

ผลกระทบของมวลดคุณภาพของผนังภายนอกอาคารในทิศทางต่างๆ
ที่มีผลต่อการใช้พลังงานของอาคาร ในเขตร้อนชื้น

นายพิชณะ เพียรพัฒนางกูร

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.

IMPACT OF THERMAL MASS OF EXTERIOR WALLS IN VARIOUS ORIENTATIONS
ON ENERGY CONSUMPTION FOR BUILDINGS IN HOT-HUMID CLIMATES.

Mr. Pichaya Peanpattanangkul

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 2011

Copyright of Chulalongkorn University

หัวข้อวิทยานิพนธ์ ผลกระทบของมวลอุณหภาพของผนังภายนอกอาคารใน
ทิศทางต่างๆที่มีผลต่อการใช้พลังงานของอาคารในเขตร้อนชื้น
โดย นายพิชฎะ เพียรพัฒนางกูร
สาขาวิชา สถาปัตยกรรม
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. อรรจน์ เศรษฐบุตร

คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้หัวข้อวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็น
ส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาโทมหาบัณฑิต

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

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ธนิต จินดาวงศ์)

.....อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. อรรจน์ เศรษฐบุตร)

.....กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ พรรณชัชวาล สุริโยธิน)

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

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

พิชญา เพียรพัฒนางกูร : ผลกระทบของมวลอุณหภาพของผนังภายนอกอาคารในทิศทางต่างๆที่มีผลต่อการใช้พลังงานของอาคาร ในเขตร้อนชื้น. (IMPACT OF THERMAL MASS OF EXTERIOR WALLS IN VARIOUS ORIENTATIONS ON ENERGY CONSUMPTION FOR BUILDINGS IN HOT-HUMID CLIMATES) อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก : ผศ.ดร. อรรถจัน เศรษฐบุต, 136 หน้า.

งานวิจัยนี้ศึกษามวลอุณหภาพของผนังภายนอกอาคารในทิศทางต่างๆที่มีผลต่อการใช้พลังงานภายในอาคาร 2 ประเภท คือ บ้านพักอาศัย และอาคารสำนักงาน โดยทำการศึกษาดังกล่าวด้วยการจำลองผลจากโปรแกรมคอมพิวเตอร์ VisualDOE4.0 โดยเปลี่ยนตัวแปรจำลองผลไปทั้งสิ้น 5,184 กรณี สำหรับผนังเนื้อเดียวที่ใช้กับบ้านพักอาศัยเดี่ยวทั่วไปที่มีการใช้งานเครื่องปรับอากาศในเวลากลางวัน และอาคารสำนักงานที่ใช้เวลาปรับอากาศในเวลากลางวัน

โดยทำการศึกษาดังกล่าวเปรียบเทียบวัสดุเป็นสองกลุ่ม ได้แก่ กลุ่มที่หนึ่งวัสดุคอนกรีตบล็อก ที่มีค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวมสูง (U-value) ที่มีส่วนประกอบของมวลอุณหภาพ คือ ความหนาผนัง 10, 20, 30 ซม. ความหนาแน่น 1,600, 1,800, 2,000, 2,200 kg/m³ ความจุความร้อนจำเพาะ 0.7, 0.8, 0.9, 1.0 kJ/kg.°C ส่วนกลุ่มที่สอง วัสดุคอนกรีตมวลเบา ที่มีค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวมต่ำที่มีส่วนประกอบของมวลอุณหภาพ คือ ความหนาผนัง 10, 20, 30 ซม. ความหนาแน่น 600, 800, 1,000, 1,200, 1,400 kg/m³ ความจุความร้อนจำเพาะ 0.7, 0.8, 0.9, 1.0 kJ/kg.°C

ผลการจำลองสรุปได้ว่า มวลอุณหภาพยิ่งมาก (DSH) ยิ่งมีผลกับการลดการใช้พลังงานทำความเย็น โดยพบว่า การเพิ่มความหนาผนังมีประสิทธิภาพสูงสุด ส่วนการเพิ่มความหนาแน่นและความจุความร้อนจำเพาะในผนังที่มีความหนา 10 ซม. ลดพลังงานมากกว่าการเพิ่มในผนังที่มีความหนา 20,30 ซม. ในกรณีบ้านพักอาศัย การใช้วัสดุคอนกรีตบล็อก ช่วยลดพลังงานมากกว่าการใช้วัสดุคอนกรีตมวลเบา ทิศที่ลดพลังงานมากที่สุด เมื่อเพิ่มความหนาผนัง คือ ทิศตะวันตก (อาคารหมุน 0 องศา) หรือ ทิศตะวันตกเฉียงใต้ (อาคารหมุน 45 องศา) ส่วนการเพิ่มความจุความร้อนจำเพาะและความหนาแน่นในผนังหนา 10 ซม. คือ ทิศตะวันตก (อาคารหมุน 0 องศา) หรือ ทิศตะวันออกเฉียงเหนือ (อาคารหมุน 45 องศา) ในผนังหนา 20,30 ซม. คือ ทิศตะวันออก (อาคารหมุน 0 องศา) หรือ ทิศตะวันออกเฉียงเหนือ (อาคารหมุน 45 องศา)

ในกรณีของอาคารสำนักงาน การใช้วัสดุคอนกรีตมวลเบา ช่วยลดพลังงานมากกว่าการใช้วัสดุคอนกรีตบล็อก ทิศที่ลดพลังงานมากที่สุด เมื่อเพิ่มทั้ง ความหนาผนัง ความจุความร้อนจำเพาะและความหนาแน่นในผนังทุกความหนา (10, 20, 30 ซม.) คือ ทิศตะวันตก (อาคารหมุน 0 องศา) หรือ ทิศตะวันตกเฉียงใต้ (อาคารหมุน 45 องศา) โดยทั้งนี้หากพิจารณาการเพิ่มมวลอุณหภาพในผนัง (DSH) ในการก่อสร้างทั้งบ้านพักอาศัยและอาคารสำนักงาน จะมีประสิทธิภาพในการลดการใช้พลังงานเมื่อเพิ่ม ในทิศตะวันตก หรือ ทิศตะวันออกเฉียงใต้

ภาควิชา.....สถาปัตยกรรมศาสตร์..... ลายมือชื่อนิสิต.....
 สาขาวิชา.....สถาปัตยกรรม..... ลายมือชื่ออ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก.....
 ปีการศึกษา...2554.....

5473345325 ; MAJOR ARCHITECTURE

KEYWORDS : THERMAL MASS / DSH / OTTV / ORIENTATIONS / EXTERIOR WALL / ENERGY

SIMULATION

PICHAYA PEANPATTANANGKUL : IMPACT OF THERMAL MASS OF EXTERIOR WALLS IN VARIOUS ORIENTATIONS ON ENERGY CONSUMPTION FOR BUILDINGS IN HOT-HUMID CLIMATES. ADVISOR : ASST.PROF. ATCH SRESHTHAPUTRA, Ph.D., 136 pp.

This research studied the thermal mass in exterior walls with various orientations to determine its effects on the energy consumption of two different types of buildings, a residence and an office. The methodology used in this research was to produce a VisualDOE 4.0 simulation in which a total of 5,184 cases for homogeneous walls were examined. The residence was occupied at night while the office was occupied during the day.

The variables for the research were compared for two types of materials. The first type was a concrete block which had the higher heat transfer coefficient (U-value) of the two. The variables included wall thickness : 10, 20, and 30 cm., density : 1,600, 1,800, 2,000, and 2,200 kg/m³, and specific heat capacity : 0.7, 0.8, 0.9, and 1.0 kJ/kg.°C. The second type was lightweight concrete which had the lower heat transfer coefficient of the two. The variables included wall thickness: 10, 20, and 30 cm., density : 600, 800, 1,000, 1,200, and 1,400 kg/m³, and specific heat capacity: 0.7, 0.8, 0.9, and 1.0 kJ/kg.°C.

The results of the simulation showed that a higher thermal mass (DSH) reduced the energy consumption of the building. The thermal mass variable which contributed the most to the lowest energy consumption was an increase in wall thickness. An increase in the Density and the Specific Heat Capacity of a 10 cm. thick wall can reduce the cooling load more than a 20 and 30 cm. thick wall can. For the house, the use of concrete blocks can reduce the energy consumption more than the use of lightweight concrete blocks. The orientations which have the highest energy saving with increasing wall thickness are West (0 degrees building rotation) or Southwest (45 degrees building rotation). In addition, an increase in the Specific Heat Capacity and Density in a 10 cm thick wall can produce the highest energy saving if it is orientated West (0 degrees building rotation) or Northeast (45 degrees building rotation). A wall thickness of 20 and 30 cm is more effective if the wall is orientated East (0 degrees building rotation) or Northeast (45 degrees building rotation).

For the office building, the use of lightweight concrete blocks can reduce the energy consumption more than the use of concrete blocks. The highest energy saving occurs when the wall thickness, density, and specific heat capacity for all wall thickness (10, 20, and 30 cm) are increased and the building is oriented West (0 degrees building rotation) or Southwest (45 degree building rotation). When thermal mass (DSH) walls are used for the construction of houses and offices, their effectiveness is increased if the building is oriented West or Southwest.

Deapartment : Architecture Student's Signature.....

Field of Study : Architecture Adivisor's Signature.....

Academic Year : ... 2011

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ สำเร็จลุล่วงไปได้เป็นผลมาจากผู้เกี่ยวข้องที่อนุเคราะห์ช่วยเหลือที่ดีอย่างยิ่ง ผู้วิจัยขอพระขอบคุณ ผศ. ดร. อรรถจัน เศรษฐบุตตร ในฐานะอาจารย์ที่ปรึกษาที่ให้คำปรึกษาและคำแนะนำในที่ดีโดยตลอดตั้งแต่เข้ามาศึกษาในคณะสถาปัตยกรรม จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ขอขอบพระคุณ รศ. ธนิต จินดาวงศ์ ในฐานะประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ผศ. ดร.วรภัทร์ อิงคโรจน์ฤทธิ์, รศ. พรรณชลัท สุริโยธิน ในฐานะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์และอาจารย์ ที่ให้คำแนะนำและความรู้ รวมทั้ง ดร. ณรงค์วิทย์ อารีมิตร กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัยที่สละเวลาในการให้คำแนะนำและร่วมการสอบวิทยานิพนธ์

ขอขอบพระคุณเจ้าหน้าที่ภาคสถาปัตยกรรมศาสตร์ทุกท่านรวมทั้งเพื่อนๆ 5+1 ในการให้คำแนะนำการติดต่อประสานงาน สำหรับการศึกษาระดับมหาบัณฑิต

ขอขอบพระคุณ พ่อ แม่ และ น้อง สำหรับผู้สนับสนุนการเรียนการสอนและความช่วยเหลือในการทำงานตลอดเรื่อยมา

สุดท้ายนี้ขอขอบพระคุณ บริษัท ดี ไอ ดีไซน์ส์ จำกัด ที่กรุณาสนับสนุนทุนอุดหนุนวิจัยเพื่อทำวิทยานิพนธ์

สารบัญ

หน้า

| | |
|---|-----------|
| บทคัดย่อภาษาไทย..... | ง |
| บทคัดย่อภาษาอังกฤษ..... | จ |
| กิตติกรรมประกาศ..... | ฉ |
| สารบัญ..... | ช |
| สารบัญตาราง..... | ฅ |
| สารบัญภาพ..... | ฎ |
| สารบัญแผนภูมิ..... | ฐ |
| บทที่ 1 บทนำ..... | 1 |
| 1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา..... | 1 |
| 1.2 วัตถุประสงค์..... | 3 |
| 1.3 ขอบเขตของการศึกษา..... | 3 |
| 1.4 ระเบียบวิธีการศึกษา..... | 4 |
| 1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ..... | 4 |
| บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง..... | 6 |
| 2.1 ทฤษฎีการถ่ายเทความร้อน..... | 6 |
| 2.2 คุณสมบัติทางกายถ่ายเทความร้อนของวัสดุก่อสร้าง..... | 8 |
| 2.3 ปัจจัยที่ส่งผลต่อประสิทธิภาพทางความร้อนของมวลสาร..... | 10 |
| 2.4 พฤติกรรมการถ่ายเทความร้อนในผนังมวลสาร..... | 13 |
| 2.5 ระบบวัสดุครอบอาคาร..... | 15 |
| 2.6 ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนังด้านนอกของอาคาร (OTTV)..... | 17 |
| 2.7 วิธีการคำนวณภาระการทำความเย็น..... | 20 |
| 2.8 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง..... | 21 |
| บทที่ 3 วิธีการดำเนินงานวิจัย..... | 27 |
| 3.1 แนวทางการวิจัย..... | 27 |
| 3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย..... | 27 |
| 3.3 การเก็บรวบรวมข้อมูล..... | 27 |
| 3.4 การกำหนดตัวแปร..... | 27 |
| 3.5 ขั้นตอนดำเนินการวิจัย..... | 28 |

| | | |
|---------------------------------|---|-----|
| บทที่ 4 | ผลการทดลองและวิเคราะห์ข้อมูล | 37 |
| 4.1 | วิธีการรวบรวมข้อมูลจากการจำลองผล | 37 |
| 4.2 | ผลการจำลองการเพิ่มความหนาแน่น และวิเคราะห์ผล | 44 |
| 4.3 | ผลการจำลองการเพิ่มความจุความร้อนจำเพาะ และวิเคราะห์ผล | 60 |
| 4.4 | ผลการจำลองการเพิ่มความหนาแน่น และวิเคราะห์ผล | 77 |
| 4.4 | วิเคราะห์ผลการใช้วัสดุประกอบอาคารที่มีผลต่อมวลอุณหภาพ..... | 93 |
| บทที่ 5 | อภิปรายผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ | 95 |
| 5.1 | สรุปผลการวิจัย | 95 |
| 5.2 | ข้อเสนอแนะในการใช้ตารางการเลือกใช้มวลอุณหภาพที่เหมาะสมในแต่ละทิศทาง | 101 |
| 5.3 | เปรียบเทียบขั้นตอนวิจัยและผลการวิจัยอื่นๆที่เกี่ยวข้อง..... | 107 |
| 5.4 | การเปรียบเทียบวัสดุในท้องตลาดกับวัสดุในแบบจำลอง | 110 |
| 5.5 | ข้อเสนอแนะในการวิจัยต่อไป..... | 111 |
| รายการอ้างอิง | | 113 |
| ภาคผนวก..... | | 115 |
| ภาคผนวก ก | | 116 |
| ภาคผนวก ข | | 123 |
| ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์..... | | 136 |

สารบัญตาราง

หน้า

| | | |
|--------------|---|----|
| ตารางที่ 1.1 | แสดงความสัมพันธ์ของวัตถุประสงค์งานวิจัย วิธีการศึกษาและประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ | 5 |
| ตารางที่ 2.1 | แสดงค่าช่วงเวลาหน่วงที่ความร้อนไหลผ่านวัสดุ (ตริงใจ บุรณสมภพ, 2539:39)..... | 12 |
| ตารางที่ 2.2 | แสดงการใช้เลือกใช้งานค่า DSH ในการคำนวณ OTTV | 19 |
| ตารางที่ 3.1 | แสดงวัสดุประกอบผนังคอนกรีตบล็อกหนา 10 ซม. และค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวม | 33 |
| ตารางที่ 3.2 | แสดงวัสดุประกอบผนังคอนกรีตบล็อกหนา 20 ซม. และค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวม | 33 |
| ตารางที่ 3.3 | แสดงวัสดุประกอบผนังคอนกรีตบล็อกหนา 30 ซม. และค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวม | 33 |
| ตารางที่ 3.4 | แสดงวัสดุประกอบผนังคอนกรีตมวลเบาหนา 10 ซม. และค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวม | 34 |
| ตารางที่ 3.5 | แสดงวัสดุประกอบผนังคอนกรีตมวลเบาหนา 20 ซม. และค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวม | 34 |
| ตารางที่ 3.6 | แสดงวัสดุประกอบผนังคอนกรีตมวลเบาหนา 30 ซม. และ ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวม | 34 |
| ตารางที่ 3.7 | แสดงการตั้งค่าแบบจำลองของบ้านพักอาศัย ในโปรแกรม Visual DOE 4.0 | 35 |
| ตารางที่ 3.8 | แสดงการตั้งค่าแบบจำลองของอาคารสำนักงาน ในโปรแกรม Visual DOE 4.0 | 36 |
| ตารางที่ 4.1 | แสดงการแบ่งกรณีในการจำลองผล ทั้งบ้านพักอาศัยและอาคารสำนักงาน..... | 38 |
| ตารางที่ 4.2 | แสดงการแบ่งกรณีในการจำลองผล ทั้งบ้านพักอาศัยและอาคารสำนักงาน..... | 38 |
| ตารางที่ 4.3 | แสดงการกำหนดแบบจำลองเพื่อศึกษาตัวแปรแต่ละประเภท | 39 |
| ตารางที่ 4.4 | แสดงการใช้ความหนาผนังขนาดต่างๆ ของคอนกรีตบล็อก ที่ส่งผลต่อการใช้พลังงานทำความเย็นในแต่ละทิศทาง ในบ้านพักอาศัย..... | 45 |
| ตารางที่ 4.5 | แสดงการใช้ความหนาผนังขนาดต่างๆของคอนกรีตบล็อก โดยเปรียบเทียบผลต่างของการใช้พลังงานทำความเย็นในแต่ละทิศทาง เทียบกับ baseline ในบ้านพักอาศัย | 46 |
| ตารางที่ 4.6 | แสดงการใช้ความหนาผนังขนาดต่างๆ ของคอนกรีตมวลเบา ที่ส่งผลต่อการใช้พลังงานทำความเย็นในแต่ละทิศทาง ในบ้านพักอาศัย..... | 48 |
| ตารางที่ 4.7 | แสดงการใช้ความหนาผนังขนาดต่างๆของคอนกรีตมวลเบา โดยเปรียบเทียบผลต่างของการใช้พลังงานทำความเย็นในแต่ละทิศทาง เทียบกับ baseline ในบ้านพักอาศัย | 49 |
| ตารางที่ 4.8 | แสดงการใช้ความหนาผนังขนาดต่างๆ ของคอนกรีต ที่ส่งผลต่อการใช้พลังงานปรับอากาศในแต่ละทิศทาง ในอาคารสำนักงาน | 53 |
| ตารางที่ 4.9 | แสดงการใช้ความหนาผนังขนาดต่างๆของคอนกรีตบล็อก โดยเปรียบเทียบผลต่างของการใช้พลังงานปรับอากาศในแต่ละทิศทาง เทียบกับ baseline ในอาคารสำนักงาน | 54 |

| | | |
|---------------|---|-----|
| ตารางที่ 4.25 | แสดงการใช้ความหนาแน่นปริมาณต่างๆของคอนกรีตบดล็อก โดยเปรียบเทียบผลต่างของการใช้พลังงานปรับอากาศในแต่ละทิศทาง เทียบกับ baseline ในอาคารสำนักงาน | 88 |
| ตารางที่ 4.26 | แสดงการใช้ความหนาแน่นปริมาณต่างๆของคอนกรีตมวลเบา ที่ส่งผลต่อการใช้พลังงานปรับอากาศในแต่ละทิศทาง ในอาคารสำนักงาน | 90 |
| ตารางที่ 4.27 | แสดงการใช้ความหนาแน่นปริมาณต่างๆของคอนกรีตมวลเบา โดยเปรียบเทียบผลต่างของการใช้พลังงานปรับอากาศในแต่ละทิศทาง เทียบกับ baseline ในอาคารสำนักงาน | 91 |
| ตารางที่ 5.1 | แสดงประสิทธิภาพของส่วนประกอบมวลสารที่มีผลต่อการใช้พลังงาน | 96 |
| ตารางที่ 5.2 | แสดงทิศทางที่ควรเพิ่มมวลอุณหภูมิในผนังและไม่ควรเพิ่ม | 96 |
| ตารางที่ 5.3 | เปรียบเทียบงานวิจัยที่ผ่านมาทั้งขั้นตอนการวิจัยและผลการวิจัย | 108 |
| ตารางที่ 5.4 | เปรียบเทียบค่าคุณสมบัติเฉพาะของวัสดุคอนกรีตบดล็อกและคอนกรีตมวลเบาในท้องตลาด | 110 |

สารบัญภาพ

หน้า

| | | |
|------------|--|-----|
| ภาพที่ 2.1 | แสดงการโคจรของโลกรอบดวงอาทิตย์ ในแต่ละช่วงของปี | 11 |
| ภาพที่ 2.2 | ภาพแสดงพฤติกรรมการถ่ายเทความร้อนผ่านวัสดุผนัง..... | 13 |
| ภาพที่ 2.3 | แสดงการเปรียบเทียบ Cooling Load ของอาคารมวลสารมากและมวลสารน้อย | 14 |
| ภาพที่ 2.4 | แสดงการเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงของระบบปรับอากาศที่ผ่านเข้ามาของอาคารมวลสารน้อยและมวลสารมากในช่วงเวลา 1 วัน..... | 15 |
| ภาพที่ 2.5 | แสดงวัสดุผนังที่เป็นมวลสาร ผนังโครงเคร่า และผนังประกอบ ตามลำดับ | 16 |
| ภาพที่ 3.1 | การวางทิศทางของตัวอาคาร ในแนว 0 องศา และ 45 องศา เพื่อกำหนดตำแหน่งทิศทางของผนัง..... | 28 |
| ภาพที่ 3.2 | รูปแบบอาคารอ้างอิง (Reference Building) ของบ้านพักอาศัย | 30 |
| ภาพที่ 3.3 | รูปแบบอาคารอ้างอิง (Reference Building) ของอาคารสำนักงาน | 31 |
| ภาพที่ 4.1 | แสดงการวางทิศทางของตัวอาคาร ในแนว 0 องศา และ 45 องศา เพื่อแสดงตำแหน่งทิศทางของผนัง..... | 38 |
| ภาพที่ 4.2 | แสดงแบบจำลองของ Baseline กับ Designcase ที่เพิ่มความหนาผนัง 20,30 ซม. | 41 |
| ภาพที่ 5.1 | แสดงวิธีการดูค่า DSH ในตารางเทียบ Baseline และ Designcase | 101 |
| ภาพที่ 5.2 | แสดงวิธีการเลือกทิศทางในค่า DSH ในตารางเทียบ Baseline และ Designcase ในแต่ละมุมของอาคารสำหรับการเลือกใช้ความหนาผนัง ในบ้านพักอาศัย | 102 |
| ภาพที่ 5.3 | ตารางบางส่วนของทางเลือกใช้ความหนาของวัสดุคอนกรีตบล็อกในบ้านพักอาศัย | 103 |
| ภาพที่ 5.4 | ตารางบางส่วนของทางเลือกใช้ความหนาของวัสดุคอนกรีตบล็อกในบ้านพักอาศัย | 104 |
| ภาพที่ 5.5 | ตารางบางส่วนของทางเลือกใช้ความจุความร้อนจำเพาะของวัสดุคอนกรีตบล็อกในบ้านพักอาศัย..... | 105 |
| ภาพที่ 5.6 | ตารางบางส่วนของทางเลือกใช้ความจุความร้อนจำเพาะของวัสดุคอนกรีตบล็อก | 105 |
| ภาพที่ 5.7 | ตารางบางส่วนของทางเลือกใช้ความหนาแน่นของวัสดุคอนกรีตบล็อกในบ้านพักอาศัย | 106 |
| ภาพที่ 5.8 | ตารางบางส่วนของทางเลือกใช้ความหนาแน่นของวัสดุคอนกรีตบล็อก | 106 |

สารบัญแผนภูมิ

หน้า

| | | |
|-----------------|---|----|
| แผนภูมิที่ 4.1 | แสดงการจัดข้อมูลของการเพิ่มความหนา ในทิศต่างๆ ระหว่าง Baseline กับ Designcase ของวัสดุคอนกรีตบล็อก ในบ้านพักอาศัย..... | 41 |
| แผนภูมิที่ 4.2 | แสดงการเปรียบเทียบค่าการใช้พลังงานเมื่อเพิ่มความหนาผนังในแต่ละทิศ ที่ Baseline 10 ซม. กับ Designcase 20, 30 ซม. ของวัสดุคอนกรีตบล็อก ในบ้านพักอาศัย..... | 42 |
| แผนภูมิที่ 4.3 | แสดงการเปรียบเทียบค่าการใช้พลังงานเมื่อเพิ่มความหนาผนังในแต่ละทิศ ที่ Baseline 10 ซม. กับ Designcase 20, 30 ซม. ของวัสดุคอนกรีตบล็อก ในบ้านพักอาศัย..... | 43 |
| แผนภูมิที่ 4.4 | เปรียบเทียบการใช้ความหนาผนังของคอนกรีตบล็อกในทิศต่างๆ(N,E,S,W) ที่มีผลต่อการ ใช้พลังงานทำความเย็น ในบ้านพักอาศัย | 44 |
| แผนภูมิที่ 4.5 | เปรียบเทียบการใช้ความหนาผนังของคอนกรีตบล็อกในทิศต่างๆ (NE,NW,SE,SW) ที่มีผล ต่อการใช้พลังงานทำความเย็น ในบ้านพักอาศัย..... | 44 |
| แผนภูมิที่ 4.6 | เปรียบเทียบการใช้ความหนาผนังของคอนกรีตมวลเบาในทิศต่างๆ(N,E,S,W) ที่มีผลต่อ การใช้พลังงานทำความเย็น ในบ้านพักอาศัย | 47 |
| แผนภูมิที่ 4.7 | เปรียบเทียบการใช้ความหนาผนังของคอนกรีตมวลเบาในทิศต่างๆ (NE,NW,SE,SW) ที่มี ผลต่อการ ใช้พลังงานทำความเย็น ในบ้านพักอาศัย | 47 |
| แผนภูมิที่ 4.8 | เปรียบเทียบการใช้ความหนาผนังของคอนกรีตบล็อกในทิศต่างๆ(N,E,S,W) ที่มีผลต่อการ ใช้พลังงานปรับอากาศ ในอาคารสำนักงาน..... | 52 |
| แผนภูมิที่ 4.9 | เปรียบเทียบการใช้ความหนาผนังของคอนกรีตบล็อกในทิศต่างๆ(NE,NW,SE,SW) ที่มีผล ต่อการใช้พลังงานปรับอากาศ ในอาคารสำนักงาน..... | 52 |
| แผนภูมิที่ 4.10 | เปรียบเทียบการใช้ความหนาผนังของคอนกรีตมวลเบาในทิศต่างๆ(N,E,S,W) ที่มีผลต่อ การ ใช้พลังงานปรับอากาศ ในอาคารสำนักงาน | 55 |
| แผนภูมิที่ 4.11 | แสดงการใช้ความหนาผนังขนาดต่างๆ ของคอนกรีตมวลเบาในทิศต่างๆ(NE,NW,SE,SW) ที่ส่งผลต่อการ ใช้พลังงานปรับอากาศในแต่ละทิศทาง ในอาคารสำนักงาน..... | 55 |
| แผนภูมิที่ 4.12 | เปรียบเทียบการใช้ความจุความร้อนจำเพาะผนังที่ 1.0 kJ/kg. °C ของคอนกรีตบล็อกใน ทิศต่างๆ(N,E,S,W) ที่มีผลต่อการ ใช้พลังงานทำความเย็น ในบ้านพักอาศัย | 60 |
| แผนภูมิที่ 4.13 | เปรียบเทียบการใช้ความจุความร้อนจำเพาะผนังที่ 1.0 kJ/kg. °C ของคอนกรีตบล็อกใน ทิศต่างๆ(NE,NW,SE,SW) ที่มีผลต่อการ ใช้พลังงานทำความเย็น ในบ้านพักอาศัย..... | 60 |
| แผนภูมิที่ 4.14 | เปรียบเทียบการใช้ความจุความร้อนจำเพาะผนังที่ 1.0 kJ/kg. °C ของคอนกรีตมวลเบาใน ทิศต่างๆ(N,E,S,W) ที่มีผลต่อการ ใช้พลังงานปรับอากาศ ในบ้านพักอาศัย | 63 |

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ประเทศไทยตั้งอยู่บริเวณใกล้เคียงกับเส้นศูนย์สูตร ที่ลองติจูด 14 องศาเหนือ ทำให้มีแนวของดวงอาทิตย์ที่พาดผ่านตลอดทั้งปี ทำให้มีสภาพอากาศที่เป็นเขตร้อนชื้น ดังนั้นรูปแบบทางสถาปัตยกรรม จึงต้องมีความสอดคล้องกับสภาพแวดล้อมดังกล่าว ทั้งรูปแบบการวางผังการใช้สอย รูปลักษณะ วัสดุและวิธีการก่อสร้าง ยิ่งไปกว่านั้นยังต้องเอื้อต่อสภาวะน่าสบายต่อผู้อยู่อาศัย แต่ด้วยสภาพปัจจุบันสถาปนิก รวมถึงผู้ออกแบบ การขาดความเข้าใจในขั้นตอนการออกแบบ ที่ไม่คำนึงถึงสภาพแวดล้อม การก่อสร้างที่ขาดความเข้าใจทั้งเทคนิควิธีและการเลือกใช้วัสดุ ประกอบอาคารที่เหมาะสมกับสภาพอากาศ ส่งผลต่อการถ่ายเทความร้อนที่เป็นผลต่อการใช้พลังงานในอาคาร นอกจากนั้นรูปแบบการใช้ชีวิตที่เปลี่ยนไป ที่ไม่เหมาะสมกับรูปแบบอาคาร เช่น การออกแบบบ้านพักอาศัยที่ให้มีเปลือกอาคารที่มีคุณภาพสูงในการกันความร้อนในช่วงกลางวัน แต่ใช้งานเครื่องปรับอากาศในช่วงกลางคืน เป็นผลทำให้ต้องใช้พลังงานปรับอากาศมากเพื่อนำความร้อนที่เข้ามาสะสมในอาคารตลอดทั้งวันจากความร้อนแหล่งอื่น ทั้งหน้าต่างและหลังคา ซึ่งไม่สามารถถ่ายเทออกไปได้จากเปลือกอาคารเนื่องจากฉนวนคุณภาพสูงที่กันความร้อน

ดังนั้นการออกแบบที่จะช่วยในการลดการใช้พลังงานในอาคารจึงมีส่วนสำคัญอย่างยิ่ง ซึ่งมีหลากหลายวิธีด้วยกัน แต่การเลือกใช้วัสดุประกอบอาคารที่มีประสิทธิภาพและเหมาะสมกับสภาพอากาศ จะมีผลต่อการลดปริมาณการถ่ายเทความร้อนสู่ตัวอาคาร ซึ่งมาจากทฤษฎีที่ว่า คุณสมบัติของวัสดุทั่วไป (ตริ่งใจ บุรณสมภพ, 2539:39) จะสามารถ นำความร้อน พาคความร้อน และการแผ่รังสี จากแหล่งความร้อน คือ ดวงอาทิตย์ ที่มีผลต่อการส่งผ่านความร้อนมายังภายในอาคาร ซึ่งประเทศไทยได้จัดทำกฎหมายอนุรักษ์พลังงาน เพื่อให้เป็นเกณฑ์เบื้องต้นสำหรับการนำไปใช้ในอาคารทั่วไป ว่าด้วยค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนังด้านนอกของอาคาร (overall thermal transfer value, OTTV) (กระทรวงพลังงาน, 2553)โดยมีความสัมพันธ์กับสัดส่วนของพื้นที่ของผนังทึบ กับช่องเปิดอาคาร ซึ่งอยู่ในพื้นที่ในส่วนที่มีการปรับอากาศ

การเลือกใช้วัสดุ ประกอบประเภทบ้านพักอาศัย ซึ่งโดยส่วนใหญ่จะมีอัตราส่วนของหน้าต่างกับผนังทึบ (Window to Wall Ratio, WWR) อยู่ที่ 20-30% (อรรถนัย เศรษฐบุตตร, 2549) ส่วนอาคารสำนักงานจะมีอัตราส่วนของหน้าต่างกับผนังทึบ ในกรณีอาคารราชการอยู่ที่ 40% ส่วนอาคารของเอกชนอยู่ที่ 70-80% (อรรถนัย เศรษฐบุตตร, 2552) ซึ่งนับว่าอัตราส่วนระหว่าง

หน้าต่างกับผนังอาคารนี้เป็นสัดส่วนที่สูง ดังนั้นจึงมีผลอย่างยิ่งต่อการเป็นตัวกลางส่งผ่านความร้อนเข้าสู่อาคาร

ทั้งนี้การก่อสร้างอาคารในปัจจุบันโดยส่วนใหญ่เน้นการก่อสร้างอาคารที่มีเปลือกอาคารที่เหมือนกัน ทุกทิศทาง แต่ในความเป็นจริงแล้วสภาพอากาศและสภาพแวดล้อมในแต่ละทิศย่อมมีผลต่อการถ่ายเทความร้อนเข้าสู่อาคารไม่เท่ากัน ซึ่งจุดนี้ผู้ออกแบบยังขาดองค์ความรู้ที่จะผลานการเลือกเปลือกอาคารที่เหมาะสมในแต่ละทิศทางในการก่อสร้าง ฉะนั้นการวิจัยนี้ จึงมุ่งเลือกวิจัยปัจจัยตัวประกอบผนังที่เหมาะสมกับผนังในแต่ละทิศทาง

โดยที่นี้ตัวแปรที่ประกอบอยู่ในการคำนวณ OTTV อันได้แก่ ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน (U-Value) ค่ามวลอุณหภาพของผนัง (Density Specific Heat Product, DSH)¹ ประกอบด้วย ความหนาแน่นของวัสดุ (Density) ความหนาของวัสดุ (Thickness) ความจุความร้อนจำเพาะ (Specific Heat Capacity) และตัวแปรด้านทิศทางและอุณหภูมิของผนัง คือ ค่าความแตกต่างอุณหภูมิเทียบเท่า (Equivalent Temperature Difference, TD_{eq}) ซึ่งมีความสอดคล้องกันในการคำนวณ OTTV

ดังนั้น หากมุ่งประเด็นที่จะหาความสัมพันธ์ระหว่างคุณสมบัติมวลอุณหภาพผนัง (DSH) กับทิศทางผนัง ตลอดทั้งปี ของผนังอาคารภายนอกที่มีความสอดคล้องกับการคำนวณ OTTV น่าจะทำให้เข้าใจพฤติกรรมของผนังในแต่ละทิศทางที่มีผลต่อการถ่ายเทความร้อนที่เกิดขึ้นภายในอาคารจนส่งผลทำให้เกิดการใช้ปริมาณพลังงานที่แตกต่างกัน

ปัญหาจากงานการทบทวนวรรณกรรมที่ผ่านมา ยังขาดการศึกษาตัวแปรที่เฉพาะเจาะจงลงในมวลอุณหภาพผนัง แต่จะเน้นศึกษาในเชิงการทดลองวัสดุประกอบผนัง ในลักษณะทางกายภาพส่วนใหญ่ เช่น การประเมินประสิทธิภาพผนังอาคารที่มีมวลสารประเภทต่างๆในสภาพภูมิอากาศร้อนชื้น (จอม รำจวนจร, 2548) โดยทำการทดลองกับวัสดุผนังจริง ในสภาวะแวดล้อมที่กำหนดขึ้น ในช่วงเวลาใดเวลาหนึ่ง และทำการเก็บข้อมูลจากอุปกรณ์ที่ติดตั้งบนวัสดุ ทั้งอุณหภูมิ การคายความร้อนของวัสดุซึ่งการทดลองจริง จะทำให้ได้ข้อมูลที่น่าเชื่อถือ และมีความแม่นยำสูง อย่างไรก็ตาม การเก็บข้อมูลเพียงช่วงเวลาใดหนึ่ง ซึ่งไม่สอดคล้องกับการสภาพอากาศจริงตลอดทั้งปีทำให้ได้ค่าที่ไม่สมบูรณ์ ที่จะนำไปชี้วัดประสิทธิภาพของวัสดุ นอกจากนั้นการทดลองไม่สามารถกำหนดสภาวะการใช้งาน ทั้งปัจจัยผู้ใช้อาคาร ระยะเวลาการใช้งานตลอดทั้งวันหรือช่วงเวลาใดเวลาหนึ่ง ซึ่งสิ่งเหล่านี้มีผลต่อการใช้พลังงานในอาคารทั้งสิ้น

¹ DSH คือ มวลอุณหภาพ = ความหนาผนัง (m) x ความหนาแน่นวัสดุผนัง (kg/m³) x ความจุความร้อนวัสดุผนัง (kJ/kg.C) โดยค่านี้มีความสัมพันธ์กับค่าความแตกต่างอุณหภูมิเทียบเท่า (TDeq) ที่มีความสัมพันธ์ในแต่ละทิศทางของเปลือกอาคาร

ส่วนงานวิจัยที่ทำการเก็บข้อมูลโดยการจำลองด้วยคอมพิวเตอร์ (สรณูภา ประวีตระวางกูร, 2543) แม้ว่าจะมุ่งประเด็นการใช้วัสดุมวลสารผนังประกอบอาคารกับการใช้งานและรูปทรงอาคารประเภทต่างๆ ตลอดทั้งปี แต่ก็ยังไม่ได้มุ่งประเด็นในการวิจัยที่เฉพาะเจาะจงลงไปผนังแต่ละทิศทาง ที่สอดคล้องกับแนวการเคลื่อนของดวงอาทิตย์ ที่น่าจะส่งผลต่อการปรับเปลี่ยนวัสดุผนังในแต่ละทิศทางที่รับปริมาณความร้อนไม่เท่ากัน ซึ่งจะช่วยให้อาคารประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้นในการลดการใช้พลังงาน มากกว่าการใช้วัสดุผนังประกอบอาคารชนิดเดียวกันทั้งอาคาร

ดังนั้นการวิจัยในเรื่องการศึกษาปริมาณมวลอุณหภาพของผนังอาคารในทิศทางต่างๆ ที่มีผลต่อการใช้พลังงานในอาคาร จะมุ่งประเด็นไปยังตัวแปร มวลอุณหภาพของผนัง ให้สอดคล้องกับทิศทางของอาคารกับดวงอาทิตย์ตลอดทั้งปี เพื่อนำไปสู่การวิเคราะห์เปรียบเทียบการใช้พลังงาน ความเย็น และนำผลการวิจัยไปพัฒนาเป็นแนวทางในการออกแบบบ้านพักอาศัยและอาคารสำนักงาน ที่สามารถนำไปประยุกต์กับการคำนวณ OTTV ได้

1.2 วัตถุประสงค์

1. ศึกษาตัวแปรของมวลอุณหภาพผนัง ที่มีผลต่อการลดการใช้พลังงานภายในอาคาร
2. ศึกษาทิศทางของมวลอุณหภาพผนัง ที่มีผลต่อการลดการใช้พลังงานภายในอาคาร
3. กำหนดแนวทางการใช้มวลอุณหภาพของผนัง ที่เหมาะสมในแต่ละทิศทาง ที่มีผลต่อการใช้พลังงานในอาคาร

1.3 ขอบเขตของการศึกษา

1. ศึกษาวัสดุในการส่งผ่านความร้อน โดยดูตัวแปรประกอบมวลสารอุณหภาพผนัง เช่น ความหนาแน่นของวัสดุ (Density) ความหนาของวัสดุ (Thickness) ความจุความร้อนจำเพาะ (Specific Heat Capacity) ส่วนค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวม (U-value) จะกำหนดกรอบการจำลองไว้

2. ศึกษาเฉพาะวัสดุประกอบผนังที่มีลักษณะที่บดบังแสง ของเปลือกอาคารเท่านั้น โดยเป็นวัสดุผนังชั้นเดียว (Homogeneous wall) มีที่ทิศทางตั้งฉากกับพื้น ส่วนตัวโครงสร้างอาคารและวัสดุโปร่งแสงและโปร่งใสจะไม่ทำการศึกษา

3. ขอบเขตที่ทำการศึกษาทิศทางของอาคารประกอบด้วย ทิศเหนือ ทิศใต้ ทิศตะวันออก ทิศตะวันตก ทิศตะวันออกเฉียงเหนือ ทิศตะวันออกเฉียงใต้ ทิศตะวันตกเฉียงเหนือ ทิศตะวันตกเฉียงใต้ โดยอ้างอิงจากตารางเทียบ ค่าความแตกต่างอุณหภูมิเทียบเท่า (Equivalent Temperature Difference, TD_{eq}) ในสูตรการคำนวณ OTTV

4. ศึกษาและทำการจำลองผลในเขตกรุงเทพมหานคร กับประเภทบ้านพักอาศัย และอาคารสำนักงานที่อยู่ในรอบเขตใกล้เคียงกรุงเทพมหานครและปริมณฑล

5. ศึกษาและทำการจำลองประเภทอาคารต่างๆด้วยลักษณะจำแนกเวลาการใช้งานของอาคาร โดยอิงกับรูปทรงและรูปแบบการใช้งานจริงที่ทำการวิเคราะห์แล้ว

6. การวัดประสิทธิภาพในการใช้พลังงาน จะอยู่ในกรอบของการใช้พลังงานเพื่อความยั่งยืนเท่านั้น ส่วนที่เกี่ยวข้องกับการใช้พลังงานชนิดอื่นจะไม่ทำการศึกษา

1.4 ระเบียบวิธีการศึกษา

1. ศึกษาทฤษฎีและงานวรรณกรรมที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย

ศึกษาตัวแปรที่มีผลต่อการถ่ายเทความร้อนเข้าสู่อาคาร รวมทั้งรูปแบบทิศทางที่มีผลต่อการใช้พลังงาน การกำหนดค่าต่างๆที่อ้างอิงจากการคำนวณ OTTV

2. ทำการกำหนดตัวแปร ในการจำลองผลอันได้แก่ ตัวประกอบมวลอุณหภูมิของผนัง ทิศทางผนังทั้ง 8 ทิศ และประเภทวัสดุที่ใช้ก่อสร้าง

3. กำหนดสภาวะการใช้งานอาคาร รวมถึงการควบคุมการใช้เครื่องปรับอากาศ ได้แก่ บ้านพักอาศัย และ อาคารสำนักงาน

4. ทำการจำลองผลด้วยโปรแกรม Visual DOE 4.0 โดยแบ่งเป็นบ้านพักอาศัย และอาคารสำนักงาน โดยทำการเปลี่ยนค่าตัวประกอบของมวลอุณหภูมิผนัง (ความหนา, ความหนาแน่น, ความจุความร้อนจำเพาะ)

5. วิเคราะห์ผลจากข้อมูล ประเมินประสิทธิภาพในแต่ละปัจจัยของมวลอุณหภูมิผนัง

6. สรุปผลการจำลองทั้งหมดและเสนอแนวทางในการกำหนดการใช้ผนังมวลสารประเภทต่างๆ ในแต่ละทิศทางที่มีผลการใช้พลังงานภายในอาคาร

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ทราบถึงตัวแปรของมวลอุณหภูมิผนังที่มีผลต่อการลดการใช้พลังงานภายในอาคาร

2. ได้ข้อมูลรูปแบบมวลอุณหภูมิ ที่ส่งผลต่อการใช้งานพลังงานในอาคาร ซึ่งสอดคล้องกับทิศทางที่ตั้ง สภาพอากาศ และการใช้สอย

3. นำเสนอแนวทางในการใช้มวลอุณหภูมิที่ลดการใช้พลังงานภายในอาคาร ในแต่ละทิศทาง

ตารางที่ 1.1 แสดงความสัมพันธ์ของวัตถุประสงค์งานวิจัย วิธีการศึกษาและประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

| วัตถุประสงค์ | วิธีการศึกษา | ประโยชน์ |
|---|---|--|
| 1) ศึกษาตัวแปรของ มวลอุณหภูมิมวล ที่มีผลต่อการลดการใช้พลังงานภายในอาคาร | 1) ทบทวนวรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง | 1) ทราบถึงตัวแปรของมวลอุณหภูมิมวลที่มีผลต่อการลดการใช้พลังงานภายในอาคาร |
| | 2) นำตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับมวลสารผนัง มาทำการจำลอง และดูผลการลดการใช้พลังงานภายในอาคาร | |
| 2) ศึกษาทิศทางของ มวลอุณหภูมิมวล ที่มีผลต่อการลดการใช้พลังงานภายในอาคาร | 3) ทำการจำลองผล โดยการนำตัวแปรของมวลอุณหภูมิมวล มาจำลองในแต่ละทิศทาง ที่สอดคล้องกับพื้นที่การใช้งาน | 2) ได้ข้อมูลรูปแบบมวลอุณหภูมิมวล ที่ส่งผลต่อการใช้งานพลังงานในอาคาร ซึ่งสอดคล้องกับทิศทางที่ตั้งสภาพอากาศ และการใช้สอย |
| 3) กำหนดแนวทางการใช้ มวลอุณหภูมิมวลของผนัง ที่เหมาะสมในแต่ละทิศทาง ที่มีผลต่อการใช้พลังงานในอาคาร | 4) นำผลจากการวิเคราะห์ ทำเป็นข้อมูล ในการจำลองในอาคาร | 3) นำเสนอแนวทางในการใช้ มวลอุณหภูมิมวลที่ลดการใช้พลังงานภายในอาคาร ในแต่ละทิศทาง |
| | 5) สรุปผลการจำลองทั้งหมด และเสนอแนวทางในการกำหนดการใช้มวลอุณหภูมิมวลของผนัง ในแต่ละทิศ ที่ลดการใช้พลังงาน | |

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในบทนี้จะกล่าวถึง แนวคิดและ ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย การศึกษาปริมาณมวล อุณหภูมิของผนังภายนอกอาคารในทิศทางต่างๆ ที่มีผลต่อการใช้พลังงานในอาคาร ในเขตร้อนชื้น ซึ่งประกอบด้วยทฤษฎีการถ่ายเทความร้อน ของวัสดุ ทฤษฎีและงานวิจัยการใช้วัสดุผนังที่ประกอบอาคาร ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการออกแบบประหยัดพลังงาน และ ทฤษฎีกับกฎหมายที่เกี่ยวข้องเกี่ยวกับตัวแปรของผนังที่บ ว่าด้วยค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนังด้านนอกของอาคาร (overall thermal transfer value, OTTV)

2.1 ทฤษฎีการถ่ายเทความร้อน

โดยทั่วไปความร้อนจากภายนอกที่มาจากแหล่งกำเนิดจากดวงอาทิตย์ จะมาในรูปแบบรังสีดวงอาทิตย์ (Extraterrestrial Solar Radiation) สู่พื้นผิวโลก ส่วนหนึ่งจะถูกสะท้อนกลับไป และส่วนที่เรื่อยๆจะเคลื่อนเข้ามาสู่ชั้นบรรยากาศ โดยบางส่วนจะถูกกระเจิง (Scatter) และดูดกลืน (Absorption) โดยโมเลกุลของอากาศ ไอน้ำ และฝุ่นละอองส่วนความร้อนที่เหลือจะส่งสู่พื้นผิวโลกซึ่งจะมีทั้งสะท้อนกลับสู่ชั้นบรรยากาศและถูกดูดกลืนไว้ ซึ่งความร้อนที่สะสมไว้จากการดูดกลืนจะทำให้พื้นผิวโลกมีอุณหภูมิสูงขึ้นและจะพยายามถ่ายเทเข้าสู่สิ่งแวดล้อม รวมถึงการถ่ายเทสู่ตัวอาคารด้วยเช่นกัน โดยมีการถ่ายเทความร้อน 3 แบบ คือ การนำความร้อน การพาความร้อน และการแผ่รังสี

2.1.1 การนำความร้อน (Conduction)

คือ เป็นการถ่ายเทความร้อนผ่านตัวกลางหรือมวลวัตถุ เช่นการถ่ายเทความร้อนที่ผ่านผนังหรือกำแพง ซึ่งปริมาณความร้อนที่ถ่ายเทผ่านวัสดุโดยการนำความร้อนขึ้นกับสภาพนำความร้อน (Thermal Conductivity) ของวัสดุ ซึ่งปัจจัยที่มีผลในการนำความร้อนยังขึ้นกับ (1) ความหนาแน่นของวัสดุ (2) ความชื้นของวัสดุ (3) ความแตกต่างของอุณหภูมิผิวทั้ง 2 ด้าน (4) ความหนาของวัสดุ (5) ระยะเวลาในการสัมผัสกับความร้อน (พุทธิพันธ์ สวัสดิ์รัตนธรรม ,2550:15)

ดังนั้นเปลือกอาคารทั้งหมดจึงเป็นสื่อกลางในการนำความร้อนสู่อาคาร หากทำการก่อสร้างอาคารอนุรักษ์พลังงาน การดูปัจจัยของค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน (U-value) จึงมีความสำคัญ ดังนั้นการเลือกวัสดุที่มีค่าการส่งผ่านความร้อนต่ำจะช่วยลดปริมาณการนำความร้อนเข้าสู่อาคาร

2.1.2 การพาความร้อน (Convection)

การถ่ายเทความร้อนโดยมีอากาศเป็นตัวกลางในการพาความร้อน ซึ่งจะเกิดได้ในกรณีทั้งการถ่ายเทความร้อนจากวัสดุออกมาจากผนัง ทำให้อากาศโดยรอบร้อนขึ้น ส่งผลให้อากาศร้อนซึ่งมีความหนาแน่นต่ำ มีมวลเบา ก็จะลอยตัวสูงขึ้น อากาศที่เย็นก็จะหมุนเวียนเข้ามาแทนที่ทำให้เกิดการไหลเวียนของอากาศ

การพาความร้อนสามารถแบ่งออกได้เป็น 1)การพาความร้อนแบบอิสระโดยธรรมชาติ ซึ่งอาศัยความแตกต่างของความหนาแน่น ของไหลจากผลของการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ 2)การพาความร้อนแบบบังคับ โดยใช้แรงภายนอกมาบังคับการเคลื่อนที่ของของไหลที่เคลื่อนผ่านพื้นที่ผิวที่มีอุณหภูมิต่างกัน สำหรับกรณีที่มีลมมีความเร็วมากกว่า 4-5 กิโลเมตรต่อชั่วโมง

2.1.3 การแผ่รังสี (Radiation)

การถ่ายเทความร้อนโดยการแผ่รังสี ในลักษณะของรูปแบบคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า ผ่านอากาศและสุญญากาศ (Electromagnetic Waves) เช่น ความร้อนจากดวงอาทิตย์แผ่รังสีมายังผิวโลกและตัวอาคารโดยตรง รวมถึงจากรังสีความร้อนคลื่นยาวที่แผ่มาจากวัตถุ หรือสิ่งแวดล้อมโดยรอบ

การถ่ายเทความร้อนโดยการแผ่รังสีของวัสดุจะขึ้นอยู่กับปัจจัย 4 ประการ

- 1 .ความสามารถในการดูดซับรังสีความร้อน (Absorptivity)
2. ความสามารถในการสะท้อนรังสีความร้อน (Reflectivity)
3. ความสามารถในการแผ่รังสีความร้อน (Emissivity)
4. ความสามารถในการส่งผ่านรังสีความร้อน (Transitivity)

(สวิชาญา ดาวประกายมงคล, 2552: 16)

การถ่ายเทความร้อนโดยการแผ่รังสีจากดวงอาทิตย์ จะมีผลต่อวัสดุประกอบอาคาร โดยมากน้อยขึ้นอยู่กับลักษณะพื้นผิว สี ที่สามารถดูดซับและสะท้อนรังสี สัมประสิทธิ์การดูดกลืนรังสี (Absorptivity) มีค่า 0.0 – 1.0 โดยวัสดุที่ดูดกลืนรังสีได้ทั้งหมดจะมีสภาพดูดกลืนทั้งหมด เท่ากับ 1.0 และจะลดลงเรื่อยๆจนถึง 0.0 เมื่อวัสดุนั้นมีประสิทธิภาพการสะท้อนรังสีที่กระทบทั้งหมด เรียกว่า สภาพสะท้อน (Reflectivity)

2.2 คุณสมบัติทางกายถ่ายเทความร้อนของวัสดุก่อสร้าง

2.2.1 ค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อน

ค่าการนำความร้อน เป็นค่าที่บอกความสามารถในการนำความร้อนของวัสดุแต่ละชั้น ซึ่งวัดค่าในรูปของอัตราปริมาณความร้อนที่ไหลผ่านหน้าตัดของพื้นที่ผิวหน่วย จากอุณหภูมิที่แตกต่างกันฝั่งหนึ่งไปอีกฝั่งหนึ่งของวัสดุ เรียกว่า ค่า K (K-value) มีหน่วย คือ $W/m^2 \cdot ^\circ C$

2.2.2 ค่าความต้านทานความร้อน (Thermal resistance)

ค่าความต้านทานความร้อน เป็นค่าที่บอกอัตราส่วนระหว่างความหนาของวัสดุตามแนวของปริมาณความร้อนที่ไหลผ่านกับความสามารถในการนำความร้อนของวัสดุ (K-value) โดยอัตราส่วนนี้คือค่าที่แสดงประสิทธิภาพของวัสดุในการเป็นฉนวนกันความร้อน เรียกว่า ค่า R (R-value) มีหน่วยเป็น $m^2 \cdot ^\circ C / W$ ดังนั้นจากกล่าวได้ว่าหากมีค่า R มากเท่าใด วัสดุชิ้นนั้นจะมีลดปริมาณการส่งถ่ายความร้อนก็ได้มากเท่านั้น ซึ่งค่าการต้านทานความร้อน หรือ ค่า R สามารถคำนวณได้จาก

$$R = \Delta X / k$$

เมื่อ R = ค่าการต้านทานความร้อน ($m^2 \cdot ^\circ C / W$)
 ΔX = ความหนาของวัสดุที่นำมาพิจารณา
 k = ค่าการนำความร้อน ($W/m^2 \cdot ^\circ C$)

2.2.3 ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวม (U-Value)

คือ ผลรวมของอัตราส่วนกลับของของค่าความต้านทานความร้อน (R-value) ซึ่งค่านี้รวมวัสดุที่ประกอบผนังในชั้นนั้นทั้งหมด ในกรณีของผนังทึบ จะรวมตั้งแต่ ความร้อนของฟิล์มอากาศภายนอก วัสดุฉนวนภายนอก ค่าวัสดุประกอบผนัง (อิฐ, คอนกรีต, ไม้) วัสดุฉนวนกันความร้อน วัสดุฉนวนภายใน และความร้อนของฟิล์มอากาศภายใน กล่าวได้ว่า การศึกษาการนำความร้อนของวัสดุ หากเป็นกรณีของกระจก จะรวมตั้งแต่ ค่าความร้อนของฟิล์มอากาศภายนอก วัสดุกระจก และค่าความร้อนของฟิล์มอากาศภายใน

$$U = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \dots + \frac{1}{R_n}$$

R คือ ค่าความต้านทานความร้อนของวัสดุ ($W/m^2 \cdot ^\circ C$)

R_n คือ ค่าความต้านทานความร้อนของวัสดุ ลำดับที่ n

U คือ ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวมของวัสดุ ($m^2 \cdot ^\circ C / W$)

2.2.4 ค่าความจุความร้อนจำเพาะ (Specific Heat Capacity)

ค่าความจุความร้อนจำเพาะ คือ เป็นค่าที่บอกความสัมพันธ์ระหว่างความร้อนและอุณหภูมิ โดยปริมาณความร้อนที่ทำให้วัสดุหนึ่งหน่วยปริมาตร ที่ทำให้มวลหนึ่งหน่วยมีอุณหภูมิเพิ่มขึ้น 1 องศา โดยมีหน่วยเป็น Cal/g·°C หรือ J/kg·°C

$$\Delta Q = mc\Delta T$$

c คือค่าความจุความร้อนจำเพาะ (J/ kg·°C)

m คือจำนวนมวล (kg)

ΔQ คือความร้อนที่ให้แก่วัตถุ (J)

ΔT คืออุณหภูมิของวัตถุที่เปลี่ยนไป (°C)

ค่าความจุความร้อนของแต่ละวัสดุ จะสามารถ เก็บสะสมความร้อนไว้ในวัสดุ หรือกล่าวได้ว่า เป็นตัวการที่ชะลอการถ่ายเทความร้อนตามระยะเวลาที่วัสดุนั้นจะสามารถทำได้ ดังนั้น การเลือกค่าความจุความร้อนไปใช้นั้น จะขึ้นอยู่กับปัจจัยอื่นๆ ว่าต้องการหน่วงเหนี่ยวการพาความร้อนไว้นานเท่าใด (Time lag) หากต้องการลดการถ่ายเทความร้อนมากในช่วงกลางวัน การใช้ความจุความร้อนมากจะช่วยหน่วงเหนี่ยวให้ความร้อนอยู่สะสมนานจนไปถึงกลางคืน ในกรณีที่ใช้งานอาคารตอนกลางวัน ซึ่งเหมาะกับสภาพอากาศที่ แตกต่างกันมากๆ และในทางกลับกัน หากต้องการให้ ต้องการถ่ายเทความร้อนอย่างรวดเร็ว ก็ใช้วัสดุที่มีความจุความร้อนต่ำ เหมาะกับในสภาพอากาศที่มีความใกล้เคียงกันตลอดทั้งวัน และใช้งานตลอดทั้งวัน (กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, 2555)

2.2.5 คุณสมบัติของพื้นผิววัสดุที่เกี่ยวข้องกับการแผ่รังสี

พฤติกรรมการแลกเปลี่ยนรังสีความร้อนของพื้นผิววัสดุที่ตันประกอบด้วย 3 แบบ (สรญา ประวิตะรางกูร, 2543: 8) ได้แก่ การดูดกลืนรังสีของพื้นผิววัสดุ (Surface absorptivity), การสะท้อนรังสีของพื้นผิววัสดุ (Surface reflectivity) และการคายรังสีของพื้นผิววัสดุ (Surface emissivity) ซึ่งทั้งนี้ขึ้นลักษณะของพื้นผิววัสดุ สี ลักษณะตำแหน่งของวัสดุ รวมถึงความยาวคลื่นที่ตกกระทบ

การดูดกลืนรังสีของวัสดุ ขึ้นกับคุณสมบัติของพื้นผิววัสดุ อันได้แก่ สี หรือวัสดุเคลือบผิว ซึ่งก็คือค่า สัมประสิทธิ์การดูดกลืนรังสี (Absorptivity) มีค่า 0.0 – 1.0 โดยวัสดุที่ดูดกลืนรังสีได้ทั้งหมดจะมีสภาพดูดกลืนทั้งหมด เท่ากับ 1.0 และจะลดลงเรื่อยๆจนถึง 0.0 เมื่อวัสดุนั้นมีประสิทธิภาพการสะท้อนรังสีที่กระทบทั้งหมด เรียกว่า สภาพสะท้อน (Reflectivity) โดยผลรวมของค่าสัมประสิทธิ์ของทั้งการดูดกลืนรังสีและสะท้อนรังสีจะมีค่าเท่ากับหนึ่ง

ยกตัวอย่างเช่น วัตถุที่มีสีขาว หรือ สีอ่อน ซึ่งจะมีการสะท้อนความร้อนออกมาค่อนข้างสูงค่า สัมประสิทธิ์การดูดกลืนรังสีก็จะต่ำ แต่ถ้าหากเป็นวัตถุมีสีเข้ม หรือ ค่อนข้างดำ ก็จะมีการสะท้อนความร้อนต่ำซึ่งทำให้ตัววัตถุเองจะดูดกลืนความร้อนไว้สูง ดังนั้นค่าสัมประสิทธิ์การดูดกลืนก็จะสูงตามไปด้วย (ตริ่งใจ บุญสมภพ, 2539: 32)

2.3 ปัจจัยที่ส่งผลต่อประสิทธิภาพทางความร้อนของมวลสาร

2.3.1 การจัดวางตำแหน่งผนังมวลสารภายนอกอาคาร

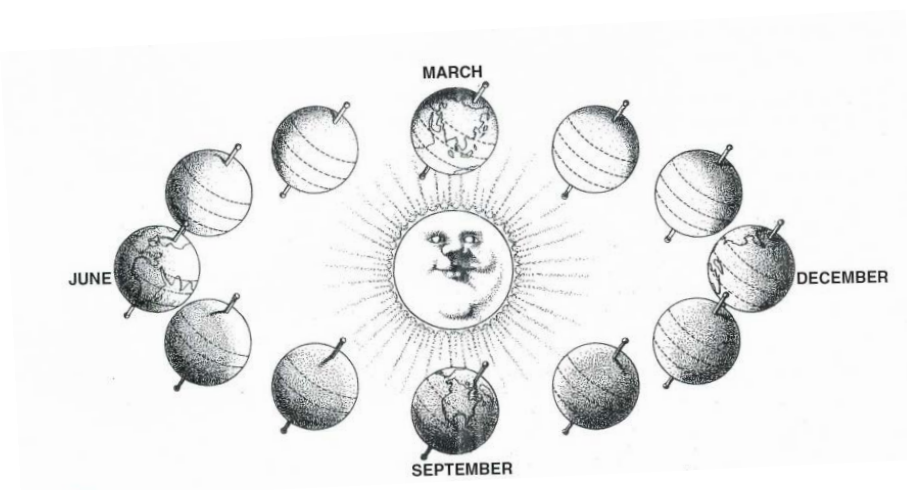
ลักษณะการวางทิศทางผนังมวลสาร จะขึ้นอยู่กับการวางตัวอาคารที่มีทิศทางสอดคล้องกับตำแหน่งของดวงอาทิตย์ ซึ่งมีผลกระทบโดยตรงกับสภาพแวดล้อม ที่ตั้ง และ อาคาร โดย แยกเป็น 2 ปัจจัย คือ พลังงานแสงอาทิตย์ (Solar Radiation) ที่ถูกแผ่ลงมายังโลก และ วงโคจรของดวงอาทิตย์ (Solar Geometry) (ธนิต จินดาวณิก, 2540: 26)

พลังงานจากแสงอาทิตย์ (Solar Radiation)

โดยปกติแล้ว ดวงอาทิตย์จะแผ่รังสี โดยตรงสู่โลก (Direct Radiation) แต่เมื่อมาถึงชั้นบรรยากาศ จะถูกฝุ่นละออง ละอองน้ำ ทำให้รังสีดวงอาทิตย์กระจายตัวไปในท้องฟ้า (Diffuse Radiation) ซึ่งพลังงานความร้อนที่เข้ามาจะถูกกระจายไปโดยรอบในสภาพแวดล้อม ตกกระทบบริเวณโดยรอบอาคาร นอกเหนือจากรังสีที่มาจากดวงอาทิตย์สู่ตัวอาคาร ซึ่งในสภาพอากาศของประเทศไทย ที่มีความร้อนชื้น มีเมฆ และละอองน้ำมาก การกระจายตัวมากขึ้น ดังนั้นการออกแบบอาคารและเลือกเปลือกอาคาร คำนี้ถึงความร้อนที่เข้าอาคารโดยตรง รวมถึง ถึงการเลือกที่ตั้ง อาคารข้างเคียง สภาพแวดล้อมที่มีผลต่อการสะท้อนความร้อน (Reflected Radiation) เข้าสู่อาคาร ทั้งจากการสะท้อนของผนัง และ หลังคา

วงโคจรของดวงอาทิตย์ (Solar Geometry)

ทิศทางการขึ้นและตกของดวงอาทิตย์ตลอดปีมีอิทธิพลต่อการออกแบบอาคาร ตั้งแต่การวางตำแหน่งอาคาร สัดส่วนของพื้นที่ผิวอาคารต่อพื้นที่อาคารทั้งหมด โดยลักษณะภูมิประเทศของไทย ตั้งอยู่เหนือเส้นศูนย์สูตรที่ ละติจูด 14 การโคจรของดวงอาทิตย์จะมีลักษณะอ้อมได้ ดังนั้น ทั้งแสงธรรมชาติ (Daylight) และ การแผ่รังสีโดยตรงของดวงอาทิตย์ (Direct Radiation) จะมีมากในทางทิศใต้มากกว่าทางทิศเหนือ เพราะเนื่องจากช่วงเวลาตลอดทั้งปี ที่ดวงอาทิตย์โคจรจะทำมุมกับโลกและที่ตั้งอาคาร



ภาพที่ 2.1 แสดงการโคจรของโลกรอบดวงอาทิตย์ ในแต่ละช่วงของปี (Marzia, 1979)

2.3.2 คุณสมบัติทางความร้อนของวัสดุ

วัสดุที่สามารถกักเก็บความร้อนไว้ได้มากจะมีคุณสมบัติดังนี้คือ มีค่าความหนาแน่นมาก (ρ), มีค่าความจุความร้อนจำเพาะมาก (C), มีค่าการนำความร้อนสูง (λ) ส่วนค่าของ Thermal diffusivity ซึ่งมีค่าเท่ากับ λC (หรือ $\lambda \rho S$ เมื่อ S คือค่าความจุความร้อนจำเพาะของวัสดุ) จะเป็นตัวแปรหนึ่งที่ควบคุมการถ่ายเทความร้อนภายในเนื้อวัสดุโดยวัสดุที่มีค่า Thermal diffusivity สูงจะมีประสิทธิภาพในการกักเก็บความร้อนตามวัฏจักรของช่วงเวลา (cycle) ได้ดีกว่าวัสดุที่มีค่า Thermal diffusivity น้อย

$$m = \rho V$$

ρ คือ ความหนาแน่นของวัสดุ (kg/m^3)

m คือ มวลรวมของวัสดุ (kg)

V คือ ปริมาตรรวมของวัสดุ (m^3)

2.3.3 อิทธิพลของวัสดุประกอบมวลสารผนัง

การเลือกใช้มวลสารของผนัง มีส่วนสำคัญต่อพฤติกรรมถ่ายเทความร้อนของผนังสู่ภายในอาคาร การเลือกใช้มวลสารที่เหมาะสมจะช่วยลดการใช้พลังงานความเย็นลงได้ ในอาคารที่ใช้การทำความเย็นเป็นส่วนหลัก เนื่องมาจากวัสดุสามารถจุความร้อนลงในตัวมันได้ หรือมีคุณสมบัติในการหน่วงความร้อน (Thermal Mass) โดยยอมให้ความร้อนผ่านแต่ทิ้งช่วงเวลาหนึ่งก่อนที่จะส่งผ่านไป ซึ่งเรียกว่า เวลาที่หน่วงความร้อน (Time lag) และช่วงเวลาหน่วงความร้อนจะมากขึ้นตามความหนาของผนัง ตัวอย่างที่ชัดเจน คืออาคารก่ออิฐในสมัยโบราณ เพราะวัสดุอิฐมี

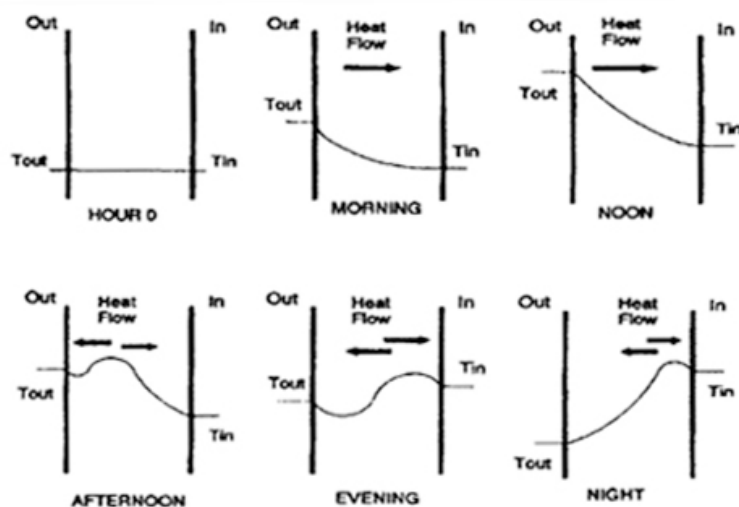
ความหนาและมีความหนาแน่นสูง ดังนั้นจึงเป็นวัสดุที่ช่วยในการหน่วงความร้อนในตอนกลางวัน ที่ร้อนจัด และจะถ่ายออกในเวลากลางคืน ซึ่งช่วยในการสร้างความเย็นให้กับอาคารในช่วงกลางวันที่มีแดดร้อนจัด และช่วยให้อาคารอบอุ่นขึ้นในช่วงเวลากลางคืนในสภาวะแวดล้อมมีอุณหภูมิต่ำ

ตารางที่ 2.1 แสดงค่าช่วงเวลาที่ความร้อนไหลผ่านวัสดุ (ตริ่งใจ บูรณสมภพ, 2539:39)

| วัสดุ | ความหนา(นิ้ว) | U-value (w/m ² -°C) | Time-lag (hours) |
|---------------------|---------------|--------------------------------|------------------|
| อิฐ | 4 | 0.61 | 2 ½ |
| | 8 | 0.41 | 5 ½ |
| | 12 | 0.31 | 8 ½ |
| คอนกรีต(ผสมแล้ว) | 4 | 0.85 | 2 ½ |
| | 8 | 0.67 | 5 |
| | 12 | 0.55 | 8 |
| แผ่นฉนวนกันความร้อน | 2 | 0.16 | 40 mins. |
| | 4 | 0.09 | 3 |
| ไม้ | ½ | 0.68 | 10 mins. |
| | 1 | 0.47 | 25 mins. |
| | 2 | 0.3 | 1 |

นอกจากนี้ลักษณะการพาความร้อนจากผนังมวลสาร มีผลกระทบต่อสภาวะน่าสบาย (Thermal Comfort) ว่าอุณหภูมิอากาศและความชื้นสัมพัทธ์อยู่ในช่วงสภาวะน่าสบายก็ตาม แต่ถ้าหากอุณหภูมิมบนพื้นผิวโดยรอบห้องมีอุณหภูมิสูงกว่า อุณหภูมิเฉลี่ยของพื้นที่ผิวโดยรอบ MRT (Mean Radiant Temperature) ผู้ใช้อาคารก็จะรู้สึกร้อนได้ ซึ่งค่า MRT นี้มีผลต่อความรู้สึกทางด้านอุณหภูมิได้มากถึง 40% ซึ่งในกรณี MRT สูงเพิ่มขึ้น 1 °C จะต้องลดอุณหภูมิอากาศลง 1.4 °C หรือ MRT ลดลง 1 °C จะต้องเพิ่มอุณหภูมิอากาศลง 1.4 °C เพื่อให้ได้ความรู้สึกร้อนหนาว (Thermal Sensation) เหมือนเดิม (ธนิต จินดาวณิก, 2540: 41)

2.4 พฤติกรรมการถ่ายเทความร้อนในผนังมวลสาร

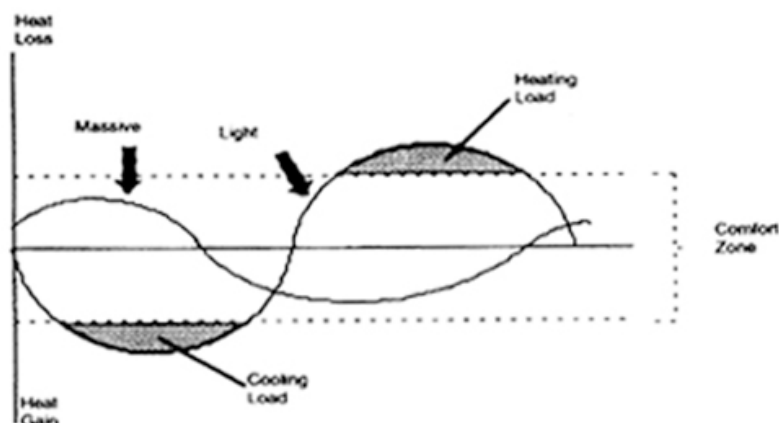


ภาพที่ 2.2 ภาพแสดงพฤติกรรมการถ่ายเทความร้อนผ่านวัสดุผนัง

ที่มา : Passive Cooling of Building, p.187

จากภาพที่ 2.2 แสดงให้เห็นถึงการเปลี่ยนแปลงของการถ่ายเทความร้อนผ่าน ส่วนของผนังระหว่างภายนอกกับภายในอาคาร จะพบว่า ผนังภายนอก ในช่วงเวลากลางวันอุณหภูมิเปลือกอาคารจะสูงขึ้นจะถึงช่วงบ่ายจนอุณหภูมิลด จนถึงเวลาช่วงกลางคืน เนื่องจากความร้อนจากดวงอาทิตย์ที่แผ่รังสีมาสู่ตัวอาคาร ซึ่งในแต่ละช่วงเวลา การถ่ายเทความร้อนจะผ่านผนังเข้าไปอย่างต่อเนื่อง โดยผนังภายใน ในช่วงเที่ยงคืนจะมีอุณหภูมิต่ำ จนเมื่อเริ่มมีการถ่ายเทความร้อนจากดวงอาทิตย์ในช่วงเช้า ความร้อนจะเข้าสู่ตัวผนังมีการถ่ายเทความร้อนเกิดขึ้น (สังเกตจากเส้นกราฟ) โดยอุณหภูมิจะสูงขึ้นเรื่อยๆ จนกระทั่งเมื่อเข้าสู่ช่วงบ่าย – เย็น อุณหภูมิระหว่างผนังภายนอกและภายในจะเท่ากัน เกิดดุลยภาพทางความร้อน (Thermal balance) แต่เมื่อเข้าสู่ช่วงกลางคืนความอบอุ่นที่ถูกระงับในผนังและภายในอาคาร จะถ่ายเทกลับสู่ภายนอกอาคาร เมื่อความอบอุ่นจะดวงอาทิตย์หมดลง

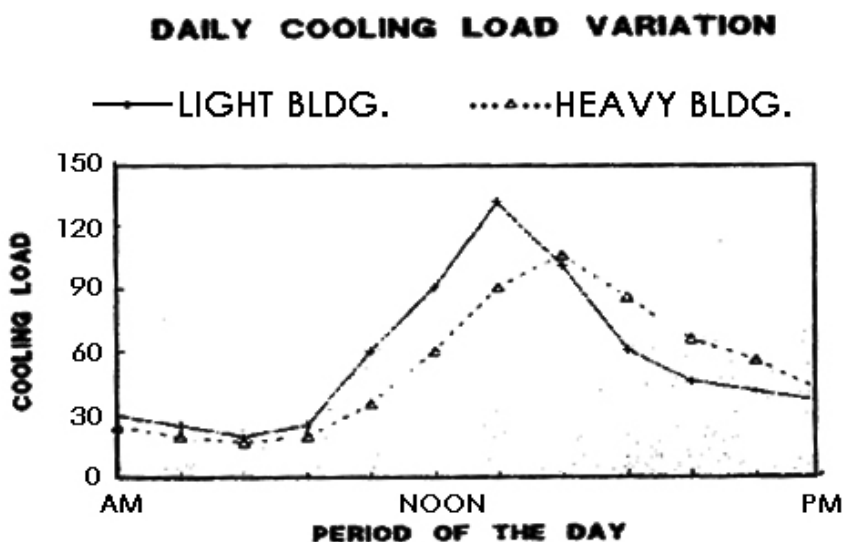
ดังนั้นวัสดุที่จะถูกนำมาใช้ผนังเปลือกอาคาร ย่อมจะต้องมีการสะสมความร้อนและถ่ายเทความร้อนในลักษณะนี้ ซึ่งเป็นปรากฏการณ์ที่เป็นวงจรตลอดทั้งวัน และโดยสภาพอากาศภายในอาคารประเภทเขตร้อนชื้น ย่อมมีอุณหภูมิค่อนข้างสูงทั้งภายในและภายนอก การปรับอากาศภายในอาคารจึงมีความจำเป็น ฉะนั้นความสอดคล้องในการเลือกใช้วัสดุประกอบผนังอาคารที่ช่วยลดการเหนี่ยวนำความร้อน เพื่อลดอุณหภูมิภายในอาคารในแต่ละช่วงเวลาที่เหมาะสมทั้งกลางวันและกลางคืนที่จะส่งผลต่อการลดการใช้พลังงานจากเครื่องปรับอากาศจึงย่อมเป็นปัจจัยสำคัญในการช่วยลดการใช้พลังงานโดยรวมของอาคาร



ภาพที่ 2.3 แสดงการเปรียบเทียบ Cooling Load ของอาคารมวลสารมากและมวลสารน้อย

ที่มา : Passive Cooling of Building, p.187

จากภาพที่ 2.3 แสดงถึงการถ่ายเทความร้อนในการใช้มวลสารมาก (Massive) ก็กับการใช้มวลสารน้อย (Light) ที่ส่งผลต่อการสะสมความร้อน (Heat Gain) และการสูญเสียความร้อน (Heat Loss) ในช่วงเวลาตลอดทั้งวันของสภาวะน่าสบาย (Comfort zone) จากกราฟจะสังเกตได้ว่า การใช้ผนังมวลสารมาก จะทำให้การถ่ายเทความร้อนตลอดวันจะอยู่ในกรอบของสภาวะน่าสบาย จะมีความร้อนสะสมน้อยในช่วงเช้าและจะมีความร้อนสะสมน้อยในช่วงเย็น แต่ถ้าหากเลือกใช้ผนังมวลสารน้อย การถ่ายเทความร้อนจะมากเกินไปขอบเขตน่าสบาย ถ้าหากในช่วงเช้าของวันความร้อนจะถูกถ่ายเทเข้าสู่อาคารมากเกินไปขอบเขตสภาวะน่าสบาย จึงต้องใช้ระบบปรับอากาศเข้ามาช่วย แต่ในช่วงเย็นความร้อนจะถูกถ่ายเทออกไปมาก จำเป็นต้องใช้ระบบทำความร้อนเข้ามาช่วย เพื่อให้อยู่ในสภาวะน่าสบาย (สรญา ประวิตะวางกูร, 2543:11)



ภาพที่ 2.4 แสดงการเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงของระบบปรับอากาศที่ผ่านเข้ามาของอาคารมวลสารน้อย และมวลสารมากในช่วงเวลา 1 วัน

ที่มา : Passive Cooling of Building, p.189

จากภาพที่ 2.4 สังเกตจากกราฟ การใช้ผนังมวลสารมาก (Heavy bldg.) จะมีค่าการใช้พลังงานทำความเย็นต่ำกว่าการใช้ผนังมวลสารน้อย (Light bldg.) ในช่วงเวลากลางวัน แต่ในทางกลับกันช่วงเวลากลางคืน ผนังมวลสารมากจะใช้พลังงานทำความเย็นสูงกว่าใช้ผนังมวลสารน้อย เนื่องจากการเก็บความร้อนสะสมจากช่วงเวลากลางวันมาถึงช่วงเย็น

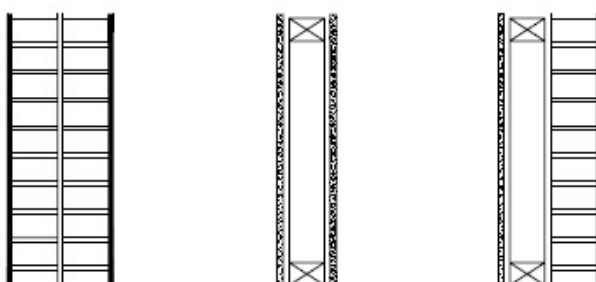
ดังนั้นการหวังเห็นความร้อนของมวลสารมาก ย่อมทำให้อุณหภูมิในอาคารอยู่ในสภาวะน่าสบายตลอดทั้งวัน แต่ทั้งนี้ก็ขึ้นอยู่กับสภาวะแวดล้อมในบริเวณนั้นมีสภาพอากาศที่รุนแรงในตลอดทั้งวันหรือไม่ ถ้าสภาพอากาศที่ร้อนมากและหนาวมาก การใช้มวลสารเพื่อหวังเห็นความร้อนในช่วงกลางวันมาถ่ายเทความร้อนในช่วงกลางคืน และใช้ความเย็นตอนกลางคืนชะลอการถ่ายเทความร้อนในช่วงกลางวันแทน แต่ถ้าหากสภาพแวดล้อมที่มีสภาพอากาศใกล้เคียงกันการใช้มวลสารที่มีมวลสารน้อยจะทำให้การถ่ายเทความร้อนได้เร็วกว่า ซึ่งจะช่วยป้องกันการสะสมความร้อนจะช่วงเวลากลางวันสู่กลางคืนไม่ให้ความร้อนสะสมภายในอาคาร

2.5 ระบบวัสดุครอบอาคาร

1. ผนังที่เป็นมวลสาร (Mass Wall) หมายถึง ผนังที่มีมวลสารยึดติดกันทั่วทั้งผนังโดยการก่อหรือการหล่อเข้าด้วยกัน เช่น ผนังก่ออิฐ ผนังก่อคอนกรีตบล็อก ผนังก่อคอนกรีตมวลเบา ผนังคอนกรีตสำเร็จรูป เป็นต้น

2. ผนังที่เป็นโครงเคร่า (Framing Wall) หมายถึง ผนังที่มีโครงเคร่าเป็นโครงสร้างของผนัง และวัสดุปิดผิวด้านนอกและด้านใน วัสดุที่ใช้เป็นโครงเคร่า เช่น เหล็ก เหล็กชุบสังกะสีลูมิเนียม และไม้ เป็นต้น ส่วนวัสดุปิดผิวที่ใช้กันทั่วไปตามความเหมาะสมในการใช้งาน ได้แก่ แผ่นไม้ สังกะสี แผ่นยิปซัมบอร์ด แผ่นกระเบื้องใยหิน และแผ่นไฟเบอร์บอร์ด

3. ผนังประกอบ (Composite Wall) หมายถึง ผนังที่ประกอบด้วยผนังมวลสารและผนังโครงเคร่าเข้าด้วยกัน อาจรวมถึงการบุด้วยฉนวนกันความร้อนชนิดต่างๆ (กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, 2555: 2-14)



ภาพที่ 2.5 แสดงวัสดุผนังที่เป็นมวลสาร ผนังโครงเคร่า และผนังประกอบ ตามลำดับ
ที่มา : กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน (2555 :2-14)

โดยงานวิจัย การศึกษาปริมาณมวลอุณหภูมิของผนังภายนอกอาคารในทิศทางต่างๆ ที่มีผลต่อการใช้พลังงานในอาคาร ในเขตร้อนชื้น มุ่งที่จะศึกษาผนังมวลสาร ที่มีลักษณะเป็นเนื้อเดียวกัน (Homogeneous wall) เพื่อให้สอดคล้องกับการดูตัวแปร ในมวลสารแต่ละชนิดของวัสดุที่ทำการศึกษา โดยดูตัวแปรประกอบมวลสารผนัง อันได้แก่ ความหนาแน่นของวัสดุ (Density) ความหนาของวัสดุ (Thickness) ความจุความร้อนจำเพาะ (Specific Heat Capacity) ส่วนค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวม (U-value) จะกำหนดกรอบการจำลองไว้

วัสดุของผนังอาคารบ้านเรือนในปัจจุบัน ในการใช้ลักษณะมวลสาร ที่กั้นระหว่างภายนอกและภายในอาคาร นอกจากจำเป็นต้องใช้วัสดุที่หาง่ายตามท้องตลาด มีความสวยงาม ราคาสมเหตุสมผล สามารถก่อสร้างได้ง่ายแล้วนั้น ยังจะต้องเลือกให้เหมาะสมกับการใช้งานและลักษณะสภาพแวดล้อมของบ้านด้วย ซึ่งลักษณะของวัสดุผนังที่สอดคล้องในการ ดูตัวแปรความหนาแน่นของวัสดุ, ความหนาของวัสดุ, ความจุความร้อนจำเพาะ ได้แก่

1. คอนกรีตบล็อก (Concrete Masonry Unit) คือวัสดุที่ถูกผลิตขึ้นในลักษณะอุตสาหกรรมมากกว่าอิฐมอญ ซึ่งประกอบด้วยวัสดุหลัก คือ ปูนซีเมนต์ วัสดุผสม (เช่น หิน ทราเวอร์รูด) และน้ำ แล้วทำการหล่อขึ้นรูป โดยส่วนใหญ่จะถูกหล่อขึ้น ในลักษณะกลวง (Hollow

Concrete Block) ทำให้คอนกรีตบล็อกมีราคาถูกและเป็นที่ยอมรับใช้ ขั้นตอนการก่อสร้างง่าย รวดเร็วกว่าอิฐมวลเบา นอกจากนั้นช่องอากาศลักษณะที่มีรูกลวงช่องอากาศภายในนั้นเป็น ฉนวนในการกัน ความร้อนที่ดี แต่ข้อเสียคือจะเปราะและแตกง่าย หล่นแตกง่าย จึงไม่เหมาะต่อ การตอก หรือ เจาะ นอกจากนั้นยังเป็นวัสดุที่น้ำจะซึมได้ดีกว่าอิฐมวลเบาที่จะทำการผสมฉนวน เข้าไปในวัสดุคอนกรีตบล็อกจึงต้องระมัดระวังความชื้นที่จะเข้าไปในฉนวนที่จะทำให้เสียหายใน ภายหลัง(กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน,2555 : 2-20)

3. คอนกรีตมวลเบา (Autoclaved Aerated Concrete – ACC) คือวัสดุก่อสร้างที่ที่มี ส่วนผสมคล้ายคลึงกับ คอนกรีตบล็อก อันได้แก่ ปูนซีเมนต์ ททราย ปูนขาว น้ำ ยิปซั่ม ผงอลูมิเนียม และฟองอากาศเล็กๆ ที่มีรูพรุนไม่ต่อเนื่อง (Disconnecting Voids) โดยจะอยู่ในวัสดุประมาณ 70% ให้น้ำหนักเบา ส่งผลให้ลดโครงสร้างที่ต้องรับน้ำหนักผนังให้น้อยลง ประโยชน์จาก คุณสมบัติที่ได้ ตัววัสดุเป็นฉนวนกันความร้อนได้ระดับหนึ่ง ทนไฟ ป้องกันความร้อน และตัดแต่ง เข้าประกอบได้ง่าย (กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, 2555: 2-22)

2.6 ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนังด้านนอกของอาคาร (OTTV)

ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนังด้านนอกของอาคาร (Overall Thermal Transfer Value, OTTV)ซึ่งใช้สำหรับอาคารที่ปรับอากาศ โดยลักษณะของการคำนวณจะรวมปริมาณความร้อนที่ถ่ายเทผ่านผนังทุกด้าน แล้วนำมาหารด้วยพื้นที่ผนังทั้งหมด ซึ่งจะได้ผลลัพธ์เป็นค่าเฉลี่ยต่อ ตารางเมตรของปริมาณความร้อนจากภายนอกที่ถ่ายเทผ่านผนังและหน้าต่างเข้าสู่อาคาร โดย ผลลัพธ์ที่ได้จะนำไปใช้วิเคราะห์ปริมาณความร้อนกับการออกแบบเพื่อลดปริมาณความร้อนที่เข้ามา ในอาคาร ตั้งแต่การออกแบบผนัง กระจก ระบบไฟฟ้า การเลือกใช้ระบบปรับอากาศ ที่ เหมาะสม

สำหรับประเทศไทย ได้มีการออกกฎกระทรวงว่าด้วยกำหนดมาตรฐาน หลักเกณฑ์และ วิธีการคำนวณค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนังด้านนอกของอาคาร เพื่อให้เป็นมาตรฐาน เดียวกันสำหรับอาคารในประเทศไทย ซึ่งใช้การเทียบเคียงค่าที่ได้ให้เหมาะสมต่อการใช้งานใน อาคารแต่ละประเภทอันได้แก่

| | |
|------------------------------|--|
| สำนักงาน, สถานศึกษา | มีค่า OTTV เฉลี่ยไม่เกิน 50 W/m ² |
| ห้างสรรพสินค้า, ร้านค้าย่อย | มีค่า OTTV เฉลี่ยไม่เกิน 40 W/m ² |
| โรงแรม โรงพยาบาล สถานพักฟื้น | มีค่า OTTV เฉลี่ยไม่เกิน 30 W/m ² |

(กระทรวงพลังงาน, 2552)

ส่วนค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนังด้านนอกอาคารแต่ละด้านคำนวณได้จากสมการดังนี้

$$OTTV_1 = (U_w)(1 - WWR)(TD_{eq}) + (U_f)(WWR)(\Delta T) + (WWR)(SHGC)(SC)(ESR)$$

| | | |
|------------------|-----|--|
| U _w | คือ | สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนของผนังที่มีหน่วย วัตต์ต่อตารางเมตรองศาเซลเซียส วัตต์/ตรม. |
| WWR | คือ | อัตราส่วนพื้นที่ของหน้าต่างและผนังโปร่งแสงต่อพื้นที่ทั้งหมดของผนังด้านนั้น |
| TD _{eq} | คือ | ค่าความแตกต่างอุณหภูมิเทียบเท่าระหว่างภายนอก และภายในอาคาร ซึ่ง รวมถึงผลการดูดกลืนรังสีอาทิตย์ของผนังที่บ |
| U _f | คือ | สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนของกระจกหรือผนังโปร่งแสง มีหน่วยวัตต์ต่อตารางเมตรองศาเซลเซียส วัตต์/ตรม. |
| SHGC | คือ | สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนจากรังสีอาทิตย์ที่ผ่านกระจกหรือผนังโปร่งแสง |
| SC | คือ | สัมประสิทธิ์การบังแดดของหน้าต่าง |
| ESR | คือ | ค่าตัวประกอบรังสีดวงอาทิตย์ผ่านผนังโปร่งแสง และหรือ ผนังที่บ มีหน่วยวัตต์ต่อตารางเมตร วัตต์/ตรม. |

$$OTTV = \frac{(A_{w1})(OTTV_1) + (A_{w2})(OTTV_2) + \dots + (A_{wi})(OTTV_i)}{A_{w1} + A_{w2} + \dots + A_{wi}}$$

| | | |
|-------------------|-----|---|
| A _{wi} | คือ | พื้นที่ของผนังด้านที่พิจารณาซึ่งรวมพื้นที่ของผนังที่บและพื้นที่หน้าต่างหรือ ผนังโปร่งแสง มีหน่วยเป็น ตารางเมตร |
| OTTV ₁ | คือ | ค่าการถ่ายเทความร้อนของผนังด้านที่พิจารณา มีหน่วยเป็นวัตต์ต่อตารางเมตร (กระทรวงพลังงาน, 2552 : 22) |

โดยในส่วนที่มีความเกี่ยวข้องการหาค่าการวิจัยนี้ ในปัจจุบันที่สำคัย จะอยู่ในส่วนของการกำหนดค่าวัสดุของผนังที่บที่มีผลต่อการถ่ายเทความร้อนเข้าสู่อาคาร อันได้แก่ ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน (U-value) และ ค่าความแตกต่างอุณหภูมิที่เทียบเท่า (TD_{eq})

ค่าความแตกต่างอุณหภูมิที่เทียบเท่า (TD_{eq}) ซึ่งจะแปรผันตาม

1. สัมประสิทธิ์การดูดกลืนรังสีอาทิตย์ (α)
2. มวลคุณภาพของวัสดุผนัง (DSH)
3. ทิศทางและมุมเอียงของผนัง

ค่ามวลอุณหภาพของวัสดุผนัง (DSH) จะมีส่วนต่อการกำหนดค่าการดูดกลืนความร้อนในแต่ละทิศทางที่ต่างต่างกัน ซึ่งค่ามวลอุณหภาพของวัสดุผนัง (DSH) หาได้จาก

$$DSH = (\rho_i)(c_{pi})(\Delta x_i)$$

DSH คือ ผลคูณของความหนาแน่น-ความร้อนจำเพาะ-ความหนาของผนัง

ρ_i คือ ความหนาแน่นของวัสดุ i

c_{pi} คือ ความจุความร้อนจำเพาะของวัสดุ i

Δx_i คือ ความหนาของวัสดุ i

โดยค่ามวลสารของวัสดุ (DSH) จะถูกนำไปเทียบหาพร้อมกับค่าสัมประสิทธิ์การดูดกลืนรังสีในแต่ละทิศทาง โดยเทียบจากค่าตารางของผนังทึบ ในอาคารแต่ละประเภท

ตารางที่ 2.2 แสดงการใช้เลือกใช้งานค่า DSH ในการคำนวณ OTTV

| มุมเอียง ผนัง (องศา) | ทิศทาง | DSH | สัมประสิทธิ์การดูดกลืนรังสี | | | |
|---|----------|-------|-----------------------------|-------|------|------|
| | | | 0.3 | 0.5 | 0.7 | 0.9 |
| 90 | ทิศเหนือ | 15 | 8.3 | 10.6 | 12.9 | 15.2 |
| | | 30 | 8.4 | 10.7 | 13.1 | 15.4 |
| | | 50 | 8.4 | 10.8 | 13.2 | 15.5 |
| | | 100 | 8.4 | 10.9 | 13.3 | 15.7 |
| | | 200 | 8.1 | 10.5 | 12.9 | 15.2 |
| | | 300 | 7.5 | 9.8 | 12.1 | 14.4 |
| | | 400 | 7 | 9.2 | 11.4 | 13.6 |
| ทิศ | | N | W | S | E | |
| ค่าความแตกต่างของ อุณหภูมิเทียบเท่า(TD _{eq}) | | 10.76 | 12.87 | 13.56 | 12.8 | |

ขั้นตอนการดูตาราง

1. ดูมุมของผนังในที่นี้ 90 องศา
2. ดู ค่า DSH ในที่นี้ให้ค่า อยู่ที่ 150
3. ดูค่าสัมประสิทธิ์การดูดกลืนรังสีในที่นี้ ให้ อยู่ในค่า 0.5
4. ดูค่า TD_{eq} ในตารางซึ่งค่าที่ได้จะอยู่ในช่วง 10.9 -10.5 เมื่อ เทียบค่าจะได้ 10.76 แล้วนำค่าไปคำนวณต่อไป ใน OTTV

ดังนั้นค่าความแตกต่างของอุณหภูมิเทียบเท่า (TD_{eq}) จึงเกี่ยวเนื่องกับการกำหนดค่า ของมวลอุณหภาพของวัสดุผนังที่อยู่ในแต่ละทิศทาง ที่เป็นส่วนหนึ่งของการคำนวณค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนังด้านนอกของอาคาร (OTTV) และยังเป็นอีกปัจจัยการถ่ายเทความร้อน รวมถึงการใช้พลังงานจากการปรับอากาศภายในอาคารการคำนวณค่าภาระการทำความเย็นในโปรแกรม Visual DOE 4

2.7 วิธีการคำนวณภาระการทำความเย็น

การคำนวณภาระการทำความเย็นสามวิธีอันประกอบด้วย (Omar M.A. Al-Rabghi et al, 1997)

1. Total Equivalent Temperature Difference (TETD) เป็นวิธีการคำนวณจากรังสีความร้อนแล้วความร้อนที่เก็บสะสมในตัวผนัง เป็นค่ารวมภาระการทำความเย็นภายในอาคาร ซึ่งยังไม่คำนึงถึงความร้อนจากภายในอาคาร (ไฟฟ้าแสงสว่าง อุปกรณ์ไฟฟ้า คน)

2. Transfer Function Method (TFM) เป็นวิธีการที่พัฒนาจาก ASHRAE เป็นการคำนวณชั้น Baseline สำหรับอาคาร โดยคำนวณความร้อนรายชั่วโมง ที่เกิดจากผนัง หลังคา กระจก รวมทั้งปัจจัยภายในอาคารที่ทำให้เกิดความร้อน ที่มีผลต่อการทำความเย็นในอาคาร ซึ่งมีความซับซ้อนสูงและจำเป็นต้องใช้การจำลองผลทางคอมพิวเตอร์

3. The Cooling Load Temperature Difference, Cooling load Factor (CLTD/CLF) เป็นการคำนวณที่ดัดแปลงจาก TFM ซึ่งสามารถคำนวณด้วยมือได้ ทั้งนี้ค่าทั้งหมดจำเป็นต้องอ้างอิงคู่มือ เนื่องจากเป็นค่าเฉลี่ย

ในงานวิจัยนี้ได้จำลองผลจากโปรแกรม Visual DOE ซึ่งใช้วิธีการ Transfer Function Method (TFM) เป็นหลักในการคำนวณ โดยเป็นการคำนวณความร้อนที่มีขั้นตอนเป็นหลายชั่วโมงจากรังสีของดวงอาทิตย์ ที่ตกกระทบบนพื้นที่ผนังภายนอกอาคาร มาคำนวณค่าดังต่อไปนี้

1. Transmitted Solar Heat Gain Factor (TSHGF)
2. Absorbed Solar Heat Gain Factor (ASHGF) ของพื้นที่หน้าต่างที่เป็นกระจก
3. Sol-air Temperature อุณหภูมิของพื้นที่ผิวผนังภายนอกแต่ละด้านโดยคิดเป็นหลายชั่วโมง

สำหรับการคำนวณภาระการทำความเย็น มีวิธีการดังนี้

1. คำนวณหาความหนาแน่นความร้อนที่ถ่ายเทเข้าสู่อาคารซึ่งประกอบด้วยความร้อนจากผนังแต่ละด้าน เรียกว่า Conduction Transfer Function (CTF) โดยทั้งนี้จะพิจารณาคุณสมบัติของผนังอาคารที่เป็นส่วนที่บดบัง

2. หลังจากการคำนวณการถ่ายเทความร้อนจากคุณสมบัติของผนังที่บดแสงแล้วนั้น (CTF) จะนำค่านี้ไปคำนวณค่า Sol-air Temperature ของผนังภายนอกอาคารโดยคิดเป็นรายชั่วโมง ตลอดทั้งปี ซึ่งการคำนวณค่า Sol-air Temperature จะนำไปรวมกับปริมาณการทำความร้อนจากแหล่งอื่นภายในอาคาร เช่น ไฟฟ้าแสงสว่าง อุปกรณ์ไฟฟ้า ผู้อยู่อาศัย เป็นต้น โดยค่าเหล่านี้จะพิจารณาจากค่าสัมประสิทธิ์ Weighting Factor เพื่อแปลงค่าการถ่ายเทความร้อนทั้งหมดให้เป็นภาระการทำความเย็นในแต่ละชั่วโมง ซึ่งค่าความร้อนจากผนังภายนอกและค่าความร้อนจากภายในอาคารจะถูกรวมเป็นผลรวมของภาระทำความเย็นทั้งหมด ทั้งนี้การคำนวณที่กล่าวมาได้คำนึงถึงการหน่วงเหนี่ยวความร้อน จากวัสดุประกอบอาคารภายในและภายนอกทั้งหมด ทำให้ผลลัพธ์มีความแม่นยำสูง

3. โดยการปรับอุณหภูมิของภาระการทำความเย็นของอาคาร มาจากค่าความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิภายนอกและภายในอาคาร (ΔT) ในการคำนวณการถ่ายเทความร้อนโดยการนำความร้อนผ่านกรอบอาคารส่วนโปร่งแสง

4. ในส่วนการคำนวณการถ่ายเทความร้อนโดยการแผ่รังสีผ่านกรอบอาคารส่วนโปร่งแสง จะใช้ค่า Solar Heat Gain Factor โดยแยกการคำนวณออกเป็น 2 ส่วนคือ Transmitted Solar Heat Gain Factor (TSGHF) และ Absorbed Solar Heat Gain Factor (ASHGF)

2.8 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับในเชิงการศึกษา ประสิทธิภาพของมวลสารของวัสดุผนังที่ส่งผลต่อการส่งผ่านความร้อนเข้าสู่อาคาร มีอยู่มากมายเป็นจำนวนมาก ซึ่งบางชิ้นงานวิจัยจะเน้นเป็นลักษณะของเชิงทดลอง (Experiment Method) โดยการกำหนดวัสดุประเภทของผนัง และทำการจำลองในสภาพอากาศจริง เพื่อให้ได้ข้อมูลที่น่ามาใช้วิเคราะห์ประสิทธิภาพผนังนั้นในภายหลัง ซึ่งพิจารณาตามชนิดมวลสาร อย่างเช่น การประเมินประสิทธิภาพผนังอาคารที่มีมวลสารมากในสภาพภูมิอากาศเขตร้อนชื้น (วรพันธุ์ กิจเจริญ, 2548) การประเมินประสิทธิภาพผนังอาคารที่มีมวลสารปานกลางในสภาพภูมิอากาศเขตร้อนชื้น (จอม รำจวน, 2548) และการประเมินประสิทธิภาพผนังอาคารที่มีมวลสารน้อยในสภาพภูมิอากาศเขตร้อนชื้น (ชนิดา สืบพานิช, 2548) โดยงานวิจัยที่กล่าวนี้มีความคล้ายคลึงกันในแง่การดำเนินการวิจัย แต่มีความแตกต่างในการกำหนดมวลสารที่แตกต่างกัน โดยจำแนกได้เป็น วัสดุที่มีน้ำหนักน้อยกว่าไม่เกิน 50 kg/m^3 เป็นวัสดุมวลสารเบา วัสดุที่มีน้ำหนักระหว่าง $51-195 \text{ kg/m}^3$ เป็นวัสดุมวลสารปานกลาง และ วัสดุที่มีน้ำหนักมากกว่า 195 kg/m^3 เป็นวัสดุมวลสารหนัก โดยในแต่ละงานวิจัยที่กล่าวมาข้างต้นจะใช้การกำหนดตัวแปรวัสดุที่แตกต่างกันในแต่ละมวลสาร 3-4 ชนิด นอกจากนั้นมีการใช้ฉนวนกัน

ความร้อน ติดตั้งเพิ่มเข้าไปในแต่ละกรณี จากนั้นทำการทดลองจริงในช่วงเวลาที่มีการเปิดปิดระบบปรับอากาศ ซึ่งทำให้สามารถทราบว่า วัสดุแต่ละประเภทมีส่วนในการลดการถ่ายเทความร้อนไม่เท่ากัน โดยสังเกตจากภาวะประสิทธิภาพของเครื่องทำความเย็น ผลสรุปที่ได้จากความสัมพันธ์แต่ละมวลสารที่ใช้พร้อมกับการติดตั้งฉนวน ฉนวนมวลสารมากมีภาวะทำความเย็นมากที่สุด และรองลงมาคือฉนวนมวลสารปานกลาง ส่วนฉนวนมวลสารน้อยมีภาวะทำความเย็นต่ำสุด

งานวิจัยขึ้นไป ที่มีการศึกษาที่เพิ่มปัจจัยตัวแปรด้านอื่นที่ซับซ้อนขึ้น เช่น ทิศทางของผนัง ได้แก่ การศึกษาของมวลสารผนังภายนอกอาคาร และทิศทางที่มีต่อการประหยัดพลังงาน (อัฏฐนา สังขะกุล, 2553) ซึ่งตัวแปรต้นที่ใช้ ก็คือ ประเภทวัสดุผนัง 3 ประเภท อันได้แก่ ผนังมวลสารน้อย (low thermal mass) ผนังมวลสารปานกลาง (medium thermal mass) และผนังมวลสารมาก (high thermal mass) ตัวแปรตามก็คือ การถ่ายเทความร้อนของตัววัสดุมาสู่อาคารที่ทำให้เกิดผลสภาวะน่าสบาย มากน้อย อย่างไร ส่วนในการวิจัยจะเป็นเชิงในการทดลองในสถานที่และสภาวะจริง (จังหวัดสงขลา ในช่วงเดือน เมษายน ถึง กรกฎาคม 2553) โดยทำการจำลองห้องที่มีการติดวัสดุผนังมวลสารต่างๆ 3 ห้องซึ่งปรับหมุนห้องได้ ทำการควบคุมทิศทางของห้องทั้งสามทั้งหมด 8 ทิศทาง และเพิ่มการเปรียบเทียบผนังภายนอกที่โดนชายคาบังและไม่บัง ดังนั้นจึงมีชุดการทดลองทั้งหมด 48 ชุด แล้วทำการทดลองจริงเก็บข้อมูลทุกๆ 1 นาที เป็นเวลาติดต่อกัน 48 ชั่วโมงต่อ 1

ผลการวิจัย สามารถสรุปได้เป็นกรณีว่า ในช่วงกลางวันฉนวนมวลสารน้อย มีส่วนลดอุณหภูมิทำให้เกิดภาวะน่าสบายสูงสุด ในช่วงกลางวันฉนวนมวลสารมาก กลับลดอุณหภูมิทำให้เกิดภาวะน่าสบายสูงสุด และทิศทางที่ดีที่สุด ในการลดการถ่ายเทความร้อนสู่ตัวอาคารมากที่สุด คือ ทิศตะวันตกเฉียงใต้ และในกรณีของการใช้ ชายคา มาช่วยบังผนัง ผลที่ได้ผนังทุกมวลสารจะมีประสิทธิภาพในการถ่ายเทความร้อนลดลง

จากการวิจัยข้างต้น ซึ่งข้อมูลสรุปที่ได้จะตั้งอยู่บนพื้นฐานของการใช้วัสดุและสภาวะจริง ซึ่งในสถานที่และสภาพแวดล้อม อาจไม่สามารถควบคุมได้ รวมทั้งกรอบและวันเวลาที่ทำการทดลองที่จริง อาจไม่สามารถทำให้ได้ข้อมูลที่ครบถ้วน ซึ่งในแง่ความเป็นจริงแล้วการศึกษามวลสารกับทิศทางอาคาร ควรศึกษาให้ครอบคลุมทั้งปีที่สอดคล้องกับสภาพแวดล้อมและสภาวะอากาศที่เป็นจริง หรือ ควรจำกัดข้อมูลและทดลองในช่วงเวลาที่มีอิทธิพลต่อการวิจัยมากที่สุด เช่น ช่วงเวลาที่ร้อนที่สุดในปี (Equinox) ช่วงเวลาที่กลางวันกลางคืนเท่ากัน (Solsitce) เป็นต้น

ด้วยพื้นฐานการวิจัยข้างต้น ที่อาจมีบางส่วนยังบกพร่อง รวมถึงการวิจัยที่ขาดการคำนึงถึงองค์รวมการใช้พลังงานทั้งหมดทั้งอาคาร ทำให้เกิดการพัฒนาข้อมูลที่ใช้สำหรับงานวิจัยด้านเทคโนโลยีอาคาร โดยนำเกณฑ์มาตรฐานที่ยอมรับได้ในทางสากล เช่น ASHRAE , IBC

(International Building Code) เพื่อนำมาใช้ออกแบบโปรแกรมคอมพิวเตอร์ในการวิเคราะห์ข้อมูลปัจจัยที่เกี่ยวข้องเนื่องทั้งทางด้านข้อมูลประเภทอาคาร วัสดุ สภาพอากาศ สภาพแวดล้อม ระบบอาคารที่ใช้ เพื่อให้ได้ผลลัพธ์ที่ครอบคลุม ในการจำลองทางด้านการวิจัย ดังนั้นการวิจัยส่วนมากในปัจจุบัน จึงนำการใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ทำการจำลอง (Simulation Method) เพื่อให้ได้ข้อมูลที่แม่นยำขึ้น สะดวกมากขึ้น ประหยัดเวลา และผลลัพธ์ข้อมูลที่ได้สามารถนำไปประยุกต์และเชื่อมโยงวิเคราะห์ในด้านอื่นๆเพิ่มเติม เช่น การประหยัดพลังงานทั้งหมดของอาคาร (Energy Whole Building) ค่าใช้จ่ายด้านพลังงานทั้งปี หรือการนำไปเปรียบเทียบกับการลงทุนการก่อสร้าง เป็นต้น

งานวิจัยในด้านการศึกษามวลสารกับการถ่ายเทความร้อน หรือ การใช้พลังงานโดยรวมของอาคารในเชิงการจำลองผล (Simulation Method) มีอยู่หลากหลายชิ้น ซึ่งขึ้นกับวัตถุประสงค์ของผู้วิจัย ที่จะศึกษาตัวแปรและสภาวะแวดล้อมประเภทใด เนื่องจากความสะดวกในการนำข้อมูลที่หลากหลายประเภทวัสดุและการวิเคราะห์สภาพอากาศได้ทั่วโลก ทำให้งานวิจัยประเภทนี้แพร่หลายมาก อย่างเช่น ผลการศึกษาของ Oak Ridge National Laboratory (ORNL) ในหัวข้อมวลสารและประสิทธิภาพการลดใช้พลังงานในที่อยู่อาศัย (Thermal Mass - Energy Savings Potential in Residential Buildings) (J. Kosny et al, 2001) เป็นการศึกษาเปรียบเทียบการใช้พลังงาน วัสดุประกอบผนัง โดยควบคุมค่าสัมประสิทธิ์ความต้านทานความร้อน (R-Value) ของวัสดุให้ใกล้เคียงกัน แต่ทำการเปลี่ยนแปลงมวลสาร น้ำหนักและความหนาแน่นของวัสดุ ซึ่งได้แก่ คอนกรีตมวลเบา คอนกรีตบล็อกกับผนังโครงคร่าวเหล็ก และผนังโครงคร่าวไม้ โดยวัสดุเหล่านี้เป็นวัสดุ ที่ใช้ทั่วไปในบ้านพักอาศัยชั้นเดียว โดยทั้งหมดทำการจำลองผลด้วยโปรแกรม DOE-2.1E ซึ่งทำการจำลองตัวบ้านพักอาศัยชั้นเดียว และเปลี่ยนตัวแปรวัสดุผนัง โดยที่บ้านยังเป็นโครงสร้างและมีการใช้งานเหมือนกัน โดยทำการเปรียบเทียบในสภาพภูมิอากาศที่แตกต่างกัน 10 แห่งในสหรัฐอเมริกา คือ Phoenix, Atlanta, Chicago, Seattle, Bakersfield, Fort Worth, Washington, Boulder, Miami, Minneapolis, และ Washington และศึกษาตัวแปรตามด้านการใช้พลังงานทั้งหมดภายในของอาคาร (whole building energy savings) ในแต่ละวัสดุและแต่ละสภาพแวดล้อม

ผลการวิจัยที่ได้ของ Oak Ridge National Laboratory (ORNL) พบว่าในบ้านพักอาศัยที่มีค่าสัมประสิทธิ์ความต้านทานความร้อน (R-Value) ที่ใกล้เคียงกัน แต่เลือกใช้ผนังมวลสารเบา (light-weight) กับผนังมวลสารมาก (Massive Wall) จะพบว่า ผนังมวลสารมากช่วยในการลดการใช้พลังงานภายในบ้านได้ดีกว่า แต่จะแตกต่างกันตามสถานที่ สภาพแวดล้อม ยกตัวอย่างเช่น การจำลองโดยการเปลี่ยนจากผนังมวลสารเบา มาเป็น ผนังมวลสารมาก ในรัฐ Bakersfield ลดการใช้

พลังงานได้ถึง 18% และในรัฐ Minneapolis ลดการใช้พลังงานได้ถึง 8% นอกจากนั้นยังมีการเปรียบเทียบในการสลัปดาห์แห่งวัสดุประกอบผนังมวลสารต่างๆ ทั้งการเพิ่มฉนวน หรือก่อผนังให้มีช่องว่างอากาศภายใน ก็ได้ค่าการลดใช้พลังงานที่แตกต่างกัน

งานวิจัยที่ใช้การจำลองผลด้วยคอมพิวเตอร์ อย่างเช่น งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาอิทธิพลของมวลสารประเภทต่างๆ ที่มีผลต่อการสร้างภาวะน่าสบายในอาคาร (สรญา ประวิตรราษฎร์, 2543) เพื่อหาแนวทางในการออกแบบผนังมวลสารกับรูปทรงอาคารที่เหมาะสมกับการใช้งานทั้งสภาวะไม่ปรับอากาศและสภาวะการปรับอากาศ เพื่อให้เหมาะสมการประหยัดพลังงานในอาคาร โดยงานวิจัยนี้ใช้การจำลองผลด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ Visual DOE 2.1

ตัวแปรที่งานวิจัยนี้ได้แก่ ผนังมวลสารน้อย ปานกลาง มาก โดยแบบตามสัดส่วนของ ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนของมวลสาร เป็น 2 กลุ่มด้วยกัน อันได้แก่ กลุ่มที่ 1 ผนังไม้เนื้อแข็ง 12 มม. ,ผนังอิฐ 7 ซม.กับปูนทรายข้างละ 8 ซม.,ผนังคอนกรีตหนา 12.5 ซม.(ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน 3.979-3.989 $W/m^2\text{ }^{\circ}C$) กลุ่มที่ 2 ผนังคอนกรีตมวลเบา 7 ซม.กับปูนขนาดกลางข้างละ 5 มม.,ผนังคอนกรีตมวลเบาหนา 17 ซม.กับปูน นน. เบาข้างละ 1 ซม.,ผนังคอนกรีตมวลเบาหนา 27 ซม.กับปูน นน. เบาข้างละ 1 ซม. (ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน 0.953-0.959 $W/m^2\text{ }^{\circ}C$) จากนั้นนำวัสดุทั้งสองกลุ่มมาทำการกำหนดค่าในการจำลองผลทางคอมพิวเตอร์ ภายใต้ตัวแปรควบคุมประเภทเดียวกันทั้ง สภาพภูมิอากาศ เวลาการใช้งาน พื้นที่และประเภทการใช้งาน โดยการจำลองผลจะเก็บวัดผลของอุณหภูมิภายในอาคารและค่าการทำความเย็นของเครื่องปรับอากาศ และนำค่าที่ได้มาประยุกต์กับการออกแบบ โดยผนวกเข้ากับรูปทรงอาคารที่กำหนดขึ้น (สี่เหลี่ยมจัตุรัสสี่เหลี่ยมผืนผ้า) เพื่อดูค่าการใช้พลังงานภายในอาคาร

สรุปผลจากการวิจัย จากจำนวนชั่วโมงที่มีอุณหภูมิอยู่ในสภาวะน่าสบายมากที่สุด ในกรณีที่ไม่ปรับอากาศภายในอาคาร พบว่าการใช้ ผนังมวลสารน้อยและรูปแบบผนังแบบแผ่นที่มีพื้นที่ผนังอาคารมาก และในกรณีสภาวะปรับอากาศตลอด 24 ชม.และปรับอากาศในช่วงกลางวัน พบว่าการใช้ ผนังมวลสารมาก กับรูปทรงอาคารที่เป็นสี่เหลี่ยมจัตุรัสซึ่งมีพื้นที่ผนังน้อยที่สุด ส่วนกรณีการปรับอากาศเฉพาะกลางวัน พบว่าการใช้ผนังมวลสารน้อย และรูปแบบอาคารที่มีผนังน้อยที่สุด จะมีประสิทธิภาพมากที่สุด

อีกงานวิจัยโดย S. Chiratananon, V.D. Hien (S. Chiratananon et al, 2011) ที่ทำการศึกษาลงถึงรายละเอียดด้านการใช้มวลสารอาคาร แต่ละประเภทอาคารในสภาพภูมิอากาศในไทย รวมไปถึงความคุ้มค่าทางด้านเศรษฐศาสตร์ โดยใช้การศึกษาด้วยการทดลอง (Experiment Method) กับอาคารขนาดเล็กและวัสดุที่คล้ายคลึง กับการจำลองผลโดยคอมพิวเตอร์ (Simulation Method) เพื่อตรวจสอบความถูกต้องและความคลาดเคลื่อน ก่อนที่จะ

นำโปรแกรมนี้ไปทำการจำลองผลและพิจารณาในอาคารในแต่ละรูปแบบ ทั้งอาคารพักอาศัย และ อาคารพาณิชย์ โดยเปรียบเทียบในแต่ละวัสดุมวลสารที่มีประสิทธิภาพในการลดใช้พลังงาน

ขั้นตอนการวิจัยขึ้นมีความน่าสนใจในเชิงการผสมผสานทั้งการทดลอง และ จำลองผล ซึ่งงานวิจัยนี้ได้ทำการสำรวจสภาพภูมิอากาศในประเทศไทย พร้อมกับการศึกษาลักษณะตัวสถาปัตยกรรมที่เหมาะสมในประเทศไทย (คอนกรีตบล็อก, คอนกรีตมวลเบา) หลังจากนั้นจึงทำการทดลองโดยสร้าง ชุดทดลองที่เป็นลักษณะของบ้านพักอาศัยที่ใช้วัสดุใกล้เคียงกับบริบทในประเทศไทย โดยแยกเป็นสองหลังซึ่งทั้งสองหลังมีการก่อสร้างที่เหมือนกัน และสภาพแวดล้อมใกล้เคียงกัน โดยแยกอาคารเป็น อาคาร A และ อาคาร B ซึ่งอาคาร A ทำการติดฉนวนหุ้มภายในและส่วน อาคาร B ไม่ได้ติดฉนวน สถานที่ทดลองอยู่ที่จังหวัดสระบุรี ในช่วงเดือน มกราคม จากนั้นทำการวัดค่าการส่งผ่านความร้อนในอาคารชุดทดลอง รวมทั้งทำการจำลองผลด้วยโปรแกรมโดย S. Chiratananon , V.D. Hien ได้ใช้โปรแกรม BESim โดยดูค่าทั้งชุดการทดลองและการจำลองผลได้แก่ (1) อุณหภูมิการถ่ายเทในพื้นผิวแต่ละด้าน (2) อุณหภูมิอากาศในแต่ละโซน (3) ค่าการใช้ไฟฟ้าสำหรับระบบระบบปรับอากาศที่เกิดขึ้น ผลที่ได้จากการทดลองข้างต้นและการจำลองผลมีความใกล้เคียงกัน จึงสามารถนำโปรแกรมนี้ไปใช้ในการ จำลองสำหรับอาคารประเภทอื่นๆ ซึ่งผู้วิจัยตั้งสมมติฐานว่า ผลที่ได้จากการจำลองย่อมมีความใกล้เคียงกับการทดลองจริง

ในการจำลองผลด้วยโปรแกรม BESim โดย S. Chiratananon, V.D. Hien ทำการกำหนดตัวแปรของวัสดุผนังประกอบอาคาร เป็นสองลักษณะ โดย (1) ทำการศึกษาความหนาแน่นของผนัง โดยความหนาและประเภทวัสดุไม่เปลี่ยนแปลง (2) เปลี่ยนแปลงความหนาของผนังโดยไม่เปลี่ยนแปลงวัสดุ ซึ่งทำการจำลองบน อาคาร 2 ประเภทอันได้แก่ อาคารที่อยู่อาศัย และอาคารพาณิชย์ (โรงแรม , สำนักงาน, ห้างสรรพสินค้า) ในช่วงเวลาการใช้งานจริง ในช่วงเวลาทั้งปี ผลที่ได้จะพิจารณาค่าการส่งผ่านความร้อนในอาคาร โดยแยกตามแต่ละประเภทของอาคาร กับประสิทธิภาพแต่ละมวลสารของผนัง โดยดูค่าประกอบในด้าน OTTV ทั้งค่ามวลสาร DSH จนถึงค่าประกอบของผนัง TD_{eq}

ผลสรุปที่ได้จากงานวิจัยนี้ ปัจจุบันเนื่องด้วยปัจจัยทั้งการใช้งานและการก่อสร้าง การใช้ผนังมวลสารมาก (Massive Wall) มีประสิทธิภาพที่ดีกว่าผนังมวลสารเบา (Lighter Wall) การก่อสร้างด้วยวัสดุผนังเบา ในอาคารบ้านเรือนทั่วไปในไทยจึงลดน้อยลงมาก ประกอบด้วยรูปแบบการใช้งานในอาคารปัจจุบันมีการใช้ในส่วนขอระบบปรับอากาศมากขึ้นด้วย การใช้ผนังมวลสารมากจะช่วยชะลอการส่งผ่านความร้อนเข้าสู่ตัวอาคาร จากภายในเข้าสู่ด้านใน ซึ่งช่วยลดต้นทุนค่าใช้จ่ายด้านพลังงาน ซึ่งในกรณีจะส่งผลดีกับอาคารพาณิชย์ ที่มีการใช้งานแค่เพียง ช่วงกลางวันเท่านั้น เพราะความร้อนจะถูกถ่ายเทชะลอลง จนถึงเวลาช่วงกลางคืนซึ่งความร้อนจะถูกแผ่จาก

ผนังเข้าสู่ภายในอาคาร แต่ในกรณีในบ้านพักอาศัยจะกลับกันเพราะการใช้งานอาคาร ส่วนใหญ่จะอยู่ในช่วงเย็นถึงเช้า ดังนั้นความร้อนจะถ่ายเทในเวลากลางวันทำให้ต้องใช้พลังงานไฟฟ้าในการทำงานของระบบปรับอากาศมากขึ้น ซึ่งจำเป็นต้องศึกษาความเหมาะสมของมวลสารที่เหมาะสมกับบ้านพักอาศัยต่อไป

บทที่ 3

วิธีการดำเนินงานวิจัย

3.1 แนวทางการวิจัย

งานวิจัยการศึกษาปริมาณมวลอุณหภาพของผนังภายนอกอาคารในทิศทางต่างๆ ที่มีผลต่อการใช้พลังงานในอาคาร ในเขตร้อนชื้นนี้ ทำการจำลองผลด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ VisualDOE 4.0 เพื่อเปรียบเทียบมวลอุณหภาพ (Density Specific Heat Product, DSH) ของวัสดุ ที่สอดคล้องกับความหนาผนัง ความหนาแน่น ความจุความร้อนจำเพาะ และสัมพันธ์กับสูตรการคำนวณค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนังด้านนอกของอาคาร ที่มีผลต่อการถ่ายเทความร้อนของผนังจนถึงการใช้พลังงานการทำความเย็นภายในอาคาร โดยทำการรวบรวมข้อมูล ในการใส่แบบจำลองผล ด้วยการรวบรวมข้อมูลจากเอกสารทางวิชาการ ส่วนการเก็บข้อมูลผลการจำลอง เปรียบเทียบปริมาณมวลอุณหภาพผนัง กับค่าการใช้พลังงานทำความเย็นตลอดทั้งปี จากสัดส่วนปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าต่อพื้นที่ใช้สอยตลอดทั้งปี ($\text{kWh/m}^2 \cdot \text{year}$)

3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

ในการวิจัยครั้งนี้ใช้การจำลองด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ VisualDOE 4.0 ในการคำนวณ และเปรียบเทียบค่าการใช้พลังงานการทำความเย็นภายในอาคาร (Electric End Use) ของแบบจำลองอาคารเบื้องต้น อันได้แก่ บ้านพักอาศัย และ อาคารสำนักงาน

3.3 การเก็บรวบรวมข้อมูล

จากเอกสารทางวิชาการ และเอกสารที่เกี่ยวข้องการก่อสร้างอาคาร วัสดุก่อสร้าง จากของกระทรวงพลังงาน และจากเอกชน ทำการรวบรวมข้อมูลขั้นต้น และทำการวิเคราะห์ตามหลักทฤษฎี และ บทความทางวิชาการ ในการเลือกนำตัวแปร ขอประเภทวัสดุที่เหมาะสมกับการก่อสร้าง และถูกนำไปใช้ทั่วไปในการก่อสร้าง

3.4 การกำหนดตัวแปร

ตัวแปรต้น

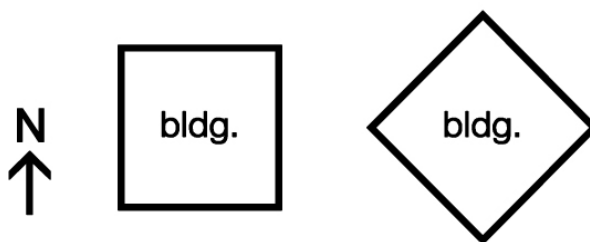
ประเภทของมวลอุณหภาพผนัง อันได้แก่ ความหนาแน่นของวัสดุ ความหนาของวัสดุ ความจุความร้อนจำเพาะ

ตัวแปรตาม

ค่าการใช้พลังงานรวมของการทำความเย็นภายในอาคาร (Electric End Use) ของอาคาร บ้านพักอาศัย และอาคารสำนักงาน

ตัวแปรควบคุม 1

ทิศทางของผนังอาคารทั้งหมด 8 ทิศทางได้แก่ ทิศเหนือ ทิศใต้ ทิศตะวันออก ทิศตะวันตก ทิศตะวันออกเฉียงเหนือ ทิศตะวันออกเฉียงใต้ ทิศตะวันตกเฉียงเหนือ ทิศตะวันตกเฉียงใต้



ภาพที่ 3.1 การวางทิศทางของตัวอาคาร ในแนว 0 องศา และ 45 องศา เพื่อกำหนดตำแหน่งทิศทางของผนัง

ตัวแปรควบคุม 2

หลายละเอียดของวัสดุอื่นที่ใช้ประกอบอาคาร ช่วงของค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวม (U-Value) แบ่งได้เป็นวัสดุคอนกรีตบล็อกและคอนกรีตมวลเบา

ตัวแปรควบคุม 3

ประเภทของอาคาร ตารางเวลาการใช้งานและพื้นที่ใช้สอยในการปรับอากาศ

3.5 ขั้นตอนดำเนินการวิจัย

3.5.1 ศึกษาทฤษฎีและงานวรรณกรรมที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย

ศึกษาตัวแปรที่มีผลต่อการถ่ายเทความร้อนเข้าสู่อาคาร รวมทั้งรูปแบบทิศทางที่มีผลต่อการใช้พลังงาน การกำหนดค่าต่างๆที่อ้างอิงกับการคำนวณ OTTV โดยในที่นี้การใช้ มวลอุณหภาพ ที่จะส่งผลต่อผนังมวลสารในการกักเก็บและการถ่ายเทความร้อนเข้าสู่อาคาร

ศึกษาทิศทางในการวางตัวของผนังมีผลโดยตรงกับมวลอุณหภาพผนัง ส่งผลต่อการถ่ายเทความร้อน เนื่องจากตำแหน่งและการโคจรและการแผ่รังสีของดวงอาทิตย์ที่เป็นแหล่งความร้อนโดยตรงสู่อาคารจากการแผ่รังสีขึ้นอยู่กับช่วงเวลาและสถานที่ตั้ง ที่จะมีผลต่อเนื่องไปถึงการเก็บสะสมของความร้อนของ ผนังมวลสาร เฉพาะแต่ละทิศทาง

ดังนั้นการวิจัยนี้ต้องรวบรวมตัวแปรที่มีความเหมาะสมกับประเภทอาคาร ที่ใช้ก่อสร้างจริง และมีเห็นทั่วไปในท้องตลาด เหมาะสมในภูมิภาคสภาพอากาศเขตร้อนชื้นในไทย

โดยอ้างอิงจากเอกสารทางวิชา บทความ และ เอกสารการขยายวัสดุก่อสร้างทั่วไป ซึ่งงานวิจัยนี้ เลือกลงใช้วัสดุทั่วไป ได้แก่ คอนกรีตบล็อก, คอนกรีตมวลเบา

ทำการกำหนดตารางเวลาการใช้งานที่มีความสอดคล้องกับอาคารแต่ละประเภท เพื่อศึกษาเวลาใช้งานของตัวอาคาร กับประสิทธิภาพของมวลอุณหภูมิก่อผลึก ที่ส่งผลต่อพลังงาน ทำความเย็น เช่น บ้านพักอาศัยใช้งานเฉพาะช่วงค่ำถึงเช้า ส่วนอาคารสำนักงานใช้งานช่วงเช้าถึงเย็น

3.5.2 ทำการกำหนดค่าตัวประกอบมวลอุณหภูมิก่อผลึก ในการจำลองผล

การกำหนดตัวแปรของมวลสารผนัง ต่างๆ นั้นทำการรวบรวมจากเอกสาร เผยแพร่ แนวทางการเลือกใช้วัสดุก่อสร้างและฉนวนเพื่อการอนุรักษ์พลังงานของกรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน และประกาศกฎกระทรวงพลังงาน เรื่อง หลักเกณฑ์และวิธีการคำนวณในการออกแบบอาคารแต่ละระบบ การใช้พลังงานโดยรวมของอาคาร และการใช้พลังงานหมุนเวียนในระบบต่าง ๆ ของอาคาร ปี 2552 ในส่วนของค่าตารางสัมประสิทธิ์การนำความร้อน ความหนาแน่น และค่าความร้อนจำเพาะ ซึ่งในงานวิจัยขึ้นต้องการศึกษาวัสดุที่ใกล้เคียงกับความเป็นจริงและมีอยู่ในท้องตลาด แต่เนื่องด้วยการวิจัยจำเป็นต้องศึกษาในหลายละเอียดที่มีความเฉพาะเจาะจง ดังนั้นค่าตัวเลขทั้งความหนาแน่น และความร้อนจำเพาะของวัสดุจึงอาจหาได้ยากในท้องตลาดหรืออาจมีค่าที่แตกต่างอยู่บ้าง ดังนั้นการกำหนดค่าตัวแปรอาจทำได้ให้ใกล้เคียงที่สุด เพื่อดูแนวโน้มของผลการทดลอง ที่สามารถนำไปประยุกต์ใช้ได้ต่อไป

ตัวแปรมวลสารวัสดุ

คอนกรีตบล็อก/อิฐมวลเบา (ค่า $k = 0.519$)

| | |
|----------------|--|
| ความหนาแน่น | ตั้งแต่ระหว่าง 1,600, 1,800, 2,000, 2,200 (kg/m ³) |
| ความร้อนจำเพาะ | ตั้งแต่ระหว่าง 0.7, 0.8, 0.9, 1.0 (kJ/kg.°C) |
| ความหนา | ตั้งแต่ระหว่าง 10, 20, 30 (cm.) |

(กระทรวงพลังงาน, 2552: 28), (กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, 2555: 2-21)

คอนกรีตมวลเบา (ค่า $k = 0.758$)

| | |
|----------------|---|
| ความหนาแน่น | ตั้งแต่ระหว่าง 600, 800, 1,000, 1,200, 1,400 (kg/m ³) |
| ความร้อนจำเพาะ | ตั้งแต่ระหว่าง 0.7, 0.8, 0.9, 1.0 (kJ/kg.°C) |
| ความหนา | ตั้งแต่ระหว่าง 10, 20, 30 (cm.) |

(กระทรวงพลังงาน, 2552: 28), (กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, 2555: 2-23)

งานวิจัยชิ้นนี้ ศึกษาการใช้มวลอุณหภูมิก่อผลึกของผนังประเภทต่างๆ โดยเจาะจงลงไปถึงการ จำแนกในคุณสมบัติ ความหนาแน่นของวัสดุ ความหนาของวัสดุ ความจุความร้อนจำเพาะ

นอกจากนี้ยังมีปัจจัยอื่นที่ส่งผลต่อการถ่ายเทความร้อนเข้าสู่อาคารนอกจากมวลอุณหภูมิผนัง ทั้งค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวม (U-value) สีของผนังหรือสัมประสิทธิ์การดูดกลืนรังสีดวงอาทิตย์ (Absorptance) การสะท้อนรังสี (Emissivity) ดังนั้นการจัดกลุ่มของการเทียบเคียง จึงมีความสำคัญอย่างยิ่งเพื่อวิเคราะห์ตัวแปรให้ชัดเจนยิ่งขึ้น

3.5.3 กำหนดสภาวะการใช้งานแต่ละประเภทอาคาร

การวิจัยนี้ใช้การกำหนดสภาวะการใช้งานในอาคารที่จะทดสอบ โดยทำการกำหนดจากเอกสารงานวิจัยเกี่ยวกับการจำลองผลในการใช้งานอาคารและควบคุมระบบปรับอากาศ โดยนำข้อมูลข้างต้นมาวิเคราะห์ รวมถึงปรับการใช้ให้เข้ากับการใช้งานในปัจจุบัน โดยพิจารณาทั้งช่วงการเปิดเครื่องปรับอากาศในแต่ละวัน อุณหภูมิ ปริมาณผู้ใช้งาน ปริมาณการใช้เครื่องไฟฟ้าที่เกี่ยวข้อง รวมถึงประเภทและประสิทธิภาพของเครื่องปรับอากาศ โดยแบ่งออกเป็น

บ้านพักอาศัย

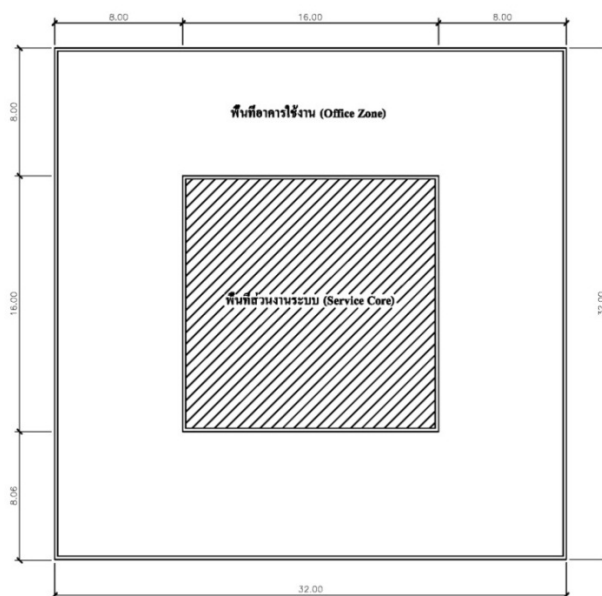
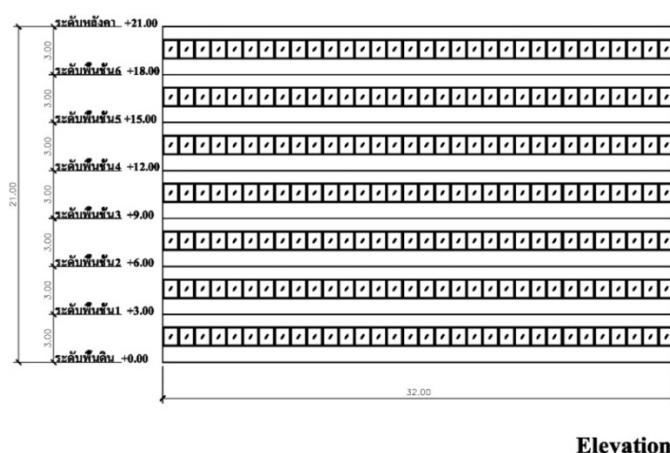
บ้านตัวอย่าง (Reference Building) โดยนำแบบอาคารจากงานวิจัย การพัฒนาเกณฑ์ขั้นต่ำของคุณสมบัติการป้องกันความร้อนของเปลือกอาคารในอาคารบ้านเดี่ยว (อรรถจันทร์ เศรษฐบุศตร, 2549)



ภาพที่ 3.2 รูปแบบอาคารอ้างอิง (Reference Building) ของบ้านพักอาศัย

อาคารสำนักงาน

อาคารสำนักงานตัวอย่าง (Reference Building) โดยนำแบบอาคารมาจากการวิเคราะห์ เอกสารทางวิชาการ และ งานวิจัย การจัดทำมาตรฐานค่าการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนต่อหัวของผู้ใช้อาคารสำหรับอาคารในประเทศไทย ด้วยวิธี Life Cycle Assessment (LCA) โดยอาศัยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ โดยเป็นอาคารที่มีพื้นที่ไม่เกิน 10,000 ตารางเมตร มีความสูงไม่เกิน 7 ชั้น มีความสูงไม่เกิน 23 เมตร ซึ่งมีจำนวนมากใน กทม. และบริเวณชล (อรจัน ศรีชูบุตร, 2552)



ภาพที่ 3.3 รูปแบบอาคารอ้างอิง (Reference Building) ของอาคารสำนักงาน

3.5.4 ทำการจำลองผลและเก็บข้อมูล

การกำหนดในแบบจำลองตั้งต้นและแบบทางเลือก (Baseline and Designcase) โดยการนำแบบอาคารตัวอย่าง (Reference Building) ได้แก่ บ้านพักอาศัย และ อาคารสำนักงาน แล้วทำการจำลองผลโดยการกำหนดค่าวัสดุผนังและกระจกได้เป็นดังนี้

รายละเอียดของผนังทึบของบ้านพักอาศัยและอาคารสำนักงาน

กลุ่มที่ 1 คอนกรีตบล็อก

1. ผนังก่อคอนกรีต ค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อน (Conductivity-k) $0.519 \text{ (W/m}^2 \cdot \text{°C)}$ ความหนาตั้งแต่ 10, 20, 30 ซม. ฉาบปูนด้านในและด้านนอก 1 ซม. มีค่าการสะท้อนรังสี (Emissivity) 0.9 ค่าการดูดซับรังสี (Absorptance) 0.5 ลักษณะพื้นผิวเรียบไม่สะท้อนแสง
2. คอนกรีต มีความหนาแน่น ตั้งแต่ 1,600, 1,800, 2,000, 2,200 kg/m^3
3. ผนังคอนกรีต มีความจุความร้อนจำเพาะ ตั้งแต่ 0.7, 0.8, 0.9, 1.0 $\text{(kJ/kg} \cdot \text{°C)}$

กลุ่มที่ 2 คอนกรีตมวลเบา

1. ผนังก่อคอนกรีตมวลเบา ค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อน (Conductivity-k) $0.132 \text{ (W/m}^2 \cdot \text{°C)}$ ความหนาตั้งแต่ 10, 20, 30 ซม. ฉาบปูนด้านในและด้านนอก 1 ซม. มีค่าการสะท้อนรังสี (Emissivity) 0.9 ค่าการดูดซับรังสี (Absorptance) 0.5 ลักษณะพื้นผิวเรียบไม่สะท้อนแสง
2. ผนังคอนกรีต มีความหนาแน่น ตั้งแต่ 600, 800, 1,000, 1,200, 1,400 $\text{(kg/m}^3)$
3. ผนังคอนกรีต มีความจุความร้อนจำเพาะ ตั้งแต่ 0.7, 0.8, 0.9, 1.0 $\text{(kJ/kg} \cdot \text{°C)}$

รายละเอียดของกระจกบ้านพักอาศัย (อรรถจน์ เศรษฐบุตตร และ ธนิต จินดาวงนิค, 2549)

กลุ่มที่ 1 คอนกรีตบล็อก และ กลุ่มที่ 2 คอนกรีตมวลเบา

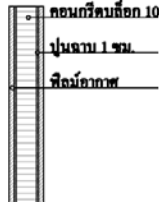
1. กระจกใส หนา 6 มม. ค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อน $6.172 \text{ (W/m}^2 \cdot \text{°C)}$ สัมประสิทธิ์การบังแดดของอุปกรณ์บังแดด (Shading Coefficient -SC) 0.95 ค่าสัมประสิทธิ์ความร้อนจากรังสีอาทิตย์ที่ส่งผ่าน (Solar Heat Gain Coefficient-SHGC) 0.815

รายละเอียดของกระจกอาคารสำนักงาน (S.Chungloo, 2000)

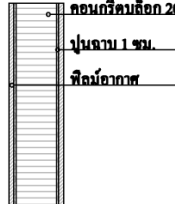
กลุ่มที่ 1 คอนกรีตบล็อก และ กลุ่มที่ 2 คอนกรีตมวลเบา

1. กระจกใส หนา 6 มม. ค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อน $3.25 \text{ (W/m}^2 \cdot \text{°C)}$ สัมประสิทธิ์การบังแดดของอุปกรณ์บังแดด (Shading Coefficient -SC) 0.69 ค่าสัมประสิทธิ์ความร้อนจากรังสีอาทิตย์ที่ส่งผ่าน (Solar Heat Gain Coefficient-SHGC) 0.59

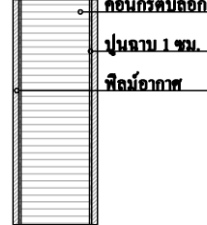
ตารางที่ 3.1 แสดงวัสดุประกอบผนังคอนกรีตบล็อกหนา 10 ซม. และค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวม

| คอนกรีตบล็อก หนา 10 ซม. | | | | | | |
|---|--|------|-------|-------|------------|--|
|  | วัสดุ | x | k | R | หมายเหตุ | |
| | ฟิล์มอากาศด้านนอก | | | | 0.044 | |
| | ปูนฉาบ | 0.01 | 0.553 | 0.018 | หนา 1 ซม. | |
| | คอนกรีตบล็อก | 0.1 | 0.519 | 0.193 | หนา 10 ซม. | |
| | ปูนฉาบ | 0.01 | 0.553 | 0.018 | หนา 1 ซม. | |
| | ฟิล์มอากาศด้านใน | | | | 0.12 | |
| | ความต้านทานความร้อนรวม (R) | | | | 0.393 | |
| | ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวม(U=1/R) | | | | 2.546 | |

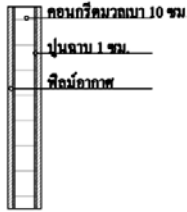
ตารางที่ 3.2 แสดงวัสดุประกอบผนังคอนกรีตบล็อกหนา 20 ซม. และค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวม

| คอนกรีตบล็อก หนา 20 ซม. | | | | | | |
|--|--|------|-------|-------|------------|--|
|  | วัสดุ | x | k | R | หมายเหตุ | |
| | ฟิล์มอากาศด้านนอก | | | | 0.044 | |
| | ปูนฉาบ | 0.01 | 0.553 | 0.018 | หนา 1 ซม. | |
| | คอนกรีตบล็อก | 0.2 | 0.519 | 0.385 | หนา 20 ซม. | |
| | ปูนฉาบ | 0.01 | 0.553 | 0.018 | หนา 1 ซม. | |
| | ฟิล์มอากาศด้านใน | | | | 0.12 | |
| | ความต้านทานความร้อนรวม (R) | | | | 0.586 | |
| | ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวม(U=1/R) | | | | 1.708 | |

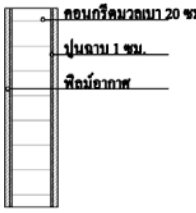
ตารางที่ 3.3 แสดงวัสดุประกอบผนังคอนกรีตบล็อกหนา 30 ซม. และค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวม

| คอนกรีตบล็อก หนา 30 ซม. | | | | | | |
|---|--|------|-------|-------|------------|--|
|  | วัสดุ | x | k | R | หมายเหตุ | |
| | ฟิล์มอากาศด้านนอก | | | | 0.044 | |
| | ปูนฉาบ | 0.01 | 0.553 | 0.018 | หนา 1 ซม. | |
| | คอนกรีตบล็อก | 0.3 | 0.519 | 0.578 | หนา 30 ซม. | |
| | ปูนฉาบ | 0.01 | 0.553 | 0.018 | หนา 1 ซม. | |
| | ฟิล์มอากาศด้านใน | | | | 0.12 | |
| | ความต้านทานความร้อนรวม (R) | | | | 0.778 | |
| | ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวม(U=1/R) | | | | 1.285 | |


ตารางที่ 3.4 แสดงวัสดุประกอบผนังคอนกรีตมวลเบาหนา 10 ซม. และค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวม

| คอนกรีตมวลเบา หนา 10 ซม. | | | | | | |
|---|--|------|-------|-------|------------|--|
|  | วัสดุ | x | k | R | หมายเหตุ | |
| | ฟิล์มอากาศด้านนอก | | | | 0.044 | |
| | ปูนฉาบ | 0.01 | 0.553 | 0.018 | หน้า 1 ซม. | |
| | คอนกรีตมวลเบา | 0.1 | 0.312 | 0.321 | หนา 10 ซม. | |
| | ปูนฉาบ | 0.01 | 0.553 | 0.018 | หน้า 1 ซม. | |
| | ฟิล์มอากาศด้านใน | | | | 0.12 | |
| | ความต้านทานความร้อนรวม (R) | | | | 0.521 | |
| | ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวม(U=1/R) | | | | 1.921 | |

ตารางที่ 3.5 แสดงวัสดุประกอบผนังคอนกรีตมวลเบาหนา 20 ซม. และค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวม

| คอนกรีตมวลเบา หนา 20 ซม. | | | | | | |
|--|--|------|-------|-------|------------|--|
|  | วัสดุ | x | k | R | หมายเหตุ | |
| | ฟิล์มอากาศด้านนอก | | | | 0.044 | |
| | ปูนฉาบ | 0.01 | 0.553 | 0.018 | หน้า 1 ซม. | |
| | คอนกรีตมวลเบา | 0.2 | 0.312 | 0.641 | หนา 20 ซม. | |
| | ปูนฉาบ | 0.01 | 0.553 | 0.018 | หน้า 1 ซม. | |
| | ฟิล์มอากาศด้านใน | | | | 0.12 | |
| | ความต้านทานความร้อนรวม (R) | | | | 0.841 | |
| | ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวม(U=1/R) | | | | 1.189 | |

ตารางที่ 3.6 แสดงวัสดุประกอบผนังคอนกรีตมวลเบาหนา 30 ซม. และ ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวม

| คอนกรีตมวลเบา หนา 30 ซม. | | | | | | |
|---|--|------|-------|-------|------------|--|
|  | วัสดุ | x | k | R | หมายเหตุ | |
| | ฟิล์มอากาศด้านนอก | | | | 0.044 | |
| | ปูนฉาบ | 0.01 | 0.553 | 0.018 | หน้า 1 ซม. | |
| | คอนกรีตมวลเบา | 0.3 | 0.312 | 0.962 | หนา 30 ซม. | |
| | ปูนฉาบ | 0.01 | 0.553 | 0.018 | หน้า 1 ซม. | |
| | ฟิล์มอากาศด้านใน | | | | 0.12 | |
| | ความต้านทานความร้อนรวม (R) | | | | 1.162 | |
| | ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวม(U=1/R) | | | | 0.861 | |

การตั้งค่าพื้นที่การใช้งานและเวลาการใช้งานของบ้านพักอาศัย และอาคารสำนักงาน

บ้านพักอาศัย

ทำการอ้างอิงจาก การพัฒนาเกณฑ์ขั้นต่ำของคุณสมบัติการป้องกันความร้อนของเปลือกอาคารในอาคารบ้านเดี่ยว ที่ศึกษารูปแบบบ้านพักอาศัยในพื้นที่กรุงเทพมหานคร และ ปริมณฑล โดยทำการตั้งค่าเก็บข้อมูลตามพื้นที่การใช้งานจริงในแต่ละส่วนของบ้านพักอาศัย จำแนกได้เป็น

ตารางที่ 3.7 แสดงการตั้งค่าแบบจำลองของบ้านพักอาศัย ในโปรแกรม Visual DOE 4.0

| พื้นที่ภายในอาคาร | ห้องนอน | ห้องนั่งเล่น | ห้องน้ำ | โถงบันได |
|---------------------------------|---------------------------|-----------------------------|---------|-----------------------------|
| พื้นที่ตารางเมตร | 92 | 89 | 16 | 20 |
| รวมพื้นที่ | 217 ตารางเมตร | | | |
| พื้นที่ส่วนปรับอากาศ | 92 | 89 | x | 20 |
| รวมพื้นที่ | 201 ตารางเมตร | | | |
| ระยะเวลาการใช้งานปรับอากาศ | ห้องนอน | ห้องนั่งเล่น | ห้องน้ำ | โถงบันได |
| วัน | วันธรรมดา/วันหยุด | วันธรรมดา/วันหยุด | x | วันธรรมดา/วันหยุด |
| เวลา | 23:00-6:00/ 22:00-7:00 | 19:00-23:00/ 18:00-22:00 | x | 19:00-23:00/ 18:00-22:00 |
| พื้นที่เปลือกอาคารทั้งหมด | 260 ตารางเมตร | | | |
| WWR : Window to wall ratio | 30 | | | |
| WWR ในแต่ละทิศทาง | 30 | | | |
| พื้นที่เปลือกอาคารเฉพาะกระจก | 78 ตารางเมตร | | | |
| พื้นที่เปลือกอาคารเฉพาะผนัง | 182 ตารางเมตร | | | |
| มีผู้พักอาศัย | 4 คน | | | |
| ปริมาณการใช้เครื่องใช้ไฟฟ้า EPD | 8.6 วัตต์ต่อตารางเมตร | | | |
| ปริมาณการใช้ระบบแสงสว่าง LPD | 7.5 วัตต์ต่อตารางเมตร | | | |
| ระบบปรับอากาศ | Resident system | | | |

อาคารสำนักงาน

ทำการอ้างอิงอาคารมา จากกรณีวิเคราะห์ เอกสารทางวิชาการ และ งานวิจัย การจัดทำมาตรฐานค่าการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนต่อหัวของผู้ใช้อาคารสำหรับอาคารในประเทศไทย ด้วยวิธี Life Cycle Assessment (LCA) โดยอาศัยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ โดยทำการตั้งค่าเก็บข้อมูลตามพื้นที่การใช้งานจริงในแต่ละส่วนของอาคารสำนักงาน จำแนกได้เป็น

ตารางที่ 3.8 แสดงการตั้งค่าแบบจำลองของอาคารสำนักงาน ในโปรแกรม Visual DOE 4.0

| พื้นที่ภายในอาคาร | พื้นที่อาคารใช้งาน | ส่วนงานระบบ(Core) |
|---------------------------------|------------------------------|-------------------|
| พื้นที่ตารางเมตร | 5376 | 1792 |
| รวมพื้นที่ | 7168 ตารางเมตร | |
| พื้นที่ส่วนปรับอากาศ | 5376 | x |
| รวมพื้นที่ | 5376 ตารางเมตร | |
| ระยะเวลาการใช้งานปรับอากาศ | พื้นที่อาคารใช้งาน | |
| วัน | วันธรรมดา | |
| เวลา | 08:00-18:00 | |
| พื้นที่เปลือกอาคารทั้งหมด | 2688 ตารางเมตร | |
| WWR : Window to wall ratio | 40 | |
| WWR ในแต่ละทิศทาง | 40 | |
| พื้นที่เปลือกอาคารเฉพาะกระจก | 1075 ตารางเมตร | |
| พื้นที่เปลือกอาคารเฉพาะผนัง | 1613 ตารางเมตร | |
| ผู้ใช้อาคาร | 7 ตารางเมตรต่อคน | |
| ปริมาณการใช้เครื่องใช้ไฟฟ้า EPD | 15.9 วัตต์ต่อตารางเมตร | |
| ปริมาณการใช้ระบบแสงสว่าง LPD | 15.9 วัตต์ต่อตารางเมตร | |
| ระบบปรับอากาศ | Packaged variable air volume | |

3.5.5 วิเคราะห์ผลจากข้อมูล ประเมินประสิทธิภาพของวัสดุฉนวนผนัง

ค่าการใช้พลังงานปรับอากาศทั้งปีต่อตารางเมตร (kWh/m².year) โดยรวมค่าการใช้พลังงานทำความเย็นจากเครื่องปรับอากาศและเครื่องเป่าลม (Cooling and Fan) โดยเทียบกับการใช้วัสดุที่ประกอบด้วย ความหนาแน่น (Density) ความจุความร้อนจำเพาะ (Capacity) และความหนา (Thickness) กับทิศทางของผนัง ทิศเหนือ ทิศตะวันออก ทิศใต้ ทิศตะวันตก ทิศตะวันออกเฉียงเหนือ ทิศตะวันออกเฉียงเหนือ ทิศตะวันตกเฉียงใต้ ทิศตะวันตกเฉียงเหนือ

3.5.6 สรุปผลและข้อเสนอแนะ

สรุปผลการจำลองทั้งหมดและเสนอแนวทางในการกำหนดการใช้ผนังฉนวนประเภทต่างๆ ในแต่ละทิศทางที่มีผลการใช้พลังงานภายในอาคาร

บทที่ 4

ผลการทดลองและวิเคราะห์ข้อมูล

4.1 วิธีการรวบรวมข้อมูลจากการจำลองผล

จากการจำลองผลด้วยโปรแกรม Visual DOE 4.0 ในการศึกษาปริมาณมวลอุณหภูมิกับ ทิศทางของอาคาร สามารถแบ่งการจำลองผลเป็น 2 ประเภท อันได้แก่ บ้านพักอาศัย และ อาคารสำนักงาน โดยทำการแยกกลุ่มวัสดุ อันได้แก่

กลุ่มที่ 1 คอนกรีตบล็อก

กลุ่มที่ 2 คอนกรีตมวลเบา

แล้วทำการแยกในแต่ละประเภทแต่ละตัวแปรของมวลอุณหภูมิก่อน เป็นแต่ละกรณี (ความหนาแน่น, ความจุความร้อนจำเพาะ, ความหนา) และในแต่ละกรณีจะแบ่งการเพิ่มตัวแปรมวลอุณหภูมิก่อนในทั้งหมด 8 ทิศทาง (ทิศเหนือ ทิศใต้ ทิศตะวันออก ทิศตะวันตก ทิศตะวันออกเฉียงเหนือ ทิศตะวันออกเฉียงใต้ ทิศตะวันตกเฉียงเหนือ ทิศตะวันตกเฉียงใต้) โดยเปรียบเทียบการลดการใช้พลังงานในการปรับอากาศ เทียบในหน่วย วัตต์ต่อตารางเมตรต่อปี (kWh/m².year)

ทั้งนี้การแยกกลุ่มประเภทวัสดุ เป็นสองกลุ่ม อันได้แก่ คอนกรีตบล็อก และคอนกรีตมวลเบา เพื่อแยกทำการควบคุมตัวแปรของค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวม (U-Value) ของแต่ละวัสดุเพื่อการรวบรวมจากการจำลองผลที่เฉพาะของมวลอุณหภูมิก่อนเท่านั้น

ส่วนการแยกกรณีของแต่ละมวลสาร โดยการเปลี่ยนตัวแปรแต่ละประเภท และทำการคงที่ตัวแปรที่เหลือที่ไม่ได้ทำการศึกษา สามารถแบ่งได้เป็น 3 กรณีได้แก่

กรณีที่ 1 เปลี่ยนความหนา

กรณีที่ 2 เปลี่ยนความจุความร้อนจำเพาะ

กรณีที่ 3 เปลี่ยนความหนาแน่น

โดยการแยกเก็บข้อมูลจะทำการตารางต่อไป

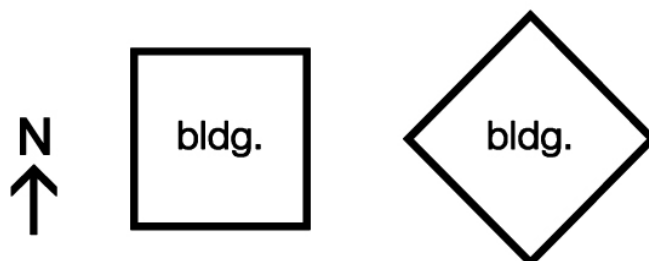
ตารางที่ 4.1 แสดงการแบ่งกรณีในการจำลองผล ทั้งบ้านพักอาศัยและอาคารสำนักงาน
ในกลุ่มที่ 1 ของคอนกรีตบล็อก

| กลุ่มที่ 1 คอนกรีตบล็อก/อิฐมวลเบา U-value ระหว่าง 1.5 - 5.1 W/m ² | | | | | | | ALL CASES |
|--|-----------------------------------|------|------|------|------|--|-----------|
| กรณีที่ 1 | Thickness (cm.) | 10 | 20 | 30 | | | |
| | case | 128 | 128 | 128 | | | 384 |
| กรณีที่ 2 | Specific Heat Capacity (kJ/kg-C) | 0.7 | 0.8 | 0.9 | 1.0 | | |
| | case | 96 | 96 | 96 | 96 | | 384 |
| กรณีที่ 3 | Density (kg/m ³) | 1600 | 1800 | 2000 | 2200 | | |
| | case | 96 | 96 | 96 | 96 | | 384 |

ตารางที่ 4.2 แสดงการแบ่งกรณีในการจำลองผล ทั้งบ้านพักอาศัยและอาคารสำนักงาน
ในกลุ่มที่ 2 ของคอนกรีตมวลเบา

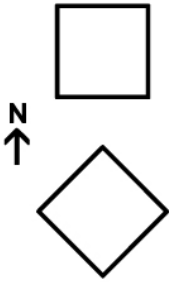




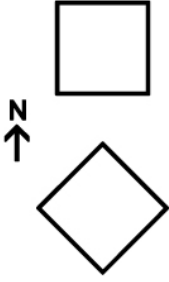
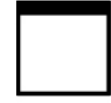



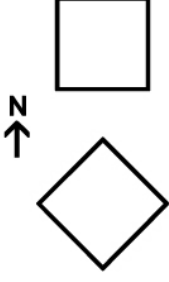
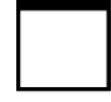
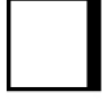


| กลุ่มที่ 2 คอนกรีตบล็อก/อิฐมวลเบา U-value ระหว่าง 1.5 - 5.1 W/m ² | | | | | | | ALL CASES |
|--|-----------------------------------|-----|-----|------|------|------|-----------|
| กรณีที่ 1 | Thickness (cm.) | 10 | 20 | 30 | | | |
| | case | 160 | 160 | 160 | | | 480 |
| กรณีที่ 2 | Specific Heat Capacity (kJ/kg-C) | 0.7 | 0.8 | 0.9 | 1.0 | | |
| | case | 120 | 120 | 120 | 120 | | 480 |
| กรณีที่ 3 | Density (kg/m ³) | 600 | 800 | 1000 | 1200 | 1400 | |
| | case | 96 | 96 | 96 | 96 | 96 | 480 |

นอกจากนั้นในแต่ละกรณี ก็จะมีการแบ่งย่อยในการเพิ่มตัวแปรในแต่ละทิศทางไปอีก (8 ทิศทาง) ทั้งบ้านพักอาศัย และอาคารสำนักงาน โดยทำการหมุนตัวอาคารเป็นสองลักษณะ คือ 0 องศา และ 45 องศา เพื่อให้ผนังมวลสารแต่ละด้าน หันครบทุกทิศทาง



ภาพที่ 4.1 แสดงการวางทิศทางของตัวอาคาร ในแนว 0 องศา และ 45 องศา เพื่อแสดงตำแหน่งทิศทางของผนัง

ตารางที่ 4.3 แสดงการกำหนดแบบจำลองเพื่อศึกษาตัวแปรแต่ละประเภท และแต่ละทิศทาง ระหว่าง Baseline และ Designcase

| DSH | Baseline | Designcase | | | | Input |
|-------------------------------------|---|---|---|--|---|--|
| THICKNESS (cm.) |  |  |  |  |  | 10 20 30 |
| Specific Heat Capacity (kJ/kg-C) |  |  |  |  |  | 0.7 0.8 0.9 1.0 |
| Density (kg/m3) |  |  |  |  |  | 1600 (800) 1800 2000 2200 2400 (800) (1000) (1200) (1400) |

เมื่อรวบรวมข้อมูลทั้งหมดในแต่ละ ตัวแปรของมวลอุณหภูมิ และทิศทาง แล้วนำมาเรียงหาความสัมพันธ์เชิงเส้นในแต่ละกรณี และทำการเปรียบเทียบค่าการใช้พลังงานจากเครื่องปรับอากาศเป็นหน่วยกิโลวัตต์ต่อตารางเมตรต่อปี (kWh/m².year) โดยแยกได้เป็น

1. แผนภูมิเปรียบเทียบการใช้มวลอุณหภูมิ (DSH) โดยใช้ตัวแปรแต่ละปัจจัยของผนังในทิศทางต่างๆ ที่มีผลต่อการใช้พลังงานทำความเย็น
2. ตารางแสดงการใช้พลังงานทำความเย็นในแต่ละทิศทาง
3. ตารางเปรียบเทียบการใช้พลังงานทำความเย็นในแต่ละทิศทาง

ผลการจำลองมวลอุณหภูมิภาพผนัง ทั้งวัสดุคอนกรีตบล็อกและคอนกรีตมวลเบา รวมทั้งประเภทอาคารบ้านพักอาศัย และอาคารสำนักงาน สามารถจำแนกและวิเคราะห์ได้ดังต่อไปนี้

4.2 ผลการจำลองการเพิ่มความหนาผนัง และวิเคราะห์ผล

1. บ้านพักอาศัย กลุ่มที่ 1 คอนกรีตบล็อก กรณีที่ 1 ความหนาของผนัง
2. บ้านพักอาศัย กลุ่มที่ 2 คอนกรีตมวลเบา กรณีที่ 1 ความหนาของผนัง
3. อาคารสำนักงาน กลุ่มที่ 1 คอนกรีตบล็อก กรณีที่ 1 ความหนาของผนัง
4. อาคารสำนักงาน กลุ่มที่ 2 คอนกรีตมวลเบา กรณีที่ 1 ความหนาของผนัง

4.3 ผลการจำลองการเพิ่มความจุความร้อนจำเพาะ และวิเคราะห์ผล

1. บ้านพักอาศัย กลุ่มที่ 1 คอนกรีตบล็อก กรณีที่ 2 ความจุความร้อนจำเพาะ
2. บ้านพักอาศัย กลุ่มที่ 2 คอนกรีตมวลเบา กรณีที่ 2 ความจุความร้อนจำเพาะ
3. อาคารสำนักงาน กลุ่มที่ 1 คอนกรีตบล็อก กรณีที่ 2 ความจุความร้อนจำเพาะ
4. อาคารสำนักงาน กลุ่มที่ 2 คอนกรีตมวลเบา กรณีที่ 2 ความจุความร้อนจำเพาะ

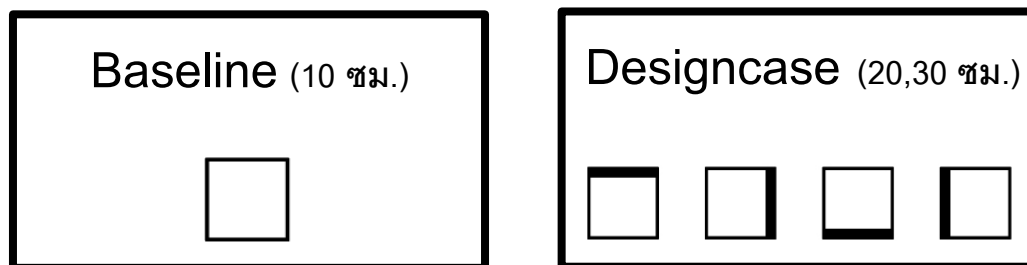
4.4 ผลการจำลองการเพิ่มความหนาแน่น และวิเคราะห์ผล

1. บ้านพักอาศัย กลุ่มที่ 1 คอนกรีตบล็อก กรณีที่ 3 ความหนาแน่น
2. บ้านพักอาศัย กลุ่มที่ 2 คอนกรีตมวลเบา กรณีที่ 3 ความหนาแน่น
3. อาคารสำนักงาน กลุ่มที่ 1 คอนกรีตบล็อก กรณีที่ 3 ความหนาแน่น
4. อาคารสำนักงาน กลุ่มที่ 2 คอนกรีตมวลเบา กรณีที่ 3 ความหนาแน่น

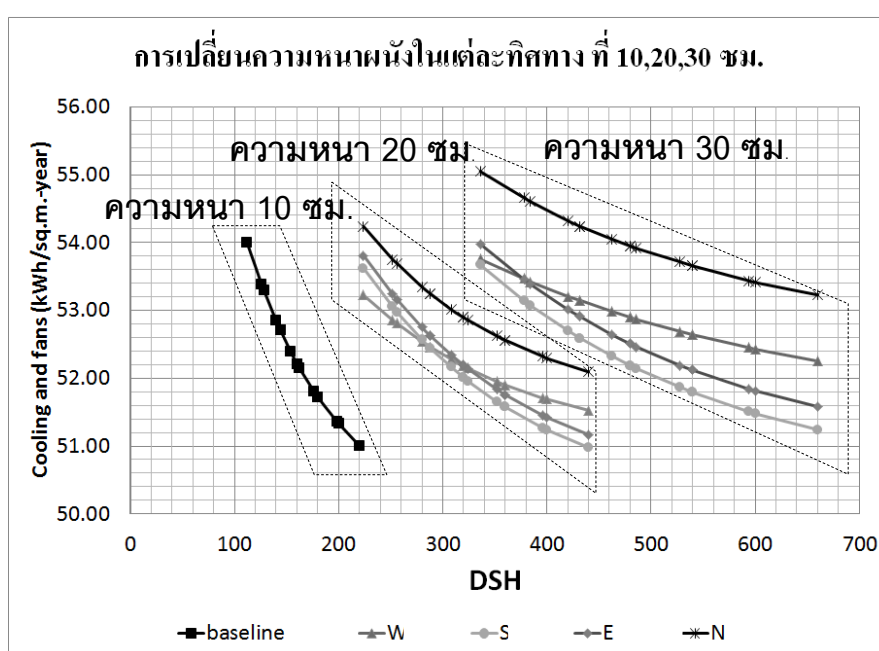
4.5 วิเคราะห์ผลการใช้วัสดุประกอบอาคารที่มีผลต่อมวลอุณหภูมิภาพ

ผลการจำลองทั้งหมดที่ได้จะทำการเรียงข้อมูลเชิงเส้น เพื่อศึกษาประสิทธิภาพของมวลอุณหภูมิภาพที่มีผลต่อการใช้พลังงานภายในอาคาร ซึ่งเนื่องจากข้อมูลทำการจำลองผลมีจำนวนมาก และมีความซับซ้อนของตัวแปร ดังนั้นก่อนที่จะแสดงผลการจำลองผลทั้งหมด จะทำการอธิบายการดูแลภูมิในแต่ละตัวแปร ทั้งค่า มวลอุณหภูมิภาพ (DSH) ค่าตัวประกอบ ความหนาแน่น ความจุความร้อนจำเพาะ ความหนาผนัง ดังต่อไปนี้

การดูแผนภูมิ เมื่อเพิ่ม ค่า DSH ในแต่ละทิศทางของ Baseline และ Designcase
 แผนภูมิแสดงการเพิ่มความหนา ในคอนกรีตบล็อก ของบ้านพักอาศัย



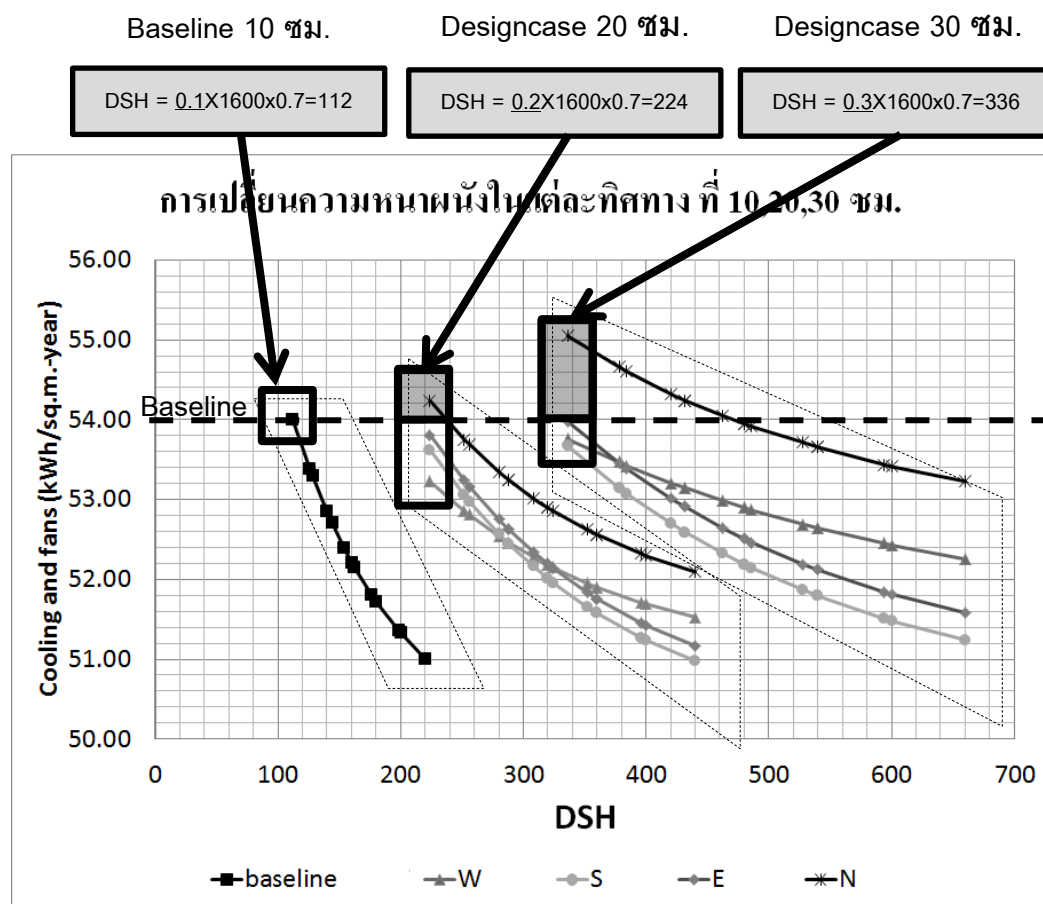
ภาพที่ 4.2 แสดงแบบจำลองของ Baseline กับ Designcase ที่เพิ่มความหนาผนัง 20, 30 ซม.



แผนภูมิที่ 4.1 แสดงการจัดข้อมูลของการเพิ่มความหนา ในทิศต่างๆ ระหว่าง Baseline กับ Designcase ของ
 วัสดุคอนกรีตบล็อก ในบ้านพักอาศัย

จากแผนภูมิที่ 4.1 เมื่อนำผลการจำลองที่เมื่อเปลี่ยนความหนาผนังที่ 10,20,30 ซม. โดย
 ในแผนภูมินี้แสดงการจำลองที่ทั้งอาคารมีความหนา 10 ซม เป็น baseline (รูปที่ 4.2) โดยเมื่อ
 หมุนอาคารในทุกๆทิศทางค่าการใช้พลังงานก็จะเท่ากัน ทำให้ลักษณะแผนภูมิเป็นเส้นเดี่ยวเท่านั้น
 หหมด แต่ในกรณีของการเพิ่มความหนาที่ 20, 30 ซม. ที่เป็น Designcase โดยเมื่อหมุนอาคารไป
 ยังทิศทางต่างๆ (รูปที่ 4.2) จะพบว่ามีการใช้พลังงานที่แตกต่างกันคือตามแต่ละทิศทาง ซึ่งจะ
 สังเกตได้ว่า ทำให้เกิดแนวเส้นของแผนภูมิที่แยกเป็น ทิศเหนือ ได้ ตะวันออก และ ตะวันตก ซึ่งจะ
 เห็นแนวโน้มในการใช้พลังงานที่แตกต่างกัน ทั้งนี้ลักษณะแผนภูมิทั้งการเพิ่มความหนาผนัง ความ
 หนาแน่น ความจุความร้อนจำเพาะ จะเป็นลักษณะการเก็บและเรียงข้อมูลลักษณะเดียวกับ
 แผนภูมินี้ทั้งหมด

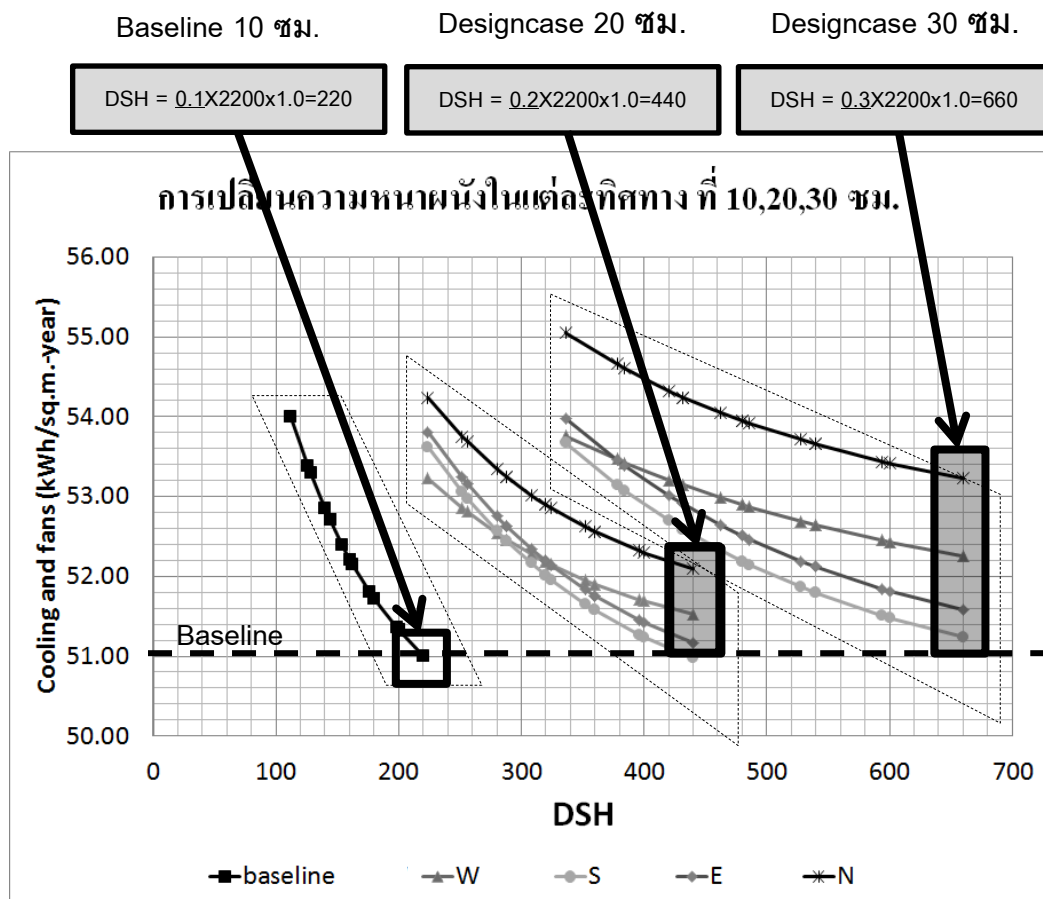
จากแผนภูมิข้างต้นจะสามารถทราบกรณีของ baseline และ Designcase ซึ่งต่อไป คือ การดูแผนภูมิว่ากรณีใดเมื่อเพิ่มความหนา แต่ละทิศในกรณีของ Designcase แล้วจะมีผลต่อการ ใช้พลังงานอย่างไรในอาคาร



แผนภูมิที่ 4.2 แสดงการเปรียบเทียบค่าการใช้พลังงานเมื่อเพิ่มความหนาผนังในแต่ละทิศ ที่ Baseline 10 ซม. กับ Designcase 20, 30 ซม. ของวัสดุคอนกรีตบล็อก ในบ้านพักอาศัย

จากแผนภูมิ 4.2 เมื่อสังเกตที่ค่า baseline ที่ความหนาผนังทุกทิศทาง 10 ซม. ที่ค่า DSH = 112 จะพบว่าทุกทิศมีการใช้พลังงานที่เท่ากันที่จุดเดียวกัน 54.00 kWh/m².year โดยค่านี้จะเป็น baseline ให้ในทุกกรณี เมื่อสังเกต ที่ Designcase ที่เพิ่มความหนาผนัง 20 ซม. (DSH = 224) และ 30 ซม. (DSH = 336) จะพบว่าเมื่อเพิ่มความหนาในแต่ละทิศการใช้พลังงานในแต่ละทิศจะแตกต่างกันขึ้น (ในกรอบสี่เหลี่ยม) และเมื่อนำค่าทุกทิศของ Designcase ไปเปรียบเทียบกับ Baseline (เส้นประค่า Baseline) จะพบว่าจะมีบางทิศที่ใช้พลังงานต่ำกว่า Baseline (ในกรอบสี่เหลี่ยมที่ไม่แรเงา) เช่น เพิ่มความหนาผนัง 20 ซม. ทิศตะวันตก ได้ และตะวันออก จะใช้พลังงานต่ำกว่า baseline ส่วนเมื่อเพิ่มความหนาผนังที่ 30 ซม. ทิศตะวันตก ได้ และ ตะวันออก ใช้พลังงานต่ำ

กว่า baseline เป็นต้น และในกรณีที่ Designcase ใช้พลังงานมากกว่า Baseline (ในกรอบสี่เหลี่ยมแวงเงาสีเทา) อันได้แก่ ทิศเหนือ ทั้งความหนาผนังที่ 20, 30 ซม.



แผนภูมิที่ 4.3 แสดงการเปรียบเทียบค่าการใช้พลังงานเมื่อเพิ่มความหนาผนังในแต่ละทิศ ที่ Baseline 10 ซม. กับ Designcase 20, 30 ซม. ของวัสดุคอนกรีตบล็อก ในบ้านพักอาศัย

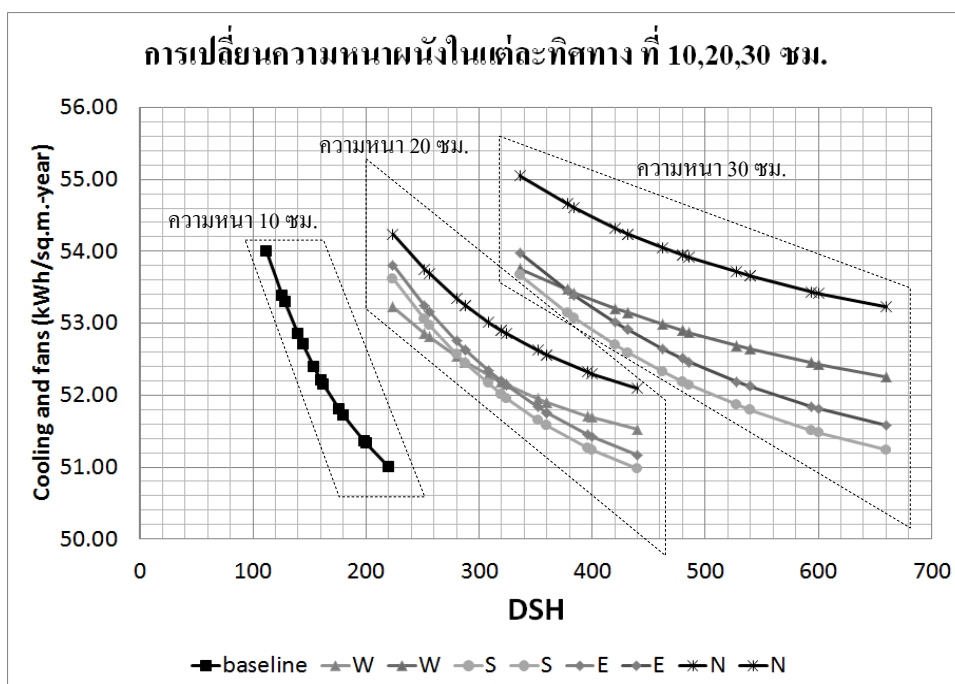
จากแผนภูมิที่ 4.3 ในกรณีที่ Baseline ที่ความหนาผนังทั้งอาคาร 10 ซม. ที่มีค่า DSH = 220 เมื่อเปรียบเทียบกับ Designcase ที่เพิ่มความหนาผนัง 20 ซม. (DSH=440), 30 ซม. (DSH=660) จะพบว่าเมื่อเปรียบเทียบกับ Baseline ในทุกทิศทางกลับมีการใช้พลังงานมากขึ้นทั้งสิ้น (กรอบสี่เหลี่ยมแวงเงาสีเทา)

ดังนั้นจากการดูแผนภูมิที่ผ่านมา อาจสามารถสรุปได้ว่า การเพิ่มค่ามวลอุณหภาพในผนังมีส่วนในการลดการใช้พลังงานทั้งหมด แต่ถ้าหากเมื่อเทียบ Baseline กับ Designcase จะพบว่าการเพิ่มในแต่ละทิศทางอาจมีผลทั้งการลดและเพิ่มการใช้พลังงาน ทั้งนี้จำเป็นต้องพิจารณาในแต่ละกรณีเพื่อเปรียบเทียบค่ามวลอุณหภาพ (DSH) ที่เหมาะสมในแต่ละทิศทาง

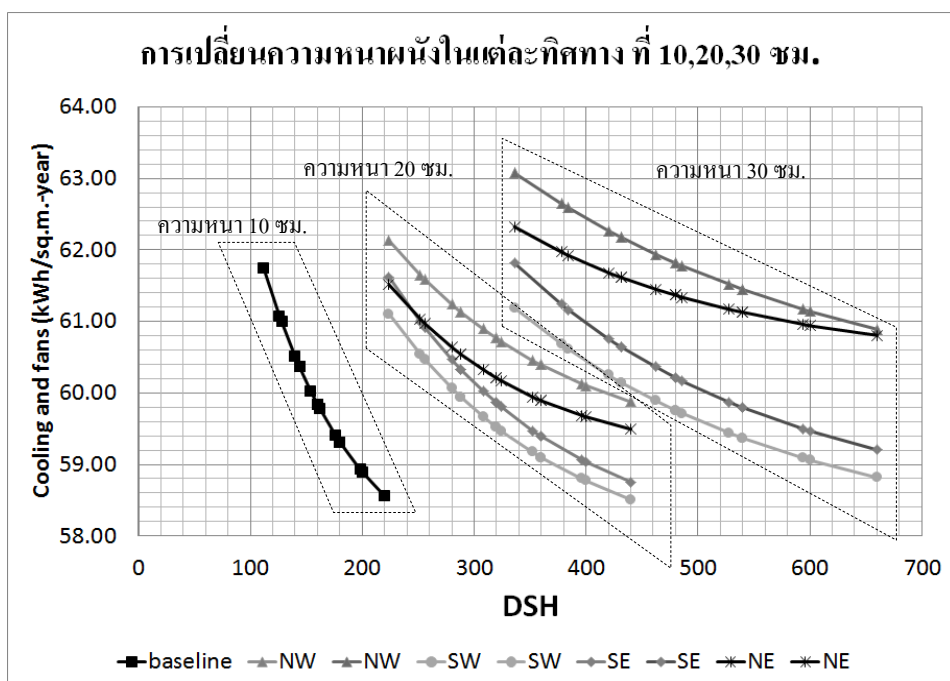
ทั้งนี้ในแผนภูมิและการเก็บข้อมูลที่จะกล่าวต่อไปจะเป็นลักษณะการดูแผนภูมิและการเปรียบเทียบดังข้างต้น ในทุกๆผลการจำลอง

4.2 ผลการจำลองการเพิ่มความหนาผนัง และวิเคราะห์ผล

1. บ้านพักอาศัย กลุ่มที่ 1 คอนกรีตบล็อก กรณีที่ 1 ความหนาของผนัง



แผนภูมิที่ 4.4 เปรียบเทียบการใช้ความหนาผนังของคอนกรีตบล็อกในทิศต่างๆ (N,E,S,W) ที่มีผลต่อการใช้พลังงานทำความเย็น ในบ้านพักอาศัย

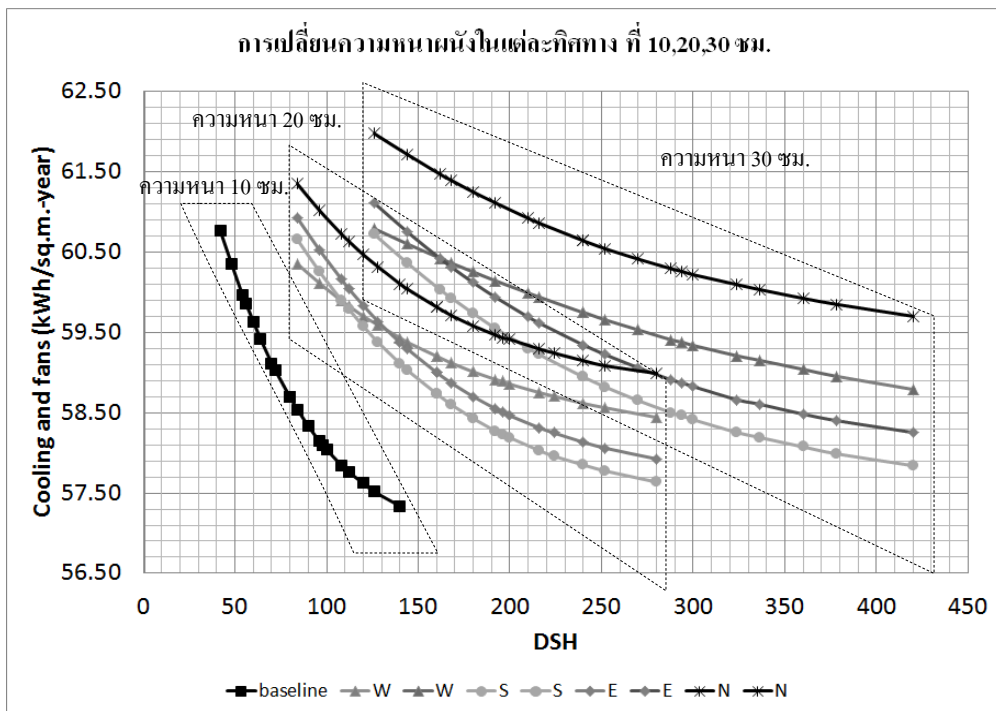


แผนภูมิที่ 4.5 เปรียบเทียบการใช้ความหนาผนังของคอนกรีตบล็อกในทิศต่างๆ (NE,NW,SE,SW) ที่มีผลต่อการใช้พลังงานทำความเย็น ในบ้านพักอาศัย

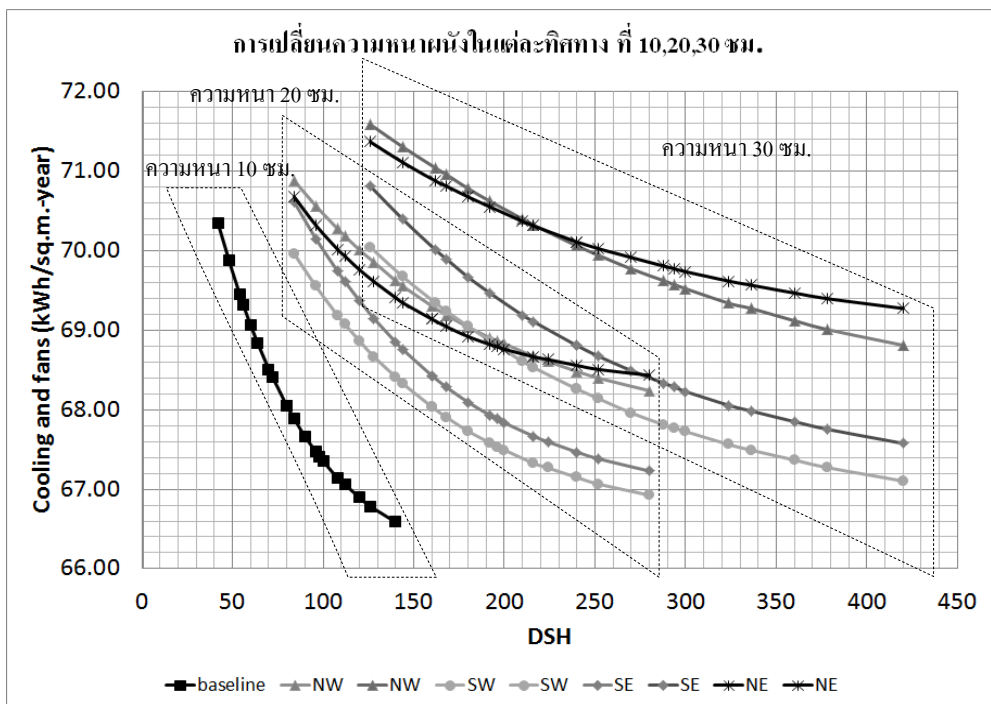
ตารางที่ 4.4 แสดงการใช้ความหนาผนังขนาดต่างๆ ของคอนกรีตบล็อก ที่ส่งผลต่อการใช้พลังงานทำความเย็น
ในแต่ละทิศทาง ในบ้านพักอาศัย

| Thickness (m.) | Capacity (kJ/kg-°C) | Density (kg/m ³) | DSH | การใช้พลังงานปรับอากาศในแต่ละทิศทาง (kWh/s.q.m.-year) | | | | | | | |
|------------------------|------------------------|---------------------------------|-------|---|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | | | | W | S | E | N | NW | SW | SE | NE |
| 0.1 Baseline | 0.7 | 1,600 | 112 | 54.00 | 54.00 | 54.00 | 54.00 | 61.74 | 61.74 | 61.74 | 61.74 |
| | 0.7 | 1,800 | 126 | 53.39 | 53.39 | 53.39 | 53.39 | 61.08 | 61.08 | 61.08 | 61.08 |
| | 0.8 | 1,600 | 128 | 53.31 | 53.31 | 53.31 | 53.31 | 61.00 | 61.00 | 61.00 | 61.00 |
| | 0.7 | 2,000 | 140 | 52.85 | 52.85 | 52.85 | 52.85 | 60.51 | 60.51 | 60.51 | 60.51 |
| | 0.8 | 1,800 | 144 | 52.72 | 52.72 | 52.72 | 52.72 | 60.36 | 60.36 | 60.36 | 60.36 |
| | 0.9 | 1,600 | 144 | 52.72 | 52.72 | 52.72 | 52.72 | 60.36 | 60.36 | 60.36 | 60.36 |
| | 0.7 | 2,200 | 154 | 52.39 | 52.39 | 52.39 | 52.39 | 60.02 | 60.02 | 60.02 | 60.02 |
| | 0.8 | 2,000 | 160 | 52.21 | 52.21 | 52.21 | 52.21 | 59.85 | 59.85 | 59.85 | 59.85 |
| | 1 | 1,600 | 160 | 52.21 | 52.21 | 52.21 | 52.21 | 59.85 | 59.85 | 59.85 | 59.85 |
| | 0.9 | 1,800 | 162 | 52.16 | 52.16 | 52.16 | 52.16 | 59.79 | 59.79 | 59.79 | 59.79 |
| | 0.8 | 2,200 | 176 | 51.82 | 51.82 | 51.82 | 51.82 | 59.41 | 59.41 | 59.41 | 59.41 |
| | 0.9 | 2,000 | 180 | 51.72 | 51.72 | 51.72 | 51.72 | 59.31 | 59.31 | 59.31 | 59.31 |
| | 1 | 1,800 | 180 | 51.72 | 51.72 | 51.72 | 51.72 | 59.31 | 59.31 | 59.31 | 59.31 |
| | 0.9 | 2,200 | 198 | 51.37 | 51.37 | 51.37 | 51.37 | 58.93 | 58.93 | 58.93 | 58.93 |
| 1 | 2,000 | 200 | 51.33 | 51.33 | 51.33 | 51.33 | 58.90 | 58.90 | 58.90 | 58.90 | |
| 1 | 2,200 | 220 | 51.00 | 51.00 | 51.00 | 51.00 | 58.56 | 58.56 | 58.56 | 58.56 | |
| 0.2 Designcase A | 0.7 | 1,600 | 224 | 53.22 | 53.62 | 53.81 | 54.24 | 62.13 | 61.10 | 61.62 | 61.51 |
| | 0.7 | 1,800 | 252 | 52.86 | 53.05 | 53.24 | 53.75 | 61.65 | 60.54 | 61.00 | 61.03 |
| | 0.8 | 1,600 | 256 | 52.81 | 52.98 | 53.16 | 53.70 | 61.59 | 60.47 | 60.91 | 60.97 |
| | 0.7 | 2,000 | 280 | 52.54 | 52.57 | 52.75 | 53.35 | 61.24 | 60.07 | 60.47 | 60.64 |
| | 0.8 | 1,800 | 288 | 52.46 | 52.44 | 52.63 | 53.25 | 61.13 | 59.95 | 60.33 | 60.54 |
| | 0.9 | 1,600 | 288 | 52.46 | 52.44 | 52.63 | 53.25 | 61.13 | 59.95 | 60.33 | 60.54 |
| | 0.7 | 2,200 | 308 | 52.28 | 52.17 | 52.35 | 53.01 | 60.90 | 59.67 | 60.03 | 60.33 |
| | 0.8 | 2,000 | 320 | 52.18 | 52.01 | 52.19 | 52.90 | 60.77 | 59.52 | 59.87 | 60.21 |
| | 1 | 1,600 | 320 | 52.18 | 52.01 | 52.19 | 52.90 | 60.77 | 59.52 | 59.87 | 60.21 |
| | 0.9 | 1,800 | 324 | 52.15 | 51.96 | 52.14 | 52.86 | 60.72 | 59.47 | 59.81 | 60.17 |
| | 0.8 | 2,200 | 352 | 51.95 | 51.65 | 51.84 | 52.62 | 60.45 | 59.17 | 59.47 | 59.95 |
| | 0.9 | 2,000 | 360 | 51.90 | 51.58 | 51.76 | 52.56 | 60.39 | 59.10 | 59.39 | 59.89 |
| | 1 | 1,800 | 360 | 51.90 | 51.58 | 51.76 | 52.56 | 60.39 | 59.09 | 59.39 | 59.89 |
| | 0.9 | 2,200 | 396 | 51.71 | 51.27 | 51.45 | 52.32 | 60.13 | 58.80 | 59.07 | 59.69 |
| 1 | 2,000 | 400 | 51.69 | 51.24 | 51.42 | 52.29 | 60.10 | 58.77 | 59.03 | 59.67 | |
| 1 | 2,200 | 440 | 51.53 | 50.98 | 51.17 | 52.09 | 59.88 | 58.51 | 58.76 | 59.49 | |
| 0.3 Designcase B | 0.7 | 1,600 | 336 | 53.76 | 53.67 | 53.98 | 55.05 | 63.07 | 61.19 | 61.82 | 62.32 |
| | 0.7 | 1,800 | 378 | 53.47 | 53.14 | 53.46 | 54.66 | 62.65 | 60.69 | 61.24 | 61.97 |
| | 0.8 | 1,600 | 384 | 53.42 | 53.07 | 53.39 | 54.61 | 62.59 | 60.62 | 61.16 | 61.93 |
| | 0.7 | 2,000 | 420 | 53.21 | 52.71 | 53.01 | 54.32 | 62.27 | 60.25 | 60.76 | 61.68 |
| | 0.8 | 1,800 | 432 | 53.15 | 52.59 | 52.91 | 54.24 | 62.17 | 60.14 | 60.64 | 61.61 |
| | 0.9 | 1,600 | 432 | 53.15 | 52.59 | 52.91 | 54.24 | 62.17 | 60.14 | 60.64 | 61.61 |
| | 0.7 | 2,200 | 462 | 52.99 | 52.33 | 52.65 | 54.05 | 61.94 | 59.90 | 60.37 | 61.45 |
| | 0.8 | 2,000 | 480 | 52.90 | 52.19 | 52.51 | 53.95 | 61.82 | 59.76 | 60.21 | 61.37 |
| | 1 | 1,600 | 480 | 52.90 | 52.19 | 52.51 | 53.95 | 61.82 | 59.76 | 60.21 | 61.37 |
| | 0.9 | 1,800 | 486 | 52.87 | 52.14 | 52.46 | 53.92 | 61.78 | 59.72 | 60.16 | 61.34 |
| | 0.8 | 2,200 | 528 | 52.69 | 51.87 | 52.19 | 53.72 | 61.52 | 59.44 | 59.87 | 61.17 |
| | 0.9 | 2,000 | 540 | 52.64 | 51.79 | 52.12 | 53.66 | 61.45 | 59.37 | 59.80 | 61.13 |
| | 1 | 1,800 | 540 | 52.64 | 51.79 | 52.12 | 53.66 | 61.45 | 59.37 | 59.80 | 61.13 |
| | 0.9 | 2,200 | 594 | 52.45 | 51.51 | 51.84 | 53.44 | 61.17 | 59.09 | 59.50 | 60.96 |
| 1 | 2,000 | 600 | 52.43 | 51.48 | 51.82 | 53.41 | 61.14 | 59.06 | 59.47 | 60.94 | |
| 1 | 2,200 | 660 | 52.25 | 51.24 | 51.58 | 53.23 | 60.89 | 58.82 | 59.20 | 60.81 | |

2. บ้านพักอาศัย กลุ่มที่ 2 คอนกรีตมวลเบา กรณีที่ 1 ความหนาของผนัง



แผนภูมิที่ 4.6 เปรียบเทียบการใช้ความหนาผนังของคอนกรีตมวลเบาในทิศต่างๆ(N,E,S,W) ที่มีผลต่อการใช้พลังงานทำความเย็น ในบ้านพักอาศัย



แผนภูมิที่ 4.7 เปรียบเทียบการใช้ความหนาผนังของคอนกรีตมวลเบาในทิศต่างๆ (NE,NW,SE,SW) ที่มีผลต่อการ
การใช้พลังงานทำความเย็น ในบ้านพักอาศัย

ตารางที่ 4.6 แสดงการใช้ความหนาผนังขนาดต่างๆ ของคอนกรีตมวลเบา ที่ส่งผลต่อการใช้พลังงานทำความเย็นในแต่ละทิศทาง ในบ้านพักอาศัย

| Thickness (m.) | Capacity (kJ/kg-°C) | Density (kg/m ³) | DSH | การใช้พลังงานปรับอากาศในแต่ละทิศทาง (kWh/s.q.m.-year) | | | | | | | |
|------------------------|------------------------|---------------------------------|-------|---|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | | | | W | S | E | N | NW | SW | SE | NE |
| 0.1 Baseline | 0.7 | 600 | 42 | 60.76 | 60.76 | 60.76 | 60.76 | 70.34 | 70.34 | 70.34 | 70.34 |
| | 0.8 | 600 | 48 | 60.36 | 60.36 | 60.36 | 60.36 | 69.88 | 69.88 | 69.88 | 69.88 |
| | 0.9 | 600 | 54 | 59.97 | 59.97 | 59.97 | 59.97 | 69.45 | 69.45 | 69.45 | 69.45 |
| | 0.7 | 800 | 56 | 59.86 | 59.86 | 59.86 | 59.86 | 69.31 | 69.31 | 69.31 | 69.31 |
| | 1 | 600 | 60 | 59.63 | 59.63 | 59.63 | 59.63 | 69.06 | 69.06 | 69.06 | 69.06 |
| | 0.8 | 800 | 64 | 59.41 | 59.41 | 59.41 | 59.41 | 68.83 | 68.83 | 68.83 | 68.83 |
| | 0.7 | 1,000 | 70 | 59.11 | 59.11 | 59.11 | 59.11 | 68.51 | 68.51 | 68.51 | 68.51 |
| | 0.9 | 800 | 72 | 59.03 | 59.03 | 59.03 | 59.03 | 68.41 | 68.41 | 68.41 | 68.41 |
| | 0.8 | 1,000 | 80 | 58.69 | 58.69 | 58.69 | 58.69 | 68.05 | 68.05 | 68.05 | 68.05 |
| | 1 | 800 | 80 | 58.69 | 58.69 | 58.69 | 58.69 | 68.05 | 68.05 | 68.05 | 68.05 |
| | 0.7 | 1,200 | 84 | 58.54 | 58.54 | 58.54 | 58.54 | 67.89 | 67.89 | 67.89 | 67.89 |
| | 0.9 | 1,000 | 90 | 58.33 | 58.33 | 58.33 | 58.33 | 67.66 | 67.66 | 67.66 | 67.66 |
| | 0.8 | 1,200 | 96 | 58.14 | 58.14 | 58.14 | 58.14 | 67.47 | 67.47 | 67.47 | 67.47 |
| | 0.7 | 1,400 | 98 | 58.09 | 58.09 | 58.09 | 58.09 | 67.41 | 67.41 | 67.41 | 67.41 |
| | 1 | 1,000 | 100 | 58.04 | 58.04 | 58.04 | 58.04 | 67.35 | 67.35 | 67.35 | 67.35 |
| | 0.9 | 1,200 | 108 | 57.85 | 57.85 | 57.85 | 57.85 | 67.14 | 67.14 | 67.14 | 67.14 |
| | 0.8 | 1,400 | 112 | 57.76 | 57.76 | 57.76 | 57.76 | 67.06 | 67.06 | 67.06 | 67.06 |
| | 1 | 1,200 | 120 | 57.62 | 57.62 | 57.62 | 57.62 | 66.90 | 66.90 | 66.90 | 66.90 |
| 0.9 | 1,400 | 126 | 57.52 | 57.52 | 57.52 | 57.52 | 66.79 | 66.79 | 66.79 | 66.79 | |
| 1 | 1,400 | 140 | 57.34 | 57.34 | 57.34 | 57.34 | 66.59 | 66.59 | 66.59 | 66.59 | |
| 0.2 Designcase A | 0.7 | 600 | 84 | 60.35 | 60.66 | 60.93 | 61.35 | 70.88 | 69.96 | 70.61 | 70.68 |
| | 0.8 | 600 | 96 | 60.11 | 60.26 | 60.53 | 61.02 | 70.56 | 69.55 | 70.15 | 70.32 |
| | 0.9 | 600 | 108 | 59.90 | 59.90 | 60.16 | 60.73 | 70.27 | 69.18 | 69.74 | 70.02 |
| | 0.7 | 800 | 112 | 59.83 | 59.79 | 60.04 | 60.64 | 70.18 | 69.07 | 69.61 | 69.93 |
| | 1 | 600 | 120 | 59.70 | 59.58 | 59.84 | 60.47 | 70.01 | 68.87 | 69.37 | 69.76 |
| | 0.8 | 800 | 128 | 59.59 | 59.38 | 59.64 | 60.32 | 69.86 | 68.67 | 69.15 | 69.61 |
| | 0.7 | 1,000 | 140 | 59.43 | 59.11 | 59.37 | 60.10 | 69.62 | 68.41 | 68.85 | 69.41 |
| | 0.9 | 800 | 144 | 59.38 | 59.03 | 59.29 | 60.04 | 69.55 | 68.33 | 68.76 | 69.34 |
| | 0.8 | 1,000 | 160 | 59.20 | 58.74 | 59.00 | 59.82 | 69.30 | 68.04 | 68.43 | 69.14 |
| | 1 | 800 | 160 | 59.20 | 58.74 | 59.00 | 59.82 | 69.30 | 68.04 | 68.43 | 69.14 |
| | 0.7 | 1,200 | 168 | 59.12 | 58.60 | 58.87 | 59.71 | 69.19 | 67.91 | 68.28 | 69.04 |
| | 0.9 | 1,000 | 180 | 59.01 | 58.43 | 58.70 | 59.58 | 69.04 | 67.73 | 68.10 | 68.92 |
| | 0.8 | 1,200 | 192 | 58.92 | 58.27 | 58.55 | 59.47 | 68.91 | 67.58 | 67.93 | 68.82 |
| | 0.7 | 1,400 | 196 | 58.89 | 58.23 | 58.51 | 59.43 | 68.87 | 67.53 | 67.89 | 68.79 |
| | 1 | 1,000 | 200 | 58.86 | 58.19 | 58.46 | 59.41 | 68.83 | 67.49 | 67.84 | 68.76 |
| | 0.9 | 1,200 | 216 | 58.75 | 58.03 | 58.31 | 59.29 | 68.67 | 67.33 | 67.67 | 68.67 |
| | 0.8 | 1,400 | 224 | 58.71 | 57.96 | 58.25 | 59.24 | 68.61 | 67.27 | 67.60 | 68.63 |
| | 1 | 1,200 | 240 | 58.62 | 57.85 | 58.13 | 59.15 | 68.48 | 67.15 | 67.47 | 68.56 |
| 0.9 | 1,400 | 252 | 58.56 | 57.78 | 58.06 | 59.09 | 68.40 | 67.07 | 67.38 | 68.51 | |
| 1 | 1,400 | 280 | 58.44 | 57.64 | 57.93 | 58.99 | 68.24 | 66.93 | 67.23 | 68.43 | |
| 0.3 Designcase B | 0.7 | 600 | 126 | 60.79 | 60.72 | 61.11 | 61.98 | 71.59 | 70.04 | 70.81 | 71.37 |
| | 0.8 | 600 | 144 | 60.60 | 60.36 | 60.75 | 61.72 | 71.30 | 69.67 | 70.39 | 71.11 |
| | 0.9 | 600 | 162 | 60.42 | 60.03 | 60.42 | 61.47 | 71.04 | 69.34 | 70.01 | 70.88 |
| | 0.7 | 800 | 168 | 60.36 | 59.93 | 60.31 | 61.39 | 70.96 | 69.24 | 69.90 | 70.81 |
| | 1 | 600 | 180 | 60.25 | 59.74 | 60.12 | 61.25 | 70.78 | 69.05 | 69.67 | 70.68 |
| | 0.8 | 800 | 192 | 60.14 | 59.55 | 59.94 | 61.11 | 70.62 | 68.87 | 69.47 | 70.55 |
| | 0.7 | 1,000 | 210 | 59.99 | 59.30 | 59.69 | 60.92 | 70.40 | 68.61 | 69.19 | 70.37 |
| | 0.9 | 800 | 216 | 59.94 | 59.22 | 59.62 | 60.86 | 70.32 | 68.53 | 69.11 | 70.31 |
| | 0.8 | 1,000 | 240 | 59.75 | 58.95 | 59.34 | 60.64 | 70.06 | 68.26 | 68.81 | 70.11 |
| | 1 | 800 | 240 | 59.75 | 58.95 | 59.34 | 60.64 | 70.06 | 68.26 | 68.81 | 70.11 |
| | 0.7 | 1,200 | 252 | 59.66 | 58.82 | 59.22 | 60.54 | 69.94 | 68.14 | 68.67 | 70.02 |
| | 0.9 | 1,000 | 270 | 59.53 | 58.65 | 59.06 | 60.41 | 69.77 | 67.96 | 68.49 | 69.92 |
| | 0.8 | 1,200 | 288 | 59.41 | 58.50 | 58.91 | 60.29 | 69.62 | 67.81 | 68.33 | 69.81 |
| | 0.7 | 1,400 | 294 | 59.38 | 58.46 | 58.87 | 60.26 | 69.57 | 67.77 | 68.28 | 69.77 |
| | 1 | 1,000 | 300 | 59.34 | 58.41 | 58.83 | 60.22 | 69.52 | 67.73 | 68.23 | 69.74 |
| | 0.9 | 1,200 | 324 | 59.21 | 58.25 | 58.66 | 60.10 | 69.34 | 67.56 | 68.06 | 69.62 |
| | 0.8 | 1,400 | 336 | 59.15 | 58.19 | 58.61 | 60.04 | 69.27 | 67.49 | 67.99 | 69.57 |
| | 1 | 1,200 | 360 | 59.04 | 58.08 | 58.48 | 59.93 | 69.12 | 67.37 | 67.85 | 69.47 |
| 0.9 | 1,400 | 378 | 58.96 | 57.99 | 58.40 | 59.85 | 69.01 | 67.27 | 67.76 | 69.40 | |
| 1 | 1,400 | 420 | 58.79 | 57.84 | 58.25 | 59.70 | 68.81 | 67.10 | 67.58 | 69.27 | |

วิเคราะห์ผลการเพิ่มความหนา ที่มีผลต่อการใช้พลังงาน ในบ้านพักอาศัย

การเพิ่มความหนา (Thickness) คือการเพิ่มปริมาณวัสดุเข้าไปในผนัง ซึ่งมีผลต่อการส่งถ่ายความร้อนของอาคาร ในการไปลดค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวม (U-value) ดังสมการต่อไปนี้

$$R = \Delta X/k \quad (4.1)$$

$$U = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \dots + \frac{1}{R_n} \quad (4.2)$$

จาก (4.1) การเพิ่มความหนาของวัสดุ (ΔX) มีผลต่อการเพิ่มค่าความต้านทานของวัสดุ (R) ดังนั้นเมื่อนำค่าความต้านทานของวัสดุทั้งหมด (R_n) มารวมกัน (4.2) จะเป็นค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวม (U-value) ซึ่งดังนั้น การเพิ่มความหนาเข้าไปในมวลอุณหภาพผนัง จะพบว่าเป็นการลดค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวม (U-value) เป็นผลทำให้ลดการถ่ายเทความร้อนเข้าสู่ตัวอาคาร

บ้านพักอาศัย

จากแผนภูมิที่ 4.4, 4.5 คอนกรีตบล็อก และ แผนภูมิที่ 4.6, 4.7 จะพบว่า การเพิ่มมวลอุณหภาพผนังจะมีแนวโน้มลดการใช้พลังงานทั้งหมด แต่การเพิ่มความหนาที่ 20,30 ซม. มีแนวโน้มการลดการใช้พลังงาน แต่มีบางกรณีค่าการใช้พลังงานสูงขึ้น มาจากการการสะสมความร้อนในผนังที่แตกต่างกัน ในแต่ละทิศทาง โดยในกรณีที่ Designcase ในการเพิ่มความหนาที่ 20, 30 ซม. ที่มีค่า DSH ต่ำ จะมีประสิทธิภาพในการลดการใช้พลังงานมากกว่า การเพิ่ม DSH มาก ซึ่งทำให้ลักษณะแผนภูมิ ที่เพิ่มความหนา 30 ซม. จะมีเส้นการใช้พลังงานที่สูงกว่าทั้งทั้งหมด

ค่าการใช้พลังงานเปรียบเทียบ จากการกำหนดให้ผนังความหนา 10 ซม. เท่ากันทุกทิศทาง เป็น Baseline ของการจำลองผล และทำการเปรียบเทียบกับผนังที่ความหนา 20,30 ซม. เป็น Designcase ที่เพิ่มความหนาในแต่ละทิศทาง โดยเทียบค่าการใช้พลังงานเป็นกรณีเรียงลำดับจุดต่อจุด (ในแผนภูมิที่ 4.4,4.5,4.6 และ 4.7) แล้วนำค่าการจำลองผลการใช้พลังงานทำความเข้าใจทั้งหมด (ตารางที่ 4.4 และ 4.6) มาเทียบกันระหว่าง Baseline และ Designcase โดยเทียบค่าที่เท่ากันจาก ความหนาแน่น ความจุความร้อนจำเพาะ แล้วเปลี่ยน ความหนาผนัง (พิจารณาจากตารางที่ 4.5 และ 4.7 ค่าผลต่างการใช้พลังงานในบ้านพักอาศัย) ก็จะทราบถึงทิศทางที่มีผลในการลดการใช้พลังงานทำความเข้าใจ

จากตารางที่ 4.4 และ ตารางที่ 4.5 ผนังที่มีความหนา 20 ซม.จะมีผลในการลดการใช้พลังงานมากที่สุด (ในกรอบประจักษ์ทั้ง 2 ตาราง) เมื่ออุณหภูมิอากาศ 0 องศา ในทิศตะวันตก และเมื่อ

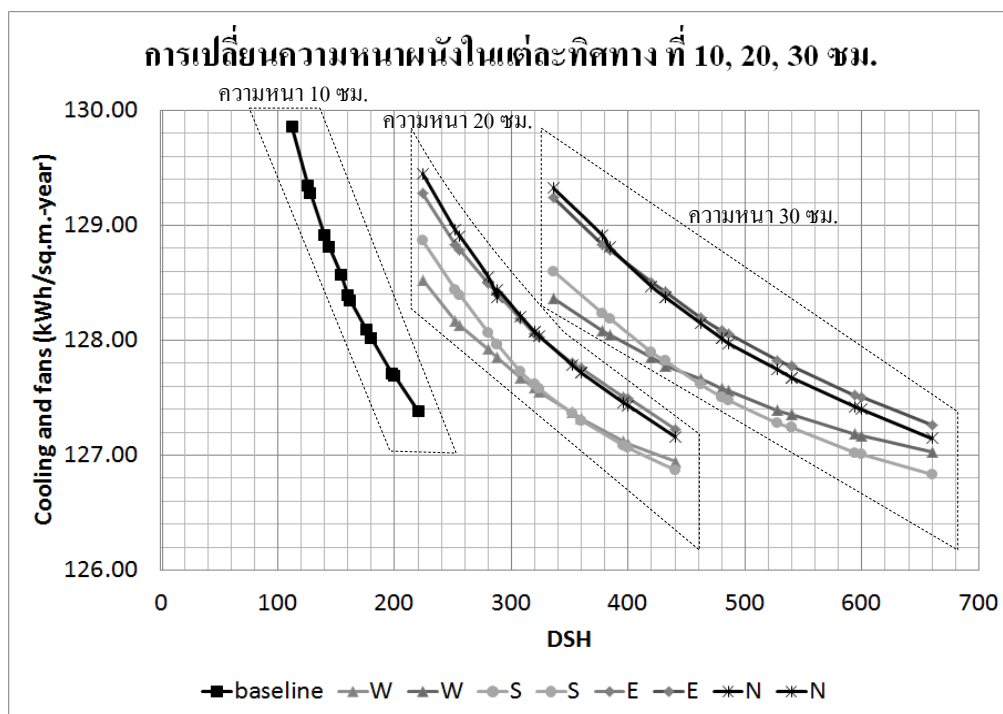
หมุนอาคาร 45 องศา ทิศตะวันตกเฉียงใต้ เนื่องจากการเพิ่มปริมาณความหนาผนังในทิศทางนี้จะมีผลในการลดค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวม (U-value) จากดวงอาทิตย์ที่อ้อมทิศใต้ ที่มีระยะเวลา 8 เดือน และมีมุมที่กระทบกับตัวอาคารค่อนข้างมาก นอกจากนั้นพื้นที่ภายในตัวแบบจำลองได้มีการตั้งของพื้นที่ใช้งานห้องน้ำ ในทิศตะวันออกที่เป็นส่วนที่ไม่มีมีการปรับอากาศ ซึ่งอาจมีส่วนในการลดการใช้พลังงานได้ค่อนข้างมาก เนื่องจากลดการถ่ายเทความร้อนเข้ามาภายในอาคาร

แต่ในกรณี การเพิ่มความหนา 20 ซม. ในบริเวณด้าน ทิศทางตะวันออก ทิศตะวันออกเฉียงเหนือ ทิศตะวันออกเฉียงใต้ มีการลดการใช้พลังงานลดลงมา (จากตารางที่ 4.4 และ 4.5) สาเหตุนี้เนื่องจากในช่วงเช้า ยังมีการใช้งานในบ้านพักอาศัย (18:00 – 7:00) จึงยังมีอุณหภูมิที่ต่ำกว่าภายนอก การเพิ่มความหนาผนังด้านนี้จึงมีคุณสมบัติในการหน่วงความร้อนจากทิศตะวันออก ส่วนช่วงบ่ายเป็นช่วงที่ไม่มีมีการใช้งานในบ้านพักอาศัยแล้ว ผนังด้านทิศตะวันออกจะทำหน้าที่การถ่ายเทความร้อน ทำให้อุณหภูมิภายในอาคารจึงเริ่มที่จะใกล้เคียงกับภายนอก ดังนั้นการเลือกใช้ผนังที่มีความหนาหน่วงความร้อนไว้ ในทิศตะวันออกจะช่วยในการลดการใช้พลังงานได้บางส่วน

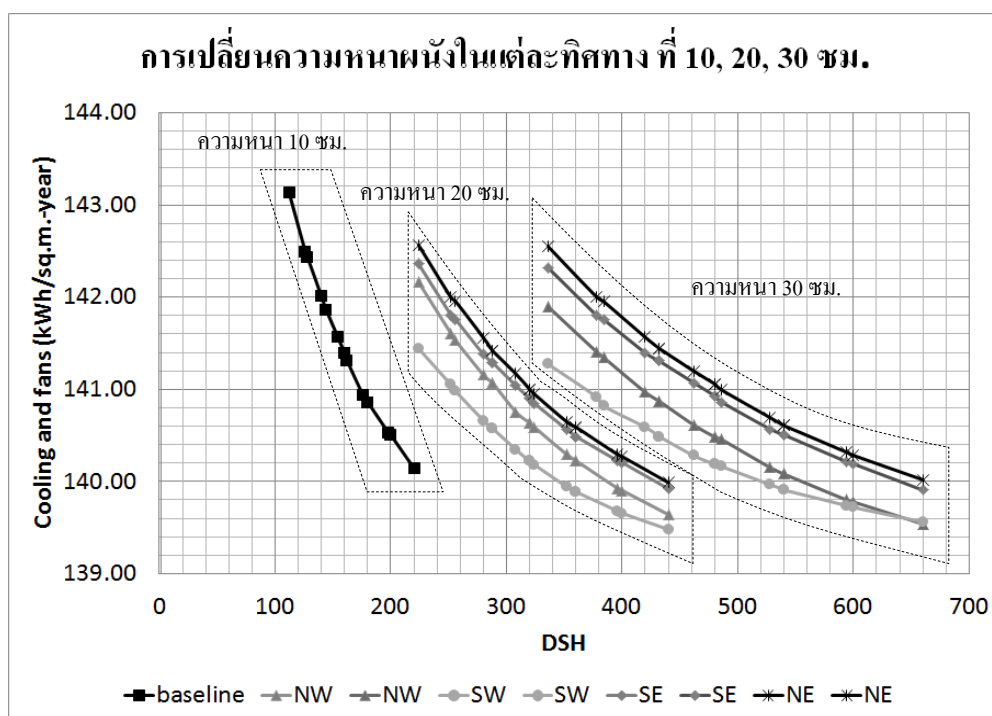
ในกรณีการเพิ่มความหนา ในทิศเหนือ กลับมีการใช้พลังงานมากขึ้น เนื่องมาจากเป็นทิศทางที่ไม่ปะทะกับการแผ่รังสีของดวงอาทิตย์โดยตรง แม้ว่าจะปะทะกับทิศทางดวงอาทิตย์ที่อ้อมในทิศเหนือ เป็นเวลา 4 เดือน (พฤษภาคม มิถุนายน กรกฎาคม สิงหาคม) แต่อยู่ในช่วงฤดูหนาว ที่อุณหภูมิไม่สูงมาก แต่เมื่อถึง ช่วงที่ดวงอาทิตย์อ้อมได้ เป็นเวลา 8 เดือน ทิศทางผนังด้านที่เหลือ ทั้งทิศใต้ ทิศตะวันออก ทิศตะวันตก จะได้รับการแผ่รังสีโดยตรงจากดวงอาทิตย์ ซึ่งมีผลทำให้ความร้อนถ่ายเทเข้ามาในอาคารมากขึ้น อีกทั้งผนังทิศเหนือก็ไม่สามารถถ่ายเทความร้อนได้เพราะผนังมีมวลอุณหภาพและความหนาที่มาก เป็นตัวกันความร้อนที่จะถ่ายเทไปสู่ภายนอก ส่งผลต่อภาระการทำความร้อน

ส่วนในกรณีของการใช้ผนังที่มีความหนา 30 ซม. จะพบว่าแนวโน้มการใช้พลังงานมากกว่าความหนาผนังที่ 20,10 ซม. เนื่องจากความหนาเป็นตัวเพิ่มมวลอุณหภาพของผนังในทุกทิศถึงแม้จะมีความสามารถในการกันไม่ให้ความร้อนเข้ามาได้ แต่ก็ยังเก็บสะสมความร้อนอยู่ภายในตัวมวลอุณหภาพของผนังตลอดทั้งวัน ก่อนที่จะปล่อยความร้อนที่เหลือเข้าสู่ภายในอาคารตอนช่วงเวลาเย็น ซึ่งจะไปเพิ่มภาระของเครื่องปรับอากาศ

3. อาคารสำนักงาน กลุ่มที่ 1 คอนกรีตบล็อก กรณีที่ 1 ความหนาของผนัง



แผนภูมิที่ 4.8 เปรียบเทียบการใช้ความหนาผนังของคอนกรีตบล็อกในทิศต่างๆ(N,E,S,W) ที่มีผลต่อการใช้พลังงานปรับอากาศ ในอาคารสำนักงาน



แผนภูมิที่ 4.9 เปรียบเทียบการใช้ความหนาผนังของคอนกรีตบล็อกในทิศต่างๆ(NE,NW,SE,SW) ที่มีผลต่อการใช้พลังงานปรับอากาศ ในอาคารสำนักงาน

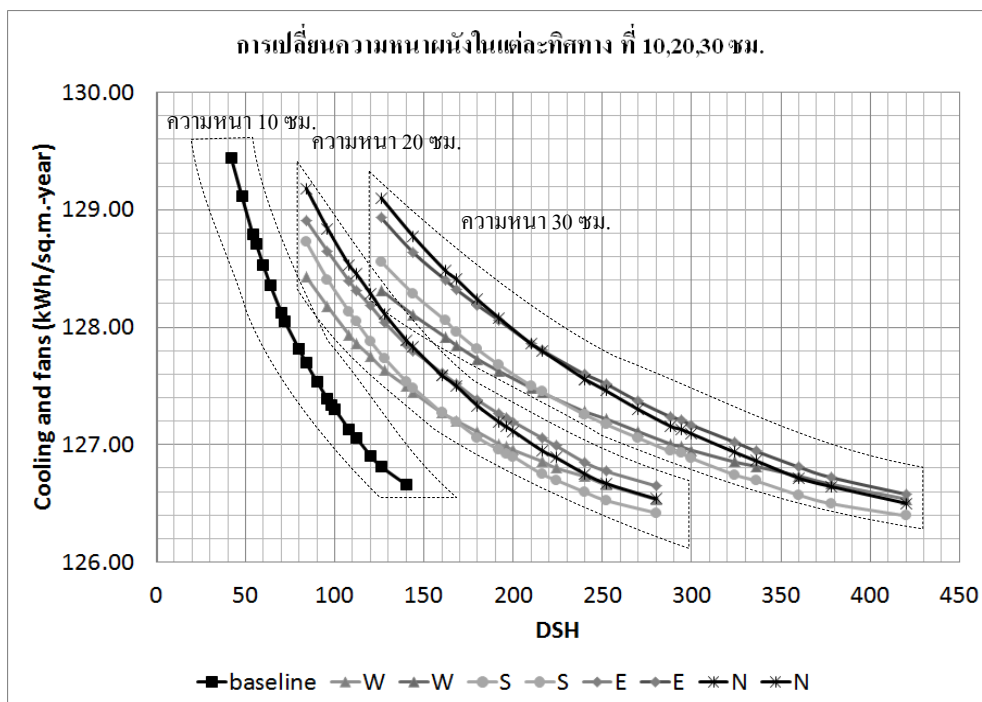
ตารางที่ 4.8 แสดงการใช้ความหนาผนังขนาดต่างๆ ของคอนกรีต ที่ส่งผลต่อการใช้พลังงานปรับอากาศในแต่ละทิศทาง ในอาคารสำนักงาน

| Thickness (m.) | Capacity (kJ/kg-°C) | Density (kg/m ³) | DSH | การใช้พลังงานปรับอากาศในแต่ละทิศทาง (kWh/s.q.m.-year) | | | | | | | |
|------------------------|------------------------|---------------------------------|--------|---|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| | | | | W | S | E | N | NW | SW | SE | NE |
| 0.1 Baseline | 0.7 | 1,600 | 112 | 129.86 | 129.86 | 129.86 | 129.86 | 143.14 | 143.14 | 143.14 | 143.14 |
| | 0.7 | 1,800 | 126 | 129.34 | 129.34 | 129.34 | 129.34 | 142.50 | 142.50 | 142.50 | 142.50 |
| | 0.8 | 1,600 | 128 | 129.28 | 129.28 | 129.28 | 129.28 | 142.43 | 142.43 | 142.43 | 142.43 |
| | 0.7 | 2,000 | 140 | 128.91 | 128.91 | 128.91 | 128.91 | 142.01 | 142.01 | 142.01 | 142.01 |
| | 0.8 | 1,800 | 144 | 128.82 | 128.82 | 128.82 | 128.82 | 141.87 | 141.87 | 141.87 | 141.87 |
| | 0.9 | 1,600 | 144 | 128.82 | 128.82 | 128.82 | 128.82 | 141.87 | 141.87 | 141.87 | 141.87 |
| | 0.7 | 2,200 | 154 | 128.57 | 128.57 | 128.57 | 128.57 | 141.57 | 141.57 | 141.57 | 141.57 |
| | 0.8 | 2,000 | 160 | 128.39 | 128.39 | 128.39 | 128.39 | 141.40 | 141.40 | 141.40 | 141.40 |
| | 1 | 1,600 | 160 | 128.39 | 128.39 | 128.39 | 128.39 | 141.40 | 141.40 | 141.40 | 141.40 |
| | 0.9 | 1,800 | 162 | 128.35 | 128.35 | 128.35 | 128.35 | 141.32 | 141.32 | 141.32 | 141.32 |
| | 0.8 | 2,200 | 176 | 128.09 | 128.09 | 128.09 | 128.09 | 140.94 | 140.94 | 140.94 | 140.94 |
| | 0.9 | 2,000 | 180 | 128.02 | 128.02 | 128.02 | 128.02 | 140.86 | 140.86 | 140.86 | 140.86 |
| | 1 | 1,800 | 180 | 128.02 | 128.02 | 128.02 | 128.02 | 140.86 | 140.86 | 140.86 | 140.86 |
| | 0.9 | 2,200 | 198 | 127.71 | 127.71 | 127.71 | 127.71 | 140.53 | 140.53 | 140.53 | 140.53 |
| 1 | 2,000 | 200 | 127.69 | 127.69 | 127.69 | 127.69 | 140.51 | 140.51 | 140.51 | 140.51 | |
| 1 | 2,200 | 220 | 127.39 | 127.39 | 127.39 | 127.39 | 140.15 | 140.15 | 140.15 | 140.15 | |
| 0.2 Designcase A | 0.7 | 1,600 | 224 | 128.53 | 128.87 | 129.28 | 129.45 | 142.16 | 141.44 | 142.36 | 142.56 |
| | 0.7 | 1,800 | 252 | 128.17 | 128.44 | 128.83 | 128.96 | 141.61 | 141.05 | 141.81 | 142.00 |
| | 0.8 | 1,600 | 256 | 128.13 | 128.39 | 128.79 | 128.91 | 141.53 | 140.98 | 141.76 | 141.96 |
| | 0.7 | 2,000 | 280 | 127.92 | 128.07 | 128.50 | 128.56 | 141.16 | 140.66 | 141.38 | 141.56 |
| | 0.8 | 1,800 | 288 | 127.85 | 127.96 | 128.41 | 128.38 | 141.07 | 140.58 | 141.29 | 141.42 |
| | 0.9 | 1,600 | 288 | 127.85 | 127.96 | 128.41 | 128.44 | 141.07 | 140.58 | 141.29 | 141.42 |
| | 0.7 | 2,200 | 308 | 127.67 | 127.73 | 128.18 | 128.21 | 140.76 | 140.35 | 141.04 | 141.17 |
| | 0.8 | 2,000 | 320 | 127.58 | 127.62 | 128.05 | 128.07 | 140.64 | 140.22 | 140.90 | 141.00 |
| | 1 | 1,600 | 320 | 127.58 | 127.62 | 128.05 | 128.07 | 140.64 | 140.22 | 140.90 | 141.00 |
| | 0.9 | 1,800 | 324 | 127.55 | 127.58 | 128.03 | 128.04 | 140.59 | 140.18 | 140.85 | 140.95 |
| | 0.8 | 2,200 | 352 | 127.37 | 127.36 | 127.80 | 127.79 | 140.30 | 139.94 | 140.57 | 140.65 |
| | 0.9 | 2,000 | 360 | 127.32 | 127.30 | 127.75 | 127.72 | 140.23 | 139.89 | 140.49 | 140.59 |
| | 1 | 1,800 | 360 | 127.32 | 127.30 | 127.75 | 127.72 | 140.23 | 139.89 | 140.49 | 140.59 |
| | 0.9 | 2,200 | 396 | 127.12 | 127.09 | 127.51 | 127.46 | 139.93 | 139.68 | 140.23 | 140.29 |
| 1 | 2,000 | 400 | 127.10 | 127.06 | 127.50 | 127.43 | 139.90 | 139.66 | 140.21 | 140.27 | |
| 1 | 2,200 | 440 | 126.95 | 126.87 | 127.23 | 127.16 | 139.64 | 139.48 | 139.92 | 139.99 | |
| 0.3 Designcase B | 0.7 | 1,600 | 336 | 128.36 | 128.60 | 129.24 | 129.32 | 141.90 | 141.27 | 142.32 | 142.55 |
| | 0.7 | 1,800 | 378 | 128.08 | 128.24 | 128.83 | 128.91 | 141.41 | 140.92 | 141.80 | 142.00 |
| | 0.8 | 1,600 | 384 | 128.05 | 128.19 | 128.79 | 128.81 | 141.35 | 140.82 | 141.76 | 141.95 |
| | 0.7 | 2,000 | 420 | 127.85 | 127.90 | 128.51 | 128.47 | 140.97 | 140.59 | 141.40 | 141.57 |
| | 0.8 | 1,800 | 432 | 127.78 | 127.82 | 128.42 | 128.37 | 140.87 | 140.49 | 141.31 | 141.44 |
| | 0.9 | 1,600 | 432 | 127.78 | 127.82 | 128.42 | 128.37 | 140.87 | 140.49 | 141.31 | 141.44 |
| | 0.7 | 2,200 | 462 | 127.66 | 127.62 | 128.20 | 128.15 | 140.61 | 140.28 | 141.07 | 141.20 |
| | 0.8 | 2,000 | 480 | 127.58 | 127.51 | 128.08 | 128.02 | 140.48 | 140.19 | 140.93 | 141.06 |
| | 1 | 1,600 | 480 | 127.58 | 127.51 | 128.08 | 128.02 | 140.48 | 140.19 | 140.93 | 141.06 |
| | 0.9 | 1,800 | 486 | 127.56 | 127.48 | 128.06 | 127.97 | 140.46 | 140.16 | 140.86 | 140.99 |
| | 0.8 | 2,200 | 528 | 127.39 | 127.28 | 127.83 | 127.74 | 140.15 | 139.97 | 140.57 | 140.69 |
| | 0.9 | 2,000 | 540 | 127.35 | 127.24 | 127.78 | 127.67 | 140.08 | 139.91 | 140.51 | 140.61 |
| | 1 | 1,800 | 540 | 127.35 | 127.24 | 127.78 | 127.67 | 140.08 | 139.91 | 140.51 | 140.61 |
| | 0.9 | 2,200 | 594 | 127.18 | 127.02 | 127.52 | 127.42 | 139.80 | 139.74 | 140.22 | 140.32 |
| 1 | 2,000 | 600 | 127.17 | 127.01 | 127.51 | 127.40 | 139.78 | 139.72 | 140.19 | 140.28 | |
| 1 | 2,200 | 660 | 127.03 | 126.83 | 127.26 | 127.15 | 139.54 | 139.56 | 139.91 | 140.02 | |

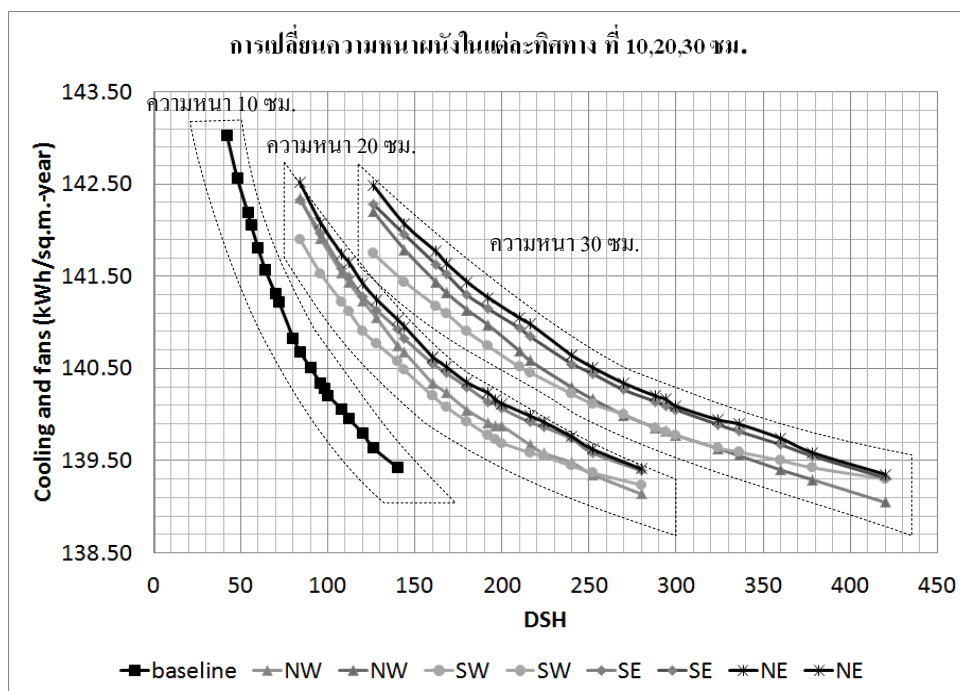
ตารางที่ 4.9 แสดงการใช้ความหนาแน่นขนาดต่างๆของคอนกรีตบล็อก โดยเปรียบเทียบผลต่างของการใช้พลังงานปรับอากาศในแต่ละทิศทาง เทียบกับ baseline ในอาคารสำนักงาน

| Thickness (m.) | Capacity (kJ/kg-°C) | Density (kg/m3) | DSH | ผลต่างการใช้พลังงานปรับอากาศในแต่ละทิศทาง เมื่อเทียบBaseline (kWh/s.q.m.-year) | | | | | | | | |
|------------------------|---------------------|-----------------|-------|--|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|---|
| | | | | W | S | E | N | NW | SW | SE | NE | |
| 0.1 Baseline | 0.7 | 1,600 | 112 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | 0.7 | 1,800 | 126 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | 0.8 | 1,600 | 128 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | 0.7 | 2,000 | 140 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | 0.8 | 1,800 | 144 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | 0.9 | 1,600 | 144 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | 0.7 | 2,200 | 154 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | 0.8 | 2,000 | 160 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | 1 | 1,600 | 160 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | 0.9 | 1,800 | 162 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | 0.8 | 2,200 | 176 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | 0.9 | 2,000 | 180 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 0.2 Designcase A | 1 | 1,800 | 180 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | 0.9 | 2,200 | 198 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | 1 | 2,000 | 200 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | 1 | 2,200 | 220 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | 0.7 | 1,600 | 224 | -1.33 | -0.99 | -0.58 | -0.41 | -0.97 | -1.69 | -0.77 | -0.57 | |
| | 0.7 | 1,800 | 252 | -1.17 | -0.90 | -0.51 | -0.38 | -0.89 | -1.45 | -0.69 | -0.50 | |
| | 0.8 | 1,600 | 256 | -1.16 | -0.89 | -0.50 | -0.38 | -0.90 | -1.45 | -0.67 | -0.48 | |
| | 0.7 | 2,000 | 280 | -0.99 | -0.84 | -0.42 | -0.36 | -0.85 | -1.34 | -0.63 | -0.45 | |
| | 0.8 | 1,800 | 288 | -0.97 | -0.85 | -0.41 | -0.44 | -0.79 | -1.29 | -0.58 | -0.45 | |
| | 0.9 | 1,600 | 288 | -0.97 | -0.85 | -0.41 | -0.37 | -0.79 | -1.29 | -0.58 | -0.45 | |
| | 0.7 | 2,200 | 308 | -0.90 | -0.85 | -0.39 | -0.37 | -0.81 | -1.22 | -0.53 | -0.40 | |
| | 0.8 | 2,000 | 320 | -0.81 | -0.78 | -0.34 | -0.32 | -0.76 | -1.18 | -0.50 | -0.40 | |
| 1 | 1,600 | 320 | -0.81 | -0.78 | -0.34 | -0.32 | -0.76 | -1.18 | -0.50 | -0.40 | | |
| 0.9 | 1,800 | 324 | -0.80 | -0.77 | -0.32 | -0.31 | -0.73 | -1.13 | -0.47 | -0.37 | | |
| 0.8 | 2,200 | 352 | -0.72 | -0.73 | -0.29 | -0.30 | -0.64 | -0.99 | -0.37 | -0.29 | | |
| 0.9 | 2,000 | 360 | -0.70 | -0.72 | -0.27 | -0.31 | -0.63 | -0.97 | -0.37 | -0.27 | | |
| 1 | 1,800 | 360 | -0.70 | -0.72 | -0.27 | -0.31 | -0.63 | -0.97 | -0.37 | -0.27 | | |
| 0.9 | 2,200 | 396 | -0.59 | -0.62 | -0.20 | -0.25 | -0.60 | -0.85 | -0.30 | -0.24 | | |
| 1 | 2,000 | 400 | -0.59 | -0.63 | -0.19 | -0.26 | -0.60 | -0.85 | -0.30 | -0.23 | | |
| 1 | 2,200 | 440 | -0.44 | -0.51 | -0.16 | -0.22 | -0.50 | -0.66 | -0.22 | -0.16 | | |
| 0.3 Designcase B | 0.7 | 1,600 | 336 | -1.50 | -1.26 | -0.62 | -0.54 | -1.24 | -1.86 | -0.82 | -0.59 | |
| | 0.7 | 1,800 | 378 | -1.26 | -1.11 | -0.51 | -0.43 | -1.09 | -1.58 | -0.69 | -0.50 | |
| | 0.8 | 1,600 | 384 | -1.23 | -1.09 | -0.50 | -0.47 | -1.09 | -1.61 | -0.67 | -0.48 | |
| | 0.7 | 2,000 | 420 | -1.06 | -1.02 | -0.41 | -0.45 | -1.04 | -1.42 | -0.61 | -0.44 | |
| | 0.8 | 1,800 | 432 | -1.04 | -1.00 | -0.40 | -0.44 | -0.99 | -1.38 | -0.56 | -0.42 | |
| | 0.9 | 1,600 | 432 | -1.04 | -1.00 | -0.40 | -0.44 | -0.99 | -1.38 | -0.56 | -0.42 | |
| | 0.7 | 2,200 | 462 | -0.91 | -0.96 | -0.38 | -0.43 | -0.96 | -1.29 | -0.50 | -0.37 | |
| | 0.8 | 2,000 | 480 | -0.81 | -0.88 | -0.31 | -0.38 | -0.91 | -1.21 | -0.47 | -0.34 | |
| | 1 | 1,600 | 480 | -0.81 | -0.88 | -0.31 | -0.38 | -0.91 | -1.21 | -0.47 | -0.34 | |
| | 0.9 | 1,800 | 486 | -0.79 | -0.87 | -0.29 | -0.38 | -0.86 | -1.16 | -0.46 | -0.32 | |
| | 0.8 | 2,200 | 528 | -0.70 | -0.81 | -0.26 | -0.35 | -0.79 | -0.97 | -0.37 | -0.24 | |
| | 0.9 | 2,000 | 540 | -0.67 | -0.78 | -0.25 | -0.35 | -0.78 | -0.95 | -0.36 | -0.26 | |
| 1 | 1,800 | 540 | -0.67 | -0.78 | -0.25 | -0.35 | -0.78 | -0.95 | -0.36 | -0.26 | | |
| 0.9 | 2,200 | 594 | -0.53 | -0.69 | -0.19 | -0.29 | -0.73 | -0.79 | -0.31 | -0.21 | | |
| 1 | 2,000 | 600 | -0.52 | -0.68 | -0.19 | -0.29 | -0.73 | -0.79 | -0.31 | -0.22 | | |
| 1 | 2,200 | 660 | -0.36 | -0.55 | -0.12 | -0.24 | -0.61 | -0.58 | -0.24 | -0.13 | | |
| | | | | | | | | | | | | Baseline |
| | | | | | | | | | | | | Designcase ใช้พลังงานต่ำกว่า Baseline 0.0-0.5 kWh/s.q.m.-year |
| | | | | | | | | | | | | Designcase ใช้พลังงานต่ำกว่า Baseline 0.5-1.0 kWh/s.q.m.-year |
| | | | | | | | | | | | | Designcase ใช้พลังงานต่ำกว่า Baseline ตั้งแต่ 1.0 kWh/s.q.m.-year |

4. อาคารสำนักงาน กลุ่มที่ 2 คอนกรีตมวลเบา กรณีที่ 1 ความหนาของผนัง



แผนภูมิที่ 4.10 เปรียบเทียบการใช้ความหนาผนังของคอนกรีตมวลเบาในทิศต่างๆ(N,E,S,W) ที่มีผลต่อการใช้พลังงานปรับอากาศ ในอาคารสำนักงาน



แผนภูมิที่ 4.11 แสดงการใช้ความหนาผนังขนาดต่างๆ ของคอนกรีตมวลเบาในทิศต่างๆ(NE,NW,SE,SW) ที่ส่งผลต่อการใช้พลังงานปรับอากาศในแต่ละทิศทาง ในอาคารสำนักงาน

ตารางที่ 4.10 แสดงการใช้ความหนาผนังขนาดต่างๆ ของคอนกรีตมวลเบา ที่ส่งผลต่อการใช้พลังงานปรับอากาศในแต่ละทิศทาง ในอาคารสำนักงาน

| Thickness (m.) | Capacity (kJ/kg-°C) | Density (kg/m ³) | DSH | การใช้พลังงานปรับอากาศในแต่ละทิศทาง (kWh/s.q.m.-year) | | | | | | | |
|------------------------|------------------------|---------------------------------|--------|---|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| | | | | W | S | E | N | NW | SW | SE | NE |
| 0.1 Baseline | 0.7 | 600 | 42 | 129.44 | 129.44 | 129.44 | 129.44 | 143.03 | 143.03 | 143.03 | 143.03 |
| | 0.8 | 600 | 48 | 129.11 | 129.11 | 129.11 | 129.11 | 142.57 | 142.57 | 142.57 | 142.57 |
| | 0.9 | 600 | 54 | 128.79 | 128.79 | 128.79 | 128.79 | 142.19 | 142.19 | 142.19 | 142.19 |
| | 0.7 | 800 | 56 | 128.71 | 128.71 | 128.71 | 128.71 | 142.05 | 142.05 | 142.05 | 142.05 |
| | 1 | 600 | 60 | 128.53 | 128.53 | 128.53 | 128.53 | 141.81 | 141.81 | 141.93 | 141.81 |
| | 0.8 | 800 | 64 | 128.36 | 128.36 | 128.36 | 128.36 | 141.58 | 141.58 | 141.58 | 141.58 |
| | 0.7 | 1,000 | 70 | 128.13 | 128.13 | 128.13 | 128.13 | 141.31 | 141.31 | 141.31 | 141.31 |
| | 0.9 | 800 | 72 | 128.05 | 128.05 | 128.05 | 128.05 | 141.22 | 141.22 | 141.22 | 141.22 |
| | 0.8 | 1,000 | 80 | 127.81 | 127.81 | 127.81 | 127.81 | 140.83 | 140.83 | 140.83 | 140.83 |
| | 1 | 800 | 80 | 127.81 | 127.81 | 127.81 | 127.81 | 140.83 | 140.83 | 140.83 | 140.83 |
| | 0.7 | 1,200 | 84 | 127.70 | 127.70 | 127.70 | 127.70 | 140.68 | 140.68 | 140.68 | 140.68 |
| | 0.9 | 1,000 | 90 | 127.54 | 127.54 | 127.54 | 127.54 | 140.51 | 140.51 | 140.51 | 140.51 |
| | 0.8 | 1,200 | 96 | 127.39 | 127.39 | 127.39 | 127.39 | 140.34 | 140.34 | 140.34 | 140.34 |
| | 0.7 | 1,400 | 98 | 127.34 | 127.34 | 127.34 | 127.34 | 140.28 | 140.28 | 140.28 | 140.28 |
| | 1 | 1,000 | 100 | 127.30 | 127.30 | 127.30 | 127.30 | 140.21 | 140.21 | 140.21 | 140.21 |
| | 0.9 | 1,200 | 108 | 127.13 | 127.13 | 127.13 | 127.13 | 140.06 | 140.06 | 140.06 | 140.06 |
| 0.8 | 1,400 | 112 | 127.06 | 127.06 | 127.06 | 127.06 | 139.95 | 139.95 | 139.95 | 139.95 | |
| 1 | 1,200 | 120 | 126.91 | 126.91 | 126.91 | 126.91 | 139.80 | 139.80 | 139.80 | 139.80 | |
| 0.9 | 1,400 | 126 | 126.81 | 126.81 | 126.81 | 126.81 | 139.64 | 139.64 | 139.64 | 139.64 | |
| 1 | 1,400 | 140 | 126.66 | 126.66 | 126.66 | 126.66 | 139.43 | 139.43 | 139.43 | 139.43 | |
| 0.2 Designcase A | 0.7 | 600 | 84 | 128.43 | 128.73 | 128.91 | 129.18 | 142.35 | 141.90 | 142.33 | 142.51 |
| | 0.8 | 600 | 96 | 128.18 | 128.41 | 128.65 | 128.84 | 141.91 | 141.53 | 141.96 | 142.08 |
| | 0.9 | 600 | 108 | 127.94 | 128.13 | 128.40 | 128.53 | 141.54 | 141.22 | 141.59 | 141.74 |
| | 0.7 | 800 | 112 | 127.87 | 128.05 | 128.31 | 128.46 | 141.43 | 141.12 | 141.49 | 141.65 |
| | 1 | 600 | 120 | 127.75 | 127.88 | 128.18 | 128.29 | 141.23 | 140.91 | 141.28 | 141.42 |
| | 0.8 | 800 | 128 | 127.63 | 127.73 | 128.04 | 128.11 | 141.05 | 140.77 | 141.13 | 141.25 |
| | 0.7 | 1,000 | 140 | 127.50 | 127.54 | 127.85 | 127.89 | 140.75 | 140.58 | 140.93 | 141.03 |
| | 0.9 | 800 | 144 | 127.45 | 127.48 | 127.80 | 127.83 | 140.68 | 140.48 | 140.82 | 140.96 |
| | 0.8 | 1,000 | 160 | 127.27 | 127.27 | 127.61 | 127.59 | 140.34 | 140.20 | 140.55 | 140.63 |
| | 1 | 800 | 160 | 127.27 | 127.27 | 127.61 | 127.59 | 140.34 | 140.20 | 140.55 | 140.63 |
| | 0.7 | 1,200 | 168 | 127.20 | 127.20 | 127.52 | 127.50 | 140.24 | 140.08 | 140.45 | 140.52 |
| | 0.9 | 1,000 | 180 | 127.11 | 127.06 | 127.38 | 127.33 | 140.05 | 139.92 | 140.30 | 140.35 |
| | 0.8 | 1,200 | 192 | 127.01 | 126.96 | 127.26 | 127.19 | 139.91 | 139.77 | 140.14 | 140.23 |
| | 0.7 | 1,400 | 196 | 126.98 | 126.92 | 127.23 | 127.15 | 139.88 | 139.73 | 140.14 | 140.16 |
| | 1 | 1,000 | 200 | 126.95 | 126.90 | 127.19 | 127.12 | 139.87 | 139.69 | 140.07 | 140.12 |
| | 0.9 | 1,200 | 216 | 126.86 | 126.75 | 127.06 | 126.95 | 139.67 | 139.59 | 139.92 | 139.99 |
| 0.8 | 1,400 | 224 | 126.80 | 126.70 | 126.99 | 126.89 | 139.58 | 139.55 | 139.87 | 139.92 | |
| 1 | 1,200 | 240 | 126.73 | 126.60 | 126.85 | 126.75 | 139.48 | 139.44 | 139.74 | 139.76 | |
| 0.9 | 1,400 | 252 | 126.66 | 126.53 | 126.77 | 126.67 | 139.35 | 139.37 | 139.58 | 139.62 | |
| 1 | 1,400 | 280 | 126.53 | 126.42 | 126.65 | 126.54 | 139.14 | 139.24 | 139.39 | 139.41 | |
| 0.3 Designcase B | 0.7 | 600 | 126 | 128.32 | 128.56 | 128.93 | 129.10 | 142.21 | 141.75 | 142.29 | 142.49 |
| | 0.8 | 600 | 144 | 128.10 | 128.29 | 128.64 | 128.77 | 141.79 | 141.44 | 141.95 | 142.07 |
| | 0.9 | 600 | 162 | 127.92 | 128.06 | 128.40 | 128.48 | 141.44 | 141.18 | 141.63 | 141.77 |
| | 0.7 | 800 | 168 | 127.85 | 127.96 | 128.32 | 128.41 | 141.32 | 141.10 | 141.53 | 141.64 |
| | 1 | 600 | 180 | 127.73 | 127.81 | 128.19 | 128.24 | 141.14 | 140.90 | 141.30 | 141.44 |
| | 0.8 | 800 | 192 | 127.63 | 127.68 | 128.06 | 128.08 | 140.97 | 140.74 | 141.15 | 141.27 |
| | 0.7 | 1,000 | 210 | 127.49 | 127.50 | 127.86 | 127.86 | 140.69 | 140.52 | 140.94 | 141.05 |
| | 0.9 | 800 | 216 | 127.44 | 127.45 | 127.80 | 127.80 | 140.59 | 140.46 | 140.85 | 140.98 |
| | 0.8 | 1,000 | 240 | 127.28 | 127.25 | 127.60 | 127.56 | 140.30 | 140.22 | 140.55 | 140.64 |
| | 1 | 800 | 240 | 127.28 | 127.25 | 127.60 | 127.56 | 140.30 | 140.22 | 140.55 | 140.64 |
| | 0.7 | 1,200 | 252 | 127.22 | 127.17 | 127.52 | 127.46 | 140.17 | 140.12 | 140.44 | 140.51 |
| | 0.9 | 1,000 | 270 | 127.11 | 127.06 | 127.37 | 127.30 | 140.00 | 140.00 | 140.27 | 140.34 |
| | 0.8 | 1,200 | 288 | 127.01 | 126.94 | 127.24 | 127.16 | 139.86 | 139.85 | 140.14 | 140.20 |
| | 0.7 | 1,400 | 294 | 126.98 | 126.93 | 127.21 | 127.13 | 139.83 | 139.81 | 140.09 | 140.17 |
| | 1 | 1,000 | 300 | 126.95 | 126.88 | 127.17 | 127.09 | 139.78 | 139.77 | 140.05 | 140.09 |
| | 0.9 | 1,200 | 324 | 126.85 | 126.74 | 127.02 | 126.94 | 139.63 | 139.64 | 139.89 | 139.95 |
| 0.8 | 1,400 | 336 | 126.82 | 126.69 | 126.95 | 126.86 | 139.56 | 139.59 | 139.82 | 139.90 | |
| 1 | 1,200 | 360 | 126.73 | 126.57 | 126.81 | 126.72 | 139.40 | 139.50 | 139.67 | 139.74 | |
| 0.9 | 1,400 | 378 | 126.66 | 126.50 | 126.72 | 126.64 | 139.30 | 139.43 | 139.55 | 139.59 | |
| 1 | 1,400 | 420 | 126.54 | 126.39 | 126.58 | 126.50 | 139.05 | 139.30 | 139.31 | 139.35 | |

ตารางที่ 4.11 แสดงการใช้ความหนาผนังขนาดต่างๆของคอนกรีตมวลเบา โดยเปรียบเทียบผลต่างของการใช้พลังงานปรับอากาศในแต่ละทิศทาง เทียบเทียบกับ baseline ในอาคารสำนักงาน

| Thickness (m.) | Capacity (kJ/kg-°C) | Density (kg/m ³) | DSH | ผลต่างการใช้พลังงานปรับอากาศในแต่ละทิศทาง เมื่อเทียบBaseline (kWh/s.q.m.-year) | | | | | | | | | | | |
|---|------------------------|---------------------------------|-----|---|---|---|---|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | | | | W | S | E | N | NW | SW | SE | NE | | | | |
| | | | | 0.1 Baseline | | | | | | | | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 0.2 Designcase A | | | | | | | | -1.01 | -0.71 | -0.53 | -0.26 | -0.68 | -1.13 | -0.70 | -0.52 |
| 0.3 Designcase B | | | | | | | | -1.12 | -0.88 | -0.51 | -0.34 | -0.82 | -1.28 | -0.75 | -0.54 |
| Baseline | | | | | | | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Designcase ใช้พลังงานต่ำกว่า Baseline 0.0-0.5 kWh/s.q.m.-year | | | | | | | | -0.94 | -0.70 | -0.47 | -0.27 | -0.66 | -1.04 | -0.60 | -0.49 |
| Designcase ใช้พลังงานต่ำกว่า Baseline 0.5-1.0 kWh/s.q.m.-year | | | | | | | | -0.86 | -0.66 | -0.40 | -0.26 | -0.65 | -0.97 | -0.60 | -0.45 |
| Designcase ใช้พลังงานต่ำกว่า Baseline ตั้งแต่ 1.0 kWh/s.q.m.-year | | | | | | | | -0.84 | -0.66 | -0.39 | -0.25 | -0.62 | -0.93 | -0.56 | -0.40 |

วิเคราะห์ผลการเพิ่มความหนา ที่มีผลต่อการใช้พลังงาน ในอาคารสำนักงาน

จากแผนภูมิที่ 4.8, 4.9 คอนกรีตบล็อก และ แผนภูมิที่ 4.10, 4.11 จะพบว่า การเพิ่มมวล อุณหภูมิผนังจะมีแนวโน้มลดการใช้พลังงานทั้งหมด โดยความหนาที่ลดการใช้พลังงานมากที่สุด และรองลงไปมา คือ 30, 20 และ 10 ซม. ซึ่งสังเกตได้จากลักษณะแผนภูมิทั้ง 4 ในกรณีที่มีความหนา 30 ซม. การเพิ่มมวลอุณหภูมิผนังมาก (DSH) จะพบว่าสัดส่วนแผนภูมิในกลุ่มความหนา 30 ซม. ของผลจำลองจะมีการใช้พลังงานต่ำ มากกว่าการเพิ่มความหนาผนังทั้ง 20 ซม. เนื่องจากการเพิ่มความหนาผนังมีผลต่อการลดค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวมของผนัง ซึ่งส่งผลต่อการกันความร้อนเข้าสู่อาคาร ดังนั้นการที่ยังเพิ่มมวลอุณหภูมิผนัง (DSH) จะเป็นการช่วยประสิทธิภาพการกันความร้อนของผนังได้ดี

ค่าการใช้พลังงานเปรียบเทียบ จากการกำหนดให้ผนังความหนา 10 ซม. เท่ากันทุกทิศทาง เป็น baseline ของการจำลองผล และทำการเปรียบเทียบกับผนังที่มีความหนา 20, 30 ซม. เป็น designcase ที่เพิ่มความหนาในแต่ละทิศทาง โดยเทียบค่าการใช้พลังงานเป็นกรณีเรียงลำดับจุดต่อจุด (ในแผนภูมิที่ 4.8, 4.9, 4.10 และ 4.11) แล้วนำค่าการจำลองผลการใช้พลังงานทำความเข้าใจทั้งหมด (ตารางที่ 4.8 และ 4.10) มาเทียบกันระหว่าง Baseline และ Designcase โดยเทียบค่าที่เท่ากันจาก ความหนาแน่น ความจุความร้อนจำเพาะ แล้วเปลี่ยนความหนาผนัง (พิจารณาจากตารางที่ 4.9 และ 4.11 ค่าผลต่างการลดการใช้พลังงานในอาคารสำนักงาน) ก็จะทราบถึงทิศทางที่มีผลในการลดการใช้พลังงานทำความเข้าใจ

จากตารางที่ 4.7 และ 4.8 การใช้ความหนาผนังที่ 20, 30 ซม. ในอาคารสำนักงาน การใช้พลังงานทำความเข้าใจจะลดลง แต่การใช้ความหนาผนังที่ 30 ซม. จะลดการใช้พลังงานมากที่สุด (ในกรอบประจันตารางที่ 2) เมื่อเทียบความหนาผนังที่ 10 ซม. เนื่องจากการเพิ่มปริมาณของ ความหนาผนังมีผลโดยตรงต่อการลดค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวม (U-value) ที่สอดคล้องกับการใช้งานอาคารในเวลาเช้าถึงเย็น (8:00-18:00) ที่มีการใช้เครื่องปรับอากาศ จึงมีผลในการช่วยลดการถ่ายเทความร้อนเข้าสู่อาคาร แต่เมื่อเพิ่มปริมาณมวลอุณหภูมิผนังที่มากขึ้น ผนังก็จะสะสมความร้อนมากขึ้นตามไปด้วย เนื่องจากอุณหภูมิที่สูงตลอดทั้งวันภายนอกอาคาร ซึ่งทำให้พลังงานทำความเข้าใจมากขึ้นตามไปด้วย

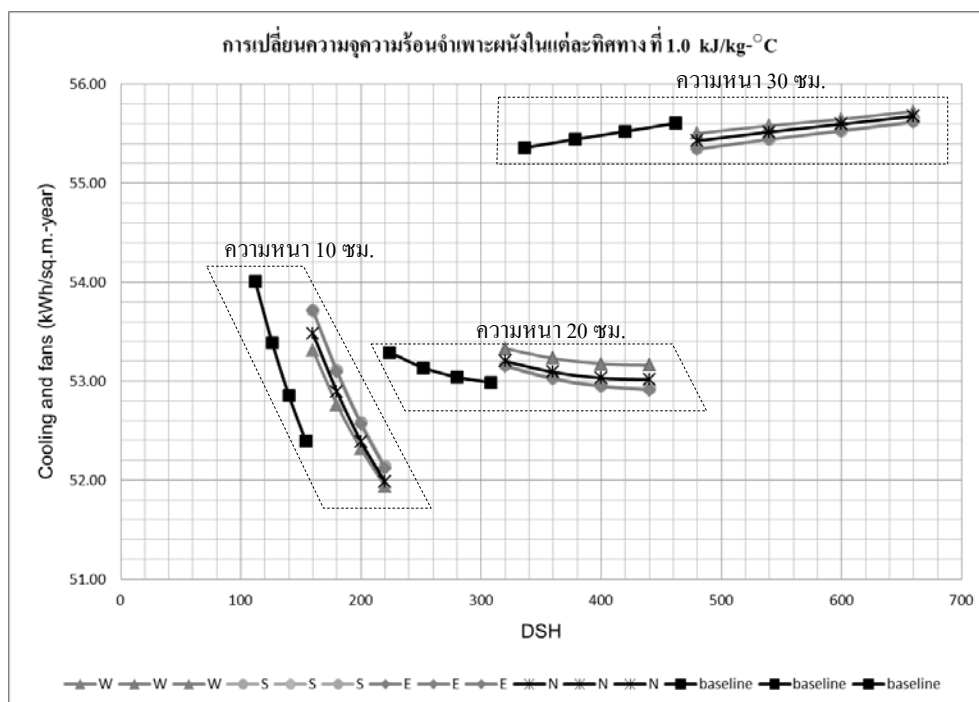
ส่วนการใช้ความหนาผนัง 20, 30 ซม. ทิศที่มีผลต่อการลดการใช้พลังงานมากที่สุด เมื่อหมุนอาคาร 0 องศา คือ ทิศตะวันตก และเมื่อหมุนอาคาร 45 องศา คือ ทิศตะวันตกเฉียงใต้ เนื่องจากทิศทางดังกล่าว อยู่ในแนวรังสีของดวงอาทิตย์ ที่มีระยะเวลา 8 เดือน และเป็นช่วงเวลาที่มีการใช้งานในช่วงบ่าย (13:00-15:00) ซึ่งมีอุณหภูมิภายนอกค่อนข้างสูง ดังนั้นการใช้

ความหนาผนังที่มากในทิศตะวันตก และทิศตะวันตกเฉียงใต้ จะช่วยลดปริมาณการถ่ายเทความร้อนเข้าสู่อาคาร

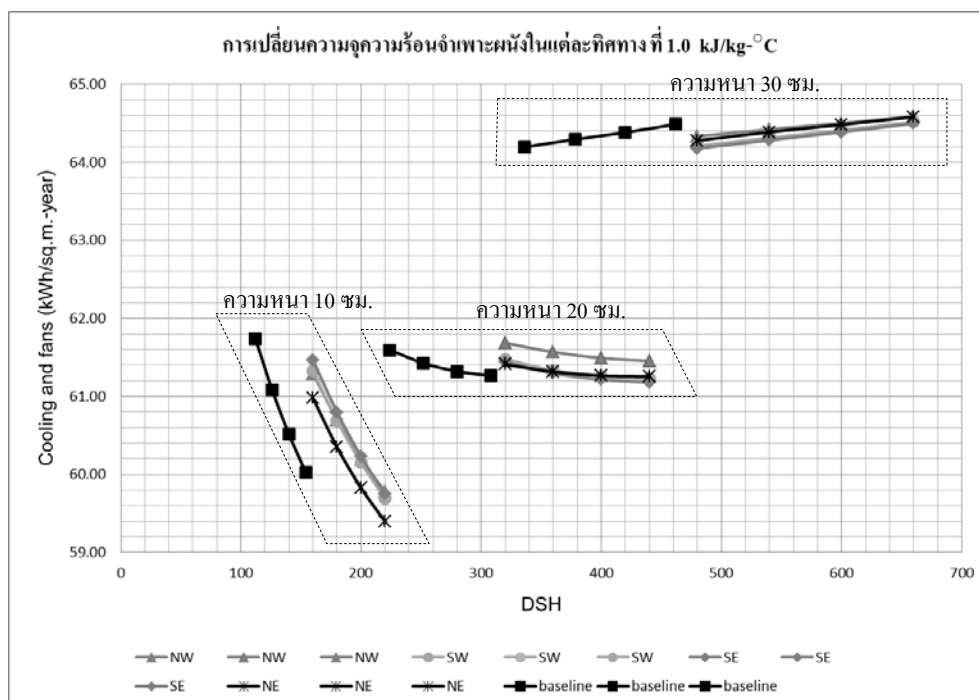
หากใช้ความหนาผนัง 20,30 ซม. ที่ทิศเหนือ ทิศตะวันออกเฉียงเหนือ จะลดการใช้พลังงานน้อยที่สุด เนื่องจากเป็นทิศทางที่ไม่ได้ปะทะกับทิศทางของการแผ่รังสีของดวงอาทิตย์โดยตรง ซึ่งภายใน 1 ปี ดวงอาทิตย์จะอยู่ในแนวอ้อมเหนือเพียง 4 เดือน ซึ่งอาจไม่ช่วยลดปริมาณการถ่ายเทความร้อนที่เข้ามาเท่าที่ควร รวมทั้งผนังในทิศทางอื่นมีความหนาน้อย ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนจึงสูง ทำให้ความร้อนที่เข้าภายในอาคารมากตามไปด้วย

4.3 ผลการจำลองการเพิ่มความจุความร้อนจำเพาะ และวิเคราะห์ผล

1. บ้านพักอาศัย กลุ่มที่ 1 คอนกรีตบล็อก กรณีที่ 2 ความจุความร้อนจำเพาะ



แผนภูมิที่ 4.12 เปรียบเทียบการใช้ความจุความร้อนจำเพาะผนังที่ $1.0 \text{ kJ/kg} \cdot ^\circ\text{C}$ ของคอนกรีตบล็อกในทิศต่างๆ (N,E,S,W) ที่มีผลต่อการใช้พลังงานทำความเย็น ในบ้านพักอาศัย

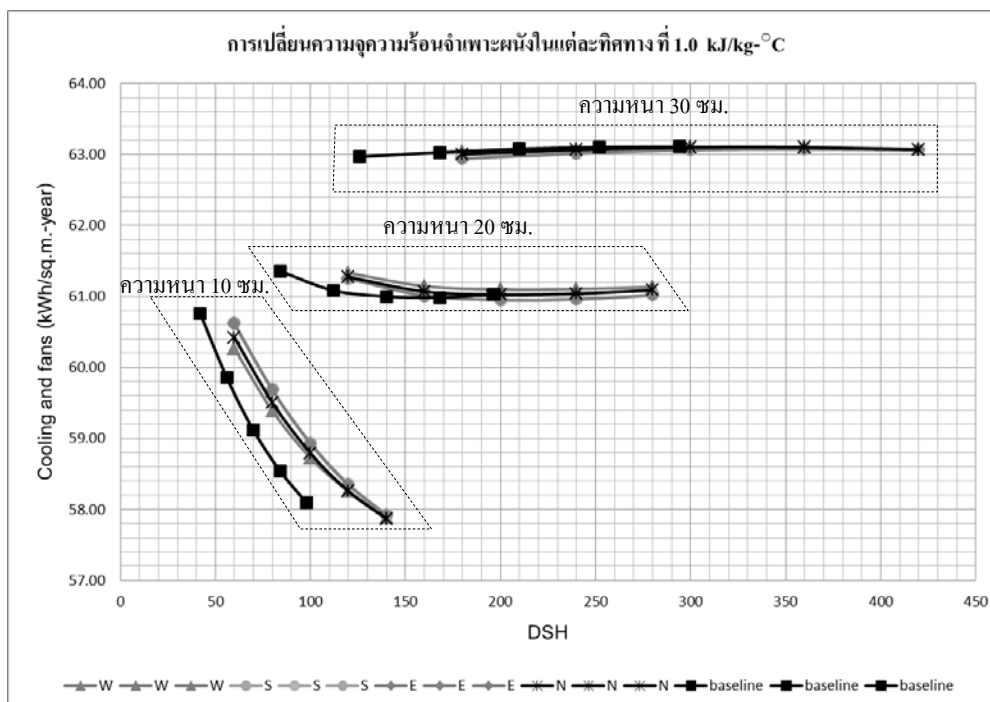


แผนภูมิที่ 4.13 เปรียบเทียบการใช้ความจุความร้อนจำเพาะผนังที่ $1.0 \text{ kJ/kg} \cdot ^\circ\text{C}$ ของคอนกรีตบล็อกในทิศต่างๆ (NE,NW,SE,SW) ที่มีผลต่อการใช้พลังงานทำความเย็น ในบ้านพักอาศัย

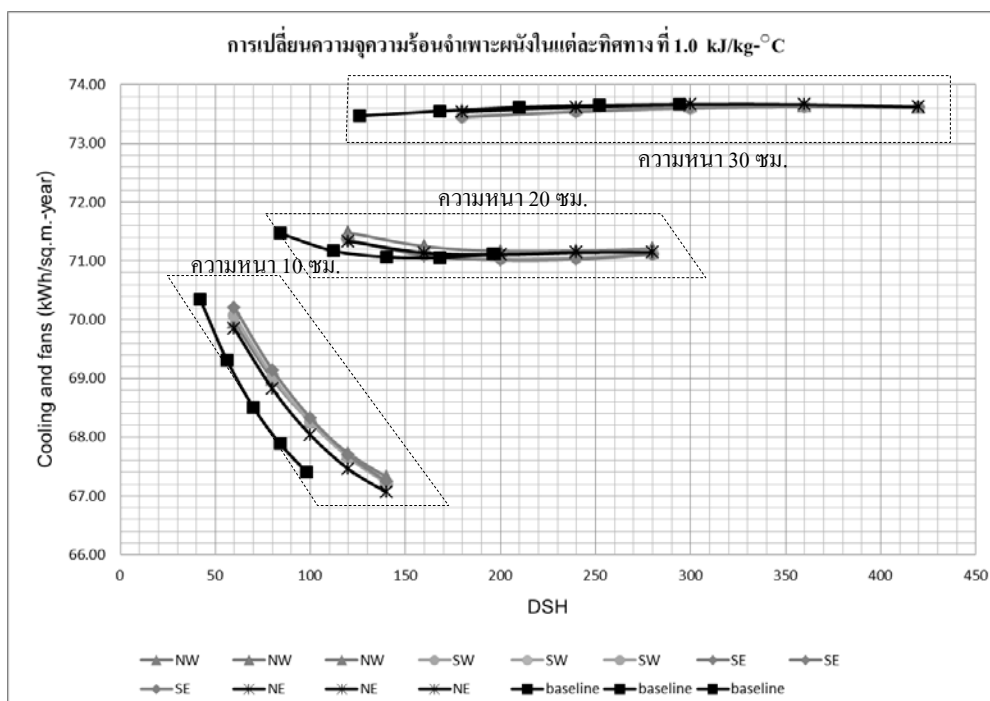
ตารางที่ 4.12 แสดงการใช้ความจุความร้อนจำเพาะปริมาณต่างๆ ของคอนกรีตบล็อก ที่ส่งผลต่อการใช้พลังงานปรับอากาศในแต่ละทิศทาง ในบ้านพักอาศัย

| Capacity (kJ/kg-°C) | Thickness (m.) | Density (kg/m ³) | DSH | การใช้พลังงานปรับอากาศในแต่ละทิศทาง (kWh/s.q.m.-year) | | | | | | | |
|------------------------|-------------------|---------------------------------|-----|---|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | | | | W | S | E | N | NW | SW | SE | NE |
| 0.7 Baseline | 0.1 | 1,600 | 112 | 54.00 | 54.00 | 54.00 | 54.00 | 61.74 | 61.74 | 61.74 | 61.74 |
| | | 1,800 | 126 | 53.39 | 53.39 | 53.39 | 53.39 | 61.08 | 61.08 | 61.08 | 61.08 |
| | | 2,000 | 140 | 52.85 | 52.85 | 52.85 | 52.85 | 60.51 | 60.51 | 60.51 | 60.51 |
| | | 2,200 | 154 | 52.39 | 52.39 | 52.39 | 52.39 | 60.02 | 60.02 | 60.02 | 60.02 |
| | 0.2 | 1,600 | 224 | 53.29 | 53.29 | 53.29 | 53.29 | 61.59 | 61.59 | 61.59 | 61.59 |
| | | 1,800 | 252 | 53.13 | 53.13 | 53.13 | 53.13 | 61.42 | 61.42 | 61.42 | 61.42 |
| | | 2,000 | 280 | 53.04 | 53.04 | 53.04 | 53.04 | 61.32 | 61.32 | 61.32 | 61.32 |
| | | 2,200 | 308 | 52.99 | 52.99 | 52.99 | 52.99 | 61.26 | 61.26 | 61.26 | 61.26 |
| | 0.3 | 1,600 | 336 | 55.36 | 55.36 | 55.36 | 55.36 | 64.19 | 64.19 | 64.19 | 64.19 |
| | | 1,800 | 378 | 55.44 | 55.44 | 55.44 | 55.44 | 64.29 | 64.29 | 64.29 | 64.29 |
| | | 2,000 | 420 | 55.52 | 55.52 | 55.52 | 55.52 | 64.38 | 64.38 | 64.38 | 64.38 |
| | | 2,200 | 462 | 55.61 | 55.61 | 55.61 | 55.61 | 64.49 | 64.49 | 64.49 | 64.49 |
| 0.8 Designcase | 0.1 | 1,600 | 128 | 53.72 | 53.90 | 53.90 | 53.80 | 61.55 | 61.58 | 61.64 | 61.44 |
| | | 1,800 | 144 | 53.13 | 53.28 | 53.27 | 53.19 | 60.91 | 60.93 | 60.98 | 60.80 |
| | | 2,000 | 160 | 52.62 | 52.75 | 52.74 | 52.67 | 60.37 | 60.37 | 60.41 | 60.24 |
| | | 2,200 | 176 | 52.19 | 52.29 | 52.29 | 52.22 | 59.91 | 59.89 | 59.93 | 59.77 |
| | 0.2 | 1,600 | 256 | 53.28 | 53.23 | 53.23 | 53.24 | 61.62 | 61.54 | 61.53 | 61.50 |
| | | 1,800 | 288 | 53.15 | 53.09 | 53.09 | 53.10 | 61.46 | 61.38 | 61.36 | 61.35 |
| | | 2,000 | 320 | 53.07 | 53.00 | 53.00 | 53.03 | 61.37 | 61.28 | 61.26 | 61.27 |
| | | 2,200 | 352 | 53.03 | 52.95 | 52.95 | 52.98 | 61.32 | 61.23 | 61.22 | 61.24 |
| | 0.3 | 1,600 | 384 | 55.44 | 55.35 | 55.34 | 55.39 | 64.27 | 64.20 | 64.18 | 64.23 |
| | | 1,800 | 432 | 55.52 | 55.44 | 55.44 | 55.48 | 64.36 | 64.30 | 64.28 | 64.34 |
| | | 2,000 | 480 | 55.60 | 55.53 | 55.53 | 55.56 | 64.45 | 64.40 | 64.38 | 64.44 |
| | | 2,200 | 528 | 55.68 | 55.62 | 55.61 | 55.65 | 64.55 | 64.50 | 64.49 | 64.54 |
| 0.9 Designcase | 0.1 | 1,600 | 144 | 53.49 | 53.80 | 53.80 | 53.62 | 61.40 | 61.44 | 61.54 | 61.19 |
| | | 1,800 | 162 | 52.92 | 53.18 | 53.18 | 53.03 | 60.79 | 60.80 | 60.88 | 60.55 |
| | | 2,000 | 180 | 52.44 | 52.66 | 52.64 | 52.52 | 60.26 | 60.24 | 60.31 | 60.01 |
| | | 2,200 | 198 | 52.04 | 52.21 | 52.19 | 52.08 | 59.83 | 59.78 | 59.83 | 59.57 |
| | 0.2 | 1,600 | 288 | 53.30 | 53.19 | 53.18 | 53.21 | 61.64 | 61.49 | 61.47 | 61.44 |
| | | 1,800 | 324 | 53.18 | 53.06 | 53.04 | 53.09 | 61.51 | 61.35 | 61.32 | 61.32 |
| | | 2,000 | 360 | 53.12 | 52.97 | 52.96 | 53.02 | 61.43 | 61.27 | 61.23 | 61.26 |
| | | 2,200 | 396 | 53.10 | 52.94 | 52.92 | 52.99 | 61.39 | 61.23 | 61.19 | 61.24 |
| | 0.3 | 1,600 | 432 | 55.50 | 55.35 | 55.34 | 55.43 | 64.33 | 64.21 | 64.18 | 64.28 |
| | | 1,800 | 486 | 55.58 | 55.44 | 55.44 | 55.52 | 64.42 | 64.31 | 64.28 | 64.39 |
| | | 2,000 | 540 | 55.65 | 55.53 | 55.53 | 55.60 | 64.50 | 64.41 | 64.39 | 64.48 |
| | | 2,200 | 594 | 55.73 | 55.63 | 55.62 | 55.68 | 64.59 | 64.52 | 64.50 | 64.58 |
| 1.0 Designcase | 0.1 | 1,600 | 160 | 53.31 | 53.72 | 53.71 | 53.48 | 61.29 | 61.32 | 61.46 | 60.98 |
| | | 1,800 | 180 | 52.76 | 53.11 | 53.09 | 52.89 | 60.70 | 60.69 | 60.80 | 60.35 |
| | | 2,000 | 200 | 52.31 | 52.58 | 52.56 | 52.39 | 60.19 | 60.15 | 60.23 | 59.83 |
| | | 2,200 | 220 | 51.94 | 52.14 | 52.11 | 51.98 | 59.78 | 59.69 | 59.75 | 59.40 |
| | 0.2 | 1,600 | 320 | 53.33 | 53.16 | 53.15 | 53.20 | 61.69 | 61.47 | 61.44 | 61.41 |
| | | 1,800 | 360 | 53.23 | 53.03 | 53.02 | 53.09 | 61.57 | 61.33 | 61.29 | 61.31 |
| | | 2,000 | 400 | 53.17 | 52.95 | 52.95 | 53.03 | 61.49 | 61.26 | 61.21 | 61.26 |
| | | 2,200 | 440 | 53.16 | 52.92 | 52.91 | 53.01 | 61.45 | 61.22 | 61.18 | 61.25 |
| | 0.3 | 1,600 | 480 | 55.50 | 55.35 | 55.34 | 55.43 | 64.33 | 64.21 | 64.18 | 64.28 |
| | | 1,800 | 540 | 55.58 | 55.44 | 55.44 | 55.52 | 64.42 | 64.31 | 64.28 | 64.39 |
| | | 2,000 | 600 | 55.65 | 55.53 | 55.53 | 55.60 | 64.50 | 64.41 | 64.39 | 64.48 |
| | | 2,200 | 660 | 55.73 | 55.63 | 55.62 | 55.68 | 64.59 | 64.52 | 64.50 | 64.58 |

2. บ้านพักอาศัย กลุ่มที่ 2 คอนกรีตมวลเบา กรณีที่ 2 ความจุความร้อนจำเพาะ



แผนภูมิที่ 4.14 เปรียบเทียบการใช้ความจุความร้อนจำเพาะผนังที่ $1.0 \text{ kJ/kg} \cdot ^\circ\text{C}$ ของคอนกรีตมวลเบาในทิศต่างๆ (N,E,S,W) ที่มีผลต่อการใช้พลังงานปรับอากาศ ในบ้านพักอาศัย



แผนภูมิที่ 4.15 เปรียบเทียบการใช้ความจุความร้อนจำเพาะผนังที่ $1.0 \text{ kJ/kg} \cdot ^\circ\text{C}$ ของคอนกรีตมวลเบาในทิศต่างๆ (NE,NW,SE,SW) ที่มีผลต่อการใช้พลังงานปรับอากาศ ในบ้านพักอาศัย

ตารางที่ 4.14 แสดงการใช้ความจุความร้อนจำเพาะปริมาณต่างๆ ของคอนกรีตมวลเบา ที่ส่งผลต่อการใช้พลังงานปรับอากาศในแต่ละทิศทาง ในบ้านพักอาศัย

| Capacity (kJ/kg-°C) | Thickness (m.) | Density (kg/m ³) | DSH | การใช้พลังงานปรับอากาศในแต่ละทิศทาง (kWh/s.q.m.-year) | | | | | | | |
|------------------------|-------------------|---------------------------------|-------|---|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | | | | W | S | E | N | NW | SW | SE | NE |
| 0.7 Baseline | 0.1 | 600 | 42 | 60.76 | 60.75 | 60.76 | 60.76 | 70.34 | 70.34 | 70.34 | 70.34 |
| | | 800 | 56 | 59.86 | 59.86 | 59.86 | 59.86 | 69.31 | 69.31 | 69.31 | 69.31 |
| | | 1,000 | 70 | 59.11 | 59.11 | 59.11 | 59.11 | 68.51 | 68.51 | 68.51 | 68.51 |
| | | 1,200 | 84 | 58.54 | 58.54 | 58.54 | 58.54 | 67.89 | 67.89 | 67.89 | 67.89 |
| | 1,400 | 98 | 58.09 | 58.09 | 58.09 | 58.09 | 67.41 | 67.41 | 67.41 | 67.41 | |
| | 0.2 | 600 | 84 | 61.36 | 61.36 | 61.36 | 61.36 | 71.47 | 71.47 | 71.47 | 71.47 |
| | | 800 | 112 | 61.09 | 61.09 | 61.09 | 61.09 | 71.17 | 71.17 | 71.17 | 71.17 |
| | | 1,000 | 140 | 61.00 | 61.00 | 61.00 | 61.00 | 71.07 | 71.07 | 71.07 | 71.07 |
| | | 1,200 | 168 | 60.99 | 60.99 | 60.99 | 60.99 | 71.06 | 71.06 | 71.06 | 71.06 |
| | 1,400 | 196 | 61.03 | 61.03 | 61.03 | 61.03 | 71.11 | 71.11 | 71.11 | 71.11 | |
| | 0.3 | 600 | 126 | 62.97 | 62.97 | 62.97 | 62.97 | 73.47 | 73.47 | 73.47 | 73.47 |
| | | 800 | 168 | 63.03 | 63.03 | 63.03 | 63.03 | 73.55 | 73.55 | 73.55 | 73.55 |
| 1,000 | | 210 | 63.08 | 63.08 | 63.08 | 63.08 | 73.62 | 73.62 | 73.62 | 73.62 | |
| 1,200 | | 252 | 63.10 | 63.10 | 63.10 | 63.10 | 73.65 | 73.65 | 73.65 | 73.65 | |
| 1,400 | 294 | 63.11 | 63.11 | 63.11 | 63.11 | 73.66 | 73.66 | 73.66 | 73.66 | | |
| 0.8 Designcase | 0.1 | 600 | 48 | 60.58 | 60.68 | 60.71 | 60.64 | 70.20 | 70.24 | 70.29 | 70.16 |
| | | 800 | 64 | 59.67 | 59.79 | 59.79 | 59.72 | 69.18 | 69.21 | 69.25 | 69.11 |
| | | 1,000 | 80 | 58.95 | 59.05 | 59.05 | 58.99 | 68.40 | 68.41 | 68.45 | 68.32 |
| | | 1,200 | 96 | 58.41 | 58.47 | 58.47 | 58.42 | 67.80 | 67.79 | 67.82 | 67.71 |
| | 1,400 | 112 | 58.00 | 58.03 | 58.03 | 58.00 | 67.36 | 67.32 | 67.34 | 67.26 | |
| | 0.2 | 600 | 96 | 61.33 | 61.32 | 61.32 | 61.32 | 71.46 | 71.43 | 71.43 | 71.41 |
| | | 800 | 128 | 61.10 | 61.05 | 61.05 | 61.07 | 71.19 | 71.14 | 71.13 | 71.14 |
| | | 1,000 | 160 | 61.04 | 60.98 | 60.98 | 61.00 | 71.10 | 71.05 | 71.05 | 71.08 |
| | | 1,200 | 192 | 61.03 | 60.98 | 60.97 | 61.00 | 71.10 | 71.05 | 71.04 | 71.08 |
| | 1,400 | 224 | 61.08 | 61.03 | 61.03 | 61.06 | 71.15 | 71.11 | 71.10 | 71.15 | |
| | 0.3 | 600 | 144 | 63.00 | 62.96 | 62.96 | 62.98 | 73.50 | 73.46 | 73.46 | 73.49 |
| | | 800 | 192 | 63.06 | 63.03 | 63.02 | 63.04 | 73.57 | 73.55 | 73.54 | 73.58 |
| 1,000 | | 240 | 63.10 | 63.08 | 63.07 | 63.09 | 73.63 | 73.62 | 73.62 | 73.64 | |
| 1,200 | | 288 | 63.11 | 63.10 | 63.10 | 63.11 | 73.66 | 73.64 | 73.64 | 73.66 | |
| 1,400 | 336 | 63.10 | 63.10 | 63.10 | 63.10 | 73.66 | 73.65 | 73.65 | 73.66 | | |
| 0.9 Designcase | 0.1 | 600 | 54 | 60.41 | 60.69 | 60.66 | 60.53 | 70.07 | 70.15 | 70.25 | 70.00 |
| | | 800 | 72 | 59.51 | 59.74 | 59.73 | 59.60 | 69.07 | 68.62 | 69.19 | 68.94 |
| | | 1,000 | 90 | 58.83 | 58.99 | 58.98 | 58.88 | 68.32 | 68.32 | 68.38 | 68.16 |
| | | 1,200 | 108 | 58.31 | 58.42 | 58.40 | 58.33 | 67.75 | 67.71 | 67.76 | 67.57 |
| | 1,400 | 126 | 57.94 | 57.97 | 57.97 | 57.92 | 67.34 | 67.26 | 67.28 | 67.14 | |
| | 0.2 | 600 | 108 | 61.33 | 61.28 | 61.28 | 61.29 | 71.47 | 71.38 | 71.39 | 71.36 |
| | | 800 | 144 | 61.12 | 61.03 | 61.02 | 61.07 | 71.21 | 71.11 | 71.10 | 71.13 |
| | | 1,000 | 180 | 61.07 | 60.97 | 60.96 | 61.01 | 71.13 | 71.04 | 71.02 | 71.08 |
| | | 1,200 | 216 | 61.07 | 60.97 | 60.96 | 61.02 | 71.13 | 71.04 | 71.03 | 71.11 |
| | 1,400 | 252 | 61.11 | 61.03 | 61.02 | 61.08 | 71.18 | 71.11 | 71.11 | 71.18 | |
| | 0.3 | 600 | 162 | 63.03 | 62.95 | 62.95 | 63.00 | 73.53 | 73.46 | 73.45 | 73.51 |
| | | 800 | 216 | 63.07 | 63.02 | 63.02 | 63.06 | 73.59 | 73.55 | 73.54 | 73.60 |
| 1,000 | | 270 | 63.10 | 63.08 | 63.07 | 63.10 | 73.64 | 73.61 | 73.61 | 73.65 | |
| 1,200 | | 324 | 63.11 | 63.10 | 63.09 | 63.10 | 73.66 | 73.63 | 73.63 | 73.66 | |
| 1,400 | 378 | 63.09 | 63.09 | 63.09 | 63.09 | 73.64 | 73.63 | 73.63 | 73.64 | | |
| 1.0 Designcase | 0.1 | 600 | 60 | 60.26 | 60.62 | 60.61 | 60.42 | 69.95 | 70.07 | 70.20 | 69.85 |
| | | 800 | 80 | 59.39 | 59.69 | 59.68 | 59.50 | 68.99 | 68.54 | 69.14 | 69.02 |
| | | 1,000 | 100 | 58.73 | 58.94 | 58.93 | 58.79 | 68.26 | 68.25 | 68.33 | 68.04 |
| | | 1,200 | 120 | 58.25 | 58.36 | 58.34 | 58.25 | 67.73 | 67.66 | 67.70 | 67.46 |
| | 1,400 | 140 | 57.89 | 57.92 | 57.92 | 57.87 | 67.32 | 67.21 | 67.24 | 67.06 | |
| | 0.2 | 600 | 120 | 61.33 | 61.26 | 61.25 | 61.27 | 71.48 | 71.35 | 71.36 | 71.33 |
| | | 800 | 160 | 61.14 | 61.01 | 61.01 | 61.07 | 71.24 | 71.10 | 71.09 | 71.13 |
| | | 1,000 | 200 | 61.10 | 60.96 | 60.95 | 61.03 | 71.16 | 71.04 | 71.01 | 71.10 |
| | | 1,200 | 240 | 61.10 | 60.96 | 60.96 | 61.04 | 71.17 | 71.05 | 71.03 | 71.14 |
| | 1,400 | 280 | 61.13 | 61.03 | 61.02 | 61.09 | 71.20 | 71.11 | 71.11 | 71.14 | |
| | 0.3 | 600 | 180 | 63.05 | 62.95 | 62.94 | 63.01 | 73.55 | 73.46 | 73.44 | 73.54 |
| | | 800 | 240 | 63.08 | 63.02 | 63.02 | 63.07 | 73.60 | 73.54 | 73.54 | 73.62 |
| 1,000 | | 300 | 63.11 | 63.07 | 63.07 | 63.10 | 73.64 | 73.60 | 73.60 | 73.66 | |
| 1,200 | | 360 | 63.10 | 63.09 | 63.08 | 63.10 | 73.64 | 73.62 | 73.62 | 73.66 | |
| 1,400 | 420 | 63.08 | 63.07 | 63.07 | 63.07 | 73.62 | 73.61 | 73.61 | 73.62 | | |

วิเคราะห์ผลการเพิ่มความจุความร้อนจำเพาะ ที่มีผลต่อการใช้พลังงาน บ้านพักอาศัย

ค่าความจุความร้อนจำเพาะ (Specific Heat Capacity) คือ ความร้อนที่ทำให้มวลสารทั้งหมดที่มีอุณหภูมิเปลี่ยนไปหนึ่งหน่วยองศา ดังสูตร

$$\Delta Q = mc\Delta T \quad (4.3)$$

กล่าวได้ว่ายิ่งมีค่า ความจุความร้อน ค่ามวลของผนัง และค่าความแตกต่างของอุณหภูมิของวัตถุที่เปลี่ยนไปที่มากขึ้น ความร้อนที่เกิดในผนังนั้นก็จะมากขึ้นตามไปด้วย ซึ่งหากอธิบายมวล (m) ในที่นี้ก็คือ มวลสารของผนังซึ่งก็คือความหนาที่ถูกเพิ่มเข้าไป ส่วน ΔT ก็คือค่าอุณหภูมิที่เปลี่ยนไปแปลงภายนอกที่ส่งผลต่อมวลสารผนัง ค่าความจุความร้อนจำเพาะ ก็คือค่าตัวแปรที่ใส่เข้าไปในวัสดุผนัง ดังนั้น (4.4) การเพิ่มความจุความร้อนจำเพาะ(c) การเพิ่มมวลสาร(m) และอุณหภูมิที่เปลี่ยนไป(ΔT) จากภายนอกที่ถ่ายเทสู่ผนังมากขึ้น ก็จะทำให้เกิดการสะสมความร้อนมากขึ้น (ΔQ) เป็นผลทำให้ความร้อนถ่ายเทเข้าสู่ตัวอาคารมากขึ้น

บ้านพักอาศัย

จากแผนภูมิที่ 4.12, 4.13 คอนกรีตบล็อก และ แผนภูมิที่ 4.14, 4.15 จะพบว่าการเพิ่มมวลอุณหภาพผนังโดยใช้ความจุความร้อนจำเพาะในผนัง 10 ซม. จะมีผลในการลดการใช้พลังงานมากที่สุด เมื่อเพิ่มมวลอุณหภาพผนัง (DSH) เนื่องจากการเพิ่ม ความจุความร้อนจำเพาะในผนัง 10 ซม.จะมีผลในกักเก็บความร้อนมากขึ้นและสามารถถ่ายเทความร้อนได้รวดเร็ว ทำให้การใช้พลังงานในช่วงกลางคืนที่เริ่มปรับอากาศจึงไม่ต้องใช้พลังงานมากในการรีดความร้อน ส่วนการเพิ่มความจุความร้อนจำเพาะ ในความหนาที่ 20 ซม. แม้ว่าค่ามวลอุณหภาพผนังจะมากขึ้น แต่กลับมีการเปลี่ยนแปลงของการใช้พลังงานที่น้อย เนื่องจากความหนาผนังที่มากขึ้นการสะสมความร้อนมากขึ้นไปด้วย ส่วนในกรณีการเพิ่มความหนาผนังที่ 30 ซม. ก็มีการเปลี่ยนแปลงของพลังงานที่น้อย ดังนั้นการเพิ่มความจุความร้อนในผนังที่มีความหนามากอยู่แล้วนั้นจะมีส่วนในการลดเปลี่ยนแปลงที่น้อยมาก เนื่องจากความหนาผนังที่มากอยู่แล้วมีผลทำให้การสะสมและหน่วยของความร้อนมากขึ้น เมื่อเทียบกับความจุความร้อนจำเพาะที่มีค่าที่เพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อยเท่านั้น

ค่าการใช้พลังงานเปรียบเทียบ จากการกำหนดให้ผนังความจุความร้อนจำเพาะ 0.7 kJ/kg.°C เท่ากันทุกทิศทาง เป็น Baseline ของการจำลองผล และทำการเปรียบเทียบกับผนังที่ความจุความร้อนจำเพาะที่ 0.8,0.9,1.0 kJ/kg.°C เป็น Designcase ที่เพิ่มความจุความร้อนจำเพาะในแต่ละทิศทาง โดยเทียบค่าการใช้พลังงานเป็นกรณีเรียงลำดับจุดต่อจุด (ในแผนภูมิที่

4.12,4.13,4.14 และ 4.15 เป็นแผนภูมิที่แสดงเฉพาะการเพิ่มความจุความร้อนจำเพาะ ที่ 1.0 kJ/kg.°C เพื่อแสดงความแนวโน้มความแตกต่างของการใช้พลังงานให้ชัดเจนมากที่สุด) แล้วนำค่าการจำลองผลการใช้พลังงานทำความเย็นทั้งหมด (ตารางที่ 4.12 และ 4.14) มาเทียบกันระหว่าง Baseline และ Designcase โดยเทียบค่าที่เท่ากันจาก ความหนาแน่น ความหนาผนัง แล้วเปลี่ยน ความจุความร้อนจำเพาะ (พิจารณาจากตารางที่ 4.13 และ 4.15 ค่าผลต่างการลดการใช้พลังงานในบ้านพักอาศัย) ก็จะทราบถึงทิศทางที่มีผลในการลดการใช้พลังงานทำความเย็น

จากตารางที่ 4.13 และ 4.15 จากการจำลองผลในบ้านพักอาศัย การเพิ่มความจุความร้อนจำเพาะ 0.7 – 1.0 kJ/kg.°C ในมวลอุณหภูมิมวลผนัง ที่มีความหนา 10 ซม. จะช่วยลดการใช้พลังงานในบ้านพักอาศัยได้ดีที่สุด (กรอบประจักษ์ทั้ง 2 ตาราง) เมื่อเทียบกับ Baseline ที่ความจุความร้อนจำเพาะ 0.7 kJ/kg.°C ส่วนการเพิ่มความจุความร้อนจำเพาะในมวลอุณหภูมิมวลผนัง ที่มีความหนา 20,30 ซม. จะช่วยลดในบางกรณีและบางทิศทางเท่านั้น แสดงว่าการเพิ่มความจุความร้อนจำเพาะในมวลอุณหภูมิมวลผนังที่น้อย มีความหนาไม่มาก จะช่วยการถ่ายเทความร้อนเข้าออกภายนอกและภายในอาคารได้เร็ว ลดการเก็บสะสมความร้อนภายในอาคาร ที่จะเป็นผลต่อการใช้พลังงานทำความเย็น

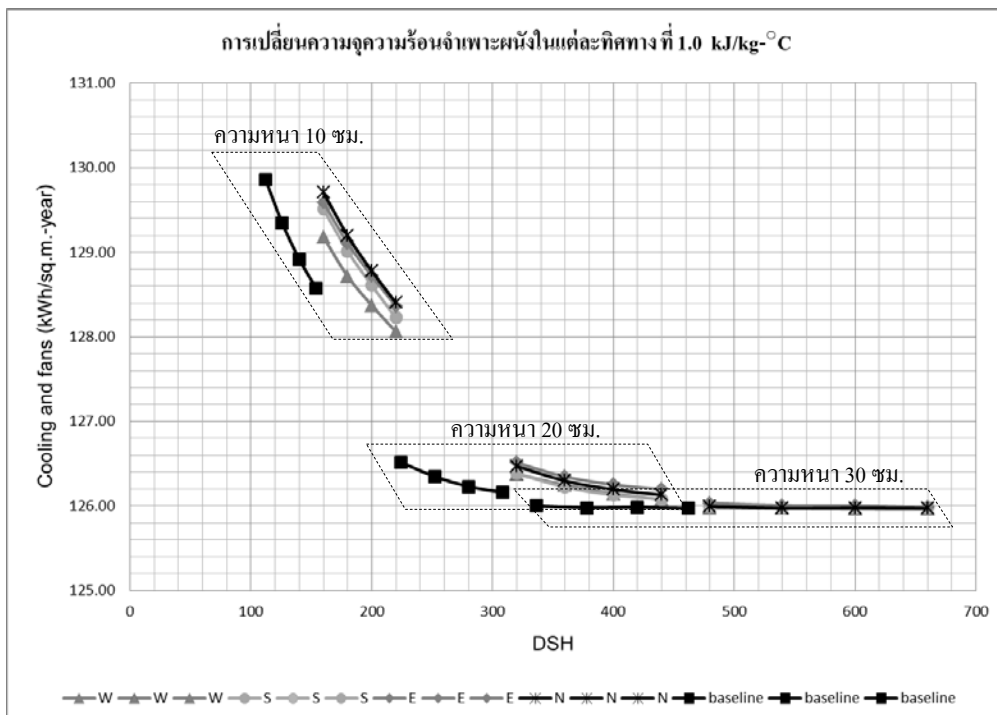
ในการจำลองการใช้พลังงานในความหนาผนังที่ 10 ซม. ที่ความบางมากที่สุด การเพิ่มความหนาแน่นจะช่วยในการลดการสะสมความร้อนในผนังและตัวอาคาร โดยเมื่อหมุนอาคาร 0 องศา ทิศทางที่ลดการใช้พลังงานมากที่สุดและรองลงมา คือ ทิศตะวันตก ทิศเหนือ ส่วนกรณีเมื่อหมุนอาคาร 45 องศา ทิศทางที่ลดการใช้พลังงานมากที่สุด คือ ทิศตะวันออกเฉียงเหนือ ในกรณีของการเพิ่มความหนาแน่นในทิศทางตะวันตก อาจมีส่วนในการถ่ายเทความร้อนได้เร็วขึ้น ในการลดการสะสมความร้อนภายในอาคาร และอีกปัจจัยหนึ่งอาจมาจากตำแหน่งของห้องน้ำในตัวแบบจำลอง อาจมีส่วนช่วยในการกันความร้อนอีกชั้นก่อนเข้าสู่บริเวณปรับอากาศทำให้มีการลดการใช้พลังงานมากที่สุด

ส่วนการเพิ่มความจุความร้อนจำเพาะในทิศเหนือ และทิศตะวันออกเฉียงเหนือ จะพบว่าเป็นการช่วยเพิ่มประสิทธิภาพมวลอุณหภูมิมวลผนังในการถ่ายเทความร้อน เนื่องจาก เป็นทิศทางที่ไม่ปะทะกับแดดโดยตรงซึ่งมีผลทำให้คุณสมบัติของมวลอุณหภูมิมวลผนังต่ำ เมื่ออาคารสะสมความร้อนจากหลังคาและกระจก มวลอุณหภูมิมวลผนังในผนังทิศเหนือ และทิศตะวันออกเฉียงเหนือจึงช่วยดึงอุณหภูมิจึงถ่ายเทออกไปในทิศทางดังกล่าว

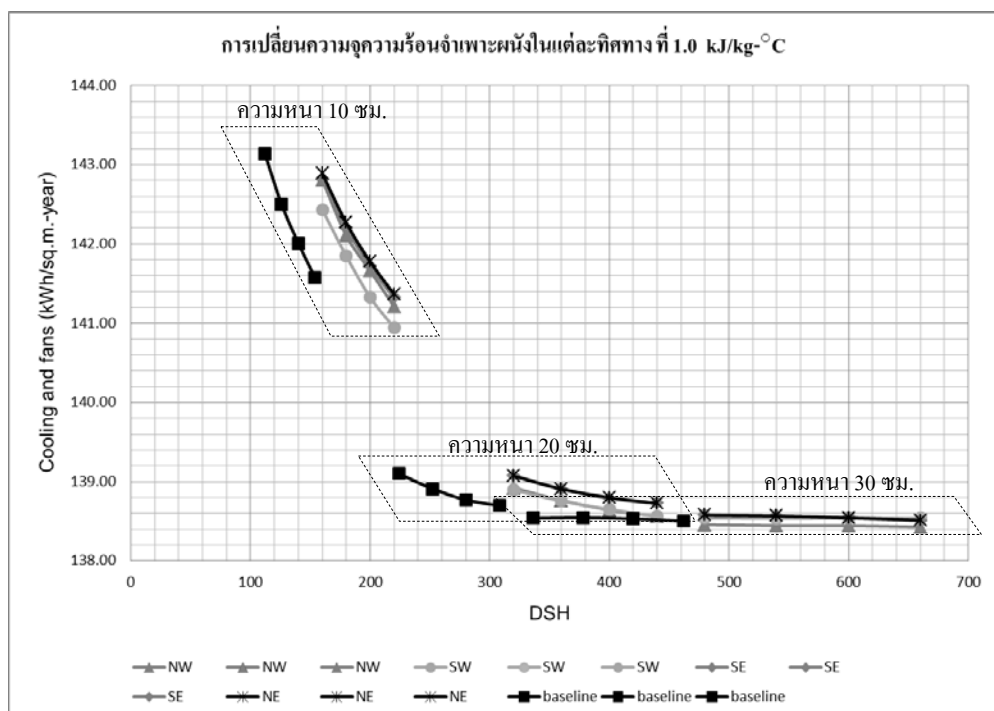
ในการจำลองการใช้พลังงานในความหนาผนังที่ 20,30 ซม. ซึ่งผนังมีความหนามาก และมีมวลอุณหภูมิมวลผนังมาก โดยรวมแล้วการที่เพิ่มความจุความร้อนจำเพาะ จะไปเป็นการเพิ่มการกักเก็บความร้อนในผนัง ซึ่งมีผลต่อการการใช้พลังงานทำความเย็นที่มากขึ้น แต่อย่างไรก็ตามในผนัง

ความหนาที่ 20 ซม. บางทิศทางนั้นการเพิ่มความจุความร้อนจำเพาะจะเป็นการช่วยลดการใช้พลังงานได้แต่ก็ไม่สูงมาก (0-0.1 kWh/m².year) ได้แก่ ทิศใต้ ทิศตะวันออกเฉียงใต้ ทิศตะวันออก เนื่องจากมวลอุณหภาพในทิศทางนี้จะหน่วงเหนี่ยวความร้อนไม่ให้เข้าสู่อาคาร แล้วให้ผนังทิศทางอื่นช่วยถ่ายเทความร้อนออกไป ดังนั้นการใช้ความหนาผนังที่มากกับการเพิ่มความจุความร้อนจำเพาะที่มากอาจทำให้การลดการใช้พลังงานไม่มากเท่าที่ควร

3. อาคารสำนักงาน กลุ่มที่ 1 คอนกรีตบล็อก กรณีที่ 2 ความจุความร้อนจำเพาะ



แผนภูมิที่ 4.16 เปรียบเทียบการใช้ความจุความร้อนจำเพาะผนังที่ $1.0 \text{ kJ/kg} \cdot ^\circ\text{C}$ ของคอนกรีตบล็อกในทิศต่างๆ (N,E,S,W) ที่มีผลต่อการใช้พลังงานปรับอากาศ

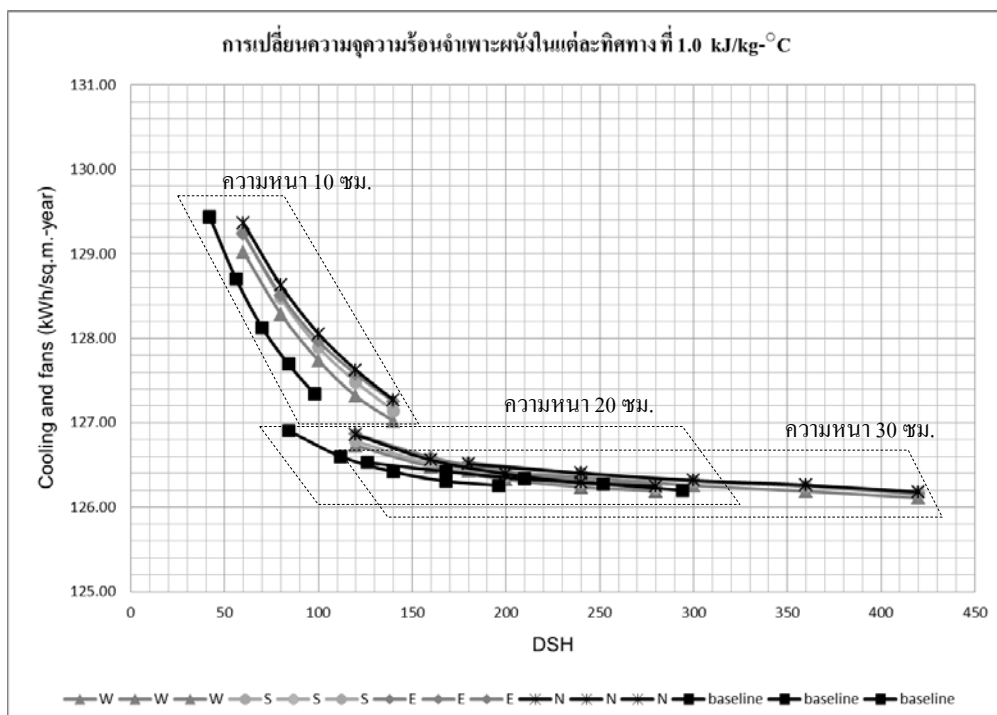


แผนภูมิที่ 4.17 เปรียบเทียบการใช้ความจุความร้อนจำเพาะผนังที่ $1.0 \text{ kJ/kg} \cdot ^\circ\text{C}$ ของคอนกรีตบล็อกในทิศต่างๆ (NE,NW,SE,SW) ที่มีผลต่อการใช้พลังงานปรับอากาศ

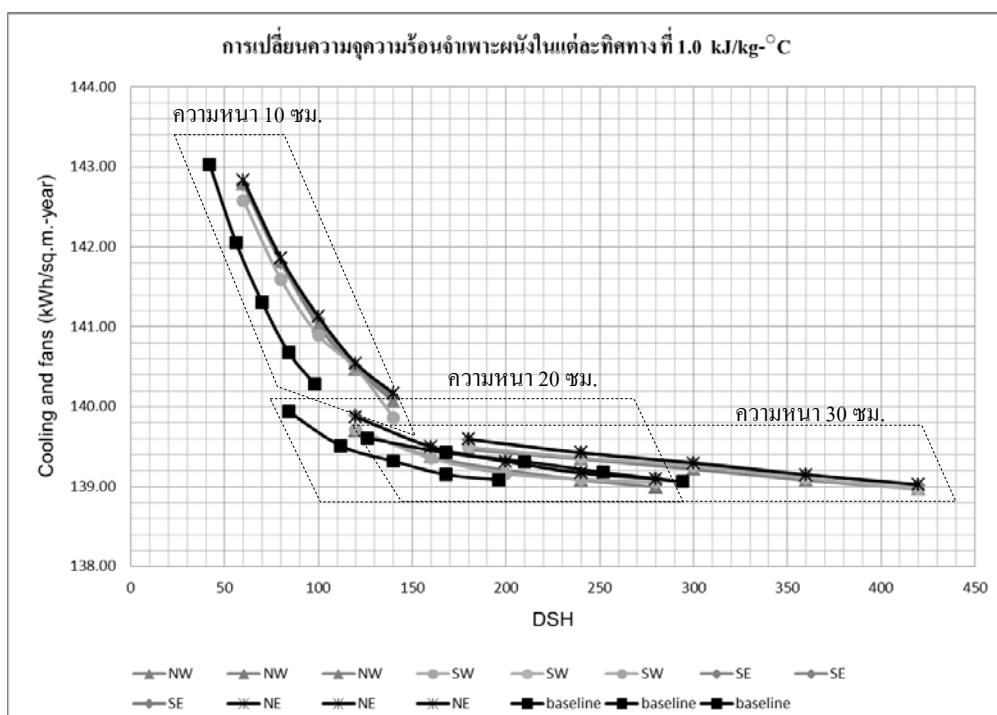
ตารางที่ 4.16 แสดงการใช้ความจุความร้อนจำเพาะปริมาณต่างๆ ของคอนกรีตบล็อก ที่ส่งผลต่อการใช้พลังงานปรับอากาศในแต่ละทิศทาง

| Capacity (kJ/kg-°C) | Thickness (m.) | Density (kg/m ³) | DSH | การใช้พลังงานปรับอากาศในแต่ละทิศทาง (kWh/s.q.m.-year) | | | | | | | |
|------------------------|-------------------|---------------------------------|-----|---|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| | | | | W | S | E | N | NW | SW | SE | NE |
| 0.7 Baseline | 0.1 | 1,600 | 112 | 129.86 | 129.86 | 129.86 | 129.86 | 143.14 | 143.14 | 143.14 | 143.14 |
| | | 1,800 | 126 | 129.34 | 129.34 | 129.34 | 129.34 | 142.50 | 142.50 | 142.50 | 142.50 |
| | | 2,000 | 140 | 128.92 | 128.92 | 128.92 | 128.92 | 142.01 | 142.01 | 142.01 | 142.01 |
| | | 2,200 | 154 | 128.57 | 128.57 | 128.57 | 128.57 | 141.57 | 141.57 | 141.57 | 141.57 |
| | 0.2 | 1,600 | 224 | 126.52 | 126.52 | 126.52 | 126.52 | 139.10 | 139.10 | 139.10 | 139.10 |
| | | 1,800 | 252 | 126.35 | 126.35 | 126.35 | 126.35 | 138.91 | 138.91 | 138.91 | 138.91 |
| | | 2,000 | 280 | 126.23 | 126.23 | 126.23 | 126.23 | 138.77 | 138.77 | 138.77 | 138.77 |
| | | 2,200 | 308 | 126.16 | 126.16 | 126.16 | 126.16 | 138.70 | 138.70 | 138.70 | 138.70 |
| | 0.3 | 1,600 | 336 | 126.01 | 126.01 | 126.01 | 126.01 | 138.54 | 138.54 | 138.54 | 138.54 |
| | | 1,800 | 378 | 125.98 | 125.98 | 125.98 | 125.98 | 138.55 | 138.55 | 138.55 | 138.55 |
| | | 2,000 | 420 | 125.98 | 125.98 | 125.98 | 125.98 | 138.53 | 138.53 | 138.53 | 138.53 |
| | | 2,200 | 462 | 125.97 | 125.97 | 125.97 | 125.97 | 138.50 | 138.50 | 138.50 | 138.50 |
| 0.8 Designcase | 0.1 | 1,600 | 128 | 129.58 | 129.73 | 129.76 | 129.80 | 143.02 | 142.83 | 143.02 | 143.03 |
| | | 1,800 | 144 | 129.09 | 129.21 | 129.24 | 129.29 | 142.35 | 142.26 | 142.37 | 142.42 |
| | | 2,000 | 160 | 128.69 | 128.80 | 128.83 | 128.86 | 141.84 | 141.78 | 141.90 | 141.92 |
| | | 2,200 | 176 | 128.34 | 128.43 | 128.48 | 128.51 | 141.41 | 141.29 | 141.42 | 141.48 |
| | 0.2 | 1,600 | 256 | 126.44 | 126.49 | 126.51 | 126.50 | 139.02 | 139.01 | 139.08 | 139.08 |
| | | 1,800 | 288 | 126.29 | 126.29 | 126.34 | 126.33 | 138.87 | 138.88 | 138.90 | 138.90 |
| | | 2,000 | 320 | 126.20 | 126.18 | 126.23 | 126.21 | 138.73 | 138.75 | 138.78 | 138.77 |
| | | 2,200 | 352 | 126.12 | 126.12 | 126.17 | 126.14 | 138.62 | 138.64 | 138.71 | 138.71 |
| | 0.3 | 1,600 | 384 | 125.98 | 126.00 | 126.02 | 126.00 | 138.50 | 138.55 | 138.56 | 138.55 |
| | | 1,800 | 432 | 125.98 | 125.98 | 125.99 | 125.98 | 138.51 | 138.54 | 138.56 | 138.56 |
| | | 2,000 | 480 | 125.98 | 125.98 | 126.00 | 125.98 | 138.49 | 138.53 | 138.54 | 138.54 |
| | | 2,200 | 528 | 125.97 | 125.98 | 125.98 | 125.97 | 138.46 | 138.53 | 138.51 | 138.51 |
| 0.9 Designcase | 0.1 | 1,600 | 144 | 129.36 | 129.61 | 129.67 | 129.76 | 142.87 | 142.61 | 142.89 | 142.95 |
| | | 1,800 | 162 | 128.90 | 129.11 | 129.16 | 129.24 | 142.24 | 142.04 | 142.28 | 142.33 |
| | | 2,000 | 180 | 128.51 | 128.69 | 128.77 | 128.81 | 141.74 | 141.52 | 141.80 | 141.84 |
| | | 2,200 | 198 | 128.19 | 128.32 | 128.42 | 128.46 | 141.30 | 141.10 | 141.40 | 141.42 |
| | 0.2 | 1,600 | 288 | 126.39 | 126.43 | 126.52 | 126.49 | 138.95 | 138.98 | 139.08 | 139.07 |
| | | 1,800 | 324 | 126.27 | 126.25 | 126.34 | 126.31 | 138.80 | 138.79 | 138.91 | 138.92 |
| | | 2,000 | 360 | 126.18 | 126.15 | 126.24 | 126.20 | 138.67 | 138.67 | 138.78 | 138.78 |
| | | 2,200 | 396 | 126.10 | 126.10 | 126.18 | 126.14 | 138.58 | 138.58 | 138.72 | 138.72 |
| | 0.3 | 1,600 | 432 | 125.98 | 126.00 | 126.03 | 126.00 | 138.47 | 138.55 | 138.57 | 138.57 |
| | | 1,800 | 486 | 125.97 | 125.97 | 126.00 | 125.98 | 138.48 | 138.53 | 138.55 | 138.57 |
| | | 2,000 | 540 | 125.97 | 125.98 | 126.00 | 125.98 | 138.45 | 138.54 | 138.54 | 138.55 |
| | | 2,200 | 594 | 125.97 | 125.99 | 125.98 | 125.97 | 138.44 | 138.53 | 138.50 | 138.52 |
| 1.0 Designcase | 0.1 | 1,600 | 160 | 129.18 | 129.51 | 129.59 | 129.71 | 142.81 | 142.43 | 142.81 | 142.89 |
| | | 1,800 | 180 | 128.72 | 129.01 | 129.11 | 129.20 | 142.11 | 141.85 | 142.20 | 142.27 |
| | | 2,000 | 200 | 128.37 | 128.61 | 128.72 | 128.78 | 141.66 | 141.33 | 141.72 | 141.78 |
| | | 2,200 | 220 | 128.06 | 128.22 | 128.36 | 128.40 | 141.21 | 140.95 | 141.32 | 141.37 |
| | 0.2 | 1,600 | 320 | 126.38 | 126.39 | 126.51 | 126.47 | 138.92 | 138.90 | 139.08 | 139.07 |
| | | 1,800 | 360 | 126.25 | 126.23 | 126.35 | 126.30 | 138.76 | 138.76 | 138.91 | 138.91 |
| | | 2,000 | 400 | 126.15 | 126.13 | 126.25 | 126.20 | 138.64 | 138.65 | 138.79 | 138.80 |
| | | 2,200 | 440 | 126.08 | 126.08 | 126.20 | 126.13 | 138.56 | 138.56 | 138.73 | 138.73 |
| | 0.3 | 1,600 | 480 | 125.98 | 125.99 | 126.04 | 126.00 | 138.46 | 138.54 | 138.58 | 138.58 |
| | | 1,800 | 540 | 125.97 | 125.98 | 126.01 | 125.97 | 138.45 | 138.54 | 138.57 | 138.57 |
| | | 2,000 | 600 | 125.97 | 125.99 | 126.00 | 125.98 | 138.44 | 138.54 | 138.54 | 138.55 |
| | | 2,200 | 660 | 125.96 | 125.99 | 125.99 | 125.97 | 138.43 | 138.54 | 138.51 | 138.51 |

4. อาคารสำนักงาน กลุ่มที่ 2 คอนกรีตมวลเบา กรณีที่ 2 ความจุความร้อนจำเพาะ



แผนภูมิที่ 4.18 เปรียบเทียบการใช้ความจุความร้อนจำเพาะผนังที่ $1.0 \text{ kJ/kg} \cdot ^\circ\text{C}$ ของคอนกรีตมวลเบาในทิศต่างๆ (N,E,S,W) ที่มีผลต่อการใช้พลังงานปรับอากาศ ในอาคารสำนักงาน



แผนภูมิที่ 4.19 เปรียบเทียบการใช้ความจุความร้อนจำเพาะผนังที่ $1.0 \text{ kJ/kg} \cdot ^\circ\text{C}$ ของคอนกรีตมวลเบาในทิศต่างๆ (NE,NW,SE,SW) ที่มีผลต่อการใช้พลังงานปรับอากาศ ในอาคารสำนักงาน

ตารางที่ 4.18 แสดงการใช้ความจุความร้อนจำเพาะปริมาณต่างๆ ของคอนกรีตมวลเบา ที่ส่งผลต่อการใช้พลังงานปรับอากาศในแต่ละทิศทาง ในอาคารสำนักงาน

| Capacity (kJ/kg-°C) | Thickness (m.) | Density (kg/m ³) | DSH | การใช้พลังงานปรับอากาศในแต่ละทิศทาง (kWh/s.q.m.-year) | | | | | | | | |
|------------------------|-------------------|---------------------------------|-----|---|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| | | | | W | S | E | N | NW | SW | SE | NE | |
| 0.7 Baseline | 0.1 | 600 | 42 | 129.44 | 129.44 | 129.44 | 129.44 | 143.03 | 143.03 | 143.03 | 143.03 | 143.03 |
| | | 800 | 56 | 128.71 | 128.71 | 128.71 | 128.71 | 142.06 | 142.06 | 142.06 | 142.06 | 142.06 |
| | | 1,000 | 70 | 128.13 | 128.13 | 128.13 | 128.13 | 141.31 | 141.31 | 141.31 | 141.31 | 141.31 |
| | | 1,200 | 84 | 127.70 | 127.70 | 127.70 | 127.70 | 140.68 | 140.68 | 140.68 | 140.68 | 140.68 |
| | | 1,400 | 98 | 127.34 | 127.34 | 127.34 | 127.34 | 140.28 | 140.28 | 140.28 | 140.28 | 140.28 |
| | 0.2 | 600 | 84 | 126.91 | 126.91 | 126.91 | 126.91 | 139.94 | 139.94 | 139.94 | 139.94 | 139.94 |
| | | 800 | 112 | 126.60 | 126.60 | 126.60 | 126.60 | 139.51 | 139.51 | 139.51 | 139.51 | 139.51 |
| | | 1,000 | 140 | 126.42 | 126.42 | 126.42 | 126.42 | 139.32 | 139.32 | 139.32 | 139.32 | 139.32 |
| | | 1,200 | 168 | 126.31 | 126.31 | 126.31 | 126.31 | 139.15 | 139.15 | 139.15 | 139.15 | 139.15 |
| | | 1,400 | 196 | 126.26 | 126.26 | 126.26 | 126.26 | 139.09 | 139.09 | 139.09 | 139.09 | 139.09 |
| | 0.3 | 600 | 126 | 126.53 | 126.53 | 126.53 | 126.53 | 139.61 | 139.61 | 139.61 | 139.61 | 139.61 |
| | | 800 | 168 | 126.42 | 126.42 | 126.42 | 126.42 | 139.42 | 139.42 | 139.42 | 139.42 | 139.42 |
| | | 1,000 | 210 | 126.33 | 126.33 | 126.33 | 126.33 | 139.32 | 139.32 | 139.32 | 139.32 | 139.32 |
| | | 1,200 | 252 | 126.27 | 126.27 | 126.27 | 126.27 | 139.18 | 139.18 | 139.18 | 139.18 | 139.18 |
| | | 1,400 | 294 | 126.20 | 126.20 | 126.20 | 126.20 | 139.06 | 139.06 | 139.06 | 139.06 | 139.06 |
| 0.8 Designcase | 0.1 | 600 | 48 | 129.29 | 129.36 | 129.37 | 129.42 | 142.95 | 142.89 | 142.92 | 142.96 | 142.96 |
| | | 800 | 64 | 128.55 | 128.62 | 128.63 | 128.67 | 141.96 | 141.87 | 141.95 | 141.98 | 141.98 |
| | | 1,000 | 80 | 127.98 | 128.04 | 128.06 | 128.10 | 141.20 | 141.12 | 141.22 | 141.23 | 141.23 |
| | | 1,200 | 96 | 127.56 | 127.62 | 127.65 | 127.68 | 140.58 | 140.54 | 140.59 | 140.61 | 140.61 |
| | | 1,400 | 112 | 127.21 | 127.26 | 127.30 | 127.30 | 140.19 | 140.15 | 140.21 | 140.23 | 140.23 |
| | 0.2 | 600 | 96 | 126.83 | 126.86 | 126.89 | 126.89 | 139.85 | 139.80 | 139.93 | 139.89 | 139.89 |
| | | 800 | 128 | 126.55 | 126.56 | 126.59 | 126.58 | 139.44 | 139.47 | 139.50 | 139.50 | 139.50 |
| | | 1,000 | 160 | 126.39 | 126.39 | 126.42 | 126.41 | 139.28 | 139.23 | 139.31 | 139.32 | 139.32 |
| | | 1,200 | 192 | 126.27 | 126.30 | 126.32 | 126.30 | 139.11 | 139.12 | 139.15 | 139.16 | 139.16 |
| | | 1,400 | 224 | 126.24 | 126.25 | 126.27 | 126.25 | 139.09 | 139.09 | 139.11 | 139.09 | 139.09 |
| | 0.3 | 600 | 144 | 126.49 | 126.51 | 126.53 | 126.52 | 139.54 | 139.56 | 139.60 | 139.59 | 139.59 |
| | | 800 | 192 | 126.39 | 126.41 | 126.42 | 126.42 | 139.40 | 139.41 | 139.42 | 139.44 | 139.44 |
| | | 1,000 | 240 | 126.31 | 126.33 | 126.33 | 126.33 | 139.29 | 139.29 | 139.31 | 139.24 | 139.24 |
| | | 1,200 | 288 | 126.24 | 126.26 | 126.26 | 126.27 | 139.14 | 139.15 | 139.17 | 139.17 | 139.17 |
| | | 1,400 | 336 | 126.16 | 126.19 | 126.19 | 126.20 | 139.03 | 139.02 | 139.05 | 139.05 | 139.05 |
| 0.9 Designcase | 0.1 | 600 | 54 | 129.15 | 129.30 | 129.30 | 129.39 | 142.89 | 142.71 | 142.85 | 142.88 | 142.88 |
| | | 800 | 72 | 128.40 | 128.53 | 128.57 | 128.65 | 141.89 | 141.72 | 141.87 | 141.90 | 141.90 |
| | | 1,000 | 90 | 127.86 | 127.96 | 128.01 | 128.08 | 141.09 | 140.97 | 141.14 | 141.17 | 141.17 |
| | | 1,200 | 108 | 127.43 | 127.55 | 127.61 | 127.64 | 140.50 | 140.42 | 140.55 | 140.56 | 140.56 |
| | | 1,400 | 126 | 127.09 | 127.19 | 127.27 | 127.29 | 140.12 | 140.01 | 140.16 | 140.18 | 140.18 |
| | 0.2 | 600 | 108 | 126.77 | 126.81 | 126.88 | 126.87 | 139.75 | 139.76 | 139.90 | 139.88 | 139.88 |
| | | 800 | 144 | 126.52 | 126.53 | 126.59 | 126.57 | 139.40 | 139.40 | 139.50 | 139.50 | 139.50 |
| | | 1,000 | 180 | 126.35 | 126.39 | 126.42 | 126.40 | 139.24 | 139.18 | 139.32 | 139.32 | 139.32 |
| | | 1,200 | 216 | 126.26 | 126.29 | 126.32 | 126.30 | 139.11 | 139.10 | 139.17 | 139.17 | 139.17 |
| | | 1,400 | 252 | 126.22 | 126.24 | 126.26 | 126.25 | 139.03 | 139.03 | 139.08 | 139.12 | 139.10 |
| | 0.3 | 600 | 162 | 126.47 | 126.50 | 126.53 | 126.52 | 139.51 | 139.53 | 139.60 | 139.59 | 139.59 |
| | | 800 | 216 | 126.37 | 126.40 | 126.42 | 126.41 | 139.38 | 139.39 | 139.43 | 139.44 | 139.44 |
| | | 1,000 | 270 | 126.29 | 126.32 | 126.32 | 126.32 | 139.25 | 139.25 | 139.30 | 139.31 | 139.31 |
| | | 1,200 | 324 | 126.20 | 126.25 | 126.26 | 126.26 | 139.11 | 139.14 | 139.16 | 139.16 | 139.16 |
| | | 1,400 | 378 | 126.14 | 126.19 | 126.18 | 126.19 | 139.01 | 138.99 | 139.03 | 139.05 | 139.05 |
| 1.0 Designcase | 0.1 | 600 | 60 | 129.02 | 129.25 | 129.23 | 129.37 | 142.79 | 142.58 | 142.78 | 142.84 | 142.84 |
| | | 800 | 80 | 128.29 | 128.48 | 128.51 | 128.63 | 141.82 | 141.59 | 141.80 | 141.86 | 141.86 |
| | | 1,000 | 100 | 127.74 | 127.90 | 127.97 | 128.06 | 141.01 | 140.90 | 141.09 | 141.13 | 141.13 |
| | | 1,200 | 120 | 127.32 | 127.48 | 127.58 | 127.63 | 140.48 | 140.48 | 140.50 | 140.54 | 140.54 |
| | | 1,400 | 140 | 127.02 | 127.14 | 127.25 | 127.27 | 140.07 | 139.87 | 140.12 | 140.17 | 140.17 |
| | 0.2 | 600 | 120 | 126.73 | 126.78 | 126.87 | 126.86 | 139.71 | 139.72 | 139.89 | 139.87 | 139.87 |
| | | 800 | 160 | 126.48 | 126.52 | 126.59 | 126.56 | 139.38 | 139.36 | 139.49 | 139.50 | 139.50 |
| | | 1,000 | 200 | 126.33 | 126.38 | 126.42 | 126.40 | 139.21 | 139.16 | 139.32 | 139.32 | 139.32 |
| | | 1,200 | 240 | 126.24 | 126.29 | 126.32 | 126.29 | 139.08 | 139.09 | 139.16 | 139.17 | 139.17 |
| | | 1,400 | 280 | 126.19 | 126.24 | 126.26 | 126.25 | 139.00 | 139.00 | 139.10 | 139.10 | 139.10 |
| | 0.3 | 600 | 180 | 126.43 | 126.50 | 126.53 | 126.51 | 139.46 | 139.49 | 139.59 | 139.59 | 139.59 |
| | | 800 | 240 | 126.36 | 126.40 | 126.40 | 126.40 | 139.35 | 139.36 | 139.42 | 139.43 | 139.43 |
| | | 1,000 | 300 | 126.26 | 126.31 | 126.31 | 126.32 | 139.22 | 139.26 | 139.31 | 139.30 | 139.30 |
| | | 1,200 | 360 | 126.19 | 126.25 | 126.25 | 126.26 | 139.08 | 139.08 | 139.15 | 139.15 | 139.15 |
| | | 1,400 | 420 | 126.11 | 126.17 | 126.16 | 126.18 | 138.97 | 138.97 | 139.02 | 139.03 | 139.03 |

ตารางที่ 4.19 แสดงการใช้ความจุความร้อนจำเพาะปริมาณต่างๆของคอนกรีตเบาโดยเปรียบเทียบผลต่างของการใช้พลังงานปรับอากาศในแต่ละทิศทาง เทียบกับ baseline ในอาคารสำนักงาน

| Capacity (kJ/kg-°C) | Thickness (m.) | Density (kg/m ³) | DSH | ผลต่างการใช้พลังงานปรับอากาศในแต่ละทิศทาง เมื่อเทียบBaseline (kWh/s.q.m.-year) | | | | | | | | |
|---|---------------------------------------|---------------------------------|-------|---|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|---|
| | | | | W | S | E | N | NW | SW | SE | NE | |
| 0.7 Baseline | 0.1 | 600 | 42 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | | 800 | 56 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | | 1,000 | 70 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | | 1,200 | 84 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | 0.2 | 600 | 84 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | | 800 | 112 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | | 1,000 | 140 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | | 1,200 | 168 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | 0.3 | 600 | 126 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | | 800 | 168 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | | 1,000 | 210 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | | 1,200 | 252 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 0.8 Designcase | 0.1 | 600 | 48 | -0.15 | -0.08 | -0.07 | -0.03 | -0.08 | -0.14 | -0.11 | -0.07 | |
| | | 800 | 64 | -0.16 | -0.09 | -0.08 | -0.04 | -0.10 | -0.19 | -0.11 | -0.08 | |
| | | 1,000 | 80 | -0.14 | -0.09 | -0.06 | -0.02 | -0.11 | -0.19 | -0.09 | -0.07 | |
| | | 1,200 | 96 | -0.14 | -0.07 | -0.05 | -0.02 | -0.10 | -0.14 | -0.09 | -0.07 | |
| | 0.2 | 600 | 96 | -0.08 | -0.05 | -0.02 | -0.02 | -0.09 | -0.14 | -0.01 | -0.05 | |
| | | 800 | 128 | -0.06 | -0.04 | -0.01 | -0.02 | -0.07 | -0.04 | -0.01 | -0.01 | |
| | | 1,000 | 160 | -0.03 | -0.03 | 0.00 | -0.01 | -0.04 | -0.09 | 0.00 | 0.00 | |
| | | 1,200 | 192 | -0.04 | -0.01 | 0.00 | -0.01 | -0.04 | -0.03 | 0.00 | 0.01 | |
| | 0.3 | 600 | 144 | -0.03 | -0.02 | 0.00 | -0.01 | -0.07 | -0.05 | 0.00 | -0.02 | |
| | | 800 | 192 | -0.03 | -0.01 | -0.01 | -0.01 | -0.03 | -0.01 | -0.01 | 0.01 | |
| | | 1,000 | 240 | -0.02 | -0.01 | -0.01 | -0.01 | -0.03 | -0.03 | -0.01 | -0.07 | |
| | | 1,200 | 288 | -0.04 | -0.01 | -0.01 | 0.00 | -0.04 | -0.03 | -0.01 | -0.01 | |
| 0.9 Designcase | 0.1 | 600 | 54 | -0.29 | -0.14 | -0.15 | -0.05 | -0.14 | -0.32 | -0.18 | -0.15 | |
| | | 800 | 72 | -0.30 | -0.17 | -0.14 | -0.06 | -0.17 | -0.34 | -0.19 | -0.15 | |
| | | 1,000 | 90 | -0.27 | -0.16 | -0.12 | -0.05 | -0.21 | -0.34 | -0.17 | -0.14 | |
| | | 1,200 | 108 | -0.26 | -0.15 | -0.09 | -0.05 | -0.18 | -0.26 | -0.13 | -0.12 | |
| | 0.2 | 600 | 108 | -0.14 | -0.10 | -0.03 | -0.04 | -0.19 | -0.18 | -0.04 | -0.06 | |
| | | 800 | 144 | -0.08 | -0.07 | -0.01 | -0.03 | -0.11 | -0.11 | -0.01 | -0.01 | |
| | | 1,000 | 180 | -0.07 | -0.03 | 0.00 | -0.02 | -0.08 | -0.14 | 0.00 | 0.00 | |
| | | 1,200 | 216 | -0.05 | -0.02 | 0.01 | -0.01 | -0.04 | -0.05 | 0.02 | 0.02 | |
| | 0.3 | 600 | 162 | -0.06 | -0.03 | 0.00 | -0.01 | -0.10 | -0.08 | -0.01 | -0.02 | |
| | | 800 | 216 | -0.06 | -0.02 | -0.01 | -0.01 | -0.04 | -0.04 | 0.00 | 0.01 | |
| | | 1,000 | 270 | -0.05 | -0.02 | -0.02 | -0.01 | -0.06 | -0.06 | -0.01 | 0.00 | |
| | | 1,200 | 324 | -0.07 | -0.02 | -0.02 | -0.01 | -0.07 | -0.04 | -0.02 | -0.01 | |
| 1.0 Designcase | 0.1 | 600 | 60 | -0.42 | -0.19 | -0.21 | -0.07 | -0.24 | -0.45 | -0.25 | -0.19 | |
| | | 800 | 80 | -0.42 | -0.23 | -0.20 | -0.08 | -0.24 | -0.46 | -0.25 | -0.20 | |
| | | 1,000 | 100 | -0.39 | -0.23 | -0.16 | -0.07 | -0.29 | -0.41 | -0.22 | -0.18 | |
| | | 1,200 | 120 | -0.38 | -0.21 | -0.12 | -0.07 | -0.21 | -0.20 | -0.18 | -0.14 | |
| | 0.2 | 600 | 120 | -0.32 | -0.20 | -0.09 | -0.07 | -0.22 | -0.42 | -0.16 | -0.11 | |
| | | 800 | 160 | -0.18 | -0.13 | -0.04 | -0.05 | -0.23 | -0.22 | -0.05 | -0.07 | |
| | | 1,000 | 200 | -0.09 | -0.05 | 0.00 | -0.03 | -0.11 | -0.16 | 0.00 | 0.00 | |
| | | 1,200 | 240 | -0.07 | -0.02 | 0.01 | -0.02 | -0.07 | -0.06 | 0.01 | 0.02 | |
| | 0.3 | 600 | 280 | -0.07 | -0.02 | 0.00 | -0.01 | -0.09 | -0.03 | 0.01 | 0.01 | |
| | | 800 | 180 | -0.09 | -0.03 | 0.00 | -0.02 | -0.15 | -0.12 | -0.02 | -0.02 | |
| | | 1,000 | 240 | -0.07 | -0.03 | -0.02 | -0.02 | -0.08 | -0.06 | 0.00 | 0.00 | |
| | | 1,200 | 300 | -0.08 | -0.02 | -0.03 | -0.02 | -0.10 | -0.06 | -0.01 | -0.02 | |
| | 600 | 360 | -0.09 | -0.02 | -0.03 | -0.01 | -0.10 | -0.07 | -0.03 | -0.03 | | |
| | 800 | 420 | -0.09 | -0.03 | -0.05 | -0.02 | -0.09 | -0.09 | -0.04 | -0.03 | | |
| | Baseline | | | | | | | | | | | |
| | Designcase ใช้พลังงานสูงกว่า Baseline | | | | | | | | | | | |
| Designcase ใช้พลังงานต่ำกว่า Baseline 0.0-0.1 kWh/s.q.m.-year | | | | | | | | | | | | |
| Designcase ใช้พลังงานต่ำกว่า Baseline ตั้งแต่ 0.1 kWh/s.q.m.-year | | | | | | | | | | | | |

วิเคราะห์ผลการเพิ่มความจุความร้อนจำเพาะ ที่มีผลต่อการใช้พลังงาน ในอาคารสำนักงาน

จากแผนภูมิที่ 4.16, 4.17 คอนกรีตบล็อก และ แผนภูมิที่ 4.18, 4.19 คอนกรีตมวลเบา ซึ่งในกรณีการเพิ่มความหนาให้กับผนังทุกทิศทางจะพบว่าค่าการใช้พลังงานในผนังที่ 30 ซม. จะลดการใช้พลังงานมากที่สุด และรองลงมาคือ 20,10 ซม.แต่ทั้งนี้ในกรณีเพิ่มมวลอุณหภาพผนัง (DSH) เนื่องจากการเพิ่มความจุความร้อนจำเพาะในผนัง 10 ซม.จะพบว่าเส้นแผนภูมิจะมีการเปลี่ยนแปลงของพลังงานมากที่สุด เมื่อเทียบกับ Baseline เนื่องจากผลในการห่อหุ้มความร้อนที่เพิ่มมากขึ้นของวัสดุ จากความจุความร้อนจำเพาะ ซึ่งมากกว่าการเพิ่มมวลอุณหภาพผนัง (DSH) ของความหนาผนังอาคาร 20,30 ซม. ที่มีลักษณะเส้นแผนภูมิที่เปลี่ยนแปลงน้อยมาก เมื่อเทียบกับ Baseline เนื่องจากผนังที่มีความหนามากอยู่แล้วทำให้มีมวลในการสะสมความร้อนที่มากขึ้น ดังนั้นการไปเพิ่มความจุความร้อนจำเพาะที่ผนังที่มีความหนาและมวลสารมากที่มีความสามารถในการห่อหุ้มความร้อนอยู่แล้วนั้น จึงมีผลในการเพิ่มประสิทธิภาพห่อหุ้มความร้อนเพียงเล็กน้อย

ค่าการใช้พลังงานเปรียบเทียบจากการกำหนดให้ผนังความจุความร้อนจำเพาะ 0.7 kJ/kg.°C เท่ากันทุกทิศทาง เป็น Baseline ของการจำลองผล และทำการเปรียบเทียบกับผนังที่ความจุความร้อนจำเพาะที่ 0.8,0.9,1.0 kJ/kg.°C เป็น Designcase ที่เพิ่มความจุความร้อนจำเพาะในแต่ละทิศทาง โดยเทียบค่าการใช้พลังงานเป็นกรณีเรียงลำดับจุดต่อจุด (ในแผนภูมิที่ 4.16,4.17,4.18 และ 4.19 เป็นแผนภูมิที่แสดงเฉพาะการเพิ่มความจุความร้อนจำเพาะ ที่ 1.0 kJ/kg.°C เพื่อแสดงความแนวโน้มความแตกต่างของการใช้พลังงานให้ชัดเจนมากที่สุด) แล้วนำค่าการจำลองผลการใช้พลังงานทำความเข้าใจทั้งหมด (ตารางที่ 4.16 และ 4.18) มาเทียบกันระหว่าง Baseline และ Designcase โดยเทียบค่าที่เท่ากันจาก ความหนาแน่น ความหนาผนัง แล้วเปลี่ยน ความจุความร้อนจำเพาะ (พิจารณาจากตารางที่ 4.17 และ 4.19 ค่าผลต่างการลดการใช้พลังงานในอาคารสำนักงาน) ก็จะทราบถึงทิศทางที่มีผลในการลดการใช้พลังงานทำความเข้าใจ

จากตารางที่ 4.17 และ 4.19 ในอาคารสำนักงาน ที่มีการใช้งานในเวลากลางวันถึงเย็น (8:00 – 18:00) การที่มีความจุความร้อนจำเพาะ ในผนังทุกประเภทความหนา ย่อมมีผลต่อการลดการใช้พลังงานในทุกทิศทาง

เมื่อพิจารณาการเพิ่มความจุความร้อนจำเพาะใน ผนังอาคารที่มีความหนาทั้งหมด 10 ซม. จะลดการใช้พลังงานในอาคารได้ดีที่สุด (กรอบประจูดตารางที่ 4.17 และ 4.19) ซึ่งดีกว่า ความหนาผนังที่ 20,30 ซม. เนื่องจาก อาคารที่มีความหนาผนังมากทั้งหมดย่อมมีค่ามวลอุณหภาพผนัง ที่มากขึ้นตามไปด้วย และการเพิ่มความจุความร้อนจำเพาะที่ผนัง ที่ความหนา 20,30 ซม. เพียงด้านเดียว ย่อมเพิ่มมวลอุณหภาพผนังในด้านนั้นๆ ซึ่งมีผลต่อการกักเก็บความร้อน ดังนั้นการ

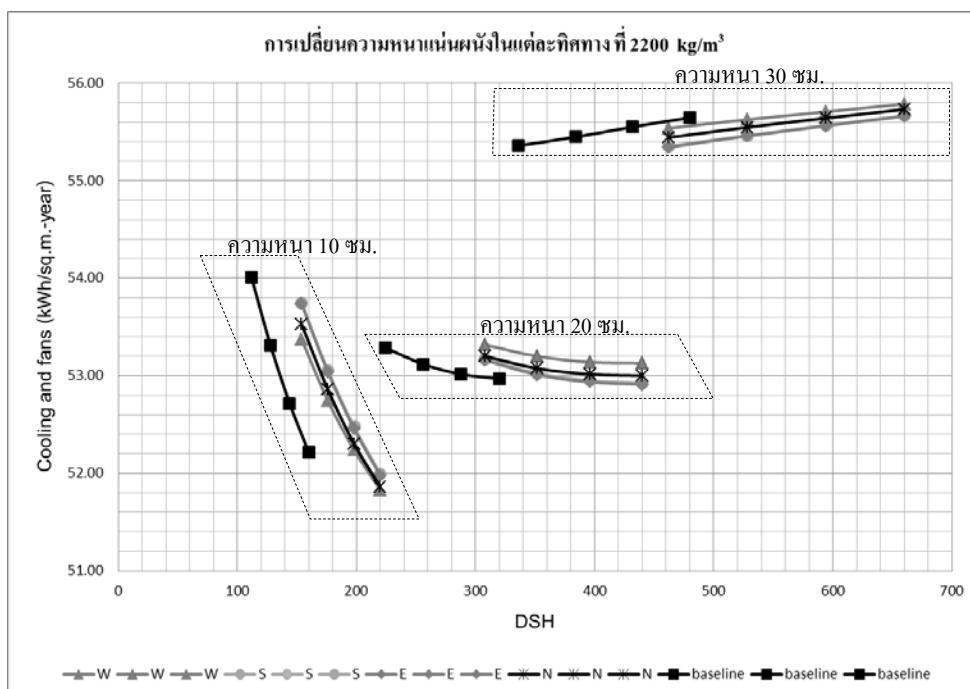
เพิ่มค่าความจุความร้อนจำเพาะในผนังที่มีความหนาที่ 20,30 ซม. อยู่แล้วจะลดการใช้พลังงานน้อยกว่าผนังที่มีความหนา 10 ซม.

แต่ทั้งนี้หากเป็นกรณีเปรียบเทียบการใช้ปริมาณความหนาทั้งอาคารมาเทียบเคียงกัน อาจจะพบว่าการใช้ความหนาผนังที่มีปริมาณมาก เช่น 30 ซม. และ 20 ซม. จะพบว่ามีการใช้พลังงานที่ต่ำกว่าผนังที่หนา 10 ซม. (ตารางที่ 4.16 และ 4.18) ที่มีประสิทธิภาพในการหน่วงความร้อนในช่วงเวลากลางวันและคายความร้อนออกในช่วงกลางคืน จึงส่งผลให้การใช้พลังงานทำความเย็นลดลง แต่ด้วยการจำลองผลที่มุ่งปัจจัยการใช้ความจุความร้อนจำเพาะจะพบว่าการเพิ่มในผนังที่มีความหนามากๆ เมื่อเทียบกับผนังที่บางอย่าง 10 ซม. ที่มีประสิทธิภาพในการถ่ายเทความร้อนได้และคายความร้อนได้เร็ว จึงมีการลดการใช้ที่ไม่มาก

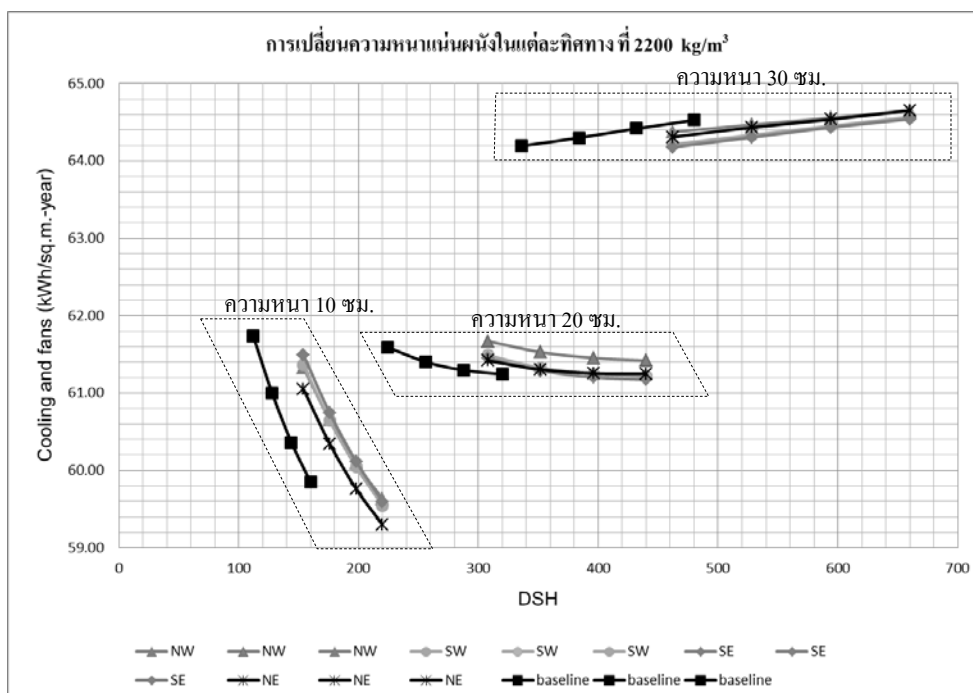
ทิศที่มีผลต่อการลดการใช้พลังงานมากที่สุด เมื่อหมุนอาคาร 0 องศา คือ ทิศตะวันตก และเมื่อหมุนอาคาร 45 องศา คือ ทิศตะวันตกเฉียงใต้ การเพิ่มความจุความร้อนจำเพาะที่ 0.8 - 1.0 kJ/kg.°C จะมีผลต่อการลดการใช้พลังงานมากที่สุด เนื่องจากทิศทางดังกล่าว อยู่ในการแผ่รังสีของดวงอาทิตย์ ที่มีระยะเวลา 8 เดือน และเป็นช่วงเวลาที่มีย่าน (13:00-15:00) ซึ่งมีอุณหภูมิภายนอกค่อนข้างสูง ดังนั้นการใช้ความจุความร้อนจำเพาะที่มากในผนังหนา 10 ซม. ในทิศตะวันตก และทิศตะวันตกเฉียงใต้ จะช่วยหน่วงความร้อนที่สะสมในผนัง เนื่องจากมีความจุความร้อนจำเพาะที่สูงขึ้น (โดยที่ความหนาไม่มาก) มีผลให้ทำให้ลดปริมาณพลังงานการทำความเย็นในช่วงเวลาบ่าย ซึ่งความร้อนที่ถูกสะสมจะถ่ายเข้าสู่อาคารในช่วงเวลาค่าแทนในช่วงที่ไม่มีการใช้งานของอาคาร

4.4 ผลการจำลองการเพิ่มความหนาแน่น และวิเคราะห์ผล

1. บ้านพักอาศัย กลุ่มที่ 1 คอนกรีตบล็อก กรณีที่ 3 ความหนาแน่น



แผนภูมิที่ 4.20 เปรียบเทียบการใช้ความหนาแน่นผนังที่ $2,200 \text{ kg/m}^3$ ของคอนกรีตบล็อกในทิศต่างๆ (N,E,S,W) ที่มีผลต่อการใช้พลังงานปรับอากาศ ในบ้านพักอาศัย

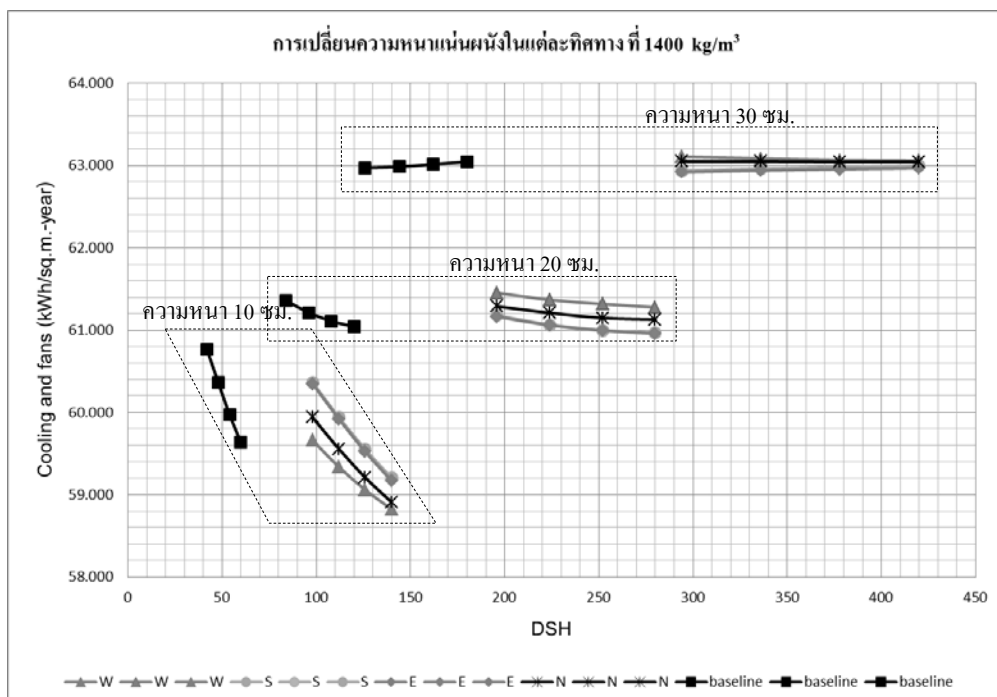


แผนภูมิที่ 4.21 เปรียบเทียบการใช้ความหนาแน่นผนังที่ $2,200 \text{ kg/m}^3$ ของคอนกรีตบล็อกในทิศต่างๆ (NE,NW,SE,SW) ที่มีผลต่อการใช้พลังงานปรับอากาศ ในบ้านพักอาศัย

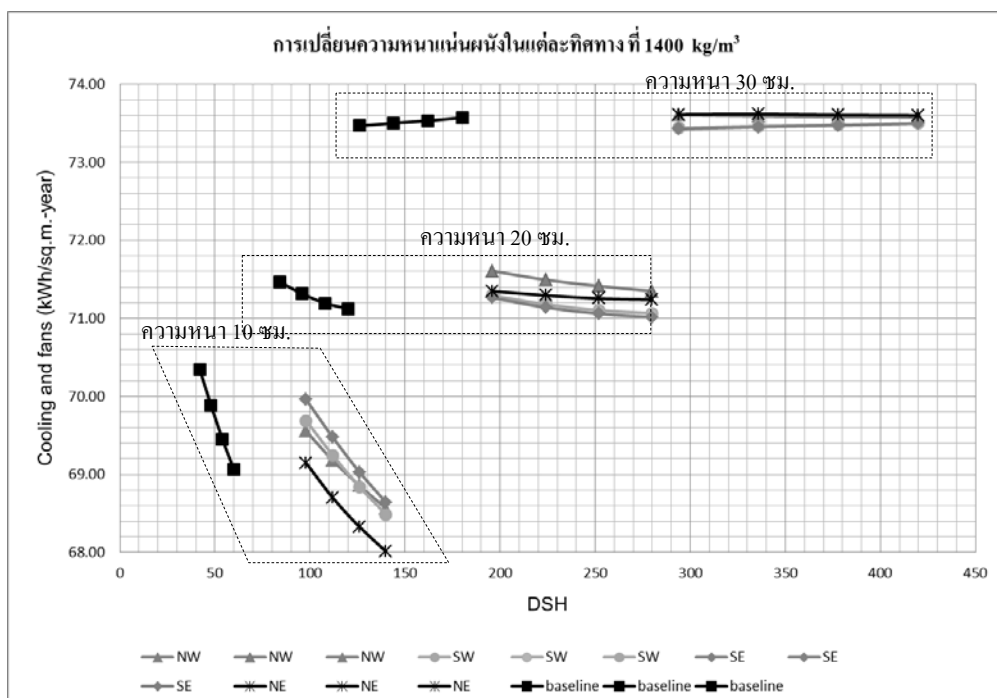
ตารางที่ 4.20 แสดงการใช้ความหนาแน่นปริมาณต่างๆ ของคอนกรีตบล็อก ที่ส่งผลต่อการใช้พลังงานปรับอากาศในแต่ละทิศทาง ในบ้านพักอาศัย

| Density (kg/m ³) | Thickness (m.) | Capacity (kJ/kg-°C) | DSH | การใช้พลังงานปรับอากาศในแต่ละทิศทาง (kWh/s.q.m.-year) | | | | | | | |
|---------------------------------|-------------------|------------------------|-----|---|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | | | | W | S | E | N | NW | SW | SE | NE |
| 1,600 Baseline | 0.1 | 0.7 | 112 | 54.00 | 54.00 | 54.00 | 54.00 | 61.74 | 61.74 | 61.74 | 61.74 |
| | | 0.8 | 128 | 53.31 | 53.31 | 53.31 | 53.31 | 61.00 | 61.00 | 61.00 | 61.00 |
| | | 0.9 | 144 | 52.72 | 52.72 | 52.72 | 52.72 | 60.36 | 60.36 | 60.36 | 60.36 |
| | | 1.0 | 160 | 52.21 | 52.21 | 52.21 | 52.21 | 59.85 | 59.85 | 59.85 | 59.85 |
| | 0.2 | 0.7 | 224 | 53.29 | 53.29 | 53.29 | 53.29 | 61.59 | 61.59 | 61.59 | 61.59 |
| | | 0.8 | 256 | 53.12 | 53.12 | 53.12 | 53.12 | 61.40 | 61.40 | 61.40 | 61.40 |
| | | 0.9 | 288 | 53.01 | 53.01 | 53.01 | 53.01 | 61.29 | 61.29 | 61.29 | 61.29 |
| | | 1.0 | 320 | 52.97 | 52.97 | 52.97 | 52.97 | 61.24 | 61.24 | 61.24 | 61.24 |
| | 0.3 | 0.7 | 336 | 55.36 | 55.36 | 55.36 | 55.36 | 64.19 | 64.19 | 64.19 | 64.19 |
| | | 0.8 | 384 | 55.45 | 55.45 | 55.45 | 55.45 | 64.30 | 64.30 | 64.30 | 64.30 |
| | | 0.9 | 432 | 55.55 | 55.55 | 55.55 | 55.55 | 64.42 | 64.42 | 64.42 | 64.42 |
| | | 1.0 | 480 | 55.65 | 55.65 | 55.65 | 55.65 | 64.53 | 64.53 | 64.53 | 64.53 |
| 1,800 Designcase | 0.1 | 0.7 | 126 | 53.75 | 53.91 | 53.91 | 53.83 | 61.57 | 61.60 | 61.65 | 61.48 |
| | | 0.8 | 144 | 53.08 | 53.21 | 53.21 | 53.13 | 60.85 | 60.86 | 60.90 | 60.74 |
| | | 0.9 | 162 | 52.52 | 52.63 | 52.62 | 52.56 | 60.24 | 60.23 | 60.27 | 60.13 |
| | | 1.0 | 180 | 52.04 | 52.13 | 52.12 | 52.07 | 59.75 | 59.73 | 59.75 | 59.63 |
| | 0.2 | 0.7 | 252 | 53.28 | 53.24 | 53.23 | 53.24 | 61.61 | 61.56 | 61.54 | 61.52 |
| | | 0.8 | 288 | 53.13 | 53.07 | 53.07 | 53.09 | 61.44 | 61.36 | 61.35 | 61.35 |
| | | 0.9 | 324 | 53.05 | 52.99 | 52.98 | 53.00 | 61.34 | 61.27 | 61.25 | 61.26 |
| | | 1.0 | 360 | 53.02 | 52.97 | 52.94 | 52.98 | 61.30 | 61.23 | 61.21 | 61.24 |
| | 0.3 | 0.7 | 378 | 55.43 | 55.35 | 55.35 | 55.39 | 64.26 | 64.20 | 64.18 | 64.23 |
| | | 0.8 | 432 | 55.52 | 55.45 | 55.45 | 55.49 | 64.37 | 64.31 | 64.30 | 64.35 |
| | | 0.9 | 486 | 55.61 | 55.55 | 55.56 | 55.58 | 64.48 | 64.43 | 64.42 | 64.47 |
| | | 1.0 | 540 | 55.71 | 55.65 | 55.65 | 55.68 | 64.58 | 64.54 | 64.53 | 64.57 |
| 2,000 Designcase | 0.1 | 0.7 | 140 | 53.54 | 53.82 | 53.82 | 53.67 | 61.43 | 61.47 | 61.56 | 61.25 |
| | | 0.8 | 160 | 52.89 | 53.13 | 53.12 | 52.99 | 60.73 | 60.74 | 60.82 | 60.53 |
| | | 0.9 | 180 | 52.36 | 52.54 | 52.53 | 52.42 | 60.15 | 60.13 | 60.19 | 59.95 |
| | | 1.0 | 200 | 51.92 | 52.05 | 52.04 | 51.95 | 59.68 | 59.63 | 59.67 | 59.44 |
| | 0.2 | 0.7 | 280 | 53.30 | 53.20 | 53.19 | 53.21 | 61.64 | 61.52 | 61.48 | 61.45 |
| | | 0.8 | 320 | 53.16 | 53.04 | 53.03 | 53.07 | 61.48 | 61.34 | 61.31 | 61.31 |
| | | 0.9 | 360 | 53.09 | 52.97 | 52.95 | 53.00 | 61.40 | 61.26 | 61.23 | 61.25 |
| | | 1.0 | 400 | 53.07 | 52.94 | 52.92 | 52.99 | 61.36 | 61.22 | 61.19 | 61.24 |
| | 0.3 | 0.7 | 420 | 55.48 | 55.35 | 55.34 | 55.41 | 64.32 | 64.21 | 64.18 | 64.26 |
| | | 0.8 | 480 | 55.58 | 55.46 | 55.45 | 55.52 | 64.42 | 64.32 | 64.30 | 64.39 |
| | | 0.9 | 540 | 55.67 | 55.56 | 55.56 | 55.61 | 64.52 | 64.45 | 64.42 | 64.50 |
| | | 1.0 | 600 | 55.74 | 55.66 | 55.66 | 55.71 | 64.62 | 64.55 | 64.54 | 64.61 |
| 2,200 Designcase | 0.1 | 0.7 | 154 | 53.37 | 53.75 | 53.74 | 53.53 | 61.33 | 61.36 | 61.49 | 61.05 |
| | | 0.8 | 176 | 52.75 | 53.05 | 53.04 | 52.86 | 60.65 | 60.64 | 60.74 | 60.34 |
| | | 0.9 | 198 | 52.24 | 52.48 | 52.46 | 52.30 | 60.09 | 60.04 | 60.11 | 59.76 |
| | | 1.0 | 220 | 51.83 | 52.00 | 51.98 | 51.86 | 59.63 | 59.55 | 59.60 | 59.30 |
| | 0.2 | 0.7 | 308 | 53.32 | 53.17 | 53.16 | 53.20 | 61.67 | 61.49 | 61.45 | 61.42 |
| | | 0.8 | 352 | 53.20 | 53.02 | 53.01 | 53.07 | 61.53 | 61.32 | 61.29 | 61.30 |
| | | 0.9 | 396 | 53.14 | 52.95 | 52.94 | 53.01 | 61.45 | 61.25 | 61.20 | 61.25 |
| | | 1.0 | 440 | 53.13 | 52.93 | 52.91 | 53.00 | 61.42 | 61.22 | 61.17 | 61.25 |
| | 0.3 | 0.7 | 462 | 55.54 | 55.35 | 55.34 | 55.44 | 64.37 | 64.21 | 64.18 | 64.31 |
| | | 0.8 | 528 | 55.63 | 55.46 | 55.46 | 55.55 | 64.47 | 64.33 | 64.30 | 64.43 |
| | | 0.9 | 594 | 55.71 | 55.57 | 55.56 | 55.64 | 64.56 | 64.45 | 64.43 | 64.54 |
| | | 1.0 | 660 | 55.79 | 55.67 | 55.66 | 55.73 | 64.65 | 64.57 | 64.54 | 64.65 |

2. บ้านพักอาศัย กลุ่มที่ 2 คอนกรีตมวลเบา กรณีที่ 3 ความหนาแน่น



แผนภูมิที่ 4.22 เปรียบเทียบการใช้ความหนาแน่นผนังที่ $1,400 \text{ kg/m}^3$ ของคอนกรีตมวลเบาในทิศต่างๆ (N,E,S,W) ที่มีผลต่อการใช้พลังงานปรับอากาศ ในบ้านพักอาศัย



แผนภูมิที่ 4.23 เปรียบเทียบการใช้ความหนาแน่นผนังที่ $1,400 \text{ kg/m}^3$ ของคอนกรีตมวลเบาในทิศต่างๆ (NE,NW,SE,SW) ที่มีผลต่อการใช้พลังงานปรับอากาศ ในบ้านพักอาศัย

ตารางที่ 4.22 แสดงการใช้ความหนาแน่นปริมาณต่างๆ ของคอนกรีตมวลเบา ที่ส่งผลต่อการใช้พลังงานปรับอากาศในแต่ละทิศทาง ในบ้านพักอาศัย

| Density (kg/m ³) | Thickness (m.) | Capacity (kJ/kg-°C) | DSH | การใช้พลังงานปรับอากาศในแต่ละทิศทาง (kWh/s.q.m.-year) | | | | | | | |
|---------------------------------|-------------------|------------------------|-----|---|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | | | | W | S | E | N | NW | SW | SE | NE |
| 600 Baseline | 0.1 | 0.7 | 42 | 60.76 | 60.76 | 60.76 | 60.76 | 70.34 | 70.34 | 70.34 | 70.34 |
| | | 0.8 | 48 | 60.36 | 60.36 | 60.36 | 60.36 | 69.88 | 69.88 | 69.88 | 69.88 |
| | | 0.9 | 54 | 59.97 | 59.97 | 59.97 | 59.97 | 69.45 | 69.45 | 69.45 | 69.45 |
| | | 1.0 | 60 | 59.63 | 59.63 | 59.63 | 59.63 | 69.06 | 69.06 | 69.06 | 69.06 |
| | 0.2 | 0.7 | 84 | 61.36 | 61.36 | 61.36 | 61.36 | 71.47 | 71.47 | 71.47 | 71.47 |
| | | 0.8 | 96 | 61.21 | 61.21 | 61.21 | 61.21 | 71.31 | 71.31 | 71.31 | 71.31 |
| | | 0.9 | 108 | 61.11 | 61.11 | 61.11 | 61.11 | 71.19 | 71.19 | 71.19 | 71.19 |
| | | 1.0 | 120 | 61.05 | 61.05 | 61.05 | 61.05 | 71.12 | 71.12 | 71.12 | 71.12 |
| | 0.3 | 0.7 | 126 | 62.97 | 62.97 | 62.97 | 62.97 | 73.47 | 73.47 | 73.47 | 73.47 |
| | | 0.8 | 144 | 62.99 | 62.99 | 62.99 | 62.99 | 73.50 | 73.50 | 73.50 | 73.50 |
| | | 0.9 | 162 | 63.02 | 63.02 | 63.02 | 63.02 | 73.53 | 73.53 | 73.53 | 73.53 |
| | | 1.0 | 180 | 63.05 | 63.05 | 63.05 | 63.05 | 73.57 | 73.57 | 73.57 | 73.57 |
| 800 Designcase | 0.1 | 0.7 | 56 | 60.36 | 60.64 | 60.65 | 60.49 | 70.03 | 70.12 | 70.23 | 69.95 |
| | | 0.8 | 64 | 59.95 | 60.23 | 60.23 | 60.08 | 69.57 | 69.65 | 69.75 | 69.46 |
| | | 0.9 | 72 | 59.58 | 59.84 | 59.84 | 59.69 | 69.17 | 69.22 | 69.32 | 69.02 |
| | | 1.0 | 80 | 59.25 | 59.49 | 59.48 | 59.34 | 68.81 | 68.84 | 68.93 | 68.64 |
| | 0.2 | 0.7 | 112 | 61.33 | 61.27 | 61.27 | 61.29 | 71.48 | 71.38 | 71.38 | 71.35 |
| | | 0.8 | 128 | 61.22 | 61.13 | 61.13 | 61.16 | 71.34 | 71.23 | 71.23 | 71.23 |
| | | 0.9 | 144 | 61.14 | 61.05 | 61.05 | 61.09 | 71.24 | 71.13 | 71.12 | 71.15 |
| | | 1.0 | 160 | 61.10 | 60.99 | 61.00 | 61.05 | 71.19 | 71.08 | 71.06 | 71.11 |
| | 0.3 | 0.7 | 168 | 63.04 | 62.95 | 62.95 | 63.00 | 73.54 | 73.46 | 73.45 | 73.53 |
| | | 0.8 | 192 | 63.05 | 62.98 | 62.97 | 63.02 | 73.55 | 73.49 | 73.48 | 73.55 |
| | | 0.9 | 216 | 63.07 | 63.01 | 63.01 | 63.05 | 73.59 | 73.53 | 73.52 | 73.59 |
| | | 1.0 | 240 | 63.09 | 63.04 | 63.04 | 63.07 | 73.61 | 73.57 | 73.56 | 73.62 |
| 1,000 Designcase | 0.1 | 0.7 | 70 | 60.05 | 60.53 | 60.53 | 60.26 | 69.80 | 69.95 | 70.13 | 69.61 |
| | | 0.8 | 80 | 59.66 | 60.12 | 60.10 | 59.85 | 69.37 | 69.48 | 69.65 | 69.13 |
| | | 0.9 | 90 | 59.32 | 59.73 | 59.71 | 59.47 | 69.00 | 69.06 | 69.21 | 68.71 |
| | | 1.0 | 100 | 59.03 | 59.37 | 59.35 | 59.14 | 68.67 | 68.69 | 68.82 | 68.36 |
| | 0.2 | 0.7 | 140 | 61.35 | 61.22 | 61.21 | 61.26 | 71.51 | 71.32 | 71.32 | 71.31 |
| | | 0.8 | 160 | 61.27 | 61.10 | 61.09 | 61.16 | 71.39 | 71.20 | 71.18 | 71.22 |
| | | 0.9 | 180 | 61.20 | 61.02 | 61.01 | 61.10 | 71.31 | 71.11 | 71.09 | 71.16 |
| | | 1.0 | 200 | 61.17 | 60.97 | 60.97 | 61.07 | 71.25 | 71.06 | 71.03 | 71.14 |
| | 0.3 | 0.7 | 210 | 63.08 | 62.95 | 62.94 | 63.03 | 73.57 | 73.45 | 73.44 | 73.57 |
| | | 0.8 | 240 | 63.08 | 62.97 | 62.97 | 63.04 | 73.59 | 73.48 | 73.48 | 73.60 |
| | | 0.9 | 270 | 63.09 | 63.01 | 63.00 | 63.07 | 73.60 | 73.52 | 73.52 | 73.62 |
| | | 1.0 | 300 | 63.10 | 63.03 | 63.02 | 63.08 | 73.62 | 73.55 | 73.55 | 73.64 |
| 1,200 Designcase | 0.1 | 0.7 | 84 | 59.83 | 60.44 | 60.43 | 60.08 | 69.65 | 69.80 | 70.04 | 69.34 |
| | | 0.8 | 96 | 59.47 | 60.02 | 60.01 | 59.68 | 69.25 | 69.35 | 69.55 | 68.89 |
| | | 0.9 | 108 | 59.16 | 59.63 | 59.61 | 59.32 | 68.91 | 68.94 | 69.11 | 68.49 |
| | | 1.0 | 120 | 58.90 | 59.28 | 59.25 | 59.01 | 68.60 | 68.57 | 68.72 | 68.15 |
| | 0.2 | 0.7 | 168 | 61.40 | 61.19 | 61.18 | 61.27 | 71.55 | 71.30 | 71.28 | 71.32 |
| | | 0.8 | 192 | 61.32 | 61.08 | 61.07 | 61.18 | 71.44 | 71.18 | 71.15 | 71.25 |
| | | 0.9 | 216 | 61.27 | 61.00 | 61.00 | 61.12 | 71.37 | 71.10 | 71.07 | 71.21 |
| | | 1.0 | 240 | 61.23 | 60.97 | 60.96 | 61.10 | 71.31 | 71.06 | 71.02 | 71.19 |
| | 0.3 | 0.7 | 252 | 63.10 | 62.95 | 62.93 | 63.05 | 73.60 | 73.45 | 73.43 | 73.60 |
| | | 0.8 | 288 | 63.10 | 62.97 | 62.96 | 63.05 | 73.60 | 73.47 | 73.47 | 73.62 |
| | | 0.9 | 324 | 63.09 | 63.00 | 62.98 | 63.06 | 73.60 | 73.50 | 73.50 | 73.63 |
| | | 1.0 | 360 | 63.09 | 63.02 | 63.00 | 63.07 | 73.61 | 73.53 | 73.53 | 73.63 |
| 1,400 Designcase | 0.1 | 0.7 | 98 | 59.66 | 60.36 | 60.35 | 59.94 | 69.55 | 69.69 | 69.96 | 69.14 |
| | | 0.8 | 112 | 59.34 | 59.94 | 59.92 | 59.56 | 69.18 | 69.24 | 69.47 | 68.70 |
| | | 0.9 | 126 | 59.06 | 59.55 | 59.52 | 59.21 | 68.86 | 68.84 | 69.03 | 68.33 |
| | | 1.0 | 140 | 58.83 | 59.20 | 59.17 | 58.91 | 68.57 | 68.49 | 68.64 | 68.01 |
| | 0.2 | 0.7 | 196 | 61.45 | 61.18 | 61.16 | 61.29 | 71.61 | 71.29 | 71.26 | 71.35 |
| | | 0.8 | 224 | 61.37 | 61.07 | 61.06 | 61.21 | 71.49 | 71.18 | 71.14 | 71.29 |
| | | 0.9 | 252 | 61.32 | 61.00 | 61.00 | 61.15 | 71.41 | 71.10 | 71.06 | 71.25 |
| | | 1.0 | 280 | 61.28 | 60.97 | 60.96 | 61.13 | 71.35 | 71.07 | 71.02 | 71.24 |
| | 0.3 | 0.7 | 294 | 63.11 | 62.94 | 62.92 | 63.05 | 73.61 | 73.44 | 73.43 | 73.61 |
| | | 0.8 | 336 | 63.09 | 62.96 | 62.94 | 63.05 | 73.59 | 73.46 | 73.45 | 73.62 |
| | | 0.9 | 378 | 63.07 | 62.98 | 62.96 | 63.05 | 73.58 | 73.48 | 73.47 | 73.61 |
| | | 1.0 | 420 | 63.06 | 63.00 | 62.97 | 63.05 | 73.58 | 73.50 | 73.50 | 73.60 |

วิเคราะห์ผลการเพิ่มความหนาแน่น ที่มีผลต่อการใช้พลังงานในบ้านพักอาศัย

ค่าความหนาแน่น (ρ , Density) คือ การวัดมวลต่อหนึ่งหน่วยปริมาตร วัตถุที่มีความหนาแน่นมาก มวลต่อหน่วยปริมาตรก็ยิ่งมากขึ้น

$$\rho = \frac{m}{V} \quad (4.4)$$

โดยผลคูณของความหนาแน่น (ρ) กับปริมาตร (V) มีผลคูณ คือมวลวัตถุ (m) ซึ่งก็คือมวลสารของผนัง โดยในที่นี้มีความสัมพันธ์กับการถ่ายเทความร้อนตามสมการการถ่ายเทความร้อน

$$\Delta Q = cm\Delta T \quad (4.3)$$

แทนค่า m ใน (4.6)

$$\Delta Q = c(\rho V)\Delta T \quad (4.5)$$

ดังนั้นการเพิ่มความหนาแน่นเข้าไปในมวลอุณหภูมิของผนังยอมทำให้เกิดมวลอุณหภูมิที่ถ่ายเทความร้อนที่มากขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับการเพิ่มความจุความร้อนจำเพาะของมวลสาร ดังนั้นยิ่งเพิ่มความหนาแน่นการถ่ายเทความร้อนก็ยิ่งมากขึ้นที่เข้าและออกผ่านเปลือกอาคาร ในกรณีที่อุณหภูมิทั้งภายนอกและภายในแตกต่างกัน

บ้านพักอาศัย

จากแผนภูมิที่ 4.20, 4.21 คอนกรีตบล็อก และ แผนภูมิที่ 4.22, 4.23 จะพบว่าการเพิ่มมวลอุณหภูมิผนังโดยใช้ความหนาแน่นในผนัง 10 ซม. จะมีผลในการลดการใช้พลังงานมากที่สุด เมื่อเพิ่มมวลอุณหภูมิผนัง (DSH) เนื่องจากการเพิ่มความหนาแน่นในผนัง 10 ซม. จะมีผลในกักเก็บความร้อนมากขึ้นและสามารถถ่ายเทความร้อนได้รวดเร็ว ทำให้การใช้พลังงานในช่วงกลางคืนที่เริ่มปรับอากาศจึงไม่ต้องใช้พลังงานมากในการรีดความร้อน ส่วนการเพิ่มความหนาแน่นในความหนาที่ 20 ซม. แม้ว่าค่ามวลอุณหภูมิผนังจะมากขึ้น แต่กลับมีการเปลี่ยนแปลงของการใช้พลังงานที่น้อย เนื่องจากความหนาผนังที่มากขึ้นการสะสมความร้อนมากขึ้นไปด้วย ส่วนในกรณีการเพิ่มความหนาผนังที่ 30 ซม. ก็มีการเปลี่ยนแปลงของพลังงานที่น้อย ดังนั้นการเพิ่มความหนาแน่นในผนังที่มีความหนาอยู่มากอยู่แล้วนั้นจะมีส่วนในการลดเปลี่ยนแปลงที่น้อยมาก เนื่องจากความหนาผนังที่มากอยู่แล้วทำให้การสะสมและหน่วงของความร้อนมากขึ้น เมื่อเทียบกับความหนาแน่นที่มีค่าที่เพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อยเท่านั้น

ค่าการใช้พลังงานเปรียบเทียบ จากการกำหนดให้ผนังความหนาแน่นเท่ากันทุกทิศทาง (คอนกรีตบล็อก 1600 kg/m^3 คอนกรีตมวลเบา 600 kg/m^3) เป็น Baseline ของการจำลองผล และทำการเปรียบเทียบกับผนังที่ความหนาแน่นที่เพิ่มขึ้น (คอนกรีตบล็อก $1,600, 1,800, 2,000, 2,200 \text{ kg/m}^3$ คอนกรีตมวลเบา $600, 800, 1,000, 1,200, 1,400 \text{ kg/m}^3$) เป็น Design case ที่เพิ่มความจุความหนาแน่นในแต่ละทิศทาง โดยเทียบค่าการใช้พลังงานเป็นกรณีเรียงลำดับจุดต่อ

จุด (ในแผนภูมิที่ 4.20, 4.21, 4.22 และ 4.23 เป็นแผนภูมิที่แสดงเฉพาะการเพิ่ม ความหนาแน่นที่ $2,200 \text{ kg/m}^3$ ของคอนกรีตบล็อก และ $1,400 \text{ kg/m}^3$ ของคอนกรีตมวลเบา เพื่อแสดงความแนวโน้ม ความแตกต่างของการใช้พลังงานให้มากที่สุด) แล้วนำค่าการจำลองผลการใช้พลังงานทำความเข้าใจทั้งหมด (ตารางที่ 4.12 และ 4.14) มาเทียบกันระหว่าง Baseline และ Designcase โดยเทียบค่าที่เท่ากันจาก ความจุความร้อนจำเพาะ ความหนาแน่น แล้วเปลี่ยน ความหนาแน่น (พิจารณาจากตารางที่ 4.21 และ 4.23 ค่าผลต่างการลดการใช้พลังงานในบ้านพักอาศัย) ก็จะทราบถึงทิศทางที่มีผลในการลดการใช้พลังงานทำความเข้าใจ

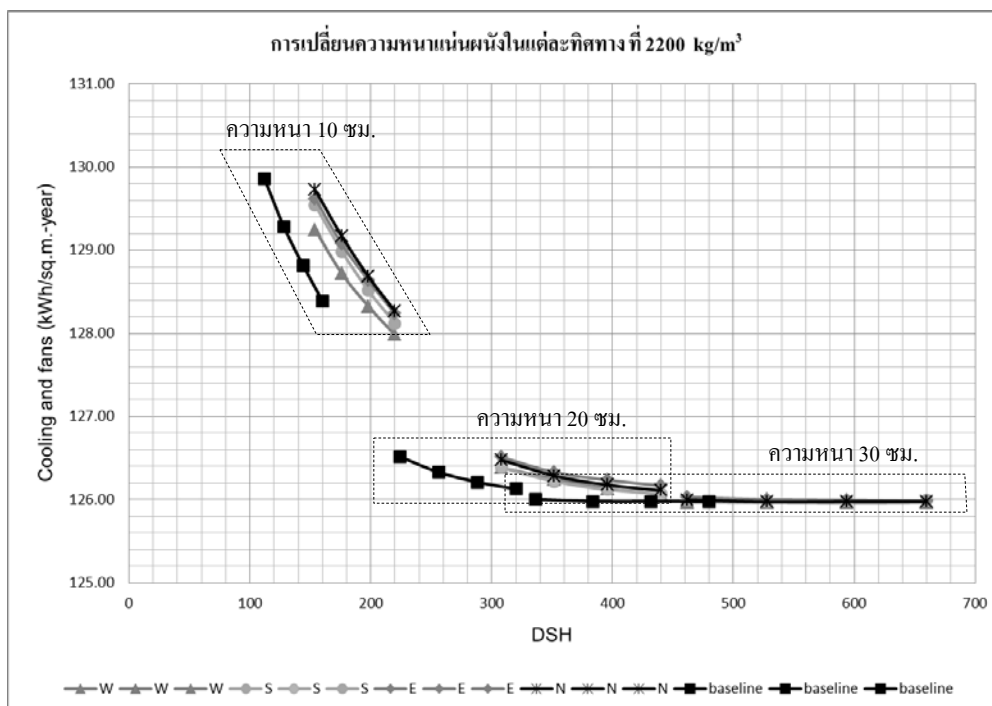
จากตารางที่ 4.21 และ 4.23 ในบ้านพักอาศัยการเพิ่มความหนาแน่น จะพบว่าการเพิ่มในมวลอุณหภาพผนัง ที่มีความหนา 10 ซม. จะช่วยลดการใช้พลังงานในบ้านพักอาศัยทั้งหมดในทุกทิศทางได้ดีที่สุด (กรอบประจูทั้ง 2 ตาราง) เมื่อเทียบกับ baseline ที่ 1600 kg/m^3 ในกรณีของวัสดุของคอนกรีตบล็อก และ baseline ที่ 600 kg/m^3 ในกรณีของวัสดุคอนกรีตมวลเบา ส่วนการเพิ่มใน มวลอุณหภาพผนัง ที่มีความหนา 20 ซม., 30 ซม. จะช่วยลดในบางกรณีและบางทิศทางเท่านั้น แสดงว่าการหนาแน่นในผนังมวลอุณหภาพที่น้อย มีความหนาไม่มาก จะช่วยการถ่ายเทความร้อนได้เร็ว ลดการเก็บสะสมความร้อนภายในอาคาร ที่จะเป็นภาระต่อการปรับอากาศ

ในการจำลองการใช้พลังงานในความหนาผนังที่ 10 ซม. ที่ความบางมากที่สุด การเพิ่มความหนาแน่นจะช่วยในการลดการสะสมความร้อนในผนังและตัวอาคาร โดยเมื่ออุณหภูมิอากาศ 0 องศา ทิศทางที่ลดการใช้พลังงานมากที่สุดและรองลงมา คือ ทิศตะวันตก ทิศเหนือ ส่วนกรณีเมื่ออุณหภูมิอากาศ 45 องศา ทิศทางที่ลดการใช้พลังงานมากที่สุด คือ ทิศตะวันออกเฉียงเหนือ ในกรณีของการเพิ่มความหนาแน่นในทิศทางตะวันตก อาจมีส่วนในการถ่ายเทความร้อนได้เร็วขึ้น ในการลดการสะสมความร้อนภายในอาคาร และอีกปัจจัยหนึ่งอาจมาจากตำแหน่งของห้องน้ำในตัวแบบจำลองอาจมีส่วนช่วยในการกันความร้อนอีกชั้นก่อนเข้าสู่บริเวณปรับอากาศทำให้มีการลดการใช้พลังงานมากที่สุด ส่วนการเพิ่มในทิศเหนือ และทิศตะวันออกเฉียงเหนือ จะพบว่าเป็นการช่วยเพิ่มประสิทธิภาพมวลอุณหภาพผนังในการถ่ายเทความร้อน เนื่องจาก เป็นทิศทางที่ไม่ปะทะกับแดดโดยตรงซึ่งมีผลทำให้อุณหภูมิของมวลอุณหภาพผนังต่ำ เมื่ออาคารสะสมความร้อนจากหลังคาและกระจก มวลอุณหภาพในผนังทิศเหนือ และทิศตะวันออกเฉียงเหนือจึงช่วยดึงอุณหภาพให้ถ่ายเทออกไปในทิศทางดังกล่าว

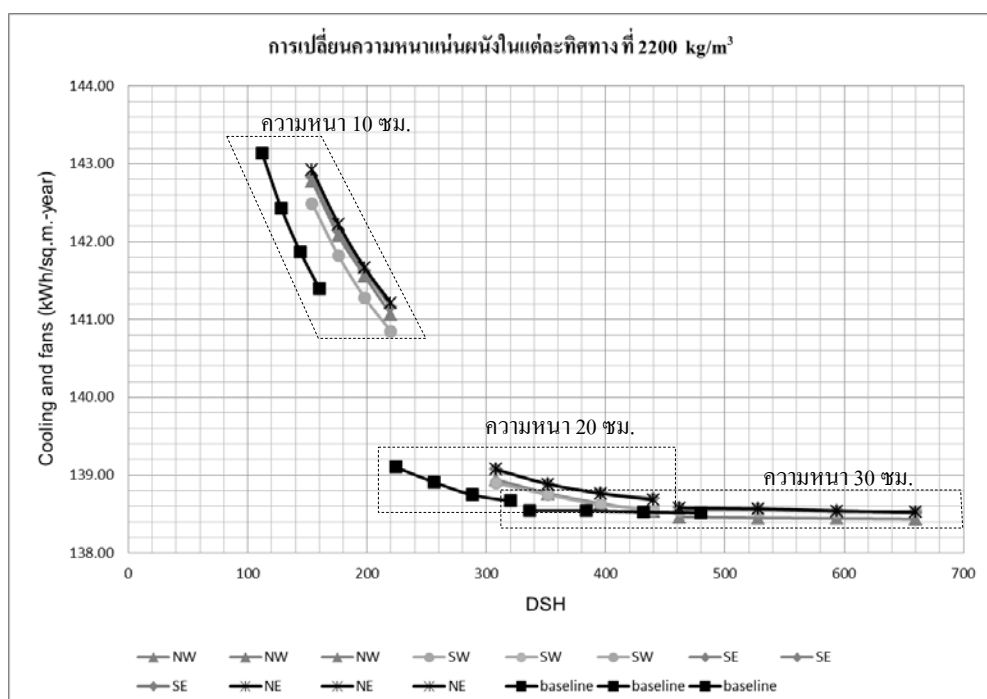
ในการจำลองการใช้พลังงานในความหนาผนังที่ 20,30 ซม. ซึ่งผนังมีความหนามาก และมีมวลอุณหภาพมาก โดยรวมแล้วการที่เพิ่มความหนาแน่น จะไปเป็นการเพิ่มการกักเก็บความร้อนในผนัง ซึ่งมีผลต่อการการใช้พลังงานทำความเข้าใจที่มากขึ้น แต่ในผนังความหนาที่ 20 ซม. บางทิศทางนั้นจะเป็นการช่วยลดการใช้พลังงานได้แต่ก็ไม่สูงมาก (การลดพลังงานอยู่ที่ 0-0.1

kWh/m².year จากตารางที่ 4.21 และ 4.23) ได้แก่ ทิศใต้ ทิศตะวันออกเฉียงใต้ ทิศตะวันออก เนื่องจากมวลอุณหภาพในทิศทางนี้จะหน่วงเหนี่ยวความร้อนไม่ให้เข้าสู่อาคาร แล้วให้ผนังทิศทางอื่นช่วยถ่ายเทความร้อนออกไป

3. อาคารสำนักงาน กลุ่มที่ 1 คอนกรีตบล็อก กรณีที่ 3 ความหนาแน่น



แผนภูมิที่ 4.24 เปรียบเทียบการใช้ความหนาแน่นผนังที่ 2,200 kg/m³ ของคอนกรีตบล็อกในทิศต่างๆ (N,E,S,W) ที่มีผลต่อการใช้พลังงานปรับอากาศ ในอาคารสำนักงาน

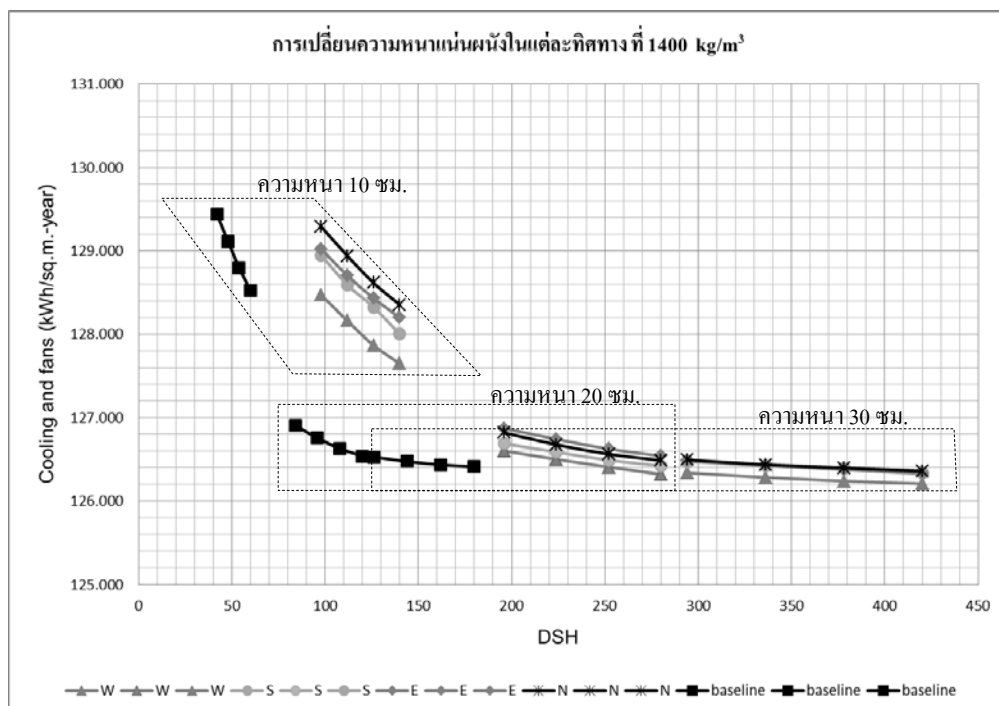


แผนภูมิที่ 4.25 เปรียบเทียบการใช้ความหนาแน่นผนังที่ 2,200 kg/m³ ของคอนกรีตบล็อกในทิศต่างๆ (NE,NW,SE,SW) ที่มีผลต่อการใช้พลังงานปรับอากาศ ในอาคารสำนักงาน

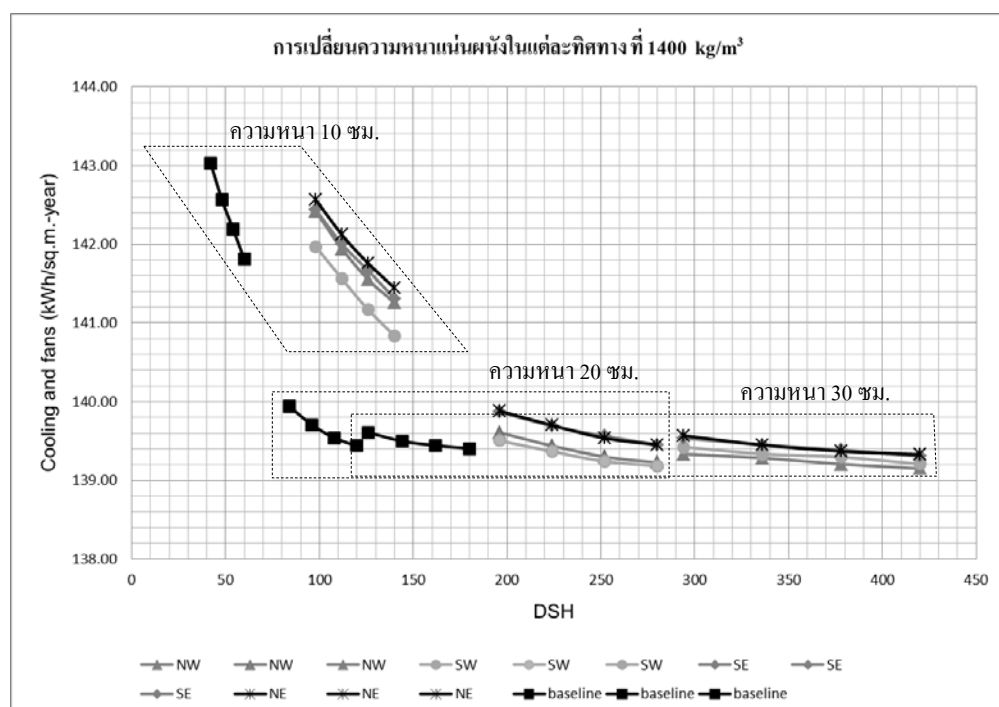
ตารางที่ 4.24 แสดงการใช้ความหนาแน่นปริมาณต่างๆ ของคอนกรีตบล็อก ที่ส่งผลต่อการใช้พลังงานปรับอากาศในแต่ละทิศทาง ในอาคารสำนักงาน

| Density (kg/m ³) | Thickness (m.) | Capacity (kJ/kg-°C) | DSH | การใช้พลังงานปรับอากาศในแต่ละทิศทาง (kWh/s.q.m.-year) | | | | | | | |
|---------------------------------|-------------------|------------------------|-----|---|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| | | | | W | S | E | N | NW | SW | SE | NE |
| 1,600 Baseline | 0.1 | 0.7 | 112 | 129.86 | 129.86 | 129.86 | 129.86 | 143.14 | 143.14 | 143.14 | 143.14 |
| | | 0.8 | 128 | 129.28 | 129.28 | 129.28 | 129.28 | 142.43 | 142.43 | 142.43 | 142.43 |
| | | 0.9 | 144 | 128.82 | 128.82 | 128.82 | 128.82 | 141.87 | 141.87 | 141.87 | 141.87 |
| | | 1.0 | 160 | 128.39 | 128.39 | 128.39 | 128.39 | 141.40 | 141.40 | 141.40 | 141.40 |
| | 0.2 | 0.7 | 224 | 126.52 | 126.52 | 126.52 | 126.52 | 139.10 | 139.10 | 139.10 | 139.10 |
| | | 0.8 | 256 | 126.33 | 126.33 | 126.33 | 126.33 | 138.91 | 138.91 | 138.91 | 138.91 |
| | | 0.9 | 288 | 126.21 | 126.21 | 126.21 | 126.21 | 138.75 | 138.75 | 138.75 | 138.75 |
| | | 1.0 | 320 | 126.13 | 126.13 | 126.13 | 126.13 | 138.67 | 138.67 | 138.67 | 138.67 |
| | 0.3 | 0.7 | 336 | 126.01 | 126.01 | 126.01 | 126.01 | 138.54 | 138.54 | 138.54 | 138.54 |
| | | 0.8 | 384 | 125.98 | 125.98 | 125.98 | 125.98 | 138.54 | 138.54 | 138.54 | 138.54 |
| | | 0.9 | 432 | 125.98 | 125.98 | 125.98 | 125.98 | 138.52 | 138.52 | 138.52 | 138.52 |
| | | 1.0 | 480 | 125.98 | 125.98 | 125.98 | 125.98 | 138.52 | 138.52 | 138.52 | 138.52 |
| 1,800 Designcase | 0.1 | 0.7 | 126 | 129.61 | 129.75 | 129.77 | 129.81 | 143.04 | 142.88 | 143.03 | 143.05 |
| | | 0.8 | 144 | 129.06 | 129.17 | 129.19 | 129.23 | 142.29 | 142.22 | 142.32 | 142.35 |
| | | 0.9 | 162 | 128.59 | 128.70 | 128.75 | 128.77 | 141.74 | 141.66 | 141.75 | 141.78 |
| | | 1.0 | 180 | 128.23 | 128.28 | 128.32 | 128.34 | 141.23 | 141.13 | 141.30 | 141.32 |
| | 0.2 | 0.7 | 252 | 126.45 | 126.46 | 126.51 | 126.50 | 139.03 | 139.00 | 139.08 | 139.08 |
| | | 0.8 | 288 | 126.28 | 126.28 | 126.32 | 126.31 | 138.87 | 138.83 | 138.87 | 138.90 |
| | | 0.9 | 324 | 126.18 | 126.17 | 126.21 | 126.20 | 138.71 | 138.71 | 138.74 | 138.75 |
| | | 1.0 | 360 | 126.09 | 126.11 | 126.14 | 126.11 | 138.60 | 138.61 | 138.67 | 138.67 |
| | 0.3 | 0.7 | 378 | 125.99 | 126.00 | 126.02 | 126.00 | 138.50 | 138.55 | 138.56 | 138.55 |
| | | 0.8 | 432 | 125.98 | 125.98 | 125.99 | 125.98 | 138.51 | 138.53 | 138.56 | 138.56 |
| | | 0.9 | 486 | 125.97 | 125.98 | 125.99 | 125.98 | 138.48 | 138.53 | 138.54 | 138.53 |
| | | 1.0 | 540 | 125.98 | 126.03 | 125.98 | 125.98 | 138.47 | 138.53 | 138.51 | 138.53 |
| 2,000 Designcase | 0.1 | 0.7 | 140 | 129.41 | 129.64 | 129.69 | 129.77 | 142.89 | 142.67 | 142.93 | 142.97 |
| | | 0.8 | 160 | 128.88 | 129.07 | 129.12 | 129.20 | 142.20 | 142.00 | 142.21 | 142.28 |
| | | 0.9 | 180 | 128.45 | 128.59 | 128.69 | 128.72 | 141.62 | 141.45 | 141.68 | 141.72 |
| | | 1.0 | 200 | 128.10 | 128.20 | 128.27 | 128.30 | 141.15 | 140.95 | 141.22 | 141.26 |
| | 0.2 | 0.7 | 280 | 126.40 | 126.42 | 126.52 | 126.49 | 138.98 | 138.97 | 139.08 | 139.07 |
| | | 0.8 | 320 | 126.26 | 126.25 | 126.32 | 126.29 | 138.80 | 138.77 | 138.88 | 138.90 |
| | | 0.9 | 360 | 126.16 | 126.14 | 126.22 | 126.19 | 138.66 | 138.66 | 138.76 | 138.76 |
| | | 1.0 | 400 | 126.08 | 126.09 | 126.15 | 126.11 | 138.56 | 138.55 | 138.68 | 138.67 |
| | 0.3 | 0.7 | 420 | 125.98 | 125.99 | 126.03 | 126.00 | 138.48 | 138.54 | 138.57 | 138.57 |
| | | 0.8 | 480 | 125.97 | 125.97 | 126.00 | 125.97 | 138.48 | 138.54 | 138.56 | 138.56 |
| | | 0.9 | 540 | 125.97 | 125.99 | 126.00 | 125.97 | 138.45 | 138.53 | 138.54 | 138.53 |
| | | 1.0 | 600 | 125.97 | 125.99 | 125.98 | 125.98 | 138.45 | 138.54 | 138.51 | 138.53 |
| 2,200 Designcase | 0.1 | 0.7 | 154 | 129.24 | 129.54 | 129.62 | 129.72 | 142.77 | 142.49 | 142.84 | 142.92 |
| | | 0.8 | 176 | 128.72 | 128.99 | 129.07 | 129.17 | 142.08 | 141.82 | 142.14 | 142.23 |
| | | 0.9 | 198 | 128.33 | 128.51 | 128.64 | 128.68 | 141.56 | 141.28 | 141.63 | 141.66 |
| | | 1.0 | 220 | 127.98 | 128.12 | 128.23 | 128.27 | 141.06 | 140.85 | 141.16 | 141.21 |
| | 0.2 | 0.7 | 308 | 126.38 | 126.38 | 126.51 | 126.48 | 138.94 | 138.90 | 139.08 | 139.07 |
| | | 0.8 | 352 | 126.25 | 126.22 | 126.33 | 126.29 | 138.76 | 138.75 | 138.88 | 138.88 |
| | | 0.9 | 396 | 126.13 | 126.12 | 126.24 | 126.18 | 138.63 | 138.62 | 138.77 | 138.76 |
| | | 1.0 | 440 | 126.07 | 126.07 | 126.17 | 126.11 | 138.54 | 138.54 | 138.70 | 138.68 |
| | 0.3 | 0.7 | 462 | 125.97 | 125.99 | 126.03 | 126.00 | 138.46 | 138.54 | 138.58 | 138.58 |
| | | 0.8 | 528 | 125.97 | 125.97 | 126.00 | 125.97 | 138.45 | 138.54 | 138.57 | 138.57 |
| | | 0.9 | 594 | 125.96 | 125.99 | 126.00 | 125.98 | 138.44 | 138.53 | 138.54 | 138.54 |
| | | 1.0 | 660 | 125.97 | 125.99 | 125.98 | 125.98 | 138.43 | 138.53 | 138.51 | 138.52 |

4. อาคารสำนักงาน กลุ่มที่ 2 คอนกรีตมวลเบา กรณีที่ 3 ความหนาแน่น



แผนภูมิที่ 4.26 เปรียบเทียบการใช้ความหนาแน่นผนังที่ $1,400 \text{ kg/m}^3$ ของคอนกรีตมวลเบาในทิศต่างๆ (N,E,S,W) ที่มีผลต่อการใช้พลังงานปรับอากาศ ในอาคารสำนักงาน



แผนภูมิที่ 4.27 เปรียบเทียบการใช้ความหนาแน่นผนังที่ $1,400 \text{ kg/m}^3$ ของคอนกรีตมวลเบาในทิศต่างๆ (NE,NW,SE,SW) ที่มีผลต่อการใช้พลังงานปรับอากาศ ในอาคารสำนักงาน

ตารางที่ 4.26 แสดงการใช้ความหนาแน่นปริมาณต่างๆ ของคอนกรีตมวลเบา ที่ส่งผลต่อการใช้พลังงานปรับ
อากาศในแต่ละทิศทาง ในอาคารสำนักงาน

| Density (kg/m ³) | Thickness (m.) | Capacity (kJ/kg-°C) | DSH | การใช้พลังงานปรับอากาศในแต่ละทิศทาง (kWh/s.q.m.-year) | | | | | | | |
|---------------------------------|-------------------|------------------------|-----|---|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| | | | | W | S | E | N | NW | SW | SE | NE |
| 600 Baseline | 0.1 | 0.7 | 42 | 129.44 | 129.44 | 129.44 | 129.44 | 143.03 | 143.03 | 143.03 | 143.03 |
| | | 0.8 | 48 | 129.11 | 129.11 | 129.11 | 129.11 | 142.57 | 142.57 | 142.57 | 142.57 |
| | | 0.9 | 54 | 128.79 | 128.79 | 128.79 | 128.79 | 142.19 | 142.19 | 142.19 | 142.19 |
| | | 1.0 | 60 | 128.53 | 128.53 | 128.53 | 128.53 | 141.81 | 141.81 | 141.81 | 141.81 |
| | 0.2 | 0.7 | 84 | 126.91 | 126.91 | 126.91 | 126.91 | 139.94 | 139.94 | 139.94 | 139.94 |
| | | 0.8 | 96 | 126.75 | 126.75 | 126.75 | 126.75 | 139.71 | 139.71 | 139.71 | 139.71 |
| | | 0.9 | 108 | 126.63 | 126.63 | 126.63 | 126.63 | 139.54 | 139.54 | 139.54 | 139.54 |
| | | 1.0 | 120 | 126.54 | 126.54 | 126.54 | 126.54 | 139.44 | 139.44 | 139.44 | 139.44 |
| | 0.3 | 0.7 | 126 | 126.53 | 126.53 | 126.53 | 126.53 | 139.61 | 139.61 | 139.61 | 139.61 |
| | | 0.8 | 144 | 126.47 | 126.47 | 126.47 | 126.47 | 139.50 | 139.50 | 139.50 | 139.50 |
| | | 0.9 | 162 | 126.43 | 126.43 | 126.43 | 126.43 | 139.44 | 139.44 | 139.44 | 139.44 |
| | | 1.0 | 180 | 126.41 | 126.41 | 126.41 | 126.41 | 139.40 | 139.40 | 139.40 | 139.40 |
| 800 Designcase | 0.1 | 0.7 | 56 | 129.11 | 129.28 | 129.27 | 129.38 | 142.86 | 142.64 | 142.83 | 142.87 |
| | | 0.8 | 64 | 128.77 | 128.93 | 128.93 | 129.05 | 142.38 | 142.19 | 142.35 | 142.39 |
| | | 0.9 | 72 | 128.46 | 128.66 | 128.65 | 128.73 | 141.98 | 141.79 | 141.94 | 141.98 |
| | | 1.0 | 80 | 128.19 | 128.34 | 128.38 | 128.48 | 141.58 | 141.45 | 141.58 | 141.62 |
| | 0.2 | 0.7 | 112 | 126.75 | 126.80 | 126.87 | 126.87 | 139.75 | 139.73 | 139.88 | 139.88 |
| | | 0.8 | 128 | 126.62 | 126.66 | 126.73 | 126.72 | 139.56 | 139.57 | 139.67 | 139.68 |
| | | 0.9 | 144 | 126.54 | 126.55 | 126.62 | 126.60 | 139.43 | 139.42 | 139.53 | 139.53 |
| | | 1.0 | 160 | 126.44 | 126.47 | 126.53 | 126.51 | 139.37 | 139.30 | 139.44 | 139.45 |
| | 0.3 | 0.7 | 168 | 126.45 | 126.50 | 126.53 | 126.52 | 139.49 | 139.54 | 139.59 | 139.59 |
| | | 0.8 | 192 | 126.41 | 126.47 | 126.47 | 126.46 | 139.43 | 139.45 | 139.49 | 139.49 |
| | | 0.9 | 216 | 126.36 | 126.41 | 126.43 | 126.42 | 139.39 | 139.40 | 139.43 | 139.43 |
| | | 1.0 | 240 | 126.35 | 126.39 | 126.39 | 126.39 | 139.32 | 139.34 | 139.38 | 139.38 |
| 1,000 Designcase | 0.1 | 0.7 | 70 | 128.85 | 129.16 | 129.16 | 129.34 | 142.67 | 142.33 | 142.68 | 142.75 |
| | | 0.8 | 80 | 128.51 | 128.75 | 128.82 | 129.00 | 142.21 | 141.94 | 142.18 | 142.26 |
| | | 0.9 | 90 | 128.21 | 128.52 | 128.54 | 128.70 | 141.78 | 141.48 | 141.79 | 141.87 |
| | | 1.0 | 100 | 127.95 | 128.19 | 128.29 | 128.43 | 141.43 | 141.21 | 141.45 | 141.53 |
| | 0.2 | 0.7 | 140 | 126.68 | 126.75 | 126.86 | 126.84 | 139.66 | 139.63 | 139.87 | 139.87 |
| | | 0.8 | 160 | 126.57 | 126.61 | 126.73 | 126.69 | 139.50 | 139.44 | 139.67 | 139.68 |
| | | 0.9 | 180 | 126.47 | 126.52 | 126.62 | 126.58 | 139.38 | 139.33 | 139.53 | 139.53 |
| | | 1.0 | 200 | 126.38 | 126.50 | 126.54 | 126.50 | 139.31 | 139.23 | 139.45 | 139.45 |
| | 0.3 | 0.7 | 210 | 126.42 | 126.49 | 126.52 | 126.51 | 139.43 | 139.47 | 139.58 | 139.59 |
| | | 0.8 | 240 | 126.36 | 126.45 | 126.45 | 126.45 | 139.38 | 139.41 | 139.48 | 139.48 |
| | | 0.9 | 270 | 126.33 | 126.41 | 126.41 | 126.41 | 139.32 | 139.34 | 139.40 | 139.42 |
| | | 1.0 | 300 | 126.29 | 126.37 | 126.37 | 126.39 | 139.25 | 139.30 | 139.36 | 139.36 |
| 1,200 Designcase | 0.1 | 0.7 | 84 | 128.65 | 129.03 | 129.08 | 129.31 | 142.54 | 142.17 | 142.53 | 142.64 |
| | | 0.8 | 96 | 128.30 | 128.68 | 128.76 | 128.96 | 142.06 | 141.70 | 142.15 | 142.18 |
| | | 0.9 | 108 | 128.02 | 128.40 | 128.47 | 128.66 | 141.65 | 141.33 | 141.71 | 141.79 |
| | | 1.0 | 120 | 127.79 | 128.09 | 128.23 | 128.38 | 141.32 | 141.03 | 141.36 | 141.47 |
| | 0.2 | 0.7 | 168 | 126.63 | 126.70 | 126.87 | 126.82 | 139.63 | 139.54 | 139.86 | 139.87 |
| | | 0.8 | 192 | 126.53 | 126.59 | 126.74 | 126.68 | 139.45 | 139.38 | 139.67 | 139.69 |
| | | 0.9 | 216 | 126.42 | 126.51 | 126.62 | 126.57 | 139.33 | 139.28 | 139.55 | 139.53 |
| | | 1.0 | 240 | 126.36 | 126.44 | 126.54 | 126.49 | 139.26 | 139.17 | 139.45 | 139.45 |
| | 0.3 | 0.7 | 252 | 126.37 | 126.48 | 126.51 | 126.50 | 139.38 | 139.44 | 139.56 | 139.58 |
| | | 0.8 | 288 | 126.32 | 126.43 | 126.44 | 126.45 | 139.33 | 139.35 | 139.47 | 139.47 |
| | | 0.9 | 324 | 126.28 | 126.41 | 126.39 | 126.40 | 139.27 | 139.31 | 139.37 | 139.39 |
| | | 1.0 | 360 | 126.24 | 126.36 | 126.36 | 126.37 | 139.21 | 139.25 | 139.35 | 139.34 |
| 1,400 Designcase | 0.1 | 0.7 | 98 | 128.47 | 128.95 | 129.02 | 129.29 | 142.42 | 141.97 | 142.44 | 142.57 |
| | | 0.8 | 112 | 128.16 | 128.59 | 128.70 | 128.94 | 141.94 | 141.56 | 142.00 | 142.12 |
| | | 0.9 | 126 | 127.87 | 128.33 | 128.43 | 128.62 | 141.55 | 141.17 | 141.66 | 141.76 |
| | | 1.0 | 140 | 127.65 | 128.00 | 128.20 | 128.35 | 141.26 | 140.84 | 141.31 | 141.45 |
| | 0.2 | 0.7 | 196 | 126.60 | 126.69 | 126.87 | 126.82 | 139.61 | 139.50 | 139.87 | 139.88 |
| | | 0.8 | 224 | 126.50 | 126.59 | 126.74 | 126.68 | 139.44 | 139.37 | 139.69 | 139.70 |
| | | 0.9 | 252 | 126.41 | 126.49 | 126.63 | 126.56 | 139.30 | 139.24 | 139.56 | 139.54 |
| | | 1.0 | 280 | 126.32 | 126.42 | 126.54 | 126.49 | 139.23 | 139.18 | 139.45 | 139.45 |
| | 0.3 | 0.7 | 294 | 126.34 | 126.47 | 126.49 | 126.49 | 139.33 | 139.42 | 139.54 | 139.57 |
| | | 0.8 | 336 | 126.28 | 126.42 | 126.43 | 126.44 | 139.29 | 139.33 | 139.45 | 139.45 |
| | | 0.9 | 378 | 126.24 | 126.39 | 126.38 | 126.40 | 139.21 | 139.30 | 139.39 | 139.37 |
| | | 1.0 | 420 | 126.21 | 126.33 | 126.33 | 126.36 | 139.15 | 139.21 | 139.31 | 139.33 |

วิเคราะห์ผลการเพิ่มความหนาแน่น ที่มีผลต่อการใช้พลังงาน ในอาคารสำนักงาน

จากแผนภูมิที่ 4.24, 4.25 คอนกรีตบดอัด และ แผนภูมิที่ 4.26, 4.27 คอนกรีตมวลเบา ซึ่งในกรณีการเพิ่มความหนาแน่นให้กับผนังทุกทิศทางจะพบว่าค่าการใช้พลังงานในผนังที่ 30 ซม. จะลดการใช้พลังงานมากที่สุด และรองลงมาคือ 20,10 ซม. แต่ทั้งนี้ในกรณีเพิ่มมวลอุณหภูมิมวลผนัง (DSH) เนื่องจากการเพิ่มความหนาแน่นที่ $2,200 \text{ kg/m}^3$ ของคอนกรีตบดอัด และ $1,400 \text{ kg/m}^3$ ของคอนกรีตมวลเบาในผนัง 10 ซม.จะพบว่าเส้นแผนภูมิจะมีการเปลี่ยนแปลงของพลังงานมากที่สุด เมื่อเทียบกับ Baseline เนื่องจากผลในการหน่วงความร้อนที่เพิ่มมากขึ้นของวัสดุ จากความหนาแน่น ซึ่งมากกว่าการเพิ่มมวลอุณหภูมิมวลผนัง (DSH) ของความหนาแน่นอาคาร 20,30 ซม. ที่มีลักษณะเส้นแผนภูมิที่เปลี่ยนแปลงน้อยมาก เมื่อเทียบกับ Baseline เนื่องจากผนังที่มีความหนาแน่นอยู่แล้วทำให้มีมวลในการสะสมความร้อนที่มากขึ้นดังนั้นการไปเพิ่มความหนาแน่นที่ผนังมีความหนาแน่นและมวลสารมากที่มีความสามารถในการหน่วงความร้อนอยู่แล้วนั้น จึงมีผลในการเพิ่มประสิทธิภาพหน่วงความร้อนเพียงเล็กน้อยเท่านั้น

ค่าการใช้พลังงานเปรียบเทียบ จากการกำหนดให้ผนังความหนาแน่นเท่ากันทุกทิศทาง (คอนกรีตบดอัด 1600 kg/m^3 คอนกรีตมวลเบา 600 kg/m^3) เป็น baseline ของการจำลองผล และทำการเปรียบเทียบกับผนังที่ความหนาแน่นที่เพิ่มขึ้น (คอนกรีตบดอัด 1,600, 1,800 , 2,000, $2,200 \text{ kg/m}^3$ คอนกรีตมวลเบา 600, 800, 1,000, 1,200, 1,400 kg/m^3) เป็น designcase ที่เพิ่มความจุความหนาแน่นในแต่ละทิศทาง โดยเทียบค่าการใช้พลังงานเป็นกรณีเรียงลำดับจุดต่อจุด (ในแผนภูมิที่ 4.24,4.25,4.26 และ 4.27 เป็นแผนภูมิที่แสดงเฉพาะการเพิ่มความหนาแน่นที่ $2,200 \text{ kg/m}^3$ ของคอนกรีตบดอัด และ $1,400 \text{ kg/m}^3$ ของคอนกรีตมวลเบา เพื่อแสดงความแนวโน้มความแตกต่างของการใช้พลังงานให้มากที่สุด) แล้วนำค่าการจำลองผลการใช้พลังงานทำความเข้าใจทั้งหมด (ตารางที่ 4.12 และ 4.14) มาเทียบกันระหว่าง Baseline และ Designcase โดยเทียบค่าที่เท่ากันจาก ความจุความร้อนจำเพาะ ความหนาแน่น แล้วเปลี่ยน ความหนาแน่น (พิจารณาจากตารางที่ 4.25 และ 4.27 ค่าผลต่างการลดการใช้พลังงานในอาคารสำนักงาน) ก็จะทราบถึงทิศทางที่มีผลในการลดการใช้พลังงานทำความเข้าใจ

จากตารางที่ 4.25 และ 4.27 ในอาคารสำนักงาน ที่มีการใช้งานในเวลากลางวันถึงเย็น (8:00 – 18:00) การที่มีความหนาแน่น ในผนังทุกประเภทความหนาแน่นย่อมมีผลต่อการลดการใช้พลังงานในทุกทิศทาง

เมื่อพิจารณาการเพิ่มความหนาแน่นใน ผนังอาคารที่มีความหนาแน่นทั้งหมด 10 ซม. จะลดการใช้พลังงานในอาคารได้ดีที่สุด (กรอบประจู่ทั้ง ตารางที่ 4.25 และ 4.27) ซึ่งดีกว่า ความหนาแน่นที่ 20,30 ซม. เนื่องมาจาก อาคารที่มีความหนาแน่นมากทั้งหมดย่อมมีมวลอุณหภูมิมวลผนังที่มากขึ้น

ตามไปด้วย และการเพิ่มความหนาแน่นที่ผนัง ที่ความหนา 20,30 ซม. เพียงด้านเดียว ย่อมเพิ่มมวลอุณหภาพ จึงมีผลต่อการกักเก็บความร้อน ดังนั้นการเพิ่มความหนาแน่นในผนังที่มีความหนาที่ 20,30 ซม. จะลดการใช้พลังงานน้อยกว่าผนังที่มีความหนาน้อยกว่า 10 ซม.

แต่ทั้งนี้หากเป็นกรณีเปรียบเทียบการใช้ปริมาณความหนาทั้งอาคารมาเทียบเคียงกัน อาจพบว่าการใช้ความหนาผนังที่มีปริมาณมาก เช่น 30 ซม. และ 20 ซม. จะพบว่ามีการใช้พลังงานที่ต่ำกว่าผนังที่หนา 10 ซม. (ตารางที่ 4.25 และ 4.27) ที่มีประสิทธิภาพในการหน่วงความร้อนในช่วงเวลากลางวันและคายความร้อนออกในช่วงกลางคืน จึงส่งผลให้การใช้พลังงานทำความเย็นลดลง แต่ด้วยการจำลองผลที่มุ่งปัจจัยการใช้ความหนาแน่นจะพบว่าการเพิ่ม ในผนังที่มีความหนามากๆ เมื่อเทียบกับผนังที่บางอย่าง 10 ซม. ที่มีประสิทธิภาพในการถ่ายเทความร้อนได้ และคายความร้อนได้เร็ว จึงมีการลดการใช้ที่ไม่มาก

ทิศที่มีผลต่อการลดการใช้พลังงานมากที่สุด เมื่อหมุนอาคาร 0 องศา คือ ทิศตะวันตก และเมื่อหมุนอาคาร 45 องศา คือ ทิศตะวันตกเฉียงใต้ การเพิ่มความหนาแน่น จะมีผลต่อการลดการใช้พลังงาน จะมีผลต่อการลดการใช้พลังงานมากที่สุด เนื่องจากทิศทางดังกล่าว อยู่ในแนวรั้งสีของดวงอาทิตย์ ที่มีระยะเวลา 8 เดือน และเป็นช่วงเวลาบ่าย (13:00-15:00) ซึ่งมีอุณหภูมิภายนอกค่อนข้างสูง ดังนั้นการใช้ความหนาแน่นที่มากในทิศตะวันตก ทิศตะวันตกเฉียงใต้ จะช่วยหน่วงความร้อนที่สะสมในผนัง มีผลให้ทำให้ลดปริมาณพลังงานการทำความเย็น ในช่วงเวลาบ่าย ซึ่งความร้อนที่ถูกสะสมจะถ่ายเข้าสู่อาคารในช่วงเวลาค่าแทนในช่วงที่ไม่มีการใช้งานของอาคาร

4.4 วิเคราะห์ผลการใช้วัสดุประกอบอาคารที่มีผลต่อมวลอุณหภาพ

ในกรณีของบ้านพักอาศัยที่มีการใช้งานในเวลากลางคืนถึงเช้า (18:00 – 7:00 น.) การใช้วัสดุคอนกรีตบล็อกที่มีค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวมสูง (high U-value) แต่กลับมีการใช้พลังงานต่ำกว่า คอนกรีตมวลเบา ซึ่งมีค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวมต่ำ (low U-value) เนื่องจากการสะสมความร้อนเป็นเวลานานจากผนังเข้าสู่อาคารตลอดทั้งวัน ทำให้อุณหภูมิภายในบ้านสูงมากแม้ว่า คอนกรีตมวลเบา จะมีค่าการนำความร้อนต่ำก็ตาม แต่ความร้อนจากกระจกหรือหลังคา ก็ยังสามารถเข้ามาได้ ดังนั้น เมื่อมีอุณหภูมิภายในสูง การถ่ายเทความร้อนจากภายในสู่ภายนอกในช่วงเวลาที่อุณหภูมิภายในบ้านสูงกว่าภายนอกบ้านซึ่งมักเป็นช่วงเวลากำหนดตอนเย็นถึงค่ำ จึงใช้เวลานานเพราะมีผนังคอนกรีตมวลเบาเป็นฉนวนกันความร้อนที่ดีกว่า คอนกรีตบล็อกที่ไม่ให้ถ่ายเทออกไป ดังนั้นจึงเป็นภาระของเครื่องปรับอากาศที่ต้องนำความร้อนที่สะสมภายในบ้านออกไปภายนอก ในทางกลับกันการใช้ ผนังที่มีการนำความร้อนมากจะช่วยใน

การถ่ายเทความร้อนออกไปเมื่ออุณหภูมิภายนอกบ้านต่ำกว่าอุณหภูมิภายในบ้านที่มีอุณหภูมิสูงกว่าปกติ ซึ่งช่วยลดภาระการปรับอากาศ

ในกรณีของอาคารสำนักงานที่มีการใช้งานในเวลากลางวันถึงเย็น (8:00 – 18:00 น.) การใช้วัสดุคอนกรีตมวลเบาซึ่งมีค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวมต่ำ (low U-value) จะลดการใช้พลังงานในอาคารได้ดีคอนกรีตบล็อกที่มีค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวมสูง (high U-value) เนื่องจากเป็นวัสดุที่ลดการถ่ายเทความร้อนเข้าสู่อาคารในช่วงเวลาที่มีการแผ่รังสีของดวงอาทิตย์ในช่วงเวลากลางวัน ซึ่งจะป้องกันความร้อนจากภายนอกได้อย่างมีประสิทธิภาพในช่วงที่มีการปรับอากาศ

ปัจจัยอีกส่วนหนึ่งของคอนกรีตบล็อกซึ่งมีช่องว่างอากาศภายใน อาจเป็นอีกตัวแปรหนึ่งที่ต้องทำการควบคุมซึ่งอาจสามารถเป็นฉนวนกันความร้อนให้กับอาคารได้ นอกเหนือจากประสิทธิภาพของมวลอุณหภาพผนังที่เกิดขึ้น แต่หากในกรณีของคอนกรีตมวลเบาที่มีลักษณะเป็นรูพรุนสัดส่วนของช่องว่างอากาศภายในอาจน้อยมาก การพิจารณาของประสิทธิภาพของมวลอุณหภาพผนังจึงอาจมีส่วนในการลดการใช้พลังงานค่อนข้างได้ประสิทธิผล

บทที่ 5

อภิปรายผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

จากการจำลองผลมวลอุณหภูมิผนังในบ้านพักอาศัยและอาคารสำนักงาน ด้วยโปรแกรม VisualDOE 4.0 โดยเก็บผลการใช้พลังงานจากการทำความเย็นตลอดทั้งปี เพื่อศึกษาการใช้มวลอุณหภูมิผนัง DSH ที่ประกอบด้วย ความหนา ความหนาแน่น และความจุความร้อนจำเพาะ ในแต่ละทิศส่งต่อการใช้พลังงานจากการทำความเย็น จากบทที่ 4 พบว่าการใช้มวลอุณหภูมิผนังแตกต่างกันมีผลทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงการใช้พลังงานทำความเย็นภายในอาคาร ทั้งบ้านพักอาศัยที่ใช้งานในเวลาช่วงค่ำถึงเช้า (18:00-7:00) และ อาคารสำนักงานที่ใช้งานในช่วงเวลากลางวัน (8:00-18:00) ซึ่งแตกต่างกันตามแต่ละทิศ โดยผลอภิปราย แบ่งออกเป็น 3 ส่วน คือ

- 1.สรุปผลการวิจัย ของการศึกษาปริมาณมวลอุณหภูมิของผนังภายนอกอาคารในทิศทางต่างๆ ที่มีผลต่อการใช้พลังงานในอาคาร ในเขตร้อนชื้น

- 2.แนวทางในการออกแบบและการเลือกใช้มวลสารผนังในทิศทางต่างๆรวมทั้ง ข้อเสนอแนะในการใช้ตารางการเลือกใช้มวลสาร

- 3.ข้อเสนอแนะในการวิจัยต่อไป

5.1 สรุปผลการวิจัย

จากการจำลองผลการใช้ตัวประกอบของมวลอุณหภูมิผนังทั้ง 3 ปัจจัย สามารถสรุปเป็นตารางที่แสดงถึงประสิทธิภาพในการลดการใช้พลังงานในบ้านพักอาศัยและอาคารสำนักงานของมวลอุณหภูมิปริมาณต่างๆ กับการจัดวางผนังในทิศที่แตกต่างกัน

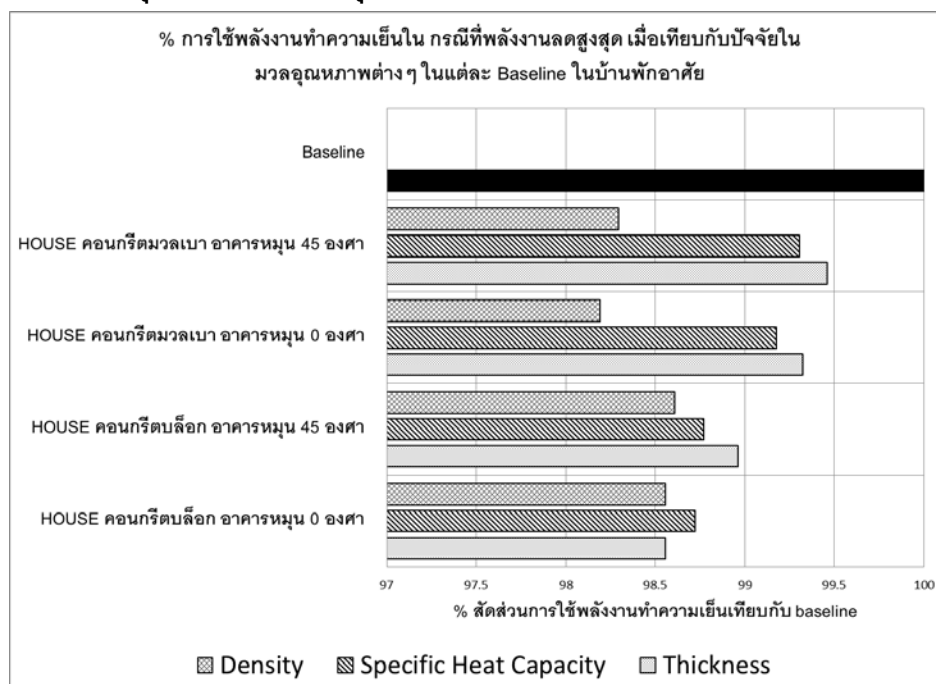
ตารางที่ 5.1 แสดงประสิทธิภาพของส่วนประกอบมวลสารที่มีผลต่อการใช้พลังงาน
ในอาคารที่ดีที่สุด ในกรณีของ Designcase เมื่อเทียบ Baseline

| DSH | BASELINE | | | |
|----------------------------------|---------------------------|---------------|------------------------------|---------------|
| | HOUSE | | OFFICE | |
| | คอนกรีตบล็อก | คอนกรีตมวลเบา | คอนกรีตบล็อก | คอนกรีตมวลเบา |
| Thickness (cm.) | 10 | 10 | 10 | 10 |
| Density (kg/m3) | D1,600 @ T10 | D600 @ T10 | D1,600 @ T10 | D 600 @ T10 |
| Specific Heat Capacity (kJ/kg-C) | C 0.7 @ T10 | C 0.7 @ T10 | C 0.7 @ T10 | C 0.7 @ T10 |
| DSH | DESIGNCASE | | | |
| | HOUSE | | OFFICE | |
| | คอนกรีตบล็อก | คอนกรีตมวลเบา | คอนกรีตบล็อก | คอนกรีตมวลเบา |
| Thickness (cm.) | 20 | 20 | 30 | 30 |
| Density (kg/m3) | D2,200 @ T10 | D1,400 @ T10 | D2,200 @ T10 | D1,400 @ T10 |
| Specific Heat Capacity (kJ/kg-C) | C1.0 @ T10 | C1.0 @ T10 | C1.0 @ T10 | C1.0 @ T10 |
| | D = Density | | @T10=ผนังทั้งอาคารหนา 10 ซม. | |
| | C =Specific Heat Capacity | | @T20=ผนังทั้งอาคารหนา 20 ซม. | |
| | | | @T30=ผนังทั้งอาคารหนา 30 ซม. | |

ตารางที่ 5.2 แสดงทิศทางที่ควรเพิ่มมวลอุณหภาพในผนังและไม่ควรเพิ่ม
ในบ้านพักอาศัยและอาคารสำนักงาน

| ประเภทอาคาร | ตัวประกอบมวลอุณหภาพ (DSH) | ทิศทางที่ควรเพิ่มมวลอุณหภาพ ✓ | ทิศทางที่ไม่ควรเพิ่มมวลอุณหภาพ ✗ |
|-------------|--|-------------------------------|----------------------------------|
| HOUSE | THICKNESS | | |
| | DENSITY, SPECIFIC HEAT CAPACITY เมื่อผนังทั้งอาคารหนา 10 ซม. | | |
| | DENSITY, SPECIFIC HEAT CAPACITY เมื่อผนังทั้งอาคารหนา 20,30 ซม. | | |
| OFFICE | THICKNESS, DENSITY, SPECIFIC HEAT CAPACITY | | |

5.1.1 สรุปผลการใช้มวลอุณหภาพของผนังกับบ้านพักอาศัย



แผนภูมิที่ 5.1 เทียบการใช้พลังงานในแต่ละปัจจัยของมวลอุณหภาพผนังในบ้านพักอาศัย

จากแผนภูมิที่ 5.1 เมื่อเทียบประสิทธิภาพการลดการใช้พลังงานของ 3 ปัจจัย ในมวลอุณหภาพผนัง (DSH) ในบ้านพักอาศัย เมื่อพิจารณาเป็นข้อๆได้ว่า

1. การใช้ความหนาแน่น มีประสิทธิภาพสูงสุดหากเทียบกับทั้ง 3 ปัจจัย เมื่อมีความหนาแน่นสูง (ความหนาแน่น $2,200 \text{ kg/m}^3$ ในคอนกรีตบล็อก และ ความหนาแน่น $1,400 \text{ kg/m}^3$ ในคอนกรีตมวลเบา) ที่มีความบางของผนังทั้งอาคาร (10 ซม.) (ตารางที่ 5.1)
2. การใช้ความจุความร้อนจำเพาะ มีประสิทธิภาพรองลงมาหากเทียบกับทั้ง 3 ปัจจัย เมื่อมีความจุความร้อนจำเพาะสูง (ความหนาแน่น $1.0 \text{ kJ/kg} \cdot ^\circ\text{C}$) และมีความบางของผนังทั้งอาคาร (10 ซม.) (ตารางที่ 5.1)

โดยทั้งนี้ในกรณีของ ความหนาแน่น และ ความจุความร้อนจำเพาะ เมื่อหุ้มอาคาร 0 องศา ควรใช้ ในทิศตะวันตก (ตารางที่ 5.2) เนื่องจากเป็นทิศที่ปะทะกับแดดโดยตรง ตลอดทั้งปี ซึ่งควรเป็นผนังที่มีการคายความร้อนที่เร็วกว่าผนังทิศอื่นๆ ซึ่งการเพิ่มความจุความร้อนและความหนาแน่นในทิศนี้ จะช่วยคายความร้อนและลดการเก็บสะสมความร้อนของตัวผนังเข้าสู่อาคาร มีผลให้มีการลดพลังงานจากเครื่องปรับอากาศเมื่อเริ่มเปิดใช้งานในเวลาตอนเย็น เนื่องจากเครื่องปรับอากาศในช่วงเวลานั้นจำเป็นต้องใช้พลังงานในการดึงความร้อนออกจากความร้อนที่สะสมตลอดทั้งวัน อีกปัจจัยหนึ่งนอกเหนือจากมวลอุณหภาพและทิศทางนั้น ในแบบจำลองได้แบ่งพื้นที่การใช้งานที่ไม่ปรับอากาศไว้ในทิศตะวันตก เช่น ห้องน้ำ ซึ่งมีส่วนช่วยในการเป็นฉนวน

กันความร้อนของพื้นที่ภายในที่ปรับอากาศอย่างห้องนอนและห้องนั่งเล่น ดังนั้นการวางพื้นที่การใช้งานที่ไม่จำเป็นต้องปรับอากาศไว้ในทิศตะวันตก จึงมีส่วนช่วยในการลดการใช้พลังงานทำความร้อนในอาคาร

ส่วนในกรณี อาคารที่หมุน 45 องศา จะพบว่า ทิศตะวันออกเฉียงเหนือ มีการลดการใช้พลังงานมากที่สุด (ตารางที่ 5.2) เนื่องจากเป็นทิศที่ไม่ปะทะกับแดดโดยตรง จึงมีอุณหภูมิที่ต่ำกว่าผนังในทิศทางอื่น ดังนั้นจึงมีประสิทธิภาพในการช่วยดึงความร้อนและถ่ายเทออกภายนอกอาคาร เพราะโดยปกติเมื่อถึงช่วงเวลายืน ภายในอาคารทั่วไปจะมีอุณหภูมิสูงกว่าภายนอกและผนังในทิศที่ปะทะกับแดดโดยตรงจะมีอุณหภูมิสูงมากจึงต้องคายความร้อนออกมา ทำให้การถ่ายเทความร้อนออกภายนอกอาคารจึงใช้เวลานาน ถ้าหากผนังในทิศตะวันออกเฉียงเหนือมีอุณหภูมิที่ต่ำกว่าผนังด้านอื่นๆ แล้วนั้นผนังด้านนี้ช่วยในการดึงความร้อนไปถ่ายเทความร้อนออกภายนอก มีผลทำให้ลดพลังงานการทำความเย็นภายในอาคาร

3. การใช้ความหนา มีประสิทธิภาพต่ำสุดหากเทียบกับทั้ง 3 ปัจจัย เมื่อเพิ่มความหนาผนังที่ 20 ซม. (ตารางที่ 5.1) ยกเว้นในกรณีของของบ้านพักอาศัยที่ใช้คอนกรีตบล็อก เมื่อเพิ่มความหนาจะมีประสิทธิภาพสูงสุดในการลดการใช้พลังงานทำความเย็น

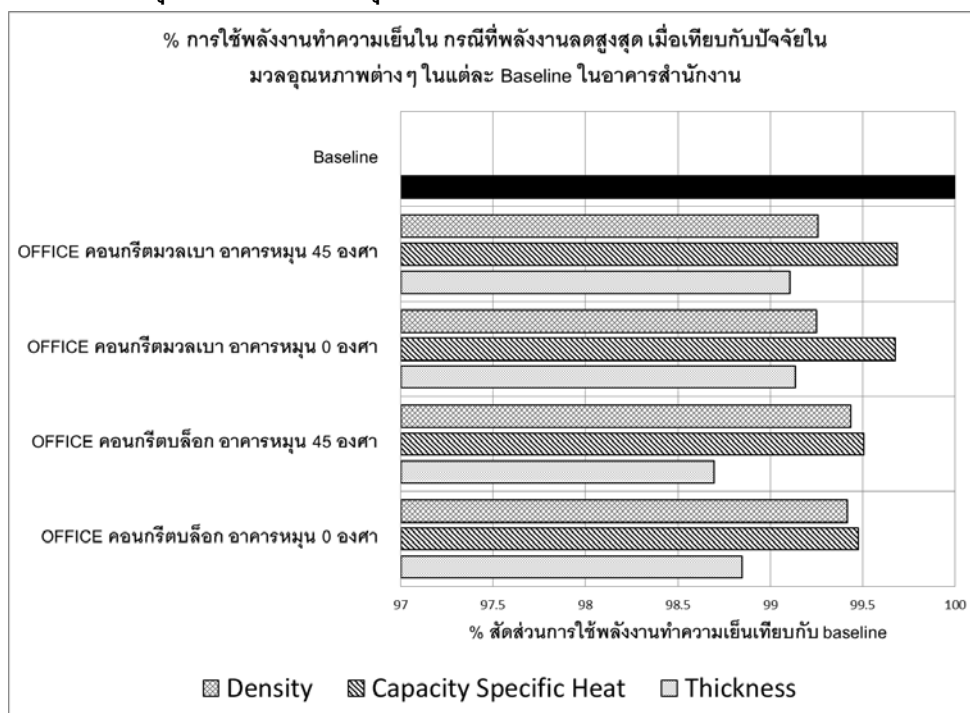
ในกรณีการเลือกใช้ ความหนาผนัง ควรเลือกใช้ ความหนาผนังที่ 20 ซม. ในทิศทางที่ปะทะแดดโดยตรง คือ ทิศตะวันตก (จากตารางที่ 5.2) เนื่องจากสามารถช่วยลดค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวม (U-value) ในการกันความร้อนที่จะถ่ายเทเข้ามาสู่อาคาร อย่างไรก็ตาม ควรใช้ความหนาผนังที่ไม่มากจนเกินไปที่จะไปมีผลต่อการสะสมความร้อนในมวลอุณหภูมิผนังในช่วงเวลากลางวัน ซึ่งโดยปกติแล้วจะคายความร้อนเข้าสู่อาคารในเวลากลางคืน

ส่วนทิศที่ไม่ควรเพิ่มความหนาผนัง คือทิศเหนือ ในกรณีการจำลองผล จะพบว่าหากเราเพิ่มความหนาผนังในทิศเหนือและลดความหนาผนังในทิศทางอื่น (ทิศตะวันออก ทิศใต้ ทิศตะวันตก) จะทำให้ความร้อนถ่ายเทเข้ามามากขึ้นจากการปะทะกับแดดโดยตรงตลอดทั้งวัน

4. การใช้วัสดุประกอบอาคาร คอนกรีตบล็อกจะมีสัดส่วนการลดการใช้พลังงานมากกว่า คอนกรีตมวลเบา เนื่องจากค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนที่สูงกว่า (high U-value) จะช่วยระบายความร้อนได้ดีกว่าวัสดุคอนกรีตมวลเบาที่มีค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนต่ำ (low U-value) เพราะ เนื่องจากบ้านพักอาศัยเป็นอาคารที่ปกติจะใช้งานในช่วงเวลากลางคืน ดังนั้นการใช้วัสดุที่มีค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนต่ำ ได้แก่ คอนกรีตมวลเบา จะไปทำให้อาคารเก็บสะสมความร้อนไว้ ซึ่งใช้ระยะเวลาในการถ่ายเทความร้อนออกจากอาคารที่สะสมตลอดทั้งวันมากกว่าคอนกรีตบล็อก ทั้งนี้ควรพิจารณาช่องว่างภายในคอนกรีตบล็อกที่มีส่วนในการเป็นฉนวน

กันความร้อน ที่มีสัดส่วนตามความหนาของผนังอาคาร ที่จะส่งผลต่อค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวมของผนัง ซึ่งอาจเป็นปัจจัยสำคัญอีกอย่างหนึ่งนอกเหนือจากมวลอุณหภาพผนัง

4.1.2 สรุปผลการใช้มวลอุณหภาพของผนังกับอาคารสำนักงาน



แผนภูมิที่ 5.2 เปรียบการใช้พลังงานในแต่ละปัจจัยของมวลอุณหภาพผนังในอาคารสำนักงาน

จากแผนภูมิที่ 5.2 เมื่อเทียบประสิทธิภาพการลดการใช้พลังงานของ 3 ปัจจัย ในมวลอุณหภาพผนัง (DSH) ในอาคารสำนักงานจะพบว่า

1. การใช้ความหนาผนัง มีประสิทธิภาพสูงสุดหากเทียบกับทั้ง 3 ปัจจัย เมื่อมีความหนาผนังที่ 30 ซม. (ตารางที่ 5.1)

ในกรณีการเลือกใช้ ความหนาผนัง ควรเลือกใช้ความหนาผนังที่ 30 ซม. (ตารางที่ 5.1) ในทิศที่ปะทะแดดโดยตรง คือ ทิศตะวันตก ทิศตะวันตกเฉียงเหนือ (ตารางที่ 5.2) ในการกันความร้อนที่จะถ่ายเทเข้ามาสู่อาคาร เพราะมีผลในการลดค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวม (U-value) ที่มีประสิทธิภาพสูงสุดในเวลากลางวันที่มีการใช้งานของเครื่องปรับอากาศ ทั้งยังช่วยหน่วงเหนี่ยวความร้อนไว้ก่อนที่จะถ่ายเทสู่อาคารในเวลากลางคืนที่ไม่มีการใช้งานของอาคารแล้ว

2. ความจุความร้อนจำเพาะ มีประสิทธิภาพรองลงมาหากเทียบกับทั้ง 3 ปัจจัย เมื่อมีความจุความร้อนจำเพาะสูง เมื่อมีความจุความร้อนจำเพาะสูง (ความหนาแน่น 1.0 kJ/kg.°C) และมีความบางของผนังทั้งอาคาร (10 ซม.) (ตารางที่ 5.1)

3. ความหนาแน่น มีประสิทธิภาพต่ำสุดหากเทียบกับทั้ง 3 ปัจจัย เมื่อมีความหนาแน่นสูง (ความหนาแน่น $2,200 \text{ kg/m}^3$ ในคอนกรีตบดล็อก และ ความหนาแน่น $1,400 \text{ kg/m}^3$ ในคอนกรีตมวลเบา) ที่มีความบางของผนังทั้งอาคาร (10 ซม.) (ตารางที่ 5.1)

ในกรณีของความหนาแน่น และ ความจุความร้อนจำเพาะ ควรใช้ในทิศที่ปะทะกับแดด โดยตรงที่ทิศตะวันตก และ ทิศตะวันตกเฉียงใต้ (ตารางที่ 5.2) ในกรณีของอาคารสำนักงาน โดยปกติแล้วการใช้ผนังทั้งในอาคารที่มีความหนาแน่นมากจะช่วยหน่วงความร้อนที่เข้ามาในอาคารในตอนกลางวันและจะคายความร้อนออกมากในเวลากลางคืน ในขณะที่ไม่มีการใช้งาน ซึ่งมีผลทำให้ลดการใช้พลังงานทำความเย็นลง แต่ถ้าหากจะกล่าวโดยมุ่งประเด็นในการเพิ่มความจุความร้อน และ ความหนาแน่น โดยเปรียบเทียบกับผนังที่มีความหนาที่เท่ากัน (เทียบ Baseline ที่มีความหนาเท่ากัน แล้วเพิ่มความจุความร้อนจำเพาะ และความหนาแน่น เป็น Designcase) การเพิ่มปัจจัยทั้ง 2 นี้ ในผนังที่มีความบางจะช่วยการหน่วงเหนี่ยวความร้อนโดยจะคายความร้อนที่ละปริมาณน้อยๆเข้าสู่อาคาร แต่ถ้าหากเพิ่มในผนังที่มีความหนาแน่นมากจะมีปริมาณการเก็บสะสมความร้อนมากขึ้น ทำให้การคายความร้อนมากตามไปด้วยในเวลาที่ยังมีการปรับอากาศอยู่ ดังนั้นการเพิ่มความจุความร้อน และ ความหนาแน่น ในผนังบาง กับอาคารสำนักงานที่มีการใช้งานที่คาบเกี่ยวในช่วงเช้าถึงเย็นที่มีอุณหภูมิเปลี่ยนแปลงทั้งวัน (8:00-18:00) จะช่วยลดการใช้พลังงานทำความเย็นในช่วงเวลาเย็น

4. ส่วนการเลือกใช้วัสดุที่มีประสิทธิภาพควรเป็นวัสดุที่มีค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวมที่ต่ำ เช่น คอนกรีตมวลเบา เพราะอาคารใช้งานในช่วงเวลากลางวัน การใช้คอนกรีตมวลเบาจะมีส่วนร่วมในการเป็นฉนวนกันความร้อนเข้าสู่อาคาร อย่างไรก็ตามควรพิจารณาวัสดุคอนกรีตบดล็อกที่เป็นวัสดุที่มีลักษณะโพรงอากาศภายในซึ่งมีหน้าที่เป็นฉนวนกันความร้อน และเมื่อเพิ่มความหนาเข้าไปทำให้ต้องใช้วัสดุคอนกรีตบดล็อกที่มากขึ้น ปริมาณของช่องอากาศภายในจึงสูงตาม มีผลทำให้ลดค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนเข้าสู่อาคาร ดังนั้นโพรงอากาศฉนวนภายในคอนกรีตบดล็อกอาจเป็นอีกหนึ่งปัจจัยที่มีผลต่อการลดการใช้พลังงาน นอกเหนือจากมวลอุณหภาพ

สรุป

การเพิ่มมวลอุณหภาพ (DSH) ในแต่ละทิศทางย่อมมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงการใช้พลังงานในอาคาร ซึ่งทั้งนี้ยังขึ้นกับปัจจัยของ ความหนา ความจุความร้อนจำเพาะ ความหนาแน่น ซึ่งควรมีการพิจารณาในแต่ละปัจจัยที่ได้รับผลจากรังสีความร้อนของดวงอาทิตย์ที่ไม่เท่ากันตลอดทั้งปี มีผลให้เกิดการถ่ายเทความร้อนเข้าสู่อาคารที่แตกต่างกัน นอกจากนี้สภาวะการใช้งานที่

แตกต่างกันระหว่างกลางวัน และกลางคืน ยังมีผลโดยตรงกับการสะสมและคายความร้อนของมวลอุณหภูมิต่างที่ส่งผลต่อการใช้พลังงานทำความเย็นของอาคาร

5.2 ข้อเสนอแนะในการใช้ตารางการเลือกใช้มวลอุณหภูมิต่างที่เหมาะสมในแต่ละทิศทาง

จากตารางแนวทางการใช้มวลอุณหภูมิต่างที่ระบุไว้ข้างต้นจะมีประสิทธิภาพที่สุดเมื่อใช้กับบ้านพักอาศัยเดี่ยวที่มีขนาดใกล้เคียงกับแบบจำลองที่ทำการศึกษา ที่มีขนาดไม่เกิน 200 ตารางเมตร มีรูปทรงเป็นสี่เหลี่ยมจัตุรัส อัตราส่วน WWR 30 ในช่วงการใช้งานในช่วงเวลาเย็นถึงเช้า ส่วนในอาคารสำนักงานควรเป็นอาคารที่มีขนาดใกล้เคียง 7,000 ตารางเมตร ที่มีรูปทรงเป็นสี่เหลี่ยมจัตุรัส อัตราส่วน WWR 40 การใช้งานในช่วงเวลาเช้าถึงเย็น

วิธีการใช้แนวทางการเลือกใช้มวลอุณหภูมิต่างที่มีผลต่อการใช้พลังงานในแต่ละทิศทาง

| Baseline ที่ผนัง 10 ซม. DSH=112 | | | | Designcase ที่ผนัง 20 ซม. DSH=224 | | | |
|---------------------------------|-----------------------------------|------------------------------|-----|-----------------------------------|-----------------------------------|------------------------------|-----|
| Baseline (10 cm.) | | | | Designcase (20 cm.) | | | |
| Thickness (m.) | Specific Haet Capacity (kJ/kg·°C) | Density (kg/m ³) | DSH | Thickness (m.) | Specific Haet Capacity (kJ/kg·°C) | Density (kg/m ³) | DSH |
| 0.1 | 0.7 | 1,600 | 112 | 0.2 | 0.7 | 1,600 | 224 |
| | 0.7 | 1,800 | 126 | | 0.7 | 1,800 | 252 |
| | 0.8 | 1,600 | 128 | | 0.8 | 1,600 | 256 |
| | 0.7 | 2,000 | 140 | | 0.7 | 2,000 | 280 |
| | 0.8 | 1,800 | 144 | | 0.8 | 1,800 | 288 |
| | 0.9 | 1,600 | 144 | | 0.9 | 1,600 | 288 |
| | 0.7 | 2,200 | 154 | | 0.7 | 2,200 | 308 |
| | 0.8 | 2,000 | 160 | | 0.8 | 2,000 | 320 |
| | 1 | 1,600 | 160 | | 1 | 1,600 | 320 |
| | 0.9 | 1,800 | 162 | | 0.9 | 1,800 | 324 |
| | 0.8 | 2,200 | 176 | | 0.8 | 2,200 | 352 |
| | 0.9 | 2,000 | 180 | | 0.9 | 2,000 | 360 |
| | 1 | 1,800 | 180 | | 1 | 1,800 | 360 |
| | 0.9 | 2,200 | 198 | | 0.9 | 2,200 | 396 |
| 1 | 2,000 | 200 | 1 | 2,000 | 400 | | |
| 1 | 2,200 | 220 | 1 | 2,200 | 440 | | |

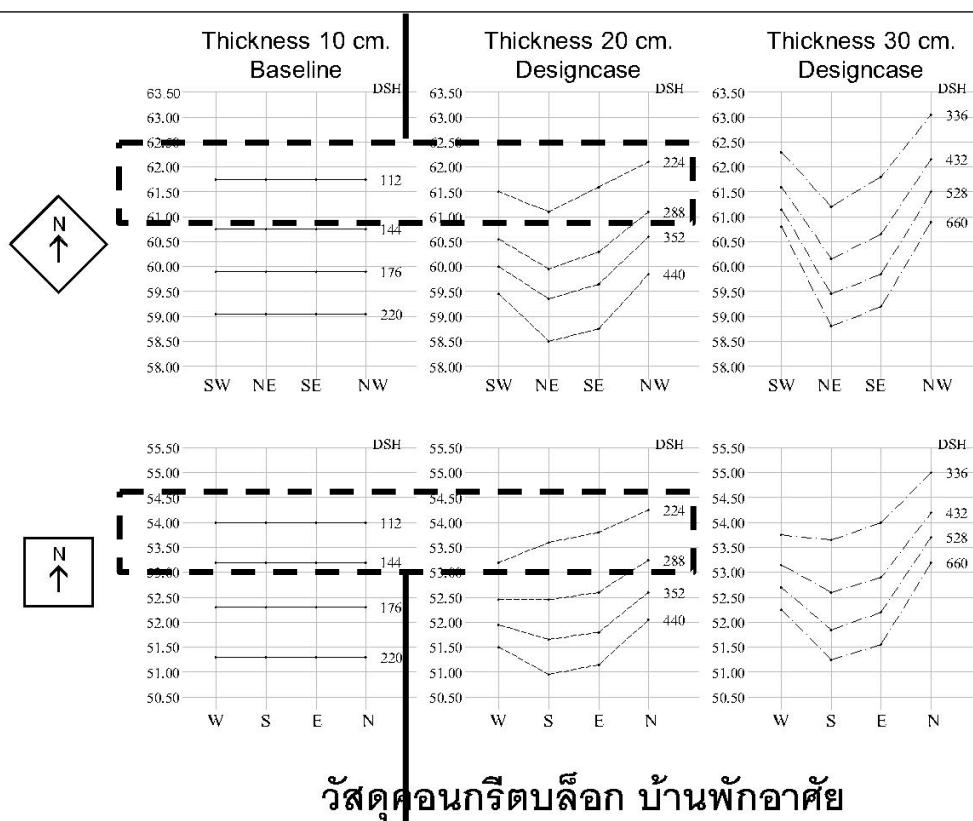
ภาพที่ 5.1 แสดงวิธีการดูค่า DSH ในตารางเทียบ Baseline และ Designcase

สำหรับการเลือกใช้ความหนาผนัง

1. สังเกตค่ามวลอุณหภูมิต่างทั้งหมด จากตารางค่าผลคูณมวลอุณหภูมิต่าง (DSH) ในแต่ละตัวประกอบอันได้แก่ ความหนาผนัง ความจุความร้อนจำเพาะ และความหนาแน่น โดยแบ่งเป็นวัสดุคอนกรีตบล็อกและคอนกรีตมวลเบา (จากภาคผนวก ก) ในที่นี้ได้เลือกตารางค่ามวลอุณหภูมิต่างของความหนาผนัง วัสดุคอนกรีตบล็อก (รูปที่ 5.1)

2. เลือก Baseline ที่ผนังอาคารทั้งหมด 10 ซม. แล้วเลือก Designcase ของผนังที่ต้องการเพิ่ม ความหนา 20 ซม. โดยชั้นตอนนี้เลือก Baseline ที่ผนังความหนา 10 ซม. มีค่า DSH คือ 112 ($\text{Thickness} \times \text{Density} \times \text{Specific Heat Capacity} = 0.1 \times 1,600 \times 0.7 = 112$) และเทียบกับ Designcase ที่ผนังความหนา 20 ซม. มีค่า DSH คือ 224 ($\text{Thickness} \times \text{Density} \times \text{Specific Heat Capacity} = 0.2 \times 1,600 \times 0.7 = 224$) (รูปที่ 5.1)

พิจารณาเลือกมวลอุณหภูมิกับทิศทางที่เหมาะสม ในค่า DSH 112 กับ 224 ในอาคารหมุน 45 องศา



วัสดุคอนกรีตบล็อก บ้านพักอาศัย

พิจารณาเลือกมวลอุณหภูมิกับทิศทางที่เหมาะสม ในค่า DSH 112 กับ 224 ในอาคารหมุน 0 องศา

ภาพที่ 5.2 แสดงวิธีการเลือกทิศทางในค่า DSH ในตารางเทียบ Baseline และ Designcase ในแต่ละมุมของอาคารสำหรับการเลือกใช้ความหนาผนัง ในบ้านพักอาศัย

3. ตรวจสอบในแผนภูมิมวลอุณหภูมิกับทิศทางในแต่ละทิศ ซึ่งประกอบด้วย แผนภูมิ บ้านพักอาศัย และอาคารสำนักงาน โดยแยกตัวประกอบมวลอุณหภูมิกับทิศทาง อันได้แก่ ความหนาผนัง ความจุความร้อนจำเพาะ และความหนาแน่น แบ่งประเภทวัสดุเป็นคอนกรีตบล็อก คอนกรีตมวลเบา (ภาคผนวก ข.) โดยในวิธีนี้เสนอการเลือกใช้ แผนภูมิมวลอุณหภูมิกับทิศทางของวัสดุคอนกรีตบล็อก ในบ้านพักอาศัย (รูปที่ 5.2) โดยพิจารณาจาก Baseline ในตำแหน่งเส้นเดียวกับที่ผนังความหนา 10

ชม. มีค่า DSH เท่ากับ 112 เมื่อเทียบกับ Designcase ที่ผนังความหนา 20 cm. จะมีค่า DSH เท่ากับ 224 จากนั้นพิจารณาว่าทิศใดมีความเหมาะสมในการลดการใช้พลังงานในอาคาร เช่น ทิศ ตะวันออก baseline มีค่าการใช้พลังงานทำความเย็น 54 kWh/m².year ส่วน Designcase มีค่า การใช้พลังงานรองลงมา 53.25 kWh/m².year

ข้อเสนอแนะ

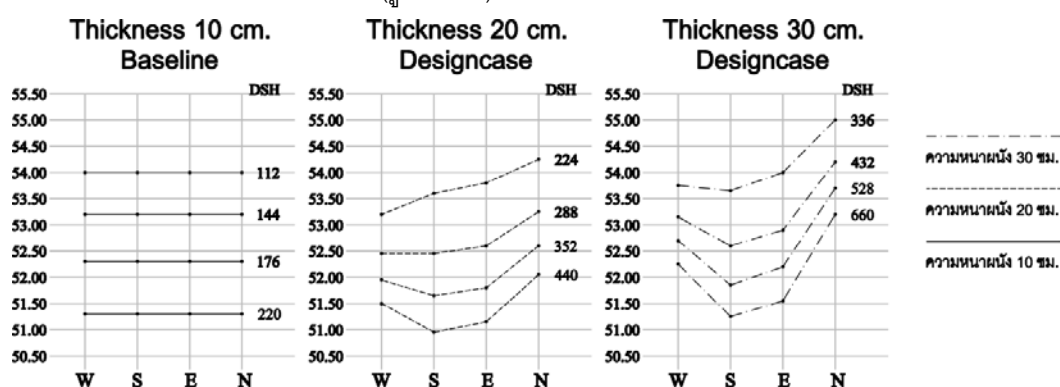
แบบจำลองที่เลือกนำมาศึกษา ทั้งบ้านพักอาศัย และอาคารสำนักงาน เป็นประเภท อาคารที่มีสัดส่วนในการก่อสร้างครอบคลุมทั่วทั้งประเทศมากที่สุด ซึ่งผลการวิจัยสามารถนำไป เป็นแนวทางประยุกต์ใช้กับอาคารประเภทเหล่านี้ได้ ทั้งนี้ทั้งควรมีการศึกษาหลายละเอียดของการ ใช้งานจริงในอาคาร ได้แก่ จำนวนผู้ใช้งาน อุปกรณ์ประกอบอาคาร และสภาพสิ่งแวดล้อม

หากเป็นอาคารที่มีการใช้งานนอกเหนือจากนี้ อาจสามารถนำข้อมูลตารางนี้ไปเป็น แนวทางประยุกต์ได้ แต่ควรมีการตรวจสอบทั้งการคำนวณปริมาณการถ่ายเทความร้อนหรือทำ แบบจำลองผล (simulation) เพื่อให้ได้ผลลัพธ์ที่ถูกต้องแม่นยำมากยิ่งขึ้น

5.2.1 การเลือกใช้ความหนาผนังในมวลสารผนัง ในเขตร้อนชื้น

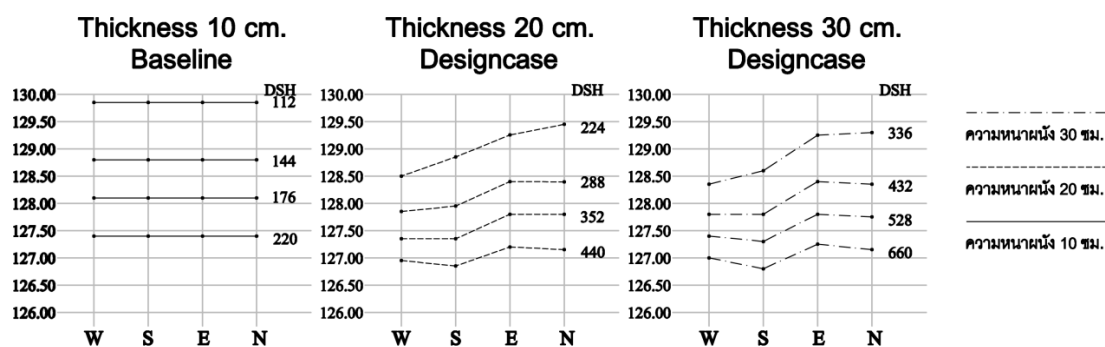
การเลือกใช้ความหนาในแต่ละทิศ ควรคำนึงถึงค่ามวลสารผนัง DSH และค่า สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวม (U-value) เพราะความหนาผนังมีผลโดยตรงต่อการเพิ่มหรือ ลดค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน อย่างไรก็ตามจำเป็นต้องนำไปใช้ให้เหมาะสมในทิศที่จะ สามารถกันความร้อนได้มีประสิทธิภาพ รวมทั้งทำการคำนวณ OTTV เพื่อตรวจสอบปริมาณการ ถ่ายเทความร้อน ทั้งค่า DSH และค่าการถ่ายเทความร้อนของเปลือกอาคาร เนื่องจากการเพิ่ม ความหนาก็ยิ่งไปเพิ่มปริมาณมวลของผนังที่มีผลต่อการกักเก็บความร้อน

จากตารางแนวทางการเลือกมวลอุณหภาพ สำหรับบ้านพักอาศัยควรเลือกใช้ผนังที่ไม่ หนามาก เช่น 20 ซม. และควรเลือกใช้ในทิศที่ลดพลังงานจาก Baseline 10 ซม. อย่างเช่น ผนัง หนา 20 ซม. ในทิศตะวันตก ทิศใต้ (รูปที่ 5.3)



ภาพที่ 5.3 ตารางบางส่วนของการเลือกใช้ความหนาของวัสดุคอนกรีตบล็อกในบ้านพักอาศัย

ส่วนกรณีของอาคารสำนักงานอาจเลือกใช้ผนังที่หนา มาก เช่น 30 ซม. และควรเลือกใช้ทิศทางที่ลดพลังงานจาก baseline 10 ซม. เช่น ผนังหนา 20 ซม. ในทิศตะวันตก (รูปที่ 5.4)

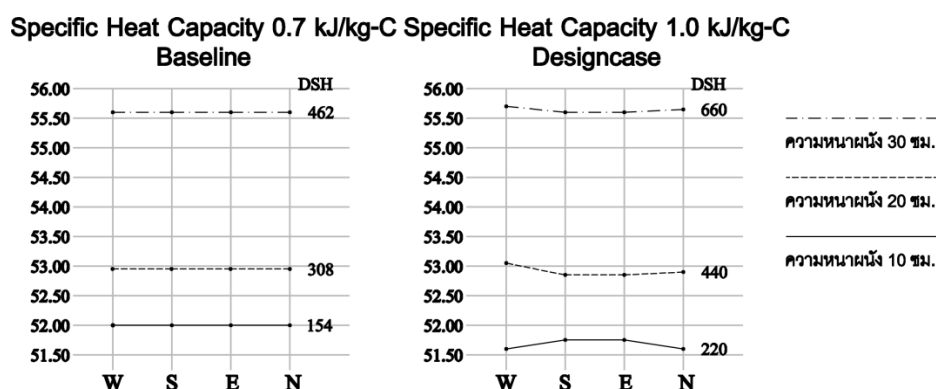


ภาพที่ 5.4 ตารางบางส่วนของการเลือกใช้ความหนาของวัสดุคอนกรีตบล็อกในบ้านพักอาศัย

5.2.2 การเลือกใช้ความจุความร้อนจำเพาะในมวลสารผนัง ในเขตร้อนชื้น

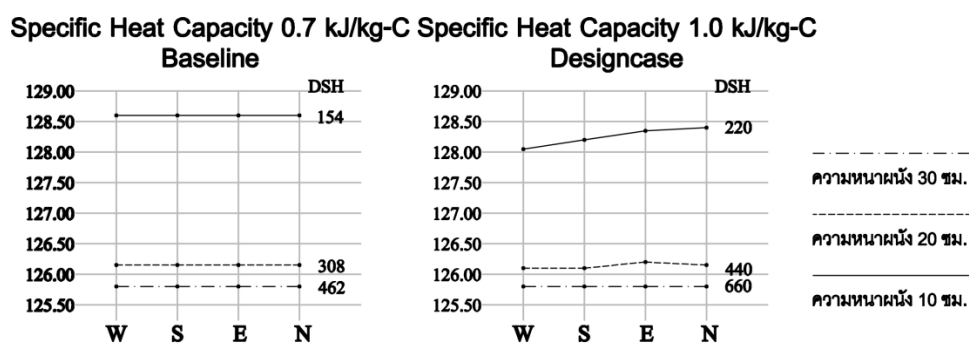
การเลือกใช้ความจุความร้อนจำเพาะควรคำนึงถึงการใช้ปริมาณที่สัมพันธ์กับปริมาณมวลอุณหภูมิผนัง ซึ่งจากผลการจำลองที่ผ่านมาจะพบว่าการใช้ความจุความร้อนจำเพาะที่จะช่วยให้ประหยัดพลังงานการทำความเย็น ควรเป็นวัสดุผนังที่มีมวลอุณหภูมิมากและผนังมีความบาง และมีความจุความร้อนจำเพาะสูงเพื่อช่วยในการถ่ายเทความร้อนที่รวดเร็ว และไม่ทำให้มีการเก็บสะสมความร้อนมาก ในกรณีของบ้านพักอาศัย และหวังความร้อนได้มากขึ้น ในกรณีของอาคารสำนักงาน เมื่อเทียบกับ baseline เดียวกัน แม้ว่าผนังที่มีความจุความร้อนจำเพาะมาก เช่น 30 ซม. และ 20 ซม. จะมีความสามารถในการหวังความร้อนได้มากกว่าผนัง 10 ซม. แต่ถ้าเทียบกันในการเพิ่มความจุความร้อนจำเพาะในผนัง 10 ซม. การเพิ่มความจุความร้อนจำเพาะจะช่วยเพิ่มศักยภาพการคายความร้อนได้รวดเร็วในบ้านพักอาศัย และหวังความร้อนได้ดีในอาคารสำนักงาน ที่ดีกว่าการเพิ่มความจุความร้อนจำเพาะ ผนัง 30 ซม. ที่มีมวลสารมากจึงมีศักยภาพเพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อยเท่านั้นทั้งการหวังความร้อนที่เพิ่มขึ้นและการคายความร้อนที่ช้าลง ดังนั้น การเพิ่มการเพิ่มมวลอุณหภูมิมาก และความจุความร้อนจำเพาะสูงในผนังบางจะมีประสิทธิภาพมากที่สุด

จากตารางแนวทางการเลือกมวลอุณหภูมิ สำหรับบ้านพักอาศัยอาจเลือกใช้ผนังที่ไม่หนามาก เช่น 10 ซม. และใช้ความจุความร้อนจำเพาะและเลือกใช้ทิศที่ลดพลังงานจาก Baseline $0.7 \text{ kJ/kg} \cdot ^\circ\text{C}$ เช่น ความจุความร้อนจำเพาะที่ $1.0 \text{ kJ/kg} \cdot ^\circ\text{C}$ ในทิศตะวันตก หรือทิศเหนือ (รูปที่ 5.5)



ภาพที่ 5.5 ตารางบางส่วนของทางเลือกใช้ความจุความร้อนจำเพาะของวัสดุคอนกรีตบล็อกในบ้านพักอาศัย

ในกรณีอาคารสำนักงานอาจเลือกใช้ผนังที่ไม่หนามาก เช่น 10 ซม. และใช้ความจุความร้อนจำเพาะที่และเลือกใช้ทิศทางที่ลดพลังงานจาก Baseline 0.7 kJ/kg.°C เช่น ความจุความร้อนจำเพาะที่ 1.0 kJ/kg.°C ในทิศตะวันตก (รูปที่ 5.6)



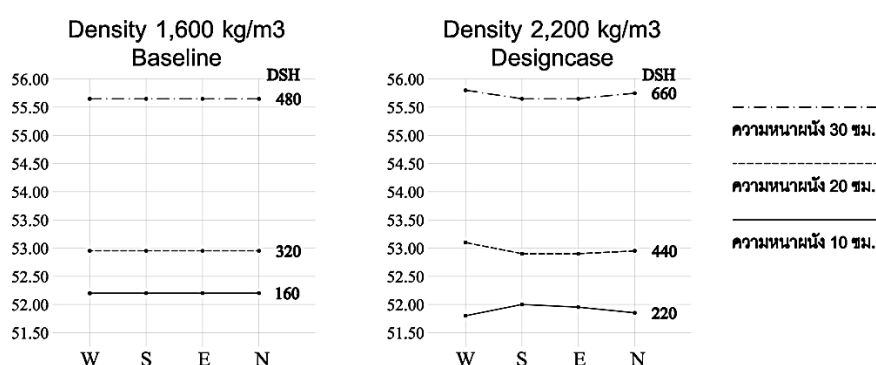
ภาพที่ 5.6 ตารางบางส่วนของทางเลือกใช้ความจุความร้อนจำเพาะของวัสดุคอนกรีตบล็อกในอาคารสำนักงาน

5.2.3 การเลือกใช้ความหนาแน่นในมวลสารผนัง ในเขตร้อนชื้น

การเลือกใช้ความหนาแน่นควรคำนึงถึงการที่สัมพันธ์กับปริมาณมวลสารผนัง โดยมีลักษณะการเลือกใช้คล้ายคลึงกับความจุความร้อนจำเพาะ จากผลการจำลองที่ผ่านมา พบว่าการใช้ความหนาแน่นที่ทำให้ประหยัดพลังงานการทำความเย็น ควรเป็นวัสดุผนังที่มวลอุณหภูมิกว้างและผนังมีความบาง และมีความหนาแน่นสูงเพื่อช่วยในการถ่ายเทความร้อนที่ได้อย่างรวดเร็ว และทำให้ไม่มีการเก็บสะสมความร้อนมากเกินไป ในกรณีของบ้านพักอาศัย และห้องความร้อนได้มากขึ้น ในกรณีของอาคารสำนักงาน เมื่อเทียบกับ baseline เดียวกัน แม้ว่าผนังที่มีความหนามาก เช่น 30 ซม. และ 20 ซม. จะมีความสามารถในการหน่วงความร้อนได้มากกว่าผนัง 10 ซม. แต่ถ้าเทียบกันในการเพิ่มความหนาแน่น ในผนัง 10 ซม. การเพิ่มความหนาแน่นจะช่วยเพิ่มศักยภาพการคายความร้อนได้รวดเร็วในบ้านพักอาศัย และห้องความร้อนได้

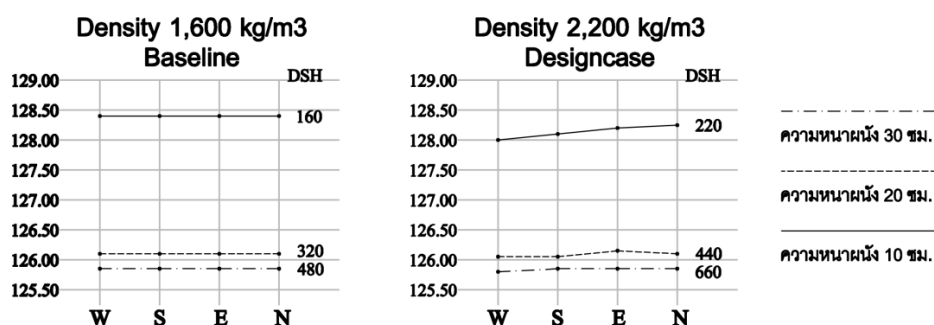
ดีในอาคารสำนักงาน ที่ดีกว่าการเพิ่มความหนาแน่น ผนัง 30 ซม. ที่มีมวลสารมากจึงมีศักยภาพเพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อยเท่านั้นทั้งการหน่วงความร้อนที่เพิ่มขึ้นและการคายความร้อนที่ช้าลง ดังนั้นการเพิ่มการเพิ่มมวลอุณหภาพมาก และความหนาแน่นสูงในผนังบางจะมีประสิทธิภาพมากที่สุด

จากตารางแนวทางการเลือกมวลอุณหภาพ สำหรับบ้านพักอาศัยอาจเลือกใช้ผนังที่ไม่หนามาก เช่น 10 ซม. และใช้ความหนาแน่นที่สูงและเลือกใช้ทิศทางที่ลดพลังงานจาก baseline 1,600 kg/m³ (คอนกรีตบล็อก) เช่น ความหนาแน่นที่ 2,200 kg/m³ (คอนกรีตบล็อก) ในทิศตะวันตก หรือทิศเหนือ (รูปที่ 5.7)



ภาพที่ 5.7 ตารางบางส่วนของการเลือกใช้ความหนาแน่นของวัสดุคอนกรีตบล็อกในบ้านพักอาศัย

ในอาคารสำนักงานอาจเลือกใช้ผนังที่บาง เช่น 10 ซม. และใช้ความหนาแน่นสูงและเลือกใช้ทิศทางที่ลดพลังงานจาก Baseline 1,600 kg/m³ (คอนกรีตบล็อก) อย่างเช่น ความหนาแน่นที่ 2,200 kg/m³ (คอนกรีตบล็อก) ในทิศตะวันตก (รูปที่ 5.8)



ภาพที่ 5.8 ตารางบางส่วนของการเลือกใช้ความหนาแน่นของวัสดุคอนกรีตบล็อก ในอาคารสำนักงาน

หากทำการศึกษาการเลือกใช้แนวทางอื่น ทั้งความหนาผนัง ความหนาแน่น ความจุความร้อนจำเพาะ รวทั้งวัสดุคอนกรีตบล็อก คอนกรีตมวลเบา ของบ้านพักอาศัย และอาคารสำนักงาน สามารถที่จะทำการเปรียบเทียบ ค่ามวลอุณหภาพ (DSH) ใน ภาคผนวก ก จาก

ตารางที่กำหนดขึ้น หลังจากนั้นตรวจสอบเปรียบเทียบหาความเหมาะสมในการออกแบบมวล อุณหภูมิในแต่ละทิศทาง ใน ภาคผนวก ข ซึ่งค่าที่ได้จะสามารถนำไปเป็นแนวทางในการ ออกแบบอาคารแต่ละชนิด และวัสดุแต่ละประเภท ได้ต่อไป

5.3 เปรียบเทียบขั้นตอนวิจัยและผลการวิจัยอื่นๆที่เกี่ยวข้อง

จากการศึกษางานวิจัยที่ผ่านมาหากนำผลการจำลองผลของมวลอุณหภูมิที่เหมาะสม ต้องการใช้พลังงานไปเปรียบเทียบกับงานวิจัยอื่นๆ จะทำให้ทราบผลของงานวิจัยที่สอดคล้องหรือ ความแตกต่างกัน โดยนำงานวิจัยสามชิ้นที่มีการศึกษามวลสารของเปลือกอาคารเป็นหลักที่มีผล ต่อการใช้พลังงานทำความเย็นหรืออุณหภูมิภายในอาคาร ที่มีทั้งการทดลองในสภาวะจริง และ การใช้การจำลองผลด้วยคอมพิวเตอร์ อันได้แก่

1. งานวิจัยของ อัญชญา สังข์ชกุล (อัญชญา สังข์ชกุล, 2553) ด้วยวิธีการทดลองกับมวลสาร ผง ในช่วงเวลากลางวัน กลางคืน และตลอดทั้งวัน กับทิศทางที่มีผลต่อการประหยัด พลังงาน ด้วยการแยกมวลสารเป็น มวลสารมาก มวลสารปานกลาง และ มวลสารน้อย
2. งานวิจัยของ สรญา ประวิตะวางกูร (สรญา ประวิตะวางกูร, 2543) ด้วยวิธีการศึกษาการ จำลองผลด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ Visual DOE 2.0 กับมวลสารผนังประเภทต่างๆที่มี ผลต่อการใช้พลังงานภายในอาคาร รวมทั้งรูปทรงอาคารที่มีประสิทธิผลกับมวลสารผนัง มากที่สุด
3. งานวิจัยของ S. Chiratananon, V.D. Hien (S. Chiratananon et al, 2011) ทำการศึกษาการใช้มวลสารผนัง ในอาคารแต่ละประเภท (บ้านพักอาศัย อาคารพาณิชย์) ในสภาพภูมิอากาศในไทย รวมไปถึงความคุ้มทุนทางด้านเศรษฐศาสตร์ โดยใช้การศึกษา ด้วยการทดลองกับการจำลองผลทางคอมพิวเตอร์ด้วยโปรแกรม Be-sim โดยผลการวิจัยทั้งสามเมื่อเปรียบเทียบกับงานวิจัยนี้ ซึ่งทำการศึกษามวลอุณหภูมิผนัง ด้วยวิธีการจำลองผลทางคอมพิวเตอร์ VisualDOE 4 สามารถจำแนกได้ ดังตารางต่อไปนี้

| วัตถุประสงค์ | | พิกษะ (2554) | สัญญา (2553) | สรุญา (2543) | S. Chiratananon, V.D. Hien (2553) |
|--------------------|---|---|--|--|--|
| วิธีการวิจัย | ชนิดของตัวแปร | จำลองผล (Visual DOE) มวลอุณหภาพ (DSH) อันได้ Thickness, Density, Specific Heat Capacity | จำลองทดลอง | กล้องทดลองและจำลองผล (Visual DOE) | กล้องทดลองและจำลองผล (BE-sim) |
| | ตัวแปรตาม | ค่าการใช้พลังงานที่ความเย็น | มวลสารหนึ่ง (มาก ปานกลาง น้อย) | มวลสารหนึ่ง (มาก ปานกลาง น้อย) | มวลสารหนึ่ง (มาก ปานกลาง น้อย) สัมพันธ์กับ Tdeg |
| ช่วงเวลาทำการศึกษา | รูปทรง | อาคารสำนักงาน ห้องเครื่องปรับอากาศ (18:00-7:00) อาคารสำนักงาน ห้องเครื่องปรับอากาศ (18:00-6:00) | อุณหภูมิภายในภายนอกมวลสาร | ค่าการใช้พลังงานที่ความเย็น | อุณหภูมิภายในภายนอกมวลสารและค่าการใช้พลังงานที่ความเย็น |
| | รูปทรง | อาคารสำนักงาน ห้องเครื่องปรับอากาศ (18:00-7:00) ตามเอกสารอ้างอิงรูปทรงใกล้เคียงสี่เหลี่ยมจัตุรัส | นมจำลองทำจากกล่อง รูปทรงรีผ่า โดยหนึ่งฝั่งด้านเป็นวัสดุมวลสาร ด้านที่เหลือเป็นโฟมรวมกันความหนา | ตลอดทั้งวัน(24 ชม.), กลางวัน(8:00-18:00), กลางคืน(18:00-6:00) | รูปทรงจัตุรัส ผังพื้นที่โล่งกับอาคารทุกประเภท |
| กลางคืน | รูปทรง | มวลสารมากในหนึ่งอาคารทั้งหมด 10 ชม. | มวลสารน้อย | มวลสารน้อย | มวลสารน้อย |
| | กลางคืน | การเพิ่มความหนา 20 ซม. ที่มีผลต่อค่าเพิ่ม DSH ในบางทิศ โดยหนึ่งอาคารที่เหลือ 10 ซม. (มวลสารน้อย) การเพิ่มความหนาแบบ, ความจุความร้อนจำเพาะ ที่มีผลต่อค่าเพิ่ม DSH ในบางทิศ โดยหนึ่งอาคารที่เหลือ 10 ซม. (มวลสารน้อย) | มวลสารมาก | มวลสารมาก | มวลสารมาก |
| กลางวัน | รูปทรง | มวลสารมากในหนึ่งอาคารทั้งหมด 30 ชม. | มวลสารมาก | มวลสารมาก | มวลสารมาก |
| | กลางวัน | การเพิ่มความหนา 30 ซม. ที่มีผลต่อค่าเพิ่ม DSH ในบางทิศ โดยหนึ่งอาคารที่เหลือ 10 ซม. (มวลสารน้อย) การเพิ่มความหนาแบบ, ความจุความร้อนจำเพาะ ที่มีผลต่อค่าเพิ่ม DSH ในบางทิศ โดยหนึ่งอาคารทั้งหมด 10 ซม. (มวลสารน้อย) | มวลสารมาก | มวลสารมาก | มวลสารมาก |
| ตลอดทั้งวัน | รูปทรง | N/A | มวลสารมาก | มวลสารมาก | มวลสารมาก |
| | รูปทรง | บ้านพักอาศัย การเพิ่มความหนา คือ ทิศตะวันตก-ทิศตะวันออก บ้านพักอาศัย การเพิ่มความหนาแบบ, ความจุความร้อนจำเพาะ ในหนึ่งฝั่งหนึ่งบาง คือ ทิศตะวันตก-ทิศตะวันออก อาคารสำนักงาน การเพิ่มความหนา, ความหนาแบบ, ความจุความร้อนจำเพาะ คือ ทิศตะวันตก, ทิศตะวันออก | อุณหภูมิที่แตกต่างมากที่สุด เมื่อใช้งานตลอดทั้งวัน คือ ทิศตะวันตก อุณหภูมิที่แตกต่างมากที่สุด เมื่อใช้งานกลางวัน คือ ทิศเหนือ อุณหภูมิที่แตกต่างมากที่สุด เมื่อใช้งานกลางคืน คือ ทิศใต้ | N/A | N/A |
| ทิศทาง | รูปทรง | การเลือกใช้มวลอุณหภาพ (DSH) ต้องเพิ่มให้เหมาะสมในแต่ละทิศทาง | วัดความแตกต่างของอุณหภูมิภายในในกล้องทดลองและภายนอก | รูปทรงอาคารที่ใช้มวลสารได้ประสิทธิภาพ คือ อาคารที่มีพื้นที่หนึ่งอาคารน้อยสุด (รูปทรงสี่เหลี่ยมจัตุรัส) | มีการศึกษาความคุ้มทุนทางเศรษฐศาสตร์ในการใช้มวลสารหนึ่งในการก่อสร้างอาคาร กับ การลดการใช้พลังงานในอาคาร |
| | ผลการวิจัยที่ความแตกต่างจากงานวิจัยอื่น | | | | |

ตารางที่ 5.3 เปรียบเทียบงานวิจัยที่ผ่านมาที่ขึ้นตอนการวิจัยและผลการศึกษาวิจัย

จากตารางที่ 5.3 จะพบว่าแนวทางการศึกษาการใช้มวลสารกับอาคารมีอยู่สองวิธีการอัน ได้แก่ การทดลองจริงและการจำลองผล ซึ่งผลการทดลองจะอยู่ในรูปแบบทั้งอุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงจากอุปกรณ์วัดอุณหภูมิภายในกล่องทดลองที่ใช้มวลสารกับภายนอกกล่องทดลอง หรือการจากจำลองผลด้วยคอมพิวเตอร์ที่ทำการคำนวณค่าจากการถ่ายเทความร้อนทั้งของมวลสารแล้วมาคำนวณปริมาณความร้อนที่เครื่องทำเย็นต้องนำความร้อนเหล่านั้นออกไปภายนอกซึ่งปริมาณไฟฟ้าการทำความเย็นในอาคาร โดยทั้งนี้รูปแบบการวิจัยจะศึกษากับมวลสารในหลายช่วงเวลา เช่น ตลอดทั้งวัน เฉพาะกลางวัน เฉพาะกลางคืน เป็นต้น โดยจากการเปรียบเทียบจากทั้ง 4 งานวิจัยพบว่าแนวโน้มที่สอดคล้องกัน ทั้งการใช้มวลสารน้อยมีประสิทธิภาพ กับการใช้งานในช่วงเวลากลางคืน การใช้มวลสารมากมีประสิทธิภาพ กับการใช้งานในช่วงเวลากลางวันกับตลอดทั้งวัน ทั้งนี้อาจมีรายละเอียดปลีกย่อยที่อาจแตกต่างกันตามวัตถุประสงค์ตามแต่ชิ้นงานวิจัยได้จากตารางที่ 5.3

ทั้งนี้หากมุ่งประเด็นงานวิจัยการทดลองกับกล่องทดลองของมวลสารในแต่ละทิศ (อัษฎนา สังชะกุล, 2553) ซึ่งมีการตั้งวัตถุประสงค์คล้ายกับการงานวิจัยนี้ ที่ใช้มวลอุณหภาพที่เหมาะสมกับทิศทางด้วยการจำลองผล ซึ่งรูปแบบการจำลองเป็นลักษณะการใช้แบบอาคารที่มีการก่อสร้างเป็นผนังแล้วทำการเพิ่มตัวแปรทั้งความหนา ความหนาแน่น ความจุความร้อนจำเพาะแล้วทำการจำลองผล โดยผลที่ได้จะพบว่าการเพิ่มตัวแปรในแต่ละทิศจะมีผลต่อการใช้พลังงานที่แตกต่างกัน ซึ่งในกรณีการเพิ่มในทิศตะวันตก ในหลายๆตัวแปรจะพบว่าประสิทธิภาพมากที่สุด เนื่องจากมีประสิทธิภาพทั้งกันความร้อนและหน่วงความร้อน แต่ในกรณีการทดลองกับกล่องทดลองที่มีผนังหนึ่งด้านใช้มวลสารและให้ผนังด้านที่เหลือเป็นฉนวนโฟมที่กันความร้อนได้ทั้งหมด ซึ่งวัดความแตกต่างของอุณหภูมิภายในภายนอก จะพบว่าถ้าใช้มวลสารมาก ตลอดทั้งวัน ที่ทิศตะวันตก และในเวลากลางวัน คือ ทิศเหนือ จะมีอุณหภูมิแตกต่างมากที่สุด ส่วนการใช้มวลสารน้อย ในเวลากลางคืน คือ ทิศใต้

ทั้งนี้หากเปรียบเทียบทั้งสองงานวิจัยนี้ จะสังเกตได้ว่าการจำลองผลจะเป็นการผสมผสานระหว่างการใช้มวลอุณหภาพกับผนังในด้านทิศที่ศึกษา ส่วนด้านที่เหลือใช้วัสดุที่ยังมีการถ่ายเทความร้อนได้ แต่ส่วนการทดลองกับกล่องทดลองจะเป็นการใช้มวลสารในทิศที่ทำการศึกษาร่วมกับทิศที่เหลือจะเป็นฉนวนกันความร้อน ทำให้ความร้อนถ่ายเทเพียงทิศที่มวลสารหันปะทะ ซึ่งทั้งนี้ผลที่ได้ด้วยการจำลองจึงเป็นการผสมผสานการใช้มวลอุณหภาพผนังที่เหมาะสมในแต่ละทิศกับผนังด้านที่เหลือที่ใช้วัสดุผนังที่ยังถ่ายเทความร้อนได้ซึ่งทำให้ได้ค่าการใช้พลังงานทั้งหมดภายในอาคาร ส่วนการทดลองจะเป็นการดูปัจจัยของอุณหภูมิที่สังเกตภายในช่วงเวลาเดียวซึ่งทำให้เห็นความแตกต่างของอุณหภูมิที่ในทิศๆนั้นในวันเดียว เช่นการจำลองผลจะพบว่า การเพิ่มมวลอุณหภาพใน

ทิศตะวันตกตลอดทั้งปี ทั้งกลางวันและกลางคืน จะลดการใช้พลังงานได้ ส่วนการทดลองตลอดทั้งวัน ภายในหนึ่งวันการใช้มวลสารมากจะมีประสิทธิภาพในทิศตะวันตก แต่กลางวันจะเป็น ทิศเหนือ ซึ่งจะพบความแตกต่างกันที่เกิดขึ้นเนื่องจากการทดลองควบคุมด้านที่เหลือเป็นฉนวนส่งผลให้ความร้อนเข้ามาเพียงด้านเดียวที่เป็นมวลสารในทิศนั้น ซึ่งหากนำด้านทิศมวลสารไปด้านทิศที่ไม่ปะทะแดด (ทิศเหนือ) การสะสมความร้อนของผนังก็จะน้อยทำให้อุณหภูมิภายในต่ำไปด้วย การทดลองจึงเป็นการศึกษาเฉพาะทิศที่มีมวลสารตั้งอยู่เท่านั้น จึงอาจได้ผลการทดลองที่นำไปใช้ในการออกแบบได้เฉพาะผนังผนังที่มีมวลสารในทิศนั้น ส่วนทิศที่เหลือเป็นฉนวนกันความร้อน

ทั้งนี้จากการเปรียบเทียบการวิจัยแม้ว่าแนวโน้มการศึกษาจะคล้ายเคียงกัน แต่อาจมีบางประเด็นทั้งการกำหนดตัวแปร รูปแบบการวิจัยที่ทำให้ผลที่ได้จะนำไปใช้ต่อยอดในอนาคตอาจต้องเลือกใช้หรือศึกษาให้เหมาะสม ตามวัตถุประสงค์ของการวิจัยขึ้นนั้นๆต่อไป

5.4 การเปรียบเทียบวัสดุในท้องตลาดกับวัสดุในแบบจำลอง

งานวิจัยนี้ทำการศึกษาคูณลักษณะของวัสดุที่เป็นค่าที่มีความเฉพาะทางทั้ง ความหนาแน่น และความจุความร้อนจำเพาะ ซึ่งทำการอ้างอิงจากกระทรวงพลังงานและจากเอกสารเผยแพร่ แนวทางการเลือกใช้วัสดุก่อสร้างของกรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน ซึ่งอาจถือได้ว่ามีความครอบคลุมวัสดุในท้องตลาดพอสมควรแล้วแต่ทั้งนี้ หามองเจาะจงลงไปในกลุ่มวัสดุที่มีความนิยมใช้ รวมทั้งมีการนำเสนอของแต่ละเจ้าของผู้ผลิต จะพบว่ายังมีความแตกต่างกันอยู่เล็กน้อยซึ่งขึ้นอยู่กับว่าทางผลิตภัณฑ์มีการทำการตรวจสอบหรือทำการกำหนดค่าวัสดุเหล่านั้นอย่างไร โดยทำการเรียบเรียงดังตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 5.4 เปรียบเทียบค่าคุณสมบัติเฉพาะของวัสดุคอนกรีตบล็อกและคอนกรีตมวลเบาในท้องตลาด

| | ชื่อ | ขนาด | ความหนาแน่น (kg/m ³) | ค่าความจุความร้อนจำเพาะ (kJ/kg.C) | ค่าการนำความร้อน (W/m.C) | กำลังอัด (kg/cm ²) | น้ำหนัก (Kg/m ²) | ค่าการดูดซึมน้ำ (%) | ค่าการกั้นเสียง (dB) | อัตราการทนไฟ (hrs.) |
|---------------|------|------------------------------|----------------------------------|-----------------------------------|--------------------------|--------------------------------|------------------------------|---------------------|----------------------|---------------------|
| คอนกรีตบล็อก | A | 7.5x20x40 | 1,700-1,900 | N/A | 0.086 | 30-40 | 170 | 15 | 43 | 4 |
| | B | 7.5x20x40 | 1800 | N/A | 0.09-0.13 | 25 | 135 | N/A | N/A | N/A |
| | C | 7.5x20x40 | 1,500-1,800 | N/A | N/A | 25 | N/A | 30 | N/A | N/A |
| คอนกรีตมวลเบา | A | 7.5x20.0x60.0 | 1,200 | N/A | 0.14 | 50 | 110 | 19 | 43 | 6 |
| | B | 7.5x10.0x30.0 | 1,000-1,100 | N/A | N/A | 80-100 | N/A | N/A | N/A | N/A |
| | C | 7.0x20.0x40.0 | 900 | N/A | 0.14 | 30-80 | 65 | 17 | 44 | 4 |
| | D | 7.0x20.0x40.0 | 1,200-1,300 | N/A | N/A | 80 | N/A | 25 | N/A | N/A |
| | E | 7.5,10,12.5,15,17.5,20x20x60 | 550-600 | N/A | 0.138 | 40 | N/A | 31 | 43 | 4 |
| | F | 7.5,10,12.5,15,17.5,20x20x60 | 500-600 | N/A | <0.1 | >30 | N/A | N/A | N/A | N/A |
| | G | 7.5,10,12.5,15,17.5,20x20x60 | 600-700 | N/A | <0.1 | 40-50 | N/A | 30 | N/A | 4 |

ข้อมูลข้างต้นรวบรวมจากสื่อสิ่งพิมพ์และอินเตอร์เน็ตของผู้ผลิตแต่ละราย พบว่าในท้องตลาดขนาดของวัสดุจะมีขนาดเฉพาะที่คล้ายกันทั่วไปอยู่แล้ว นอกจากการสัง พิเศษจาก

ผู้ออกแบบหรือการก่อสร้างเฉพาะที่มีความหนา 7.5, 10, 12.5, 15, 17.5, 20 ซม. ส่วนความหนาแน่นจะพบว่ามีค่าแตกต่างกันค่อนข้างมาก โดยทั้งนี้อาจขึ้นอยู่กับวัสดุของผู้ผลิตแต่ละเจ้า ซึ่งค่าที่ได้ของคอนกรีตบดอัด จะอยู่ระหว่าง 1,500-1,900 kg/m³ ส่วนคอนกรีตมวลเบาจะอยู่ระหว่าง 500-1,300 kg/m³ ส่วนค่าความจุจำเพาะนั้นผู้ผลิตไม่ได้ทำการเสนอไว้ซึ่งอาจเป็นค่าที่เฉพาะทางและอาจต้องมีการทดสอบกับห้องปฏิบัติการเฉพาะ ดังนั้นผู้ออกแบบจำเป็นต้องติดต่อกับผู้ผลิตโดยตรง หรือ อาจอ้างอิงจากเอกสารข้อกระทรวงพลังงาน ส่วนค่าการนำความร้อนของวัสดุคอนกรีตบดอัดจะอยู่ระหว่าง 0.086-0.13 w/m.°C ส่วนคอนกรีตมวลเบาจะอยู่ระหว่าง 0.1-0.14 w/m.°C ส่วนค่าที่นอกเหนือจากนี้เป็นค่าที่ผู้ผลิตเสนอต่อผู้บริโภคในการก่อสร้างซึ่งก็ขึ้นอยู่กับผู้ผลิตที่ได้ทำการทดสอบผลิตภัณฑ์

จากการสำรวจวัสดุของคอนกรีตบดอัดและคอนกรีตมวลเบา จะพบว่า ความหนาของวัสดุจะมีความใกล้เคียงกับการวิจัย ที่ 10, 20, 30 ซม. ส่วนความหนาแน่นจะพบว่า ค่าวัสดุในห้องทดลองก็ใกล้เคียงกับการจำลองของคอนกรีตบดอัด 1,600-2,200 kg/m³ ส่วนคอนกรีตมวลเบาจะอยู่ที่ 600-1,400 kg/m³ ซึ่งสามารถดัดแปลงและทำการก่อสร้างได้ ส่วนค่าความจุความร้อนจำเพาะ เป็นค่าที่ต้องตรวจสอบกับผู้ผลิตก่อนทำการออกแบบอีกครั้งหนึ่ง โดยแบบจำลองได้ใช้ค่าระหว่าง 0.7-1.0 kJ/kg.°C

5.5 ข้อเสนอแนะในการวิจัยต่อไป

1. การวิจัยนี้ทำการจำลองผลโดยคอมพิวเตอร์ และจากข้อมูลเอกสารทางวิชาการ เพื่อศึกษาการใช้พลังงานต่อเนื้อตลอดทั้งปี ภายในภูมิภาคและที่ตั้งใน กทม.และปริมณฑล ซึ่งอาจจะยังไม่ครอบคลุมทั้งภูมิภาคเขตร้อนชื้นทั้งหมด ดังนั้นควรมีการเก็บข้อมูลสภาพภูมิอากาศทั่วภูมิภาค เพื่อผลวิจัยที่ขอบเขตกว้างมากขึ้น

2. ผลการจำลองทั้งหมดเป็นการจำลองผลทางคอมพิวเตอร์ด้วยโปรแกรม แม้ว่าจะได้ทำการวิจัยที่ทำการตรวจสอบด้วยความแม่นยำจากการจำลองผลแล้ว แต่เพื่อตรวจสอบความคลาดเคลื่อนของผลข้อมูลการวิจัย ควรมีการเทียบเคียงผลการทดลองทางคอมพิวเตอร์กับผลการทดลองที่วัดค่าจริงในอาคารที่ใช้งานจริง

3. ประเภทอาคารที่ทำการศึกษาในงานวิจัยนี้มีเพียงบ้านพักอาศัย และอาคารสำนักงาน ซึ่งงานวิจัยนี้มุ่งเน้นการศึกษาช่วงเวลาการใช้งานในช่วงกลางวันและกลางคืน เพื่อศึกษาแนวโน้มการใช้พลังงานการทำความเย็นเพียงเท่านั้น ดังนั้นในอนาคตอาจสามารถศึกษาประเภทอาคารที่มีการใช้งานนอกเหนือจากที่กล่าวมาเพื่อศึกษาถึงรายละเอียดทั้งรูปแบบการใช้งานอุปกรณ์อาคารที่แตกต่างกัน เช่น คอนโด อาคารชุดพักอาศัย โรงแรม เป็นต้น

4. ในงานวิจัยนี้ทำการศึกษาเฉพาะอาคารเป็นรูปทรงจัตุรัส ดังนั้นในงานวิจัยในอนาคตสามารถทำการศึกษาสัดส่วนของพื้นที่เปลือกอาคารกับรูปทรงอาคารที่นอกเหนือจากนี้

5. การวิจัยนี้มุ่งการศึกษาปัจจัยของมวลอุณหภาพผนัง (DSH) ที่มีผลต่อการใช้พลังงานการทำความเย็นเท่านั้น แต่ยังไม่ได้พิจารณาในเรื่องของระยะเวลาการก่อสร้างจริง ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ ดังนั้นงานวิจัยในอนาคตควรมีการศึกษาลงในหลายละเอียดในเรื่องเหล่านี้ด้วย

รายการอ้างอิง

ภาษาไทย

กฎกระทรวง กำหนดประเภท หรือขนาดของอาคาร และมาตรฐาน หลักเกณฑ์ และวิธีการในการ ออกแบบอาคารเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ. 2552. ราชกิจจานุเบกษา 126 (20 กุมภาพันธ์ 2552): 21-29.

จอม รำจวนจร. การประเมินประสิทธิภาพผนังอาคารที่มีมวลสารปานกลางในสภาพ ภูมิอากาศ เขตร้อนชื้น. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต สาขาสถาปัตยกรรม ภาควิชา สถาปัตยกรรมศาสตร์ คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2548.

ชนิดา สืบพานิช. การประเมินประสิทธิภาพผนังอาคารที่มีมวลสารน้อยในสภาพภูมิอากาศเขต ร้อนชื้น. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต สาขาสถาปัตยกรรม ภาควิชาสถาปัตยกรรม ศาสตร์ คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2548.

ตริงใจ บุรณสมภพ. การออกแบบอาคารที่มีประสิทธิภาพในการประหยัดพลังงาน. กรุงเทพมหานคร: อมรินทร์พริ้นติ้งแอนด์พับลิชชิ่ง, 2539.

ธนิต จินดาวณิก. สถาปัตยกรรมและเทคโนโลยี. กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์จุฬาลงกรณ์ มหาวิทยาลัย, 2540.

พลังงาน, กระทรวง. เอกสารประกอบการอบรมเชิงปฏิบัติการการตรวจประเมินอาคารที่จะ ก่อสร้างหรือดัดแปลงเพื่อการอนุรักษ์พลังงานตามกฎหมาย. [ออนไลน์]. แหล่งที่มา: <http://www.eei-ku.com> [25 มิถุนายน 2554]

พุทธินันท์ สวัสดิ์รัตนาร. การพัฒนาซอฟต์แวร์ช่วยวิเคราะห์ประเมินการถ่ายเทความร้อนผ่าน เปลือกอาคารเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต สาขา สถาปัตยกรรม ภาควิชาสถาปัตยกรรมศาสตร์ คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ สถาปัตยกรรม ศาสตร์มหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์, 2550.

วรพันธุ์ กิจเจริญ. การประเมินประสิทธิภาพผนังอาคารที่มีมวลสารมากในสภาพ ภูมิอากาศเขต ร้อนชื้น. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต สาขาสถาปัตยกรรม ภาควิชาสถาปัตยกรรม ศาสตร์ คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2548.

สรญา ประวิตรรางกูร. อิทธิพลของมวลสารผนังภายนอกที่มีต่อสภาวะนำสบายและภาระการปรับ อากาศในการออกแบบอาคาร. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต จุฬาลงกรณ์ มหาวิทยาลัย, 2543.

- อัฒนา สังขะกุล. อิทธิพลของมวลสารผนังภายนอก และทิศทางที่มีผลต่อการประหยัดพลังงาน และสภาวะน่าสบายของอาคารพักอาศัยในภูมิอากาศร้อนชื้น. วิทยานิพนธ์ปริญญา มหาบัณฑิต จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2553.
- อรรถน์ เศรษฐบุตร. การพัฒนาเกณฑ์ขั้นต่ำของคุณสมบัติการป้องกันความร้อนของเปลือก อาคารในอาคารทาวน์เฮ้าส์. Journal of Architectural/Planning Research and Studies. 5,1, (2549) : 30-52.
- อรรถน์ เศรษฐบุตร. การจัดทำมาตรฐานค่าการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ต่อหัวของผู้ใช้ อาคารสำหรับอาคารในประเทศไทย ด้วยวิธี Life Cycle Assessment (LCA) โดยอาศัย โปรแกรมคอมพิวเตอร์. โครงการส่งเสริมการทำงานวิจัยเชิงลึกในสาขาวิชาที่มีศักยภาพ สูงกองทุนรัชดาภิเษก, 2552.

ภาษาอังกฤษ

- J. Kosny, T.Petrie, D.Gawin, P.Childs, A.Desjarlais, and J.Christian. Thermal Mass - Energy Savings Potential in Residential Buildings. 2001.[Online] Available from: <http://www.ibsadvisorsllc.com> [2011, June 20]
- Mazria, E. The Passive Solar Energy Book, Emmaus : Rodale Publishing, 1979.
- Omar, M.A. Al-Rabghi, and Khalid, M. Al-Johani. Utilizing Transfer Function Method For Hourly Cooling Load Calculation. Energy Convers Mgmt 38,4 (1997) : 319-332.
- S.Chungloo, B.Limneeckchai, and S.Chungpaibulpatana. Impact of Overall Thermal-Transfer Values on Electricity Use in Thai Commercial Sector. Proceedings of the First Regional Conference on Energy Technology Towards a Clean Environment, Chaing Mai, Thailand, 2000.
- S. Chiratananon , and V.D. Hien. Thermal performance and cost effectiveness of massive walls under thai climate. Energy and Buildings 43 (2011) : 1655-1622.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

ตารางการเลือกมวลคุณภาพ (DSH) ของตัวประกอบแต่ละปัจจัย ความหนา
ความจุความร้อนจำเพาะ ความหนาแน่น ในวัสดุคอนกรีตบล็อกและคอนกรีตมวลเบา

| Baseline (10 cm.) | | | | Designcase (20 cm.) | | | | Designcase (30 cm.) | | | |
|--------------------|-----------------------------------|------------------------------|-----|----------------------|-----------------------------------|------------------------------|-----|----------------------|-----------------------------------|------------------------------|-----|
| Thickness (m.) | Specific Haet Capacity (kJ/kg-°C) | Density (kg/m ³) | DSH | Thickness (m.) | Specific Haet Capacity (kJ/kg-°C) | Density (kg/m ³) | DSH | Thickness (m.) | Specific Haet Capacity (kJ/kg-°C) | Density (kg/m ³) | DSH |
| 0.1 | 0.7 | 1,600 | 112 | 0.2 | 0.7 | 1,600 | 224 | 0.3 | 0.7 | 1,600 | 336 |
| | 0.7 | 1,800 | 126 | | 0.7 | 1,800 | 252 | | 0.7 | 1,800 | 378 |
| | 0.8 | 1,600 | 128 | | 0.8 | 1,600 | 256 | | 0.8 | 1,600 | 384 |
| | 0.7 | 2,000 | 140 | | 0.7 | 2,000 | 280 | | 0.7 | 2,000 | 420 |
| | 0.8 | 1,800 | 144 | | 0.8 | 1,800 | 288 | | 0.8 | 1,800 | 432 |
| | 0.9 | 1,600 | 144 | | 0.9 | 1,600 | 288 | | 0.9 | 1,600 | 432 |
| | 0.7 | 2,200 | 154 | | 0.7 | 2,200 | 308 | | 0.7 | 2,200 | 462 |
| | 0.8 | 2,000 | 160 | | 0.8 | 2,000 | 320 | | 0.8 | 2,000 | 480 |
| | 1 | 1,600 | 160 | | 1 | 1,600 | 320 | | 1 | 1,600 | 480 |
| | 0.9 | 1,800 | 162 | | 0.9 | 1,800 | 324 | | 0.9 | 1,800 | 486 |
| | 0.8 | 2,200 | 176 | | 0.8 | 2,200 | 352 | | 0.8 | 2,200 | 528 |
| | 0.9 | 2,000 | 180 | | 0.9 | 2,000 | 360 | | 0.9 | 2,000 | 540 |
| | 1 | 1,800 | 180 | | 1 | 1,800 | 360 | | 1 | 1,800 | 540 |
| | 0.9 | 2,200 | 198 | | 0.9 | 2,200 | 396 | | 0.9 | 2,200 | 594 |
| | 1 | 2,000 | 200 | | 1 | 2,000 | 400 | | 1 | 2,000 | 600 |
| | 1 | 2,200 | 220 | | 1 | 2,200 | 440 | | 1 | 2,200 | 660 |

ตารางการเลือกมวลอุณหภูมิ (DSH) ของการเปลี่ยนความหนาวัสดุคอนกรีตบล็อก

| Baseline (10 cm.) | | | Designcase (20 cm.) | | | Designcase (30 cm.) | | | | | |
|--------------------|---|---------------------|----------------------|-------------------|---|----------------------|-----|-------------------|---|---------------------|-----|
| Thickness (m.) | Specific Haet Capacity (kJ/kg-°C.) | Density (kg/m3) | DSH | Thickness (m.) | Specific Haet Capacity (kJ/kg-°C.) | Density (kg/m3) | DSH | Thickness (m.) | Specific Haet Capacity (kJ/kg-°C.) | Density (kg/m3) | DSH |
| 0.1 | 0.7 | 600 | 42 | 0.2 | 0.7 | 600 | 84 | 0.3 | 0.7 | 600 | 126 |
| | 0.8 | 600 | 48 | | 0.8 | 600 | 96 | | 144 | | |
| | 0.9 | 600 | 54 | | 0.9 | 600 | 108 | | 162 | | |
| | 0.7 | 800 | 56 | | 0.7 | 800 | 112 | | 168 | | |
| | 1 | 600 | 60 | | 1 | 600 | 120 | | 180 | | |
| | 0.8 | 800 | 64 | | 0.8 | 800 | 128 | | 192 | | |
| | 0.7 | 1,000 | 70 | | 0.7 | 1,000 | 140 | | 210 | | |
| | 0.9 | 800 | 72 | | 0.9 | 800 | 144 | | 216 | | |
| | 0.8 | 1,000 | 80 | | 0.8 | 1,000 | 160 | | 240 | | |
| | 1 | 800 | 80 | | 1 | 800 | 160 | | 240 | | |
| | 0.7 | 1,200 | 84 | | 0.7 | 1,200 | 168 | | 252 | | |
| | 0.9 | 1,000 | 90 | | 0.9 | 1,000 | 180 | | 270 | | |
| | 0.8 | 1,200 | 96 | | 0.8 | 1,200 | 192 | | 288 | | |
| | 0.7 | 1,400 | 98 | | 0.7 | 1,400 | 196 | | 294 | | |
| | 1 | 1,000 | 100 | | 1 | 1,000 | 200 | | 300 | | |
| 0.9 | 1,200 | 108 | 0.9 | 1,200 | 216 | 324 | | | | | |
| 0.8 | 1,400 | 112 | 0.8 | 1,400 | 224 | 336 | | | | | |
| 1 | 1,200 | 120 | 1 | 1,200 | 240 | 360 | | | | | |
| 0.9 | 1,400 | 126 | 0.9 | 1,400 | 252 | 378 | | | | | |
| 1 | 1,400 | 140 | 1 | 1,400 | 280 | 420 | | | | | |

ตารางการเลือกมวลอุณหภูมิ (DSH) ของการเปลี่ยนความหนาวัสดุคอนกรีตมวลเบา

| Baseline (1,600 kg/m3) | | | Designcase (1,800 kg/m3) | | | Designcase (2,000 kg/m3) | | | Designcase (2,200 kg/m3) | | | | | | |
|-------------------------|----------------|------------------------------------|---------------------------|----------------|------------------------------------|---------------------------|----------------|------------------------------------|---------------------------|----------------|------------------------------------|-----|-----|-----|-----|
| Density (kg/m3) | Thickness (m.) | Specific Haet Capacity (kJ/kg-°C.) | Density (kg/m3) | Thickness (m.) | Specific Haet Capacity (kJ/kg-°C.) | Density (kg/m3) | Thickness (m.) | Specific Haet Capacity (kJ/kg-°C.) | Density (kg/m3) | Thickness (m.) | Specific Haet Capacity (kJ/kg-°C.) | DSH | | | |
| 1,600 | 0.1 | 0.7 | 1,800 | 0.1 | 0.7 | 1,800 | 0.1 | 0.7 | 2,000 | 0.1 | 0.7 | 140 | | | |
| | | 0.8 | | | 0.8 | | | 144 | | | | | | | |
| | | 0.9 | | | 0.9 | | | 144 | | | | | | | |
| | 0.2 | 1.0 | | 160 | 0.2 | | 1.0 | 180 | | 0.2 | 1.0 | 200 | 0.2 | 1.0 | 220 |
| | | 0.7 | | 0.7 | | | 224 | | | | | | | | |
| | | 0.8 | | 0.8 | | | 256 | | | | | | | | |
| | 0.3 | 0.9 | | 288 | 0.3 | | 0.9 | 324 | | 0.3 | 0.9 | 360 | 0.3 | 0.9 | 396 |
| | | 1.0 | | 320 | | | | | | | | | | | |
| | | 0.7 | | 0.7 | | | 336 | | | | | | | | |
| 0.8 | 0.8 | 384 | 0.8 | 0.8 | 432 | 0.8 | 0.8 | 480 | 0.8 | 0.8 | 528 | | | | |
| | 0.9 | 432 | | | | | | | | | | | | | |
| | 1.0 | 480 | | | | | | | | | | | | | |

ตารางการเลือกมวลอุณหภาพ (DSH) ของการเปลี่ยนความหนาแน่นวัสดุคอนกรีตบล็อก

| Baseline (600 kg/m3) | | | Designcase (800 kg/m3) | | | Designcase (1,000 kg/m3) | | | Designcase (1,200 kg/m3) | | | Designcase (1,400 kg/m3) | | | |
|-----------------------|----------------|------------------------------------|-------------------------|----------------|------------------------------------|---------------------------|----------------|------------------------------------|---------------------------|----------------|------------------------------------|---------------------------|----------------|------------------------------------|-----|
| Density (kg/m3) | Thickness (m.) | Specific Haet Capacity (kg/kg-OC.) | Density (kg/m3) | Thickness (m.) | Specific Haet Capacity (kg/kg-OC.) | Density (kg/m3) | Thickness (m.) | Specific Haet Capacity (kg/kg-OC.) | Density (kg/m3) | Thickness (m.) | Specific Haet Capacity (kg/kg-OC.) | Density (kg/m3) | Thickness (m.) | Specific Haet Capacity (kg/kg-OC.) | |
| 600 | 0.1 | 0.7 | 42 | 0.1 | 0.7 | 56 | 0.1 | 0.7 | 1,200 | 0.7 | 84 | 0.1 | 0.7 | 98 | |
| | | 0.8 | 48 | | 0.8 | 64 | | 0.8 | | 96 | 0.8 | | 112 | | |
| | | 0.9 | 54 | | 0.9 | 72 | | 0.9 | | 108 | 0.9 | | 126 | | |
| | 0.2 | 1.0 | 60 | 0.2 | 1.0 | 80 | 1,000 | 1.0 | 100 | 1,400 | 1.0 | 120 | 0.2 | 1.0 | 140 |
| | | 0.7 | 84 | | 0.7 | 112 | | 0.7 | 140 | | 0.7 | 168 | | | |
| | | 0.8 | 96 | | 0.8 | 128 | | 0.8 | 160 | | 0.8 | 192 | | | |
| | | 0.9 | 108 | | 0.9 | 144 | | 0.9 | 180 | | 0.9 | 216 | | | |
| | | 1.0 | 120 | | 1.0 | 160 | | 1.0 | 200 | | 1.0 | 240 | | | |
| | | 0.7 | 128 | | 0.7 | 168 | | 0.7 | 210 | | 0.7 | 252 | | | |
| | 0.3 | 0.8 | 144 | 0.3 | 0.8 | 192 | 0.3 | 0.8 | 240 | 0.3 | 0.8 | 288 | 0.3 | 0.8 | 336 |
| | | 0.9 | 162 | | 0.9 | 216 | | 0.9 | 270 | | 0.9 | 324 | | | |
| | | 1.0 | 180 | | 1.0 | 240 | | 1.0 | 300 | | 1.0 | 360 | | | |

ตารางการเลือกมวลอุณหภูมิ (DSH) ของการเปลี่ยนความหนาแน่นวัสดุคอนกรีตมวลเบา

| Baseline (0.7 kJ/kg.C) | | | | Designcase (0.8 kJ/kg.C) | | | | Designcase (0.9 kJ/kg.C) | | | | Designcase (1.0 kJ/kg.C) | | | |
|------------------------------------|----------------|------------------|-----|------------------------------------|----------------|------------------|-----|------------------------------------|----------------|------------------|-----|------------------------------------|----------------|------------------|-----|
| Specific Haet Capacity (kJ/kg-OC) | Thickness (m.) | Density (kg/m3) | DSH | Specific Haet Capacity (kJ/kg-OC) | Thickness (m.) | Density (kg/m3) | DSH | Specific Haet Capacity (kJ/kg-OC) | Thickness (m.) | Density (kg/m3) | DSH | Specific Haet Capacity (kJ/kg-OC) | Thickness (m.) | Density (kg/m3) | DSH |
| 0.7 | 0.1 | 1,600 | 112 | 0.1 | 0.1 | 1,600 | 128 | 0.9 | 0.1 | 1,600 | 144 | 1 | 0.1 | 1,600 | 160 |
| | | 1,800 | 126 | | | 1,800 | 144 | | | 1,800 | 162 | | | 1,800 | 180 |
| | | 2,000 | 140 | | | 2,000 | 160 | | | 2,000 | 180 | | | 2,000 | 200 |
| | | 2,200 | 154 | | | 2,200 | 176 | | | 2,200 | 198 | | | 2,200 | 220 |
| | 0.2 | 1,600 | 224 | 0.2 | 0.2 | 1,600 | 256 | 0.9 | 0.2 | 1,600 | 288 | 1 | 0.2 | 1,600 | 320 |
| | | 1,800 | 252 | | | 1,800 | 288 | | | 1,800 | 324 | | | 1,800 | 360 |
| | | 2,000 | 280 | | | 2,000 | 320 | | | 2,000 | 360 | | | 2,000 | 400 |
| | | 2,200 | 308 | | | 2,200 | 352 | | | 2,200 | 396 | | | 2,200 | 440 |
| | 0.3 | 1,600 | 336 | 0.3 | 0.3 | 1,600 | 384 | 0.9 | 0.3 | 1,600 | 432 | 1 | 0.3 | 1,600 | 480 |
| | | 1,800 | 378 | | | 1,800 | 432 | | | 1,800 | 486 | | | 1,800 | 540 |
| | | 2,000 | 420 | | | 2,000 | 480 | | | 2,000 | 540 | | | 2,000 | 600 |
| | | 2,200 | 462 | | | 2,200 | 528 | | | 2,200 | 594 | | | 2,200 | 660 |

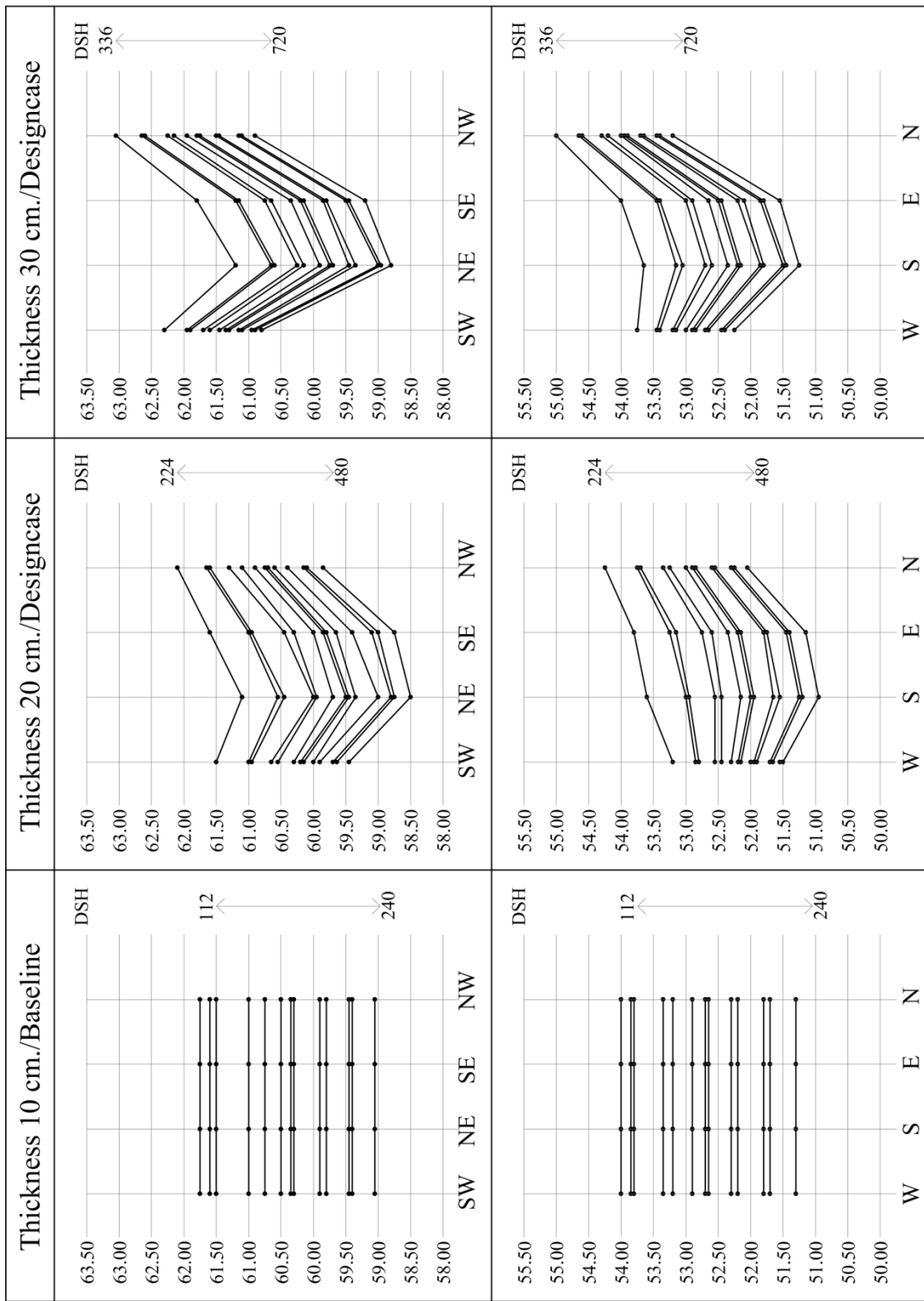
ตารางการเลือกมวลอุณหภูมิ (DSH) ของการเปลี่ยนความจุความร้อนจำเพาะ วัสดุคอนกรีตบล็อก

| Baseline (0.7 kJ/kg.C) | | | Designcase (0.8 kJ/kg.C) | | | Designcase (0.9 kJ/kg.C) | | | Designcase (1.0 kJ/kg.C) | | | |
|------------------------------------|----------------|------------------|---------------------------|------------------------------------|----------------|---------------------------|-------|------------------------------------|---------------------------|------------------|-------|-----|
| Specific Haet Capacity (kJ/kg-OC.) | Thickness (m.) | Density (kg/m3) | DSH | Specific Haet Capacity (kJ/kg-OC.) | Thickness (m.) | Density (kg/m3) | DSH | Specific Haet Capacity (kJ/kg-OC.) | Thickness (m.) | Density (kg/m3) | DSH | |
| 0.7 | 0.1 | 600 | 42 | 0.1 | 0.1 | 600 | 48 | 0.9 | 0.1 | 600 | 54 | |
| | | 800 | 56 | | | 800 | 64 | | | 800 | 72 | |
| | | 1,000 | 70 | | | 1,000 | 80 | | | 1,000 | 90 | |
| | | 1,200 | 84 | | | 1,200 | 96 | | | 1,200 | 108 | |
| | 0.2 | 1,400 | 98 | 0.2 | 0.2 | 1,400 | 112 | 0.9 | 0.2 | 1,400 | 126 | |
| | | 600 | 84 | | | 600 | 96 | | | 600 | 108 | |
| | | 800 | 112 | | | 800 | 128 | | | 800 | 144 | |
| | | 1,000 | 140 | | | 1,000 | 160 | | | 1,000 | 180 | |
| | 0.3 | 0.3 | 1,200 | 168 | 0.3 | 0.3 | 1,200 | 192 | 0.9 | 0.3 | 1,200 | 216 |
| | | | 1,400 | 196 | | | 1,400 | 224 | | | 1,400 | 252 |
| | | | 600 | 126 | | | 600 | 144 | | | 600 | 162 |
| | | | 800 | 168 | | | 800 | 192 | | | 800 | 216 |
| 1.0 | 0.3 | 1,000 | 210 | 0.3 | 0.3 | 1,000 | 240 | 1.0 | 0.3 | 1,000 | 270 | |
| | | 1,200 | 252 | | | 1,200 | 288 | | | 1,200 | 324 | |
| | | 1,400 | 294 | | | 1,400 | 336 | | | 1,400 | 378 | |
| | | | | | | | | | | | | |

ตารางการเลือกมวลอุณหภูมิ (DSH) ของการเปลี่ยนความจุความร้อนจำเพาะ วัสดุคอนกรีตมวลเบา

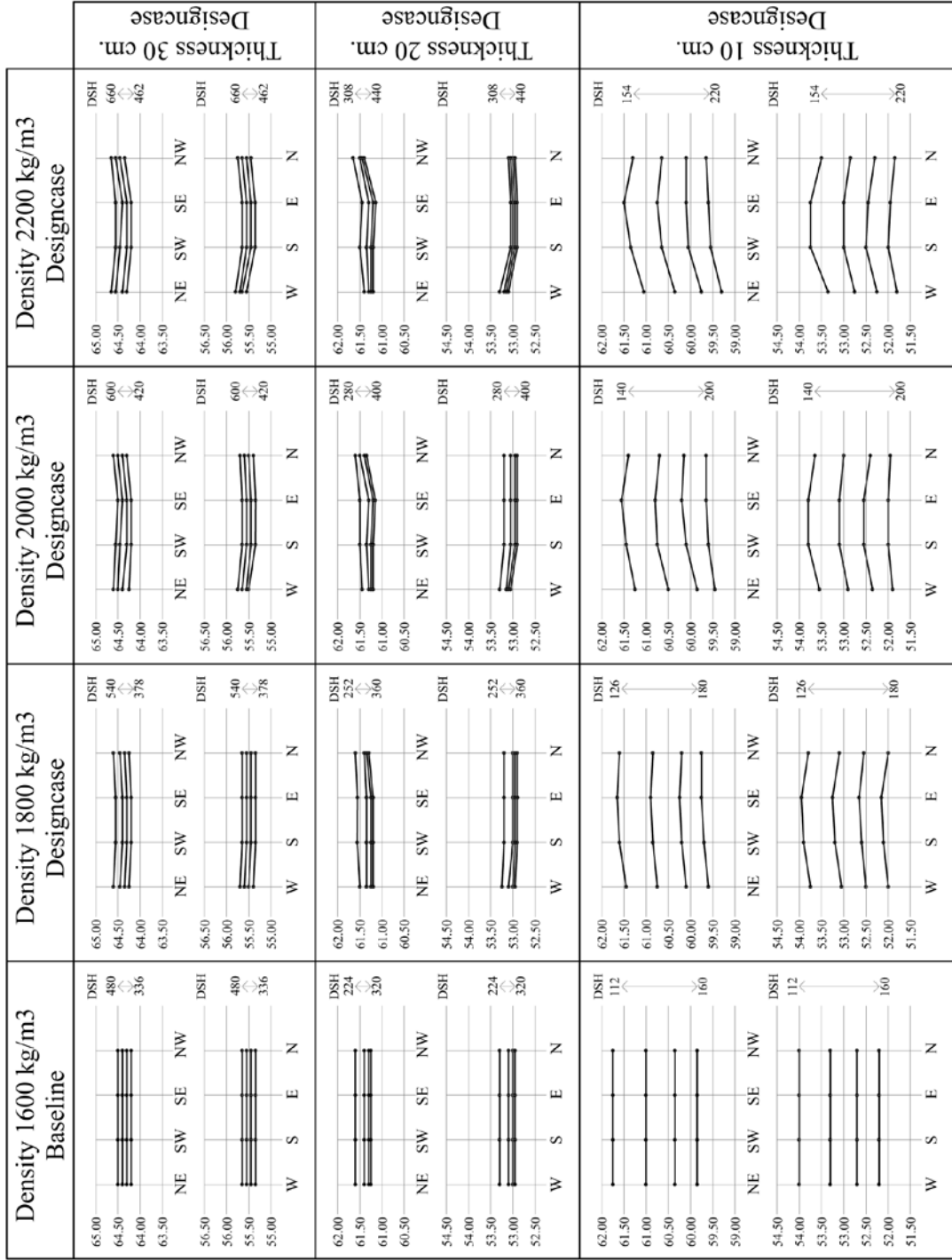
ภาคผนวก ข

ตารางเปรียบเทียบการใช้พลังงาน มวลอุณหภาพ (DSH) ของตัวประกอบแต่ละปัจจัย
ความหนา ความจุความร้อนจำเพาะ ความหนาแน่น
ในวัสดุคอนกรีตบล็อกกับคอนกรีตมวลเบา
ของบ้านพักอาศัยและอาคารสำนักงาน



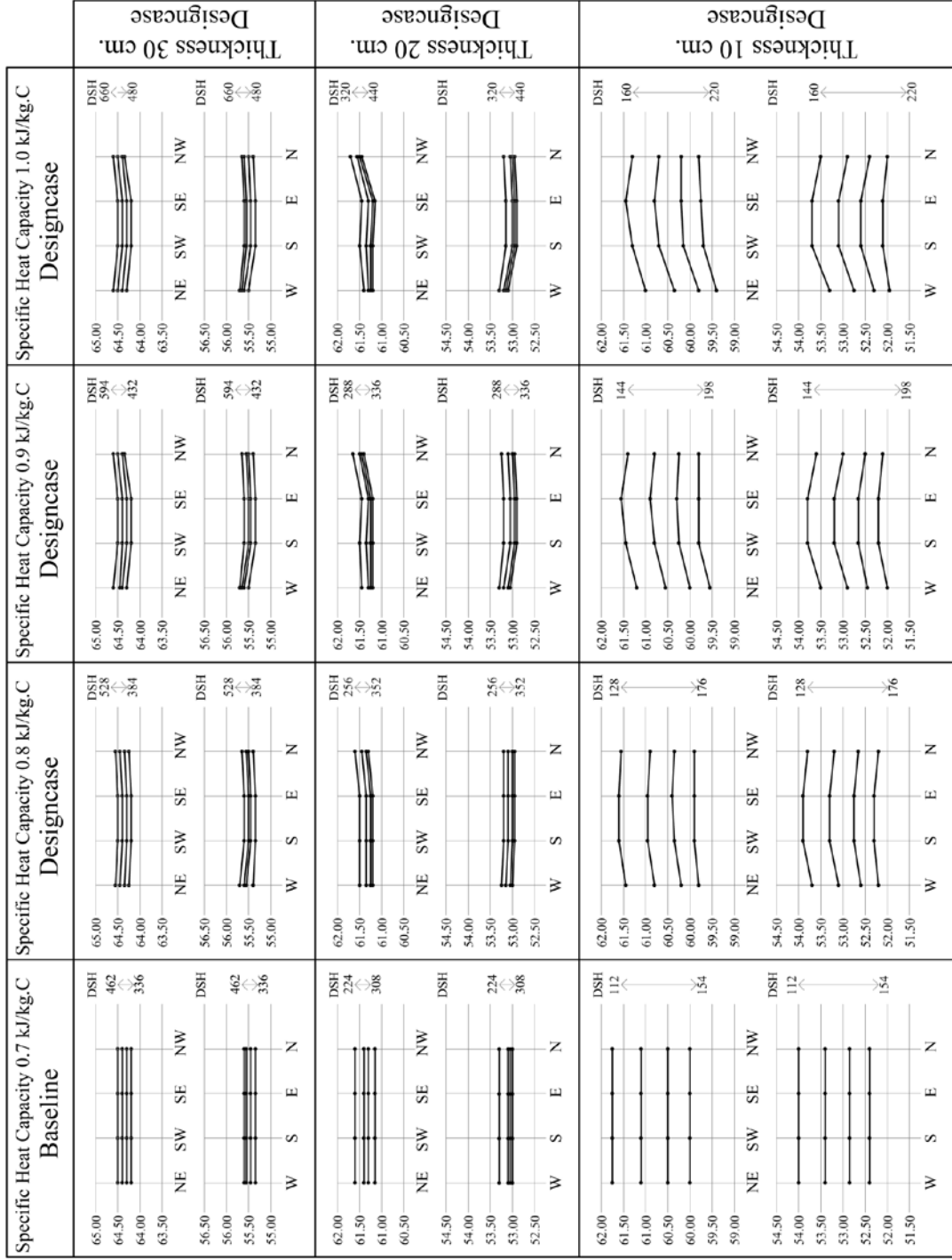
ตารางเปรียบเทียบการใช้ความหนาแน่น ของมวลอุณหภาพ (DSH) ในแต่ละทิศ ที่มีผลในการลดพลังงาน ของคอนกรีตบดอัด ในบ้านพักอาศัย

Cooling and fans (kWh/s.q.m.-year)



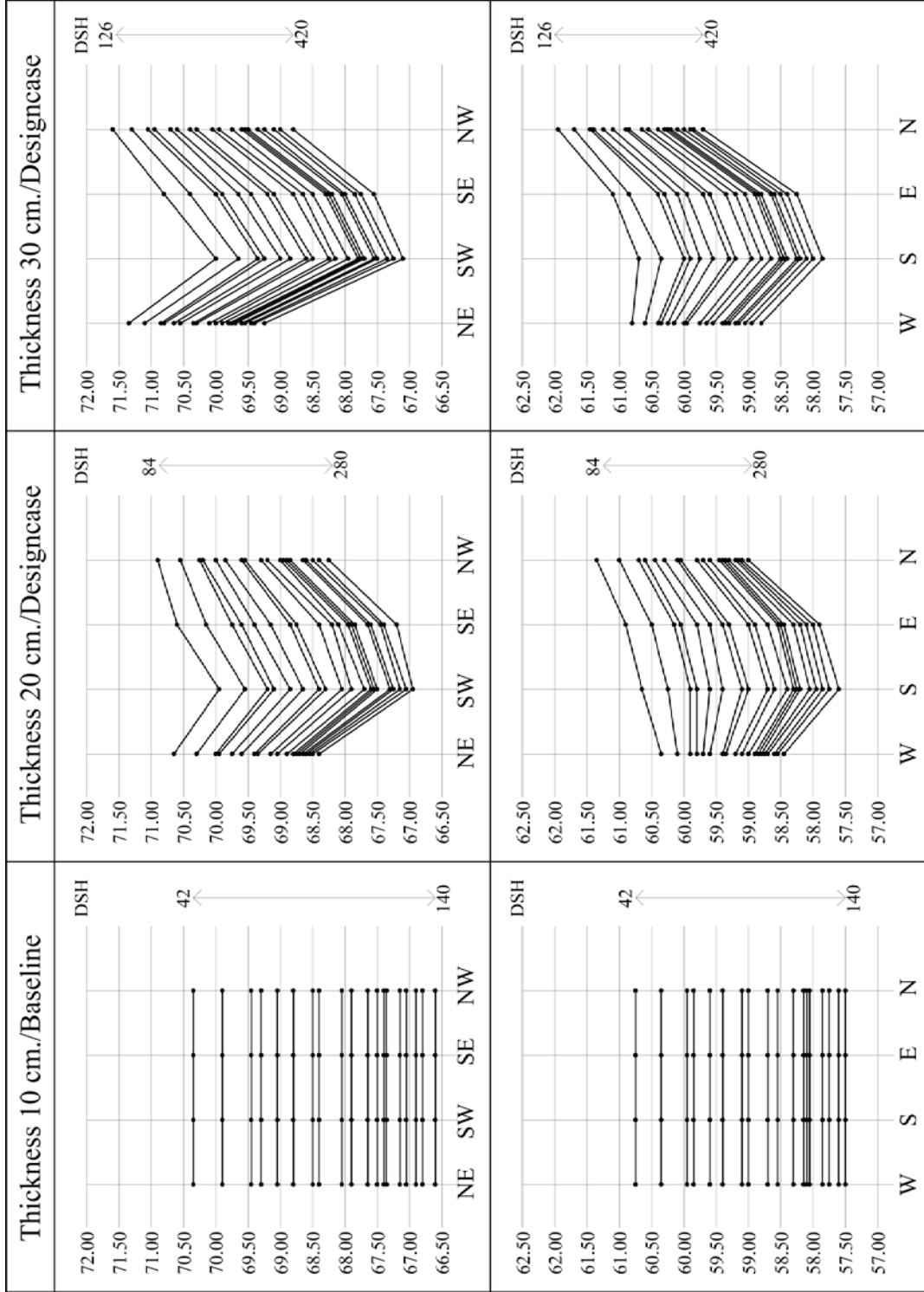
ตารางเปรียบเทียบการใช้ความหนาแน่นผนัง ของมวลลดอุณหภูมิภาพ (DSH) ในแต่ละทิศ ที่มีผลในการลดพลังงาน ของคอนกรีตบล็อก ในบ้านพักอาศัย

Cooling and fans (kWh/s.q.m.-year)



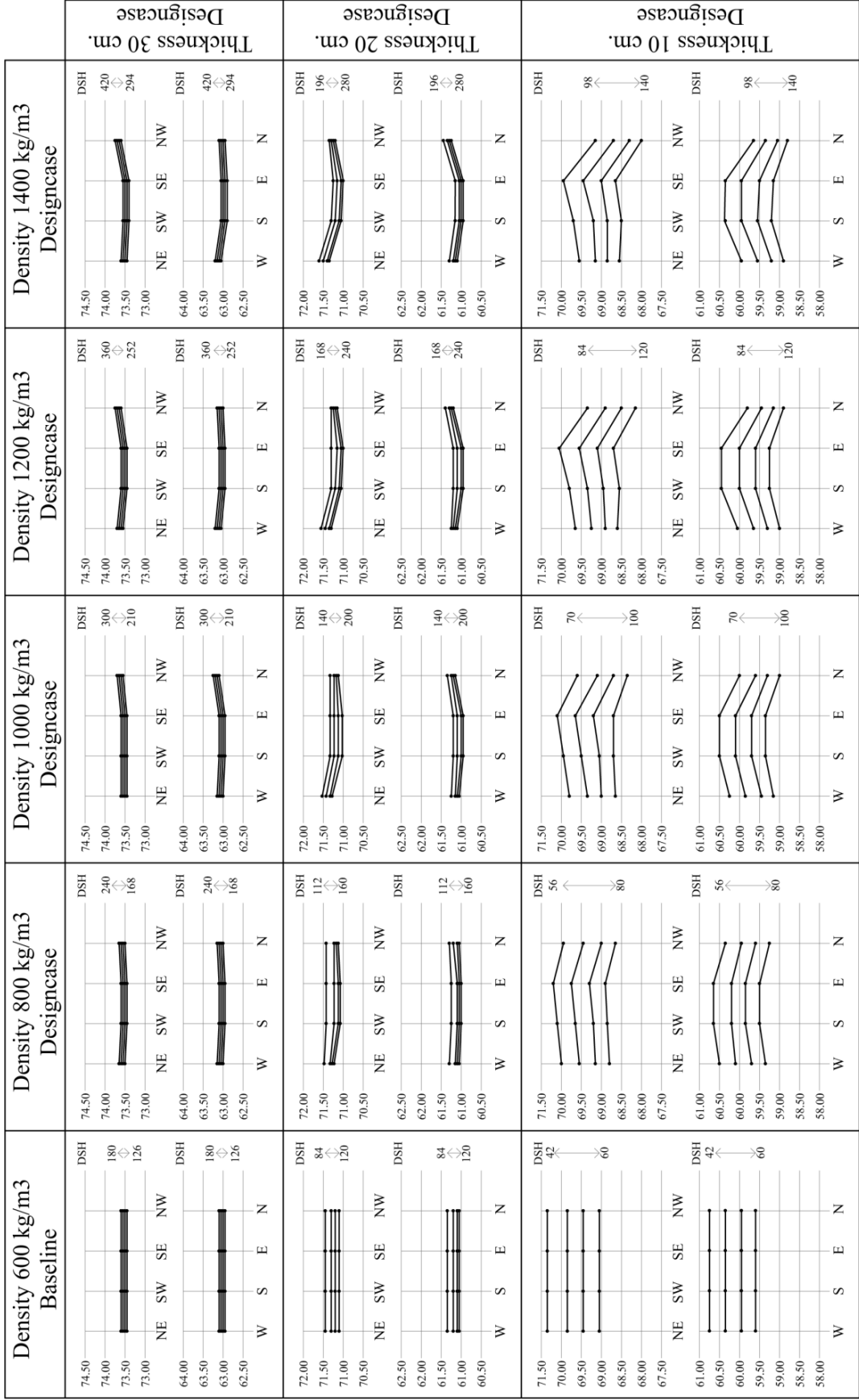
ตารางเปรียบเทียบการใช้ความจุความร้อนจำเพาะ ของมวลอุณหภูมิภาพ (DSH) ในแต่ละทิศ ที่มีผลในการลดพลังงาน ของคอนกรีตบดล็อก ในบ้านพักอาศัย

Cooling and fans (kWh/s.q.m.-year)



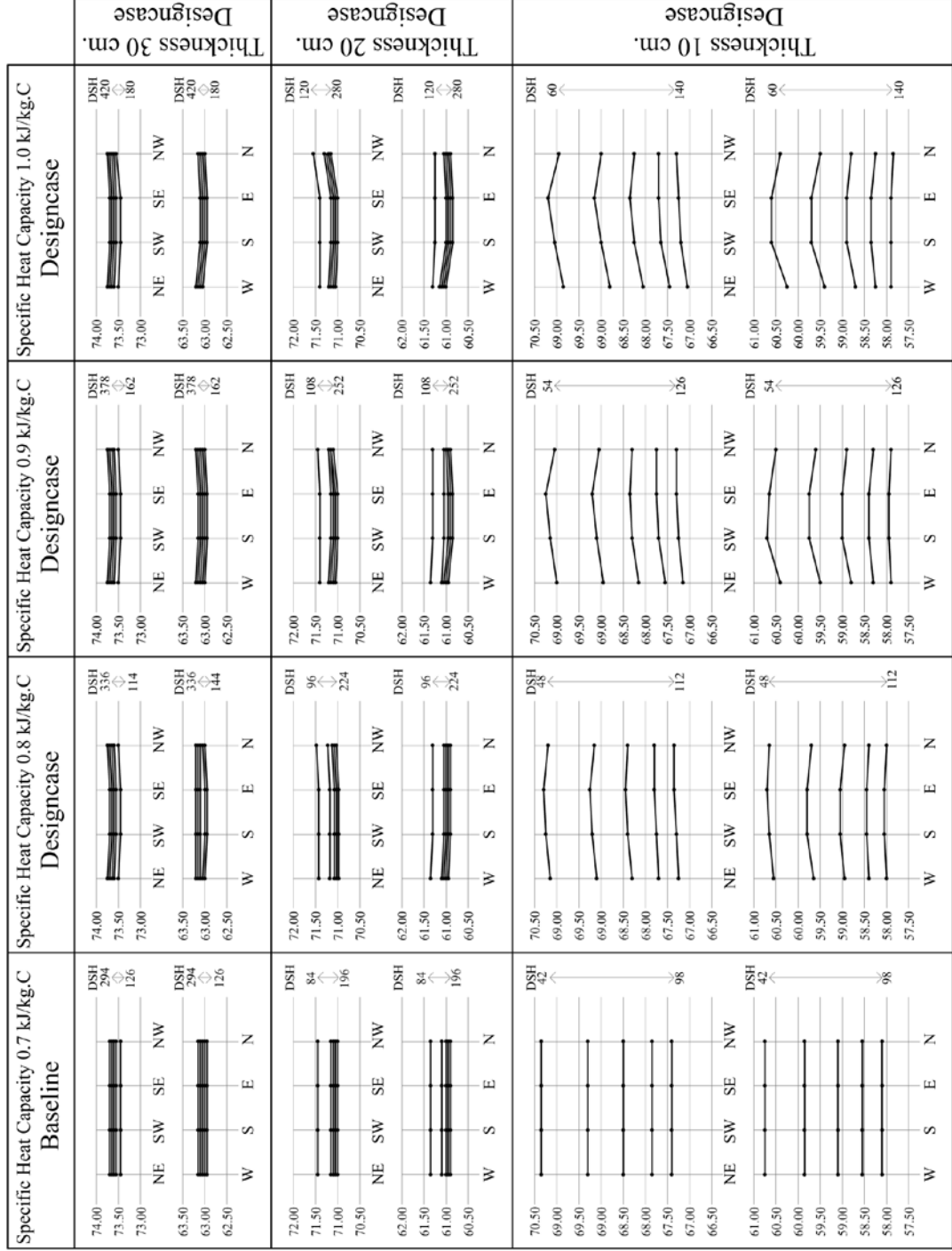
ตารางเปรียบเทียบการใช้ความหนาผนัง ของมวลอุณหภาพ (DSH) ในแต่ละทิศ ที่มีผลต่อการลดพลังงาน ของคอนกรีตมวลเบา ในบ้านพักอาศัย

Cooling and fans (kWh/s.q.m.-year)



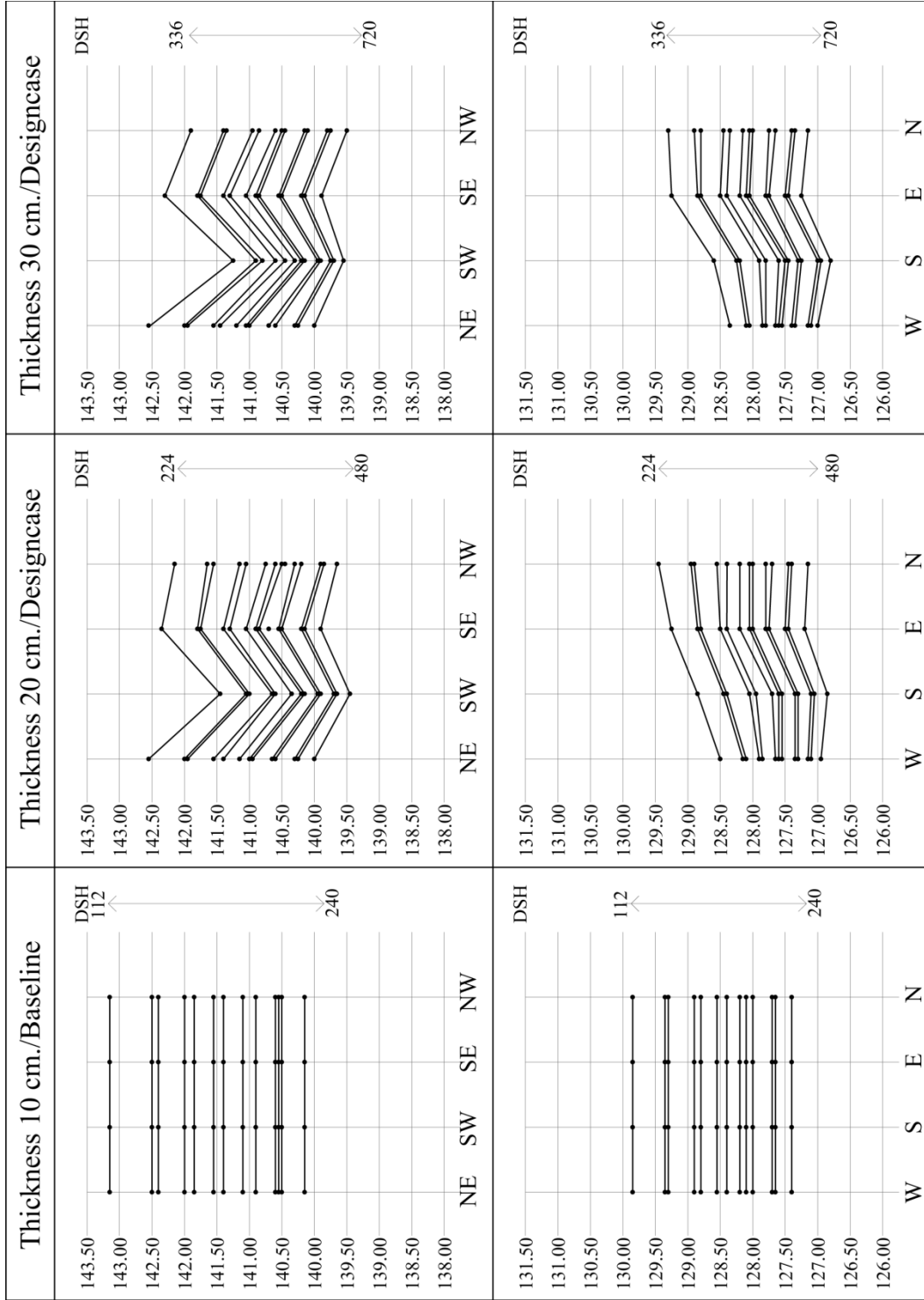
ตารางเปรียบเทียบการใช้ความหนาแน่นผนัง ของมวลอุณหภาพ (DSH) ในแต่ละทิศ ที่มีผลในการลดพลังงาน ของคอมปริสเซอร์ลมเป่า ในบ้านพักอาศัย

Cooling and fans (kWh/s.q.m.-year)



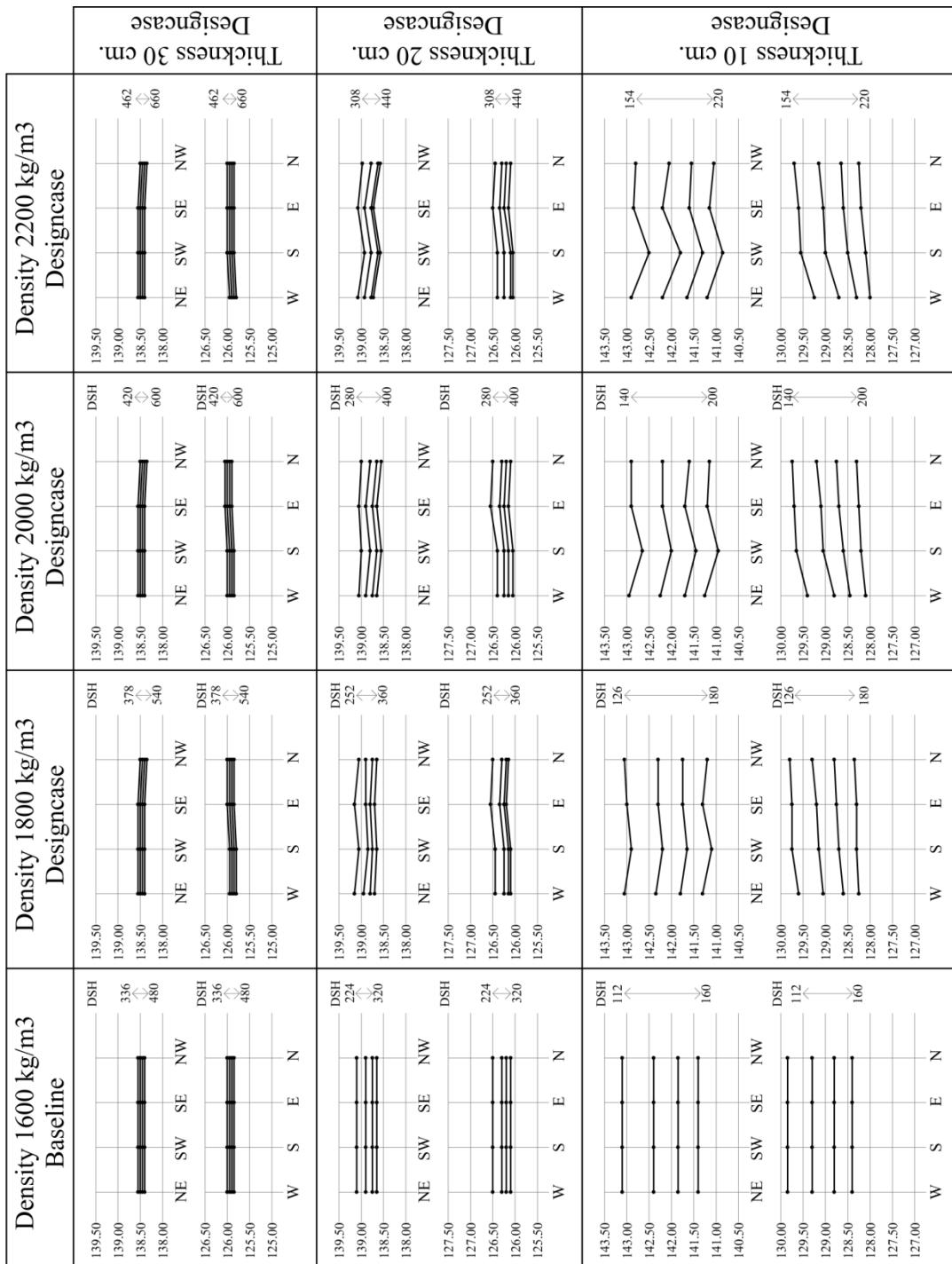
ตารางเปรียบเทียบการใช้ความจุความร้อนจำเพาะ ของมวลอุดมรรภาพ (DSH) ในแต่ละทิศ ที่มีผลในการลดพลังงาน ของคอมเพกิริตมวลเบา ในบ้านพักอาศัย

Cooling and fans (kWh/s.q.m.-year)



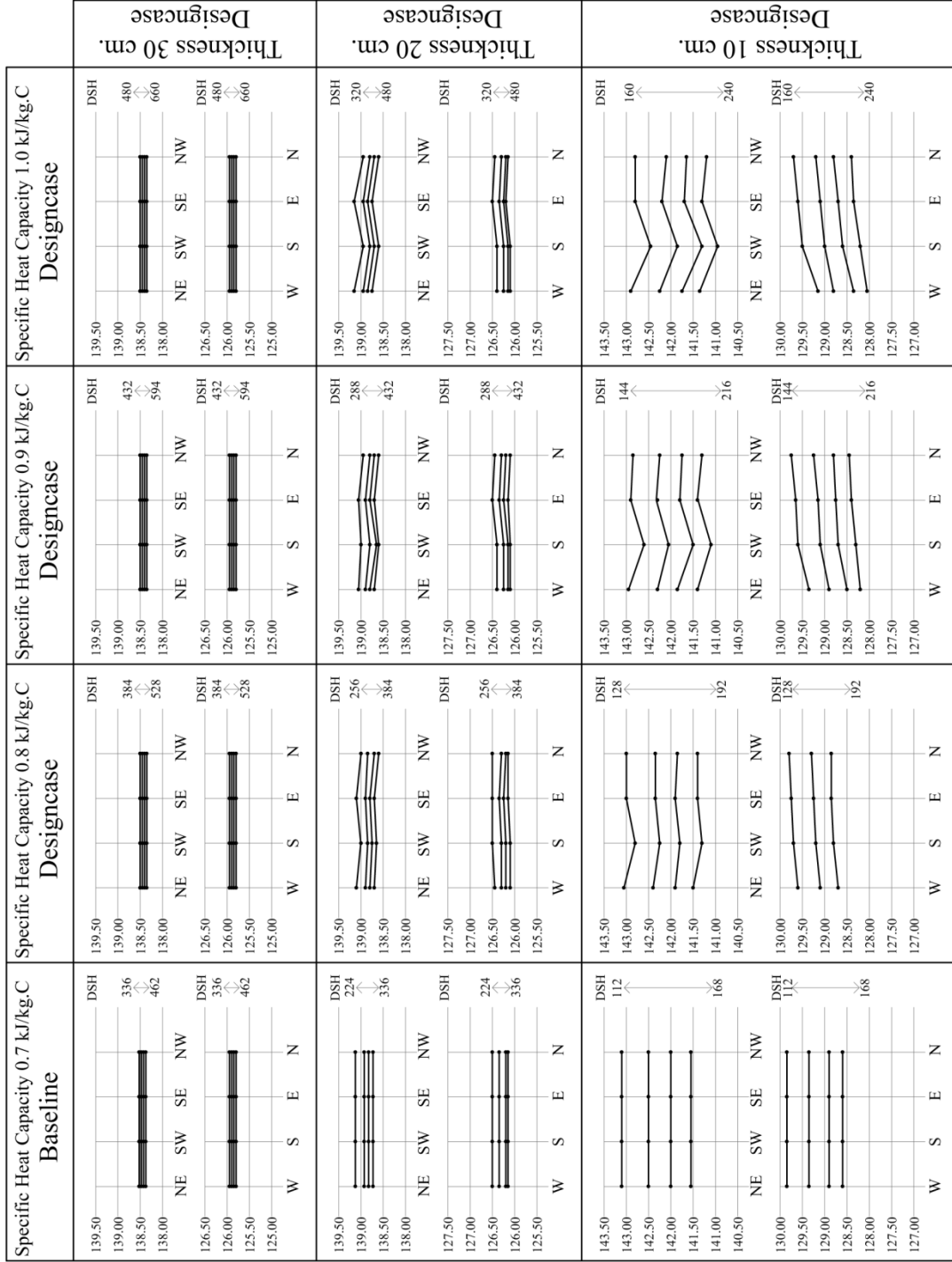
ตารางเปรียบเทียบการใช้ความหนาผนัง ของมวลอุณหภาพ (DSH) ในแต่ละทิศ ที่มีผลในการลดพลังงาน ของคอนกรีตบล็อก ในอาคารสำนักงาน

Cooling and fans (kWh/s.q.m.-year)



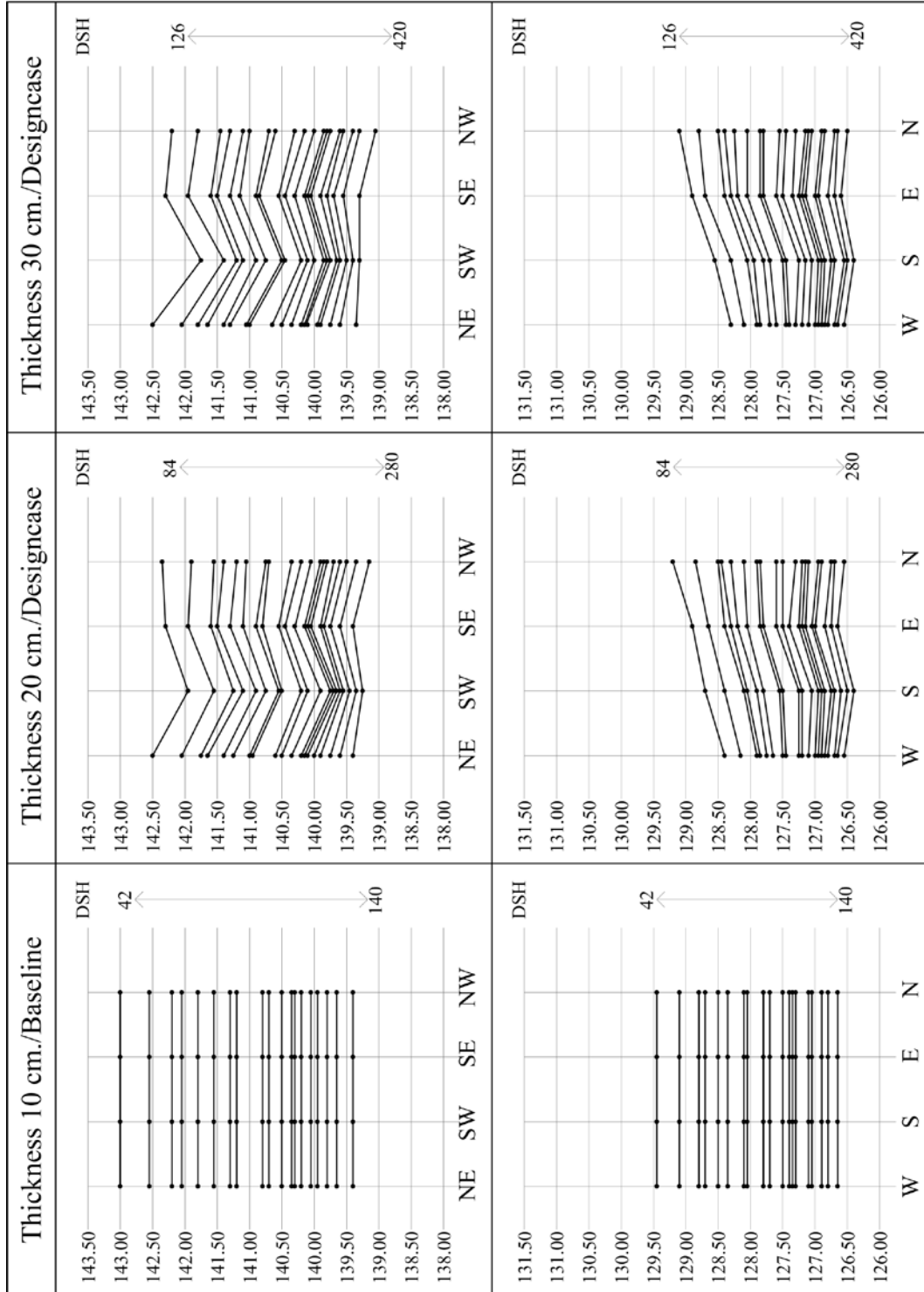
ตารางเปรียบเทียบการใช้ความหนาแน่นผนัง ของมวลอุณหภูมิ (DSH) ในแต่ละทิศ ที่มีผลในการลดพลังงาน ของคอนกรีตบล็อก ในอาคารสำนักงาน

Cooling and Fans (kWh/s.q.m.-year)



ตารางเปรียบเทียบการใช้ความจุความร้อนจำเพาะ ของมวลอุณหภูมิอากาศ (DSH) ในแต่ละทิศ ที่มีผลในการลดพลังงาน ของคอนกรีตบล็อก ในอาคารสำนักงาน

Cooling and fans (kWh/s.q.m.-year)



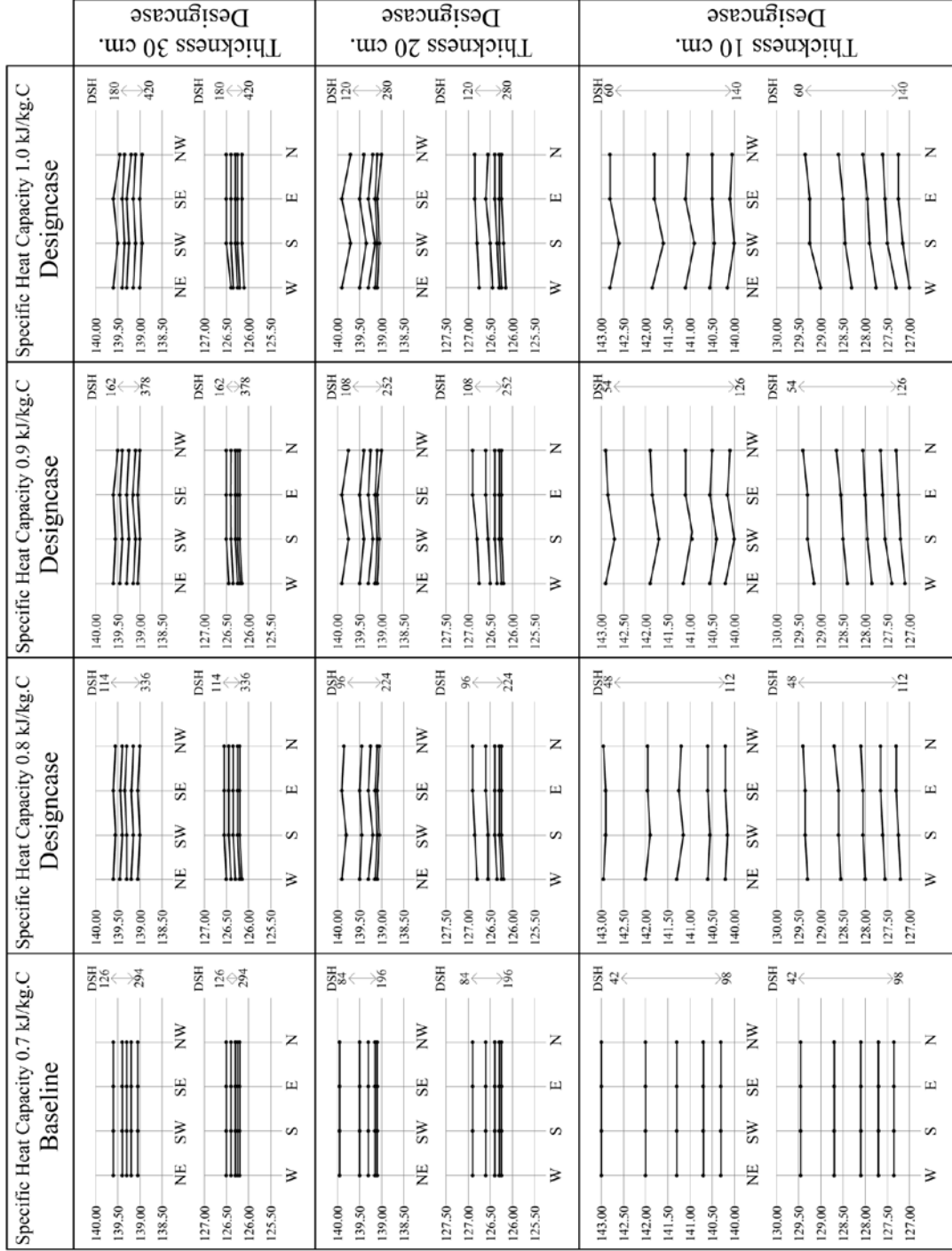
ตารางเปรียบเทียบการใช้ความหนาผนัง ของมวลอุณหภาพ (DSH) ในแต่ละทิศ ที่มีผลในการลดพลังงาน ของคอนกรีตมวลเบา ในอาคารสำนักงาน

Cooling and fans (kWh/s.q.m.-year)

| Density 600 kg/m ³ Baseline | Density 800 kg/m ³ Designcase | Density 1000 kg/m ³ Designcase | Density 1200 kg/m ³ Designcase | Density 1400 kg/m ³ Designcase | Thickness 30 cm. Designcase |
|---|---|--|--|--|--------------------------------|
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |

ตารางเปรียบเทียบการใช้ความหนาแน่นหนึ่ง ของมวลอุณหภูมิอากาศ (DSH) ในแต่ละทิศ ที่ผลิตในการลดพลังงาน ของคอนกรีตมวลเบา ในอาคารสำนักงาน

Cooling and Fans (kWh/s.q.m.-year)



ตารางเปรียบเทียบการใช้ความจุความร้อนจำเพาะ ของมวลอุณหภูมิภาพ (DSH) ในแต่ละทิศ ที่มีผลในการลดพลังงาน ของคอนกรีตมวลเบา ในอาคารสำนักงาน

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นายพิชญะ เพ็ชรพัฒนางกูร เกิดเมื่อวันที่ 18 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2531 สำเร็จการศึกษาปริญญาตรีสถาปัตยกรรมศาสตร์บัณฑิต คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ปีการศึกษา 2553 และเข้ารับการศึกษาคือต่อในหลักสูตรสถาปัตยกรรมศาสตร์บัณฑิตจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในสาขาวิชาบัณฑิตกรรมการออกแบบนิเวศสถาปัตยกรรม ในภาคต้นการศึกษา 2554 งานวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนจากบริษัท ดี ไอ ดีไซน์ส์ จำกัด