิที่ 4.62- เปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์การใช้พลังงานการทำความเย็นภายในอาคารต่อพื้นที่ผิวอาคารและต่อพื้นที่อาคาร Design case # 2 อาคารที่มีส่วนเว้าระยะ 3 ม.



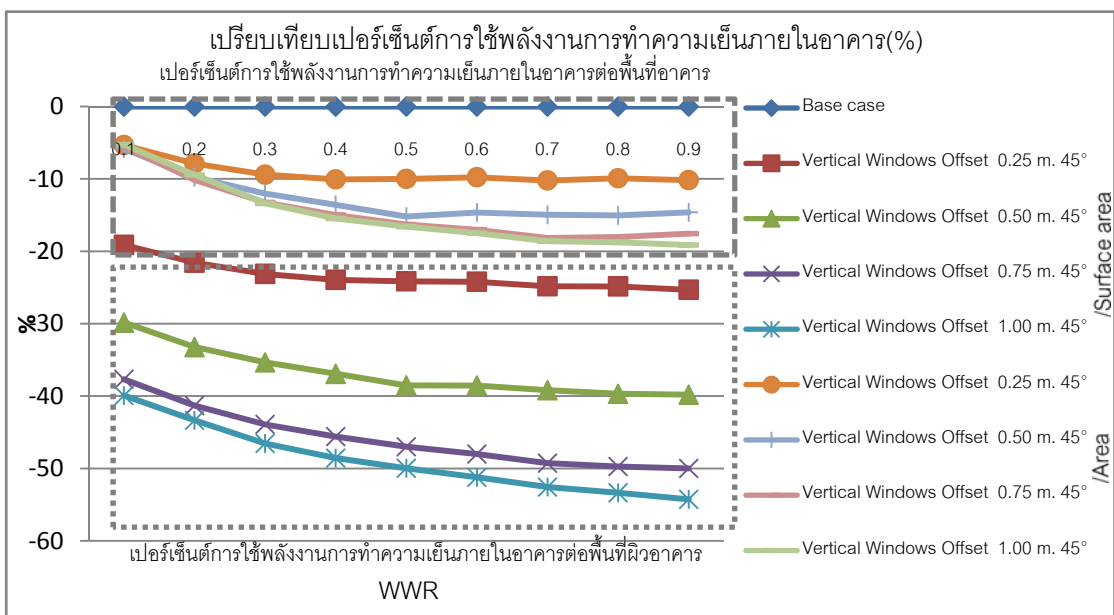
จากแผนภูมิที่ 4.42 - 4.44 เปรียบเทียบการใช้พลังงานการทำความเย็นภายในอาคารต่อพื้นที่ผิวอาคารและต่อพื้นที่อาคาร Design case # 2 การใช้พลังงานการทำความเย็นภายใน

อาคารต่อพื้นที่อาคาร เมื่อ WWR เพิ่มขึ้น การใช้พลังงานการทำความเย็นภายในอาคารกลับมีค่าลดลงและลดลงในอัตราคงที่เพราะแต่ละอัตราส่วนพื้นที่ผิวต่อพื้นที่อาคารมีความชันเท่ากัน เช่นเดียวกับการใช้พลังงานการทำความเย็นภายในอาคารต่อพื้นที่ผิวอาคารที่ลดลงตาม WWR ที่เพิ่มขึ้น

แผนภูมิที่ 4.63- เปรอเซ็นต์การใช้พลังงานการทำความเย็นภายในอาคารต่อพื้นที่ผิวอาคารและต่อพื้นที่อาคาร Design case ร่นระยะหน้าต่างเข้าในแนวนอน



แผนภูมิที่ 4.64- เปรอเซ็นต์การใช้พลังงานการทำความเย็นภายในอาคารต่อพื้นที่ผิวอาคารและต่อพื้นที่อาคาร Design case ร่นระยะหน้าต่างเข้าในแนวตั้ง



จากแผนภูมิที่ 4.63 - 4.64 เปรียบเทียบการใช้พลังงานการทำความเย็นภายในอาคารต่อพื้นที่ผิวอาคารและต่อพื้นที่อาคาร Design case # 3 อาคารที่ร่นระยะหน้าต่างเข้าในแนวนอนใช้พลังงานการทำความเย็นภายในอาคารต่อพื้นที่อาคารลดลงตาม WWR ที่มากขึ้น เมื่ออาคารมีค่า WWR 0.1 - 0.3 ยิ่งร่นระยะหน้าต่างมาก การใช้พลังงานการทำความเย็นภายในอาคารจะยิ่งสูงขึ้น จนเมื่อ WWR 0.4 การใช้พลังงานการทำความเย็นภายในอาคารจึงจะลดลงตามการร่นระยะหน้าต่าง ที่มากขึ้น ที่ WWR 0.7 การร่นระยะหน้าต่าง 0.75-1.00 เมตร มีการลดการใช้พลังงานการทำความเย็นภายในอาคารที่เท่ากัน ส่วนอาคารที่ร่นระยะหน้าต่างเข้าในแนวตั้ง การใช้พลังงานการทำความเย็นภายในอาคารต่อพื้นที่อาคารจะลดลงคงที่ที่ WWR 0.4 สำหรับการร่นระยะ 0.25 เมตร ที่ WWR 0.5 สำหรับการร่นระยะ 0.5 เมตร ที่ WWR 0.75 สำหรับการร่นระยะ 0.75 เมตร

4.5 เปรียบเทียบค่า OTTV ต่อการใช้พลังงานการทำความเย็นภายในอาคาร

จากผลการจำลองในบทที่ 4.1 ที่แสดงถึงการใช้พลังงานการทำความเย็นภายในอาคารที่แตกต่างกันของอาคารแต่ละรูปทรงของ Design case ประเภทที่ 1 และ 2 โดยที่อาคารดังกล่าวนี้มีค่า OTTV ที่เท่ากัน จึงได้ศึกษาและเปรียบเทียบถึงค่า OTTV ของอาคาร Base case ต่อการใช้พลังงานการทำความเย็นภายในอาคารที่เกิดขึ้น เปรียบเทียบกับการใช้พลังงานการทำความเย็นของ Design case เพื่อหาค่า OTTV ที่อาคาร Design case ควรจะเป็น โดยในการเปรียบเทียบเพื่อหาค่า OTTV ของอาคาร ได้เลือกทิศทางของอาคารแต่ละรูปทรงที่ใช้พลังงานการทำความเย็นภายในอาคารที่ต่ำที่สุดมาเปรียบเทียบ

การหาค่า OTTV ที่ควรจะเป็นของ Design case แทนด้วย OTTVss (OTTV:Self-Shading) และแทนค่า OTTV ที่ได้จากการคำนวณตามสูตรตามกฎหมายด้วย OTTVb (OTTV:Base case) โดยการเปรียบเทียบสมการที่ได้จากแผนภูมิการใช้พลังงานการทำความเย็นภายในอาคารอาคาร Base case กับสมการที่ได้จากแผนภูมิการใช้พลังงานการทำความเย็นภายในอาคารอาคาร Design case

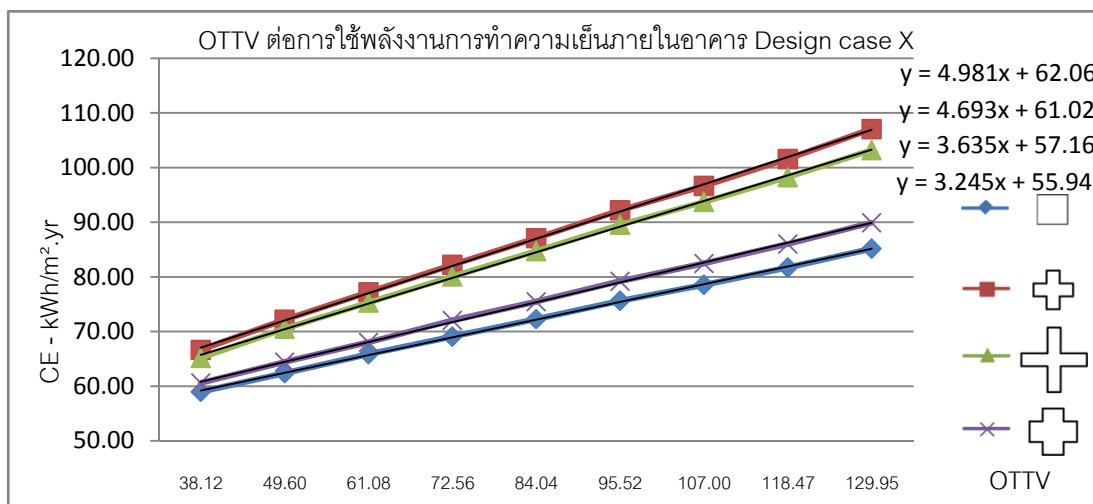
จากสูตร : $Y = AX+B$

Design case : $Y = A_{ss} X+B_{ss}$ ---(1) : แทน X ด้วย OTTVb หา Y

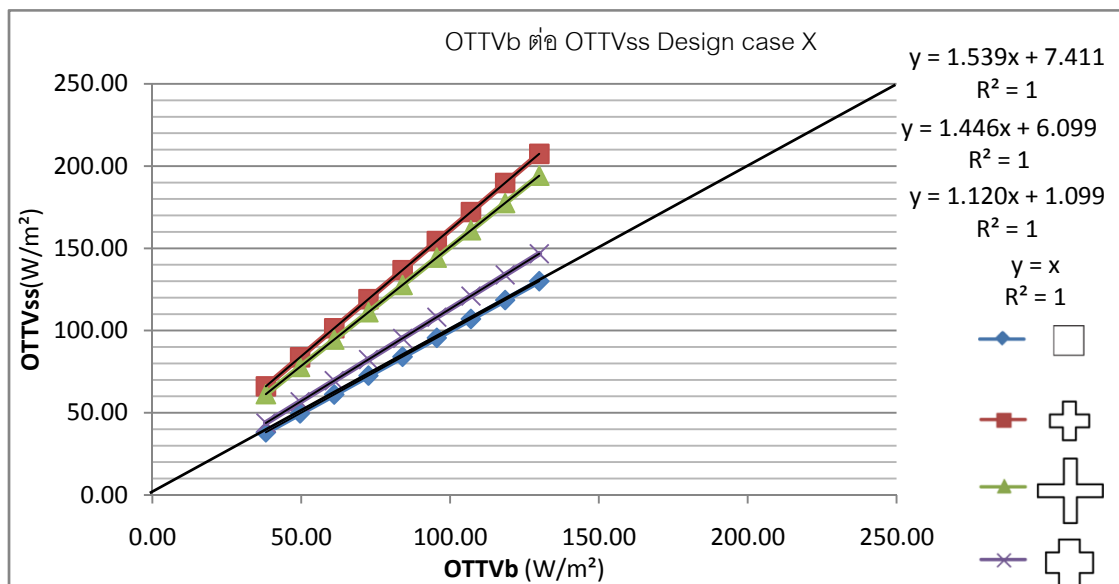
Base case : $Y = A_b X+B_b$ ---(2) : แทน Y ด้วย Y ที่ได้จากสมการ (1) หา X

X ที่ได้จากสมการ (2) คือค่า OTTVss เป็นค่า OTTV ที่ Design case ควรจะเป็น เมื่ออาคาร Design case และ Base case ใช้พลังงานการทำความเย็นเท่ากัน จากนั้นจึงเปรียบเทียบค่า OTTVb กับ OTTVss เพื่อหาสมการ $Y = AX+B$ จากแผนภูมิ โดยแทน X ด้วย OTTV ที่ได้จากการคำนวณตามสูตรตามกฎหมาย เพื่อหา OTTV ที่ควรจะเป็นของอาคารรูปทรงต่างๆจากค่า Y

แผนภูมิที่ 4.65– OTTV ต่อการใช้พลังงานการทำความเย็นภายในอาคาร Design case X



แผนภูมิที่ 4.66– OTTVb ต่อ OTTVss Design case X



จากแผนภูมิที่ 4.66 สมการที่ได้จากเปรียบเทียบค่า OTTV ของอาคาร Base case กับ OTTV ที่แท้จริงของอาคาร Design case ผังพื้นรูปตัว X

อาคาร Design case X # 1.1 $y = 1.539x + 7.411$

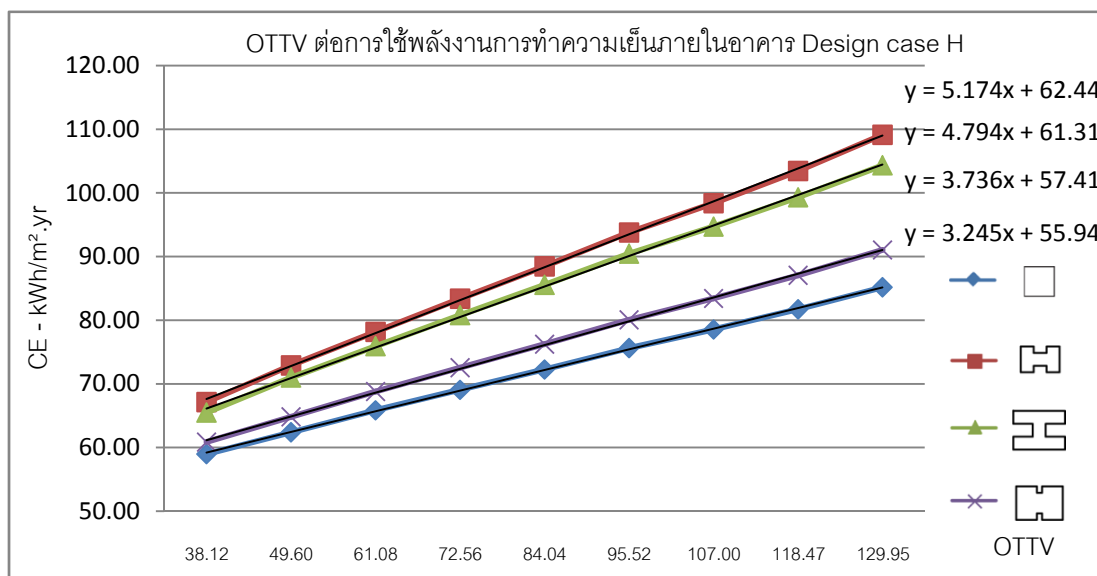
อาคาร Design case X # 1.2 $y = 1.446x + 6.099$

อาคาร Design case X # 1.3 $y = 1.120x + 1.099$

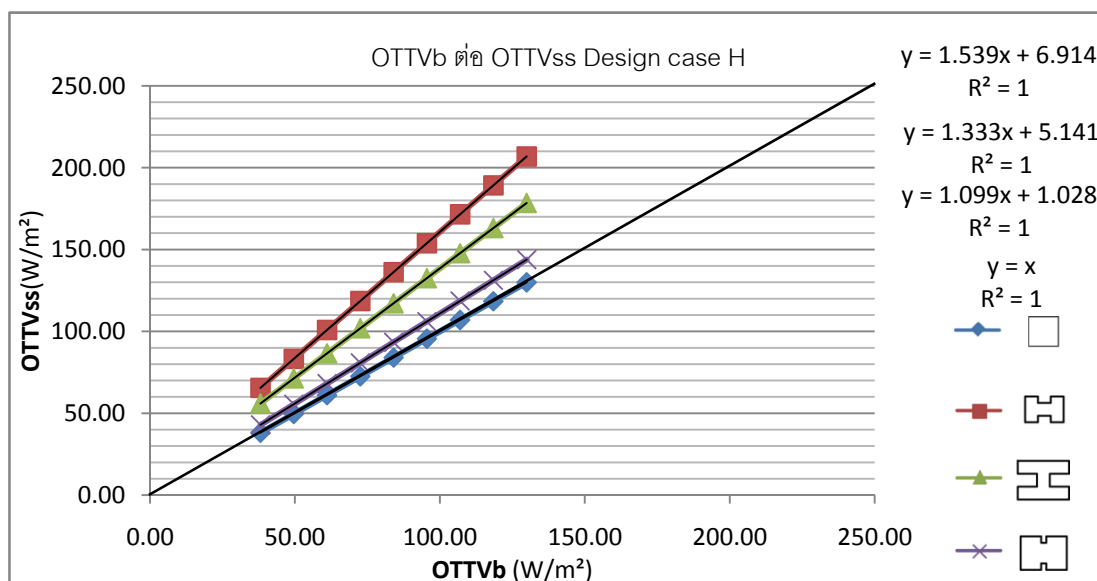
ตารางที่ 4.28– OTTVb ต่อ OTTVss Design case X

X OTTVb	X OTTVss X#1.2	X OTTVss X#1.2	X OTTVss X#1.3
38.12	66.08	61.26	43.82
49.60	83.75	77.87	56.68
61.08	101.42	94.47	69.55
72.56	119.08	111.08	82.41
84.04	136.75	127.69	95.27
95.52	154.41	144.29	108.13
107.00	172.08	160.90	121.00
118.47	189.74	177.51	133.86
129.95	207.41	194.12	146.72

แผนภูมิที่ 4.67– OTTV ต่อ การใช้พลังงานการทำความเย็นภายในอาคาร Design case H



แผนภูมิที่ 4.68– OTTVb ต่อ OTTVss Design case H



จากแผนภูมิที่ 4.68 สมการที่ได้จากเปรียบเทียบค่า OTTV ของอาคาร Base case กับ OTTV ที่แท้จริงของอาคาร Design case ผังพื้นรูปตัว H

อาคาร Design case H # 1.1 $y = 1.539x + 6.914$

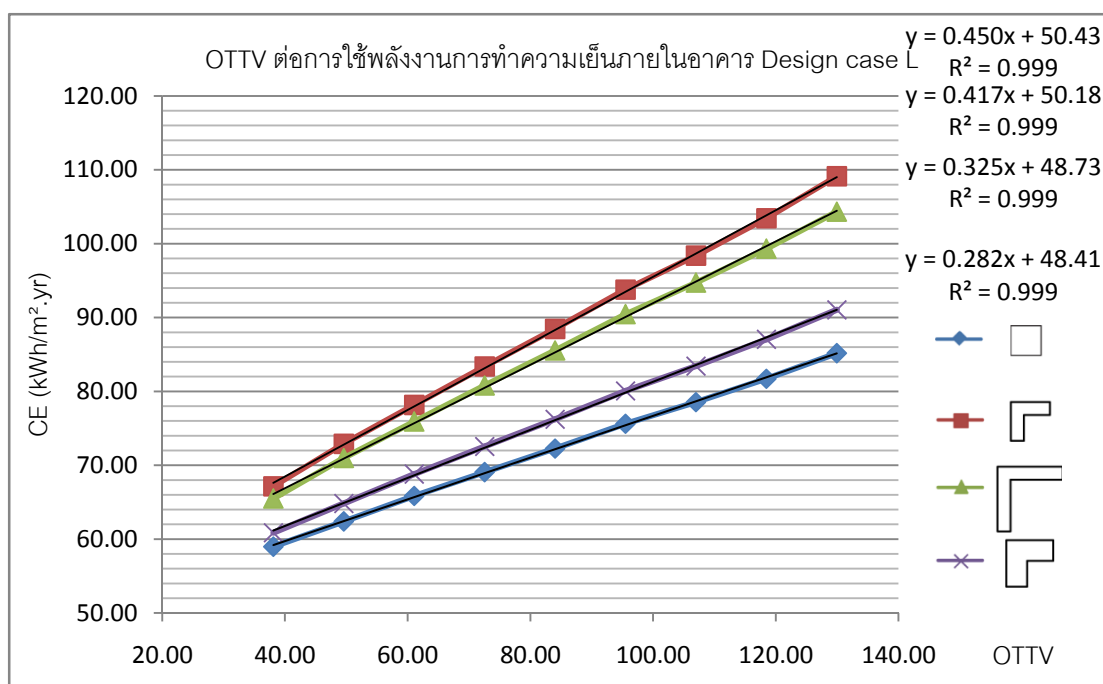
อาคาร Design case H # 1.2 $y = 1.333x + 5.141$

อาคาร Design case H # 1.3 $y = 1.099x + 1.028$

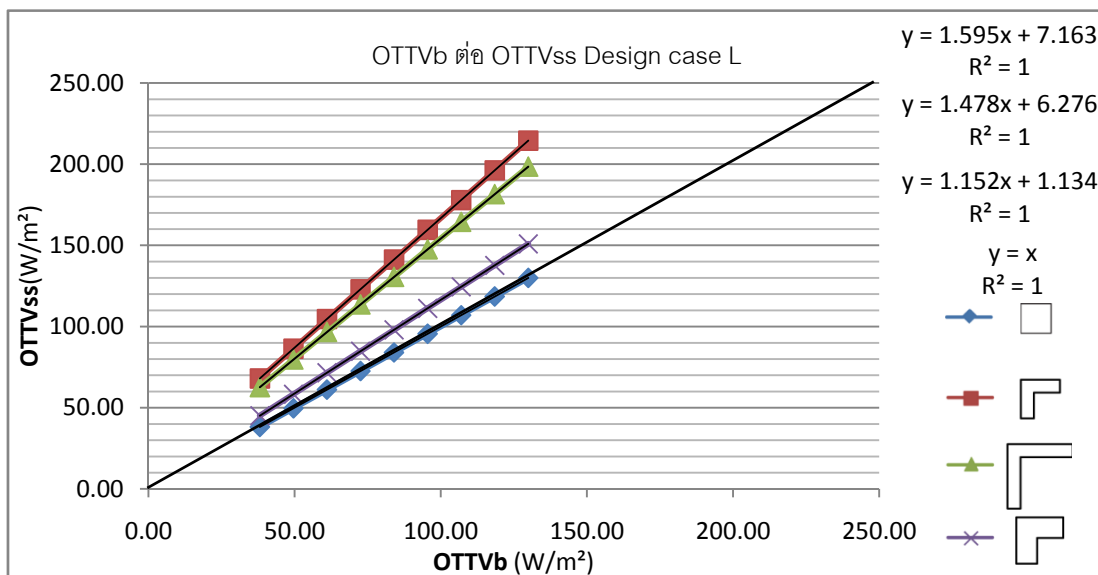
ตารางที่ 4.29– OTTVb ต่อ OTTVss Design case H

X OTTVb	X OTTVss H#1.1	X OTTVss H#1.2	X OTTVss H#1.3
38.12	65.59	55.97	42.94
49.60	83.25	71.28	55.56
61.08	100.92	86.58	68.17
72.56	118.59	101.89	80.79
84.04	136.25	117.19	93.41
95.52	153.92	132.50	106.03
107.00	171.58	147.80	118.65
118.47	189.25	163.11	131.27
129.95	206.91	178.41	143.88

แผนภูมิที่ 4.69– OTTV ต่อการใช้พลังงานการทำความเย็นภายในอาคาร Design case L



แผนภูมิที่ 4.70- OTTVb ต่อ OTTVss Design case L



จากแผนภูมิที่ 4.70 สมการที่ได้จากเปรียบเทียบค่า OTTV ของอาคาร Base case กับ OTTV ที่แท้จริงของอาคาร Design case ผังพื้นรูปตัว L

อาคาร Design case L # 1.1 $y = 1.595x + 7.163$

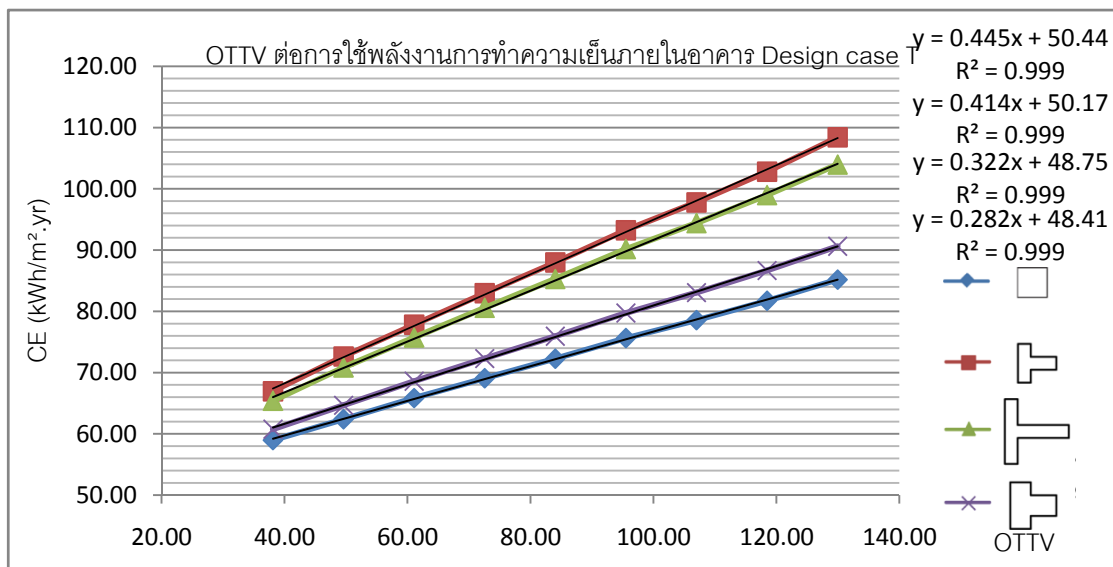
อาคาร Design case L # 1.2 $y = 1.478x + 6.276$

อาคาร Design case L # 1.3 $y = 1.152x + 1.134$

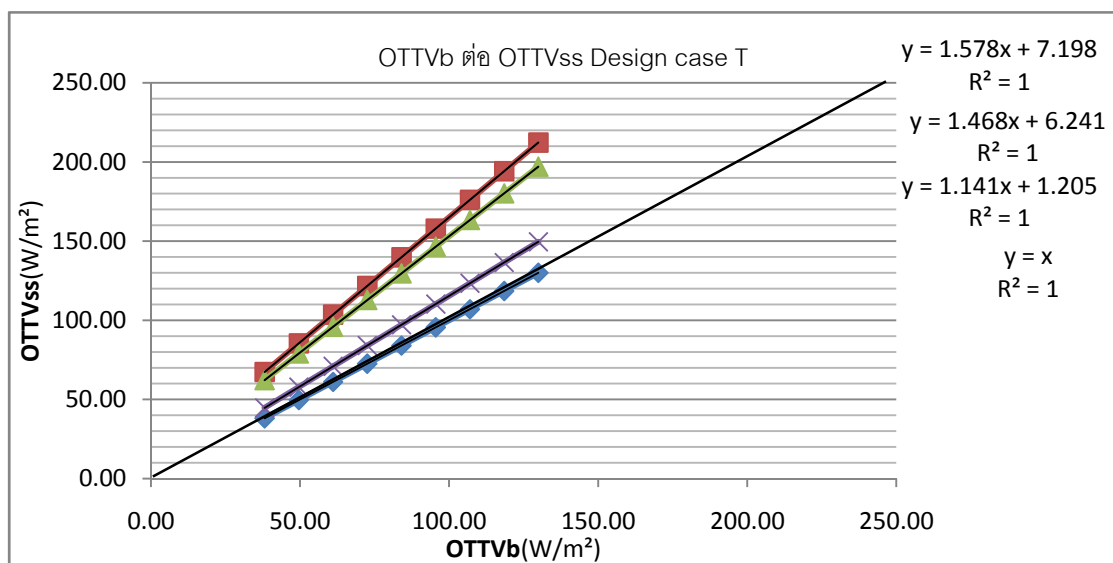
ตารางที่ 4.30- OTTVb ต่อ OTTVss Design case L

X OTTVb	X OTTVss L#1.1	X OTTVss L#1.2	X OTTVss L#1.3
38.12	68.00	62.65	45.07
49.60	86.32	79.63	58.30
61.08	104.63	96.60	71.53
72.56	122.95	113.57	84.76
84.04	141.27	130.55	97.99
95.52	159.58	147.52	111.22
107.00	177.90	164.49	124.45
118.47	196.22	181.47	137.67
129.95	214.54	198.44	150.90

แผนภูมิที่ 4.71- OTTV ต่อการใช้พลังงานการทำความเย็นภายในอาคาร T



แผนภูมิที่ 4.72- OTTVb ต่อ OTTVss Design case T



จากแผนภูมิที่ 4.72 สมการที่ได้จากเปรียบเทียบค่า OTTV ของอาคาร Base case กับ OTTV ที่แท้จริงของอาคาร Design case ดังพื้นรูปตัว T

อาคาร Design case T # 1.1 $y = 1.578x + 7.198$

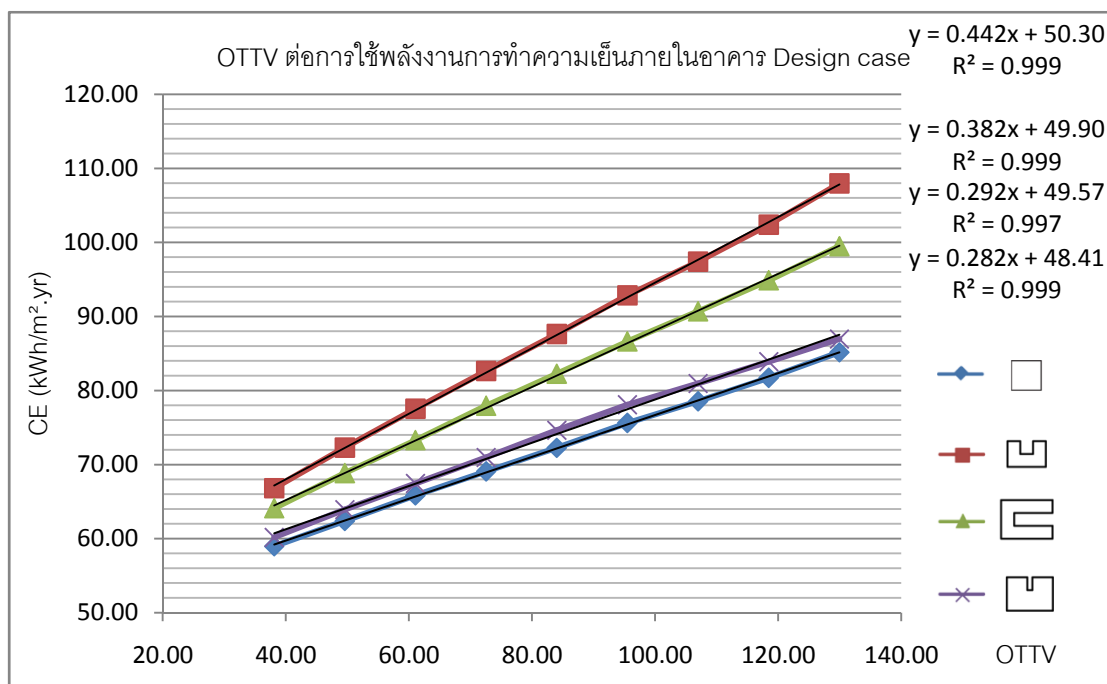
อาคาร Design case T # 1.2 $y = 1.468x + 6.241$

อาคาร Design case T # 1.3 $y = 1.141x + 1.205$

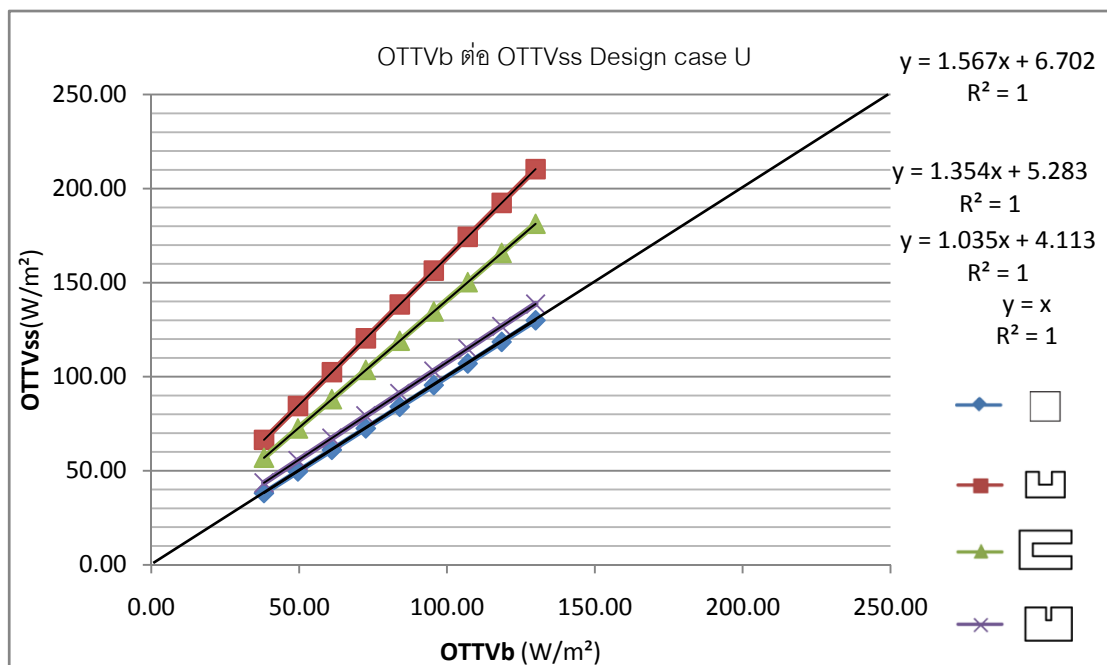
ตารางที่ 4.31– OTTVb ต่อ OTTVss Design case T

X OTTVb	X OTTVss T#1.1	X OTTVss T#1.2	X OTTVss T#1.3
38.12	67.36	62.21	44.74
49.60	85.47	79.06	57.84
61.08	103.59	95.91	70.95
72.56	121.70	112.77	84.06
84.04	139.81	129.62	97.16
95.52	157.93	146.47	110.27
107.00	176.04	163.32	123.38
118.47	194.15	180.17	136.49
129.95	212.27	197.02	149.59

แผนภูมิที่ 4.73– OTTV ต่อการใช้พลังงานการทำความเย็นภายในอาคาร U



แผนภูมิที่ 4.74- OTTVb ต่อ OTTVss Design case U



จากแผนภูมิที่ 4.74 สมการที่ได้จากเปรียบเทียบค่า OTTV ของอาคาร Base case กับ OTTV ที่แท้จริงของอาคาร Design case ผังพื้นรูปตัว U

อาคาร Design case U # 1.1 $y = 1.578x + 7.198$

อาคาร Design case U# 1.2 $y = 1.468x + 6.241$

อาคาร Design case U # 1.3 $y = 1.141x + 1.205$

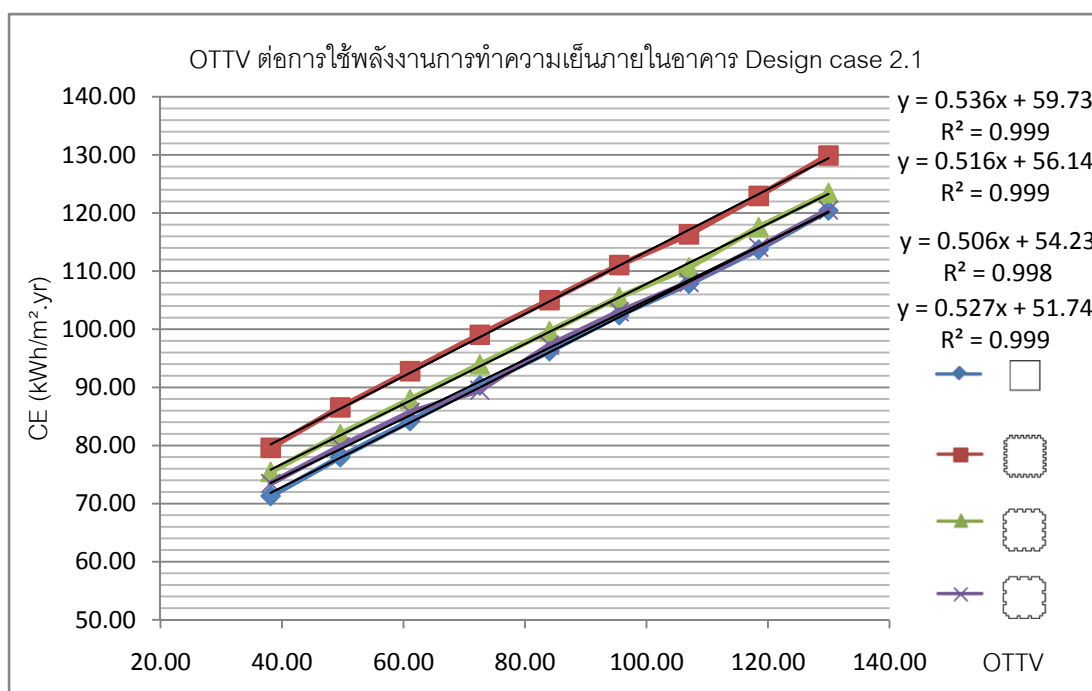
ตารางที่ 4.32- OTTVb ต่อ OTTVss Design case U

X OTTVb	X OTTVss U#1	X OTTVss U#2	X OTTVss U#3
38.12	66.46	56.93	43.59
49.60	84.45	72.48	55.48
61.08	102.44	88.03	67.36
72.56	120.43	103.57	79.25
84.04	138.42	119.12	91.13
95.52	156.41	134.67	103.02
107.00	174.41	150.22	114.90
118.47	192.40	165.77	126.79
129.95	210.39	181.32	138.67

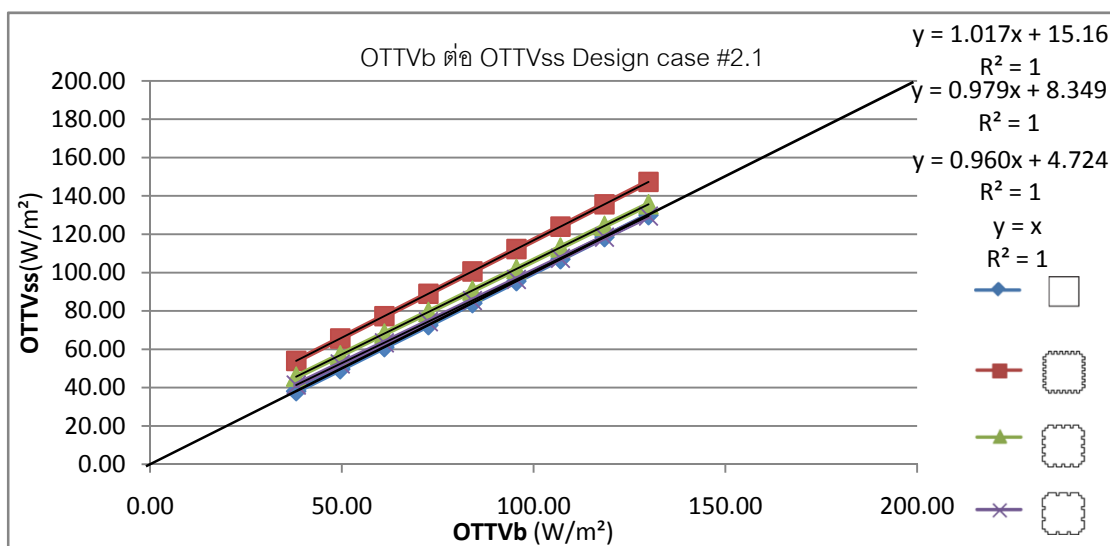
ตารางที่ 4.33– สมการ OTTVss Design case #1

สมการ OTTVss # 1			
Surface area / Area	0.72	0.66	0.48
Design case # X	$y = 1.539x + 7.411$	$y = 1.446x + 6.099$	$y = 1.120x + 1.099$
Design case # H	$y = 1.539x + 6.914$	$y = 1.333x + 5.141$	$y = 1.099x + 1.028$
Design case # L	$y = 1.595x + 7.163$	$y = 1.478x + 6.276$	$y = 1.152x + 1.134$
Design case # T	$y = 1.578x + 7.198$	$y = 1.468x + 6.241$	$y = 1.141x + 1.205$
Design case # U	$y = 1.567x + 6.702$	$y = 1.354x + 5.283$	$y = 1.035x + 4.113$

แผนภูมิที่ 4.75– OTTV ต่อการใช้พลังงานการทำความเย็นภายในอาคาร Design case 2.1



แผนภูมิที่ 4.76– OTTVb ต่อ OTTVss Design case #2.1



จากแผนภูมิที่ 4.76 สมการที่ได้จากเปรียบเทียบค่า OTTV ของอาคาร Base case กับ OTTV ที่แท้จริงของอาคาร Design case 2.1

อาคาร Design case #2.1.1 $y = 1.017x + 15.16$

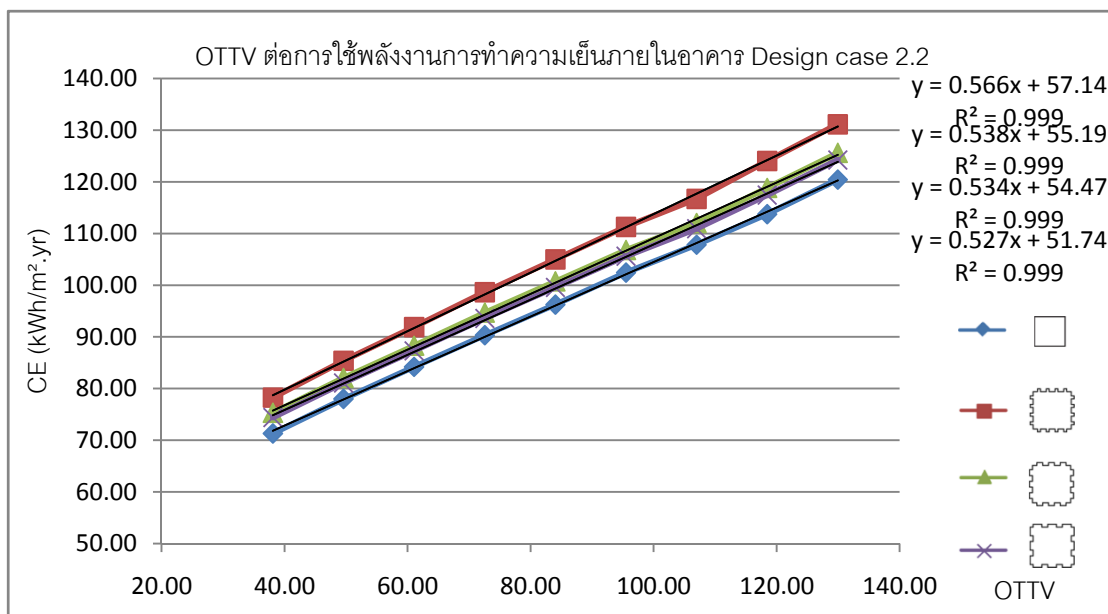
อาคาร Design case #2.1.2 $y = 0.979x + 8.349$

อาคาร Design case #2.1.3 $y = 0.960x + 4.724$

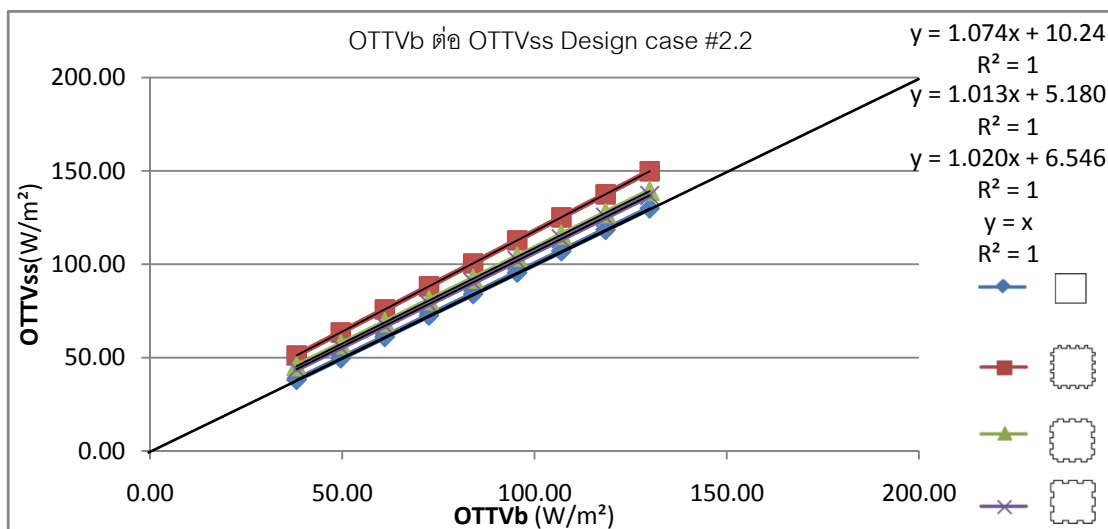
ตารางที่ 4.34– OTTVb ต่อ OTTVss Design case #2.1

X OTTVb	X OTTVss 2.1.1	X OTTVss 2.1.2	X OTTVss 2.1.3
38.12	53.94	45.68	41.33
49.60	65.61	56.92	52.35
61.08	77.29	68.16	63.37
72.56	88.96	79.39	74.39
84.04	100.64	90.63	85.41
95.52	112.31	101.87	96.44
107.00	123.98	113.11	107.46
118.47	135.66	124.35	118.48
129.95	147.33	135.59	129.50

แผนภูมิที่ 4.77- OTTV ต่อการใช้พลังงานการทำความเย็นภายในอาคาร Design case 2.2



แผนภูมิที่ 4.78- OTTVb ต่อ OTTVss Design case #2.2



จากแผนภูมิที่ 4.78 สมการที่ได้จากเปรียบเทียบค่า OTTV ของอาคาร Base case กับ OTTV ที่แท้จริงของอาคาร Design case 2.2

อาคาร Design case #2.2.1 $y = 1.074x + 10.24$

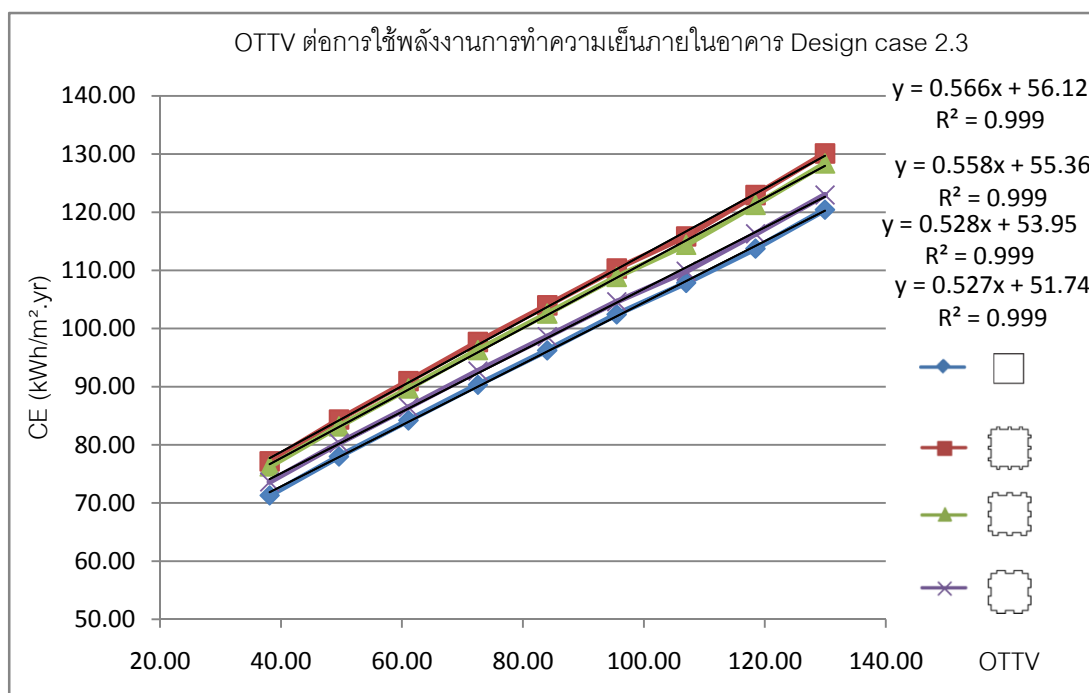
อาคาร Design case #2.2.2 $y = 1.013x + 5.180$

อาคาร Design case #2.2.3 $y = 1.020x + 6.546$

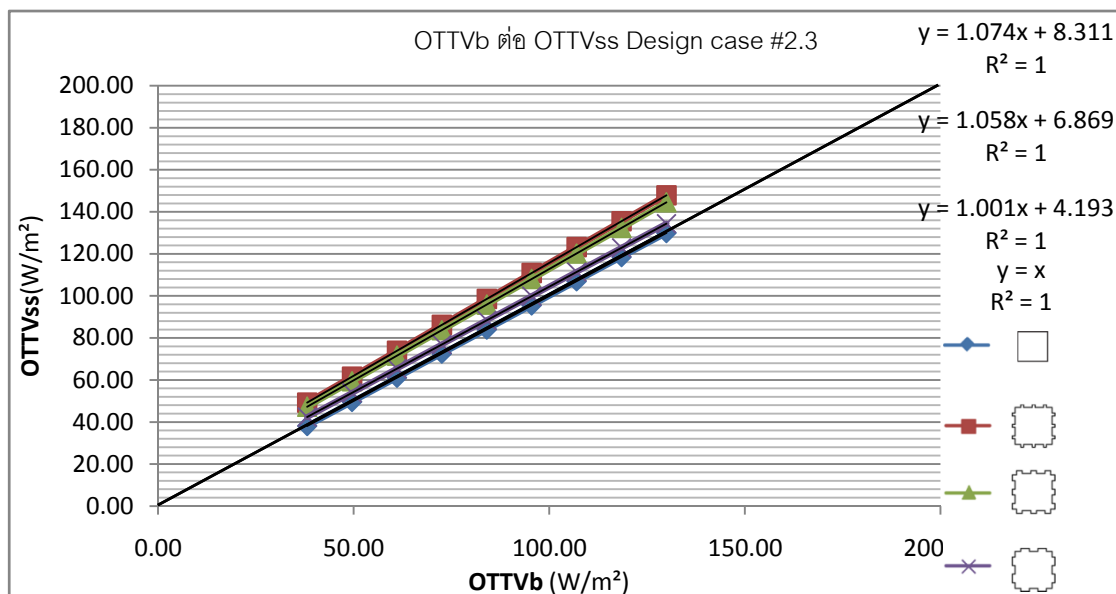
ตารางที่ 4.35– OTTVb ต่อ OTTVss Design case #2.2

X OTTVb	X OTTVss 2.2.1	X OTTVss 2.2.2	X OTTVss 2.2.3
38.12	51.19	45.47	43.81
49.60	63.52	57.18	55.44
61.08	75.85	68.90	67.07
72.56	88.18	80.62	78.70
84.04	100.50	92.34	90.34
95.52	112.83	104.06	101.97
107.00	125.16	115.78	113.60
118.47	137.49	127.49	125.23
129.95	149.82	139.21	136.86

แผนภูมิที่ 4.79– OTTV ต่อการใช้พลังงานการทำความเย็นภายในอาคาร Design case 2.3



แผนภูมิที่ 4.80– OTTVb ต่อ OTTVss Design case #2.3



จากแผนภูมิที่ 4.80 สามารถที่ได้จากเปรียบเทียบค่า OTTV ของอาคาร Base case กับ OTTV ที่แท้จริงของอาคาร Design case 2.1

อาคาร Design case #2.3.1 $y = 1.074x + 8.311$

อาคาร Design case #2.3.2 $y = 1.058x + 6.869$

อาคาร Design case #2.3.3 $y = 1.001x + 4.193$

ตารางที่ 4.36– OTTVb ต่อ OTTVss Design case #2.3

X OTTVb	X OTTVss 2.3.1	X OTTVss 2.3.2	X OTTVss 2.3.3
38.12	49.26	47.24	42.39
49.60	61.58	59.39	53.89
61.08	73.91	71.54	65.39
72.56	86.24	83.70	76.89
84.04	98.57	95.85	88.39
95.52	110.90	108.01	99.89
107.00	123.23	120.16	111.39
118.47	135.55	132.31	122.89
129.95	147.88	144.47	134.39

ตารางที่ 4.37- สมการ OTTVss Design case #2

สมการ OTTVss # 2			
Surface area / Area	1.55	1.25	1.11
Design case # 2.1	$y = 1.017x + 15.16$	$y = 0.979x + 8.349$	$y = 0.960x + 4.724$
Surface area / Area	1.36	1.18	1.11
Design case # 2.2	$y = 1.074x + 10.24$	$y = 1.013x + 5.180$	$y = 1.020x + 6.546$
Surface area / Area	1.26	1.19	1.06
Design case #2.3	$y = 1.074x + 8.311$	$y = 1.058x + 6.869$	$y = 1.001x + 4.193$









บทที่ 5

สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัย





จากการจำลองการใช้พลังงานการทำความเย็นภายในอาคารทั้งปีต่อพื้นที่อาคารและอัตราการบังเงาเฉลี่ยทั้งปี ของ Design case ทั้ง 3 ประเภท คือ ประเภทที่ 1 Base case และ Design case มีรูปทรงแตกต่างกัน ประเภทที่ 2 Base case และ Design case รูปทรงคล้ายกัน ประเภทที่ 3 Base case และ Design case มีรูปทรงเหมือนกัน

ตารางที่ 5.1 – Design case

ประเภทที่ 1 Base case และ Design case มี รูปทรงแตกต่างกัน	1.1. Design case มีพื้นที่ผิวอาคาร เท่ากับ Base case	
	1.2. Design case มีพื้นที่อาคาร เท่ากับ Base case	
	1.3. Design case มีพื้นที่อาคารและ พื้นที่ผิวใกล้เคียงกับ Base case	
ประเภทที่ 2 Base case และ Design case รูปทรงคล้ายกัน	2.1. Design case เป็นอาคารที่มีส่วน เว้าระยะ 1 ม.	
	2.2. Design case เป็นอาคารที่มีส่วน เว้าระยะ 2 ม.	
	2.3. Design case เป็นอาคารที่มีส่วน เว้าระยะ 3 ม.	
ประเภทที่ 3 Base case และ Design case มี รูปทรงเหมือนกัน	3.1. Design case ร่นระยะกระจกเข้า ในแนวนอน	
	3.2. Design case ร่นระยะกระจกเข้า ในแนวตั้ง	

เมื่อพิจารณาการใช้พลังงานการทำความเย็นภายในอาคารทั้งปีต่อพื้นที่อาคาร Design case ประเภทที่ 1 และ 2 ใช้พลังงานการทำความเย็นภายในอาคารทั้งปีต่อพื้นที่อาคารมากกว่าอาคาร Base case มากขึ้นตามอัตราส่วนพื้นที่ผิวต่อพื้นที่อาคาร โดย Design case ประเภทที่ 1 ที่มีรูปทรงแตกต่างกัน มีการใช้พลังงานการทำความเย็นภายในอาคารเพิ่มขึ้นในอัตราที่สูงขึ้นต่อ WWR ที่เพิ่มขึ้น ส่วน Design case ประเภทที่ 2 ที่ Design case มีรูปทรงคล้ายกัน มีการใช้พลังงานการทำความเย็นภายในอาคารเพิ่มขึ้นในอัตราคงที่ต่อ WWR ที่เพิ่มขึ้น หมายถึงรูปทรงแตกต่างกันมีผลต่อการเพิ่มขึ้นของพลังงานการทำความเย็นภายในอาคารมากกว่ารูปทรงที่คล้ายกัน

ตารางที่ 5.2 ตัวอย่างอัตราส่วนพื้นที่ผิวต่อพื้นที่อาคารและอัตราการบังเงาของอาคารผังรูปตัว X

อาคาร	พื้นที่ผิวอาคาร (m ²)	พื้นที่อาคาร (m ²)	พื้นที่ผิว /พื้นที่ อาคาร	พลังงาน (kWh/m ² .yr)
 Base case	2520	6300	0.4	72.26
 Design case X #1.1	3024	6272	0.48	75.46
 Design case X #1.2	4200	6300	0.66	80.07
 Design case X #1.3	2520	3500	0.72	82.20
















แม้ว่าอาคาร Design case ประเภทที่ 1 ประเภทที่ 2 และอาคาร Base case จะมีการใช้พลังงานการทำความเย็นภายในอาคาร แตกต่างกัน แต่กลับมีค่า OTTV ตามกฎหมายเท่ากัน เนื่องจาก อาคารดังกล่าวมีค่า SC=1 เท่ากัน และเมื่อพิจารณาอัตราการบังเงาเฉลี่ยทั้งปี พบว่า อัตราการบังเงาเฉลี่ยทั้งปี มีความสัมพันธ์กับ Design case ในกลุ่มใหญ่ คือเมื่อเปรียบเทียบอัตราการบังเงาเฉลี่ยทั้งปีของ Design case ประเภทที่ 1 ที่มีการบังเงาเฉลี่ยระหว่าง 49% - 62% และมีการใช้พลังงานการทำความเย็นภายในอาคารเพิ่มจาก Base case 2%-25% ส่วน Design case ประเภทที่ 2 มีการบังเงาเฉลี่ยระหว่าง 63% - 68% และมีการใช้พลังงานการทำความเย็นภายในอาคารเพิ่มจาก Base case 0%-11% ซึ่งยังสัมพันธ์กันอยู่ แต่เพื่อพิจารณา Design case ย่อยๆ แล้ว อัตราการบังเงาเฉลี่ยทั้งปีกับการใช้พลังงานการทำความเย็นภายในอาคาร กลับไม่สัมพันธ์กัน

ตารางที่ 5.3 ตัวอย่างอัตราการบังเงาของอาคารต่อการใช้พลังงานการทำความเย็นที่เพิ่มขึ้นสูงสุด

อาคาร 0°	อัตราการบังเงาของอาคาร	การใช้พลังงานการทำความเย็นที่เพิ่มจาก Base case สูงสุด
Base case	50%	-
Design case # 1	49 % - 63 %	
Design case X # 1.1	56%	+25%
Design case X # 1.2	55%	+21%
Design case X # 1.3	56%	+5%
Design case # 2	63 % - 68 %	
Design case # 2.1.1	68%	+11%
Design case # 2.1.2	67%	+5%
Design case # 2.1.3	67%	+3%

การจำลองการใช้พลังงานการทำความเย็นภายในอาคารทั้งปีต่อพื้นที่อาคาร เปรียบเทียบรูปทรงต่างๆ และทิศทางต่างๆ พบว่า Design case ประเภทที่ 1 และประเภทที่ 2 อาคารที่มีผังพื้นที่ตรงตามทิศมีค่าการใช้พลังงานการทำความเย็นภายในอาคารต่ำกว่าอาคารที่มีผังพื้นที่ทำมุม 45° โดยใน Design case ประเภทที่ 1 พบว่า อาคารที่มีผังพื้นที่รูปตัว L จะใช้พลังงานการทำความเย็นภายในอาคารมากที่สุดจาก Design case ทั้งหมด ส่วนอาคารที่มีผังพื้นที่รูปตัว H ใช้พลังงานการทำความเย็นภายในอาคารน้อยที่สุดจาก Design case ทั้งหมด แต่ Design case ประเภทที่ 1 และประเภทที่ 2 ยังใช้พลังงานการทำความเย็นภายในอาคารสูงกว่า Base case ส่วน Design case ประเภทที่ 3 อาคารที่มีผังพื้นที่ทำมุมเฉียงมีค่าการใช้พลังงานการทำความเย็นภายในอาคารต่ำกว่าอาคารที่มีผังพื้นที่ตรงตามทิศ โคนอาคารมีรั้วระยະหน้าต่างในแนวตั้งจะใช้พลังงานการทำความเย็นภายในอาคารต่ำกว่าอาคารมีรั้วระยະหน้าต่างในแนวนอน โดย Design case ประเภทที่ 3 เกือบทั้งหมด ใช้พลังงานการทำความเย็นภายในอาคารต่ำกว่า Base case ยกเว้น Design case อาคารมีรั้วระยະหน้าต่างตั้งแต่ 0.25-1.00 ม.ในแนวนอน WWR 0.1 ที่มีการใช้พลังงานการทำความเย็นภายในอาคารสูงกว่า Base case

ตารางที่ 5.4 การใช้พลังงานการทำความเย็นจากน้อยไปมาก

อาคาร	การใช้พลังงานการทำความเย็นจากน้อยไปมาก				
					
Design case # 1					
Design case # 2					
Design case # 3	อาคารผังพื้นที่ทำมุม $0^\circ < \text{อาคารผังพื้นที่ทำมุม } 45^\circ$				
	อาคารผังพื้นที่ทำมุม $45^\circ < \text{อาคารผังพื้นที่ทำมุม } 0^\circ$ *				

* ยกเว้น Design case อาคารมีรั้นระยะหน้าต่างแนวนอน ตั้งแต่ 0.25-1.00 ม. WWR 0.1

พิจารณาเปอร์เซ็นต์การใช้พลังงานการทำความเย็นภายในอาคารพบว่า Design case ประเภทที่ 1 ใช้พลังงานการทำความเย็นภายในอาคารสูงกว่า Base case ตั้งแต่ 2% - 28% โดยที่ WWR มากขึ้น เปอร์เซ็นต์การใช้พลังงานการทำความเย็นภายในอาคาร สูงขึ้นตามไปด้วย ในขณะที่ Design case ประเภทที่ 2 ใช้พลังงานการทำความเย็นภายในอาคารสูงกว่า Base case ตั้งแต่ 0% - 11% เมื่อ WWR มากขึ้น เปอร์เซ็นต์การใช้พลังงานการทำความเย็นภายในอาคาร กลับลดลง ดังนั้นการออกแบบอาคารที่มีรูปทรงตาม Design case ที่ 1 จึงควรออกแบบให้มีค่า WWR ต่ำ และหากออกแบบอาคารที่มีรูปทรงตาม Design case ที่ 2 จึงควรออกแบบให้มีค่า WWR สูง

Design case ประเภทที่ 3 เป็น Design case ที่มีการใช้พลังงานการทำความเย็นภายในอาคาร ต่ำกว่า Base case ประเภทเดียวจากการวิจัยนี้ เนื่องจากใช้ส่วนที่บของอาคารบังส่วนโปร่งแสงของอาคาร ขณะที่ Design case ประเภทที่ 1 และ 2 ใช้ส่วนโปร่งแสงบังส่วนโปร่งแสง ค่าการใช้พลังงานการทำความเย็นภายในอาคารจึงไม่ลดลงต่ำกว่า Base case ดังนั้นอาคารที่มีการบังแดดด้วยรูปทรงอาคารที่สามารถลดค่าการใช้พลังงานการทำความเย็นภายในอาคารได้ดี จึงควรเป็นส่วนที่บของอาคารที่ใช้บังแดดให้ส่วนโปร่งแสง จึงจะเห็นผลมากที่สุด

พิจารณาค่าการใช้พลังงานการทำความเย็นภายในอาคารทั้งปีต่อพื้นที่ผิวอาคาร พบว่า ค่าการใช้พลังงานการทำความเย็นภายในอาคารทั้งปีต่อพื้นที่ผิวอาคาร ของ Design case ทุกประเภท มีค่าลดลง เนื่องจาก Design case มีพื้นที่ผิวผนังมากกว่า Base case ทุกกรณี จึงช่วย

เฉลี่ยค่าการใช้พลังงานการทำความเย็นภายในอาคารต่อตร.ม.ของพื้นที่ผิว มากกว่า อาคาร Base case

พิจารณาค่า OTTV ต่อค่าการใช้พลังงานการทำความเย็นภายในอาคาร โดยจะไม่พิจารณา Design case ประเภทที่ 3 ที่มีค่า OTTV ที่ลดลงตามค่าการใช้พลังงานการทำความเย็นภายในอาคารที่ลดลง เนื่องจากการร่นระยะกระฉก ทำให้ค่า SC ของอาคาร Design case ประเภทที่ 3 ลดลง โดยพิจารณาเฉพาะ Design case ประเภทที่ 1 และ 2 เท่านั้น เพราะ ค่า OTTV ของ Design case ทั้ง 2 ประเภท มีค่าเท่ากันในขณะที่ค่าการใช้พลังงานการทำความเย็นภายในอาคารแตกต่างกัน ดังนั้นค่า OTTV ตามกฎหมายที่ใช้อยู่ยังไม่ครอบคลุมรูปทรงอาคารที่หลากหลาย จึงควรเพิ่มตัวแปรในการคำนวณ เพื่อให้ได้ค่า OTTV ที่แม่นยำมากยิ่งขึ้น

ตารางที่ 5.5 เปรียบเทียบค่าต่างๆที่เพิ่มขึ้นและลดลงจาก Base case

อาคาร	พื้นที่ผิว / พื้นที่อาคาร	พลังงานการทำความเย็น / พื้นที่อาคาร	พลังงานการทำความเย็น / พื้นที่ผิวอาคาร	OTTV
Design case # 1	เพิ่มขึ้น	เพิ่มขึ้น	ลดลง	คงที่
Design case # 2	เพิ่มขึ้น	เพิ่มขึ้น	ลดลง	คงที่
Design case # 3	เพิ่มขึ้น	ลดลง	ลดลง	ลดลง

จากการเปรียบเทียบค่า OTTV ต่อการใช้พลังงานการทำความเย็นภายในอาคารในบทที่ 4.5 เพื่อหาค่า OTTV ที่ควรจะเป็นของอาคาร Design case โดยจะไม่พิจารณา Design case ประเภทที่ 3 ได้ดังตารางที่ 5.4 โดยแทน X ด้วย OTTV ที่ได้จากการคำนวณตามสูตรตามกฎหมาย เพื่อหา OTTV ที่ควรจะเป็นของอาคารรูปทรงต่างๆจากค่า Y

ตารางที่ 5.6 สมการเปรียบเทียบ OTTV ของอาคาร Design case 1

สมการ OTTVss # 1			
Surface area / Area	0.72	0.66	0.48
Design case # X	$y = 1.539x + 7.411$	$y = 1.446x + 6.099$	$y = 1.120x + 1.099$
Design case # H	$y = 1.539x + 6.914$	$y = 1.333x + 5.141$	$y = 1.099x + 1.028$
Design case # L	$y = 1.595x + 7.163$	$y = 1.478x + 6.276$	$y = 1.152x + 1.134$
Design case # T	$y = 1.578x + 7.198$	$y = 1.468x + 6.241$	$y = 1.141x + 1.205$
Design case # U	$y = 1.567x + 6.702$	$y = 1.354x + 5.283$	$y = 1.035x + 4.113$

ตารางที่ 5.7 สมการเปรียบเทียบ OTTV ของอาคาร Design case 2

สมการ OTTVss # 2			
Surface area / Area	1.55	1.25	1.11
Design case # 2.1	$y = 1.017x + 15.16$	$y = 0.979x + 8.349$	$y = 0.960x + 4.724$
Surface area / Area	1.36	1.18	1.11
Design case # 2.2	$y = 1.074x + 10.24$	$y = 1.013x + 5.180$	$y = 1.020x + 6.546$
Surface area / Area	1.26	1.19	1.06
Design case #2.3	$y = 1.074x + 8.311$	$y = 1.058x + 6.869$	$y = 1.001x + 4.193$

5.2 ข้อเสนอแนะ

ข้อเสนอแนะสำหรับการนำไปประยุกต์ใช้

ผู้ที่สนใจสามารถนำผลการศึกษา เป็นแนวทางการออกแบบของอาคารที่มีการบังแดดด้วยรูปทรงอาคารรูปทรงอาคารต่างๆ และทิศแนวทางการวางอาคารรูปทรงต่างๆ โดยคำนึงถึงการใช้พลังงานการทำความเย็นภายในอาคาร เปรียบเทียบข้อดีข้อเสียของรูปทรงอาคารในแต่ละทิศทาง รวมถึงการหาค่า OTTV ที่ควรจะเป็นของอาคารที่มีรูปทรงต่างๆ

ข้อเสนอแนะสำหรับการวิจัยครั้งต่อไป

ผู้ที่สนใจการวิจัยนี้สามารถนำไปพัฒนาต่อได้โดยการเพิ่มและประยุกต์การใช้ตัวแปรในการจำลองผลที่มากขึ้น ได้แก่

1. การแยกคิดค่า WWR ที่แตกต่างกันในแต่ละทิศ โดยให้อาคารมีส่วนที่บส่วนโปร่งแสงที่แตกต่างกันโดยเฉพาะ Design case 2 เนื่องจากงานวิจัยนี้ ในแต่ละกรณีที่ใช้จำลอง มีค่า WWR เท่ากันทุกทิศ และเป็นหน้าต่างยาวแบบต่อเนื่อง

2. การจำลองอาคารและการใช้วัสดุอาคารที่แตกต่างกัน เช่น การจำลองอาคารประเภทที่อยู่อาศัย และค่าวัสดุต่างๆ เช่น ค่า U ของผนัง ค่า SC ของกระจก เนื่องจากงานวิจัยนี้ใช้วัสดุเดียวกันทุกกรณีที่ใช้จำลอง

3. การจำลองค่าการใช้พลังงานด้านต่างๆ เช่น พลังงานไฟฟ้าแสงสว่าง นอกจากพลังงานการทำความเย็นภายในอาคาร

รายการอ้างอิง

ภาษาไทย

กฎกระทรวง กำหนดประเภท หรือขนาดของอาคาร และมาตรฐาน หลักเกณฑ์ และวิธีการ ในการออกแบบอาคารเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ.2552. ราชกิจจานุเบกษา126: 9-15

ธนิต จินดาวณิก. พลังงานและสิ่งแวดล้อม. [ออนไลน์]. 2546. แหล่งที่มา: <http://www.engineeringtoday.net/magazine/article/detail.asp?arid=537&pid=74> [2555]

พลังงาน, กระทรวง. แผนอนุรักษ์พลังงาน 20 ปี (พ.ศ.2554 – 2573). [ออนไลน์]. 2554. แหล่งที่มา: <http://service.nso.go.th/nso/nsopublish/download/docdown.html> [22 กุมภาพันธ์ 2555]

พลังงาน, กระทรวง. การประเมินประสิทธิภาพพลังงานของกรอบอาคาร. [ออนไลน์]. 2553. แหล่งที่มา: http://www.eei-ku.com/file_upload/05-03052010-021328.pdf [2554]

พลังงาน, กระทรวง. การพัฒนามาตรฐานประสิทธิภาพพลังงานของอาคาร. [ออนไลน์]. 2553. แหล่งที่มา: http://www.eei-ku.com/file_upload/01-03052010-021526.pdf [2554]

วรากร สงวนทรัพย์. การควบคุมสภาวะแวดล้อมในอาคาร. [ออนไลน์]. 2553. แหล่งที่มา: <http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:87AZJL5Av00J:203.158.253.140/media/Presenter/05-การควบคุมสภาวะแวดล้อมในอาคาร/powerpoint/บทที่%25203%2520รังสีดวงอาทิตย์.ppt+&cd=4&hl=th&ct=cln> [2554]

ภาษาอังกฤษ

Mansour Nikpour, Mohd Zin kandar, Mohammad Ghomeshi, Mohsen Ghasemi and Nima Moeinzadeh. Investigating the Effectiveness of Self-Shading Strategy on Overall Thermal Transfer Value and Window Size in High Rise Building. World Academy of Science, Engineering and Technology 3:2 (2011) : 111-116

S.Chungloo, B.Limmeechockchai and S.Chungpaibulpatana. Impact of Overall Thermal-Transfer Values on Electricity Use in Thai Commercial Sector. In Proceedings of the First Regional Conference on Energy Technology Towards a Clean Environment, 184-188. 1-2 December 2000 at Chaing Mai.

ภาคผนวก

ตาราง ก1- ค่าการถ่ายเทความร้อนของผนังอาคารแต่ละทิศ

ทิศ	WWR	1-WWR	Uw	Tdeq	Uf	DT	SHGC	SC	ESR	Qw	Qc	Qr	Q
N	0.1	0.9	3.31	7.1	3.25	0.5	0.6003	1	185.06	21.15	0.16	11.11	32.42
N	0.2	0.8	3.31	7.1	3.25	0.5	0.6003	1	185.06	18.80	0.33	22.22	41.34
N	0.3	0.7	3.31	7.1	3.25	0.5	0.6003	1	185.06	16.45	0.49	33.33	50.27
N	0.4	0.6	3.31	7.1	3.25	0.5	0.6003	1	185.06	14.10	0.65	44.44	59.19
N	0.5	0.5	3.31	7.1	3.25	0.5	0.6003	1	185.06	11.75	0.81	55.55	68.11
N	0.6	0.4	3.31	7.1	3.25	0.5	0.6003	1	185.06	9.40	0.98	66.65	77.03
N	0.7	0.3	3.31	7.1	3.25	0.5	0.6003	1	185.06	7.05	1.14	77.76	85.95
N	0.8	0.2	3.31	7.1	3.25	0.5	0.6003	1	185.06	4.70	1.30	88.87	94.87
N	0.9	0.1	3.31	7.1	3.25	0.5	0.6003	1	185.06	2.35	1.46	99.98	103.79
NE	0.1	0.9	3.31	8.1	3.25	0.5	0.6003	1	215.84	24.13	0.16	12.96	37.25
NE	0.2	0.8	3.31	8.1	3.25	0.5	0.6003	1	215.84	21.45	0.33	25.91	47.69
NE	0.3	0.7	3.31	8.1	3.25	0.5	0.6003	1	215.84	18.77	0.49	38.87	58.13
NE	0.4	0.6	3.31	8.1	3.25	0.5	0.6003	1	215.84	16.09	0.65	51.83	68.56
NE	0.5	0.5	3.31	8.1	3.25	0.5	0.6003	1	215.84	13.41	0.81	64.78	79.00
NE	0.6	0.4	3.31	8.1	3.25	0.5	0.6003	1	215.84	10.72	0.98	77.74	89.44
NE	0.7	0.3	3.31	8.1	3.25	0.5	0.6003	1	215.84	8.04	1.14	90.70	99.88
NE	0.8	0.2	3.31	8.1	3.25	0.5	0.6003	1	215.84	5.36	1.30	103.66	110.32
NE	0.9	0.1	3.31	8.1	3.25	0.5	0.6003	1	215.84	2.68	1.46	116.61	120.76
E	0.1	0.9	3.31	8.6	3.25	0.5	0.6003	1	244.53	25.62	0.16	14.68	40.46
E	0.2	0.8	3.31	8.6	3.25	0.5	0.6003	1	244.53	22.77	0.33	29.36	52.46
E	0.3	0.7	3.31	8.6	3.25	0.5	0.6003	1	244.53	19.93	0.49	44.04	64.45
E	0.4	0.6	3.31	8.6	3.25	0.5	0.6003	1	244.53	17.08	0.65	58.72	76.45
E	0.5	0.5	3.31	8.6	3.25	0.5	0.6003	1	244.53	14.23	0.81	73.40	88.44
E	0.6	0.4	3.31	8.6	3.25	0.5	0.6003	1	244.53	11.39	0.98	88.07	100.44
E	0.7	0.3	3.31	8.6	3.25	0.5	0.6003	1	244.53	8.54	1.14	102.75	112.43
E	0.8	0.2	3.31	8.6	3.25	0.5	0.6003	1	244.53	5.69	1.30	117.43	124.43
E	0.9	0.1	3.31	8.6	3.25	0.5	0.6003	1	244.53	2.85	1.46	132.11	136.42
SE	0.1	0.9	3.31	8.7	3.25	0.5	0.6003	1	263.14	25.92	0.16	15.80	41.88
SE	0.2	0.8	3.31	8.7	3.25	0.5	0.6003	1	263.14	23.04	0.33	31.59	54.96
SE	0.3	0.7	3.31	8.7	3.25	0.5	0.6003	1	263.14	20.16	0.49	47.39	68.03
SE	0.4	0.6	3.31	8.7	3.25	0.5	0.6003	1	263.14	17.28	0.65	63.19	81.11
SE	0.5	0.5	3.31	8.7	3.25	0.5	0.6003	1	263.14	14.40	0.81	78.98	94.19
SE	0.6	0.4	3.31	8.7	3.25	0.5	0.6003	1	263.14	11.52	0.98	94.78	107.27
SE	0.7	0.3	3.31	8.7	3.25	0.5	0.6003	1	263.14	8.64	1.14	110.57	120.35

ทิศ	WWR	1-WWR	Uw	Tdeq	Uf	DT	SHGC	SC	ESR	Qw	Qc	Qr	Q
SE	0.8	0.2	3.31	8.7	3.25	0.5	0.6003	1	263.14	5.76	1.30	126.37	133.43
SE	0.9	0.1	3.31	8.7	3.25	0.5	0.6003	1	263.14	2.88	1.46	142.17	146.51
SE	0.1	0.9	3.31	8.6	3.25	0.5	0.6003	1	267.41	25.62	0.16	16.05	41.83
S	0.2	0.8	3.31	8.6	3.25	0.5	0.6003	1	267.41	22.77	0.33	32.11	55.20
S	0.3	0.7	3.31	8.6	3.25	0.5	0.6003	1	267.41	19.93	0.49	48.16	68.57
S	0.4	0.6	3.31	8.6	3.25	0.5	0.6003	1	267.41	17.08	0.65	64.21	81.94
S	0.5	0.5	3.31	8.6	3.25	0.5	0.6003	1	267.41	14.23	0.81	80.26	95.31
S	0.6	0.4	3.31	8.6	3.25	0.5	0.6003	1	267.41	11.39	0.98	96.32	108.68
S	0.7	0.3	3.31	8.6	3.25	0.5	0.6003	1	267.41	8.54	1.14	112.37	122.05
S	0.8	0.2	3.31	8.6	3.25	0.5	0.6003	1	267.41	5.69	1.30	128.42	135.41
S	0.9	0.1	3.31	8.6	3.25	0.5	0.6003	1	267.41	2.85	1.46	144.47	148.78
SW	0.1	0.9	3.31	8.3	3.25	0.5	0.6003	1	256.82	24.73	0.16	15.42	40.31
SW	0.2	0.8	3.31	8.3	3.25	0.5	0.6003	1	256.82	21.98	0.33	30.83	53.14
SW	0.3	0.7	3.31	8.3	3.25	0.5	0.6003	1	256.82	19.23	0.49	46.25	65.97
SW	0.4	0.6	3.31	8.3	3.25	0.5	0.6003	1	256.82	16.48	0.65	61.67	78.80
SW	0.5	0.5	3.31	8.3	3.25	0.5	0.6003	1	256.82	13.74	0.81	77.08	91.63
SW	0.6	0.4	3.31	8.3	3.25	0.5	0.6003	1	256.82	10.99	0.98	92.50	104.47
SW	0.7	0.3	3.31	8.3	3.25	0.5	0.6003	1	256.82	8.24	1.14	107.92	117.30
SW	0.8	0.2	3.31	8.3	3.25	0.5	0.6003	1	256.82	5.49	1.30	123.34	130.13
SW	0.9	0.1	3.31	8.3	3.25	0.5	0.6003	1	256.82	2.75	1.46	138.75	142.96
W	0.1	0.9	3.31	7.9	3.25	0.5	0.6003	1	234.58	23.53	0.16	14.08	37.78
W	0.2	0.8	3.31	7.9	3.25	0.5	0.6003	1	234.58	20.92	0.33	28.16	49.41
W	0.3	0.7	3.31	7.9	3.25	0.5	0.6003	1	234.58	18.30	0.49	42.25	61.04
W	0.4	0.6	3.31	7.9	3.25	0.5	0.6003	1	234.58	15.69	0.65	56.33	72.67
W	0.5	0.5	3.31	7.9	3.25	0.5	0.6003	1	234.58	13.07	0.81	70.41	84.30
W	0.6	0.4	3.31	7.9	3.25	0.5	0.6003	1	234.58	10.46	0.98	84.49	95.93
W	0.7	0.3	3.31	7.9	3.25	0.5	0.6003	1	234.58	7.84	1.14	98.57	107.56
W	0.8	0.2	3.31	7.9	3.25	0.5	0.6003	1	234.58	5.23	1.30	112.65	119.18
W	0.9	0.1	3.31	7.9	3.25	0.5	0.6003	1	234.58	2.61	1.46	126.74	130.81
NW	0.1	0.9	3.31	7.5	3.25	0.5	0.6003	1	207.62	22.34	0.16	12.46	34.97
NW	0.2	0.8	3.31	7.5	3.25	0.5	0.6003	1	207.62	19.86	0.33	24.93	45.11
NW	0.3	0.7	3.31	7.5	3.25	0.5	0.6003	1	207.62	17.38	0.49	37.39	55.26
NW	0.4	0.6	3.31	7.5	3.25	0.5	0.6003	1	207.62	14.90	0.65	49.85	65.40
NW	0.5	0.5	3.31	7.5	3.25	0.5	0.6003	1	207.62	12.41	0.81	62.32	75.54
NW	0.6	0.4	3.31	7.5	3.25	0.5	0.6003	1	207.62	9.93	0.98	74.78	85.69

ทิศ	WWR	1-WWR	Uw	Tdeq	Uf	DT	SHGC	SC	ESR	Qw	Qc	Qr	Q
NW	0.7	0.3	3.31	7.5	3.25	0.5	0.6003	1	207.62	7.45	1.14	87.24	95.83
NW	0.8	0.2	3.31	7.5	3.25	0.5	0.6003	1	207.62	4.97	1.30	99.71	105.97
NW	0.9	0.1	3.31	7.5	3.25	0.5	0.6003	1	207.62	2.48	1.46	112.17	116.12

ตาราง ก2- ค่าการถ่ายเทความร้อนของผนังอาคารรวม

ทิศ \ WWR	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9
ทิศ									
OTTV 0°	38.12	49.60	61.08	72.56	84.04	95.52	107.00	118.47	129.95
OTTV 45°	38.60	50.22	61.85	73.47	85.09	96.72	108.34	119.96	131.59

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นาย วิชพล โฆษะโก เกิดวันที่ 19 กันยายน พ.ศ.2530 จังหวัดกรุงเทพมหานคร จบการศึกษาระดับมัธยมศึกษาจากโรงเรียนหอวัง และเข้าศึกษาต่อระดับอุดมศึกษา ในคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ ภาควิชาสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เมื่อปี พ.ศ.2549 และจบการศึกษาระดับปริญญาตรีบัณฑิตเมื่อ พ.ศ.2553 และเข้าศึกษาต่อในระดับปริญญาโท ในคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ ภาควิชาสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เมื่อปี พ.ศ.2554