



การศึกษาแนวทางการออกแบบอาคารชุดพักอาศัยขนาดพื้นที่ไม่เกิน10,000ตารางเมตร ให้สอดคล้อง  
กับอาคารมาตรฐาน ASHRAE 90.1 2019



โดย  
นายวุฒิศักดิ์ มุสิกรัตน์ธำรง

การค้นคว้าอิสระนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรสถาปัตยกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาสถาปัตยกรรม แผน ข ระดับปริญญาโทมหาบัณฑิต

ภาควิชาสถาปัตยกรรม

มหาวิทยาลัยศิลปากร

ปีการศึกษา 2565

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยศิลปากร

การศึกษาแนวทางการออกแบบอาคารชุดพักอาศัยขนาดพื้นที่ไม่เกิน10,000ตารางเมตร  
ให้สอดคล้องกับอาคารมาตรฐาน ASHRAE 90.1 2019



การค้นคว้าอิสระนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรสถาปัตยกรรมศาสตรมหาบัณฑิต  
สาขาวิชาสถาปัตยกรรม แผนก ข ระดับปริญญาโทมหาบัณฑิต  
ภาควิชาสถาปัตยกรรม  
มหาวิทยาลัยศิลปากร  
ปีการศึกษา 2565  
ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยศิลปากร

A STUDY ON DESIGN FOR RESIDENTIAL CONDOMINIUM WITH AN AREA NOT  
EXCEEDING 10,000 SQUARE METERS IN ACCORDANCE WITH ASHRAE 90.1  
2019 STANDARD BUILDING



By  
MR. Wuttisak MUSICKARATTHAMRONG

An Independent Study Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements  
for Master of Architecture (Architecture)

Department of Architecture

Silpakorn University

Academic Year 2022

Copyright of Silpakorn University

หัวข้อ การศึกษาแนวทางการออกแบบอาคารชุดพักอาศัยขนาดพื้นที่ไม่  
เกิน10,000ตารางเมตร ให้สอดคล้องกับอาคารมาตรฐาน ASHRAE  
90.1 2019  
โดย นายวุฒิสักดิ์ มุสิกรัตน์ธำรง  
สาขาวิชา สถาปัตยกรรม แผนก ข ระดับปริญญาโท  
อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก ดร. สัทธา ปัญญาแก้ว

---

คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร ได้รับพิจารณาอนุมัติให้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา ตามหลักสูตรสถาปัตยกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

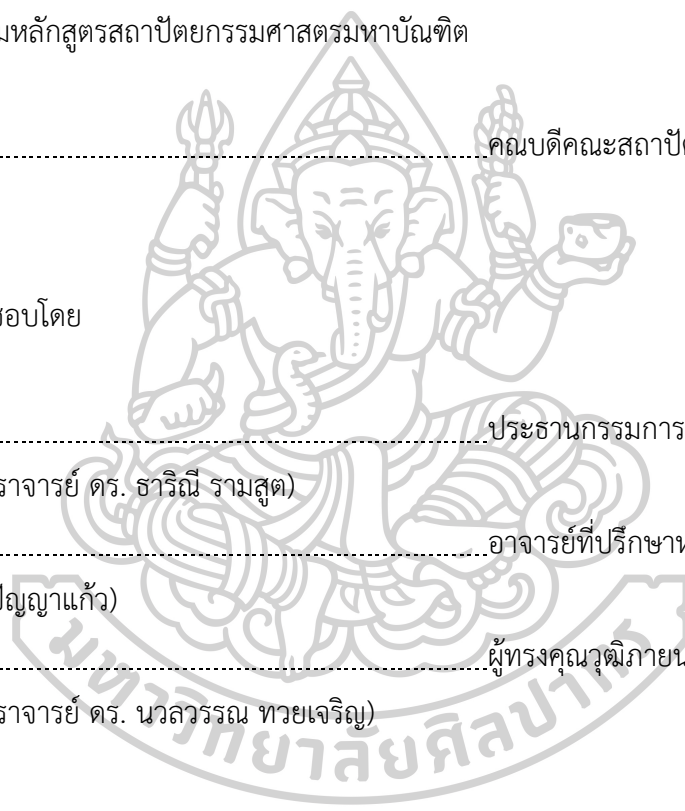
.....  
( )

พิจารณาเห็นชอบโดย

.....  
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ชาริณี รามสูต)

.....  
(ดร. สัทธา ปัญญาแก้ว)

.....  
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. นवलวรรณ ทวยเจริญ)



60054207 : สถาปัตยกรรม แผน ข ระดับปริญญาโทบัณฑิต

คำสำคัญ : ออกแบบอาคารประหยัดพลังงาน

นาย วุฒิสักดิ์ มุสิกรัตน์ธำรงค์: การศึกษาแนวทางการออกแบบอาคารชุดพักอาศัยขนาดพื้นที่ไม่เกิน10,000ตารางเมตร ให้สอดคล้องกับอาคารมาตรฐาน ASHRAE 90.1 2019 อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก : ดร. สัทธา ปัญญาแก้ว

งานศึกษาค้นคว้าอิสระนี้เป็นการศึกษาอาคารประเภทอาคารพักอาศัยรวมโดยเป็นการจำลองอาคารที่มีขนาดพื้นที่อาคาร 10,000 ตารางเมตร มีความสูง 8 ชั้น โดยมีการกำหนดของรูปทรงอาคารเป็นลักษณะ 3รูปทรงเป็นรูปทรงที่ผ่านการสำรวจว่าเป็นรูปทรงที่เป็นที่นิยมที่ใช้ในการออกแบบอาคารพักอาศัยรวมในพื้นที่จังหวัดกรุงเทพมหานคร ทั้ง 3 รูปทรงได้ถูกกำหนดค่าตัวแปรเรื่องสภาพอากาศในพื้นที่กรุงเทพมหานครเหมือนกันและกำหนดวัสดุเปลือกของอาคารเหมือนกันโดยกำหนดให้ใช้วัสดุเปลือกของอาคารเป็นไปตามมาตรฐาน ASHRAE 90.1 2019 แล้วนำมาทำการทดลองผ่านโปรแกรมSefairaทำการหมุนอาคารในทิศต่างๆ ทุก45องศา จึงเกิดเป็นค่าการใช้พลังงานในอาคารที่แตกต่างกันได้กรณีที่เกิดขึ้นเกิดขึ้นเป็น 24 กรณี และมีการจำลองอาคารทั้ง 3 รูปทรงที่มีหน้าตัดอาคารที่แตกต่างกันจึงเกิดกรณีรวมแล้วทั้งสิ้น 48 กรณี จากการทดลองอาคารที่มีค่าการใช้พลังงานที่น้อยกว่ามักจะมีหน้าตัดอาคารที่มากกว่า เมื่อนำอาคารข้างต้นนำมาเปรียบเทียบค่าการประหยัดพลังงานกับอาคารทั่วไปในกรุงเทพมหานครนั้นมีค่าการประหยัดพลังงาน เฉลี่ยอยู่ที่ 27% และอีกนัยยะหนึ่งเมื่อมีการเปรียบเทียบค่าการประหยัดพลังงาน ระหว่างอาคารทั่วไปกับอาคารที่มีแผงบังแดดจะได้ค่าการประหยัดพลังงาน เฉลี่ยอยู่ที่12% แสดงให้เห็นว่าการเปลี่ยนวัสดุเปลือกอาคารให้เป็นไปตามมาตรฐานASHRAE 90.1 2019 นั้นมีค่าการประหยัดพลังงานที่ดีกว่า ซึ่งอาจเป็นตัวเลือกให้ผู้ออกแบบใช้ในการออกแบบที่คำนึงถึงจุดคุ้มทุนแบบไหนเหมาะสมกับโครงการนั้นๆ อีกนัยยะสำคัญคืออัตราส่วนระหว่างความกว้างต่อความยาวหรือShape Factor(SF) มีผลต่อค่าการใช้พลังงานในอาคารโดยมีเรื่องของเงาบังอาคารที่เกิดจากรูปทรงนั้นจากการทดลองอาคารที่เปลือกอาคารด้านฝั่งทิศตะวันตกมีพื้นที่น้อยประกอบกับความยาวของอาคารมีสัดส่วนที่มากพอที่เป็นเงาบังอาคารได้มีค่าการใช้พลังงานที่น้อยที่สุด ข้อเสนอแนะจากการศึกษาค้นคว้าอิสระนี้เนื่องจากการทดลองเป็นการทดลองด้วยสภาพอากาศและพื้นที่เดียวคือกรุงเทพมหานครเพื่อความครอบคลุมของข้อมูลควรศึกษาในพื้นที่หรือภูมิภาคอื่นๆเพิ่มเติม และประเภทอาคารที่หลากหลายมากขึ้นรวมทั้งการทดลองเป็นการทดลองผ่านโปรแกรมSefairaเพียงโปรแกรมเดียวเท่านั้นควรหาเครื่องมือหรือโปรแกรมอื่นๆเพื่อนำมาเปรียบเทียบและความแม่นยำที่มากขึ้น



60054207 : Major (Architecture)

Keyword : energy saving building

MR. Wuttisak MUSICKARATTHAMRONG : A study on design for residential condominium with an area not exceeding 10,000 square meters In accordance with ASHRAE 90.1 2019 standard building Thesis advisor : Satta Panyakaew

The independent research of this paper is a simulation study of a comprehensive residential building with a building area of 10,000 square meters and a height of 8 floors. Taking three building shapes as characteristics, this paper discusses that these three building shapes are commonly used in the design of comprehensive residential buildings in metropolitan areas, determines the climate variables of the same metropolitan area with three shapes, and determines that the building's shell materials are the same, and determines that the building's shell materials meet the ASHRAE 90 standard. In 2019, the Sefaira scheme was used to carry out the experiment, and the buildings were rotated every 45 degrees, thus generating the energy consumption values of different buildings. A total of 24 cases occurred, and three buildings with different building sections were simulated. As a result, 48 cases occurred. Through experiments, buildings with low energy consumption often have large building cross-section values. When comparing the above buildings with typical buildings in Bangkok, the average energy consumption value is 27%. In other words, when the average energy consumption value between typical buildings and buildings with sun visors is 12%, the average SAVE value is 12%, which indicates that the shell materials of buildings have changed. 1. In 2019, considering the superiority of cost-effectiveness point, it can provide a choice for designers. On the other hand, the ratio of width to length or shape factor (SF) has an impact on the energy use value of buildings, and the building shelter caused by shape is of great significance. According to the experiment of the building whose outer shell accounts for a considerable proportion of the length of the building, the energy use value of the building shelter is the least. According to the suggestion of this independent study, since this experiment is a climate experiment and the single area is Bangkok, further research should be conducted in other areas or regions and a

wider range of building types, including experiments, for the sake of data coverage.





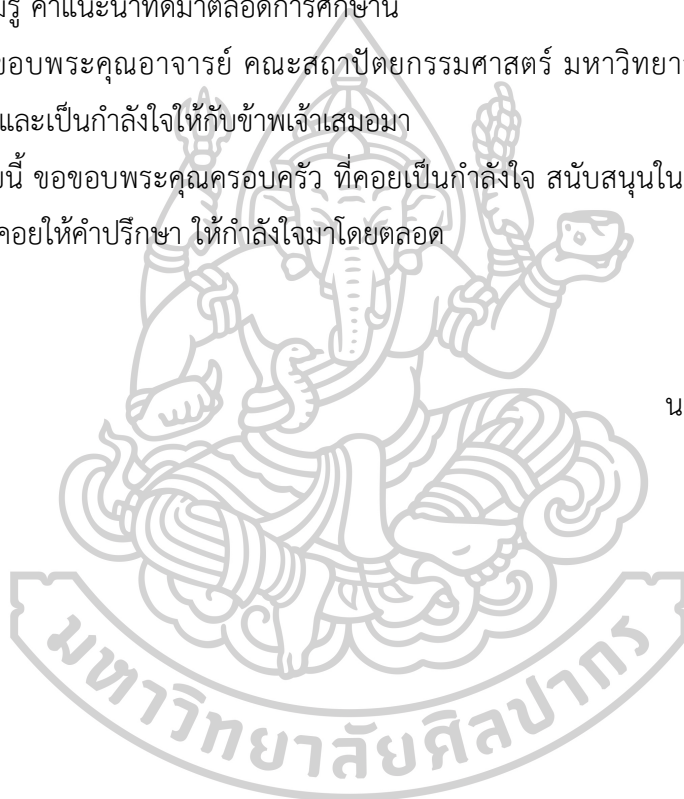
## กิตติกรรมประกาศ

การค้นคว้าอิสระฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ ด้วยความกรุณาอย่างยิ่งจากอาจารย์ ดร.สัทธา ปัญญา แก้ว อาจารย์ที่ปรึกษาการค้นคว้าอิสระซึ่งเป็นผู้ให้คำปรึกษาในสิ่งที่ข้าพเจ้าขาดตกบกพร่องและแนะนำแนวทางที่เป็นประโยชน์ในการทำการค้นคว้าอิสระนี้ นอกจากนี้ขอขอบพระคุณ ผศ.ดร.ธาริณี รามสูต ที่กรุณาเป็นประธานกรรมการสอบ และให้คำแนะนำที่ดีแก่การค้นคว้าอิสระนี้ ขอขอบพระคุณ ผศ.ดร. นवलวรรณ ทวยเจริญ ที่กรุณาสละเวลามาเป็นกรรมการภายนอกมหาวิทยาลัยในการสอบค้นคว้าอิสระนี้ และได้ให้ความรู้ คำแนะนำที่ดีมาตลอดการศึกษานี้

ขอขอบพระคุณอาจารย์ คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากรทุกท่าน ที่ให้คำแนะนำที่ดี และเป็นกำลังใจให้กับข้าพเจ้าเสมอมา

ท้ายนี้ ขอขอบพระคุณครอบครัว ที่คอยเป็นกำลังใจ สนับสนุนในทุกๆด้าน รวมถึงทุกท่านที่มีได้เอ่ยนามที่คอยให้คำปรึกษา ให้กำลังใจมาโดยตลอด

นาย วุฒิสักดิ์ มุสิกรัตน์ธำรง



## สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	ฉ
กิตติกรรมประกาศ.....	ช
สารบัญ.....	ฌ
สารบัญตาราง.....	ฉ
บทที่ 1 .....	1
บทนำ.....	1
1.1. ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	1
1.2. วัตถุประสงค์ของการศึกษา .....	4
1.3. ขอบเขตของการศึกษา .....	4
1.4. วิธีดำเนินการศึกษา.....	4
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	5
บทที่ 2 .....	6
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง .....	6
2.1 ASHRAE 90.1 2019 .....	6
2.2 รูปทรงอาคารและการวางทิศทางอาคาร .....	9
2.3 ปัจจัยของเปลือกอาคารที่มีผลต่อการใช้พลังงานในอาคาร .....	10
2.3.1 อัตราส่วนพื้นที่ของผนังโปร่งแสงต่อพื้นที่ผนังทั้งหมด .....	10
2.3.2 กระจก.....	11
2.3.3 ค่าสัมประสิทธิ์บังแดด.....	12
2.3.4 ค่าสัมประสิทธิ์การดูดกลืนรังสีแสงอาทิตย์.....	13

2.4 ประสิทธิภาพการใช้พลังงาน.....	13
2.3 Sefaira .....	16
บทที่ 3 .....	17
วิธีดำเนินการ.....	17
3.1 ศึกษาทฤษฎีและงานวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง .....	17
3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย.....	17
3.3 กำหนดลักษณะรูปทรงของอาคารชุดพักอาศัย .....	17
3.4 กำหนดตัวแปรอาคาร.....	20
3.5 การเก็บข้อมูล ค่าการใช้พลังงานในอาคาร.....	21
3.6 เปรียบเทียบค่าการใช้พลังงานของอาคารรูปทรงและทิศทางที่ต่างกัน .....	22
3.7 วิเคราะห์ผลและสรุปผลการทดลอง .....	22
3.8 Flow Chart แสดงวิธีการค้นคว้าอิสระ .....	23
บทที่ 4 .....	24
ผลงานทดลองและวิเคราะห์ข้อมูล .....	24
4.1 อาคารตัวอย่างเริ่มต้น.....	25
4.2 ปริมาณการใช้พลังงานในอาคาร(EUI) ของอาคารตัวอย่างตามมาตรฐาน ASHRAE 90.1 2019 Appendix G.....	27
4.2.1 กลุ่มอาคารรูปทรง I1 .....	27
4.2.2 กลุ่มอาคารรูปทรง I2.....	28
4.2.3 กลุ่มอาคารรูปทรง L1.....	30
4.2.4 กลุ่มอาคารรูปทรง L2.....	31
4.2.5 กลุ่มอาคารรูปทรง U1 .....	32
4.2.6 กลุ่มอาคารรูปทรง U2.....	34
4.2.7 เปรียบเทียบค่า EUI ของอาคารทั้ง 48กรณี.....	35

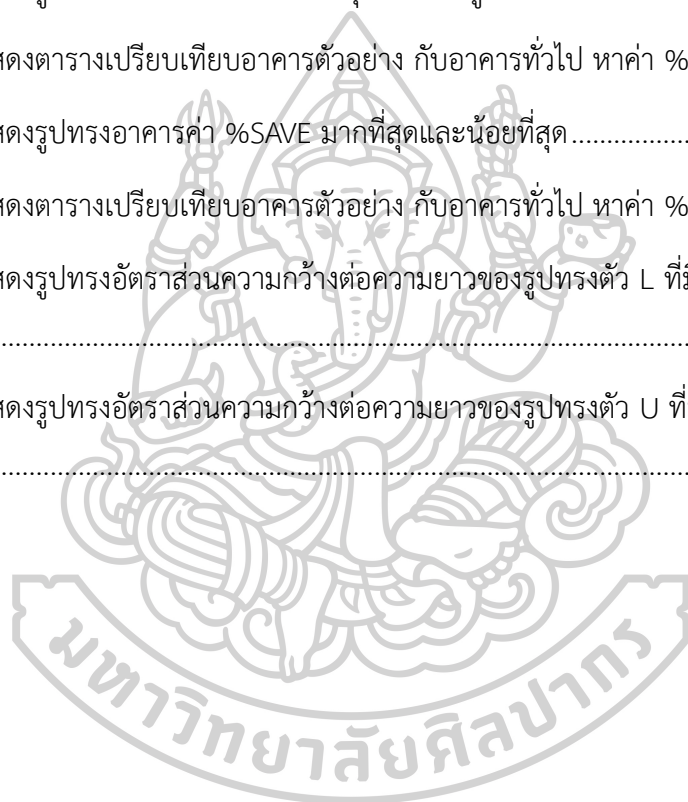
4.3	เปรียบเทียบปริมาณการใช้พลังงานในอาคารตัวอย่าง กับอาคารทั่วไปในกรุงเทพมหานคร หาค่าประหยัดพลัง %SAVE .....	37
4.4	อิทธิพลของแผงบังแดดและฉนวนกันความร้อนในผนังต่อค่าประหยัดพลังงาน %SAVE .....	40
4.5	อิทธิพลอัตราส่วนระหว่างความกว้างและความยาวของอาคารที่มีต่อค่าการใช้พลังงาน EUI. ....	45
บทที่ 5	.....	50
สรุปผล อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ .....		50
5.1	สรุปการศึกษาค้นคว้าอิสระ.....	51
5.1.1	ปริมาณการใช้พลังงานในอาคาร(EUI) ของอาคารตัวอย่างตามมาตรฐาน ASHRAE 90.1 2019 Appendix G .....	51
5.1.2	เปรียบเทียบปริมาณการใช้พลังงานในอาคารตัวอย่าง กับอาคารทั่วไปในกรุงเทพมหานคร หาค่าประหยัดพลัง %SAVE.....	53
5.1.3	อิทธิพลของแผงบังแดดและฉนวนกันความร้อนในผนังต่อค่าประหยัดพลังงาน %SAVE .....	55
5.1.4	อิทธิพลอัตราส่วนระหว่างความกว้างและความยาวของอาคารที่มีต่อค่าการใช้พลังงาน EUI.....	55
5.2	ข้อเสนอแนะ.....	58
รายการอ้างอิง.....		60
ประวัติผู้เขียน.....		62

## สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 1 แสดงข้อมูลทางสภาพอากาศของประเทศไทย ตามมาตรฐาน ASHRAE 90.1 (American Society of Heating Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, 2019) .....	7
ตารางที่ 2 แสดงPerformance Rating Method Building Envelope Requirements(American Society of Heating Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, 2019) .....	7
ตารางที่ 3แสดงเงื่อนไขในการจำลองการใช้พลังงานอาคาร ตามมาตรฐาน ASHRAE 90.1 2019 (American Society of Heating Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, 2019).....	8
ตารางที่ 4การจะลองอาคารตามอาคารอ้างอิง.....	14
ตารางที่ 5แสดงรายละเอียดรูปทรงอาคารที่ศึกษาทั้งหมด 6 รูปทรง(1).....	17
ตารางที่ 6แสดงรายละเอียดรูปทรงอาคารที่ศึกษาทั้งหมด 6 รูปทรง(2).....	18
ตารางที่ 7แสดงรูปทรงและทิศทางอาคารที่ทำการศึกษทั้งหมด 48 แบบ(1).....	18
ตารางที่ 8 แสดงรูปทรงและทิศทางอาคารที่ทำการศึกษทั้งหมด 48 แบบ(2).....	19
ตารางที่ 9 แสดงรายละเอียดตัวแปรอาคารที่ทำการศึกษา .....	20
ตารางที่ 10แสดงอาคารตัวอย่างเริ่มต้นที่มีค่า EUI สูงสุดและต่ำสุด.....	26
ตารางที่ 11แสดงรูปทรงอาคารตัวอย่างกลุ่ม I1 .....	27
ตารางที่ 12แสดงรูปทรงอาคารตัวอย่างกลุ่ม I2.....	28
ตารางที่ 13 แสดงรูปทรงอาคารตัวอย่างกลุ่ม L1 .....	30
ตารางที่ 14แสดงรูปทรงอาคารตัวอย่างกลุ่ม L2.....	31
ตารางที่ 15แสดงรูปทรงอาคารตัวอย่างกลุ่ม U1 .....	32
ตารางที่ 16แสดงรูปทรงอาคารตัวอย่างกลุ่ม U2 .....	34
ตารางที่ 17แสดงรูปทรงอาคารค่า EUI น้อยที่สุดในแต่ละรูปทรงอาคาร .....	35
ตารางที่ 18 แสดงตารางเปรียบเทียบอาคารตัวอย่าง กับอาคารทั่วไปในกรุงเทพมหานคร หาค่า %SAVE .....	39

ตารางที่ 19แสดงตารางเปรียบเทียบอาคารตัวอย่าง กับอาคารทั่วไปในกรุงเทพมหานคร หาค่า %SAVE .....	44
ตารางที่ 20แสดงรูปทรงอัตราส่วนความกว้างต่อความยาวของรูปทรงตัว L ที่มีค่า EUI มากที่สุดและน้อยที่สุด .....	48
ตารางที่ 21แสดงรูปทรงอัตราส่วนความกว้างต่อความยาวของรูปทรงตัว U ที่มีค่า EUI มากที่สุดและน้อยที่สุด .....	49
ตารางที่ 22แสดงรูปทรงอาคารค่า EUI น้อยที่สุดในแต่ละรูปทรงอาคาร .....	52
ตารางที่ 23แสดงตารางเปรียบเทียบอาคารตัวอย่าง กับอาคารทั่วไป หาค่า %SAVE .....	53
ตารางที่ 24แสดงรูปทรงอาคารค่า %SAVE มากที่สุดและน้อยที่สุด .....	54
ตารางที่ 25แสดงตารางเปรียบเทียบอาคารตัวอย่าง กับอาคารทั่วไป หาค่า %SAVE .....	55
ตารางที่ 26แสดงรูปทรงอัตราส่วนความกว้างต่อความยาวของรูปทรงตัว L ที่มีค่า EUI มากที่สุดและน้อยที่สุด .....	57
ตารางที่ 27แสดงรูปทรงอัตราส่วนความกว้างต่อความยาวของรูปทรงตัว U ที่มีค่า EUI มากที่สุดและน้อยที่สุด .....	58



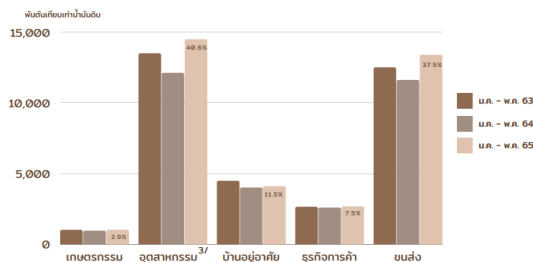
# บทที่ 1

## บทนำ

### 1.1. ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

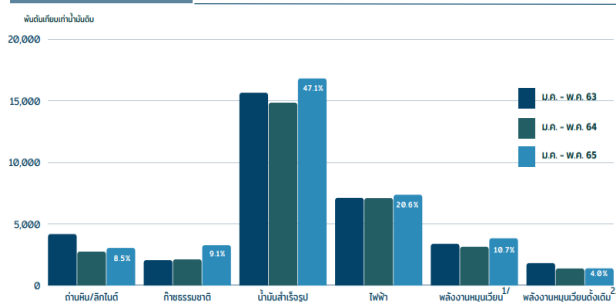
สภาวะโลกร้อนกำลังเป็นปัญหาอยู่ทั่วโลกในขณะนี้ ทุกคนต้องสร้างความตระหนักในเรื่องนี้ให้มากขึ้น ส่วนหนึ่งเกิดจากการใช้พลังงานกันอย่างฟุ่มเฟือยและไม่มีประสิทธิภาพ การประหยัดพลังงานจึงเป็นปัจจัยหนึ่งซึ่งช่วยในการลดสภาวะโลกร้อนได้ หนึ่งในประเภทของพลังงานที่มีความต้องการใช้เป็นจำนวนมาก ได้แก่ พลังงานไฟฟ้า โดยเฉพาะพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในอาคาร ซึ่งส่วนใหญ่จะถูกนำไปใช้ในเครื่องปรับอากาศ ในภาวะปกติความร้อนจากภายนอกอาคารมีผลโดยตรงต่อภาระการทำงานของเครื่องปรับอากาศ ดังนั้นความต้องการพลังงานไฟฟ้าเพื่อใช้ทำความเย็นในเครื่องปรับอากาศจะมากขึ้น ทำให้มีผลต่อปัญหาด้านพลังงานในภาพรวมระดับประเทศอย่างหลีกเลี่ยงไม่ได้ ดังนั้นการหาวิธีลดภาระความร้อนภายในอาคารจึงมีความสำคัญทั้งในแง่ของการส่งเสริมภะวะน่าสบายและการประหยัดพลังงานในอาคาร

การใช้พลังงานขั้นสุดท้าย จำแนกตามสาขาเศรษฐกิจ	ปีงบประมาณ (ปรับเทียบค่าบ้านมียูน)			อัตราการเปลี่ยนแปลง (Soean)	
	บ.ค. - พ.ค. 63	บ.ค. - พ.ค. 64	บ.ค. - พ.ค. 65	บ.ค. - พ.ค. 64	บ.ค. - พ.ค. 65
1. สาขาเกษตรกรรม	1,021	962	1,028	(5.8)	6.9
2. สาขาดูแลสุขภาพ <sup>3/</sup>	13,511	12,130	14,498	(10.2)	19.5
3. สาขาบ้านอยู่อาศัย	4,488	4,014	4,108	(10.6)	2.3
4. สาขาธุรกิจการค้า	2,653	2,594	2,680	(2.2)	3.3
5. สาขาขนส่ง	12,516	11,627	13,402	(7.1)	15.3
รวม	34,189	31,327	35,716	(8.4)	14.0



แผนภูมิที่ 1 แสดงการใช้พลังงานขั้นสุดท้ายจำแนกตามเศรษฐกิจ(กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, 2556)

การใช้พลังงานขั้นสุดท้าย จากสถานะยอดพลังงาน	ปริมาณ (พันตันเทียบเท่ากับถ่านหิน)			อัตราการเปลี่ยนแปลง (SoGa)	
	ม.ค. - พ.ค. 63	ม.ค. - พ.ค. 64	ม.ค. - พ.ค. 65	ม.ค. - พ.ค. 64	ม.ค. - พ.ค. 65
การใช้พลังงานขั้นสุดท้าย (รวม)	34,189	31,327	35,716	(8.4)	14.0
- เติงพาณิชย์	28,989	26,797	30,487	(7.6)	13.8
ด้านศึ/ลิกไอดี	4,179	2,757	3,054	(34.0)	10.8
กิจกรรมชาติ	2,063	2,123	3,274	2.9	54.2
น้ำมันสำเร็จรูป	15,650	14,841	16,810	(5.2)	13.3
ไฟฟ้า	7,096	7,076	7,349	(0.3)	3.9
- พลังงานหมุนเวียน <sup>1/</sup>	3,386	3,149	3,836	(7.0)	21.8
- พลังงานหมุนเวียนดั้งเดิม <sup>2/</sup>	1,815	1,381	1,393	(23.9)	0.9



แผนภูมิที่ 2 แสดงการใช้พลังงานขั้นสุดท้ายจำแนกตามชนิดพลังงาน (กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, 2556)

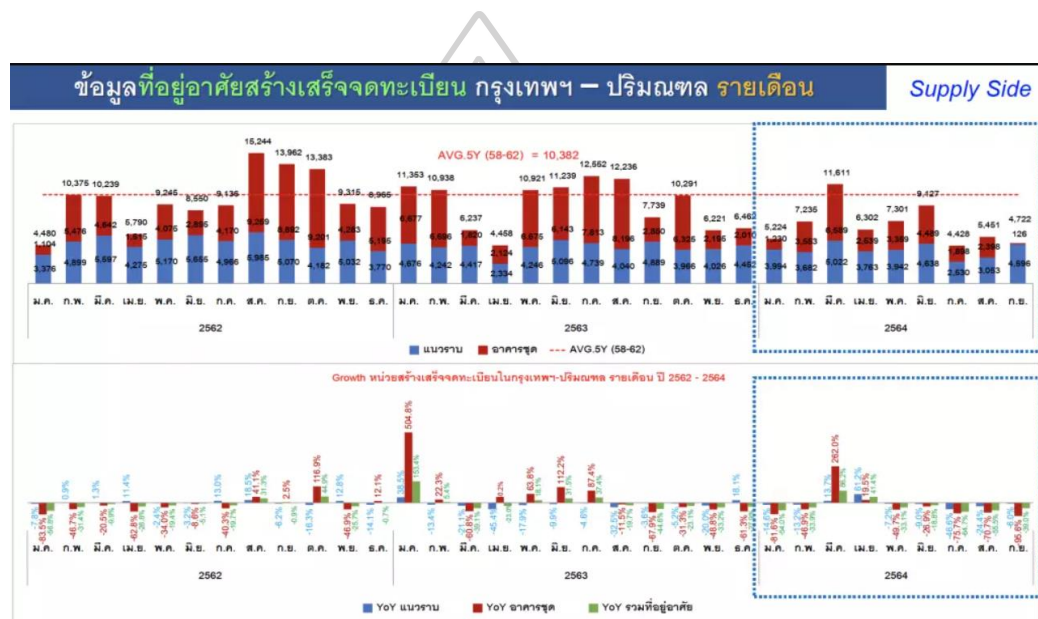
สถิติการใช้พลังงานขั้นสุดท้ายจำแนกตามสาขาเศรษฐกิจ ปี 2565 จากกรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงานระบุว่า การใช้พลังงานในสาขาบ้านอยู่อาศัยเป็นรองจากสาขาการขนส่งและอุตสาหกรรมการผลิต แต่สูงกว่าสาขาธุรกิจการค้าถึงเกือบ 2 เท่า ในขณะที่หลักเกณฑ์การรับรองอาคารอนุรักษ์พลังงานซึ่งส่งเสริมประโยชน์ทางการตลาดทางด้านอสังหาริมทรัพย์นั้นส่วนใหญ่เน้นไปที่ประเภทอาคารสำนักงาน และอาคารทำการเพื่อธุรกิจการค้าเป็นส่วนมากจึงควรให้ความสำคัญในการประหยัดพลังงานในบ้านพักอาศัยมากยิ่งขึ้น

อาคารชุดพักอาศัย

โดยปัจจุบันจากการเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจของไทยควบคู่ไปกับการเพิ่มของจำนวนประชากรส่งผลให้ที่พักอาศัยแนวราบและแนวตั้งมีการขยายตัวมากขึ้นเพื่อรองรับความต้องการของประชากร โดยเฉพาะอย่างยิ่ง กรุงเทพมหานคร และตามหัวเมืองหลักที่มีความหนาแน่นของประชากรบนพื้นที่ ที่มีขนาดจำกัดอาคารที่อยู่อาศัยประเภทแนวตั้ง หรือ “อาคารชุดพักอาศัย” จึงตอบสนองความต้องการของคนยุคปัจจุบันได้เป็นอย่างดี และการขยายตัวของธุรกิจที่อยู่อาศัยประเภทแนวตั้งหรือ อาคารพักอาศัยรวมนั้นส่วนใหญ่มาจากพฤติกรรมของผู้บริโภคที่ต้องการที่อยู่อาศัยที่มีความปลอดภัย และมีการคมนาคมที่สะดวก ซึ่งในแต่ละปีมีจำนวนของอาคารชุดพักอาศัยเพิ่มมากขึ้นโดยแปรผันตามความต้องการของประชากรที่เพิ่มสูงขึ้นในทุก ๆ ปี



อาคารชุกพักอาศัย จะเข้าข่ายประเภทอาคารกลุ่มอาคารอยู่อาศัยรวม ตามกฎกระทรวงฉบับที่ 55 (พ.ศ.2543) ออกตามความในพระราชบัญญัติควบคุมอาคาร พ.ศ.2522 โดยมีความว่า อาคารอยู่อาศัยรวม หมายความว่า อาคารหรือส่วนใดส่วนหนึ่งของอาคารที่ใช้เป็นที่อยู่อาศัยสำหรับหลายครอบครัว โดยแบ่งออกเป็นหน่วยแยกจากกันสำหรับแต่ละครอบครัว(พระราชบัญญัติควบคุมอาคาร, 2522) โดยมีพื้นที่ภายในอาคารตามกำหนดคือ ช่องทางเดินต้องมีความกว้างไม่น้อยกว่า 1.50 เมตร และมีระยะดิ่งไม่น้อยกว่า 2.60 เมตร ภายในห้องนอนให้มีความกว้างด้านแคบสุดไม่น้อยกว่า 2.50 เมตร พื้นที่ภายในไม่น้อยกว่า 8 ตารางเมตร(พระราชบัญญัติควบคุมอาคาร, 2522)



แผนภูมิที่ 3 แสดงข้อมูลที่อยู่อาศัยสร้างเสร็จจดทะเบียนกรุงเทพมหานคร และปริมาณ(ศูนย์ข้อมูลอสังหาริมทรัพย์, 2564)

จากแผนภูมิที่ 2 พบว่าที่อยู่อาศัยสร้างเสร็จจดทะเบียนของธุรกิจที่อยู่อาศัยมีการเปลี่ยนแปลงคือการสร้างที่อยู่อาศัยในแนวราบ (Low-rise) ได้แก่บ้านแฝด บ้านเดี่ยว ทาวน์เฮาส์และอาคารพาณิชย์ที่ได้รับความนิยมที่นิยมมากมาโดยตลอด มีการจดทะเบียนที่ลดลงแต่ที่อยู่อาศัยที่มีลักษณะและรูปทรงในแนวสูง (High-rise) หรืออาคารชุด (Condominium) มีการจดทะเบียนเพิ่มมากขึ้น จึงแสดงให้เห็นว่าประชากรในเขตกรุงเทพมหานครและปริมณฑลมีพฤติกรรมการบริโภคที่อยู่อาศัยที่เปลี่ยนแปลงไปคือเลือกที่อยู่อาศัยในแนวสูงมากกว่าที่อยู่อาศัยในแนวราบ จากการเพิ่มจำนวนของคอนโดมิเนียมและอาคารต่างๆ ทำให้มีการใช้พลังงานในอาคารมีเพิ่มมากขึ้น

ดังนั้นเพื่อให้มีการควบคุมการใช้พลังงานในอาคาร กระทรวงพลังงานจึงได้มีการกำหนดหลักเกณฑ์สำหรับควบคุมอาคารต่าง ๆ ขึ้นคือพระราชบัญญัติ(พรบ.) ส่งเสริมและรักษาคุณภาพ

สิ่งแวดล้อมแห่งชาติ 2535 ตามพระราชบัญญัติส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ พ.ศ. 2535 มาตรา 46 ที่ระบุว่าโครงการที่อยู่อาศัยคอนโดมิเนียม ที่มีจำนวนห้องชุด (unit) ตั้งแต่จำนวน 80 ห้องขึ้นไปหรือมีพื้นที่ใช้สอยตั้งแต่ 4,000 ตารางเมตรขึ้นไปจะต้องทำรายงานวิเคราะห์ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม

## 1.2. วัตถุประสงค์ของการศึกษา

- 1.2.1. ศึกษาแนวทางการประหยัดพลังงานตามมาตรฐาน ASHRAE 90.1 2019
- 1.2.2. ศึกษาผลกระทบของรูปทรง ที่ขัดขวางต่อการประหยัดพลังงานตามมาตรฐาน ASHRAE 90.1 2019
- 1.2.3. เปรียบเทียบค่าการประหยัดพลังงานกับปริมาณการใช้พลังงาน ของอาคารที่มีรูปทรงแตกต่างกัน ตามมาตรฐาน ASHRAE 90.1 2019
- 1.2.4. สรุปผลการจำลองการใช้พลังงานอาคาร เพื่อพิจารณาความเหมาะสมในการออกแบบ ให้สอดคล้องกับมาตรฐาน ASHRAE 90.1 2019

## 1.3. ขอบเขตของการศึกษา

- 1.3.1. ศึกษาจำลองอาคารชุดพักอาศัยขนาดไม่เกิน 10,000 ตารางเมตร ให้เกิดการประหยัดพลังงานสูงสุด
- 1.3.2. ศึกษาจำลองโดยการใช้ตัวแปรข้างต้น ตามมาตรฐาน ASHRAE 90.1 2019 Appendix G

## 1.4. วิธีดำเนินการศึกษา

- 1.4.1 รวบรวมข้อมูล หารูปทรงอาคารที่กลุ่มอาคารพักอาศัยรวมในท้องตลาดใช้เยอะที่สุด
- 1.4.2 ศึกษามาตรฐาน ASHRAE 90.1 2019 Appendix G

1.4.3 ศึกษาวรรณกรรมที่เกี่ยวข้องกับการศึกษารูปทรงและทิศทางอาคารกับประสิทธิภาพในการใช้พลังงาน

1.4.4 ศึกษาวรรณกรรมที่เกี่ยวข้องกับปัจจัยของเปลือกอาคารที่มีผลต่อการใช้พลังงานอาคาร

1.4.5 กำหนดปัจจัยรูปทรงและเปลือกอาคารที่มีผลต่อค่าพลังงานของอาคาร

1.4.6 จำลองการใช้พลังงานของอาคารจำลอง

1.4.7 เปรียบเทียบค่าพลังงานที่ใช้ในอาคารรูปทรงและทิศทางที่แตกต่างกัน

1.4.8 วิเคราะห์ผลและสรุปผลการทดลอง

## 1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.5.1 ทราบถึงปัจจัยที่ต่อผลค่าประหยัดพลังงานตามมาตรฐาน ASHRAE 90.1 2019 Appendix G

1.5.2 ผลกระทบของรูปทรง การวางทิศทาง และเปลือกอาคารต่อการประหยัดพลังงาน ตามมาตรฐาน ASHRAE 90.1 2019 สำหรับอาคารชุดพักอาศัย

1.5.3 ข้อมูลแนวทางการออกแบบอาคารชุดพักอาศัยเพื่อการประหยัดพลังงาน

## บทที่ 2

### เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

งานค้นคว้าอิสระนี้ ศึกษาอาคารตามมาตรฐาน ASHRAE 90.1 2019 ซึ่งมาตรฐานมีการกำหนดปัจจัยด้านระบบอาคาร วัสดุเปลือกอาคาร และสัดส่วนช่องเปิดกับผนังอาคาร ของอาคารมาตรฐาน เพื่อใช้ในการเปรียบเทียบประสิทธิภาพการใช้พลังงานของอาคารที่ทำการออกแบบโดยมาตรฐาน ASHRAE 90.1 2019 โดยในหมวดย่อย Appendix G. เป็นการกำหนดรายละเอียดการใช้พลังงานในอาคาร รูปทรง ทิศทางของการวางตัวอาคารและเปลือกอาคารที่มีผลต่อการใช้พลังงานในอาคาร เพื่อเป็นแนวทางในการออกแบบอาคารชุดพักอาศัยให้มีประสิทธิภาพในการใช้พลังงานที่ดีที่สุด

#### 2.1 ASHRAE 90.1 2019

ASHRAE หรือ American society for Heating Refrigerating and Air Conditioning Engineers เป็นองค์กรหนึ่งที่ทำและปรับปรุงมาตรฐานระบบระบายอากาศ ระบบปรับอากาศ และระบบทำความเย็นประกอบอาคาร HVAC และเป็นองค์กรพัฒนาโลกที่ยั่งยืนผ่านการวิจัยมาตรฐานในการออกแบบ ส่วนการจำลองอาคารซึ่งเป็นเกณฑ์ในการศึกษางานค้นคว้าอิสระชิ้นนี้ ถูกระบุใน LEED V.4 กำหนดให้อ้างอิงการจำลองอาคารตามมาตรฐาน ASHRAE 90.1 2019 Appendix G ซึ่งถูกนำไปใช้ในเกณฑ์การออกแบบอาคารของการค้นคว้าอิสระนี้

ASHRAE 90.1 2019 เป็นมาตรฐานสำหรับอาคารทั่วไป ยกเว้น บ้านเดี่ยว อาคารพักอาศัยที่มีความสูงต่ำกว่า 3 ชั้น บ้านแบบเคลื่อนที่ได้ (mobile homes) และบ้านที่มีลักษณะเป็นหน่วยย่อยหลายๆหน่วยมาประกอบกัน (Modular) และสามารถใช้ได้กับอาคารที่ก่อสร้างใหม่ ASHRAE 90.1 มีการแบ่งกลุ่มตามสภาพภูมิอากาศทั่วโลก ซึ่งประเทศไทยนั้นอยู่ในกลุ่มสภาพภูมิอากาศที่ OA หรือ ภูมิอากาศแบบร้อนมาก และชื้น

การเปลี่ยนแปลงของเกณฑ์มาตรฐาน ASHRAE 90.1 2019 มีแนวโน้มที่เป็นตัวบ่งชี้ต่อสภาพอากาศเป็นไปในแนวทิศทางใด

ตารางที่ 1 แสดงข้อมูลทางสภาพอากาศของประเทศไทย ตามมาตรฐาน ASHRA 90.1 (American Society of Heating Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, 2019)

ASHERA 90.1	THAILAND	CZ	NAME	Thermal Criteria
V.2010	BANGKOK	1	Very Hot Humid	9,000<CDD 50 °F
V.2016	BANGKOK	0A	Extremely Hot Humid	18,000<CDD 50 °F
V.2019	BANGKOK	0A	Extremely Hot Humid	18,000<CDD 50 °F

ตารางที่ 2 แสดง Performance Rating Method Building Envelope Requirements (American Society of Heating Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, 2019)

Opaque Elements	2010	2016	2019
Roof	U-0.048	U-0.063	U-0.063
Wall, Above-Grade	U-0.124	U-0.124	U-0.124
Wall, Below-Grade	C-1.140	C-1.140	C-1.140
Floor	U-0.350	U-0.350	U-0.350
Slab-on-Grade Floors	F-0.730	F-0.730	F-0.730
Door	U-700	U-700	U-700
Fenestration	2010	2016	2019
Vertical Glazing 0% to 10%	U-1.20	U-1.22	U-1.22
Skylight All 0% to 2%	U-1.36	U-1.36	U-1.36

จากตารางที่ 1 แสดงให้เห็นว่าปี 2010 ถึง 2019 จังหวัดกรุงเทพมหานครมีอุณหภูมิที่สูงขึ้นเปลี่ยนโซนของสภาพอากาศเป็น Extremely Hot และจากตารางที่ 2 แสดงให้เห็นว่าเกณฑ์ของ ASHERA 90.1 มีการเปลี่ยนแปลงปรับเปลี่ยนค่าให้มีค่า U-Value ที่เพิ่มขึ้นเรื่องของ หลังคา และกระจกแนวตั้งมากขึ้น หมายถึงแนวโน้มสภาพอากาศของกรุงเทพมหานครที่จะได้รับผลกระทบความร้อนของรังสีแสงอาทิตย์

วิธีการจำลองการใช้พลังงานโดยจำลองอาคารตัวอย่าง ซึ่งมีรายละเอียดอาคารและทิศทางตามอาคารอ้างอิง คืออาคารที่มีรายละเอียดตามที่กำหนดใน Appendix G นำมาหมุน 0 90 180 และ 270 องศา อีกทั้งผู้จัดทำมีการนำมาหมุนให้เกิดกรณีศึกษามากขึ้นใน

45 90 135 225 และ315องศา สรุปลงโดยคือจะเกิดกรณีศึกษา ทั้งหมด 9 กรณีต่อหนึ่งอาคาร ตัวอย่าง จากนั้นนำค่าพลังงานที่ได้จากอาคารทั้ง 9 ทิศ นำมาเปรียบเทียบกับอาคารที่กำลังออกแบบในการหมุนของอาคารต่างกัน เพื่อหาค่าใช้พลังงานในอาคารที่ดีที่สุด

การจำลองการใช้พลังงานในอาคารใช้โปรแกรม Sefaira โดยการจำลองประสิทธิภาพอาคารตัวอย่าง จะต้องใช้ข้อมูลสภาพอากาศและอัตราการใช้พลังงานที่เหมือนกัน ข้อกำหนดในการจำลองอาคารครอบคลุมถึงคุณสมบัติเปลือกอาคารและงานระบบทั้งอาคาร

ตารางที่ 3แสดงเงื่อนไขในการจำลองการใช้พลังงานอาคาร ตามมาตรฐาน ASHRAE 90.1 2019 (American Society of Heating Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, 2019)

Baseline	ASHRAE 90.1-2019
Wall Insulation	0.7 W/m <sup>2</sup> -k
Floor Insulation	1.83 W/m <sup>2</sup> -k
Roof Insulation	0.22 W/m <sup>2</sup> -k
Glazing U-Factor	3.52 W/m <sup>2</sup> -k
Visible Light Transmittance	0.42 panes
Solar Heat Gain Coefficient	0.21 SHGC
Infiltration Rate	7.2 m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> h
Ventilation Rate	10 L/s-person
Equipment	5 W/m <sup>2</sup>
Lighting	10 W/m <sup>2</sup> -k

วิธีการจำลองการใช้พลังงานตามมาตรฐาน ASHRAE 90.1 2019 เพื่อเปรียบเทียบการใช้พลังงานอาคารของตัวอย่างที่มีการหมุนอาคาร 9 ทิศ นำมาหาค่าการใช้พลังงานอาคารที่ดีที่สุด และมีการเปรียบเทียบของอาคารตัวอย่างที่มีรูปทรงสัดส่วนที่ต่างกัน เพื่อให้เกิดกรณีศึกษาที่มากขึ้น จากกำหนดใน Appendix G



## 2.2 รูปทรงอาคารและการวางทิศทางอาคาร

ในการศึกษาจำลองอาคารชุดพักอาศัยนั้นได้ค้นหาข้อมูลกลุ่มรูปทรงอาคารที่มีการถูกนำมาใช้ในการออกแบบมากที่สุด มาเป็นอาคารตัวอย่างเพื่อประโยชน์ของโครงการที่สามารถนำไปใช้ได้จริง โดยคำนึงถึงด้านของการอนุรักษ์พลังงานในอาคาร และในด้านคุ่มค่าการลงทุน งานค้นคว้าอิสระนี้จึงเลือกใช้กลุ่มรูปทรงอาคารที่มีอยู่จริงในการนำมาวิเคราะห์ค่าพลังงานอาคาร โดยรูปทรงอาคารที่ถูกนำมาใช้ในการออกแบบอาคารชุดพักอาศัยมากที่สุด 3 รูปทรงนั้นคือรูปทรงสี่เหลี่ยมผืนผ้า (รูปตัว I) รูปทรงตัว “L” และรูปทรงตัว “U” แต่ละรูปทรงอาคารถูกออกแบบเปลือกอาคารโดยใช้มาตรฐาน ASHRAE 90.1 2019 รูปทรงอาคารแต่ละแบบมีการออกแบบค้ำอิงสัดส่วนภายในของอาคารเป็น 2 กรณี ประกอบไปด้วย อาคารที่มีขนาดห้องพักภายในที่ทำให้ตัวอาคารมีหน้าต่างที่กว้างและอาคารที่มีห้องภายในที่มีหน้าต่างที่แคบ จึงส่งผลต่อค่าการใช้พลังงานของอาคารตัวอย่าง



รูปทรงตัว I



รูปทรงตัว L



รูปทรงตัว U

ภาพที่ 1 แสดงรูปทรงอาคารที่ใช้เป็นอาคารตัวอย่าง

ทิศทางของอาคารตามรายละเอียดตามที่กำหนดใน Appendix G นำมาหมุน 0 90 180 และ 270 องศา นั้นงานค้นคว้าอิสระนี้ได้นำเสนอการหมุนอาคารเพิ่มขึ้นอีก 5 ทิศ 45 90 135 225 และ 315 องศา โดยสรุปคืออาคารตัวอย่างจะถูกหมุนเพิ่มขึ้นในทุก ๆ 45 องศา เพื่อให้เกิดกรณีศึกษาที่มีความละเอียดมากขึ้น จึงเกิดเป็นกรณีศึกษาทั้งหมด 108 กรณี

งานค้นคว้าอิสระนี้ต้องการศึกษารูปทรงอาคารและทิศทางอาคารชุดพักอาศัยที่แตกต่างกันที่เป็นข้อมูลปัจจุบัน จึงควรใช้รูปทรงอาคารจริงที่เป็นที่นิยมในกรุงเทพมหานครเพื่อใช้อ้างอิงรูปทรงอาคารในการจำลองประสิทธิภาพการใช้พลังงานอาคารให้เป็นตามความจริงและเกิดประโยชน์สูงสุด เพื่อเป็นแนวทางในการออกแบบอาคารอนุรักษ์พลังงานในภายภาคหน้า

## 2.3 ปัจจัยของเปลือกอาคารที่มีผลต่อการใช้พลังงานในอาคาร

เปลือกอาคารเป็นองค์ประกอบของผนังภายนอกอาคาร เช่น อัตราส่วนของพื้นที่กระจกต่อพื้นที่ผนังที่ WWR (Window to Wall Ratio) สีของผนังที่ คุณสมบัติของวัสดุผนังที่ และหน้าต่าง ค่าสัมประสิทธิ์การบังแดดของอุปกรณ์บังแดด SC (Shading Coefficient) เป็นองค์ประกอบสำคัญในการออกแบบผนังเพื่อการอนุรักษ์พลังงานในอาคาร อย่างไรก็ตามองค์ประกอบผนังของผนังต่าง ๆ สามารถออกแบบได้หลายทางเลือกซึ่งส่งผลให้มีประสิทธิภาพการอนุรักษ์พลังงานที่แตกต่างกัน

### 2.3.1 อัตราส่วนพื้นที่ของผนังโปร่งแสงต่อพื้นที่ผนังทั้งหมด

WWR (Window to Wall Ratio) คืออัตราส่วนพื้นที่ผนังโปร่งแสงต่อพื้นที่ผนังทั้งหมด คิดโดย Window to Wall Ratio = Net Glazing Area / Gross Wall Area



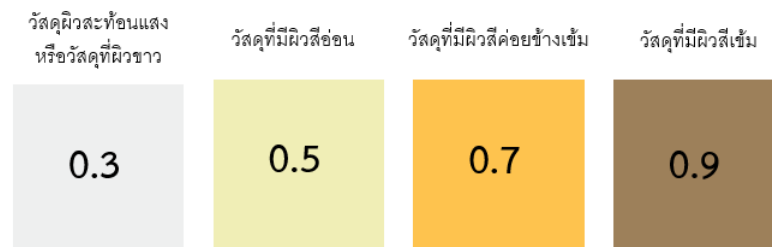
ภาพที่ 2 แสดงอัตราส่วนพื้นที่ของผนังโปร่งแสงต่อพื้นที่ผนัง (กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, 2560)

ผนังทึบเป็นส่วนสำคัญในการช่วยให้อาคารมีประสิทธิภาพในการประหยัดพลังงาน เนื่องจากพลังงานส่วนใหญ่ในอาคารใช้เพื่อควบคุมอุณหภูมิของระบบปรับอากาศให้เหมาะสม กับการทำกิจกรรมต่าง ๆ ของผู้ใช้อาคาร ดังนั้นการเลือกใช้ผนังทึบที่เหมาะสมจึงเป็นส่วนสำคัญในการลดความร้อนเข้าสู่อาคารและลดการใช้พลังงานของระบบปรับอากาศ วัสดุที่ควรพิจารณาคือวัสดุที่มีค่าการถ่ายเทความร้อนต่ำ (U-Value) บ่งบอกถึงความสามารถของการถ่ายเทความร้อนโดยการนำความร้อนผ่านผนังทึบซึ่งขึ้นอยู่กับประเภทของวัสดุที่ใช้ โดยทั่วไปผนังประเภทฉนวน และคอนกรีตหล่อในที่ มีค่าอยู่ระหว่าง 3-5 วัตต์/ตร.ม.-เควิน ผนังอิฐมวลเบา มีค่าอยู่ระหว่าง 1-4 วัตต์/ตร.ม.-เควิน

สีที่ใช้ทาผนังทึบด้านนอกมีผลต่อการดูดกลืนรังสีดวงอาทิตย์และการถ่ายเทความร้อนเข้าสู่อาคาร ผนังสีอ่อนจะดูดกลืนรังสีดวงอาทิตย์ได้น้อยกว่าผนังสีเข้ม ค่าสัมประสิทธิ์การดูดกลืนรังสี



อาทิตย์ของผนังทั่วไป อยู่ระหว่าง 0.3-0.8 ผนังทาสีอ่อนเมื่อใช้งานและฝุ่นจับ ค่าสัมประสิทธิ์การ ดูดกลืนรังสีอาทิตย์ก็เพิ่มมากขึ้นได้

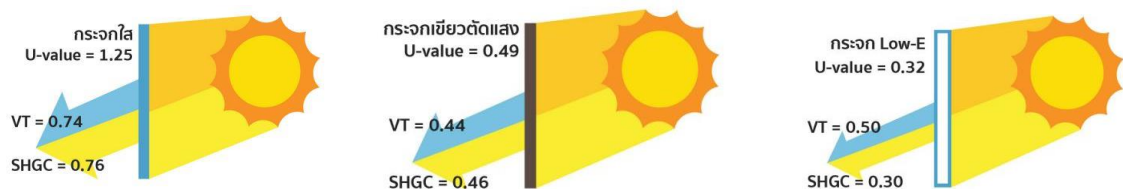


ภาพที่ 3 แสดงค่าสัมประสิทธิ์ดูดกลืนรังสีของแต่ละสี

### 2.3.2 กระจก

ผนังโปร่งแสงหรือกระจกเป็นส่วนประกอบหนึ่งของอาคารที่ส่งผลต่อการใช้พลังงาน ในอาคาร เนื่องจากเป็นส่วนที่รับความร้อนและถ่ายเทความร้อนจากแสงอาทิตย์เข้าสู่ในอาคารได้ มากกว่าผนังทึบ 5-10 เท่า การเลือกชนิดกระจกและเทคโนโลยีการติดตั้งจึงเป็นส่วนสำคัญที่ช่วยลดการใช้พลังงานในอาคารได้

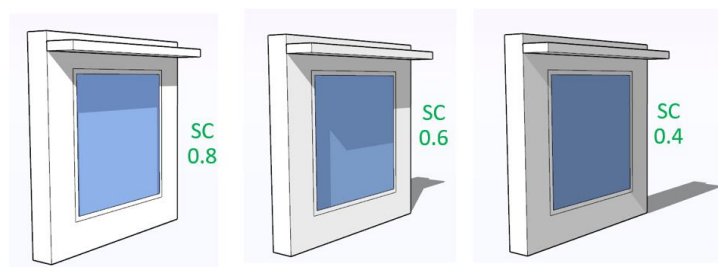
คุณสมบัติของกระจกที่เหมาะสม(กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, 2560) ค่าการส่องผ่านของแสง VT (Visible Transmittance) ไม่ควรน้อยกว่า 20% เพื่อสามารถนำแสงธรรมชาติมาใช้ประโยชน์ในอาคารได้ ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน U-value ควรน้อยเพื่อลดปริมาณความร้อนที่เกิดจากการถ่ายเทความร้อนจากภายนอกเข้าสู่อาคาร เช่น กระจกเขียวตัดแสง กระจกสะท้อนแสง หรือกระจก Low-E เป็นต้น ค่าสัมประสิทธิ์การส่งผ่านความร้อนจากรังสีอาทิตย์ที่ส่งผ่านกระจก SHGC (Solar Heat Gain Coefficient) ควรมีค่าน้อยเพื่อป้องกันรังสีอาทิตย์และเพื่อความสบายตาของผู้ใช้อาคาร



ภาพที่4 แสดงค่าส่งผ่านกระจกแบบต่าง ๆ(กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, 2560)

### 2.3.3 ค่าสัมประสิทธิ์บังแดด

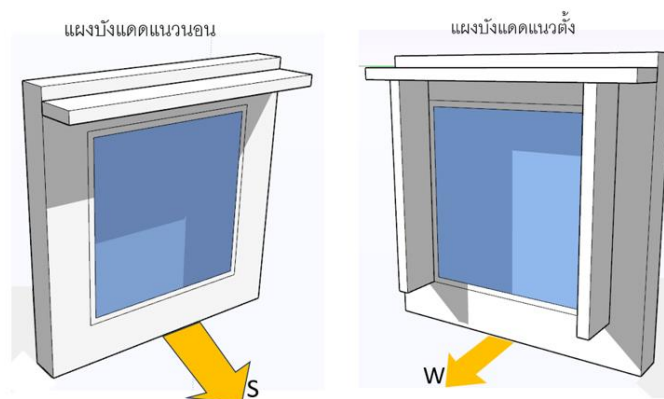
อุปกรณ์การบังแดดภายนอกมีประสิทธิภาพในการลดปริมาณความร้อนเข้าสู่ภายในอาคารดีกว่าแบบภายใน ดังนั้นการออกแบบช่องเปิดและช่องโปร่งแสงของอาคารควรมีอุปกรณ์บังแดดติดตั้งด้วยเสมอ โดยการออกแบบและติดตั้งอุปกรณ์บังแดดภายนอกอาคารที่ดีควรคำนึงถึงหลายปัจจัยประกอบกัน เช่น ทิศทางตัวอาคาร ขนาดช่องเปิด และช่องว่างระหว่างอุปกรณ์บังแดดกับผนังอาคาร เป็นต้น ค่าสัมประสิทธิ์การบังแดด (Shading coefficient, SC) มีค่าตั้งแต่ 0-1 โดยที่ค่า  $SE=1$  หมายถึงผนังไม่มีการบังของอุปกรณ์บังแดด



ภาพที่ 5 แสดงตัวอย่างเงา ของค่าสัมประสิทธิ์การบังแดด

แนวทางการติดตั้งอุปกรณ์บังแดดภายนอก

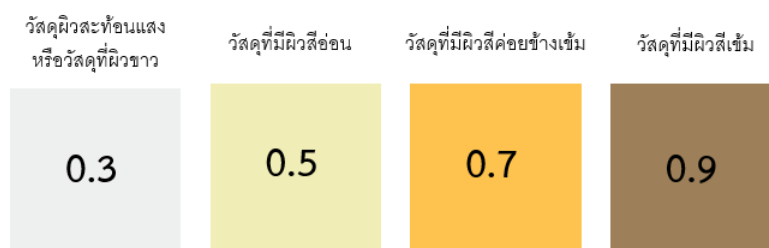
- อาคารด้านทิศใต้และทิศเหนือควรติดตั้งแบบแนวนอน
- อาคารด้านทิศตะวันออกและทิศตะวันตกควรติดตั้งแบบแนวตั้ง



ภาพที่ 6 แสดงจำลองการติดตั้งอุปกรณ์บังแดดภายนอกอาคาร

### 2.3.4 ค่าสัมประสิทธิ์การดูดกลืนรังสีแสงอาทิตย์

สีที่ใช้มาผนังที่บด้านนอกมีผลต่อการดูดกลืนรังสีดวงอาทิตย์และการถ่ายเทความร้อนเข้าสู่อาคาร ผนังสีอ่อนจะดูดกลืนรังสีดวงอาทิตย์ได้น้อยกว่าผนังสีขาว ค่าสัมประสิทธิ์การดูดกลืนรังสีแสงอาทิตย์ของสีทาผนังอาคารอ้างอิงจากสีอ่อน-สีเข้ม โดยมีค่าตั้งแต่ 0.3-0.9 ดังนี้



ภาพที่ 7 แสดงค่าสัมประสิทธิ์ดูดกลืนรังสีของแต่ละสี

## 2.4 ประสิทธิภาพการใช้พลังงาน

การประเมินด้วยมาตรฐาน ASHRAE 90.1 2019 ASHRAE หรือ American Society of Heating Refrigerating and Air conditioning Engineers เป็นองค์กรหนึ่งที่ทำและปรับปรุงมาตรฐานสำหรับงานระบบปรับอากาศ ระบายอากาศ ระบบทำความเย็นและระบบทำความร้อน ส่วนการจำลองอาคารมาตรฐาน ASHRAE 90.1-2019 Appendix G จะมีกระบวนการขั้นตอนที่ละเอียดและซับซ้อน ดังนั้นจึงมีความจำเป็นอย่างยิ่งที่ต้องศึกษามาตรฐานดังกล่าว

ASHRAE 90.1-2019 เป็นมาตรฐานสำหรับอาคารทั่วไป ยกเว้น บ้านเดี่ยว อาคารพักอาศัยที่มีความสูงต่ำกว่า 3 ชั้น บ้านแบบเคลื่อนที่ได้ (mobile homes) และบ้านที่มีลักษณะเป็นหน่วยย่อยหลายๆหน่วยมาประกอบกัน (Modular) และสามารถใช้ได้กับอาคารที่ก่อสร้างใหม่ ASHRAE 90.1 มีการแบ่งกลุ่มตามสภาพภูมิอากาศทั่วโลก ซึ่งประเทศไทยนั้นอยู่ในกลุ่มสภาพภูมิอากาศที่ OA หรือ ภูมิอากาศแบบร้อนมาก และขึ้นโดยมีวิธีการจำลองการใช้พลังงานโดยจำลองอาคารที่กำลังออกแบบ ซึ่งมีรายละเอียดอาคารและทิศทางตามจริง กับอาคารอ้างอิง คืออาคารที่มีรายละเอียดตามที่กำหนดใน Appendix G และนำมาคูณ 0 90 180 และ 270 องศา แล้วนำค่าพลังงานที่ได้จากอาคารทั้ง 4 ทิศ นำมาหาค่าเฉลี่ยเป็นค่าพลังงาน

ตารางที่ 4 การจำลองอาคารตามอาคารอ้างอิง

Baseline Building Performance (กรณีอ้างอิง)	
ทิศทางการวางอาคาร	
ทิศอาคาร	ให้ทำการหมุนอาคารทุก 90 องศา ดูรายละเอียดการหมุนโมเดล *เพื่อให้เกิดกรณีศึกษามากขึ้น ผู้จัดทำได้เพิ่มการหมุนโมเดลอาคาร ทุก 45 องศา
เปลือกอาคาร	
ผนัง	ลักษณะของการจำลองให้ขึ้นไปตามตาราง G3.1.5 อาคารใหม่ ใช้โครงสร้างเบา เช่น โครงสร้างเหล็ก ค่า U-Factor ตามตาราง G3.4-1
กระจก	ให้ใช้พื้นที่กระจกเท่ากับกรณีแบบ ไม่เกิน 40% ของพื้นที่ผนัง ใช้ค่า U-Factor และ SHGC ตามตาราง G3.4-1
อุปกรณ์บังแดด	ไม่ต้องใส่แผงบังแดดหรืออุปกรณ์บังเงาใดๆ *เพื่อให้เกิดกรณีศึกษามากขึ้น ผู้จัดทำได้เพิ่มอุปกรณ์บังแดด เป็นแนวทางขอเสนอแนะในการออกแบบอาคาร
หลังคา	หลังคาใส่นวนกันความร้อน ค่า U-Factor ตามตาราง G3.4-1
ระบบแสงสว่าง	
แสงสว่าง	LPD = 0.70 W/ft <sup>2</sup> จากตาราง G3.8
ระบบปรับอากาศ	
ปรับอากาศ	PTHP จากตาราง G3.1.1-3

Table G3.4-1 Performance Rating Method Building Envelope Requirements for Climate Zones 0 and 1 (A,B)

Opaque Elements	Nonresidential			Residential			Semiheated		
	Assembly Maximum			Assembly Maximum			Assembly Maximum		
<b>Roofs</b>									
Insulation entirely above deck	U-0.063			U-0.063			U-1.282		
<b>Walls, Above-Grade</b>									
Steel-framed	U-0.124			U-0.124			U-0.352		
<b>Wall, Below-Grade</b>									
Below-grade wall	C-1.140			C-1.140			C-1.140		
<b>Floors</b>									
Steel-joist	U-0.350			U-0.350			U-0.350		
<b>Slab-on-Grade Floors</b>									
Unheated	F-0.730			F-0.730			F-0.730		
<b>Opaque Doors</b>									
Swinging	U-0.700			U-0.700			U-0.700		
Nonswinging	U-1.450			U-1.450			U-1.450		
<b>Fenestration</b>									
	Assembly Max. U	Assembly Max. SHGC	Visible Transmittance	Assembly Max. U	Assembly Max. SHGC	Visible Transmittance	Assembly Max. U	Assembly Max. SHGC	Visible Transmittance
<b>Vertical Glazing, % of Wall</b>									
0% to 10.0%	U <sub>af</sub> 1.22	SHGC <sub>af</sub> 0.25	VT <sub>af</sub> 0.28	U <sub>af</sub> 1.22	SHGC <sub>af</sub> 0.25	VT <sub>af</sub> 0.28	U <sub>af</sub> 1.22	SHGC <sub>af</sub> 0.40	VT <sub>af</sub> 0.44
10.1% to 20.0%	U <sub>af</sub> 1.22	SHGC <sub>af</sub> 0.25	VT <sub>af</sub> 0.28	U <sub>af</sub> 1.22	SHGC <sub>af</sub> 0.25	VT <sub>af</sub> 0.28	U <sub>af</sub> 1.22	SHGC <sub>af</sub> 0.40	VT <sub>af</sub> 0.44
20.1% to 30.0%	U <sub>af</sub> 1.22	SHGC <sub>af</sub> 0.25	VT <sub>af</sub> 0.28	U <sub>af</sub> 1.22	SHGC <sub>af</sub> 0.25	VT <sub>af</sub> 0.28	U <sub>af</sub> 1.22	SHGC <sub>af</sub> 0.40	VT <sub>af</sub> 0.44
30.1% to 40.0%	U <sub>af</sub> 1.22	SHGC <sub>af</sub> 0.25	VT <sub>af</sub> 0.28	U <sub>af</sub> 1.22	SHGC <sub>af</sub> 0.25	VT <sub>af</sub> 0.28	U <sub>af</sub> 1.22	SHGC <sub>af</sub> 0.40	VT <sub>af</sub> 0.44

ภาพที่ 8 การกำหนดวัสดุเปลือกอาคารตามตารางที่ 4 ในข้อกำหนดของ Appendix G (American Society of Heating Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, 2019)

**Table G3.8 Performance Rating Method Lighting Power Densities Using the Building Area Method**

Building Area Type	Lighting Power Density, W/ft <sup>2</sup>
Automotive facility	0.90
Convention center	1.20
Courthouse	1.20
Dining: Bar lounge/leisure	1.30
Dining: Cafeteria/fast food	1.40
Dining: Family	1.60
Dormitory	1.00
Exercise center	1.00
Fire station	1.00
Gymnasium	1.10
Health-care clinic	1.00
Hospital	1.20
Hotel/Motel	1.09
Library	1.30
Manufacturing facility	1.17
Motion picture theater	1.20
Multifamily	0.70
Museum	1.10
Office	1.00

ภาพที่ 9 การกำหนดระบบแสงสว่างในอาคาร ตามตารางที่ 4 ในข้อกำหนดของ Appendix G (American Society of Heating Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, 2019)

**Table G3.1.1-3 Baseline HVAC System Types**

Building Type, Number of Floors, and Gross Conditioned Floor Area	Climate Zones 3B, 3C, and 4 to 8	Climate Zones 0 to 3A
<i>Residential</i>	<i>System 1—PTAC</i>	<i>System 2—PTHP</i>
Public assembly <120,000 ft <sup>2</sup>	<i>System 3—PSZ-AC</i>	<i>System 4—PSZ-HP</i>
Public assembly ≥120,000 ft <sup>2</sup>	<i>System 12—SZ-CV-HW</i>	<i>System 13—SZ-CV-ER</i>
Heated-only storage	<i>System 9—Heating and ventilation</i>	<i>System 10—Heating and ventilation</i>
Retail and 2 floors or fewer	<i>System 3—PSZ-AC</i>	<i>System 4—PSZ-HP</i>
Other nonresidential and 3 floors or fewer and <25,000 ft <sup>2</sup>	<i>System 3—PSZ-AC</i>	<i>System 4—PSZ-HP</i>
Other nonresidential and 4 or 5 floors and <25,000 ft <sup>2</sup> or 5 floors or fewer and 25,000 ft <sup>2</sup> to 150,000 ft <sup>2</sup>	<i>System 5—Packaged VAV with reheat</i>	<i>System 6—Packaged VAV with PFP boxes</i>
Other nonresidential and more than 5 floors or >150,000 ft <sup>2</sup>	<i>System 7—VAV with reheat</i>	<i>System 8—VAV with PFP boxes</i>

**Notes:**

1. *Residential building* types include dormitory, hotel, motel, and multifamily. *Residential space* types include guest rooms, living quarters, private living space, and sleeping quarters. Other *building* and *space* types are considered *nonresidential*.
2. Where attributes make a *building* eligible for more than one baseline *system* type, use the predominant condition to determine the *system* type for the entire *building* except as noted in Section G3.1.1.
3. For laboratory spaces in a *building* having a total laboratory exhaust rate greater than 15,000 cfm, use a single *system* of type 5 or 7 serving only those spaces.
4. For hospitals, depending on *building* type, use *System* 5 or 7 in all climate zones.
5. Public assembly *building* types include houses of worship, auditoriums, movie theaters, performance theaters, concert halls, arenas, enclosed stadiums, ice rinks, gymnasiums, convention centers, exhibition centers, and natatoriums.

ภาพที่ 10 การกำหนดระบบปรับอากาศในอาคาร ตามตารางที่ 4 ในข้อกำหนดของ Appendix G (American Society of Heating Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, 2019)

## 2.3 Sefaira

Sefaira คือ ซอฟต์แวร์ปลั๊กอิน ประสิทธิภาพสูงจาก Trimble เพื่อการออกแบบอาคาร ประสิทธิภาพสูงที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม ด้วยความสามารถของ Sefaira สามารถทำการวิเคราะห์ ประสิทธิภาพของอาคารแบบเรียลไทม์ผ่านระบบคลาวด์ ตั้งแต่ขั้นตอนของการออกแบบ ด้วย แนวความคิดของการออกแบบอาคารที่เน้นประสิทธิภาพ (Performance-Based Design) ผ่านข้อมูล ที่ถูกวิเคราะห์เพื่อช่วยสร้างความเข้าใจในการตัดสินใจต่างๆ เกี่ยวกับการใช้พลังงานของอาคาร รวมถึงผลกระทบต่างๆ ที่อาจเกิดขึ้นต่อสิ่งแวดล้อม โดยแบ่งออกเป็น 4 หมวดดังนี้

1. Energy การชี้วัดด้านประสิทธิภาพ เช่น ความเข้มข้นของการใช้พลังงาน (Energy Use Intensity หรือ EUI) และปัจจัยใดบ้างที่จะส่งผลกระทบต่อการใช้พลังงานในรอบปี
2. Daylighting ตัวชี้วัดที่เกี่ยวข้องกับแสงสว่างต่างๆ เช่น Spatial Daylight Autonomy (sDA), Annual Sunlight Exposure (ASE), Direct Sunlight และปัจจัยต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับแสงสว่างสำหรับการวิเคราะห์และแสดงให้เห็นถึงแสงสว่างของอาคาร การลดแสงจ้า และการปรับแสงธรรมชาติให้เหมาะสม
3. Thermal Comfort การใช้งานกระจกและการบังแดด รวมถึงการระบายอากาศ ที่จะส่งผลต่อความสบายของพื้นที่ เช่น Operative Temperature
4. HVAC Sizing การวิเคราะห์ระบบปรับอากาศ (HAVC)





### บทที่ 3

#### วิธีดำเนินการ

งานค้นคว้าอิสระนี้เป็นการจำลองอาคารและดำเนินการทดลองด้วยโปรแกรม Sefaira โดยในการจำลองมีการกำหนดตัวแปรเปลือกอาคาร เป็นไปตามมาตรฐาน ASHRAE 90.1 2019 เพื่อพิจารณาปริมาณการใช้พลังงานของอาคารที่แตกต่างกันไปในแต่ละกรณี และนำมาเปรียบเทียบปริมาณการใช้พลังงานของอาคาร หากกรณีที่ประหยัดพลังงานที่สุด

#### 3.1 ศึกษาทฤษฎีและงานวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

ศึกษามาตรฐาน ASHRAE 90.1 2019 ในหมวด Appendix G ซึ่งกำหนดตัวแปรต่างๆของเปลือกอาคาร ใช้ในการจำลองอาคาร



#### 3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

การจำลองการใช้พลังงานอาคาร จำลองด้วยโปรแกรม Sefaira โดยใช้ค่าตัวแปรอาคารต่างๆตามมาตรฐาน ASHRAE 90.1 2019 ในหมวด Appendix G คำนวณหาค่าการใช้พลังงานในอาคาร





#### 3.3 กำหนดลักษณะรูปทรงของอาคารชุดพักอาศัย

รูปทรงอาคารที่ใช้ในการศึกษาทั้งหมด 6 รูปทรง โดยกำหนดพื้นที่ใช้สอยอาคารไม่เกิน 10,000 ตารางเมตร พื้นที่ต่อชั้นเท่ากับ 1,250 ตารางเมตร มีจำนวนทั้งหมด 8 ชั้น กำหนดความสูงต่อชั้น 2.60 เมตร โถงทางเดินกว้าง 2 เมตร ดังนี้

ตารางที่ 5 แสดงรายละเอียดรูปทรงอาคารที่ศึกษาทั้งหมด 6 รูปทรง(1)









l1		ขนาดห้องพัก	5.00m.x5.00m.
		Shape Factor (SF)	1:8.6
		ความยาวเส้นรอบรูป	232.34m.
l2		ขนาดห้องพัก	3.75m.x7.00m.
		Shape Factor (SF)	1:4.8
		ความยาวเส้นรอบรูป	188.26m.

ตารางที่ 6 แสดงรายละเอียดรูปทรงอาคารที่ศึกษาทั้งหมด 6 รูปทรง(2)

L1		ขนาดห้องพัก	5.00m.x5.00m.
		Shape Factor (SF)	1:1.2
		ความยาวเส้นรอบรูป	232m.
L2		ขนาดห้องพัก	3.75m.x7.00m.
		Shape Factor (SF)	1:1.4
		ความยาวเส้นรอบรูป	118.24m
U1		ขนาดห้องพัก	5.00m.x5.00m.
		Shape Factor (SF)	1:7
		ความยาวเส้นรอบรูป	232.18m.
U2		ขนาดห้องพัก	3.75m.x7.00m.
		Shape Factor (SF)	1:2.2
		ความยาวเส้นรอบรูป	183.8m.


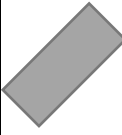



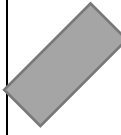

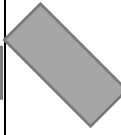

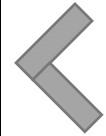




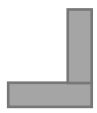


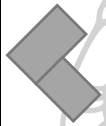







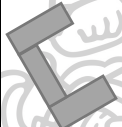




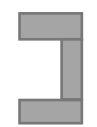
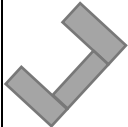


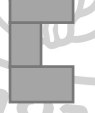



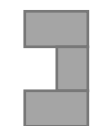
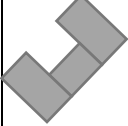
จากนั้นจึงหมุนอาคารทั้ง 6 รูปทรง ทีละ 45 องศา รวมได้อาคารที่จะทำการศึกษา 48 แบบ กำหนดชื่อเรียกอาคารตามรูปทรงและทิศทาง เช่น L1-135 หมายถึงอาคารรูปทรงตัว L ที่มีขนาดห้องพักในอาคาร 5.00m.x5.00m. หมุนทิศ 135 องศา อาคาร I2-225 หมายถึงอาคารรูปทรงตัวสี่เหลี่ยมผืนผ้า ที่มีขนาดห้องพัก 3.75m.x3.75m. หมุนทิศ 225 องศา เป็นต้น โดยกำหนดให้ทิศเหนืออยู่ที่ตำแหน่งด้านบนของรูปทรงอาคาร

ตารางที่ 7 แสดงรูปทรงและทิศทางอาคารที่ทำการศึกษาทั้งหมด 48 แบบ(1)

I1								
	I1-0	I1-45	I1-90	I1-135	I1-180	I1-225	I1-270	I1-315



ตารางที่ 8 แสดงรูปทรงและทิศทางการทำการศึกษาทั้งหมด 48 แบบ(2)

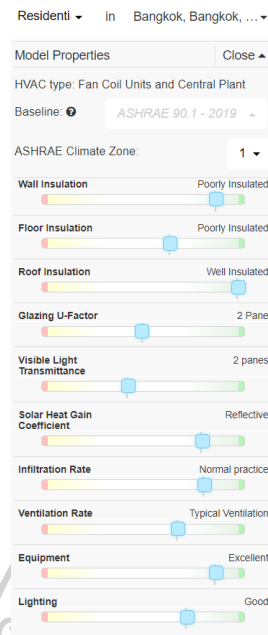
I2								
	I2-0	I2-45	I2-90	I2-135	I2-180	I2-225	I2-270	I2-315
L1								
	L1-0	L1-45	L1-90	L1-135	L1-180	L1-225	L1-270	L1-315
L2								
	L2-0	L2-45	L2-90	L2-135	L2-180	L2-225	L2-270	L2-315
U1								
	U1-0	U1-45	U1-90	U1-135	U1-180	U1-225	U1-270	U1-315
U2								
	U2-0	U2-45	U2-90	U2-135	U2-180	U2-225	U2-270	U2-315

### 3.4 กำหนดตัวแปรอาคาร

ในการศึกษาค้นคว้าอิสระผลกระทบจากเปลือกอาคารที่ส่งผลต่อปริมาณการใช้พลังงานในอาคาร ประกอบไปด้วยปัจจัยทางด้านรูปทรงอาคาร กำหนดพื้นที่ใช้สอยอาคารไม่เกิน 10,000 ตารางเมตร พื้นที่ต่อชั้นเท่ากับ 1,250 ตารางเมตร มีจำนวนทั้งหมด 8 ชั้น กำหนดความสูงต่อชั้น 2.60 เมตร โถงทางเดินกว้าง 2 เมตร การกำหนดความสูงของอาคารและความสูงของแต่ละชั้นของอาคารนั้นอ้างอิงจากกฎกระทรวงฉบับที่ 55(พ.ศ.2545) ออกตามความในพระราชบัญญัติควบคุมอาคาร พ.ศ.2522 ในหมวดที่ 2 ส่วนที่ 2 เรื่องพื้นที่ภายในอาคาร ข้อที่ 2 ห้องหรือส่วนของอาคารที่ใช้ในการทำกิจกรรมต่างๆ ต้องมีระยะดิ่งไม่น้อยกว่ากำหนดคือ ประเภทการใช้อาคาร ข้อที่1 ห้องที่ใช้เป็นที่พักอาศัย บ้านแถว ห้องพักโรงแรม ห้องเรียนนักเรียนอนุบาล ครุภัณฑ์ที่พักอาศัย ห้องพักคนไข้พิเศษ และช่องทางเดินในอาคาร มีระยะดิ่งไม่น้อยกว่า 2.60 เมตร (พระราชบัญญัติควบคุมอาคาร, 2522) ซึ่งระยะดิ่ง 2.60เมตร เป็นค่าน้อยที่สุดจึงเกิดให้มีจำนวนชั้นที่มากที่สุดคือ 8 ชั้น และปัจจัยด้านเปลือกอาคาร หลังคา ผนัง กระจก และพื้นภายในอาคารรวมทั้งปัจจัยในงานระบบประกอบอาคาร งานระบบไฟฟ้าส่องสว่าง และงานระบบปรับอากาศ โดยมีการใช้ค่าตัวแปรต่างๆข้างต้นตามมาตรฐาน ASHRAE 90.1 2019 ในหมวด Appendix G ดังนี้

ตารางที่ 9 แสดงรายละเอียดตัวแปรอาคารที่ทำการศึกษา

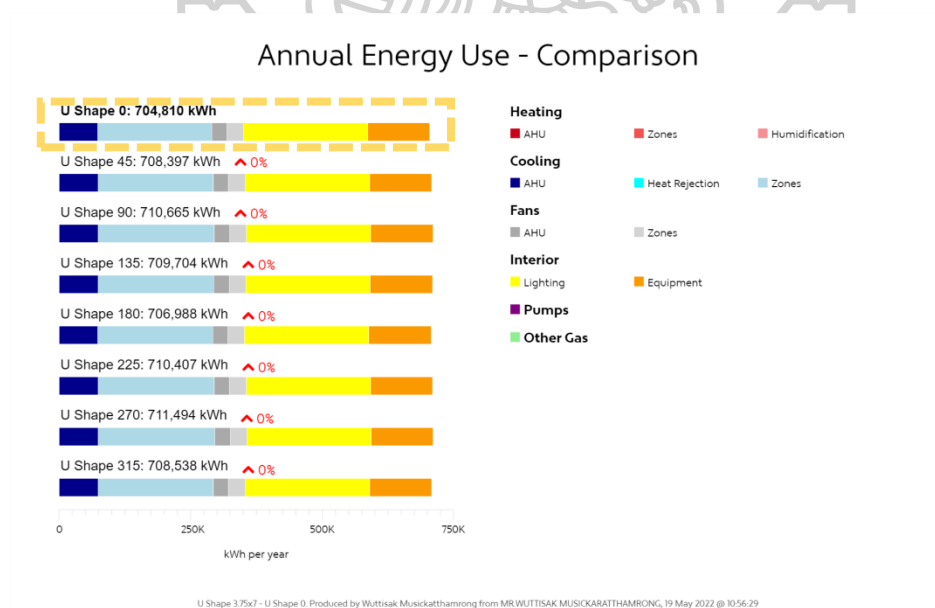
Baseline Building Performance (กรณีอ้างอิง)	
<b>เปลือกอาคาร</b>	
ผนัง	โครงเหล็ก U - 0.7 W/m <sup>2</sup> -k
กระจก	U = 3.52 W/m <sup>2</sup> -k , SHGC = 0.21
อุปกรณ์บังแดด	ไม่ต้องใส่แผงบังแดดหรืออุปกรณ์บังเงาใดๆ
หลังคา	Insulation entirely above deck U - 0.22 W/m <sup>2</sup> -k
<b>ระบบแสงสว่าง</b>	
แสงสว่าง	LPD = 0.70 W/ft <sup>2</sup>
<b>ระบบปรับอากาศ</b>	
ปรับอากาศ	PTHP



ภาพที่ 11 แสดงรายละเอียดการตั้งค่าตัวแปรในโปรแกรม Sefaira

### 3.5 การเก็บข้อมูล ค่าการใช้พลังงานในอาคาร

การเก็บรวบรวมข้อมูลค่าการใช้พลังงานในอาคารทั้งหมด 48 แบบ จากการจำลองผ่านค่าตัวแปรตามมาตรฐาน ASHRAE 90.1 2019 ในหมวด Appendix G แล้วนั้น ทำการเปรียบเทียบจากค่าการใช้พลังงานอาคาร หากกรณีที่ใช้ค่าพลังงานที่น้อยที่สุด ยกตัวอย่างอาคาร U2



ภาพที่ 12 ภาพการจำลองอาคาร U2 ทั้ง 8 กรณีจากโปรแกรม Sefaira

โดยสรุปได้ว่า ค่าใช้จ่ายด้านพลังงานของอาคาร U2 ที่ใช้ค่าพลังงานน้อยที่สุดคือ U2-0 อาคารรูปตัว U ขนาดห้องภายใน 3.75x7.00m. หมุน 0 องศา มีค่าการใช้พลังงานน้อยที่สุดเท่ากับ 704,810 kWh/ปี

### 3.6 เปรียบเทียบค่าการใช้พลังงานของอาคารรูปทรงและทิศทางที่ต่างกัน

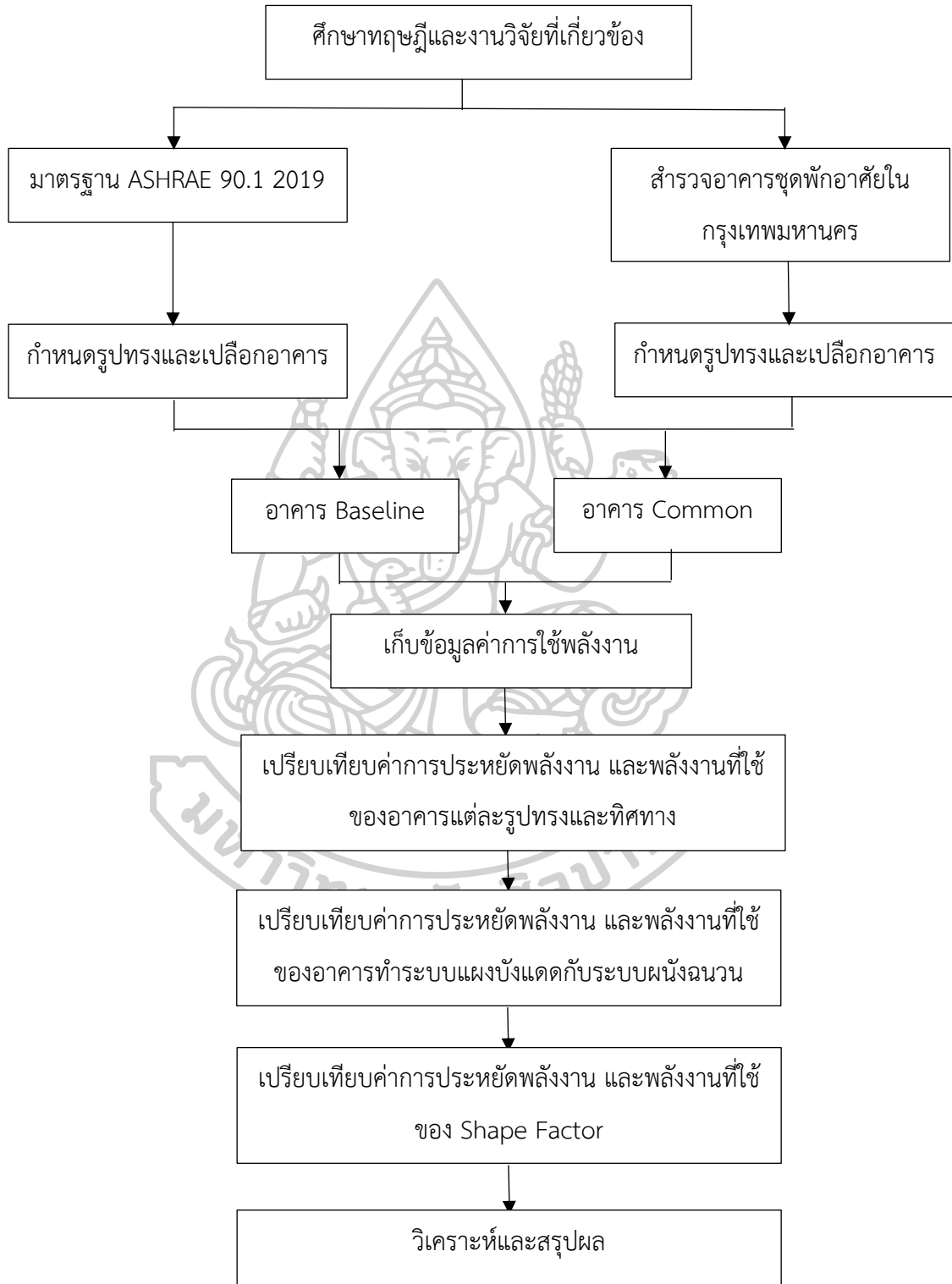
เก็บรวบรวมข้อมูล ศึกษาวิเคราะห์และเปรียบเทียบค่าการใช้พลังงานในอาคารของรูปทรงที่แตกต่างกัน

### 3.7 วิเคราะห์ผลและสรุปผลการทดลอง

สรุปผลการจำลองทั้งหมดและนำเสนอแนวทางในการออกแบบรูปทรงและทิศทางอาคารที่มีค่าการใช้พลังงานที่น้อยที่สุด



### 3.8 Flow Chart แสดงวิธีการค้นคว้าอิสระ

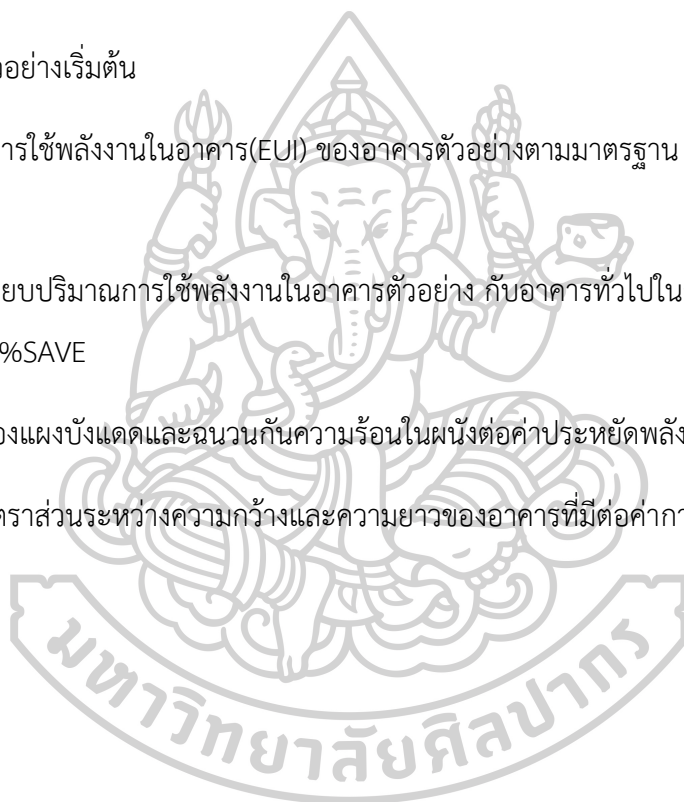


## บทที่ 4

### ผลงานทดลองและวิเคราะห์ข้อมูล

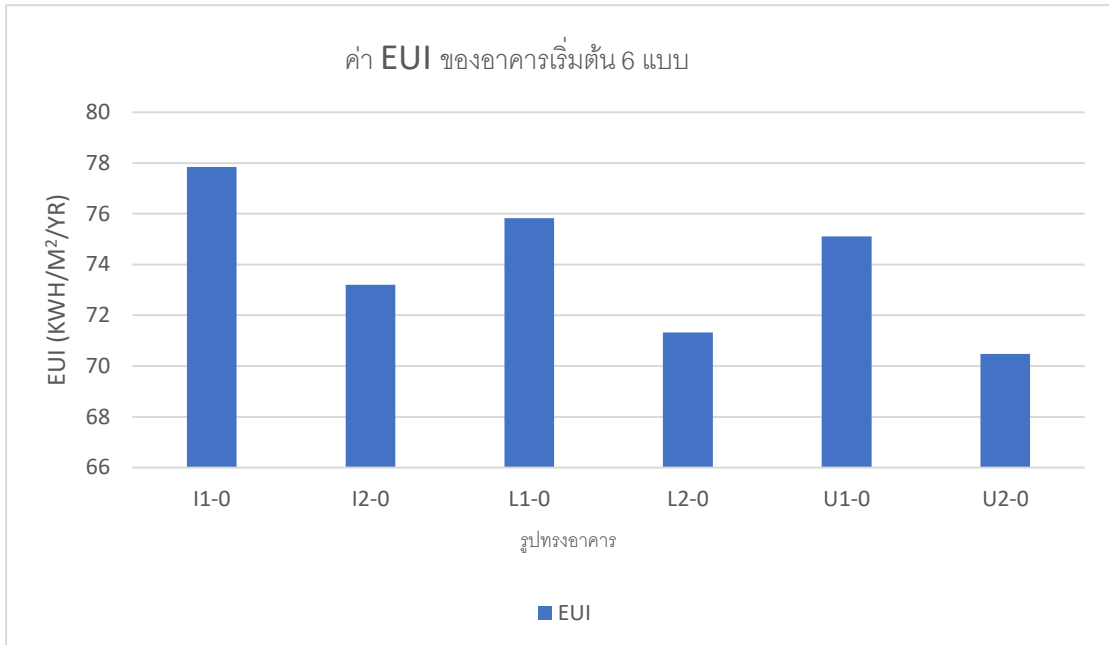
จากดำเนินการจำลองอาคารตัวอย่างทั้งสิ้น 48 กรณีด้วยโปรแกรม Sefaira ภายใต้ตัวแปรควบคุมเรื่องสภาพอากาศของกรุงเทพมหานคร พื้นที่ใช้สอยอาคาร ความสูง และวัสดุประกอบอาคาร เป็นไปตาม ASHRAE STANDARD 90.1-2019 แล้วนั้น จึงได้ค่าของปริมาณการใช้พลังงานในอาคาร หรือ EUI และนำมาเปรียบเทียบ จึงนำผลการจำลองมาวิเคราะห์ได้ตามหัวข้อดังต่อไปนี้

- 4.1 อาคารตัวอย่างเริ่มต้น
- 4.2 ปริมาณการใช้พลังงานในอาคาร(EUI) ของอาคารตัวอย่างตามมาตรฐาน ASHRAE 90.1 2019 Appendix G
- 4.3 เปรียบเทียบปริมาณการใช้พลังงานในอาคารตัวอย่าง กับอาคารทั่วไปในกรุงเทพมหานคร หาค่าประหยัดพลัง %SAVE
- 4.4 อิทธิพลของแผงบังแดดและฉนวนกันความร้อนในผนังต่อค่าประหยัดพลังงาน %SAVE
- 4.5 อิทธิพลอัตราส่วนระหว่างความกว้างและความยาวของอาคารที่มีต่อค่าการใช้พลังงาน EUI

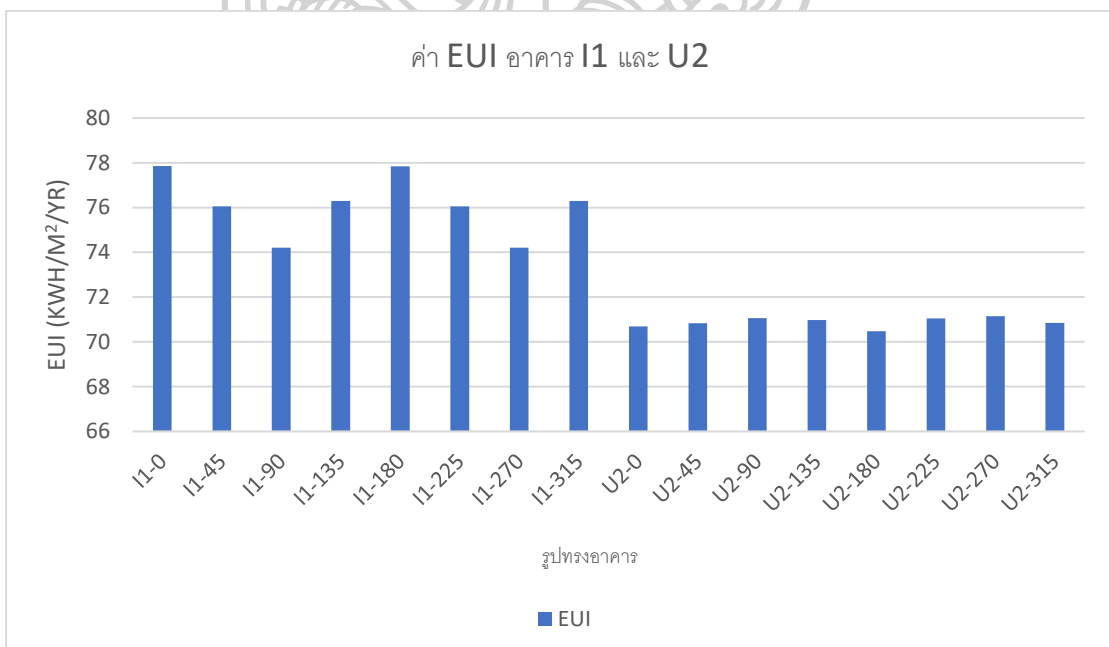


#### 4.1 อาคารตัวอย่างเริ่มต้น

อาคารตัวอย่างเริ่มต้น คือ รูปทรงอาคารที่ทำการศึกษาคือโดยที่ไม่มีการปรับทิศอาคาร ได้ผลการจำลองการใช้พลังงานดังนี้



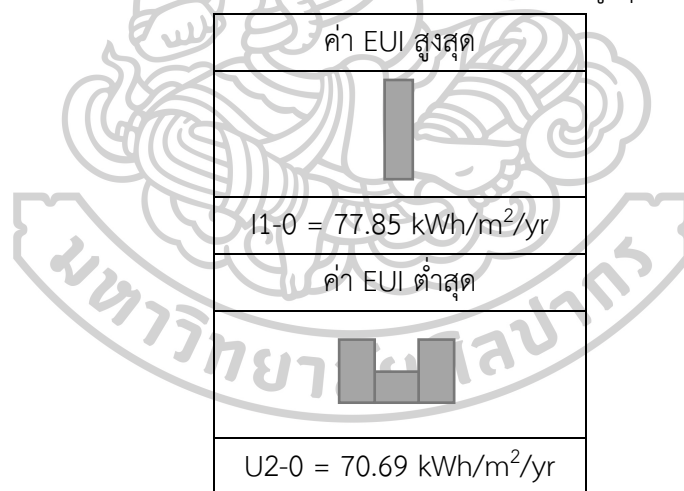
แผนภูมิที่ 1 แสดงค่า EUI ของอาคารเริ่มต้น 6 แบบ



แผนภูมิที่ 2 แสดงค่า EUI ของอาคาร I1 และ U2 ตามมาตรฐาน ASHRAE 90.1 2019 Appendix G

จากแผนภูมิที่ 1 อาคารที่มีค่า EUI สูงที่สุด คืออาคาร I1-0 มีค่า EUI เท่ากับ 77.85 kWh/m<sup>2</sup>/yr ส่วนค่า EUI ที่ต่ำที่สุดคืออาคาร U2-0 มีค่า EUI เท่ากับ 70.69 kWh/m<sup>2</sup>/yr เมื่อพิจารณาอาคารที่มีค่า EUI มากสุดและต่ำสุดนั้นมีค่าแตกต่างกัน 7.16 kWh/m<sup>2</sup>/yr และเมื่อพิจารณาภาพแผนภูมิที่ 2 อาคาร ตามมาตรฐาน ASHRAE 90.1 2019 Appendix G กลุ่มอาคารรูปตัว I1 ซึ่งมีค่า EUI ของอาคารเริ่มต้นสูงสุด เท่ากับ 77.85 kWh/m<sup>2</sup>/yr และมีค่า EUI ต่ำสุด คือ I1-90 เท่ากับ 74.21 kWh/m<sup>2</sup>/yr มีค่าแตกต่างกัน 3.64 kWh/m<sup>2</sup>/yr และ กลุ่มอาคารรูปตัว U2 ซึ่งมีค่า EUI น้อยที่สุดจากรูปทรงอาคารเริ่มต้น มีค่าเท่ากับ 70.69 kWh/m<sup>2</sup>/yr และมีค่าสูงสุด คือ U2-270 เท่ากับ 71.14 kWh/m<sup>2</sup>/yr มีค่าแตกต่างกัน 0.45 kWh/m<sup>2</sup>/yr ซึ่งแปลว่าจากการหมุนของอาคารจึงเกิดการบังเงาตนเองจากรูปทรงอาคารมีผลต่อค่าการใช้พลังงาน อีกทั้งจากแผนภูมิที่ 1 อาคารในกลุ่ม I1 L1 และ U1 มีค่า EUI ที่สูงกว่ากลุ่มอาคาร I2 L2 และ U2 ซึ่งเป็นกลุ่มอาคารที่มีรูปด้านตัดของอาคารที่สูงกว่า จึงแสดงให้เห็นได้ว่า ความหนาของรูปตัดอาคารก็มีผลต่อค่าการใช้พลังงานในอาคารอีกด้วย

ตารางที่ 10 แสดงอาคารตัวอย่างเริ่มต้นที่มีค่า EUI สูงสุดและต่ำสุด





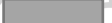







## 4.2 ปริมาณการใช้พลังงานในอาคาร(EUI) ของอาคารตัวอย่างตามมาตรฐาน ASHRAE 90.1 2019 Appendix G









จากการทดลองอาคารตัวอย่าง ตามมาตรฐาน ASHRAE 90.1 2019 Appendix G มีการกำหนดตัวแปรเปลือกของอาคาร รายละเอียดระบุในบทที่3 วิธีดำเนินการทดลอง จึงเกิดการเปรียบเทียบค่า EUI ของอาคารตัวอย่าง 48 กรณีดังนี้

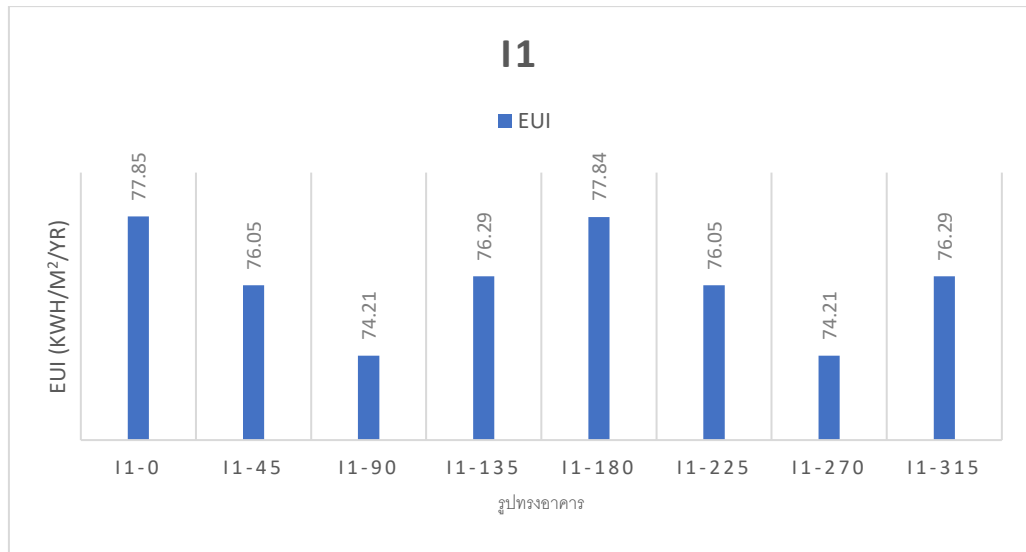
### 4.2.1 กลุ่มอาคารรูปทรง I1

ตารางที่ 11แสดงรูปทรงอาคารตัวอย่างกลุ่ม I1

I1								
	I1-0	I1-45	I1-90	I1-135	I1-180	I1-225	I1-270	I1-315

ภาพที่ 13 ภาพการจำลองอาคาร I1 ทั้ง 8 กรณีจากโปรแกรม Sefaira

Download		AHU Design Airflow	Cooling Equipment ...	EUI	Annual Energy Cost	
	i Shape 0	PTHP / Split System	2,000 <span>0%</span>	620.2 <span>17%</span>	78 <span>5%</span>	\$1,944,319
	i Shape 45	PTHP / Split System	2,000 <span>0%</span>	595.6 <span>12%</span>	76 <span>2%</span>	\$1,899,524
	<b>i Shape90</b> 10,000 m <sup>2</sup>	HVAC System Type PTHP / Split System (System 2)	<b>2,000 (L/s)</b>	<b>527.3 kW</b>	<b>74 kWh/m<sup>2</sup>/yr</b>	<b>\$1,853,401</b>
	i Shape 135	PTHP / Split System	2,000 <span>0%</span>	596.3 <span>13%</span>	76 <span>2%</span>	\$1,905,420
	i Shape 180	PTHP / Split System	2,000 <span>0%</span>	619.9 <span>17%</span>	78 <span>5%</span>	\$1,944,251
	i Shape 225	PTHP / Split System	2,000 <span>0%</span>	595.5 <span>12%</span>	76 <span>2%</span>	\$1,899,568
	i Shape 270	PTHP / Split System	2,000 <span>0%</span>	527.1 <span>0%</span>	74 <span>0%</span>	\$1,853,490
	i Shape 315	PTHP / Split System	2,000 <span>0%</span>	596.4 <span>13%</span>	76 <span>2%</span>	\$1,905,535



แผนภูมิที่ 3 แสดงค่า EUI ของกลุ่มอาคารตัวอย่าง I1

จากแผนภูมิที่ 3 แสดงให้เห็นว่าค่า EUI ที่สูงที่สุดคือ I1-0 อาคารรูปทรงตัว I ไม่ได้ทำการหมุนอาคารมีค่าสูงที่สุดเท่ากับ 77.85 kWh/m<sup>2</sup>/yr และค่า EUI ที่ต่ำที่สุดคือ I1-90 และ I1-270 อาคารรูปตัว I ที่อาคาร 90 และ 270 องศา มีค่าต่ำที่สุดเท่ากับ 74.21 kWh/m<sup>2</sup>/yr

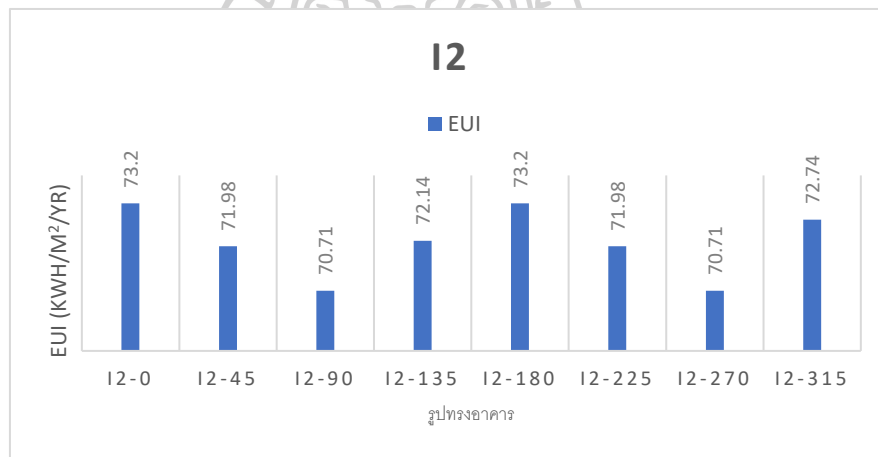
#### 4.2.2 กลุ่มอาคารรูปทรง I2

ตารางที่ 12 แสดงรูปทรงอาคารตัวอย่างกลุ่ม I2

I2								
	I2-0	I2-45	I2-90	I2-135	I2-180	I2-225	I2-270	I2-315

ภาพที่ 14 ภาพการจำลองอาคาร I2 ทั้ง 8 กรณีจากโปรแกรม Sefaira

	AHU Design Airflow	Cooling Equipment ...	EUI	Annual Energy Cost	
i Shape 0	PTHP / Split System	2,000 0%	539.0 13%	73 2%	\$1,828,206
i Shape 45	PTHP / Split System	2,000 0%	521.6 9%	72 1%	\$1,797,740
<b>i Shape 90</b> 10,000 m <sup>2</sup>	HVAC System Type PTHP / Split System (System Z)	<b>2,000 (L/s)</b>	<b>476.6 kW</b>	<b>71 kWh/m<sup>2</sup>/yr</b>	<b>\$1,766,198</b>
i Shape 135	PTHP / Split System	2,000 0%	521.8 9%	72 1%	\$1,801,757 2%
i Shape 180	PTHP / Split System	2,000 0%	538.8 13%	73 2%	\$1,828,175
i Shape 225	PTHP / Split System	2,000 0%	521.5 9%	72 1%	\$1,797,730
i Shape 270	PTHP / Split System	2,000 0%	476.3 0%	71 0%	\$1,766,175 0%
i Shape 315	PTHP / Split System	2,000	521.9	72	\$1,801,780


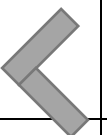








แผนภูมิที่ 4 แสดงค่า EUI ของกลุ่มอาคารตัวอย่าง I2



จากแผนภูมิที่ 4 แสดงให้เห็นว่าค่า EUI ที่สูงที่สุดคือ I2-0 อาคารรูปทรงตัว I ไม่ได้ทำการหมุนอาคารมีค่าสูงที่สุดเท่ากับ 73.20 kWh/m<sup>2</sup>/yr และค่า EUI ที่ต่ำที่สุดคือ I2-90 และ I2-270 อาคารรูปตัว I ทิศอาคาร 90 และ 270 องศา มีค่าต่ำที่สุดเท่ากับ 70.71 kWh/m<sup>2</sup>/yr

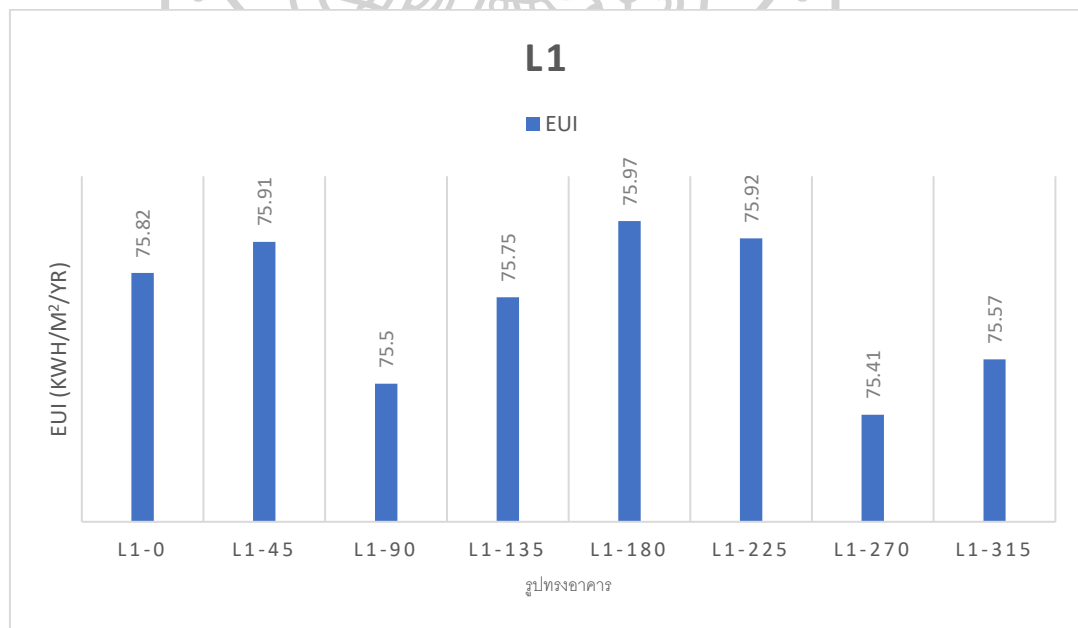
### 4.2.3 กลุ่มอาคารรูปทรง L1

ตารางที่ 13 แสดงรูปทรงอาคารตัวอย่างกลุ่ม L1

L1								
	L1-0	L1-45	L1-90	L1-135	L1-180	L1-225	L1-270	L1-315

ภาพที่ 15 ภาพการจำลองอาคาร L1 ทั้ง 8 กรณีจากโปรแกรม Sefaira

Download	AHU Design Airflow	Cooling Equipment ...	EUI	Annual Energy Cost		
	L Shape 0	PTHP / Split System	2,000 --- 0%	574.1 ▲ 1%	76 --- 1%	\$1,893,780
	L Shape 45	PTHP / Split System	2,000 --- 0%	593.9 ▲ 5%	76 --- 1%	\$1,896,026
	L Shape 90	PTHP / Split System	2,000 --- 0%	570.0 ▲ 0%	76 ▲ 1%	\$1,885,747
	L Shape 180	PTHP / Split System	2,000 --- 0%	581.1 ▲ 2%	76 --- 1%	\$1,897,503
	L Shape 135	PTHP / Split System	2,000 --- 0%	583.6 ▲ 3%	76 --- 1%	\$1,891,985
	L Shape 225	PTHP / Split System	2,000 --- 0%	595.1 ▲ 5%	76 --- 1%	\$1,896,214
	<b>L Shape 270</b> 10,000 m <sup>2</sup>	HVAC System Type PTHP / Split System (System 2)	<b>2,000 (L/s)</b>	<b>565.4 kW</b>	<b>75 kWh/m<sup>2</sup>/yr</b>	<b>\$1,883,516</b>
	L Shape 315	PTHP / Split System	2,000 --- 0%	588.8 ▲ 4%	76 --- 1%	\$1,887,464











แผนภูมิที่ 5 แสดงค่า EUI ของกลุ่มอาคารตัวอย่าง L1

จากแผนภูมิที่ 5 แสดงให้เห็นว่าค่า EUI ที่สูงที่สุดคือ L1-180 อาคารรูปทรงตัว L ทำการ  
 หมุนอาคาร 180 องศา มีค่าสูงที่สุดเท่ากับ 75.97 kWh/m<sup>2</sup>/yr และค่า EUI ที่ต่ำสุดคือ L1-270  
 อาคารรูปตัว L ทิศอาคาร 270 องศา มีค่าต่ำที่สุดเท่ากับ 75.41 kWh/m<sup>2</sup>/yr

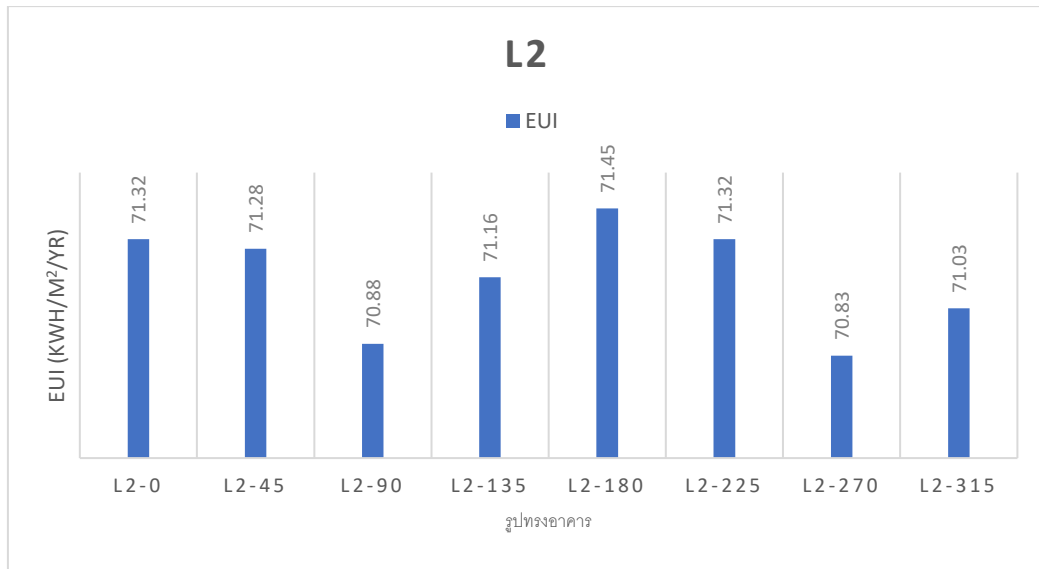
#### 4.2.4 กลุ่มอาคารรูปทรง L2

ตารางที่ 14 แสดงรูปทรงอาคารตัวอย่างกลุ่ม L2

L2								
	L2-0	L2-45	L2-90	L2-135	L2-180	L2-225	L2-270	L2-315

ภาพที่ 16 ภาพการจำลองอาคาร L2 ทั้ง 8 กรณีจากโปรแกรม Sefaira

	AHU Design Airflow	Cooling Equipment ...	EUI	Annual Energy Cost	
 L Shape 0	PTHP / Split System	2,000 --- 0%	497.8 ▲ 2%	71 --- 0%	\$1,781,327 ▲ 0%
 L Shape 45	PTHP / Split System	2,000 --- 0%	506.7 ▲ 4%	71 --- 0%	\$1,780,403
 L Shape 90	PTHP / Split System	2,000 --- 0%	490.4 ▲ 0%	71 --- 0%	\$1,770,426
 L Shape 135	PTHP / Split System	2,000 --- 0%	499.5 ▲ 2%	71 --- 0%	\$1,777,439
 L Shape 180	PTHP / Split System	2,000 --- 0%	504.4 ▲ 3%	71 --- 0%	\$1,784,654
 L Shape 225	PTHP / Split System	2,000 --- 0%	508.7 ▲ 4%	71 --- 0%	\$1,781,237 ▲ 0%
 <b>L Shape 270</b> 10,000 m <sup>2</sup>	HVAC System Type PTHP / Split System (System 2)	2,000 (L/s)	486.7 kW	71 kWh/m <sup>2</sup> /yr	\$1,769,206
 L Shape 315	PTHP / Split System	2,000 --- 0%	502.7 ▲ 3%	71 --- 0%	\$1,774,036



แผนภูมิที่ 6 แสดงค่า EUI ของกลุ่มอาคารตัวอย่าง L2

จากแผนภูมิที่ 6 แสดงให้เห็นว่าค่า EUI ที่สูงที่สุดคือ L2-180 อาคารรูปทรงตัว L ทำการหมุนอาคาร 180 องศา มีค่าสูงที่สุดเท่ากับ 71.32 kWh/m<sup>2</sup>/yr และค่า EUI ที่ต่ำที่สุดคือ L2-270 อาคารรูปตัว L ทิศอาคาร 270 องศา มีค่าต่ำที่สุดเท่ากับ 70.83 kWh/m<sup>2</sup>/yr

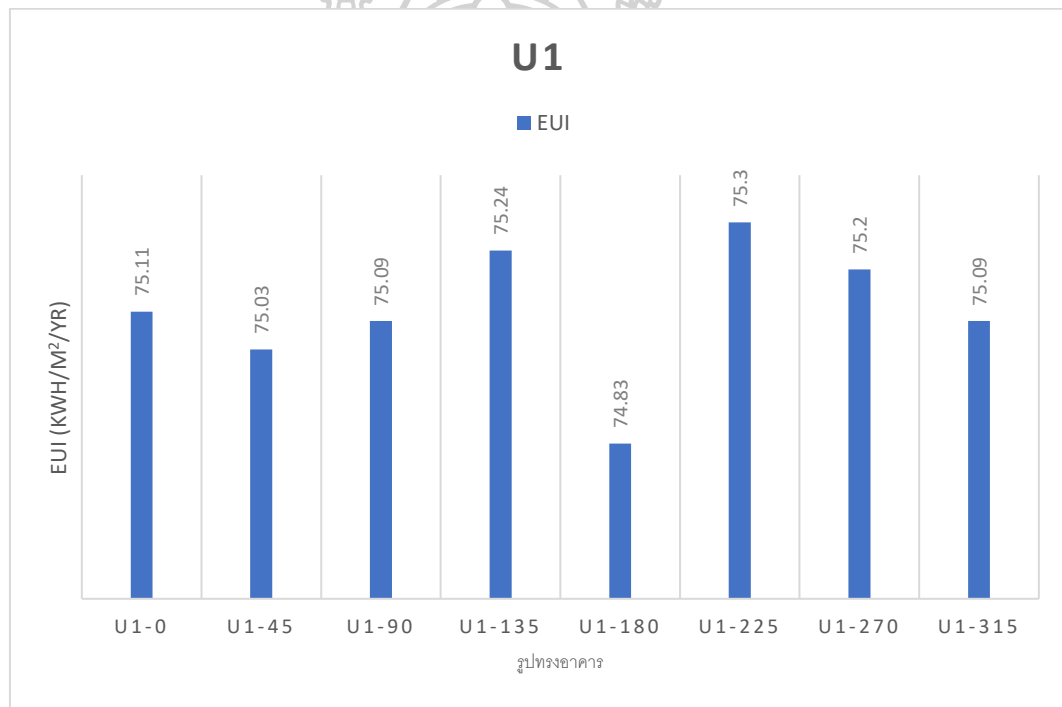
#### 4.2.5 กลุ่มอาคารรูปทรง U1

ตารางที่ 15 แสดงรูปทรงอาคารตัวอย่างกลุ่ม U1

U1								
	U1-0	U1-45	U1-90	U1-135	U1-180	U1-225	U1-270	U1-315

ภาพที่ 17 ภาพการจำลองอาคาร U1 ทั้ง 8 กรณีจากโปรแกรม Sefaira

	AHU Design Airflow	Cooling Equipment ...	EUI	Annual Energy Cost	
U Shape 0	PTHP / Split System	1,999 0%	563.8 2%	75 0%	\$1,876,043
U Shape 45	PTHP / Split System	1,999 0%	573.4 4%	75 0%	\$1,874,081
U Shape 90	PTHP / Split System	1,999 0%	559.2 1%	75 0%	\$1,875,411 0%
U Shape 135	PTHP / Split System	1,999 0%	570.3 3%	75 0%	\$1,879,150
<b>U Shape 180</b> 9,994 m <sup>2</sup>	HVAC System Type PTHP / Split System (System 2)	<b>1,999 (L/s)</b>	<b>549.4 kW</b>	<b>75 kWh/m<sup>2</sup>/yr</b>	<b>\$1,869,038</b>
U Shape 225	PTHP / Split System	1,999 0%	572.4 4%	75 0%	\$1,880,732
U Shape 270	PTHP / Split System	1,999 0%	562.6 2%	75 0%	\$1,878,359
U Shape 315	PTHP / Split System	1,999 0%	576.5 4%	75 0%	\$1,875,428


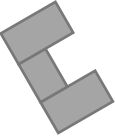
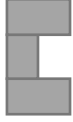
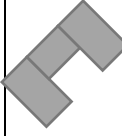

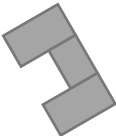

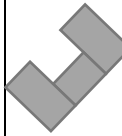


แผนภูมิที่ 7 แสดงค่า EUI ของกลุ่มอาคารตัวอย่าง U1









จากแผนภูมิที่ 7 แสดงให้เห็นว่าค่า EUI ที่สูงที่สุดคือ U1-225 อาคารรูปทรงตัว U ทำการหมุนอาคาร 225 องศา มีค่าสูงที่สุดเท่ากับ 75.30 kWh/m<sup>2</sup>/yr และค่า EUI ที่ต่ำที่สุดคือ U1-180 อาคารรูปตัว U หมุน 180 องศา ตัว U คว่ำ มีค่าต่ำที่สุดเท่ากับ 74.83 kWh/m<sup>2</sup>/yr

## 4.2.6 กลุ่มอาคารรูปทรง U2

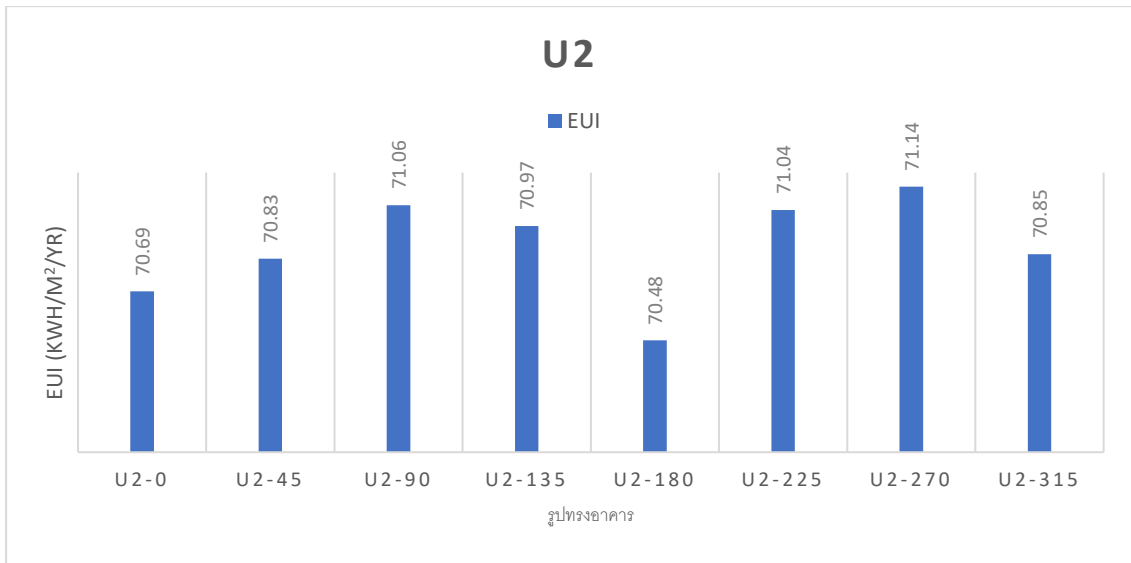
ตารางที่ 16 แสดงรูปทรงอาคารตัวอย่างกลุ่ม U2

U2								
	U2-0	U2-45	U2-90	U2-135	U2-180	U2-225	U2-270	U2-315

ภาพที่ 18 ภาพการจำลองอาคาร U2 ทั้ง 8 กรณีจากโปรแกรม Sefaira

	AHU Design Airflow	Cooling Equipment ...	EUI	Annual Energy Cost
 U Shape 0	PTHP / Split System	2,001 <span>0%</span>	487.5 <span>2%</span>	71 <span>1%</span> \$1,765,693
 U Shape 45	PTHP / Split System	2,001 <span>0%</span>	497.2 <span>4%</span>	71 <span>1%</span> \$1,769,211 <span>0%</span>
 U Shape 90	PTHP / Split System	2,001 <span>0%</span>	493.7 <span>3%</span>	71 <span>1%</span> \$1,774,876
 U Shape 135	PTHP / Split System	2,001 <span>0%</span>	494.5 <span>3%</span>	71 <span>1%</span> \$1,772,477 <span>0%</span>
 <b>U Shape 180</b> 10,003 m <sup>2</sup> <a href="#">Clone</a> <a href="#">Del.</a> <a href="#">Export Idf</a>	HVAC System Type PTHP / Split System (System 2)	<b>2,001 (L/s)</b>	<b>477.9 kW</b>	<b>70 kWh/m<sup>2</sup>/yr</b> <b>\$1,760,253</b>
 U Shape 225	PTHP / Split System	2,001 <span>0%</span>	497.3 <span>4%</span>	71 <span>1%</span> \$1,774,233
 U Shape 270	PTHP / Split System	2,001 <span>0%</span>	495.6 <span>3%</span>	71 <span>1%</span> \$1,776,946
 U Shape 315	PTHP / Split System	2,001 <span>0%</span>	497.9 <span>4%</span>	71 <span>1%</span> \$1,769,561





แผนภูมิที่ 8 แสดงค่า EUI ของกลุ่มอาคารตัวอย่าง U2

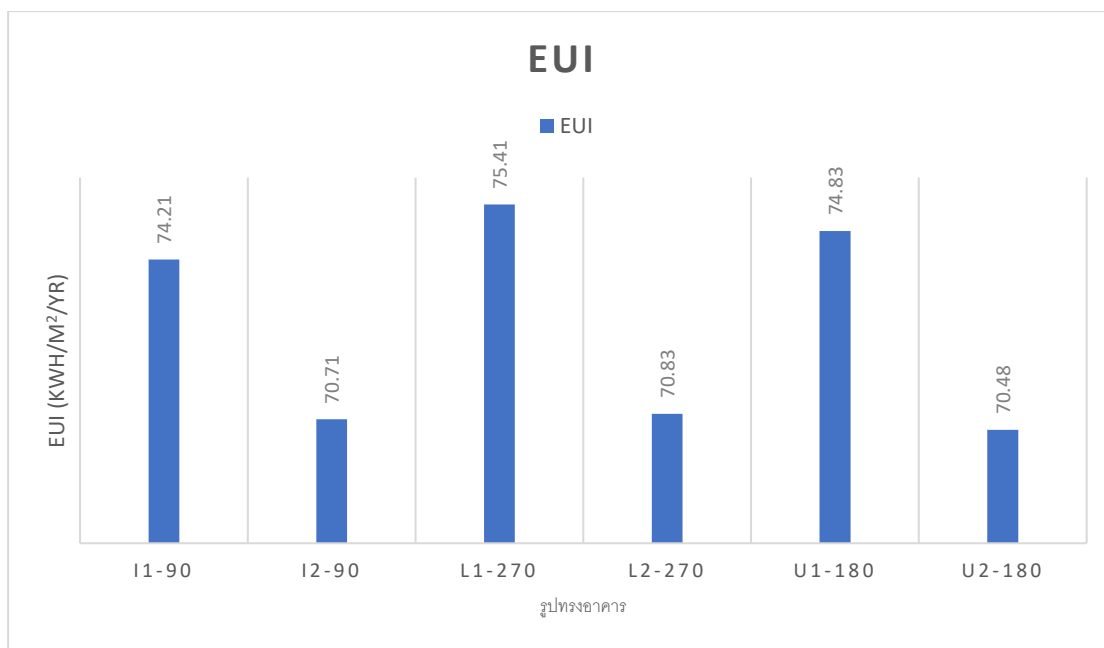
จากแผนภูมิที่ 8 แสดงให้เห็นว่าค่า EUI ที่สูงที่สุดคือ U2-270 อาคารรูปทรงตัว U ทำการหมุนอาคาร 270 องศา มีค่าสูงที่สุดเท่ากับ 71.14 kWh/m<sup>2</sup>/yr และค่า EUI ที่ต่ำที่สุดคือ U2-180 อาคารรูปตัว U หมุน 180 องศา ตัว U คว่ำ มีค่าต่ำที่สุดเท่ากับ 70.48 kWh/m<sup>2</sup>/yr

#### 4.2.7 เปรียบเทียบค่า EUI ของอาคารทั้ง 48กรณี

ผลจากข้อมูลข้างต้น จากการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม Sefaira ได้ข้อมูลของรูปทรงอาคารทั้งหมด 48 กรณี ซึ่งในแต่ละกรณีมีค่า EUI ที่แตกต่างกันที่เกินจากเงาบังตัวอาคาร ทำให้เห็นได้ว่าเมื่อออกแบบอาคาร เพียงหมุนอาคารตามที่ทิศข้างต้นก็สามารถลดค่า EUI ได้จากการหมุนอาคารให้เงาบังตัวเอง

ตารางที่ 17 แสดงรูปทรงอาคารค่า EUI น้อยที่สุดในแต่ละรูปทรงอาคาร

I1-90	I2-90	L1-270	L2-270	U1-180	U2-180



แผนภูมิที่ 9 แสดงค่า EUI น้อยที่สุดในแต่ละรูปทรงอาคาร

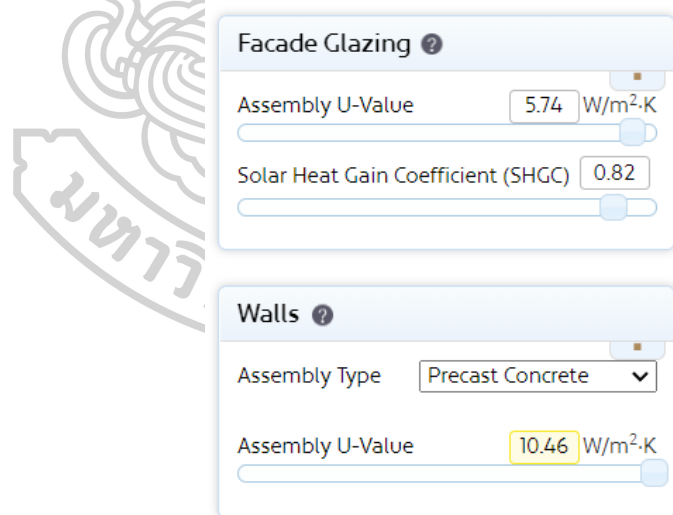
จากแผนภูมิที่ 9 แสดงให้ค่า EUI ที่ต่ำที่สุดของแต่ละรูปทรงอาคารเมื่อนำมาเปรียบเทียบกัน แล้วนั้นจะได้ ว่ารูปทรงอาคารที่ดีที่สุด และทิศทางของอาคารที่ดีที่สุดคือ U2-180 รูปทรงตัว U ทิศทางหมุน 180 องศา รูป U คว่า มีค่า EUI เท่ากับ 70.48 kWh/m<sup>2</sup>/yr อีกประเด็นจะเห็นได้ว่า อาคารกลุ่มรูปทรงที่ 1 และ 2 คือรูปทรงที่ 1 ที่พื้นที่กรอบอาคารมากกว่า กลุ่มอาคารที่ 2 จะเห็นได้ชัดว่า รูปทรงของกรอบอาคารมีผลต่อค่า EUI มาก ถ้าในการออกแบบมีการเลือกรูปทรงอาคารที่ถูกต้องและทิศทางแล้วนั้น ควรคำนึงถึงของพื้นที่ของเปลือกอาคารที่สัมผัสกับความร้อนภายนอกอาคารอีกด้วย

#### 4.3 เปรียบเทียบปริมาณการใช้พลังงานในอาคารตัวอย่าง กับอาคารทั่วไปในกรุงเทพมหานคร หาค่าประหยัดพลัง %SAVE

ในปัจจุบันกลุ่มอาคารพักอาศัยรวมในกรุงเทพมหานครนั้นไม่ได้มีการออกแบบโดยคำนึงถึงวัสดุเปลือกของอาคารตามมาตรฐาน ASHRAE 90.1 2019 การทดลองนี้ทำให้เห็นว่าการเปลี่ยนวัสดุเปลือกอาคารให้เป็นไปตามมาตรฐาน ASHRAE 90.1 2019 นั้นทำให้ค่า EUI ลดลงและมีค่าประหยัดพลังที่มากขึ้น เป็นทางเลือกหนึ่งที่ใช้ในการออกแบบอาคารประหยัดพลัง ให้ผู้อยู่อาศัยมีภาระค่าใช้จ่ายในเรื่องพลังงานในอาคารที่น้อยลง

เริ่มต้นด้วยการกำหนดค่าวัสดุเปลือกอาคารให้เป็นไปตามกลุ่มอาคารพักอาศัยรวมในกรุงเทพมหานครโดยมีการปรับเปลี่ยนวัสดุกระจก และวัสดุผนัง โดยปัจจุบันนั้นกลุ่มอาคารพักอาศัยรวมมักจะใช้วัสดุกระจกเป็น กระจกใสหนา 6 มม. และใช้ผนังในระบบ Precast Concert หนา 100 มม.

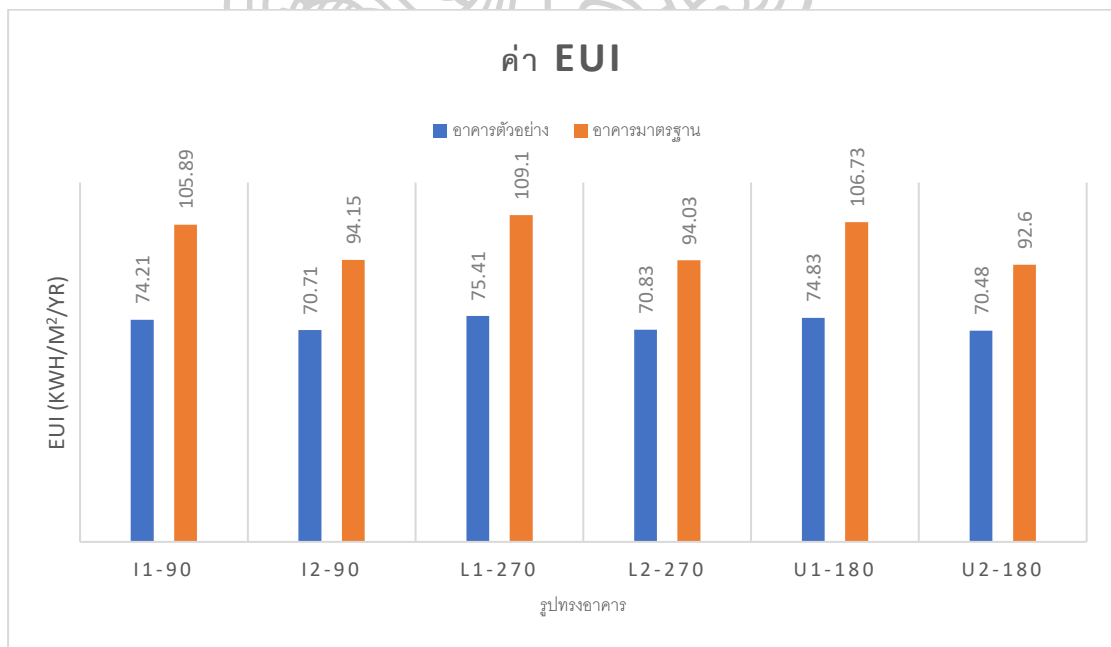
ภาพที่ 19 ภาพตั้งค่าตัวแปรอาคารพักอาศัยรวมในกรุงเทพมหานครจากโปรแกรม Sefaira



จากภาพที่ 19 ได้มีการปรับค่าตัวแปรกระจก และผนังของอาคารตามกลุ่มอาคารพักอาศัยรวมในกรุงเทพมหานครโดย กระจกใสหนา 6 มม. มีค่า U-Value เท่ากับ 5.74 W/(m².k) และมีค่า SHGC เท่ากับ 0.82 ส่วนผนัง Precast Concert หรือผนังสำเร็จรูป หนา 100 มม. นั้นมีค่า U-Value เท่ากับ 10.46 W/(m².k)

ภาพที่ 20 ภาพการจำลองเปรียบเทียบอาคารตัวอย่างกับอาคารทั่วไปของอาคารพักอาศัยรวมใน กรุงเทพมหานคร จากโปรแกรม Sefaira

	AHU Design Airflow	Cooling Equipment ...	EUI	Annual Energy Cost
i Shape 5x5 90°	2,000	622.4	77	
Standard i Shape 5x5 90°	2,000	868.2	106	
i Shape 3.75x7 90°	2,000	474.8	70	
Standard i Shape 3.75x7 90°	2,000	732.8	94	
L Shape 5x5 270°	2,000	566.9	75	
Standard L Shape 5x5 270°	2,000	916.8	109	
L Shape 3.75x7 270°	2,000	486.8	70	
Standard L Shape 3.75x7 2...	2,000	739.1	94	
U Shape 5x5 180°	1,999	550.3	74	
Standard U Shape 5x5 0°	1,999	886.0	107	
<b>U Shape 3.75x7 180°</b> 10,003 m <sup>2</sup>	<b>2,001 (L/s)</b>	<b>477.7 kW</b>	<b>70 kWh/m<sup>2</sup>/yr</b>	
Standard U Shape 3.75x7 L...	2,001	715.4	93	



แผนภูมิที่ 10 แสดงค่า EUI เปรียบเทียบอาคารตัวอย่างกับอาคารทั่วไปของอาคารพักอาศัยรวม

จากแผนภูมิที่ 10 ค่า EUI ของอาคารตัวอย่างและอาคารทั่วไปมีค่าแตกต่างกันมาก โดยอาคารตัวอย่างจะมีค่า EUI น้อยกว่าอาคารทั่วไปในทุกๆกรณี และรูปทรง แสดงให้เห็นว่าวัสดุของเปลือกอาคารมีผลต่อค่า EUI เป็นอย่างมากการที่จะประหยัดพลังงานในอาคารนอกจากทิศทางการวางตัวของอาคารแล้วนั้น เรายังสามารถลดการใช้พลังงานในอาคารโดยการปรับเปลี่ยนวัสดุเปลือกอาคาร

ตารางที่ 18 แสดงตารางเปรียบเทียบอาคารตัวอย่าง กับอาคารทั่วไปในกรุงเทพมหานคร หาค่า %SAVE

Building Type	Orientation	EUI Baseline (k.Wh)	EUI Common (k.Wh)	%SAVE
I1	90°	742,105	1,058,936	30%
I2	90°	707,190	941,556	25%
L1	270°	754,164	1,091,020	31%
L2	270°	708,394	940,366	25%
U1	180°	748,367	1,067,320	30%
U2	180°	704,810	926,043	24%
AVERAGE				27%

จากตารางที่ 18 จะเห็นค่าเปรียบเทียบค่าการใช้พลังงานในอาคารของอาคารทั่วไปในกรุงเทพมหานคร กับอาคารตัวอย่างตามมาตรฐาน ASHRAE 90.1 2019 อย่างเห็นได้ชัด จึงเกิดค่าการประหยัดพลังงาน %SAVE จากก่อนเป็นอาคารทั่วไปแบบเดิม และหลังจากอาคารถูกเปลี่ยนวัสดุเปลือกอาคารเป็นไปตามมาตรฐาน ASHRAE 90.1 2019 โดยเฉลี่ยอาคารหลังจากเป็นวัสดุอาคารเป็นตามมาตรฐาน ASHRAE 90.1 2019 แล้วนั้นมีค่า %SAVE เฉลี่ยอยู่ที่ 27% เป็นอาคารที่มีค่า %SAVE มากที่สุดคืออาคาร L1 มีค่า %SAVE เท่ากับ 31% และอาคารที่มีค่า %SAVE น้อยที่สุดคืออาคาร U2 ที่มีค่า %SAVE เท่ากับ 24% ซึ่งเห็นได้ว่าการเปลี่ยนวัสดุของเปลือกอาคารมีผลต่อค่า %SAVE มากกว่า การใช้เงาของอาคารบังตัวเอง

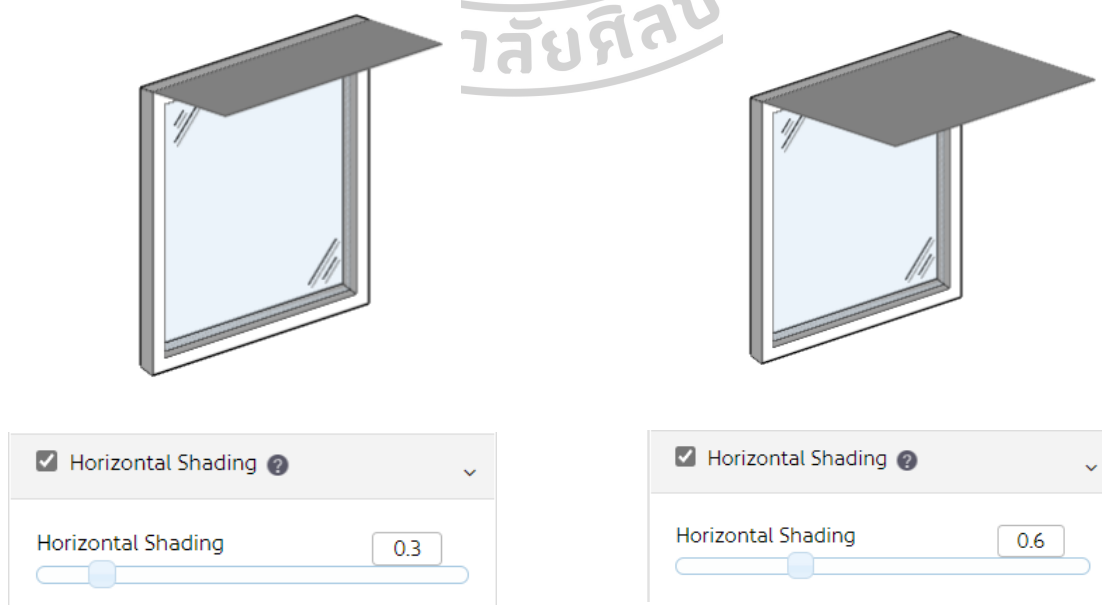
#### 4.4 อิทธิพลของแผงบังแดดและฉนวนกันความร้อนในผนังต่อค่าประหยัดพลังงาน %SAVE

ในปัจจุบันอาคารพักอาศัยรวมในกรุงเทพมหานครยังคงไม่เป็นที่นิยมการปรับเปลี่ยนเปลือกอาคารให้เป็นไปตามมาตรฐาน ASHRAE 90.1 2019 เนื่องจากมีต้นทุนค่าใช้จ่ายที่ค่อนข้างสูง ทางผู้จัดทำจึงเล็งเห็นว่า ควรมีการนำเสนอรูปแบบของเปลือกอาคารที่มีการประหยัดพลังงานในอาคารเพิ่มเติมเพื่อให้ผู้ประกอบการได้นำมาใช้ให้เหมาะสมกับโครงการนั้นๆ โดยปัจจุบันมีกลุ่มอาคารพักอาศัยรวมที่มีความต้องการลดการใช้พลังงานในอาคารซึ่งมีการใช้อุปกรณ์บังแดดในการช่วยลดความร้อนเข้าสู่อาคาร อีกทั้งยังมีการออกแบบวัสดุเปลือกอาคารด้วยการใส่ฉนวนกันความร้อนในผนังอาคารอีกด้วย

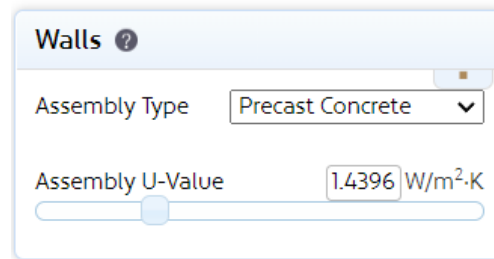
เพื่อเป็นการเปรียบเทียบและเป็นแนวทางในการออกแบบสำหรับผู้ประกอบการอาคารพักอาศัยรวม ผู้จัดทำจึงได้ทำการจำลองอาคารโดยใช้อาคารพักอาศัยรวมแบบทั่วไปในกรุงเทพมหานครเป็นค่าเริ่มต้น แล้วทำการเพิ่มอุปกรณ์บังแดดในขนาดต่างๆ และเพิ่มวัสดุฉนวนกันความร้อนในผนังหาค่าเปรียบเทียบ %SAVE เพื่อใช้ในการตัดสินใจ คำนวณความคุ้มค่า ระหว่างค่า %SAVE กับต้นทุน

จึงเกิดข้อเสนอแนะเป็นกรณีเพิ่มเติม 3 กรณี ได้แก่ กรณีที่1.อาคารทั่วไปเพิ่มแผงบังแดดขนาด 300 มม. กรณีที่2.อาคารทั่วไปเพิ่มแผงบังแดดขนาด 600 มม. และกรณีที่3.เพิ่มฉนวนกันความร้อนในผนัง โดยทำการจำลองอาคารกลุ่มที่มีค่า EUI น้อยที่สุดในแต่ละรูปทรง ดังนี้ I1-90, I2-90, L1-270, L2-270, U1-180 และ U2-180

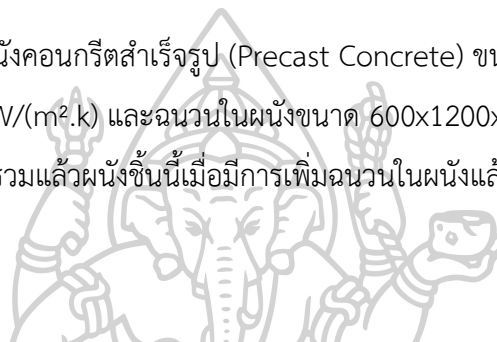
ภาพที่ 21 ภาพการตั้งค่ากรณีที่1และ2 อุปกรณ์บังแดด จากโปรแกรม Sefaira



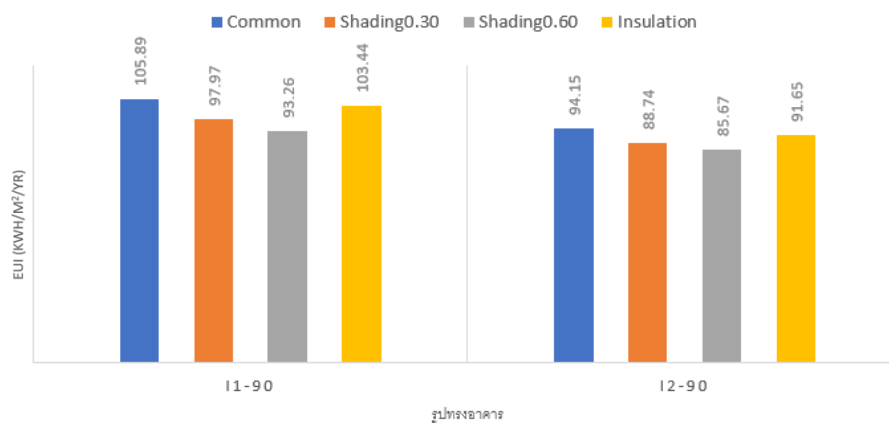
ภาพที่ 22 ภาพการตั้งค่ากรณีที่3 เพิ่มฉนวนกันความร้อนในผนัง จากโปรแกรม Sefaira



จากภาพที่ 22 ผนังคอนกรีตสำเร็จรูป (Precast Concrete) ขนาดหนา 10 ซม. จะมีค่า U-Value เท่ากับ 10.46 W/(m<sup>2</sup>.k) และฉนวนในผนังขนาด 600x1200x65 12kg./m<sup>3</sup> มีค่าU-Value เท่ากับ 1.67 W/(m<sup>2</sup>.k) รวมแล้วผนังชั้นนี้เมื่อมีการเพิ่มฉนวนในผนังแล้วจะมีค่าU-Value เท่ากับ 1.4396 W/(m<sup>2</sup>.k)

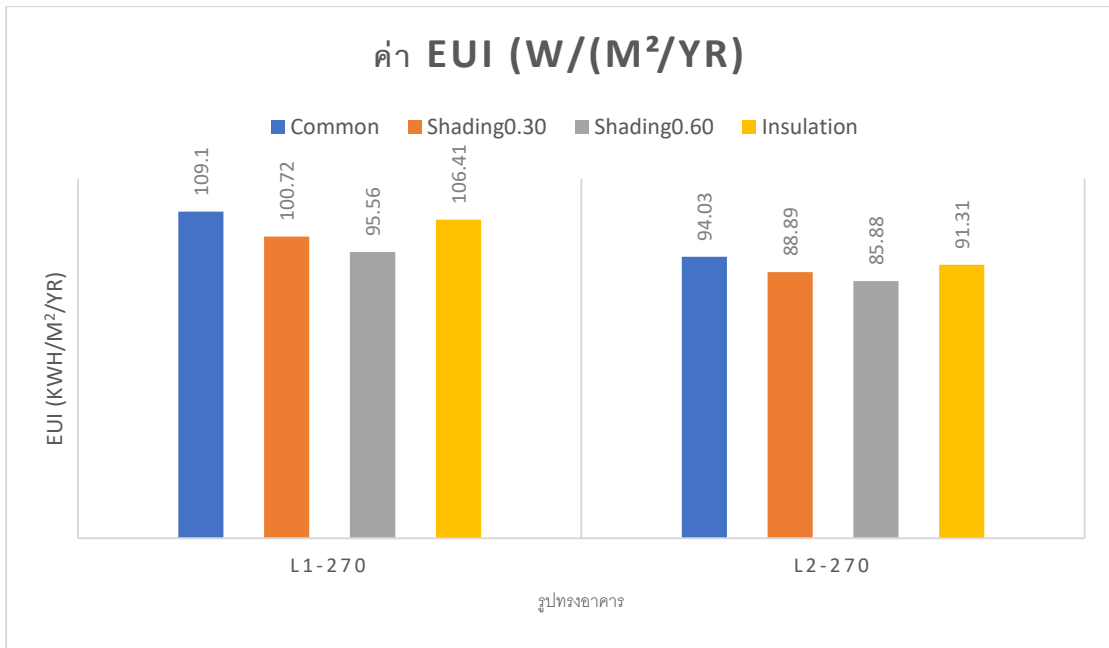


ค่า EUI (W/(M<sup>2</sup>/YR)

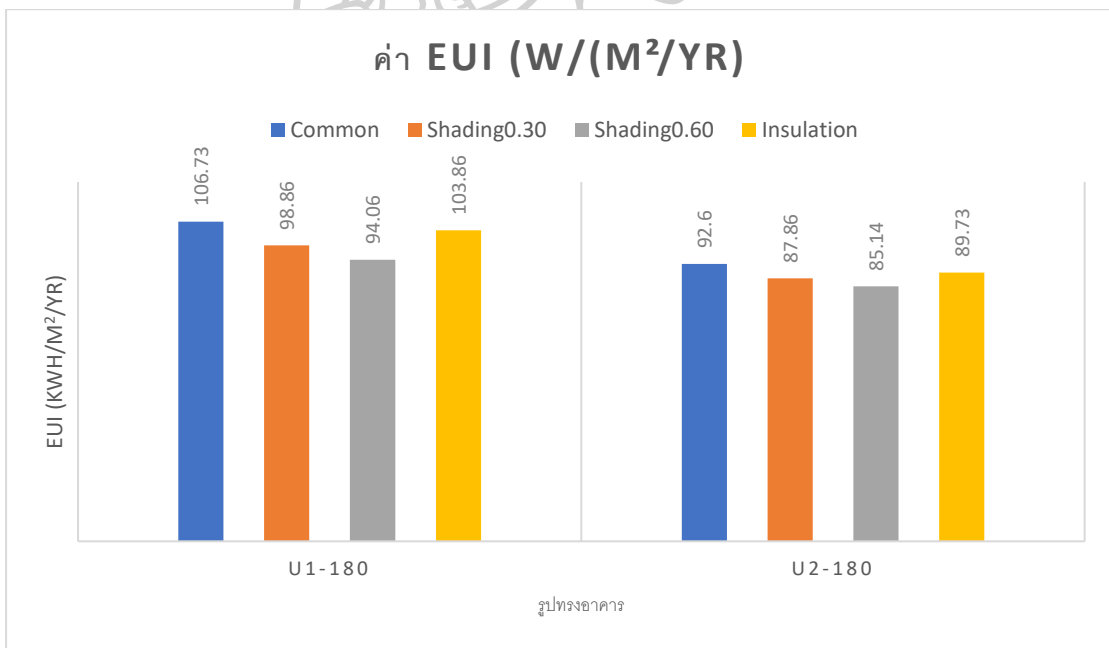


แผนภูมิที่ 11 แสดงค่า EUI เปรียบเทียบกับอาคารทั่วไปในกรุงเทพมหานคร ของอาคาร I1 และ I2 ทั้ง3กรณี





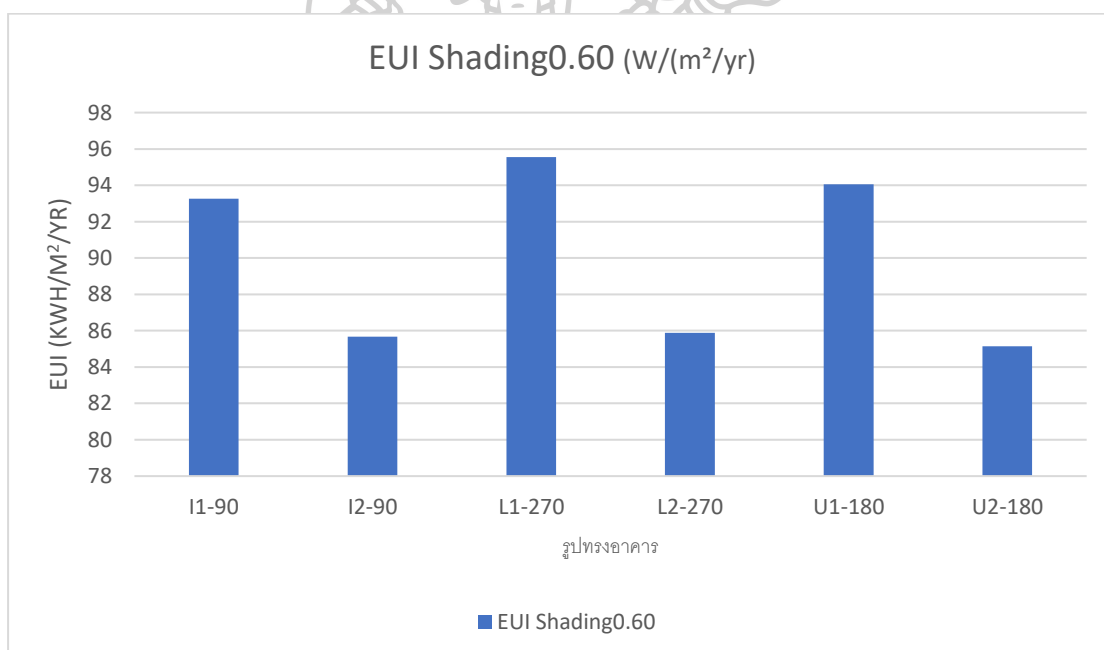
แผนภูมิที่ 12 แสดงค่า EUI เปรียบเทียบกับอาคารทั่วไปในกรุงเทพมหานคร ของอาคาร L1 และ L2 ทั้ง 3 กรณี



แผนภูมิที่ 13 แสดงค่า EUI เปรียบเทียบกับอาคารทั่วไปในกรุงเทพมหานคร ของอาคาร U1 และ U2 ทั้ง 3 กรณี

จากแผนภูมิ 11 ถึง 13 ทั้งหมด 18 กรณี เห็นได้ชัดว่ากรณีติดตั้งแผงบังแดดขนาด 60 ซม. สามารถลดค่า EUI ได้ดีที่สุดในทุกรูปแบบอาคาร เป็นที่น่าสังเกตว่าระบบแผงบังแดดนั้นช่วยในการลดค่า EUI ได้ดีกว่าการเพิ่มฉนวนกันความร้อนในผนัง

สรุปได้ว่า แผงบังแดดมีประสิทธิภาพที่ดีกว่าการเพิ่มฉนวนกันความร้อนในผนังของอาคาร จึงเป็นข้อเสนอแนะให้กับผู้ประกอบการที่จะสร้างอาคารพักอาศัยรวม ให้ทำการเพิ่มแผงบังแดด ดีกว่าที่จะเป็นการเพิ่มฉนวนกันความร้อนในผนัง ซึ่งย่อมเป็นที่แน่นอนว่าถ้าอาคารพักอาศัยรวมนั้นมีการเพิ่มแผงบังแดดและเพิ่มฉนวนกันความร้อนในผนังด้วยย่อมดีที่สุด เพราะจากตารางข้างต้นการเพิ่มฉนวนกันความร้อนในผนังก็เป็นตัวเลือกหนึ่งที่ใช้ในการลดค่า EUI ได้อีกด้วย



แผนภูมิที่ 14 แสดงค่า EUI ของอาคารติดตั้งแผงบังแดดขนาด 60 ซม. อาคารทั้ง 6 รูปแบบ

ตารางที่ 19 แสดงตารางเปรียบเทียบอาคารตัวอย่าง กับอาคารทั่วไปในกรุงเทพมหานคร หาค่า

%SAVE

Building Type	Orientation	EUI Common (k.Wh)	EUI Shading0.60 (k.Wh)	%SAVE
I1	90°	1,058,936	932,693	14%
I2	90°	941,556	856,714	10%
L1	270°	1,091,020	955,690	14%
L2	270°	940,366	858,817	9%
U1	180°	1,067,320	940,646	13%
U2	180°	926,043	851,414	9%
AVERAGE				12%

จากตารางที่ 18 ค่าเฉลี่ย %SAVE ของอาคารตัวอย่างกับอาคารทั่วไปอยู่ที่ 27% และในตารางที่ 19 มีค่าเฉลี่ย %SAVE ของอาคารทั่วไปและอาคารที่มีแผงบังแดดขนาด 60 ซม. อยู่ที่ 12% แสดงให้เห็นว่าอาคารที่มีวัสดุเปลือกอาคารตามมาตรฐาน ASHRAE 90.1 2019 นั้นมีค่า %SAVE ที่มากกว่าแสดงให้เห็นว่าวัสดุเปลือกอาคารมีอิทธิพลต่อค่า %SAVE มากกว่า อิทธิพลของแผงบังแดด

#### 4.5 อิทธิพลอัตราส่วนระหว่างความกว้างและความยาวของอาคารที่มีต่อค่าการใช้พลังงาน EUI

เรื่องอัตราส่วนอาคารเป็นอีกประเด็นที่มีผลต่อค่า EUI เนื่องจากการทดลองข้างต้นแสดงให้เห็นให้ว่าเปลือกของอาคารมีผลต่อค่าประหยัดพลังงาน %SAVE ซึ่งเปลือกอาคารเป็นส่วนภายนอกที่กระทบต่อความร้อนโดยตรง เพราะฉะนั้นเปลือกของอาคารที่มีพื้นที่สัมผัสกับความร้อนโดยตรงมากย่อมมีค่า EUI ที่สูงตามมาจึงเกิดประเด็นที่ว่าความกว้างและความยาวของอาคารมีผลต่อค่าประหยัดพลังงาน

ทางผู้จัดทำจึงได้ทำการทดลองกลุ่มอาคาร 2 รูปทรง ที่มีความเกี่ยวข้องกับความกว้างและความยาวคือ รูปทรงตัว L และ U โดยรูปทรงตัว L มีทั้งหมด 3 กรณี ส่วนรูปทรงตัว U มีทั้งหมด 7 กรณี

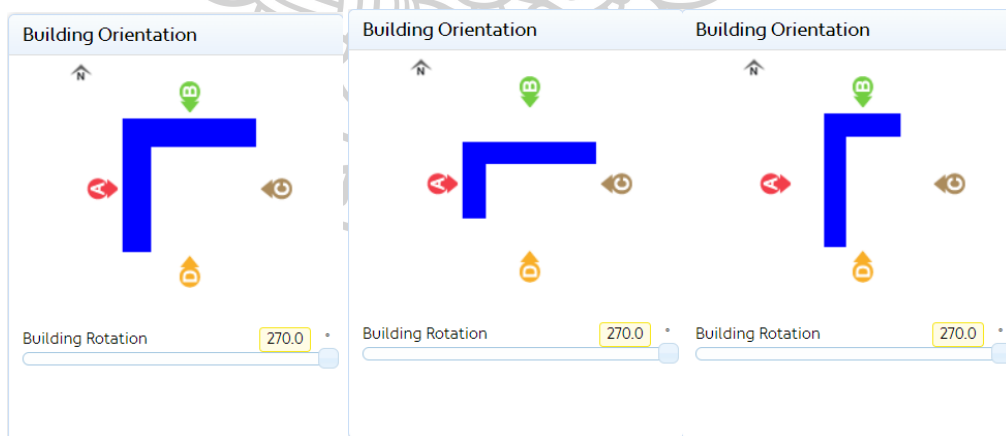
รูปทรงตัว L มีกรณีดังต่อไปนี้

ภาพที่ 23 แสดงรูปทรงตัว L ทั้ง 3 กรณี จากโปรแกรม Sefaira

L Shape 1:1

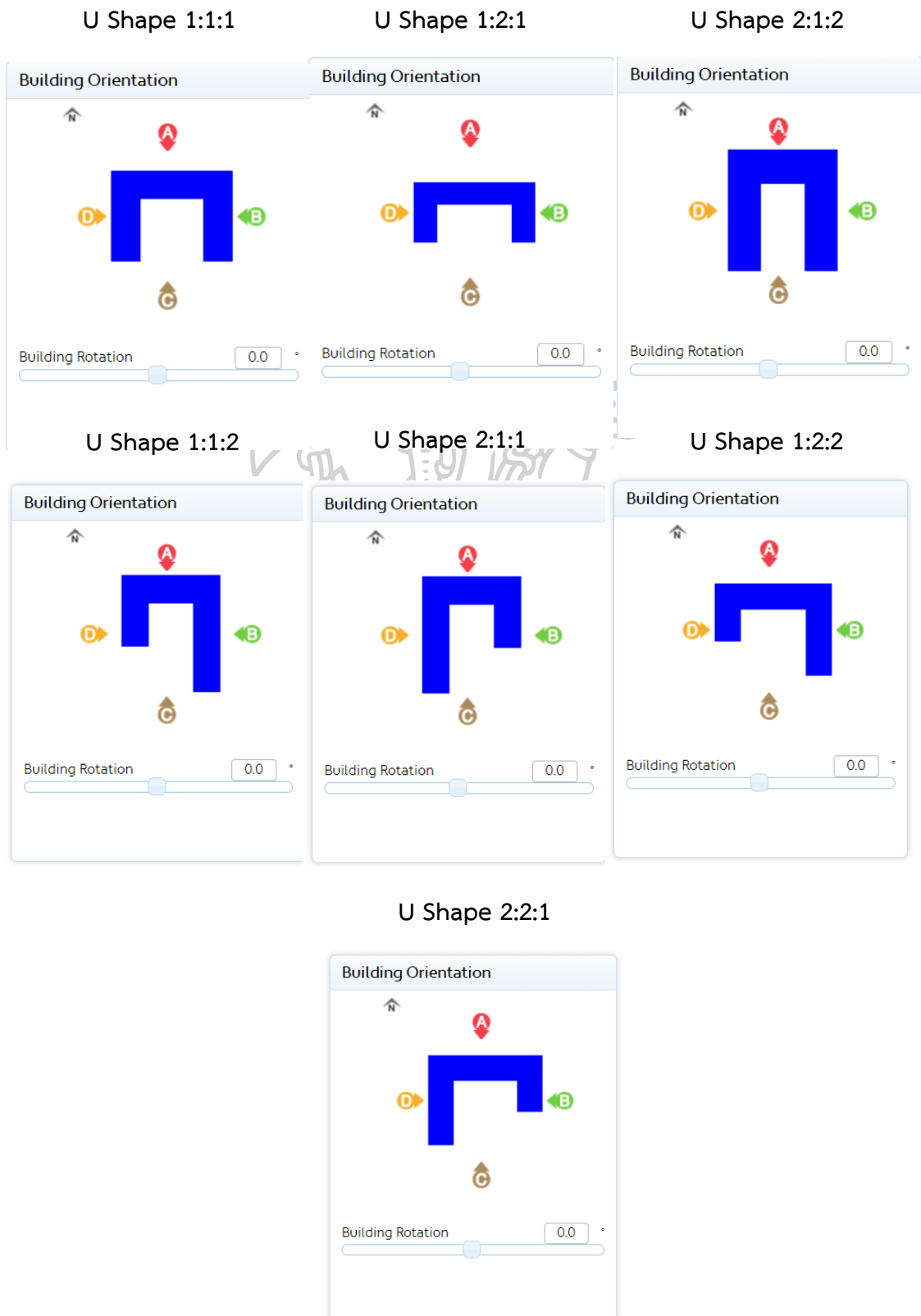
L Shape 1:2

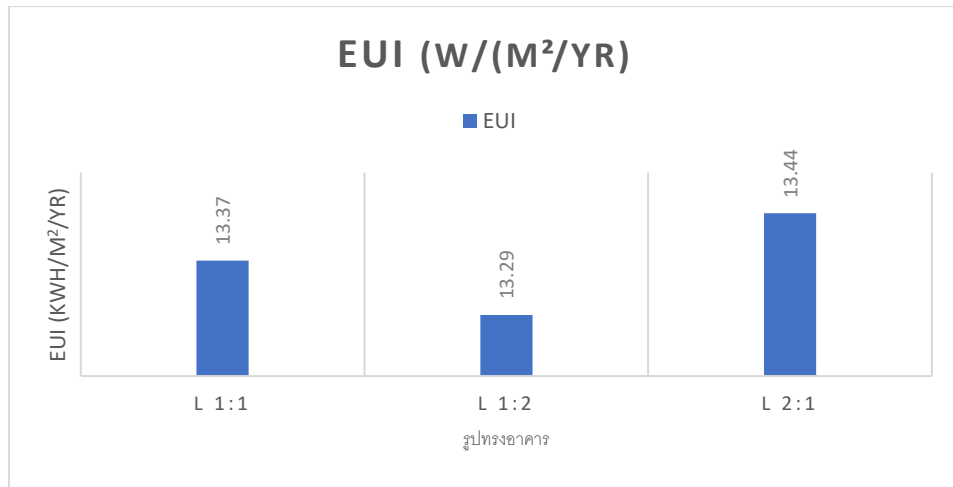
L Shape 2:1



รูปทรงตัว U มีกรณีดังต่อไปนี้

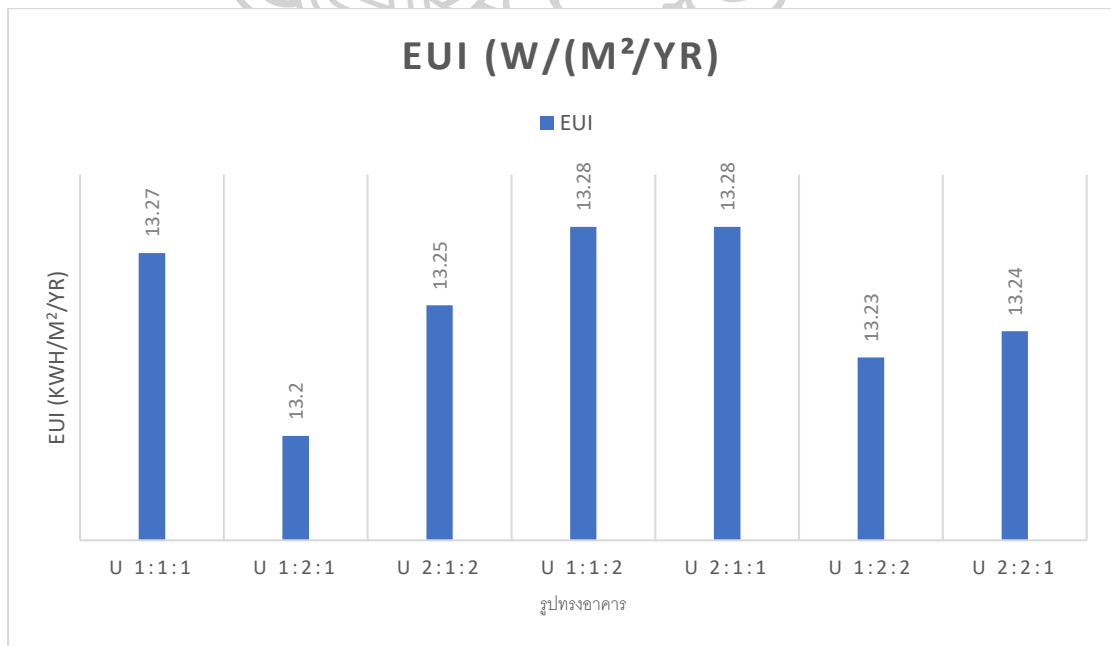
ภาพที่ 23 แสดงรูปทรงตัว U ทั้ง 7 กรณี จากโปรแกรม Sefaira





แผนภูมิที่ 15 แสดงค่า EUI ของอาคารรูปทรงตัว L ทั้ง 3 กรณี

จากแผนภูมิที่ 15 แสดงให้เห็นว่า อาคารรูปทรงตัว L ที่มีอัตราส่วนความกว้างต่อความยาวเท่ากับ 1:2 มีค่า EUI น้อยที่สุด เนื่องด้วยจากพื้นที่เปลือกอาคารด้านฝั่งทิศตะวันตกมีพื้นที่น้อยประกอบกับความยาวของอาคารมีสัดส่วนที่มากพอที่เป็นเงาบังอาคารได้อีกด้วย เมื่อเปรียบเทียบกับอาคารที่มีค่า EUI สูงที่สุดคือรูปทรงตัว L ที่มีอัตราส่วนความกว้างต่อความยาว 2:1 โดยมีเปลือกอาคารด้านฝั่งทิศตะวันตกมากกว่าจึงเห็นได้ชัดว่าการที่เปลือกอาคารอยู่ทางทิศตะวันตกมีผลต่อค่า EUI สูงมาก





แผนภูมิที่ 16 แสดงค่า EUI ของอาคารรูปทรงตัว U ทั้ง 7 กรณี

จากแผนภูมิที่ 16 แสดงให้เห็นว่า อาคารรูปทรงตัว U ที่มีค่า EUI น้อยที่สุดคือ รูปทรงที่มีอัตราความกว้างต่อความยาวเท่ากับ 1:2:1 โดยมีเปลือกของอาคารฝั่งทิศตะวันตก มีพื้นที่น้อยที่สุด และมีเปลือกอาคารฝั่งทิศตะวันออกใช้ในเรื่องเงาบังอาคาร ในทางกลับกัน อาคารที่มีค่า EUI มีที่สุดคือ รูปทรงอาคารตัว U ที่มีสัดส่วนระหว่างความกว้างต่อความยาว เท่ากับ 1:1:2 และ 2:1:1 ซึ่งรูปทรง 1:1:2 นั้นเป็นที่น่าสนใจที่มีเปลือกของอาคารฝั่งทิศ ตะวันออกน้อยแต่กลับมีค่า EUI ที่สูงแต่เป็นที่สังเกตได้ว่าอาคารรูปทรง 1:1:2 เปลือกอาคาร ฝั่งทิศตะวันออกมีการยื่นเปลือกอาคารออกมารับแดดที่อ้อมทางทิศใต้ตลอดทั้งวันจึงส่งผลให้ ค่า EUI มีปริมาณที่สูงขึ้น ส่วนอาคารรูปทรง 2:1:1 นั้น เป็นไปตามผลทดลองข้างต้น อาคารที่มีเปลือกอาคารฝั่งด้านทิศตะวันตก ในปริมาณที่มากย่อมมีค่า EUI ที่สูงตามมา




จากผลการทดลองสรุปได้ว่า อาคารที่ต้องการออกแบบด้วยวิธีกำหนดอัตราส่วน ระหว่างความกว้างต่อความยาวให้มีค่า EUI ที่ต่ำนั้น ประกอบไปด้วย กำหนดเปลือกอาคาร ทางทิศตะวันตกให้มีพื้นที่สัมผัสน้อยที่สุดและต้องสัมพันธ์กับเปลือกอาคารฝั่งทิศตะวันออก ที่จะรับแดดทางทิศใต้ตลอดทั้งวันให้มีความสัมพันธ์ซึ่งกันและกัน และควรคำนึงถึงเปลือก อาคารฝั่งทิศตะวันออกที่จะช่วยบังเงาแก่อาคารอีกด้วย

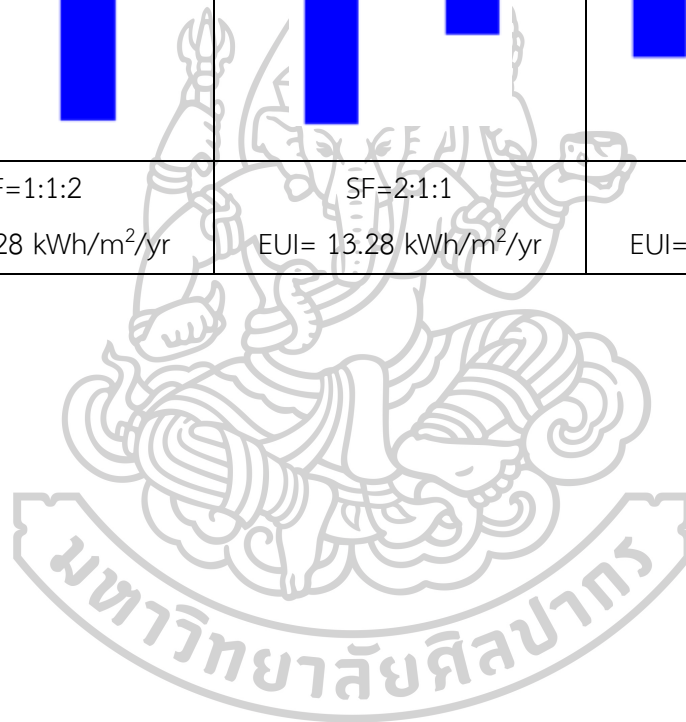
ตารางที่ 20 แสดงรูปทรงอัตราส่วนความกว้างต่อความยาวของรูปทรงตัว L ที่มีค่า EUI มากที่สุดและ น้อยที่สุด

ค่า EUI มากที่สุด

SF=2:1 = 13.44 kWh/m <sup>2</sup> /yr
ค่า EUI น้อยที่สุด

SF=1:2 = 13.29 kWh/m <sup>2</sup> /yr



ตารางที่ 21 แสดงรูปทรงอัตราส่วนความกว้างต่อความยาวของรูปทรงตัว U ที่มีค่า EUI มากที่สุดและ  
น้อยที่สุด

ค่า EUI มากที่สุด	ค่า EUI มากที่สุด	ค่า EUI น้อยที่สุด
		
SF=1:1:2 EUI= 13.28 kWh/m <sup>2</sup> /yr	SF=2:1:1 EUI= 13.28 kWh/m <sup>2</sup> /yr	SF=1:2:1 EUI= 13.20 kWh/m <sup>2</sup> /yr



## บทที่ 5

### สรุปผล อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

แนวโน้มในปัจจุบันอาคารพักอาศัยรวมในกรุงเทพมหานครนั้นมีจำนวนเพิ่มมากขึ้นอย่างมากในระยะเวลาไม่กี่ปีที่ผ่านมา ซึ่งกลุ่มอาคารพักอาศัยรวมนั้นมีการใช้พลังงานในอาคารเป็นจำนวนมากจึงเหมาะแก่การศึกษาออกแบบอาคารให้เป็นอาคารที่ประหยัดพลังงาน การศึกษาค้นคว้าอิสระนี้มีวัตถุประสงค์นำเสนอแนวทางการออกแบบอาคารประหยัดพลังงานประเภทอาคารพักอาศัยรวมมีพื้นที่ใช้สอย 10,000 ตารางเมตร โดยกำหนดรูปทรงของกลุ่มอาคารที่เป็นที่นิยมอาคารที่มีอยู่ในปัจจุบันเพื่อนำมาใช้ในการทดลองแล้วเกิดเป็นแนวทางการออกแบบเพื่อนำไปใช้ต่อไปได้จริง

รูปทรงของเปลือกอาคารและทิศทาง เป็นอีกปัจจัยสำคัญหนึ่งในการออกแบบที่มีผลต่อค่าประหยัดพลังงานซึ่งการศึกษาค้นคว้าอิสระนี้มุ่งเน้นศึกษารูปทรงทิศทางและเปลือกอาคารที่ส่งผลกระทบต่อประสิทธิภาพของการใช้พลังงานในอาคารพักอาศัยรวม

การศึกษาค้นคว้าอิสระนี้ได้ทำการศึกษามลกระทบรูปทรงทิศทางและเปลือกของอาคารชุดพักอาศัยต่อประสิทธิภาพในการการใช้พลังงานตามเกณฑ์ ASHRAE 90.1 2019 เริ่มจากสำรวจรูปทรงของอาคารพักอาศัยรวมที่นิยมในปัจจุบันในกรุงเทพมหานครจึงสรุปได้ทำการศึกษาอาคารทั้งหมด 6 รูปทรง และทิศทางของอาคาร 8 ทิศทาง ได้กำหนดเปลือกอาคารตามมาตรฐาน ASHRAE 90.1 2019 โดยใช้ข้อมูลสภาพภูมิอากาศของกรุงเทพมหานครเกิดเป็นกรณีศึกษาจำนวน 48 กรณี และมีการเปรียบเทียบระหว่างอาคารทั่วไปในกรุงเทพมหานครกับอาคารตัวอย่างเพื่อหาค่าประหยัดพลังงานในอาคาร อีกทั้งมีข้อเสนอแนะการออกแบบผังบังแดดเปรียบเทียบกับการออกแบบโดยการใช้นวกันความร้อนในผนังของอาคารและมีการศึกษาเพิ่มเติมเรื่ององศาส่วนระหว่างความกว้างและความยาวของอาคารอีก 10 กรณี

การอภิปรายผลแบ่งออกเป็น 2 ส่วนคือ

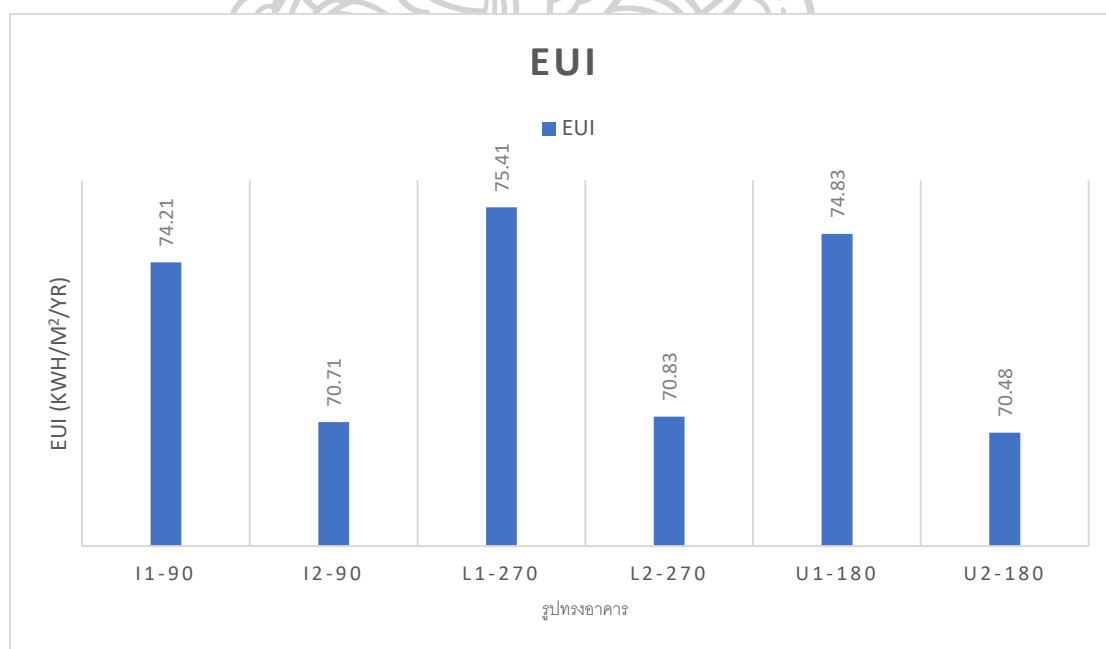
- 5.1 สรุปผลการศึกษาค้นคว้าอิสระผลกระทบของรูปทรง ทิศทาง และเปลือกอาคารพักอาศัยรวมต่อประสิทธิภาพในการใช้พลังงานตามเกณฑ์ ASHRAE 90.1 2019
- 5.2 ข้อเสนอแนะ

## 5.1 สรุปการศึกษาค้นคว้าอิสระ

การศึกษาค้นคว้าอิสระนี้ศึกษารูปทรงและเปลือกอาคารพักอาศัยรวมที่ส่งผลต่อค่าการใช้พลังงานในอาคาร ดังนั้นจากการจำลองอาคารทั้ง 6 รูปทรงเปลือกอาคารตามเกณฑ์ ASHRAE 90.1 2019 โดยมีการหมุนอาคาร 45 90 135 180 225 270 และ 315 องศา ทำการทดลองผ่านโปรแกรม Sefaira ภายใต้ตัวแปรสภาพอากาศที่เหมือนกัน และนำค่าการใช้พลังงานในอาคารในแต่ละกรณีนำมาเปรียบเทียบ หาทิศทางและรูปทรงอาคารที่มีค่าการใช้พลังงานน้อยที่สุด โดยจากการทดลองได้กรณีศึกษา 48 กรณี

### 5.1.1 ปริมาณการใช้พลังงานในอาคาร(EUI) ของอาคารตัวอย่างตามมาตรฐาน ASHRAE 90.1 2019 Appendix G

จากการทดลองทั้ง 48 กรณีได้พบว่าในแต่ละรูปทรงอาคารขณะที่รูปทรงอาคารเดียวกันแต่มีการหมุนทิศทางของตัวอาคารที่แตกต่างกันมีค่าการใช้พลังงานในอาคารที่แตกต่างกันอย่างมีนัยยะสำคัญจึงเป็นผลประโยชน์ต่อการทดลองหารูปทรงอาคารและทิศทางของตัวอาคารที่ดีที่สุด ที่มีค่าการใช้พลังงานในอาคารน้อยที่สุด สรุปได้ดังนี้



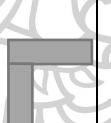

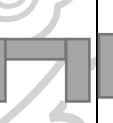
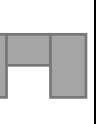


แผนภูมิที่ 17 แสดงค่า EUI น้อยที่สุดในแต่ละรูปทรงอาคาร

จากแผนภูมิที่ 17 แสดงให้เห็นค่าการใช้พลังงานในอาคารที่น้อยที่สุดของแต่ละรูปทรง และแสดงทิศการหมุนของอาคารที่ดีที่สุดของแต่ละรูปทรง โดยรูปทรงตัว I1 นั้นทิศที่ดีที่สุดคือ ทิศของอาคารที่ทำการหมุน 90 องศา รูปทรงตัว I2 เช่นกัน ทิศที่ดีที่สุดคือทิศของอาคารที่หมุน 90 องศา ส่วนรูปทรงอาคาร L1 และ L2 ทิศการวางตัวอาคารที่ดีที่สุด คือทิศที่ทำการหมุน 270 องศา และรูปทรงตัว U1 และ U2 ทิศทางการวางตัวอาคารที่ดีที่สุดคือทิศที่ทำการหมุน 180 องศา

จากการสังเกตแผนภูมิที่ 17 ผลของค่าการใช้พลังงานในอาคาร ของกลุ่มอาคารชนิดที่ 1 นั้นก็คือ อาคารที่มีห้องพักภายในขนาด 5.00 x 5.00 เมตร จะมีค่าการใช้พลังงานที่มากกว่าของกลุ่มอาคารชนิดที่ 2 นั้นก็คืออาคารที่มีห้องไปพักภายในขนาด 3.75 x 7.00 เมตร จะได้เห็นว่าอาคารกลุ่มที่ 2 ที่มีหน้าต่างของอาคารที่มากกว่า ส่งผลให้ค่าการใช้พลังงานในอาคารน้อยกว่า ซึ่งเกิดจากการที่มีรูปของหน้าต่างที่กว้างกว่านั้นทำให้การถ่ายเทความร้อนจากภายนอกเข้าสู่อาคารทำได้ยากขึ้นแต่อาจจะส่งผลทำให้พลังงานด้านแสงสว่างใช้มากขึ้น เนื่องจากหน้าต่างอาคารที่กว้างทำให้พื้นที่ภายในส่วนกลางไม่มีแสงธรรมชาติส่องเข้าถึง

ตารางที่ 22 แสดงรูปทรงอาคารค่า EUI น้อยที่สุดในแต่ละรูปทรงอาคาร

					
I1-90	I2-90	L1-270	L2-270	U1-180	U2-180

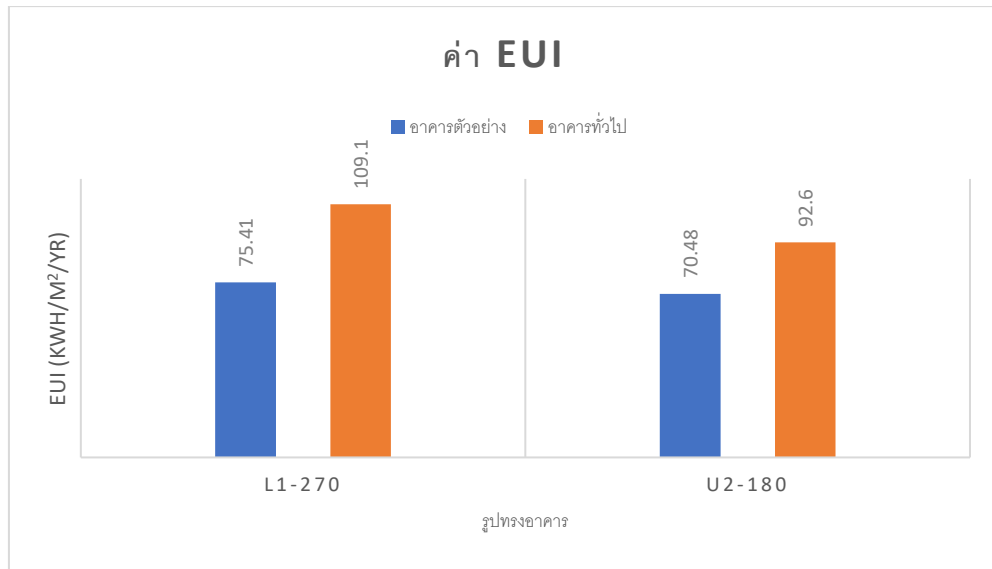
### 5.1.2 เปรียบเทียบปริมาณการใช้พลังงานในอาคารตัวอย่าง กับอาคารทั่วไปใน กรุงเทพมหานคร หาค่าประหยัดพลัง %SAVE

เป็นการเปรียบเทียบปริมาณการใช้พลังงานในอาคารระหว่างอาคารตัวอย่างเปลือกอาคาร ตามเกณฑ์ ASHRAE 90.1 2019 เปรียบเทียบกับอาคารทั่วไปในกรุงเทพมหานคร โดยอาคารทั่วไปใน กรุงเทพมหานครนั้น ทางผู้จัดทำได้ทำการจำลองอาคารโดยปรับเปลี่ยนวัสดุเปลือกอาคาร โดยเลือกใช้ผนังอาคารเป็นผนังปูนสำเร็จ (Precast concrete) และปรับเปลี่ยนวัสดุกระจกเป็นกระจกใสหนา 6 มม. จากการทดลองได้นำมาเปรียบเทียบจึงเกิดค่าประหยัดพลังงาน %SAVE ดังนี้

ตารางที่ 23 แสดงตารางเปรียบเทียบอาคารตัวอย่าง กับอาคารทั่วไป หาค่า %SAVE

Building Type	Orientation	EUI Baseline (k.Wh)	EUI Common (k.Wh)	%SAVE
I1	90°	742,105	1,058,936	30%
I2	90°	707,190	941,556	25%
L1	270°	754,164	1,091,020	31%
L2	270°	708,394	940,366	25%
U1	180°	748,367	1,067,320	30%
U2	180°	704,810	926,043	24%
AVERAGE				27%

จากตารางที่ 23 จะเห็นค่าเปรียบเทียบค่าการใช้พลังงานในอาคารของอาคารทั่วไปใน กรุงเทพมหานคร กับอาคารตัวอย่างตามมาตรฐาน ASHRAE 90.1 2019 อย่างเห็นได้ชัดจึงเกิดค่า การประหยัดพลังงาน %SAVE จากก่อนเป็นอาคารแบบทั่วไปเดิม และหลังจากอาคารถูกเปลี่ยนวัสดุ เปลือกอาคารเป็นไปตามมาตรฐาน ASHRAE 90.1 2019 โดยเฉลี่ยอาคารหลังจากเป็นวัสดุอาคาร เป็นตามมาตรฐาน ASHRAE 90.1 2019 แล้วนั้นมีค่า %SAVE เฉลี่ยอยู่ที่ 27% เป็นอาคารที่มีค่า %SAVE มากที่สุดคืออาคาร L1 มีค่า%SAVE เท่ากับ 31% และอาคารที่มีค่า%SAVEN้อยที่สุดคือ อาคาร U2 ที่มีค่า %SAVE เท่ากับ 24% ซึ่งเห็นได้ว่าการเปลี่ยนวัสดุของเปลือกอาคารมีผลต่อค่า %SAVE มากกว่าการใช้เงาของอาคารบดบังตัวเอง



แผนภูมิที่ 18 แสดงค่า EUI เปรียบเทียบอาคารตัวอย่างกับอาคารทั่วไปที่มีค่า %SAVE มากที่สุดและน้อยที่สุด

ตารางที่ 24 แสดงรูปทรงอาคารค่า %SAVE มากที่สุดและน้อยที่สุด

ค่า %SAVE มากที่สุด
L1-180 = 31%
ค่า %SAVE น้อยที่สุด
U2-270 = 24%

### 5.1.3 อิทธิพลของแผงบังแดดและฉนวนกันความร้อนในผนังต่อค่าประหยัดพลังงาน %SAVE

เพื่อเป็นการเปรียบเทียบและเป็นแนวทางในการออกแบบสำหรับผู้ประกอบการอาคารพักอาศัยรวม ผู้จัดทำจึงได้ทำการจำลองอาคารโดยใช้อาคารพักอาศัยรวมตามทั่วไปในกรุงเทพมหานคร เป็นค่าเริ่มต้นแล้วทำการเพิ่มอุปกรณ์บังแดดในขนาดต่างๆ และเพิ่มวัสดุฉนวนกันความร้อนในผนัง หาค่าเปรียบเทียบ %SAVE เพื่อใช้ในการตัดสินใจคำนวณความคุ้มค่าระหว่างค่า %SAVE กับต้นทุน

จึงเกิดข้อเสนอแนะเป็นกรณีเพิ่มเติม 3 กรณี ได้แก่ กรณีที่1.อาคารทั่วไปเพิ่มแผงบังแดดขนาด 300มม. กรณีที่2.อาคารทั่วไปเพิ่มแผงบังแดดขนาด 600มม. และกรณีที่3.เพิ่มฉนวนกันความร้อนในผนังโดยทำการจำลองอาคารกลุ่มที่มีค่า EUI น้อยที่สุดในแต่ละรูปทรง ดังนี้ I1-90, I2-90,L1-270,L2-270,U1-180 และU2-180

ตารางที่ 25แสดงตารางเปรียบเทียบอาคารตัวอย่าง กับอาคารทั่วไป หาค่า %SAVE

Building Type	Orientation	EUI Common (k.Wh)	EUI Shading0.60 (k.Wh)	%SAVE
I1	90°	1,058,936	932,693	14%
I2	90°	941,556	856,714	10%
L1	270°	1,091,020	955,690	14%
L2	270°	940,366	858,817	9%
U1	180°	1,067,320	940,646	13%
U2	180°	926,043	851,414	9%
AVERAGE				12%

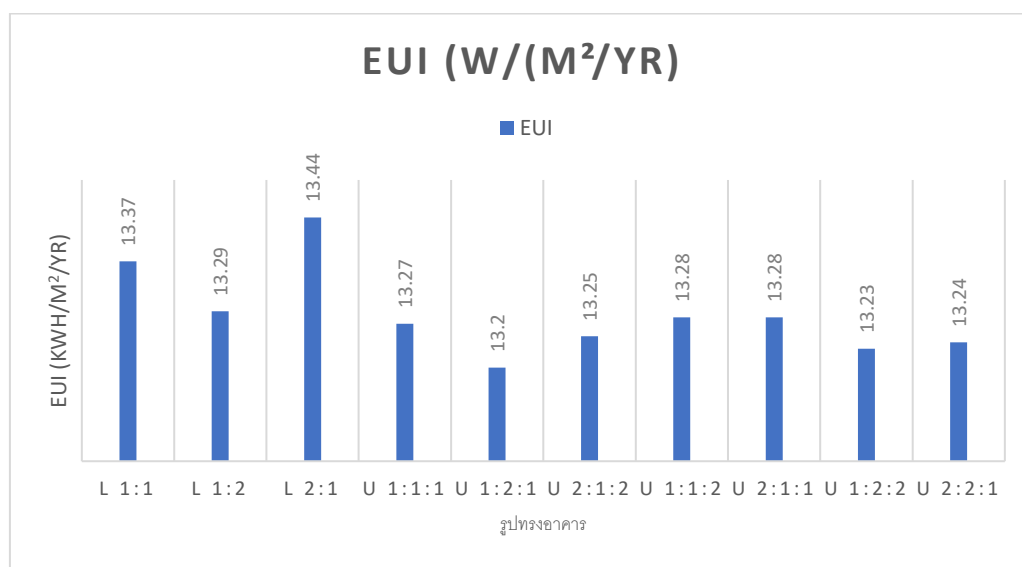
จากตารางที่ 23 ค่าเฉลี่ย %SAVE ของอาคารตัวอย่างกับอาคารทั่วไปอยู่ที่ 27% และในตารางที่ 25 มีค่าเฉลี่ย %SAVE ของอาคารทั่วไปและอาคารที่มีแผงบังแดดขนาด 60 ซม. อยู่ที่ 12% แสดงให้เห็นว่าอาคารที่มีวัสดุเปลือกอาคารตามมาตรฐาน ASHRAE 90.1 2019 นั้นมีค่า %SAVE ที่มากกว่าแสดงให้เห็นว่าวัสดุเปลือกอาคารมีอิทธิพลต่อค่า %SAVE มากกว่า อิทธิพลของแผงบังแดด

### 5.1.4 อิทธิพลอัตราส่วนระหว่างความกว้างและความยาวของอาคารที่มีต่อค่าการใช้พลังงาน EUI

อัตราส่วนอาคารเป็นอีกประเด็นที่มีผลต่อค่า EUI เนื่องจากการทดลองข้างต้นแสดงให้เห็นว่าเปลือกของอาคารมีผลต่อค่าประหยัดพลังงาน %SAVE ซึ่งเปลือกอาคารเป็นส่วนภายนอกที่กระทบ

ต่อความร้อนโดยตรงเพราะฉะนั้นเปลือกของอาคารที่มีพื้นที่สัมผัสกับความร้อนโดยตรงมากย่อมมีค่า EUI ที่สูงตามมาจึงเกิดประเด็นที่ว่าความกว้างและความยาวของอาคารมีผลต่อค่าประหยัดพลังงาน

ทางผู้จัดทำจึงได้ทำการทดลองกลุ่มอาคาร 2 รูปทรง ที่มีความเกี่ยวข้องกับความกว้างและความยาวคือ รูปทรงตัว L และ U โดยรูปทรงตัว L มีทั้งหมด 3 กรณี ส่วนรูปทรงตัว U มีทั้งหมด 7 กรณี มีผลการทดลองดังนี้



แผนภูมิที่ 19 แสดงค่า EUI ของอาคารรูปทรงทั้ง 7 กรณี



จากแผนภูมิที่ 19 แสดงให้เห็นว่า อาคารรูปทรงตัว L ที่มีอัตราส่วนความกว้างต่อความยาวเท่ากับ 1:2 มีค่า EUI น้อยที่สุด เนื่องด้วยจากพื้นที่เปลือกอาคารด้านฝั่งทิศตะวันตกมีพื้นที่น้อย ประกอบกับความยาวของอาคารมีสัดส่วนที่มากพอที่เป็นเงาบังอาคารได้อีกด้วย เมื่อเปรียบเทียบกับอาคารที่มีค่า EUI สูงที่สุดคือรูปทรงตัว L ที่มีอัตราส่วนความกว้างต่อความยาว 2:1 โดยมีเปลือกอาคารด้านฝั่งทิศตะวันตกมากกว่าจึงเห็นได้ชัดว่าการที่เลือกอาคารอยู่ทางทิศตะวันตกมีผลต่อค่า EUI สูงมาก

จากแผนภูมิที่ 19 แสดงให้เห็นว่า อาคารรูปทรงตัว U ที่มีค่า EUI น้อยที่สุดคือ รูปทรงที่มีอัตราส่วนความกว้างต่อความยาวเท่ากับ 1:2:1 โดยมีเปลือกของอาคารฝั่งทิศตะวันตกมีพื้นที่น้อยที่สุดและมีเปลือกอาคารฝั่งทิศตะวันออกใช้ในเรื่องเงาบังอาคารในทางกลับกัน อาคารที่มีค่า EUI มีที่สูงสุดคือรูปทรงอาคารตัว U ที่มีสัดส่วนระหว่างความกว้างต่อความยาว






เท่ากับ 1:1:2 และ 2:1:1 ซึ่งรูปทรง 1:1:2 นั้นเป็นที่น่าสนใจที่มีเปลือกของอาคารฝั่งทิศ ตะวันออกน้อยแต่กลับมีค่า EUI ที่สูงแต่เป็นที่สังเกตได้ว่าอาคารรูปทรง 1:1:2 เปลือกอาคาร ฝั่งทิศตะวันออกมีการยื่นเปลือกอาคารออกมารับแดดที่อ้อมทางทิศใต้ตลอดทั้งวันจึงส่งผลให้ ค่า EUI มีปริมาณที่สูงขึ้น ส่วนอาคารรูปทรง 2:1:1 นั้นเป็นไปตามผลทดลองข้างต้นอาคารที่มีเปลือกอาคารฝั่งด้านทิศตะวันตกในปริมาณที่มากย่อมมีค่า EUI ที่สูงตามมา

ตารางที่ 26 แสดงรูปทรงอัตราส่วนความกว้างต่อความยาวของรูปทรงตัว L ที่มีค่า EUI มากที่สุดและ น้อยที่สุด

ค่า EUI มากที่สุด

SF=2:1 = 13.44 kWh/m <sup>2</sup> /yr
ค่า EUI น้อยที่สุด

SF=1:2 = 13.29 kWh/m <sup>2</sup> /yr

ตารางที่ 27 แสดงรูปทรงอัตราส่วนความกว้างต่อความยาวของรูปทรงตัว U ที่มีค่า EUI มากที่สุดและน้อยที่สุด

ค่า EUI มากที่สุด	ค่า EUI มากที่สุด	ค่า EUI น้อยที่สุด
		
SF=1:1:2 EUI= 13.28 kWh/m <sup>2</sup> /yr	SF=2:1:1 EUI= 13.28 kWh/m <sup>2</sup> /yr	SF=1:2:1 EUI= 13.20 kWh/m <sup>2</sup> /yr

จากผลการทดลองสรุปได้ว่าอาคารที่ต้องการออกแบบด้วยวิธีกำหนดอัตราส่วนระหว่างความกว้างต่อความยาวให้มีค่า EUI ที่ต่ำนั้นประกอบไปด้วยกำหนดเปลือกอาคารทางทิศตะวันตกให้มีพื้นที่สัมผัสน้อยที่สุดและต้องสัมพันธ์กับเปลือกอาคารฝั่งทิศตะวันออกที่จะรับแดดทางทิศใต้ตลอดทั้งวันให้มีความสัมพันธ์ซึ่งกันและกันและควรคำนึงถึงเปลือกอาคารฝั่งทิศตะวันออกที่จะช่วยบังเงาแก่อาคารอีกด้วย

## 5.2 ข้อเสนอแนะ

ข้อเสนอแนะในการศึกษาค้นคว้าอิสระต่อการศึกษาค้นคว้าอิสระนี้เป็นการจำลองผลการใช้พลังงานในอาคารด้วยระบบการจำลองจากโปรแกรมคอมพิวเตอร์เท่านั้น จึงควรที่การทดลองด้วยอุปกรณ์หรือวิธีอื่นๆ เพื่อนำค่าการใช้พลังงานในอาคารมาเปรียบเทียบผลกับค่าของโปรแกรมคอมพิวเตอร์เพื่อความถูกต้องแม่นยำมากขึ้น

การค้นคว้าอิสระนี้เป็นการจำลองอาคารภายใต้การใช้ข้อมูลสภาพภูมิอากาศของกรุงเทพมหานครเท่านั้น ซึ่งยังไม่ครอบคลุมทั่วทั้งประเทศ ในแต่ละภาคหรือจังหวัดอาจจะมีค่าการใช้พลังงานที่ต่างกันไปเกิดจากสภาพภูมิอากาศที่ต่างกัันดังนั้นควรมีการจำลองผลการใช้พลังงานในอาคารครอบคลุมทั่วภูมิภาคเพื่อผลการค้นคว้าศึกษาอิสระที่ครอบคลุมมากยิ่งขึ้น

อาคารที่ศึกษาเป็นประเภทอาคารชุดพักอาศัยตั้งนั้นเพื่อให้ได้ค่าการใช้พลังงานในอาคารที่หลากหลายและครอบคลุมอาคารทุกประเภทอาจมีกรณีศึกษาประเภทอาคารอื่นๆเพิ่มเติมเช่น อาคารสำนักงาน โรงเรียน โรงแรม เป็นต้น

การจำลองอาคารเป็นการจำลองอาคารชุดพักอาศัยที่ทำการสำรวจเพื่อกำหนดเป็นอาคารอ้างอิงสำรวจเพียงในบริเวณกรุงเทพมหานครเท่านั้นหากมีการศึกษาต่อในอนาคตควรมีขอบเขตพื้นที่สำรวจที่กว้างมากขึ้นเพื่อให้ได้ค่าการใช้พลังงานเปรียบเทียบที่มากขึ้น



## รายการอ้างอิง

American Society of Heating Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, I. (2019).

ASHRAE STRANDRAD 90.1-2019 Energy Standard for Building Except Low-Rise Residential Building (SI Edition).

กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน. (2556). รายงานประจำปี2556

พระราชบัญญัติควบคุมอาคาร. (2522). กฎกระทรวง ฉบับที่ 55 (พ.ศ.2543).

ศูนย์ข้อมูลพลังงานอาคาร. (2564). ข้อมูลที่อยู่อาศัยสร้างเสร็จจดทะเบียนกรุงเทพมหานคร และ  
ปริมณฑล.





## ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-สกุล

นายวุฒิศักดิ์ มุสิกรัตน์ธำรง

วุฒิการศึกษา

สถาปัตยกรรมศาสตรบัณฑิต

