การศึกษาเชิงวิเคราะห์วัสดุผนังภายนอกอาคาร เพื่อลดการใช้พลังงานของเครื่องปรับอากาศ กรณีศึกษา จังหวัดพิษณุโลก

Analytical Study of External Wall Materials for Saving Energy of Air Conditioners Case Study Phitsanulok Province

นายธีรภัทร ปรัชญานนท์ รหัส 58362407

นายปรีชา ปัญญาเครือ รหัส 58362544

นายฤทธิพร ปันเฉย รหัส 58362711

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิศวกรรมเครื่องกล ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

ปีการศึกษา 2561

ใบรับรองปริญญานิพนธ์

ชื่อหัวข้อโครงงาน การศึกษาเชิงวิเคราะห์วัสดุผนังภายนอกอาคารเพื่อลดการใช้พลังงานของเครื่องปรับอากาศ กรณีศึกษา จังหวัดพิษณุโลก

ผู้ดำเนินโครงงาน นายธีรภัทร ปรัชญานนท์ รหัส 58362407

นายปรีชา ปัญญาเครือ รหัส 58362544

นายฤทธิพร ปันเฉย รหัส 58362711

ที่ปรึกษาโครงงาน ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ศิษฐ์ภัณฑ์ แคนลา

สาขาวิชา วิศวกรรมเครื่องกล

ภาควิชา วิศวกรรมเครื่องกล

ปีการศึกษา 2561

.....

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร อนุมัติให้ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมเครื่องกล

.....ที่ปรึกษาโครงงาน

(ผศ.ศิษฐ์ภัณฑ์ แคนลา)

.....กรรมการ

(ผศ.ดร.อนันต์ชัย อยู่แก้ว)

..... กรรมการ

(ดร.สุเมธ เหมะวัฒนะชัย)

ชื่อหัวข้อโครงงาน	การศึกษาเชิงวิเคราะห์วัสดุผนังภายนอกอาคารเพื่อลดการใช้พลังงานของเครื่องปรับอากาศ กรณีศึกษา จังหวัดพิษณุโลก		
ผู้ดำเนินโครงงาน	นายธีรภัทร	ปรัชญานนท์	รหัส 58362407
	นายปรีชา	ปัญญาเครือ	รหัส 58362544
	นายฤทธิพร	ปันเฉย	รหัส 58362711
ที่ปรึกษาโครงงาน	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ศิษฐ์ภัณฑ์ แคนลา		
สาขาวิชา	วิศวกรรมเครื่องกล		
ภาควิชา	วิศวกรรมเครื่องกล		
ปีการศึกษา	2561		

.....

บทคัดย่อ

ผนังภายนอกอาคารแต่ละด้านนั้นได้รับการถ่ายเทความร้อนจากดวงอาทิตย์แตกต่างกัน ดังนั้นโครงงานนี้จึงเป็นการศึกษา และเปรียบเทียบค่าใช้จ่ายตลอดอายุการใช้งานต่ำที่สุดสำหรับห้องปรับอากาศทั้ง 8 ทิศของอาคารทั้ง 3 ประเภท ตามกฎกระทรวง กำหนดประเภทหรือขนาดของอาคาร มาตรฐานหลักเกณฑ์ และวิธีการในการออกแบบอาคาร เพื่อการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ. 2552 พิจารณาเฉพาะวัสดุผนังภายนอกอาคารเท่านั้น ได้แก่ อิฐมอญ และอิฐมวลเบา โดยพิจารณาผนังบุฉนวน PU Foam หนา 2, 4, 6 และ 8 นิ้ว ปิดทับด้วยยิปซั่มบอร์ด ส่วนผนังโปร่งแสงใช้กระจกใส กระจกลามิเนต และกระจกฉนวน ที่ WWR ในช่วง 0% ถึง 80% ของแบบจำลองห้องปรับอากาศขนาด 6 x 8 x 3 ลูกบาศก์เมตร โดยกำหนดให้มีผนังภายนอกของแบบจำลองเพียงด้านเดียวเท่านั้นที่ได้รับการถ่ายเทความร้อนจากดวงอาทิตย์โดยตรง

ผลจากการศึกษาเพื่อหาวัสดุผนังภายนอกอาคารที่ทำให้ค่าใช้จ่ายตลอดอายุการใช้งานต่ำที่สุด ทั้ง 8 ทิศทาง พบว่าผนังภายนอกอาคารแต่ละประเภท ในแต่ละทิศทางใช้วัสดุที่แตกต่างกัน ประเภทอาคารใช้งาน 8 ชั่วโมง ยกตัวอย่างเช่น ที่ WWR 0% ในทิศเหนือ ทิศตะวันออกเฉียงเหนือและทิศตะวันออก ควรใช้ผนังอิฐมวลเบาฉาบปูน แต่ในทิศอื่นๆ ควรใช้ผนังอิฐมวลเบาบุฉนวน PU Foam 2 นิ้ว ประเภทอาคารใช้งาน 12 ชั่วโมง ยกตัวอย่างเช่น ที่ WWR ในช่วง 20% ถึง 40% ในทิศเหนือ ควรใช้ผนังอิฐมวลเบาบุฉนวน PU Foam 2 นิ้ว ใช้ร่วมกับกระจกใส แต่ในทิศตะวันออกเฉียงเหนือ ควรใช้ผนังอิฐมวลเบาฉาบปูนใช้ร่วมกับกระจกลามิเนต และในประเภทอาคาร 24 ชั่วโมง ที่ WWR ในช่วง 60% ถึง 80% ในทิศเหนือ ควรใช้ผนังอิฐมวลเบาฉาบปูนใช้ร่วมกับกระจกลามิเนต แต่ในทิศอื่นๆ ควรใช้ผนังอิฐมวลเบาบุฉนวน PU Foam 2 นิ้ว ใช้ร่วมกับกระจกลามิเนต

Project title	Analytical Study of External Wall Materials for Saving Energy of Air Conditioners : Case Study in Phitsanulok Province
Name	Mr.Teeraphat Phrakananont ID 58362407
	Mr.Preecha Panyakrua ID 58362544
	Mr.Ritthiporn Punchuey ID 58362711
Project advisor	Asst. Prof. Sitphan Kanla
Major	Mechanical Engineering
Department	Mechanical Engineering
Academic year	2018

.....

Abstract

Because the walls on each sides absorb lights differently, so this project is aimed to study and compare the costs and life-cycles of an air-conditioned room by 8 sides of the wall. Considering only the materials of the exterior walls, excluding roofs, have 2 types of opaque walls; lightweight brick and concrete wall, and fiberglass insulation wall with 2, 4, 6, and 8 inches thickness covered with gypsum board. The translucent wall uses single glass, laminated glass, and insulated glass. At WWR in the range of 0% to 80% in the air-conditioned model room with the size of 6 x 8 x 3 m^3. The exterior walls will be designed to have only one side that faces the sun light directly.

The study materials for the exterior walls of the building costs over the lifetime of the lowest in 8 directions, find the wall outside the building each year. In each direction, use different materials. Such as building used 8 hours; with 0% WWR. in the north, northeast and east made from lightweight brick wall. But in other directions should use lightweight brick wall with 2 inches insulation. Building used 12 hours; with 20% to 40% WWR. In the north made from lightweight brick wall with 2 inches insulation and a single glass window. But in the northeast should use lightweight brick wall and laminated glass windows. Building used 24 hours; with 60% to 80% WWR. In the north side made from lightweight brick wall and laminated glass windows. But in other directions should use lightweight brick wall with 2 inches insulation and laminated glass windows

กิตติกรรมประกาศ

โครงงานวิศวกรรมเครื่องกลฉบับนี้สามารถทำงานสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี ทางคณะผู้จัดทำต้องขอขอบพระคุณ ผศ.ศิษฐ์ภัณฑ์ แคนลา อาจารย์ที่ปรึกษาโครงงานที่กรุณาให้คำปรึกษาและชี้แนะแนวทางการแก้ไขปัญหาต่างๆ ที่เกิดขึ้นระหว่างการดำเนินโครงงาน ตลอดจนติดตามประเมินผลการดำเนินโครงงานมาโดยตลอด ทางคณะผู้จัดทำขอขอบพระคุณท่านอาจารย์อย่างสูงไว้ ณ ที่นี้

ขอขอบพระคุณ ผศ.ดร.อนันต์ชัย อยู่แก้ว และ ดร.สุเมธ เหมะวัฒนะชัย ที่ช่วยเหลือให้คำปรึกษาและแนะนำความรู้ต่างๆ เพื่อให้โครงงานนี้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอขอบพระคุณฝ่ายเลขานุการ ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร ที่ช่วยอำนวยความสะดวกในการดำเนินโครงงาน

ขอบพระคุณบิดามารดาที่ให้การอุปการะเลี้ยงดูและสั่งสอนจนกระทั่งสามารถเติบโตมาจนถึงปัจจุบัน ตลอดจนช่วยอุปการะทางการเงิน และคอยให้กำลังใจจนกระทั่งโครงงานนี้เสร็จสมบูรณ์

สุดท้ายนี้ ผู้ดำเนินงานขอมอบคุณงามความดีที่เกิดขึ้นจากโครงงานนี้ แด่ผู้มีพระคุณทุกท่านที่มีส่วนร่วมในการทำให้โครงงานนี้เสร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี และถ้าเกิดข้อผิดพลาดประการใดจากโครงงานนี้ ผู้ดำเนินงานต้องกราบขออภัยมา ณ ที่นี้ด้วย

ผู้ดำเนินโครงงาน
ธีรภัทร ปรัชญานนท์
ปรีชา ปัญญาเครือ
ฤทธิพร ปันเฉย

เมษายน 2562

สารบัญ

หน้า

ใบรับรองปริญญานิพนธ์ ..... ก
บทคัดย่อภาษาไทย ..... ข
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... ค
กิตติกรรมประกาศ ..... ง
สารบัญ ..... จ
สารบัญตาราง ..... ฌ
สารบัญรูป ..... ฑ

บทที่ 1 บทนำ 1
1.1 ที่มาและความสำคัญของโครงงาน 1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน 2
1.3 ขอบเขตของโครงงาน 2
1.4 แผนการดำเนินงาน 3
1.5 วิธีการดำเนินงาน 5
1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากโครงงาน 5
1.7 งบประมาณ 6

บทที่ 2 หลักการและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง 7
2.1 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 7
2.2 ระบบกรอบอาคาร 9
2.2.1 ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมอาคาร 9
2.3 ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวม (Overall Heat Transfer Coefficient ;U) . 10
2.3.1 ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวม
(Overall Heat Transfer Coefficient ;U) 10
2.3.2 ค่าความต้านทานความร้อนของวัสดุ (R) 10
2.3.3 ค่าความต้านทานความร้อนรวม (R_T) 11
2.3.4 ค่าความต้านทานความร้อนของฟิล์มอากาศและช่องว่างอากาศ 12
2.4 การคำนวณภาระการทำความเย็นของเครื่องปรับอากาศ (Cooling load) 13
2.4.1 ภาระความเย็นจากการนำความร้อนผ่านผนังทึบ และหลังคา 14
2.4.2 ภาระความเย็นจากการนำและการแผ่รังสีความร้อนของกระจก 15

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

2.4.3 การถ่ายเทความร้อนผ่านผนัง พื้น และเพดานภายใน..... 15
2.4.4 ภาระการปรับอากาศจากระบบไฟฟ้าแสงสว่าง..... 15
2.4.5 ภาระการปรับอากาศจากผู้อยู่อาศัย..... 16
2.4.6 ภาระการปรับอากาศจากการระบายอากาศ..... 16
2.4.7 ภาระการปรับอากาศจากอุปกรณ์อำนวยความสะดวกและเครื่องใช้ไฟฟ้า..... 16
2.5 เศรษฐศาตร์ทางวิศวกรรม..... 17
2.5.1 ค่าใช้จ่ายด้านพลังงานไฟฟ้า..... 17
2.5.2 Uniform Series Payment..... 17
2.5.3 ค่าใช้จ่ายตลอดอายุการใช้งานของอาคาร (Life Cycle Cost; LCC)..... 18

บทที่ 3 วิธีการดำเนินงาน..... 19
3.1 โครงการวัสดุผนังภายนอกอาคารที่เหมาะสมสำหรับห้องปรับอากาศ..... 19
3.2 สร้างแบบจำลองของผนังกรอบอาคาร..... 19
3.3 การออกแบบภาระการทำความเย็นสำหรับเลือกเครื่องปรับอากาศ..... 20
3.4 การคำนวณราคาวัสดุผนังภายนอกอาคารและค่าแรงในการก่อสร้าง..... 21
3.5 ค่าใช้จ่ายด้านพลังงานไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศตลอดอายุการใช้งาน..... 21
3.6 การคำนวณค่าใช้จ่ายตลอดอายุการใช้งาน..... 22

บทที่ 4 การดำเนินงานและวิเคราะห์ผล..... 23
4.1 วัสดุผนังภายนอกอาคารที่เหมาะสมสำหรับห้องปรับอากาศ..... 23
4.2 ผลการคำนวณราคาวัสดุผนังภายนอกอาคารและค่าแรงในการก่อสร้าง..... 26
4.3 ผลการคำนวณภาระการทำความเย็นของเครื่องปรับอากาศ..... 28
4.4 ผลการคำนวณค่าใช้จ่ายตลอดอายุการใช้งาน..... 30
4.4.1 ตัวอย่างรายละเอียดของกราฟค่าใช้จ่ายตลอดอายุการใช้งาน..... 30
4.4.2 ประเภทอาคาร ก. สถานศึกษา สำนักงาน ชั่วโมงการใช้งาน 8 ชั่วโมง..... 32
4.4.3 ประเภทอาคาร ข. โรงมหรสพ ศูนย์การค้า สถานบริการ ห้างสรรพสินค้า ชั่วโมงการใช้งาน 12 ชั่วโมง..... 51
4.4.4 ประเภทอาคาร ค. โรงแรม สถานพยาบาล อาคารชุด ชั่วโมงการใช้งาน 24 ชั่วโมง..... 69

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

บทที่ 5 บทสรุปและข้อเสนอแนะ..... 84

5.1 ราคาวัสดุผนังภายนอกอาคารและค่าแรงในการก่อสร้าง..... 84

5.2 ราคาเครื่องปรับอากาศพร้อมค่าแรงในการติดตั้ง..... 84

5.3 ค่าใช้จ่ายด้านพลังงานไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศตลอดอายุการใช้งาน 15 ปี..... 84

5.4 ค่าใช้จ่ายตลอดอายุการใช้งาน..... 85

5.5 ทางเลือกในการเลือกใช้วัสดุของกลุ่มผนังอิฐมวลเบากับกระจกชนิดต่างๆ ในทิศทางและอัตราพื้นที่กระจกต่อพื้นที่ผนังที่แตกต่างกันของประเภทอาคาร ก. สถานศึกษา สำนักงาน (ชั่วโมงการใช้งาน 8 ชั่วโมง)..... 88

5.6 ทางเลือกในการเลือกใช้วัสดุของกลุ่มผนังอิฐมวลเบากับกระจกชนิดต่างๆ ในทิศทางและอัตราพื้นที่กระจกต่อพื้นที่ผนังที่แตกต่างกันของประเภทอาคาร ข. โรงมหรสพ ศูนย์การค้า สถานบริการ ห้างสรรพสินค้า อาคารชุมนุมคน (ชั่วโมงการใช้งาน 12 ชั่วโมง)..... 90

5.7 ทางเลือกในการเลือกใช้วัสดุของกลุ่มผนังอิฐมวลเบากับกระจกชนิดต่างๆ ในทิศทางและอัตราพื้นที่กระจกต่อพื้นที่ผนังที่แตกต่างกันของประเภทอาคาร ค. โรงแรม สถานพยาบาล อาคารชุด (ชั่วโมงการใช้งาน 24 ชั่วโมง)..... 92

5.8 ข้อเสนอแนะ..... 93

เอกสารอ้างอิง..... 94

ภาคผนวก ก ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนของแบบจำลองวัสดุผนังภายนอกอาคาร..... 96

ภาคผนวก ข การคำนวณภาระการทำความเย็นของเครื่องปรับอากาศ..... 102

ภาคผนวก ค ราคาวัสดุผนังภายนอกอาคารและค่าแรงในการก่อสร้าง และราคาเครื่องปรับอากาศพร้อมราคาติดตั้ง..... 194

ภาคผนวก ง กราฟค่าใช้จ่ายตลอดอายุการใช้งานที่ต่ำที่สุดของผนังภายนอกอาคาร ประเภท ก. สถานศึกษา สำนักงาน ชั่วโมงการใช้งาน 8 ชั่วโมง ทุกทิศทางและอัตราส่วนพื้นที่กระจกต่อพื้นที่ผนัง..... 197

ภาคผนวก จ กราฟค่าใช้จ่ายตลอดอายุการใช้งานที่ต่ำที่สุดของผนังภายนอกอาคาร ประเภท ข. โรงมหรสพ ศูนย์การค้า สถานบริการ ห้างสรรพสินค้า อาคารชุมนุมคน ชั่วโมงการใช้งาน 12 ชั่วโมง ทุกทิศทางและอัตราส่วนพื้นที่กระจกต่อพื้นที่ผนัง..... 237

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

ประเภท ฉ. กราฟค่าใช้จ่ายตลอดอายุการใช้งานที่ต่ำที่สุดของผนังภายนอกอาคาร
ประเภท ค. โรงแรม สถานพยาบาล อาคารชุด ชั่วโมงการใช้งาน 24 ชั่วโมง
ทุกทิศทางและอัตราส่วนพื้นที่กระจกต่อพื้นที่ผนัง..... 277

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

1.1 แผนการดำเนินโครงงาน ... 3
2.1 ตารางแสดงค่าค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนังด้านนอกของอาคาร ... 9
2.2 ตารางแสดงค่ากำลังไฟส่องสว่างสูงสุด ... 10
2.3 ค่าความต้านทานความร้อนของฟิล์มอากาศสำหรับผนังอาคาร ... 12
2.4 อัตราตามช่วงเวลาของการใช้ (Time of Use Rate : TOU) ... 17
4.1 ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวมของกลุ่มผนังอิฐมวลเบา ... 23
4.2 ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวมของกลุ่มผนังอิฐมอญ ... 24
4.3 ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวมของผนังโปร่งแสง ... 25
5.1 ตารางแสดงวัสดุผนังภายนอกอาคารที่มีค่าใช้จ่ายตลอดอายุการใช้งานที่ต่ำที่สุด ในแต่ละทิศทั้ง 3 ประเภทอาคาร ... 85
5.2 ตารางแสดงทางเลือกในการเลือกใช้วัสดุของผนังอิฐมวลเบากับกระจกชนิดต่างๆ ในทิศทางและอัตราพื้นที่กระจกต่อพื้นที่ผนังที่แตกต่างกันของประเภทอาคาร ก. สถานศึกษา สำนักงาน (ชั่วโมงการใช้งาน 8 ชั่วโมง) ... 88
5.3 ตารางแสดงทางเลือกในการเลือกใช้วัสดุของผนังอิฐมวลเบากับกระจกชนิดต่างๆ ในทิศทางและอัตราพื้นที่กระจกต่อพื้นที่ผนังที่แตกต่างกันของประเภทอาคาร ข. โรงมหรสพ ศูนย์การค้า สถานบริการ ห้างสรรพสินค้า อาคารชุมนุมคน (ชั่วโมงการใช้งาน 12 ชั่วโมง) ... 90
5.4 ตารางแสดงทางเลือกในการเลือกใช้วัสดุของผนังอิฐมวลเบากับกระจกชนิดต่างๆ ในทิศทางและอัตราพื้นที่กระจกต่อพื้นที่ผนังที่แตกต่างกันของประเภทอาคาร ค. โรงแรม สถานพยาบาล อาคารชุด (ชั่วโมงการใช้งาน 24 ชั่วโมง) ... 92
ก.1 สมบัติเชิงความร้อนของวัสดุผนังภายนอกอาคาร ... 97
ก.2 ค่าความต้านทานความร้อนของฟิล์มอากาศสำหรับผนังอาคาร ... 100
ก.3 ค่าความต้านทานความร้อนของช่องว่างอากาศที่อยู่ภายในผนังอาคาร ... 100
ก.4 ค่าความต้านทานความร้อนของช่องว่างอากาศที่อยู่ระหว่างแผ่นกระจกหรือผนังโปร่งแสง ... 101
ก.5 ค่าสัมประสิทธิ์การบังเงาของวัสดุ ... 101
ข.1 ค่าผลต่างอุณหภูมิของภาระทำความเย็น (CLTD) สำหรับการคำนวณภาระการทำความเย็น จากผนังที่ได้รับแดด Group D walls ... 104

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่ หน้า

ข.2 แสดงค่าผลต่างอุณหภูมิของภาระทำความเย็น (CLTD) สำหรับการคำนวณภาระการทำความเย็นจากผนังที่ได้รับแดด Group E walls..... 105

ข.3 Cooling Load Temperature Differences (CLTD) for conduction through Glass..... 106

ข.4 ค่าปรับแก้ละติจูดและเดือน (CLTD Correction for Latitude and Month : LM)..... 107

ข.5 ค่าสัมประสิทธิ์ความร้อนจากรังสีดวงอาทิตย์ (Solar heat gain factor; SHGF) (Btu/hr-ft2)..... 108

ข.6 Cooling Load Factor for Glass without Interior Shading. (Room construction M)..... 109

ข.7 ค่าสัมประสิทธิ์การบังแดด (SC) ของอุปกรณ์บังแดดแบบแนวนอน (Overhang)..... 111

ข.8 ค่าสัมประสิทธิ์การบังแดด (SC) ของอุปกรณ์บังแดดแบบแนวนอน (Overhang) ระยะห่างจากขอบหน้าต่าง 0 m..... 113

ข.9 ค่าสัมประสิทธิ์การบังแดด (SC) ของอุปกรณ์บังแดดแบบแนวนอน (Overhang) ระยะห่างจากขอบหน้าต่าง 0.1 m..... 115

ข.10 ค่าสัมประสิทธิ์การบังแดด (SC) ของอุปกรณ์บังแดดแบบแนวนอน (Overhang) ระยะห่างจากขอบหน้าต่าง 0.3 m..... 117

ข.11 ค่าสัมประสิทธิ์การบังแดด (SC) ของอุปกรณ์บังแดดแบบแนวนอน (Overhang) ระยะห่างจากขอบหน้าต่าง 0.5 m..... 119

ข.12 ค่าสัมประสิทธิ์การบังแดด (SC) ของอุปกรณ์บังแดดแบบแนวนอนผสมแบบหักมุม (ในกรณีที่ C/A =0.1)..... 122

ข.13 ค่าสัมประสิทธิ์การบังแดด (SC) ของอุปกรณ์บังแดดแบบแนวนอนผสมแบบหักมุม (ในกรณีที่ C/A =0.1) ระยะห่างจากขอบหน้าต่าง 0 m..... 124

ข.14 ค่าสัมประสิทธิ์การบังแดด (SC) ของอุปกรณ์บังแดดแบบแนวนอนผสมแบบหักมุม (ในกรณีที่ C/A =0.1) ระยะห่างจากขอบหน้าต่าง 0.1 m..... 126

ข.15 ค่าสัมประสิทธิ์การบังแดด (SC) ของอุปกรณ์บังแดดแบบแนวนอนผสมแบบหักมุม (ในกรณีที่ C/A =0.1) ระยะห่างจากขอบหน้าต่าง 0.3 m..... 128

ข.16 ค่าสัมประสิทธิ์การบังแดด (SC) ของอุปกรณ์บังแดดแบบแนวนอนผสมแบบหักมุม (ในกรณีที่ C/A =0.1) ระยะห่างจากขอบหน้าต่าง 0.5 m..... 130

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่ หน้า

ข.17 ค่าสัมประสิทธิ์การบังแดด (SC) ของอุปกรณ์บังแดดแบบแนวนอนผสมแบบหักมุม (ในกรณีที่ C/A =0.2)..... 132
ข.18 ค่าสัมประสิทธิ์การบังแดด (SC) ของอุปกรณ์บังแดดแบบแนวนอนผสมแบบหักมุม (ในกรณีที่ C/A =0.2) ระยะห่างจากขอบหน้าต่าง 0 m..... 134
ข.19 ค่าสัมประสิทธิ์การบังแดด (SC) ของอุปกรณ์บังแดดแบบแนวนอนผสมแบบหักมุม (ในกรณีที่ C/A =0.2) ระยะห่างจากขอบหน้าต่าง 0.1 m..... 136
ข.20 ค่าสัมประสิทธิ์การบังแดด (SC) ของอุปกรณ์บังแดดแบบแนวนอนผสมแบบหักมุม (ในกรณีที่ C/A =0.2) ระยะห่างจากขอบหน้าต่าง 0.3 m..... 137
ข.21 ค่าสัมประสิทธิ์การบังแดด (SC) ของอุปกรณ์บังแดดแบบแนวนอนผสมแบบหักมุม (ในกรณีที่ C/A =0.2) ระยะห่างจากขอบหน้าต่าง 0.5 m..... 140
ข.22 ค่าสัมประสิทธิ์การบังแดด (SC) ของอุปกรณ์บังแดดแบบแนวนอนผสมแบบหักมุม (ในกรณีที่ C/A =0.3)..... 142
ข.23 ค่าสัมประสิทธิ์การบังแดด (SC) ของอุปกรณ์บังแดดแบบแนวนอนผสมแบบหักมุม (ในกรณีที่ C/A =0.3) ระยะห่างจากขอบหน้าต่าง 0 m..... 144
ข.24 ค่าสัมประสิทธิ์การบังแดด (SC) ของอุปกรณ์บังแดดแบบแนวนอนผสมแบบหักมุม (ในกรณีที่ C/A =0.3) ระยะห่างจากขอบหน้าต่าง 0.1 m..... 146
ข.25 ค่าสัมประสิทธิ์การบังแดด (SC) ของอุปกรณ์บังแดดแบบแนวนอนผสมแบบหักมุม (ในกรณีที่ C/A =0.3) ระยะห่างจากขอบหน้าต่าง 0.3 m..... 148
ข.26 ค่าสัมประสิทธิ์การบังแดด (SC) ของอุปกรณ์บังแดดแบบแนวนอนผสมแบบหักมุม (ในกรณีที่ C/A =0.3) ระยะห่างจากขอบหน้าต่าง 0.5 m..... 150
ข.27 ค่าสัมประสิทธิ์การบังแดด (SC) ของอุปกรณ์บังแดดแบบแนวนอนผสมแบบหักมุม (ในกรณีที่ C/A = 0.4)..... 152
ข.28 ค่าสัมประสิทธิ์การบังแดด (SC) ของอุปกรณ์บังแดดแบบแนวนอนผสมแบบหักมุม (ในกรณีที่ C/A =0.4) ระยะห่างจากขอบหน้าต่าง 0 m..... 154
ข.29 ค่าสัมประสิทธิ์การบังแดด (SC) ของอุปกรณ์บังแดดแบบแนวนอนผสมแบบหักมุม (ในกรณีที่ C/A =0.4) ระยะห่างจากขอบหน้าต่าง 0.1 m..... 156
ข.30 ค่าสัมประสิทธิ์การบังแดด (SC) ของอุปกรณ์บังแดดแบบแนวนอนผสมแบบหักมุม (ในกรณีที่ C/A =0.4) ระยะห่างจากขอบหน้าต่าง 0.3 m..... 158

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่ หน้า

ข.31 ค่าสัมประสิทธิ์การบังแดด (SC) ของอุปกรณ์บังแดดแบบแนวนอนผสมแบบหักมุม (ในกรณีที่ C/A =0.4) ระยะห่างจากขอบหน้าต่าง 0.5 m..... 160
ข.32 ค่าสัมประสิทธิ์การบังแดด (SC) ของอุปกรณ์บังแดดแบบแนวนอนผสมแบบหักมุม (ในกรณีที่ C/A = 0.5)..... 162
ข.33 ค่าสัมประสิทธิ์การบังแดด (SC) ของอุปกรณ์บังแดดแบบแนวนอนผสมแบบหักมุม (ในกรณีที่ C/A =0.5) ระยะห่างจากขอบหน้าต่าง 0 m..... 164
ข.34 ค่าสัมประสิทธิ์การบังแดด (SC) ของอุปกรณ์บังแดดแบบแนวนอนผสมแบบหักมุม (ในกรณีที่ C/A =0.5) ระยะห่างจากขอบหน้าต่าง 0.1 m..... 166
ข.35 ค่าสัมประสิทธิ์การบังแดด (SC) ของอุปกรณ์บังแดดแบบแนวนอนผสมแบบหักมุม (ในกรณีที่ C/A =0.5) ระยะห่างจากขอบหน้าต่าง 0.3 m..... 168
ข.36 ค่าสัมประสิทธิ์การบังแดด (SC) ของอุปกรณ์บังแดดแบบแนวนอนผสมแบบหักมุม (ในกรณีที่ C/A =0.5) ระยะห่างจากขอบหน้าต่าง 0.5 m..... 170
ข.37 ค่าสัมประสิทธิ์การบังแดด (SC) ของอุปกรณ์บังแดดแบบแนวตั้ง (Fin)..... 173
ข.38 ค่าสัมประสิทธิ์การบังแดด (SC) ของอุปกรณ์บังแดดแบบแนวตั้ง (Fin) ระยะห่างจากขอบหน้าต่าง 0 m..... 175
ข.39 ค่าสัมประสิทธิ์การบังแดด (SC) ของอุปกรณ์บังแดดแบบแนวตั้ง (Fin) ระยะห่างจากขอบหน้าต่าง 0.1 m..... 177
ข.40 ค่าสัมประสิทธิ์การบังแดด (SC) ของอุปกรณ์บังแดดแบบแนวตั้ง (Fin) ระยะห่างจากขอบหน้าต่าง 0.3 m..... 179
ข.41 ค่าสัมประสิทธิ์การบังแดด (SC) ของอุปกรณ์บังแดดแบบแนวตั้ง (Fin) ระยะห่างจากขอบหน้าต่าง 0.5 m..... 181
ข.42 ค่าสัมประสิทธิ์การบังแดด (SC) ของอุปกรณ์บังแดดแบบผสม (Setback)..... 184
ข.43 ค่าสัมประสิทธิ์การบังแดด (SC) ของอุปกรณ์บังแดดแบบผสม (Setback) ระยะห่างจากขอบหน้าต่าง 0 m..... 186
ข.44 ค่าสัมประสิทธิ์การบังแดด (SC) ของอุปกรณ์บังแดดแบบผสม (Setback) ระยะห่างจากขอบหน้าต่าง 0.1 m..... 188
ข.45 ค่าสัมประสิทธิ์การบังแดด (SC) ของอุปกรณ์บังแดดแบบผสม (Setback) ระยะห่างจากขอบหน้าต่าง 0.3 m..... 190

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่ หน้า

ข.46 ค่าสัมประสิทธิ์การบังแดด (SC) ของอุปกรณ์บังแดดแบบผสม (Setback) ระยะห่างจากขอบหน้าต่าง 0.5 m..... 192
ค.1 ราคาวัสดุผนังภายนอกอาคารและค่าแรงในการก่อสร้าง..... 195
ค.2 สมการเส้นตรงแสดงความสัมพันธ์ระหว่างขนาดเครื่องปรับอากาศ กับราคาเครื่องปรับอากาศพร้อมราคาติดตั้ง..... 196

สารบัญรูป

รูปที่ หน้า

1.1 ผังแสดงวิธีการดำเนินโครงงาน..... 5

2.1 สภาพการถ่ายเทความร้อนผ่านผนังและหลังคาอาคารซึ่งมีโครงสร้างประกอบขึ้น
จากวัสดุแตกต่างกัน n ชนิด..... 11

2.2 สภาพการถ่ายเทความร้อนผ่านผนังและหลังคาอาคาร ซึ่งมีโครงสร้างประกอบขึ้นจากวัสดุ
แตกต่างกัน n ชนิด และมีช่องว่างอากาศภายใน..... 12

2.3 แสดงสูตรการคำนวณภาระการทำความเย็นจากปัจจัยต่างๆ..... 13

2.4 แสดงค่าพลังงานไฟฟ้าที่มีค่าใช้จ่ายเท่ากันทุกปีในรูปของ
Uniform Series Payment..... 17

3.1 แบบจำลองห้องปรับอากาศ..... 20

3.2 แผนภาพวิธีการดำเนินงานการศึกษาค่าใช้จ่ายตลอดอายุการใช้งานกับการตัดสินใจ
ออกแบบวัสดุผนังภายนอกอาคารที่ตั้งอยู่ในละติจูด 16 องศาเหนือ..... 22

4.1 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างชนิดของวัสดุผนังภายนอกอาคารกับค่าสัมประสิทธิ์
การถ่ายเทความร้อนรวมและราคาต่อตารางเมตร..... 26

4.2 กราฟแสดงภาระการทำความเย็นของเครื่องปรับอากาศ ประเภทอาคาร ก. สถานศึกษา
สำนักงาน ชั่วโมงการใช้งาน 8 ชั่วโมง ที่ WWR 0%..... 28

4.3 กราฟแสดงภาระการทำความเย็นของเครื่องปรับอากาศ ประเภทอาคาร ก. สถานศึกษา
สำนักงาน ชั่วโมงการใช้งาน 8 ชั่วโมง ที่ WWR 20% - 80%..... 29

4.4 ตัวอย่างรายละเอียดของกราฟค่าใช้จ่ายตลอดอายุการใช้งาน..... 31

4.5 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวม (U)
และค่าใช้จ่ายของผนังที่ WWR = 0% ของประเภทอาคารชั่วโมงการใช้งาน 8 ชั่วโมง..... 33

4.6 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวม (U)
และค่าใช้จ่ายของผนังที่ WWR = 0% ของประเภทอาคารชั่วโมงการใช้งาน 8 ชั่วโมง..... 34

4.7 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวม (U)
และค่าใช้จ่ายของผนังที่ WWR = 20% ของประเภทอาคารชั่วโมงการใช้งาน 8 ชั่วโมง..... 37

4.8 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวม (U)
และค่าใช้จ่ายของผนังที่ WWR = 40% ของประเภทอาคารชั่วโมงการใช้งาน 8 ชั่วโมง..... 38

4.9 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวม (U)
และค่าใช้จ่ายของผนังที่ WWR = 60% ของประเภทอาคารชั่วโมงการใช้งาน 8 ชั่วโมง..... 39

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ หน้า

4.10 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวม (U) และค่าใช้จ่ายของผนังที่ WWR = 80% ของประเภทอาคารชั่วโมงการใช้งาน 8 ชั่วโมง..... 40

4.11 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวม (U) และค่าใช้จ่ายของผนังที่ WWR = 20% ของประเภทอาคารชั่วโมงการใช้งาน 8 ชั่วโมง..... 41

4.12 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวม (U) และค่าใช้จ่ายของผนังที่ WWR = 40% ของประเภทอาคารชั่วโมงการใช้งาน 8 ชั่วโมง..... 43

4.13 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวม (U) และค่าใช้จ่ายของผนังที่ WWR = 60% ของประเภทอาคารชั่วโมงการใช้งาน 8 ชั่วโมง..... 44

4.14 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวม (U) และค่าใช้จ่ายของผนังที่ WWR = 80% ของประเภทอาคารชั่วโมงการใช้งาน 8 ชั่วโมง..... 45

4.15 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวม (U) และค่าใช้จ่ายของผนังที่ WWR = 20% ของประเภทอาคารชั่วโมงการใช้งาน 8 ชั่วโมง..... 47

4.16 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวม (U) และค่าใช้จ่ายของผนังที่ WWR = 40% ของประเภทอาคารชั่วโมงการใช้งาน 8 ชั่วโมง..... 47

4.17 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวม (U) และค่าใช้จ่ายของผนังที่ WWR = 60% ของประเภทอาคารชั่วโมงการใช้งาน 8 ชั่วโมง..... 48

4.18 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวม (U) และค่าใช้จ่ายของผนังที่ WWR = 80% ของประเภทอาคารชั่วโมงการใช้งาน 8 ชั่วโมง..... 48

4.19 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวม (U) และค่าใช้จ่ายของผนังที่ WWR = 80% ของประเภทอาคารชั่วโมงการใช้งาน 8 ชั่วโมง..... 50

4.20 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวม (U) และค่าใช้จ่ายของผนังที่ WWR = 0% ของประเภทอาคารชั่วโมงการใช้งาน 12 ชั่วโมง..... 52

4.21 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวม (U) และค่าใช้จ่ายของผนังที่ WWR = 20% ของประเภทอาคารชั่วโมงการใช้งาน 12 ชั่วโมง..... 55

4.22 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวม (U) และค่าใช้จ่ายของผนังที่ WWR = 40% ของประเภทอาคารชั่วโมงการใช้งาน 12 ชั่วโมง..... 55

4.23 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวม (U) และค่าใช้จ่ายของผนังที่ WWR = 60% ของประเภทอาคารชั่วโมงการใช้งาน 12 ชั่วโมง..... 56

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ หน้า

4.24 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวม (U)
และค่าใช้จ่ายของผนังที่ WWR = 80% ของประเภทอาคารชั่วโมงการใช้งาน 12 ชั่วโมง..... 56
4.25 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวม (U)
และค่าใช้จ่ายของผนังที่ WWR = 20% ของประเภทอาคารชั่วโมงการใช้งาน 12 ชั่วโมง..... 58
4.26 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวม (U)
และค่าใช้จ่ายของผนังที่ WWR = 40% ของประเภทอาคารชั่วโมงการใช้งาน 12 ชั่วโมง..... 58
4.27 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวม (U)
และค่าใช้จ่ายของผนังที่ WWR = 60% ของประเภทอาคารชั่วโมงการใช้งาน 12 ชั่วโมง..... 59
4.28 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวม (U)
และค่าใช้จ่ายของผนังที่ WWR = 80% ของประเภทอาคารชั่วโมงการใช้งาน 12 ชั่วโมง..... 59
4.29 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวม (U)
และค่าใช้จ่ายของผนังที่ WWR = 20% ของประเภทอาคารชั่วโมงการใช้งาน 12 ชั่วโมง..... 61
4.30 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวม (U)
และค่าใช้จ่ายของผนังที่ WWR = 40% ของประเภทอาคารชั่วโมงการใช้งาน 12 ชั่วโมง..... 63
4.31 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวม (U)
และค่าใช้จ่ายของผนังที่ WWR = 60% ของประเภทอาคารชั่วโมงการใช้งาน 12 ชั่วโมง..... 65
4.32 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวม (U)
และค่าใช้จ่ายของผนังที่ WWR = 80% ของประเภทอาคารชั่วโมงการใช้งาน 12 ชั่วโมง..... 67
4.33 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวม (U)
และค่าใช้จ่ายของผนังที่ WWR = 0% ของประเภทอาคารชั่วโมงการใช้งาน 24 ชั่วโมง..... 70
4.34 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวม (U)
และค่าใช้จ่ายของผนังที่ WWR = 20% ของประเภทอาคารชั่วโมงการใช้งาน 24 ชั่วโมง..... 73
4.35 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวม (U)
และค่าใช้จ่ายของผนังที่ WWR = 40% ของประเภทอาคารชั่วโมงการใช้งาน 24 ชั่วโมง..... 73
4.36 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวม (U)
และค่าใช้จ่ายของผนังที่ WWR = 60% ของประเภทอาคารชั่วโมงการใช้งาน 24 ชั่วโมง..... 74

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ หน้า

4.37 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวม (U) และค่าใช้จ่ายของผนังที่ WWR = 80% ของประเภทอาคารชั่วโมงการใช้งาน 24 ชั่วโมง..... 74

4.38 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวม (U) และค่าใช้จ่ายของผนังที่ WWR = 20% ของประเภทอาคารชั่วโมงการใช้งาน 24 ชั่วโมง..... 76

4.39 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวม (U) และค่าใช้จ่ายของผนังที่ WWR = 40% ของประเภทอาคารชั่วโมงการใช้งาน 24 ชั่วโมง..... 78

4.40 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวม (U) และค่าใช้จ่ายของผนังที่ WWR = 60% ของประเภทอาคารชั่วโมงการใช้งาน 24 ชั่วโมง..... 80

4.41 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวม (U) และค่าใช้จ่ายของผนังที่ WWR = 80% ของประเภทอาคารชั่วโมงการใช้งาน 24 ชั่วโมง..... 82

ข.1 แสดงรูปแบบการกำหนดตัวแปรของอุปกรณ์บังแดดแบบแนวนอน (Overhang)..... 110

ข.2 ค่าสัมประสิทธิ์การบังแดด (SC) ของอุปกรณ์บังแดดแบบแนวนอน (Overhang)..... 112

ข.3 ค่าสัมประสิทธิ์การบังแดด (SC) ของอุปกรณ์บังแดดแบบแนวนอน (Overhang) ระยะห่างจากขอบหน้าต่าง (B) 0 m..... 114

ข.4 ค่าสัมประสิทธิ์การบังแดด (SC) ของอุปกรณ์บังแดดแบบแนวนอน (Overhang) ระยะห่างจากขอบหน้าต่าง (B) 0.1 m..... 116

ข.5 ค่าสัมประสิทธิ์การบังแดด (SC) ของอุปกรณ์บังแดดแบบแนวนอน (Overhang) ระยะห่างจากขอบหน้าต่าง (B) 0.3 m..... 118

ข.6 ค่าสัมประสิทธิ์การบังแดด (SC) ของอุปกรณ์บังแดดแบบแนวนอน (Overhang) ระยะห่างจากขอบหน้าต่าง (B) 0.5 m..... 120

ข.7 แสดงรูปแบบการกำหนดตัวแปรของอุปกรณ์บังแดดแบบแนวนอนผสมแบบหักมุมด้านหน้า... 121

ข.8 ค่าสัมประสิทธิ์การบังแดด (SC) ของอุปกรณ์บังแดดแบบแนวนอนผสมแบบหักมุม (ในกรณีที่ C/A =0.1)..... 123

ข.9 ค่าสัมประสิทธิ์การบังแดด (SC) ของอุปกรณ์บังแดดแบบแนวนอนผสมแบบหักมุม (ในกรณีที่ C/A =0.1) ระยะห่างจากขอบหน้าต่าง (B) 0 m..... 125

ข.10 ค่าสัมประสิทธิ์การบังแดด (SC) ของอุปกรณ์บังแดดแบบแนวนอนผสมแบบหักมุม (ในกรณีที่ C/A =0.1) ระยะห่างจากขอบหน้าต่าง (B) 0.1 m..... 127

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ หน้า

ข.11 ค่าสัมประสิทธิ์การบังแดด (SC) ของอุปกรณ์บังแดดแบบแนวนอนผสมแบบหักมุม (ในกรณีที่ C/A =0.1) ระยะห่างจากขอบหน้าต่าง (B) 0.3 m..... 129

ข.12 ค่าสัมประสิทธิ์การบังแดด (SC) ของอุปกรณ์บังแดดแบบแนวนอนผสมแบบหักมุม (ในกรณีที่ C/A =0.1) ระยะห่างจากขอบหน้าต่าง (B) 0.5 m..... 131

ข.13 ค่าสัมประสิทธิ์การบังแดด (SC) ของอุปกรณ์บังแดดแบบแนวนอนผสมแบบหักมุม (ในกรณีที่ C/A =0.2)..... 133

ข.14 ค่าสัมประสิทธิ์การบังแดด (SC) ของอุปกรณ์บังแดดแบบแนวนอนผสมแบบหักมุม (ในกรณีที่ C/A =0.2) ระยะห่างจากขอบหน้าต่าง (B) 0 m..... 135

ข.15 ค่าสัมประสิทธิ์การบังแดด (SC) ของอุปกรณ์บังแดดแบบแนวนอนผสมแบบหักมุม (ในกรณีที่ C/A =0.2) ระยะห่างจากขอบหน้าต่าง (B) 0.1 m..... 137

ข.16 ค่าสัมประสิทธิ์การบังแดด (SC) ของอุปกรณ์บังแดดแบบแนวนอนผสมแบบหักมุม (ในกรณีที่ C/A =0.2) ระยะห่างจากขอบหน้าต่าง (B) 0.3 m..... 139

ข.17 ค่าสัมประสิทธิ์การบังแดด (SC) ของอุปกรณ์บังแดดแบบแนวนอนผสมแบบหักมุม (ในกรณีที่ C/A =0.2) ระยะห่างจากขอบหน้าต่าง (B) 0.5 m..... 141

ข.18 ค่าสัมประสิทธิ์การบังแดด (SC) ของอุปกรณ์บังแดดแบบแนวนอนผสมแบบหักมุม (ในกรณีที่ C/A =0.3)..... 143

ข.19 ค่าสัมประสิทธิ์การบังแดด (SC) ของอุปกรณ์บังแดดแบบแนวนอนผสมแบบหักมุม (ในกรณีที่ C/A =0.3) ระยะห่างจากขอบหน้าต่าง (B) 0 m..... 145

ข.20 ค่าสัมประสิทธิ์การบังแดด (SC) ของอุปกรณ์บังแดดแบบแนวนอนผสมแบบหักมุม (ในกรณีที่ C/A =0.3) ระยะห่างจากขอบหน้าต่าง (B) 0.1 m..... 147

ข.21 ค่าสัมประสิทธิ์การบังแดด (SC) ของอุปกรณ์บังแดดแบบแนวนอนผสมแบบหักมุม (ในกรณีที่ C/A =0.3) ระยะห่างจากขอบหน้าต่าง (B) 0.3 m..... 149

ข.22 ค่าสัมประสิทธิ์การบังแดด (SC) ของอุปกรณ์บังแดดแบบแนวนอนผสมแบบหักมุม (ในกรณีที่ C/A =0.3) ระยะห่างจากขอบหน้าต่าง (B) 0.5 m..... 151

ข.23 ค่าสัมประสิทธิ์การบังแดด (SC) ของอุปกรณ์บังแดดแบบแนวนอนผสมแบบหักมุม (ในกรณีที่ C/A = 0.4)..... 153

ข.24 ค่าสัมประสิทธิ์การบังแดด (SC) ของอุปกรณ์บังแดดแบบแนวนอนผสมแบบหักมุม (ในกรณีที่ C/A = 0.4) ระยะห่างจากขอบหน้าต่าง (B) 0 m..... 155

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ หน้า

ข.25 ค่าสัมประสิทธิ์การบังแดด (SC) ของอุปกรณ์บังแดดแบบแนวนอนผสมแบบหักมุม (ในกรณีที่ C/A = 0.4) ระยะห่างจากขอบหน้าต่าง (B) 0.1 m..... 157

ข.26 ค่าสัมประสิทธิ์การบังแดด (SC) ของอุปกรณ์บังแดดแบบแนวนอนผสมแบบหักมุม (ในกรณีที่ C/A = 0.4) ระยะห่างจากขอบหน้าต่าง (B) 0.3 m..... 159

ข.27 ค่าสัมประสิทธิ์การบังแดด (SC) ของอุปกรณ์บังแดดแบบแนวนอนผสมแบบหักมุม (ในกรณีที่ C/A = 0.4) ระยะห่างจากขอบหน้าต่าง (B) 0.5 m..... 161

ข.28 ค่าสัมประสิทธิ์การบังแดด (SC) ของอุปกรณ์บังแดดแบบแนวนอนผสมแบบหักมุม (ในกรณีที่ C/A = 0.5)..... 163

ข.29 ค่าสัมประสิทธิ์การบังแดด (SC) ของอุปกรณ์บังแดดแบบแนวนอนผสมแบบหักมุม (ในกรณีที่ C/A = 0.5) ระยะห่างจากขอบหน้าต่าง 0 m..... 165

ข.30 ค่าสัมประสิทธิ์การบังแดด (SC) ของอุปกรณ์บังแดดแบบแนวนอนผสมแบบหักมุม (ในกรณีที่ C/A = 0.5) ระยะห่างจากขอบหน้าต่าง 0.1 m..... 167

ข.31 ค่าสัมประสิทธิ์การบังแดด (SC) ของอุปกรณ์บังแดดแบบแนวนอนผสมแบบหักมุม (ในกรณีที่ C/A = 0.5) ระยะห่างจากขอบหน้าต่าง 0.3 m..... 169

ข.32 ค่าสัมประสิทธิ์การบังแดด (SC) ของอุปกรณ์บังแดดแบบแนวนอนผสมแบบหักมุม (ในกรณีที่ C/A = 0.5) ระยะห่างจากขอบหน้าต่าง 0.5 m..... 171

ข.33 แสดงรูปแบบการกำหนดตัวแปรของอุปกรณ์บังแดดแบบแนวตั้ง (Fin)..... 172

ข.34 ค่าสัมประสิทธิ์การบังแดด (SC) ของอุปกรณ์บังแดดแบบแนวตั้ง (Fin)..... 174

ข.35 ค่าสัมประสิทธิ์การบังแดด (SC) ของอุปกรณ์บังแดดแบบแนวตั้ง (Fin) ระยะห่างจากขอบหน้าต่าง (B) 0 m..... 176

ข.36 ค่าสัมประสิทธิ์การบังแดด (SC) ของอุปกรณ์บังแดดแบบแนวตั้ง (Fin) ระยะห่างจากขอบหน้าต่าง (B) 0.1 m..... 178

ข.37 ค่าสัมประสิทธิ์การบังแดด (SC) ของอุปกรณ์บังแดดแบบแนวตั้ง (Fin) ระยะห่างจากขอบหน้าต่าง (B) 0.3 m..... 180

ข.38 ค่าสัมประสิทธิ์การบังแดด (SC) ของอุปกรณ์บังแดดแบบแนวตั้ง (Fin) ระยะห่างจากขอบหน้าต่าง (B) 0.5 m..... 182

ข.39 แสดงรูปแบบการกำหนดตัวแปรของอุปกรณ์บังแดดแบบผสม (Setback)..... 183

ข.40 ค่าสัมประสิทธิ์การบังแดด (SC) ของอุปกรณ์บังแดดแบบผสม (Setback)..... 185

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ หน้า

ข.41 ค่าสัมประสิทธิ์การบังแดด (SC) ของอุปกรณ์บังแดดแบบผสม (Setback) ระยะห่างจากขอบหน้าต่าง (Bh) , (Bv) 0 m 187

ข.42 ค่าสัมประสิทธิ์การบังแดด (SC) ของอุปกรณ์บังแดดแบบผสม (Setback) ระยะห่างจากขอบหน้าต่าง (Bh) , (Bv) 0.1 m 189

ข.43 ค่าสัมประสิทธิ์การบังแดด (SC) ของอุปกรณ์บังแดดแบบผสม (Setback) ระยะห่างจากขอบหน้าต่าง (Bh) , (Bv) 0.3 m 191

ข.44 ค่าสัมประสิทธิ์การบังแดด (SC) ของอุปกรณ์บังแดดแบบผสม (Setback) ระยะห่างจากขอบหน้าต่าง (Bh) , (Bv) 0.5 m 193

ง.1 กราฟค่าใช้จ่ายตลอดอายุการใช้งานที่ต่ำที่สุดของผนังภายนอกอาคาร ประเภทอาคาร 8 ชั่วโมง ที่ WWR= 0% 199

ง.2 กราฟค่าใช้จ่ายตลอดอายุการใช้งานที่ต่ำที่สุดของผนังภายนอกอาคาร ประเภทอาคาร 8 ชั่วโมง ที่ WWR= 20% ทางด้านทิศเหนือ (N) 202

ง.3 กราฟค่าใช้จ่ายตลอดอายุการใช้งานที่ต่ำที่สุดของผนังภายนอกอาคาร ประเภทอาคาร 8 ชั่วโมง ที่ WWR= 20% ทางด้านทิศตะวันออกเฉียงเหนือ (NE) 203

ง.4 กราฟค่าใช้จ่ายตลอดอายุการใช้งานที่ต่ำที่สุดของผนังภายนอกอาคาร ประเภทอาคาร 8 ชั่วโมง ที่ WWR= 20% ทางด้านทิศตะวันออก (E) 204

ง.5 กราฟค่าใช้จ่ายตลอดอายุการใช้งานที่ต่ำที่สุดของผนังภายนอกอาคาร ประเภทอาคาร 8 ชั่วโมง ที่ WWR= 20% ทางด้านทิศตะวันออกเฉียงใต้ (SE) 205

ง.6 กราฟค่าใช้จ่ายตลอดอายุการใช้งานที่ต่ำที่สุดของผนังภายนอกอาคาร ประเภทอาคาร 8 ชั่วโมง ที่ WWR= 20% ทางด้านด้านทิศใต้ (S) 206

ง.7 กราฟค่าใช้จ่ายตลอดอายุการใช้งานที่ต่ำที่สุดของผนังภายนอกอาคาร ประเภทอาคาร 8 ชั่วโมง ที่ WWR= 20% ทางด้านทิศตะวันตกเฉียงใต้ (SW) 207

ง.8 กราฟค่าใช้จ่ายตลอดอายุการใช้งานที่ต่ำที่สุดของผนังภายนอกอาคาร ประเภทอาคาร 8 ชั่วโมง ที่ WWR= 20% ทางด้านทิศตะวันตก (W) 208

ง.9 กราฟค่าใช้จ่ายตลอดอายุการใช้งานที่ต่ำที่สุดของผนังภายนอกอาคาร ประเภทอาคาร 8 ชั่วโมง ที่ WWR= 20% ทางด้านทิศตะวันตกเฉียงเหนือ (NW) 209

ง.10 กราฟค่าใช้จ่ายตลอดอายุการใช้งานที่ต่ำที่สุดของผนังภายนอกอาคาร ประเภทอาคาร 8 ชั่วโมง ที่ WWR= 40% ทางด้านทิศเหนือ (N) 211

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ หน้า

ง.11 กราฟค่าใช้จ่ายตลอดอายุการใช้งานที่ต่ำที่สุดของผนังภายนอกอาคาร
ประเภทอาคาร 8 ชั่วโมง ที่ WWR= 40% ทางด้านทิศตะวันออกเฉียงเหนือ (NE)..... 212
ง.12 กราฟค่าใช้จ่ายตลอดอายุการใช้งานที่ต่ำที่สุดของผนังภายนอกอาคาร
ประเภทอาคาร 8 ชั่วโมง ที่ WWR= 40% ทางด้านทิศตะวันออก (E)..... 213
ง.13 กราฟค่าใช้จ่ายตลอดอายุการใช้งานที่ต่ำที่สุดของผนังภายนอกอาคาร
ประเภทอาคาร 8 ชั่วโมง ที่ WWR= 40% ทางด้านทิศตะวันออกเฉียงใต้ (SE)..... 214
ง.14 กราฟค่าใช้จ่ายตลอดอายุการใช้งานที่ต่ำที่สุดของผนังภายนอกอาคาร
ประเภทอาคาร 8 ชั่วโมง ที่ WWR= 40% ทางด้านทิศใต้ (S)..... 215
ง.15 กราฟค่าใช้จ่ายตลอดอายุการใช้งานที่ต่ำที่สุดของผนังภายนอกอาคาร
ประเภทอาคาร 8 ชั่วโมง ที่ WWR= 40% ทางด้านทิศตะวันตกเฉียงใต้ (SW)..... 216
ง.16 กราฟค่าใช้จ่ายตลอดอายุการใช้งานที่ต่ำที่สุดของผนังภายนอกอาคาร
ประเภทอาคาร 8 ชั่วโมง ที่ WWR= 40% ทางด้านทิศตะวันตก (W)..... 217
ง.17 กราฟค่าใช้จ่ายตลอดอายุการใช้งานที่ต่ำที่สุดของผนังภายนอกอาคาร
ประเภทอาคาร 8 ชั่วโมง ที่ WWR= 40% ทางด้านทิศตะวันตกเฉียงเหนือ (NW)..... 218
ง.18 กราฟค่าใช้จ่ายตลอดอายุการใช้งานที่ต่ำที่สุดของผนังภายนอกอาคาร
ประเภทอาคาร 8 ชั่วโมง ที่ WWR= 60% ทางด้านทิศเหนือ (N)..... 220
ง.19 กราฟค่าใช้จ่ายตลอดอายุการใช้งานที่ต่ำที่สุดของผนังภายนอกอาคาร
ประเภทอาคาร 8 ชั่วโมง ที่ WWR= 60% ทางด้านทิศตะวันออกเฉียงเหนือ (NE)..... 221
ง.20 กราฟค่าใช้จ่ายตลอดอายุการใช้งานที่ต่ำที่สุดของผนังภายนอกอาคาร
ประเภทอาคาร 8 ชั่วโมง ที่ WWR= 60% ทางด้านทิศตะวันออก (E)..... 222
ง.21 กราฟค่าใช้จ่ายตลอดอายุการใช้งานที่ต่ำที่สุดของผนังภายนอกอาคาร
ประเภทอาคาร 8 ชั่วโมง ที่ WWR= 60% ทางด้านทิศตะวันออกเฉียงใต้ (SE)..... 223
ง.22 กราฟค่าใช้จ่ายตลอดอายุการใช้งานที่ต่ำที่สุดของผนังภายนอกอาคาร
ประเภทอาคาร 8 ชั่วโมง ที่ WWR= 60% ทางด้านทิศใต้ (S)..... 224
ง.23 กราฟค่าใช้จ่ายตลอดอายุการใช้งานที่ต่ำที่สุดของผนังภายนอกอาคาร
ประเภทอาคาร 8 ชั่วโมง ที่ WWR= 60% ทางด้านทิศตะวันตกเฉียงใต้ (SW)..... 225
ง.24 กราฟค่าใช้จ่ายตลอดอายุการใช้งานที่ต่ำที่สุดของผนังภายนอกอาคาร
ประเภทอาคาร 8 ชั่วโมง ที่ WWR= 60% ทางด้านทิศตะวันตก (W)..... 226

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ หน้า

ง.25 กราฟค่าใช้จ่ายตลอดอายุการใช้งานที่ต่ำที่สุดของผนังภายนอกอาคาร
ประเภทอาคาร 8 ชั่วโมง ที่ WWR= 60% ทางด้านทิศตะวันตกเฉียงเหนือ (NW)..... 227
ง.26 กราฟค่าใช้จ่ายตลอดอายุการใช้งานที่ต่ำที่สุดของผนังภายนอกอาคาร
ประเภทอาคาร 8 ชั่วโมง ที่ WWR= 80% ทางด้านทิศเหนือ (N)..... 229
ง.27 กราฟค่าใช้จ่ายตลอดอายุการใช้งานที่ต่ำที่สุดของผนังภายนอกอาคาร
ประเภทอาคาร 8 ชั่วโมง ที่ WWR= 80% ทางด้านทิศตะวันออกเฉียงเหนือ (NE)..... 230
ง.28 กราฟค่าใช้จ่ายตลอดอายุการใช้งานที่ต่ำที่สุดของผนังภายนอกอาคาร
ประเภทอาคาร 8 ชั่วโมง ที่ WWR= 80% ทางด้านทิศตะวันออก (E)..... 231
ง.29 กราฟค่าใช้จ่ายตลอดอายุการใช้งานที่ต่ำที่สุดของผนังภายนอกอาคาร
ประเภทอาคาร 8 ชั่วโมง ที่ WWR= 80% ทางด้านทิศตะวันออกเฉียงใต้ (SE)..... 232
ง.30 กราฟค่าใช้จ่ายตลอดอายุการใช้งานที่ต่ำที่สุดของผนังภายนอกอาคาร
ประเภทอาคาร 8 ชั่วโมง ที่ WWR= 80% ทางด้านทิศใต้ (S)..... 233
ง.31 กราฟค่าใช้จ่ายตลอดอายุการใช้งานที่ต่ำที่สุดของผนังภายนอกอาคาร
ประเภทอาคาร 8 ชั่วโมง ที่ WWR= 80% ทางด้านทิศตะวันตกเฉียงใต้ (SW)..... 234
ง.32 กราฟค่าใช้จ่ายตลอดอายุการใช้งานที่ต่ำที่สุดของผนังภายนอกอาคาร
ประเภทอาคาร 8 ชั่วโมง ที่ WWR= 80% ทางด้านทิศตะวันตก (W)..... 235
ง.33 กราฟค่าใช้จ่ายตลอดอายุการใช้งานที่ต่ำที่สุดของผนังภายนอกอาคาร
ประเภทอาคาร 8 ชั่วโมง ที่ WWR= 80% ทางด้านทิศตะวันตกเฉียงเหนือ (NW)..... 236
จ.1 กราฟค่าใช้จ่ายตลอดอายุการใช้งานที่ต่ำที่สุดของผนังภายนอกอาคาร
ประเภทอาคาร 12 ชั่วโมง ที่ WWR= 0%..... 239
จ.2 กราฟค่าใช้จ่ายตลอดอายุการใช้งานที่ต่ำที่สุดของผนังภายนอกอาคาร
ประเภทอาคาร 12 ชั่วโมง ที่ WWR= 20% ทางด้านทิศเหนือ (N)..... 242
จ.3 กราฟค่าใช้จ่ายตลอดอายุการใช้งานที่ต่ำที่สุดของผนังภายนอกอาคาร
ประเภทอาคาร 12 ชั่วโมง ที่ WWR= 20% ทางด้านทิศตะวันออกเฉียงเหนือ (NE)..... 243
จ.4 กราฟค่าใช้จ่ายตลอดอายุการใช้งานที่ต่ำที่สุดของผนังภายนอกอาคาร
ประเภทอาคาร 12 ชั่วโมง ที่ WWR= 20% ทางด้านทิศตะวันออก (E)..... 244
จ.5 กราฟค่าใช้จ่ายตลอดอายุการใช้งานที่ต่ำที่สุดของผนังภายนอกอาคาร
ประเภทอาคาร 12 ชั่วโมง ที่ WWR= 20% ทางด้านทิศตะวันออกเฉียงใต้ (SE)..... 245

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ หน้า

จ.6 กราฟค่าใช้จ่ายตลอดอายุการใช้งานที่ต่ำที่สุดของผนังภายนอกอาคาร
ประเภทอาคาร 12 ชั่วโมง ที่ WWR= 20% ทางด้านทิศใต้ (S)..... 246

จ.7 กราฟค่าใช้จ่ายตลอดอายุการใช้งานที่ต่ำที่สุดของผนังภายนอกอาคาร
ประเภทอาคาร 12 ชั่วโมง ที่ WWR= 20% ทางด้านทิศตะวันตกเฉียงใต้ (SW)..... 247

จ.8 กราฟค่าใช้จ่ายตลอดอายุการใช้งานที่ต่ำที่สุดของผนังภายนอกอาคาร
ประเภทอาคาร 12 ชั่วโมง ที่ WWR= 20% ทางด้านทิศตะวันตก (W)..... 248

จ.9 กราฟค่าใช้จ่ายตลอดอายุการใช้งานที่ต่ำที่สุดของผนังภายนอกอาคาร
ประเภทอาคาร 12 ชั่วโมง ที่ WWR= 20% ทางด้านทิศตะวันตกเฉียงเหนือ (NW)..... 249

จ.10 กราฟค่าใช้จ่ายตลอดอายุการใช้งานที่ต่ำที่สุดของผนังภายนอกอาคาร
ประเภทอาคาร 12 ชั่วโมง ที่ WWR= 40% ทางด้านทิศเหนือ (N)..... 251

จ.11 กราฟค่าใช้จ่ายตลอดอายุการใช้งานที่ต่ำที่สุดของผนังภายนอกอาคาร
ประเภทอาคาร 12 ชั่วโมง ที่ WWR= 40% ทางด้านทิศตะวันออกเฉียงเหนือ (NE)..... 252

จ.12 กราฟค่าใช้จ่ายตลอดอายุการใช้งานที่ต่ำที่สุดของผนังภายนอกอาคาร
ประเภทอาคาร 12 ชั่วโมง ที่ WWR= 40% ทางด้านทิศตะวันออก (E)..... 253

จ.13 กราฟค่าใช้จ่ายตลอดอายุการใช้งานที่ต่ำที่สุดของผนังภายนอกอาคาร
ประเภทอาคาร 12 ชั่วโมง ที่ WWR= 40% ทางด้านทิศตะวันออกเฉียงใต้ (SE)..... 254

จ.14 กราฟค่าใช้จ่ายตลอดอายุการใช้งานที่ต่ำที่สุดของผนังภายนอกอาคาร
ประเภทอาคาร 12 ชั่วโมง ที่ WWR= 40% ทางด้านทิศใต้ (S)..... 255

จ.15 กราฟค่าใช้จ่ายตลอดอายุการใช้งานที่ต่ำที่สุดของผนังภายนอกอาคาร
ประเภทอาคาร 12 ชั่วโมง ที่ WWR= 40% ทางด้านทิศตะวันตกเฉียงใต้ (SW)..... 256

จ.16 กราฟค่าใช้จ่ายตลอดอายุการใช้งานที่ต่ำที่สุดของผนังภายนอกอาคาร
ประเภทอาคาร 12 ชั่วโมง ที่ WWR= 40% ทางด้านทิศตะวันตก (W)..... 257

จ.17 กราฟค่าใช้จ่ายตลอดอายุการใช้งานที่ต่ำที่สุดของผนังภายนอกอาคาร
ประเภทอาคาร 12 ชั่วโมง ที่ WWR= 40% ทางด้านทิศตะวันตกเฉียงเหนือ (NW)..... 258

จ.18 กราฟค่าใช้จ่ายตลอดอายุการใช้งานที่ต่ำที่สุดของผนังภายนอกอาคาร
ประเภทอาคาร 12 ชั่วโมง ที่ WWR= 60% ทางด้านทิศเหนือ (N)..... 260

จ.19 กราฟค่าใช้จ่ายตลอดอายุการใช้งานที่ต่ำที่สุดของผนังภายนอกอาคาร
ประเภทอาคาร 12 ชั่วโมง ที่ WWR= 60% ทางด้านทิศตะวันออกเฉียงเหนือ (NE)..... 261

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ หน้า

จ.20 กราฟค่าใช้จ่ายตลอดอายุการใช้งานที่ต่ำที่สุดของผนังภายนอกอาคาร
ประเภทอาคาร 12 ชั่วโมง ที่ WWR= 60% ทางด้านทิศตะวันออก (E)..... 262

จ.21 กราฟค่าใช้จ่ายตลอดอายุการใช้งานที่ต่ำที่สุดของผนังภายนอกอาคาร
ประเภทอาคาร 12 ชั่วโมง ที่ WWR= 60% ทางด้านทิศตะวันออกเฉียงใต้ (SE)..... 263

จ.22 กราฟค่าใช้จ่ายตลอดอายุการใช้งานที่ต่ำที่สุดของผนังภายนอกอาคาร
ประเภทอาคาร 12 ชั่วโมง ที่ WWR= 60% ทางด้านทิศใต้ (S)..... 264

จ.23 กราฟค่าใช้จ่ายตลอดอายุการใช้งานที่ต่ำที่สุดของผนังภายนอกอาคาร
ประเภทอาคาร 12 ชั่วโมง ที่ WWR= 60% ทางด้านทิศตะวันตกเฉียงใต้ (SW)..... 265

จ.24 กราฟค่าใช้จ่ายตลอดอายุการใช้งานที่ต่ำที่สุดของผนังภายนอกอาคาร
ประเภทอาคาร 12 ชั่วโมง ที่ WWR= 60% ทางด้านทิศตะวันตก (W)..... 266

จ.25 กราฟค่าใช้จ่ายตลอดอายุการใช้งานที่ต่ำที่สุดของผนังภายนอกอาคาร
ประเภทอาคาร 12 ชั่วโมง ที่ WWR= 60% ทางด้านทิศตะวันตกเฉียงเหนือ (NW)..... 267

จ.26 กราฟค่าใช้จ่ายตลอดอายุการใช้งานที่ต่ำที่สุดของผนังภายนอกอาคาร
ประเภทอาคาร 12 ชั่วโมง ที่ WWR= 80% ทางด้านทิศเหนือ (N)..... 269

จ.27 กราฟค่าใช้จ่ายตลอดอายุการใช้งานที่ต่ำที่สุดของผนังภายนอกอาคาร
ประเภทอาคาร 12 ชั่วโมง ที่ WWR= 80% ทางด้านทิศตะวันออกเฉียงเหนือ (NE)..... 270

จ.28 กราฟค่าใช้จ่ายตลอดอายุการใช้งานที่ต่ำที่สุดของผนังภายนอกอาคาร
ประเภทอาคาร 12 ชั่วโมง ที่ WWR= 80% ทางด้านทิศตะวันออก (E)..... 271

จ.29 กราฟค่าใช้จ่ายตลอดอายุการใช้งานที่ต่ำที่สุดของผนังภายนอกอาคาร
ประเภทอาคาร 12 ชั่วโมง ที่ WWR= 80% ทางด้านทิศตะวันออกเฉียงใต้ (SE)..... 272

จ.30 กราฟค่าใช้จ่ายตลอดอายุการใช้งานที่ต่ำที่สุดของผนังภายนอกอาคาร
ประเภทอาคาร 12 ชั่วโมง ที่ WWR= 80% ทางด้านทิศใต้ (S)..... 273

จ.31 กราฟค่าใช้จ่ายตลอดอายุการใช้งานที่ต่ำที่สุดของผนังภายนอกอาคาร
ประเภทอาคาร 12 ชั่วโมง ที่ WWR= 80% ทางด้านทิศตะวันตกเฉียงใต้ (SW)..... 274

จ.32 กราฟค่าใช้จ่ายตลอดอายุการใช้งานที่ต่ำที่สุดของผนังภายนอกอาคาร
ประเภทอาคาร 12 ชั่วโมง ที่ WWR= 80% ทางด้านทิศตะวันตก (W)..... 275

จ.33 กราฟค่าใช้จ่ายตลอดอายุการใช้งานที่ต่ำที่สุดของผนังภายนอกอาคาร
ประเภทอาคาร 12 ชั่วโมง ที่ WWR= 80% ทางด้านทิศตะวันตกเฉียงเหนือ (NW)..... 276

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ หน้า

ฉ.1 กราฟค่าใช้จ่ายตลอดอายุการใช้งานที่ต่ำที่สุดของผนังภายนอกอาคาร
ประเภทอาคาร 24 ชั่วโมง ที่ WWR= 0%..... 279

ฉ.2 กราฟค่าใช้จ่ายตลอดอายุการใช้งานที่ต่ำที่สุดของผนังภายนอกอาคาร
ประเภทอาคาร 24 ชั่วโมง ที่ WWR= 20% ทางด้านทิศเหนือ (N)..... 282

ฉ.3 กราฟค่าใช้จ่ายตลอดอายุการใช้งานที่ต่ำที่สุดของผนังภายนอกอาคาร
ประเภทอาคาร 24 ชั่วโมง ที่ WWR= 20% ทางด้านทิศตะวันออกเฉียงเหนือ (NE)..... 283

ฉ.4 กราฟค่าใช้จ่ายตลอดอายุการใช้งานที่ต่ำที่สุดของผนังภายนอกอาคาร
ประเภทอาคาร 24 ชั่วโมง ที่ WWR= 20% ทางด้านทิศตะวันออก (E)..... 284

ฉ.5 กราฟค่าใช้จ่ายตลอดอายุการใช้งานที่ต่ำที่สุดของผนังภายนอกอาคาร
ประเภทอาคาร 24 ชั่วโมง ที่ WWR= 20% ทางด้านทิศตะวันออกเฉียงใต้ (SE)..... 285

ฉ.6 กราฟค่าใช้จ่ายตลอดอายุการใช้งานที่ต่ำที่สุดของผนังภายนอกอาคาร
ประเภทอาคาร 24 ชั่วโมง ที่ WWR= 20% ทางด้านทิศใต้ (S)..... 286

ฉ.7 กราฟค่าใช้จ่ายตลอดอายุการใช้งานที่ต่ำที่สุดของผนังภายนอกอาคาร
ประเภทอาคาร 24 ชั่วโมง ที่ WWR= 20% ทางด้านทิศตะวันตกเฉียงใต้ (SW)..... 287

ฉ.8 กราฟค่าใช้จ่ายตลอดอายุการใช้งานที่ต่ำที่สุดของผนังภายนอกอาคาร
ประเภทอาคาร 24 ชั่วโมง ที่ WWR= 20% ทางด้านทิศตะวันตก (W)..... 288

ฉ.9 กราฟค่าใช้จ่ายตลอดอายุการใช้งานที่ต่ำที่สุดของผนังภายนอกอาคาร
ประเภทอาคาร 24 ชั่วโมง ที่ WWR= 20% ทางด้านทิศตะวันตกเฉียงเหนือ (NW)..... 289

ฉ.10 กราฟค่าใช้จ่ายตลอดอายุการใช้งานที่ต่ำที่สุดของผนังภายนอกอาคาร
ประเภทอาคาร 24 ชั่วโมง ที่ WWR= 40% ทางด้านทิศเหนือ (N)..... 291

ฉ.11 กราฟค่าใช้จ่ายตลอดอายุการใช้งานที่ต่ำที่สุดของผนังภายนอกอาคาร
ประเภทอาคาร 24 ชั่วโมง ที่ WWR= 40% ทางด้านทิศตะวันออกเฉียงเหนือ (NE)..... 292

ฉ.12 กราฟค่าใช้จ่ายตลอดอายุการใช้งานที่ต่ำที่สุดของผนังภายนอกอาคาร
ประเภทอาคาร 24 ชั่วโมง ที่ WWR= 40% ทางด้านทิศตะวันออก (E)..... 293

ฉ.13 กราฟค่าใช้จ่ายตลอดอายุการใช้งานที่ต่ำที่สุดของผนังภายนอกอาคาร
ประเภทอาคาร 24 ชั่วโมง ที่ WWR= 40% ทางด้านทิศตะวันออกเฉียงใต้ (SE)..... 294

ฉ.14 กราฟค่าใช้จ่ายตลอดอายุการใช้งานที่ต่ำที่สุดของผนังภายนอกอาคาร
ประเภทอาคาร 24 ชั่วโมง ที่ WWR= 40% ทางด้านทิศใต้ (S)..... 295

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ หน้า

ฉ.15 กราฟค่าใช้จ่ายตลอดอายุการใช้งานที่ต่ำที่สุดของผนังภายนอกอาคาร
ประเภทอาคาร 24 ชั่วโมง ที่ WWR= 40% ทางด้านทิศตะวันตกเฉียงใต้ (SW)..... 296
ฉ.16 กราฟค่าใช้จ่ายตลอดอายุการใช้งานที่ต่ำที่สุดของผนังภายนอกอาคาร
ประเภทอาคาร 24 ชั่วโมง ที่ WWR= 40% ทางด้านทิศตะวันตก (W)..... 297
ฉ.17 กราฟค่าใช้จ่ายตลอดอายุการใช้งานที่ต่ำที่สุดของผนังภายนอกอาคาร
ประเภทอาคาร 24 ชั่วโมง ที่ WWR= 40% ทางด้านทิศตะวันตกเฉียงเหนือ (NW)..... 298
ฉ.18 กราฟค่าใช้จ่ายตลอดอายุการใช้งานที่ต่ำที่สุดของผนังภายนอกอาคาร
ประเภทอาคาร 24 ชั่วโมง ที่ WWR= 60% ทางด้านทิศเหนือ (N)..... 300
ฉ.19 กราฟค่าใช้จ่ายตลอดอายุการใช้งานที่ต่ำที่สุดของผนังภายนอกอาคาร
ประเภทอาคาร 24 ชั่วโมง ที่ WWR= 60% ทางด้านทิศตะวันออกเฉียงเหนือ (NE)..... 301
ฉ.20 กราฟค่าใช้จ่ายตลอดอายุการใช้งานที่ต่ำที่สุดของผนังภายนอกอาคาร
ประเภทอาคาร 24 ชั่วโมง ที่ WWR= 60% ทางด้านทิศตะวันออก (E)..... 302
ฉ.21 กราฟค่าใช้จ่ายตลอดอายุการใช้งานที่ต่ำที่สุดของผนังภายนอกอาคาร
ประเภทอาคาร 24 ชั่วโมง ที่ WWR= 60% ทางด้านทิศตะวันออกเฉียงใต้ (SE)..... 303
ฉ.22 กราฟค่าใช้จ่ายตลอดอายุการใช้งานที่ต่ำที่สุดของผนังภายนอกอาคาร
ประเภทอาคาร 24 ชั่วโมง ที่ WWR= 60% ทางด้านทิศใต้ (S)..... 304
ฉ.23 กราฟค่าใช้จ่ายตลอดอายุการใช้งานที่ต่ำที่สุดของผนังภายนอกอาคาร
ประเภทอาคาร 24 ชั่วโมง ที่ WWR= 60% ทางด้านทิศตะวันตกเฉียงใต้ (SW)..... 305
ฉ.24 กราฟค่าใช้จ่ายตลอดอายุการใช้งานที่ต่ำที่สุดของผนังภายนอกอาคาร
ประเภทอาคาร 24 ชั่วโมง ที่ WWR= 60% ทางด้านทิศตะวันตก (W)..... 306
ฉ.25 กราฟค่าใช้จ่ายตลอดอายุการใช้งานที่ต่ำที่สุดของผนังภายนอกอาคาร
ประเภทอาคาร 24 ชั่วโมง ที่ WWR= 60% ทางด้านทิศตะวันตกเฉียงเหนือ (NW)..... 307
ฉ.26 กราฟค่าใช้จ่ายตลอดอายุการใช้งานที่ต่ำที่สุดของผนังภายนอกอาคาร
ประเภทอาคาร 24 ชั่วโมง ที่ WWR= 80% ทางด้านทิศเหนือ (N)..... 309
ฉ.27 กราฟค่าใช้จ่ายตลอดอายุการใช้งานที่ต่ำที่สุดของผนังภายนอกอาคาร
ประเภทอาคาร 24 ชั่วโมง ที่ WWR= 80% ทางด้านทิศตะวันออกเฉียงเหนือ (NE)..... 310
ฉ.28 กราฟค่าใช้จ่ายตลอดอายุการใช้งานที่ต่ำที่สุดของผนังภายนอกอาคาร
ประเภทอาคาร 24 ชั่วโมง ที่ WWR= 80% ทางด้านทิศตะวันออก (E)..... 311

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ หน้า

ฉ.29 กราฟค่าใช้จ่ายตลอดอายุการใช้งานที่ต่ำที่สุดของผนังภายนอกอาคาร
ประเภทอาคาร 24 ชั่วโมง ที่ WWR= 80% ทางด้านทิศตะวันออกเฉียงใต้ (SE)..... 312

ฉ.30 กราฟค่าใช้จ่ายตลอดอายุการใช้งานที่ต่ำที่สุดของผนังภายนอกอาคาร
ประเภทอาคาร 24 ชั่วโมง ที่ WWR= 80% ทางด้านทิศใต้ (S)..... 313

ฉ.31 กราฟค่าใช้จ่ายตลอดอายุการใช้งานที่ต่ำที่สุดของผนังภายนอกอาคาร
ประเภทอาคาร 24 ชั่วโมง ที่ WWR= 80% ทางด้านทิศตะวันตกเฉียงใต้ (SW)..... 314

ฉ.32 กราฟค่าใช้จ่ายตลอดอายุการใช้งานที่ต่ำที่สุดของผนังภายนอกอาคาร
ประเภทอาคาร 24 ชั่วโมง ที่ WWR= 80% ทางด้านทิศตะวันตก (W)..... 315

ฉ.33 กราฟค่าใช้จ่ายตลอดอายุการใช้งานที่ต่ำที่สุดของผนังภายนอกอาคาร
ประเภทอาคาร 24 ชั่วโมง ที่ WWR= 80% ทางด้านทิศตะวันตกเฉียงเหนือ (NW)..... 316

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญของโครงงาน

ประเทศไทยในปัจจุบันมีสภาพภูมิอากาศที่ร้อนขึ้นมาก อิทธิพลความร้อนจากดวงอาทิตย์เกิดการถ่ายเทความร้อนสู่วัสดุผนังภายนอกอาคาร จึงจำเป็นต้องติดตั้งเครื่องปรับอากาศเพื่อสร้างสภาวะสบายเชิงความร้อน (Thermal comfortable) ให้แก่ผู้อยู่อาศัยในอาคาร โดยภาระความร้อนของเครื่องปรับอากาศจะมาจากสองส่วนหลักๆ คือ ภาระความร้อนที่เกิดจากภายในอาคาร (Internal cooling load) เช่น คน เครื่องจักร อุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้าต่างๆ ที่อยู่ภายในอาคาร และภาระความร้อนที่เกิดภายนอกอาคาร (External cooling load) เช่น ผนังทึบ ผนังโปร่งแสง ได้แก่ กระจก เป็นต้น โดยอิทธิพลดังกล่าวสร้างภาระให้กับเครื่องปรับอากาศ ทำให้เครื่องปรับอากาศใช้พลังงานไฟฟ้ามาก ซึ่งเป็นการสิ้นเปลืองค่าใช้จ่าย ซึ่งในปัจจุบัน ผนังทุกด้านใช้วัสดุเหมือนกันทั้งหมด โดยความเป็นจริงแล้วผนังแต่ละด้านได้รับความร้อนไม่เท่ากัน งานวิจัยนี้จึงศึกษา ผนังด้านต่างๆ ที่ได้รับความร้อนควรเลือกใช้วัสดุผนังที่เหมาะสมในแต่ละด้าน ของอาคารทั้ง 3 ประเภท คือ ประเภท ก. สถานศึกษา สำนักงาน ประเภท ข. โรงมหรสพ ศูนย์การค้า สถานบริการ ห้างสรรพสินค้า อาคารชุมนุมคน และประเภท ค. โรงแรม สถานพยาบาล อาคารชุด ตามกฎกระทรวงกำหนดประเภทหรือขนาดของอาคาร มาตรฐานหลักเกณฑ์ และวิธีการในการออกแบบอาคาร เพื่อการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ. 2552 โดยเลือกใช้วัสดุผนังภายนอกอาคารที่มีค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวม (Overall Heat Transfer Coefficient :U) ต่ำ และทิศทางทั้ง 8 ทิศที่รับอิทธิพลความร้อนจากดวงอาทิตย์ไม่เท่ากัน เพื่อลดภาระการถ่ายเทความร้อนให้ต่ำลง

ด้วยเหตุผลข้างต้นคณะผู้จัดทำจึงมีแนวคิดที่จะศึกษา วิเคราะห์เพื่อหาวัสดุผนังภายนอกอาคารที่เหมาะสมกับตำแหน่งที่ตั้ง และทิศทางของอาคารทั้ง 3 ประเภทในจังหวัดพิษณุโลก ซึ่งตั้งอยู่ละติจูดที่ 16 องศาเหนือ เพื่อให้ค่าการใช้จ่ายตลอดอายุการใช้งาน (Life Cycle Cost :LCC) ของวัสดุผนังภายนอกอาคาร และเครื่องปรับอากาศมีค่าต่ำที่สุด

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน

1.2.1 ศึกษาและเปรียบเทียบค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวม (Overall heat transfer coefficient :U) และค่าการถ่ายเทความร้อน (Heat Transfer :Q) ผ่านวัสดุผนังภายนอกอาคาร ทั้ง 8 ทิศ ในจังหวัดพิษณุโลก

1.2.2 เพื่อเปรียบเทียบวัสดุกรอบอาคารและสามารถเลือกวัสดุของห้องปรับอากาศทั้ง 3 ประเภทอาคารที่เหมาะสมทั้ง 8 ทิศ ที่ทำให้ค่าใช้จ่ายตลอดอายุการใช้งาน (Life Cycle Cost :LCC) มีค่าต่ำที่สุด ในจังหวัดพิษณุโลก

1.3 ขอบเขตของโครงงาน

1.3.1 ศึกษาเปรียบเทียบวัสดุผนังอาคารทั้ง 3 ประเภท ซึ่งแบ่งตามชั่วโมงการใช้งานของแต่ละประเภทอาคารเป็น 8, 12 และ 24 ชั่วโมงตามลำดับ ตามกฎกระทรวง กำหนดประเภท หรือขนาดของอาคาร และมาตรฐาน หลักเกณฑ์ และวิธีการในการออกแบบอาคารเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ. 2552

1.3.2 กำหนดจำนวนคนเข้าใช้งานอาคารทั้ง 3 ประเภท ได้แก่ ประเภทอาคาร 8 ชั่วโมง จำนวน 2 คน ประเภทอาคาร 12 ชั่วโมง จำนวน 10 คน และประเภทอาคาร 24 ชั่วโมง จำนวน 2 คน

1.3.3 เปรียบเทียบผนังทึบแสง 2 กลุ่มได้แก่ กลุ่มผนังอิฐมวลเบา กลุ่มผนังอิฐมอญ โดยกลุ่มผนังทั้ง 2 กลุ่มติดฉนวน Polyurethane Foam (PU Foam) ขนาดความหนา 2, 4, 6 และ 8 นิ้ว ทั้ง 3 ประเภทอาคาร ตามกฎกระทรวง กำหนดประเภท หรือขนาดของอาคาร และมาตรฐาน หลักเกณฑ์ และวิธีการในการออกแบบอาคารเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ. 2552

1.3.4 พิจารณาอัตราส่วนพื้นที่กระจกต่อพื้นที่ผนังทึบติดฉนวนใยแก้ว (Window to Wall Ratio :WWR) ตั้งแต่ค่า 0 ถึง 80 % โดยใช้กระจก 3 ประเภท ได้แก่ กระจกใส กระจกลามิเนต และกระจกฉนวน ซึ่งแต่ละประเภทมีความหนา 6 มิลลิเมตร

1.3.5 ตำแหน่งทิศที่ตั้งของอาคาร ทั้ง 8 ทิศ ได้แก่ ทิศเหนือ, ทิศใต้, ทิศตะวันออก, ทิศตะวันตก, ทิศตะวันออกเฉียงเหนือ, ทิศตะวันออกเฉียงใต้, ทิศตะวันตกเฉียงเหนือ และทิศตะวันตกเฉียงใต้ ในละติจูดที่ 16 องศาเหนือ จังหวัดพิษณุโลก

1.3.6 คำนวณภาระทำความเย็นสูงสุด (Peak cooling load) โดยวิธีการคำนวณแบบ Cooling Load Temperature Difference (CLTD) / Cooling Load Factor (CLF) ตามมาตรฐานของสมาคม

วิศวกรรมการทำความร้อน การทำความเย็น และระบบปรับอากาศแห่งสหรัฐอเมริกา (American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineer, Inc. ; ASHRAE)

1.3.7 ราคาวัสดุกรอบอาคารและค่าแรงในการก่อสร้าง (Building Envelope Cost ;BEC) อ้างอิงข้อมูลจากบัญชีค่าวัสดุและค่าแรงของสำนักดัชนีเศรษฐกิจการค้า กระทรวงพาณิชย์ พ.ศ.2561

1.3.8 อาคารติดตั้งเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน (Split Type) แบบชนิดแขวน (Ceiling Type) ราคาเครื่องปรับอากาศและค่าแรงในการติดตั้ง (Air conditioner Cost ;AC) อ้างอิงข้อมูลจากบัญชีราคามาตรฐานครุภัณฑ์สำนักมาตรฐานงบประมาณ พ.ศ. 2561

1.3.9 มูลค่าปัจจุบันสุทธิด้านพลังงานไฟฟ้า (Energy Cost ;EC) ของเครื่องปรับอากาศตลอดระยะเวลา 15 ปี

1.3.10 ค่าใช้จ่ายตลอดอายุการใช้งาน (Life Cycle Cost ;LCC) พิจารณาเฉพาะราคาวัสดุกรอบอาคารและค่าแรงในการก่อสร้าง (BEC) ที่มีผลต่อระบบปรับอากาศ ราคาเครื่องปรับอากาศและค่าแรงในการติดตั้ง (AC) และมูลค่าปัจจุบันสุทธิด้านพลังงานไฟฟ้า (EC) ของเครื่องปรับอากาศตลอดระยะเวลา 15 ปี

1.4 แผนการดำเนินโครงงาน

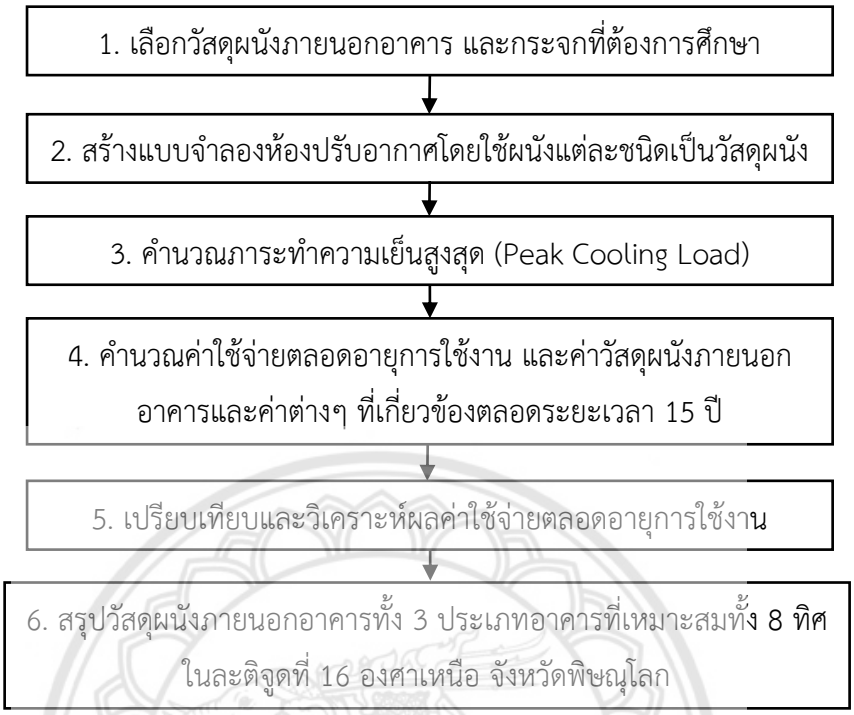
ตารางที่ 1.1 แผนการดำเนินโครงงาน

กิจกรรม	ระยะเวลา								
	พ.ศ.2561					พ.ศ.2562			
	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.
1.4.1 ศึกษาหลักการและทฤษฎีต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับโครงงาน									
1.4.2 ศึกษาตำแหน่งที่ตั้ง และวัสดุผนังภายนอกอาคาร									
1.4.3 ศึกษาผนังทึบแสง และผนังโปร่งแสง สร้างแบบจำลองของห้องปรับอากาศ									

ตารางที่ 1.1 (ต่อ) แผนการดำเนินโครงงาน

กิจกรรม	ระยะเวลา								
	พ.ศ.2561					พ.ศ.2562			
	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.
1.4.4 คำนวณภาระทำความเย็นสูงสุด และคำนวณค่าใช้จ่ายตลอดอายุการใช้งาน									
1.4.5 เปรียบเทียบค่าใช้จ่ายตลอดอายุการใช้งานของวัสดุผนังภายนอกอาคารในแต่ละทิศทาง									
1.4.6 วิเคราะห์ผลค่าใช้จ่ายตลอดอายุการใช้งานที่ต่ำที่สุด									
1.4.7 สรุปผลที่ได้และจัดทำรูปเล่มปริญญานิพนธ์									

1.5 วิธีการดำเนินโครงงาน



รูปที่ 1.1 ผังแสดงวิธีการดำเนินโครงงาน

1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากโครงงาน

1.6.1 สามารถทราบค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวม (Overall heat transfer coefficient :U) และค่าการถ่ายเทความร้อนของวัสดุผนังภายนอกอาคารแต่ละชนิดว่าแตกต่างกันอย่างไรในแต่ละทิศทางของอาคารในจังหวัดพิษณุโลกได้

1.6.2 สามารถเลือกใช้วัสดุผนังภายนอกอาคารของห้องปรับอากาศทั้ง 3 ประเภทอาคารได้อย่างเหมาะสมทุกทิศทางที่ทำให้ค่าใช้จ่ายตลอดอายุอายุการใช้งาน (Life Cycle Cost :LCC) มีค่าต่ำที่สุดในจังหวัดพิษณุโลกได้

1.6.3 สามารถใช้เป็นแนวทางในการออกแบบหรือปรับปรุงอาคารให้กับสถาปนิก วิศวกร หรือประชาชนทั่วไป ในการตัดสินใจเลือกวัสดุผนังภายนอกอาคารให้สอดคล้องกับทิศทางเพื่อลดการใช้พลังงานไฟฟ้าของระบบปรับอากาศได้

1.7 งบประมาณ

1.7.1 กระดาษ	500	บาท
1.7.2 จัดทำรูปเล่ม	2,000	บาท
1.7.3 ค่าอุปกรณ์อื่นๆ	500	บาท

บทที่ 2
หลักการและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

นายภัทรพงษ์ วัฒนาจรัสแสง นายวิชยุตม์ นาคประเสริฐ และนายศักดิ์ชัยเจริญศิลป์ สาขาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร ปีการศึกษา 2560 ได้ศึกษาเกี่ยวกับวัสดุผนังภายนอกอาคารที่เหมาะสมสำหรับห้องปรับอากาศ กรณีศึกษา จังหวัดพิษณุโลกโดยศึกษาวัสดุกรอบอาคาร ได้แก่ ผนังอิฐมอญ และผนังอิฐมวลเบา แต่ละกลุ่มผนังแยกเป็นผนังชั้นเดียว ผนังสองชั้น ผนังชั้นเดียวหุ้มฉนวน 2, 4, 6 และ 8 นิ้ว กระจกใส กระจกฉนวน และกระจกเขียว แต่ละกลุ่มใช้ Window to Wall Ratio เป็นร้อยละ 0, 20, 40, 60 และ 80 โดยค่าใช้จ่ายตลอดอายุการใช้งานจะแบ่งเป็น ค่าเครื่องปรับอากาศและค่าแรงในการติดตั้ง ค่าใช้จ่ายด้านพลังงานไฟฟ้า และค่าวัสดุและค่าแรงในการก่อสร้าง

จากการศึกษาเพื่อหาค่าใช้จ่ายตลอดอายุการใช้งานต่ำที่สุด พบว่า อัตราส่วนพื้นที่กระจกต่อพื้นที่ผนังร้อยละ 0 (ไม่มีผนังโปร่งแสง) ทุกทิศทาง ได้แก่ผนังอิฐมวลเบาชั้นเดียวบุฉนวนใยแก้ว 4 นิ้ว อัตราส่วนพื้นที่กระจกต่อพื้นที่ผนังร้อยละ 20, 40 และ 80 ในทิศใต้ ตะวันตก ตะวันตกเฉียงใต้และตะวันตกเฉียงเหนือ ได้แก่ผนังอิฐมวลเบาชั้นเดียวบุฉนวนใยแก้ว 4 นิ้วและกระจกเขียว ในส่วนของอัตราส่วนพื้นที่กระจกต่อพื้นที่ผนังร้อยละ 60 ในทิศเหนือ ตะวันออก ตะวันออกเฉียงเหนือและตะวันออกเฉียงใต้ ได้แก่ผนังอิฐมวลเบาชั้นเดียวบุฉนวนใยแก้ว 2 นิ้วและกระจกเขียว

นายนัฐวัฒน์ พิมพ์สารี นายศิริพงษ์ ชัยอาจ และ นางสาวไพลิน เถาวัลย์ดี สาขาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร ปีการศึกษา 2559 ได้ศึกษาค่าใช้จ่ายตลอดอายุการใช้งานกับการตัดสินใจออกแบบกรอบอาคาร Start up and Innovation มหาวิทยาลัยนเรศวร โดยศึกษาวัสดุกรอบอาคาร ได้แก่ ผนังอิฐมอญ ผนังอิฐมวลเบา ผนังไฟเบอร์ซีเมนต์บอร์ด กระจก และหลังคาเมทัลชีท แต่ละกลุ่มผนังแยกเป็นผนังชั้นเดียว ผนังสองชั้น ผนังชั้นเดียวหุ้มฉนวน 2, 4 และ 6 นิ้ว กระจกชั้นเดียว กระจกสองชั้นหุ้มฉนวน หลังคาเมทัลชีท และหลังคาเมทัลชีทหุ้มฉนวน 2 นิ้ว และ 6 นิ้ว มีห้องที่ศึกษา 2 ห้องได้แก่ 1) Creative Space มีพื้นที่ปรับอากาศ 96 ตารางเมตร มีค่า Window to wall ratio

เท่ากับ 0.61 2) Working Space มีพื้นพี่ปรับอากาศ 300 ตารางเมตร มีค่า Window to wall ratio เท่ากับ 0.29 มีพื้นที่หลังคาต่อพื้นที่ผนังเท่ากับ 1.4 โดยค่าใช้จ่ายตลอดอายุการใช้งานจะแบ่งเป็นค่าเครื่องปรับอากาศและค่าแรงในการติดตั้ง ค่าใช้จ่ายด้านพลังงานไฟฟ้า และค่าวัสดุและค่าแรงในการก่อสร้าง

จากการศึกษาพบว่า กรอบอาคารอิฐมอญชั้นเดียว หลังคาเมทัลชีท และกระจกใสชั้นเดียว มีค่าใช้จ่ายตลอดอายุการใช้งานสูงสุด และกรอบอาคารอิฐมวลเบาบุฉนวน 4 นิ้ว หลังคาเมทัลชีทบุฉนวน 6 นิ้ว และใช้กระจกฉนวน 2 ชั้น มีค่าใช้จ่ายตลอดอายุการใช้งานต่ำที่สุด

อุทัย ศุจิสกุลวงศ์ สาขาวิชาสถาปัตยกรรม คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ปีการศึกษา 2543 ได้ศึกษาถึงพฤติกรรมในการถ่ายเทความร้อนผ่านผนังที่ใช้วัสดุก่อ และศึกษาถึงตัวแปรที่มีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิผิวผนังเพื่อที่จะนำไปพัฒนารูปแบบและความเหมาะสมของวัสดุก่อผนังสำหรับภูมิอากาศร้อนชื้น ในงานวิจัยครั้งนี้จึงได้เลือกผนังทดสอบที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลาย ได้แก่ ผนังก่ออิฐฉาบปูน 4 นิ้ว ผนังก่ออิฐฉาบปูน 8 นิ้ว ผนังก่ออิฐฉาบปูน 8 นิ้วที่มีช่องอากาศ ผนังวัสดุก่อมวลเบา และระบบผนังที่มีฉนวนกันความร้อนภายนอกหนา 3 นิ้ว โดยมีอาคารทดลองและกล่องทดลองที่นำมาทดสอบวัสดุผนัง มีการเก็บข้อมูลลมในวัน เวลาเดียวกัน และสถานที่เดียวกันเพื่อที่จะนำมาเปรียบเทียบข้อมูลแต่ละชุดได้ ในการทดลองชุดนี้เป็นการจำลองสภาพการเปลี่ยนแปลงของอิทธิพลต่างๆ เช่น กระแสลม แสงแดด เป็นต้น โดยมีเครื่องวัดอุณหภูมิ (Data Logger) ซึ่งอาศัยการเปลี่ยนแปลงของกระแสไฟฟ้าที่หัววัดอุณหภูมิแล้วแปลงค่าเป็นองศาเซลเซียส

ผลการวิจัยสามารถสรุปได้ว่า ผนังที่เหมาะสมสำหรับภูมิอากาศแบบร้อนชื้นนั้นควรมีการผสมผสานระหว่างมวลสารของผนังและฉนวนป้องกันความร้อน และสำหรับอาคารปรับอากาศผนังควรที่จะมีการติดตั้งฉนวนกันความร้อนที่ผิวภายนอกเพื่อช่วยสกัดกั้นความร้อนจากอิทธิพลต่างๆ ภายนอกและผิวผนังภายในมีมวลสารน้อยเพื่อลดภาระในการทำความเย็นในช่วงเปิดเครื่องปรับอากาศผนังควรที่จะเป็นสีอ่อนและมีการบังเงาให้กับผนังเพื่อลดความรุนแรงจากอิทธิพลของรังสีดวงอาทิตย์

นางสาวอัญชนา สังขะกูล สาขาวิชาสถาปัตยกรรม คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ปีการศึกษา 2553 ได้ศึกษาอิทธิพลของมวลสารผนังภายนอก และทิศทางที่มีผลต่อการประหยัดพลังงาน ของอาคารพักอาศัยในภูมิอากาศร้อนชื้น โดยทำการศึกษาผนังภายนอก 3 แบบ ได้แก่ ผนังอิฐมวลเบา ผนังอิฐมอญก่อครึ่งแผ่นพร้อมใส่ฉนวนโฟม Polystyrene Foam (PS FOAM)

หนา 0.12 นิ้ว และผนังอิฐมอญก่อเต็มแผ่นพร้อมใส่ฉนวนโฟม Polystyrene Foam และทำการหมุนห้องทดลองทั้ง 8 ทิศ เพื่อศึกษาหาผลกระทบของอิทธิพลความร้อนต่อผนังชนิดต่างๆ ในแต่ละทิศ โดยทำการศึกษาพื้นที่จังหวัดสงขลา (ละติจูด 6 องศาเหนือ) ระยะเวลาการทดลองเดือนเมษายนถึงเดือนกรกฎาคม

จากการศึกษาพบว่าผนังอิฐมอญก่อเต็มแผ่นพร้อมใส่ฉนวนโฟม Polystyrene Foam หนา 0.27 นิ้ว มีประสิทธิภาพในการประหยัดพลังงานดีที่สุด เมื่อทิศใต้มีอุณหภูมิเฉลี่ยตลอดทั้งวันมีค่าสูงสุด และทิศตะวันตกเฉียงเหนือมีอุณหภูมิเฉลี่ยตลอดทั้งวันมีค่าต่ำสุด

2.2 ระบบกรอบอาคาร

ในงานวิจัยครั้งนี้ผู้จัดทำได้มีการนำมาตรฐานในการออกแบบระบบกรอบอาคาร จาก กฎกระทรวง หัวข้อ กำหนดประเภท หรือขนาดของอาคาร และมาตรฐาน หลักเกณฑ์ และวิธีการ ในการออกแบบอาคารเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ. 2552 ในหมวดที่ 2 หัวข้อ มาตรฐานและหลักเกณฑ์ในการออกแบบอาคาร ส่วนที่ 1 คือ ระบบกรอบอาคาร คือ

2.2.1 ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมอาคาร

2.2.1.1 ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนังด้านนอกของอาคารในส่วนที่มีการปรับอากาศให้คำนวณจากค่าเฉลี่ยที่ถ่วงน้ำหนักของค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนังด้านนอกของอาคารและด้านรวมกัน โดยส่วนที่มีการปรับอากาศในแต่ละประเภทของอาคารต้องมีค่าไม่เกิน ดังตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 ตารางแสดงค่าค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนังด้านนอกของอาคาร

ประเภทอาคาร	ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนังด้านนอกของอาคาร (วัตต์ต่อตารางเมตร)
ก. สถานศึกษา สำนักงาน	50
ข. โรงมหรสพ ศูนย์การค้า สถานบริการ สถานบริการห้างสรรพสินค้า อาคารชุมนุมคน	40
ค. โรงแรม สถานพยาบาล อาคารชุด	30

ที่มา : ราชกิจจานุเบกษา เล่ม 126 ตอนที่ 12 ก เมื่อ 20 กุมภาพันธ 2552 (หน้าที่ 9)

2.2.1.2 วิธีการ ในการออกแบบอาคารเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ. 2552 ในหมวดที่ 2 หัวข้อ มาตรฐานและหลักเกณฑ์ในการออกแบบอาคาร ส่วนที่ 2 คือ ระบบไฟฟ้าแสงสว่าง การใช้ไฟฟ้าส่องสว่างภายในอาคารต้องให้ได้ระดับความส่องสว่างสำหรับงานแต่ละประเภทอย่างเพียงพอและเป็นไปตามกฎหมายว่าด้วยการควบคุมอาคารหรือกฎหมายเฉพาะว่าด้วยการนั้นกำหนด อุปกรณ์ไฟฟ้าสำหรับใช้ส่องสว่างภายในอาคารต้องใช้กำลังไฟฟ้าในแต่ละประเภทของอาคารมีค่าไม่เกิน ดังตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.2 ตารางแสดงค่ากำลังไฟส่องสว่างสูงสุด

ประเภทอาคาร	ค่ากำลังไฟส่องสว่างสูงสุด (วัตต์ต่อตารางเมตรของพื้นที่ใช้งาน)
ก. สถานศึกษา สำนักงาน	14
ข. โรงมหรสพ ศูนย์การค้า สถานบริการ สถานบริการห้างสรรพสินค้า อาคารชุมนุมคน	18
ค. โรงแรม สถานพยาบาล อาคารชุด	12

ที่มา : ราชกิจจานุเบกษา เล่ม 126 ตอนที่ 12 ก เมื่อ 20 กุมภาพันธ 2552 (หน้าที่ 9)

2.3 ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวม (Overall Heat Transfer Coefficient ;U)

2.3.1 ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวม (Overall Heat Transfer Coefficient ;U)

ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวม (U) คือ ส่วนกลับของค่าความต้านทานความร้อนรวม ซึ่งคำนวณได้จากสมการที่ 2.1

$$U = \frac{1}{R_T} \qquad (2.1)$$

เมื่อ R_T คือ ค่าความต้านทานความร้อนรวม

2.3.2 ค่าความต้านทานความร้อนของวัสดุ (R)

ค่าความต้านทานความร้อน (m^2-K/W) คือ พื้นที่ผนังหรือพื้นที่หลังคาที่มีผลต่างอุณหภูมิระหว่างพื้นที่ผิวทั้ง 2 ด้านเป็น 1 K เมื่อมีความร้อนถ่ายเทผ่าน 1 W ค่าความต้านทานความร้อนของวัสดุใด ๆ สามารถหาได้จากสมการที่ 2.2

$$R = \frac{\Delta x}{K} \qquad (2.2)$$

เมื่อ Δx คือ ค่าความหนาของวัสดุ (m)

K คือ ค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนของวัสดุ (W/m-K)

2.3.3 ค่าความต้านทานความร้อนรวม (R_T)

การคำนวณค่าความต้านทานความร้อนรวม (R_T) คือ ผลรวมค่าความต้านทานความร้อนของผนังหรือหลังคากับค่าความต้านทานความร้อนของฟิล์มอากาศ ซึ่งชนิดของค่าความต้านทานความร้อนรวมแบ่งเป็น 3 กรณีดังนี้

2.3.3.1 กรณีผนังและหลังคาอาคารประกอบด้วยวัสดุชนิดเดียว ให้คำนวณจากสมการที่ 2.3 ดังนี้

$$R_T = R_O + \frac{\Delta x}{k} + R_i \qquad (2.3)$$

เมื่อ R_o และ R_i คือ ค่าความต้านทานความร้อนของฟิล์มอากาศภายนอกและด้านในอาคาร (m^2-K/W) ตามลำดับ

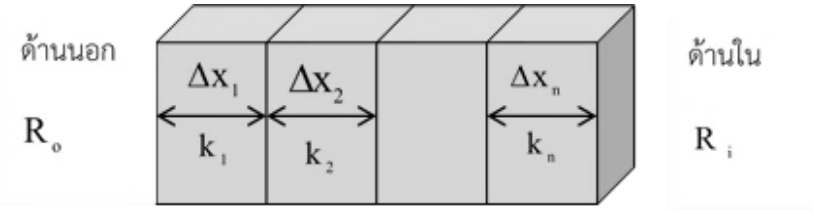
2.3.3.2 กรณีผนังและหลังคาอาคารประกอบด้วยวัสดุหลายชนิด

ค่าความต้านทานความร้อนรวม (R_T) ของส่วนใด ๆ ของผนังและหลังคาอาคารซึ่งประกอบด้วยวัสดุ n ชนิดที่แตกต่างกัน ดังรูปที่ 2.1 ให้คำนวณจากสมการที่ 2.4 ดังนี้

$$R_T = R_O + \frac{\Delta x_1}{k_1} + \frac{\Delta x_2}{k_2} + \ldots + \frac{\Delta x_n}{k_n} + R_i \qquad (2.4)$$

เมื่อ $\Delta x_1, \Delta x_2, \Delta x_3, \ldots, \Delta x_n$ คือ ค่าความหนาของวัสดุแต่ละชนิดที่ประกอบเป็นผนังและหลังคาอาคาร (m)

$k_1, k_2, k_3, \ldots, k_n$ คือ สัมประสิทธิ์การนำความร้อนของวัสดุแต่ละชนิดที่ประกอบเป็นผนังและหลังคาอาคาร (W/m^2-K)



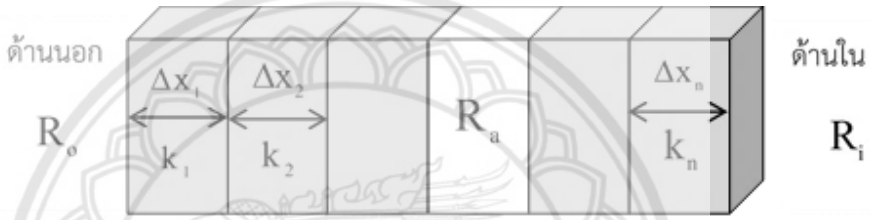
รูปที่ 2.1 สภาพการถ่ายเทความร้อนผ่านผนังและหลังคาอาคารซึ่งมีโครงสร้างประกอบขึ้นจากวัสดุแตกต่างกัน n ชนิด

2.3.3.3 กรณีผนังและหลังคาอาคารมีช่องว่างอากาศอยู่ภายใน

ค่าความต้านทานความร้อนรวม (R_T) ของส่วนใด ๆ ของผนังและหลังคาอาคาร ซึ่งประกอบด้วยวัสดุ n ชนิดที่แตกต่างกัน และมีช่องว่างอากาศภายใน ดังรูปที่ 2.2 ให้คำนวณจากสมการที่ 2.5 ดังนี้

$$R_T = R_O + \frac{\Delta x_1}{k_1} + \frac{\Delta x_2}{k_2} + \ldots + R_a + \ldots + \frac{\Delta x_n}{k_n} + R_i \qquad (2.5)$$

เมื่อ R_a คือ ค่าความต้านทานความร้อนของช่องว่างอากาศภายในผนังและหลังคาอาคาร (m^2 K/W)



รูปที่ 2.2 สภาพการถ่ายเทความร้อนผ่านผนังและหลังคาอาคาร ซึ่งมีโครงสร้างประกอบขึ้นจากวัสดุแตกต่างกัน n ชนิด และมีช่องว่างอากาศภายใน

2.3.4 ค่าความต้านทานความร้อนของฟิล์มอากาศและช่องว่างอากาศ

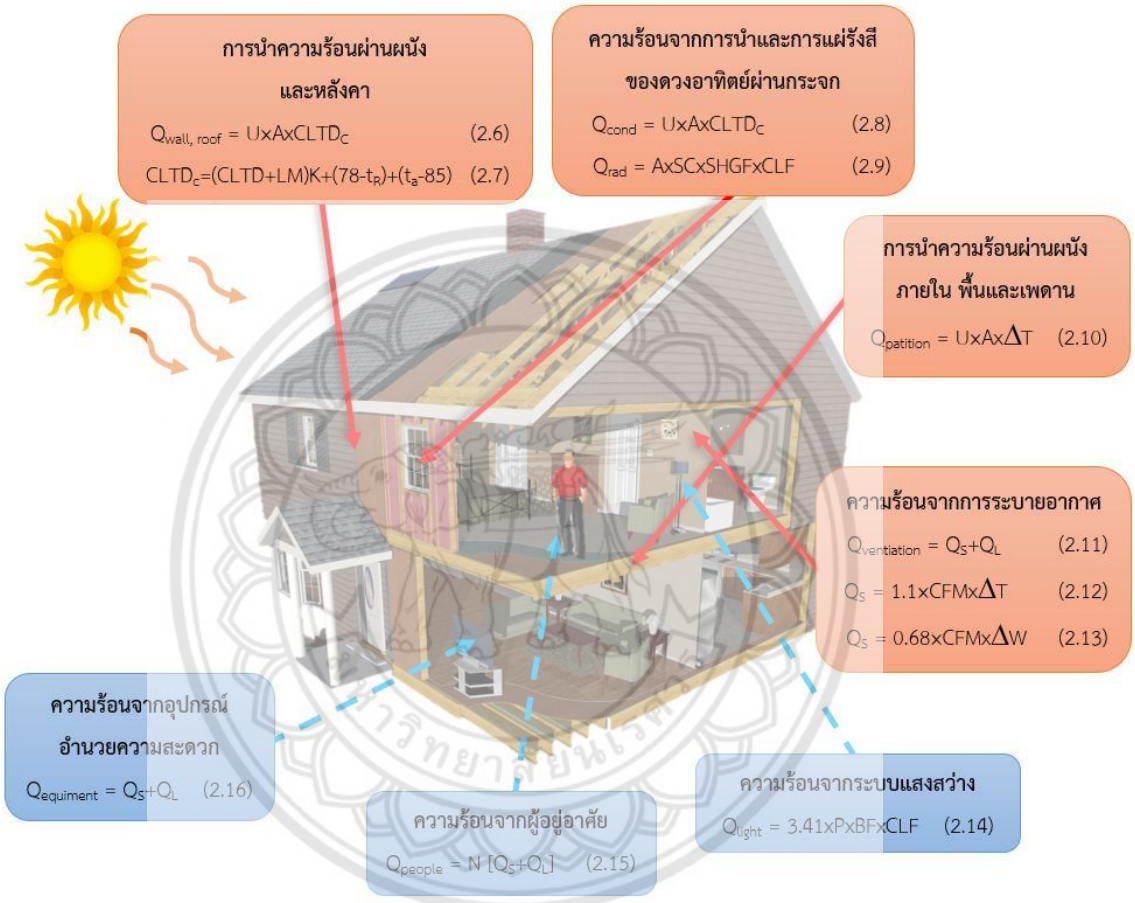
ค่าความต้านทานความร้อนของฟิล์มอากาศบนพื้นผิวของผนังอาคารขึ้นอยู่กับการเคลื่อนไหวของอากาศที่บริเวณโดยรอบพื้นผิวของผนังอาคารและค่าสัมประสิทธิ์การแผ่รังสีความร้อน (thermal emittance) ของผนังอาคารตามค่าที่กำหนดในตารางที่ 2.3 ดังต่อไปนี้

ตารางที่ 2.3 ค่าความต้านทานความร้อนของฟิล์มอากาศสำหรับผนังอาคาร

ชนิดของผิววัสดุที่ใช้ทำผนัง	ค่าความต้านทานความร้อนของฟิล์มอากาศ ($(m^2.^oC)/W$)	
	ที่ผิวผนังด้านใน (R_i)	ที่ผิวผนังด้านนอก(R_o)
กรณีที่พื้นผิวผนังมีค่าสัมประสิทธิ์การแผ่รังสีสูง	0.120	0.044
กรณีที่พื้นผิวผนังมีค่าสัมประสิทธิ์การแผ่รังสีต่ำ	0.299	-

กรณีที่พื้นผิวผนังมีค่าสัมประสิทธิ์การแผ่รังสีสูง ใช้สำหรับพื้นผิวผนังทั่วไปซึ่งถือว่ามีค่าสัมประสิทธิ์การแผ่รังสีสูง กรณีที่พื้นผิวผนังมีค่าสัมประสิทธิ์การแผ่รังสีต่ำ ให้ใช้เฉพาะกรณีที่พื้นผิวของผนังอาคารเป็นผิวสะท้อนรังสี เช่น ผนังที่มีการติดแผ่นฟอยล์สะท้อนรังสี เป็นต้น

2.4 การคำนวณภาระการทำความเย็นของเครื่องปรับอากาศ (Cooling load)



รูปที่ 2.3 แสดงสูตรการคำนวณภาระการทำความเย็นจากปัจจัยต่างๆ

จากรูปที่ 2.3 การคำนวณภาระการทำความเย็นจากปัจจัยต่างๆ จะแบ่งเป็น 2 ส่วนหลักๆ คือ ส่วนที่เป็นกรอบสีแดง คือ ภาระการทำความเย็นที่มาจากภายนอก เช่น การนำความร้อนผ่านผนังทึบแสงหรือโปร่งแสง การแผ่รังสีความร้อนผ่านผนังโปร่งแสง ภาระการทำความเย็นที่เกิดการระบายอากาศ และการนำความร้อนผ่านผนังภายใน พื้น และเพดาน ซึ่งในการคำนวณภาระการทำความเย็นของโครงงานนี้จะไม่คิดในส่วนของการนำความร้อนผ่านผนังภายใน พื้น และเพดาน โดยจะออกแบบให้ไม่มีการถ่ายเทความร้อนหรือติดกับห้องปรับอากาศนั่นเอง และการคำนวณภาระการทำความเย็น

อีกส่วนหนึ่งคือ ส่วนที่เป็นกรอบสีฟ้า คือ ภาระการทำความเย็นที่เกิดจากภายในห้องปรับอากาศ เช่น ภาระการทำความเย็นที่เกิดจากคน แสงสว่างจากหลอดไฟ หรือความร้อนจากอุปกรณ์ต่างๆ ภายในห้อง โดยใช้วิธีการคำนวณแบบ Cooling Load Temperature Difference (CLTD)/Cooling Load Factor (CLF) ของสมาคมวิศวกรรมการทำความร้อน การทำความเย็น และระบบปรับอากาศแห่งสหรัฐอเมริกา (American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers, Inc. : ASHRAE) ตามสมการดังต่อนี้

2.4.1 ภาระความเย็นจากการนำความร้อนผ่านผนังทึบ และหลังคา

$$Q_{wall,\ roof} = U \times A \times CLTD_C \tag{2.6}$$

$$CLTD_C = (CLTD + LM)K + (78 - t_R) + (t_a - 85) \tag{2.7}$$

เมื่อ Q คือ ภาระความเย็นจากผนังทึบ และหลังคา (Btu/hr)

U คือ ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวมของผนังทึบ และหลังคา (Btu/hr-ft^2- °F)

A คือ พื้นที่ที่เกิดการถ่ายเทความร้อนของผนังทึบ และหลังคา (ft^2)

$CLTD$ คือ ค่าความแตกต่างอุณหภูมิเทียบเท่าของผนังทึบ และหลังคา (°F)

$CLTD_C$ คือ ค่าปรับแก้ความแตกต่างอุณหภูมิเทียบเท่าของผนังทึบ และหลังคา (°F)

LM คือ ค่าปรับแก้พิกัดที่ตั้งของอาคารตามละติจูด และเดือน

K คือ ค่าปรับเปลี่ยนสีของผนังและหลังคา โดย K=1 เมื่อสีทึบ และ K=0.65 เมื่อสีอ่อน

t_R คือ อุณหภูมิภายในห้อง (°F)

t_a คือ อุณหภูมิอากาศภายนอก (°F)

2.4.2 ภาระความเย็นจากการนำและการแผ่รังสีความร้อนของกระจก

$$Q_{cond} = U \times A \times CLTD_C \quad (2.8)$$

$$Q_{Glass,solar} = A \times SC \times SHGF \times CLF \quad (2.9)$$

เมื่อ $Q_{cond,glass}$ คือ ค่าการถ่ายเทความร้อนเนื่องจากการนำความร้อนผ่านกระจก (Btu/hr)

$Q_{Glass\ solar}$ คือ ค่าการถ่ายเทความร้อนเนื่องจากการแผ่รังสีความร้อนผ่านกระจก (Btu/hr)

A คือ พื้นที่ที่เกิดการถ่ายเทความร้อนของกระจก (ft^2)

SC คือ ค่าสัมประสิทธิ์การบังแดด (ของกระจก)

SHGF คือ ค่าสัมประสิทธิ์ความร้อนจากรังสีอาทิตย์ (Btu/hr-ft^2)

CLF คือ ค่าตัวประกอบการทำความเย็น

2.4.3 การถ่ายเทความร้อนผ่านผนัง พื้น และเพดานภายใน

$$Q_{patition} = U \times A \times \Delta T \quad (2.10)$$

เมื่อ U คือ ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวมของผนัง พื้น และเพดานภายใน (Btu/hr-ft^2-F)

A คือ พื้นที่ที่เกิดการถ่ายเทความร้อนของผนัง พื้น และเพดานภายใน (ft^2)

ΔT คือ ค่าความแตกต่างอุณหภูมิภายในและภายนอกห้อง (°F)

2.4.4 ภาระการปรับอากาศจากการระบายอากาศ

$$Q_{ventilation} = Q_S + Q_L \quad (2.11)$$

$$Q_S = 1.1 \times CFM \times \Delta T \quad (2.12)$$

$$Q_L = 0.68 \times CFM \times \Delta W \quad (2.13)$$

เมื่อ Q_S คือ ค่าการถ่ายเทความร้อนสัมผัสจากการรั่วซึม (Sensible heat gain) (Btu/hr)

Q_L คือ ค่าการถ่ายเทความร้อนแฝงจากการรั่วซึม (Latent heat gain) (Btu/hr)

CFM คือ ค่าอัตราการรั่วซึมของประตูหน้าต่าง (ft^3/min)

ΔT คือ ผลต่างอุณหภูมิของอากาศที่แทรกซึมเข้ามากับอากาศในพื้นที่ปรับอากาศ (°F)

ΔW คือ ผลต่างของค่าความชื้นจำเพาะของอากาศที่แทรกซึมเข้ามากับอากาศในพื้นที่ปรับอากาศ (gr/lb.)

2.4.5 ภาระการปรับอากาศจากระบบไฟฟ้าแสงสว่าง

$$Q_{light} = 3.41 \times P \times BF \times CLF \quad (2.14)$$

เมื่อ Q คือ ภาระการทำความเย็นจากหลอดไฟ (Btu/hr)

P คือ ค่ากำลังไฟฟ้าของหลอดไฟ

BF คือ ตัวประกอบกำลังไฟฟ้าของบัลลาส

CLF คือ ตัวประกอบภาระความเย็นของหลอดไฟ

2.4.6 ภาระการปรับอากาศจากผู้อยู่อาศัย

$$Q_{Occupant} = N(Q_S + Q_L) \quad (2.15)$$

เมื่อ N คือ จำนวนผู้ที่อยู่ในห้องนั้นๆ

Q_S คือ ค่าการถ่ายเทความร้อนสัมผัสจากผู้อยู่อาศัยภายในอาคารที่ทำกิจกรรม (Sensible heat gain) (Btu/hr-person)

Q_L คือ ค่าการถ่ายเทความร้อนแฝงจากร่างกายผู้อาศัย (Latent heat gain) (Btu/hr-person)

2.4.7 ภาระการปรับอากาศจากอุปกรณ์อำนวยความสะดวกและเครื่องใช้ไฟฟ้า

$$Q_{equipment} = Q_S + Q_L \quad (2.16)$$

เมื่อ Q_S คือ ค่าการถ่ายเทความร้อนสัมผัสจากอุปกรณ์ (Sensible heat gain) (Btu/hr)

Q_L คือ ค่าการถ่ายเทความร้อนแฝงจากอุปกรณ์ (Latent heat gain) (Btu/hr)

2.5 เศรษฐศาตร์ทางวิศวกรรม

2.5.1 ค่าใช้จ่ายด้านพลังงานไฟฟ้า

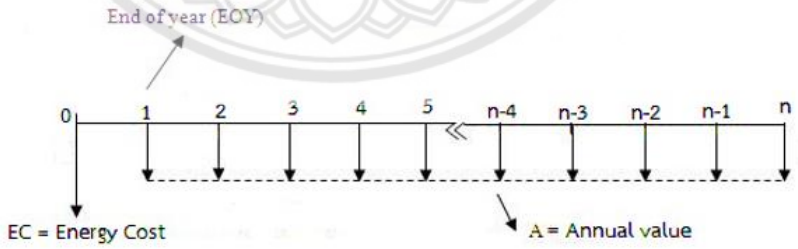
อัตราตามช่วงเวลาของการใช้ (Time of Use Rate : TOU) คือ อัตราการจัดเก็บค่าไฟฟ้าที่ขึ้นอยู่กับช่วงเวลาการใช้ โดยแบ่งออกเป็น 2 ช่วง คือ 1. On Peak ตั้งแต่วันจันทร์ถึงวันศุกร์ เวลา 09.00 ถึง 22.00 น. และ 2. Off Peak ตั้งแต่วันจันทร์ถึงวันศุกร์ เวลา 22.00 ถึง 09.00 น. และวันเสาร์ถึงวันอาทิตย์ วันหยุดราชการ (ไม่รวมวันหยุดชดเชย) ทั้งวัน โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

ตารางที่ 2.4 อัตราตามช่วงเวลาของการใช้ (Time of Use Rate : TOU)

ประเภท	ค่าความต้องการพลังไฟฟ้า (บาท/กิโลวัตต์)	ค่าพลังงานไฟฟ้า (บาท/หน่วย)		ค่าบริการ (บาท/เดือน)
	Peak	Peak	Off Peak	
1. แรงดันตั้งแต่ 69 กิโลโวลท์ขึ้นไป	74.14	4.1025	2.5849	312.24
2. แรงดัน 22 – 33 กิโลโวลท์	132.93	4.1839	2.6037	312.24
3. แรงดันต่ำกว่า 22 กิโลโวลท์	210.00	4.3297	2.6369	312.24

2.5.2 Uniform Series Payment

Uniform Series Payment คือ การจ่ายหรือรับเงินเท่ากันทุกงวดเป็นเวลาต่อเนื่องกัน n ปี ดังรูปที่ 2.4



รูปที่ 2.4 แสดงค่าพลังงานไฟฟ้าที่มีค่าใช้จ่ายเท่ากันทุกปีในรูปของ Uniform Series Payment

$$EC = A\left(\frac{(1+i)^n - 1}{i(1+i)^n}\right) \qquad (2.17)$$

เมื่อ EC คือ มูลค่าเงินปัจจุบัน (Baht) ค่าใช้จ่ายด้านพลังงานไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศที่ใช้ในการดำเนินงานของระบบตลอดอายุการใช้งาน 15 ปี

A คือ ค่าพลังงานไฟฟ้าที่พิจารณาให้ค่าใช้จ่ายเท่ากันทุกปี (Baht/year)

I คือ อัตราดอก MRR (Minimum Retail Rate) (% per year)

n คือ อายุการใช้งาน (ในโครงงานนี้เราพิจารณาเป็น 15ปี) (year)

2.5.3 ค่าใช้จ่ายตลอดอายุการใช้งานของอาคาร (Life Cycle Cost; LCC)

ค่าใช้จ่ายตลอดอายุการใช้งานของอาคาร (Life Cycle Cost; LCC) คือ ค่าใช้จ่ายทั้งหมดที่เกิดขึ้นตลอดอายุการใช้งานของกรอบอาคาร โดยพิจารณาเฉพาะกรอบอาคารที่ด้านในผนังมีการปรับอากาศ และด้านนอกของผนังติดกับอากาศภายนอก

$$LCC = BEC + AC + EC \quad (2.18)$$

เมื่อ BEC (Building Envelope Cost) คือ ค่าวัสดุและค่าแรงในการก่อสร้างกรอบอาคาร อ้างอิงข้อมูลจากบัญชีค่าวัสดุและค่าแรงงานของสำนักดัชนีเศรษฐกิจการค้ากระทรวงพาณิชย์ พ.ศ.2561

AC (Air conditioner Cost) คือ ราคาเครื่องปรับอากาศและค่าแรงในการติดตั้งอ้างอิงข้อมูลจากบัญชีราคามาตรฐานครุภัณฑ์สำนักมาตรฐานงบประมาณพ.ศ. 2561

EC (Energy Cost) คือ ค่าใช้จ่ายด้านพลังงานไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศที่ใช้ในการดำเนินงานของระบบตลอดอายุการใช้งาน 15 ปี อ้างอิงข้อมูลจากการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค

บทที่ 3
วิธีการดำเนินงาน

โครงการการออกแบบผนังเพื่อลดการใช้พลังงานมีวิธีการดำเนินงานและกำหนดขอบเขตของการศึกษา ดังต่อไปนี้

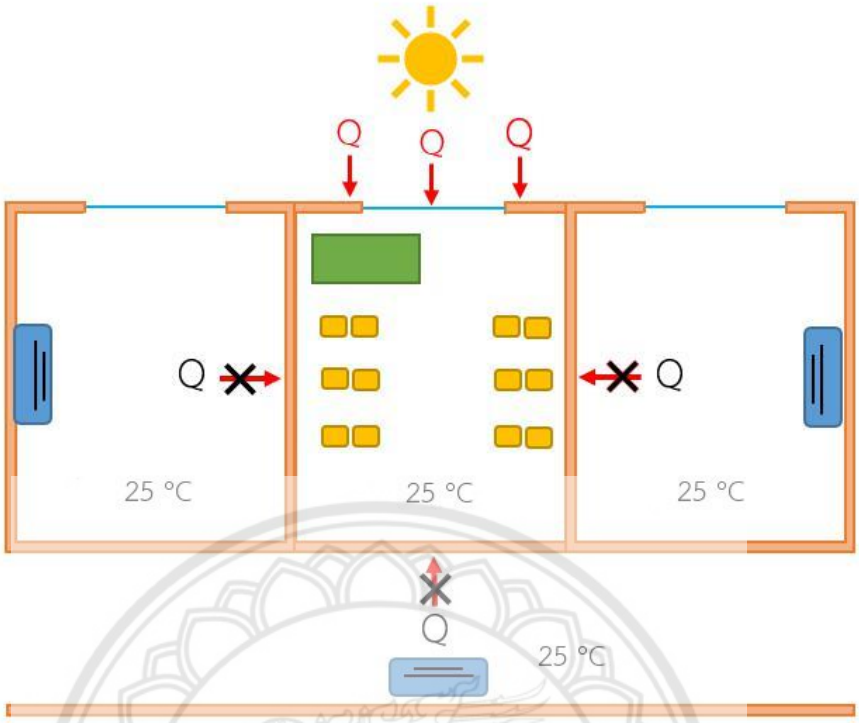
3.1 โครงการวัสดุผนังภายนอกอาคารที่เหมาะสมสำหรับห้องปรับอากาศ

การศึกษาวัสดุผนังภายนอกอาคารกับตำแหน่งทิศที่ตั้ง ได้คำนึงถึงประโยชน์การอนุรักษ์พลังงาน วัสดุผนังภายนอกอาคารอย่างเหมาะสมและคุ้มค่าทางเศรษฐกิจ ศึกษาเปรียบเทียบวัสดุกรอบอาคาร โดยศึกษาผนังทึบแสง 2 กลุ่มได้แก่ กลุ่มผนังอิฐมวลเบา กลุ่มผนังอิฐมอญ โดยกลุ่มผนังทั้ง 2 กลุ่ม ติดฉนวน Polyurethane Foam (PU Foam) ขนาดความหนา 2, 4, 6 และ 8 นิ้วตามลำดับ ทั้ง 3 ประเภทอาคาร ตามกฎกระทรวง กำหนดประเภท หรือขนาดของอาคาร และมาตรฐาน หลักเกณฑ์ และวิธีการในการออกแบบอาคารเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ. 2552 ศึกษาผนังโปร่งแสง 3 ชนิดได้แก่ กระจกใส กระจกลามิเนต และกระจกฉนวนความร้อน ซึ่งแต่ละประเภทมีความหนา 6 มิลลิเมตร

อาคารติดตั้งเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน (Split Type) แบบ Ceiling type ราคาเครื่องปรับอากาศและค่าแรงในการติดตั้ง อ้างอิงข้อมูลจากบัญชีราคาวัสดุก่อสร้าง และค่าแรง ปีงบประมาณ 2561

3.2 สร้างแบบจำลองของผนังกรอบอาคาร

3.2.1 สร้างแบบจำลอง ขนาด 8×6×3 เมตร โดยกำหนดให้มีผนังด้านเดียวที่โดนแสงแดดผนังด้านอื่นๆ รวมถึงชั้นบนและชั้นล่างไม่มีการถ่ายเทความร้อน และศึกษาผนังทึบแสง 2 กลุ่มได้แก่ ผนังอิฐมอญ 5 ชนิด และผนังอิฐมวลเบา 5 ชนิด และผนังโปร่งแสง ได้แก่ กระจกที่มีค่าพื้นที่กระจกต่อพื้นที่ผนัง 0% ถึง 80% ซึ่งมีแบบจำลองดังนี้



รูปที่ 3.1 แบบจำลองห้องปรับอากาศ

3.3 การออกแบบภาระการทำความเย็นสำหรับเลือกเครื่องปรับอากาศ

กำหนดขอบเขตการคำนวณภาระการทำความเย็นเครื่องปรับอากาศ ราคาและค่าแรงในการติดตั้ง ดังนี้

3.3.1 คำนวณภาระการทำความเย็นสูงสุด (Peak cooling load)

3.3.2 โดยวิธีการคำนวณแบบ Cooling Load Temperature Difference (CLTD) / Cooling Load Factor (CLF) ตามมาตรฐานของสมาคมวิศวกรรมการทำความร้อน การทำความเย็น และระบบปรับอากาศแห่งสหรัฐอเมริกา (American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers, Inc. : ASHRAE)

3.3.3 ภาระการทำความเย็นที่เกิดจากคนและอัตราการระบายอากาศ อ้างอิงข้อมูลจากมาตรฐาน ASHRAE Standard 62.1-2013

3.3.4 ออกแบบอุณหภูมิภายในห้องปรับอากาศ 77 FDB (25°C) / 50%RH อุณหภูมิภายนอก 95 FDB (35°C) / 50%RH ส่วนห้องที่ไม่มีการปรับอากาศกำหนดให้มีอุณหภูมิ 86 FDB (30°C) / 50%RH

3.3.5 ใช้ละติจูดที่ 16 องศาเหนือในการคำนวณภาระการทำความเย็นสูงสุด

3.3.6 คำนวณค่าอัตราส่วนพื้นที่กระต่อพื้นที่ผนัง (Window to wall ratio) ระหว่าง 0 – 80%

3.3.7 ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวม อ้างอิงจากประกาศกระทรวงพลังงานเรื่องหลักเกณฑ์และวิธีการคำนวณในการออกแบบอาคารแต่ละระบบการใช้พลังงานโดยรวมของอาคารและการใช้พลังงานหมุนเวียนในระบบต่างๆ ของอาคาร พ.ศ. 2552

3.3.8 ค่ากำลังไฟฟ้าส่องสว่างอ้างอิงจากพระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ. 2552

3.3.9 ขนาดการทำความเย็นของเครื่องปรับอากาศ พิจารณาจากภาระการทำความเย็นสูงสุด เมื่อพิจารณาค่าความปลอดภัยเท่ากับ 10%

3.3.10 ราคาเครื่องปรับอากาศและค่าแรงในติดตั้ง อ้างอิงข้อมูลจากบัญชีราคามาตรฐานครุภัณฑ์ สำนักมาตรฐานงบประมาณ พ.ศ. 2561 ทำการศึกษาข้อมูล ณ วันที่ 1 สิงหาคม พ.ศ. 2561

3.4 การคำนวณราคาวัสดุผนังภายนอกอาคารและค่าแรงในการก่อสร้าง

ราคาวัสดุผนังภายนอกอาคารและค่าแรงในการก่อสร้าง อ้างอิงข้อมูลจากบัญชีค่าวัสดุและค่าแรงงานของสำนักดัชนีเศรษฐกิจการค้า กระทรวงพาณิชย์ พ.ศ. 2561 ทำการศึกษาข้อมูล ณ วันที่ 1 สิงหาคม พ.ศ. 2561

3.5 ค่าใช้จ่ายด้านพลังงานไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศตลอดอายุการใช้งาน

3.5.1 กำลังไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศ พิจารณาจากสมบัติของเครื่องปรับอากาศเบอร์ 5 ที่มีประสิทธิภาพหรือ EER ไม่น้อยกว่า 11.6 Btu/hr/W อ้างอิงข้อมูลจากเกณฑ์ระดับประสิทธิภาพเครื่องปรับอากาศเบอร์ 5 พ.ศ. 2561 ข้อมูล ณ วันที่ 1 สิงหาคม พ.ศ. 2561

3.5.2 เครื่องปรับอากาศใช้งาน 8 ชั่วโมงต่อวัน 365 วันต่อปี ในประเภทอาคารสถานศึกษา สำนักงาน

3.5.3 เครื่องปรับอากาศใช้งาน 12 ชั่วโมงต่อวัน 365 วันต่อปี ในประเภทอาคารโรงมหรสพ ศูนย์การค้า สถานบริการ ห้างสรรพสินค้า อาคารชุมนุมคน

3.5.4 เครื่องปรับอากาศใช้งาน 24 ชั่วโมงต่อวัน 365 วันต่อปี ในประเภทอาคารโรงแรม สถานพยาบาล อาคารชุด

3.5.5 อัตราการใช้งานเครื่องปรับอากาศ (Load Factor) 75%

3.5.6 อัตราตามช่วงเวลาของการใช้ (Time of Use Rate : TOU) ประเภทแรงดันตั้งแต่ 69 กิโลโวลท์ขึ้นไป

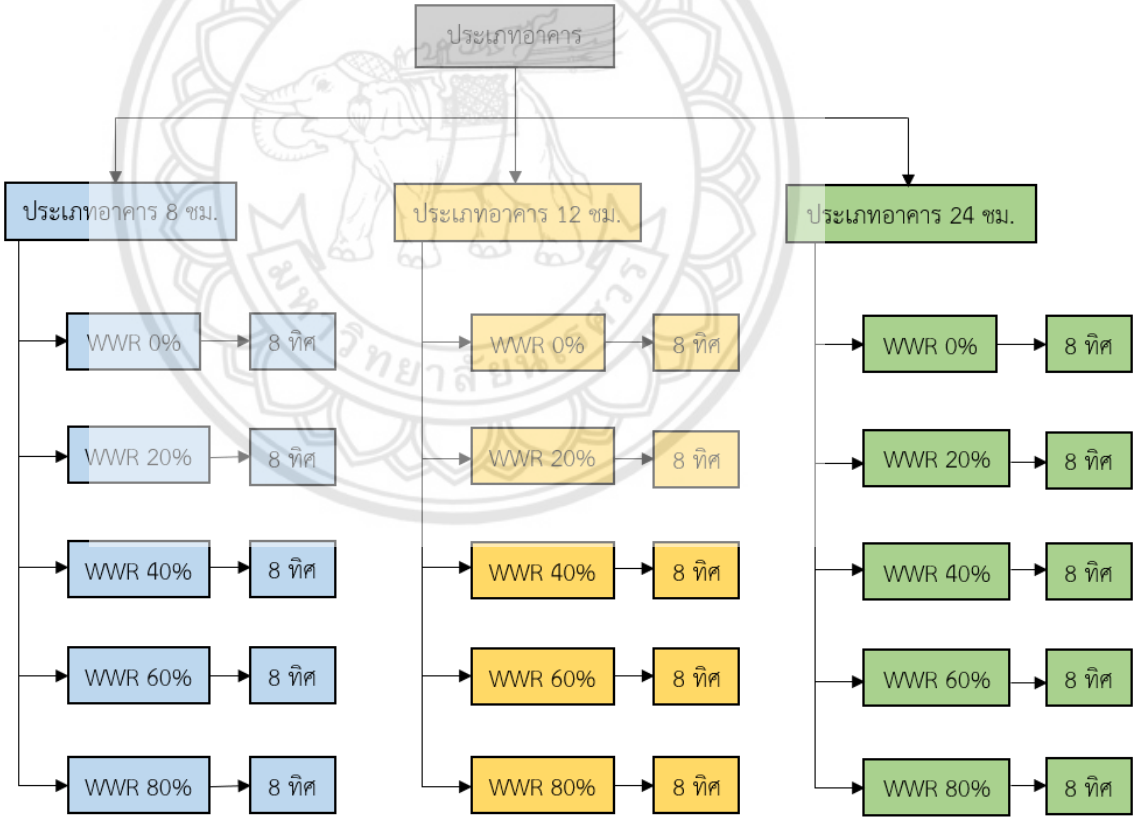
3.5.7 อายุการใช้งานเครื่องปรับอากาศ 15 ปี

3.5.8 คำนวณมูลค่าปัจจุบันสุทธิด้านพลังงานไฟฟ้าในรูปของ Uniform series payment

3.5.9 อัตราดอกเบี้ยอ้างอิงจากค่าเฉลี่ยอัตราดอกเบี้ยเงินกู้สำหรับลูกค้ารายย่อยชั้นดี (MRR) ของธนาคารพาณิชย์ที่จดทะเบียนในประเทศ ประจำวันที่ 1 สิงหาคม พ.ศ. 2561

3.6 การคำนวณค่าใช้จ่ายตลอดอายุการใช้งาน

การคำนวณค่าใช้จ่ายตลอดอายุการใช้งานประกอบด้วยค่าวัสดุผนังภายนอกอาคาร ค่าแรงในการก่อสร้าง ราคาเครื่องปรับอากาศและค่าแรงในการติดตั้ง และมูลค่าปัจจุบันสุทธิด้านพลังงานไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศตลอดระยะเวลา 15 ปี



รูปที่ 3.2 แผนภาพวิธีการดำเนินงานการศึกษาค่าใช้จ่ายตลอดอายุการใช้งานกับการตัดสินใจออกแบบวัสดุผนังภายนอกอาคารที่ตั้งอยู่ในละติจูด 16 องศาเหนือ

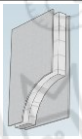
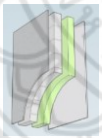
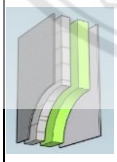
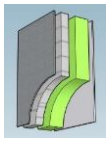
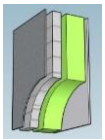
บทที่ 4
การดำเนินงานและวิเคราะห์ผล

จากที่ผู้ดำเนินโครงงานได้ดำเนินโครงงานตามหัวข้อ 3.1 ถึง 3.6 ทำให้ได้ผลการดำเนินโครงงานแสดงดังรายละเอียดต่อไปนี้

4.1 วัสดุผนังภายนอกอาคารที่เหมาะสมสำหรับห้องปรับอากาศ

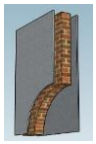
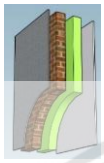
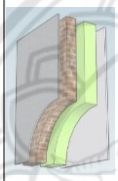
จากการดำเนินการคำนวณค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวม ราคาวัสดุผนังภายนอกอาคารและค่าแรงในการก่อสร้าง ได้ผลการดำเนินงานและมีการวิเคราะห์ผลการคำนวณดังตารางที่ 4.1 ถึง 4.3

ตารางที่ 4.1 ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวมของกลุ่มผนังอิฐมวลเบา

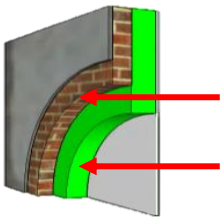
ชนิด	สัญลักษณ์	ภาพ	ลักษณะการติดตั้ง	ความหนา (m)	K (W/(m ˚C))	U (Btu/hr-ft^2-°F)	ราคาพร้อมค่าแรงในการติดตั้ง (Bath/m^2)
ผนังอิฐมวลเบา	CW0		ปูนฉาบ	0.015	0.72	0.283	596
			อิฐมวลเบา	0.075	0.18		
			ปูนฉาบ	0.015	0.72		
ผนังอิฐมวลเบา บุ PU Foam 2 นิ้ว	CW2		ปูนฉาบ	0.015	0.72	0.069	1,317
			อิฐมวลเบา	0.075	0.18		
			PU Foam 2 นิ้ว	0.050	0.04		
			ยิปซั่มบอร์ด	0.009	0.28		
ผนังอิฐมวลเบา บุ PU Foam 4 นิ้ว	CW4		ปูนฉาบ	0.015	0.72	0.039	1,812
			อิฐมวลเบา	0.075	0.18		
			PU Foam 4 นิ้ว	0.100	0.04		
			ยิปซั่มบอร์ด	0.009	0.28		
ผนังอิฐมวลเบา บุ PU Foam 6 นิ้ว	CW6		ปูนฉาบ	0.015	0.72	0.027	2,307
			อิฐมวลเบา	0.075	0.18		
			PU Foam 6 นิ้ว	0.150	0.04		
			ยิปซั่มบอร์ด	0.009	0.28		
ผนังอิฐมวลเบา บุ PU Foam 8 นิ้ว	CW8		ปูนฉาบ	0.015	0.72	0.021	2,802
			อิฐมวลเบา	0.075	0.18		
			PU Foam 8 นิ้ว	0.200	0.04		
			ยิปซั่มบอร์ด	0.009	0.28		

หมายเหตุ สัญลักษณ์เช่น CW2; CW = ผนังอิฐมวลเบา (Concrete Wall) และ 2 = ฉนวนหนา 2 นิ้ว

ตารางที่ 4.2 ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวมของกลุ่มผนังอิฐมอญ

ชนิด	สัญลักษณ์	ภาพ	ลักษณะการติดตั้ง	ความหนา (m)	K (W/(m . °C))	U (Btu/hr-ft^2-°F)	ราคาพร้อมค่าแรงในการติดตั้ง (Bath/m^2)
ผนังอิฐมอญ	BW0		ปูนฉาบ	0.015	0.72	0.340	708
			อิฐมอญครึ่งแผ่น	0.070	0.47		
			ปูนฉาบ	0.015	0.72		
ผนังอิฐมอญ บุ PU Foam 2 นิ้ว	BW2		ปูนฉาบ	0.015	0.72	0.077	1,472
			อิฐมอญครึ่งแผ่น	0.070	0.47		
			PU Foam 2 นิ้ว	0.050	0.03		
			ยิปซั่มบอร์ด	0.009	0.28		
ผนังอิฐมอญ บุ PU Foam 4 นิ้ว	BW4		ปูนฉาบ	0.015	0.72	0.042	1,967
			อิฐมอญครึ่งแผ่น	0.070	0.47		
			PU Foam 4 นิ้ว	0.100	0.03		
			ยิปซั่มบอร์ด	0.009	0.28		
ผนังอิฐมอญ บุ PU Foam 6 นิ้ว	BW6		ปูนฉาบ	0.015	0.72	0.029	2,462
			อิฐมอญครึ่งแผ่น	0.070	0.47		
			PU Foam 6 นิ้ว	0.150	0.03		
			ยิปซั่มบอร์ด	0.009	0.28		
ผนังอิฐมอญ บุ PU Foam 8 นิ้ว	BW8		ปูนฉาบ	0.015	0.72	0.022	2,957
			อิฐมอญครึ่งแผ่น	0.070	0.47		
			PU Foam 8 นิ้ว	0.200	0.03		
			ยิปซั่มบอร์ด	0.009	0.28		

หมายเหตุ สัญลักษณ์ เช่น BW2 ; BW = ผนังอิฐมอญ (Brick Wall) และ 2 = ฉนวนหนา 2 นิ้ว



ผนังอิฐมอญ (Brick Wall)

ฉนวน PU Foam 2, 4, 6 และ 8 นิ้ว

ตารางที่ 4.3 ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวมของผนังโปร่งแสง

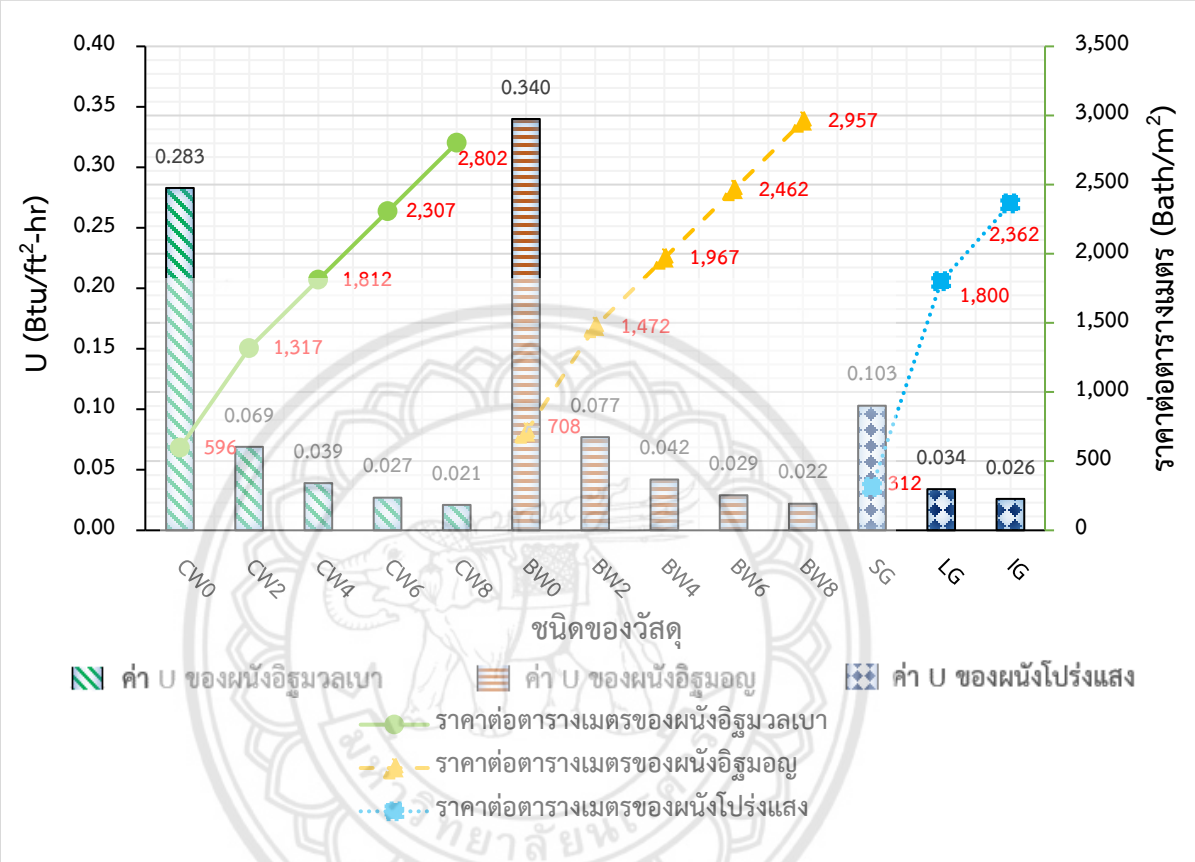
ชนิด	สัญลักษณ์	ภาพ	ลักษณะการติดตั้ง	ความหนา (m)	U (Btu/hr-ft^2-°F)	SC	SHGF	ราคาพร้อมค่าแรงในการติดตั้ง (Bath/m^2)
กระจกใส	SG		กระจกใส	0.0060	0.103	0.94	0.73	312
กระจกลามิเนต	LG		กระจกใส	0.0060	0.034	0.78	0.68	1,800
			POLYVINYL BUTYRAL	0.0004				
			กระจกใส	0.0060				
กระจกฉนวน	IG		กระจกใส	0.0060	0.026	0.82	0.71	2,362
			ช่องว่างอากาศ	0.0120				
			กระจกใส	0.0060				

หมายเหตุ สัญลักษณ์ SG = Single Glass, LG = Laminated Glass และ IG = Insulated Glass

จากตารางที่ 4.3 จะเห็นได้ว่ากระจกทั้ง 3 ชนิด มีค่าสัมประสิทธิ์การบังแดด (SC) และค่าสัมประสิทธิ์ความร้อนจากรังสีอาทิตย์ (SHGF) มีค่าที่ใกล้เคียงกันมาก ส่วนค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวม U ของกระจกใสมีค่าสูงที่สุด และกระจกลามิเนต กระจกฉนวนมีค่า U ลดลงตามลำดับ และในส่วนของราคาและค่าแรงในการก่อสร้างจะแปรผกผันกับค่า U ซึ่งค่า U มากจะส่งผลให้ราคาและค่าแรงในการก่อสร้างถูก

4.2 ผลการคำนวณราคาวัสดุผนังภายนอกอาคารและค่าแรงในการก่อสร้าง

จากตารางแสดงการคำนวณค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวม (U) ราคาวัสดุผนังภายนอกอาคารและค่าแรงในการก่อสร้าง ได้ผลการดำเนินงานและมีการวิเคราะห์ผลการคำนวณดังรูปที่ 4.1



รูปที่ 4.1 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างชนิดของวัสดุผนังภายนอกอาคารกับค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวมและราคาต่อตารางเมตร

จากรูปที่ 4.1 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างชนิดของวัสดุผนังภายนอกอาคารกับค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวมและราคาต่อตารางเมตร จะเห็นได้ว่า ในส่วนของแกนนอนซึ่งแสดงชนิดของวัสดุ ได้แก่ ผนังอิฐมวลเบา ผนังอิฐมอญ และผนังโปร่งแสง สามารถบอกค่าในส่วนของแกนตั้งทั้ง 2 แบบได้ คือ แกนตั้งทางด้านซ้ายจะแสดงในส่วนของค่า U ในลักษณะของกราฟแท่ง และแกนตั้งทางด้านขวาจะแสดงราคาต่อตารางเมตรในลักษณะของกราฟเส้น

ในส่วนของแกนตั้งทางด้านซ้ายของกราฟจะแสดงค่า U ของชนิดวัสดุผนังภายนอกอาคารในลักษณะของกราฟแท่ง ซึ่งจะเห็นได้ว่าในกลุ่มของผนังอิฐมวลเบา ค่า U จะมีค่าต่ำกว่าผนังอิฐมอญ

เมื่อพิจารณาที่กลุ่มผนังอิฐมวลเบา พบว่า ผนังอิฐมวลเบาฉาบปูนจะมีค่า U สูงที่สุด หลังจากนั้นนำผนังอิฐมวลเบาบุฉนวนด้วย PU Foam 2, 4, 6 และ 8 นิ้ว ทำให้ค่า U ลดลงร้อยละ 75.62, 86.21, 90.45 และ 92.57 ตามลำดับ เมื่อเทียบกับผนังอิฐมวลเบาฉาบปูน จะเห็นได้ว่าที่ความหนาฉนวน PU Foam 6 นิ้ว และ 8 นิ้ว ผลต่างของค่า U มีค่าใกล้เคียงกัน และที่กลุ่มผนังอิฐมอญ จะสังเกตเห็นว่า ค่า U มีลักษณะแนวโน้มที่ลดลงคล้ายคลึงกับกลุ่มผนังอิฐมวลเบา

เมื่อพิจารณาในส่วนของผนังโปร่งแสง พบว่า กระจกใสจะมีค่า U สูงที่สุดเมื่อเทียบกับกระจกลานิเนต และกระจกฉนวน โดยค่า U จะมีผลทำให้ค่าการนำความร้อนของกระจกใสสูงที่สุด แต่ภาระความร้อนส่วนมากเกิดจากการแผ่รังสีของกระจก ซึ่งขึ้นอยู่กับค่า SC และ SHGF โดยกระจกใสจะมีค่าสูงที่สุด และกระจกลามิเนตมีค่าต่ำที่สุด จากตารางที่ 4.3

ในส่วนของแกนตั้งทางด้านขวาของกราฟจะแสดงค่าของราคาต่อตารางเมตรของชนิดวัสดุผนังภายนอกอาคาร จะเห็นได้ว่าราคาของผนังอิฐมวลเบาจะมีราคาถูกกว่าผนังอิฐมอญ

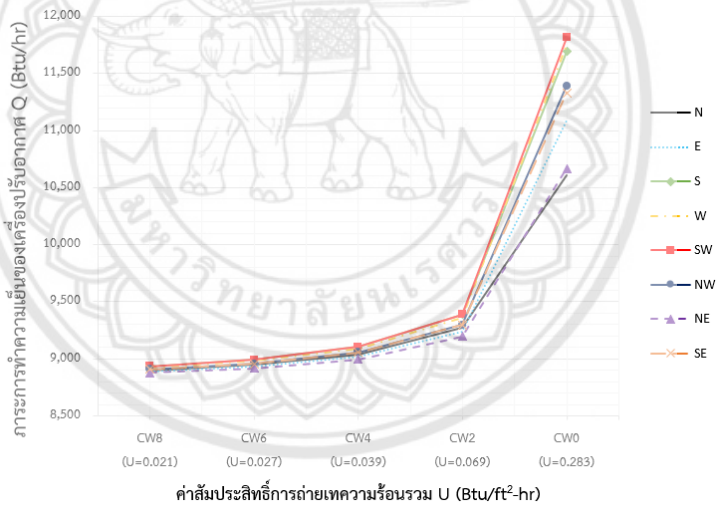
เมื่อพิจารณาที่กลุ่มผนังอิฐมวลเบา พบว่า ผนังอิฐมวลเบาฉาบปูนจะมีราคาต่ำที่สุด หลังจากนั้นนำผนังอิฐมวลเบาบุฉนวนด้วย PU Foam 2, 4, 6 และ 8 นิ้ว ทำให้ราคาต่อตารางเมตรเพิ่มขึ้น 2.2 เท่า, 3 เท่า, 3.8 เท่า และ 4.7 เท่า เมื่อเทียบกับผนังอิฐมวลเบาฉาบปูน และที่กลุ่มผนังอิฐมอญ จะสังเกตเห็นว่าค่าราคาต่อตารางเมตรมีลักษณะแนวโน้มที่เพิ่มขึ้นคล้ายคลึงกับกลุ่มผนังอิฐมวลเบา

เมื่อพิจารณาในส่วนของผนังโปร่งแสง พบว่า กระจกใสจะมีราคาต่อตารางเมตรต่ำที่สุดเมื่อเทียบกับกระจกลานิเนต และกระจกฉนวน เมื่อทำการเปรียบเทียบระหว่างกระจกใสกับกระจกลามิเนต พบว่าราคาต่อตารางเมตรเพิ่มขึ้นเป็น 5.8 เท่าของราคาต่อตารางเมตรของกระจกใส และเปรียบเทียบระหว่างกระจกใสกับกระจกฉนวนราคาต่อตารางเมตรเพิ่มขึ้นเป็น 7.6 เท่าของราคาต่อตารางเมตรของกระจกใส

4.3 ผลการคำนวณภาระการทำความเย็นของเครื่องปรับอากาศ (Q)

ผลการคำนวณภาระการทำความเย็นของเครื่องปรับอากาศที่ได้จากการจำลองห้องปรับอากาศที่มีขนาด 8 x 6 x 3 ลูกบาศก์เมตร ด้วยผนังทึบ ได้แก่ ผนังอิฐมวลเบา และผนังอิฐมอญ ที่มีการบุฉนวนด้วย PU Foam ขนาดความหนา 2, 4, 6 และ 8 นิ้ว ตามลำดับ และมีการใส่ผนังโปร่งแสง ได้แก่ กระจกใส กระจกลามิเนต และกระจกฉนวน ซึ่งมีกราฟผลการคำนวณจำนวน 624 กรณี แต่เนื่องจากกลุ่มผนังอิฐมวลเบามีค่า Q น้อยกว่าผนังอิฐมอญ และค่า Q ของอาคารทั้ง 3 ประเภท มีลักษณะแนวโน้มที่คล้ายคลึงกัน ผู้จัดทำโครงงานจึงขอนำเสนอกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า U และค่า Q ของประเภทอาคาร ก. สถานศึกษา สำนักงาน ที่มีชั่วโมงการใช้งาน 8 ชั่วโมง ด้วยกรณีที่ WWR 0 % ด้วยผนังอิฐมวลเบา และ WWR 20%, 40%, 60% และ 80% ด้วยผนังอิฐมวลเบากับกระจกลามิเนต โดยมีการวิเคราะห์ผลดังรูปที่ 4.2 ถึง 4.3

4.3.1 ประเภทอาคาร ก. สถานศึกษา สำนักงาน ชั่วโมงการใช้งาน 8 ชั่วโมง

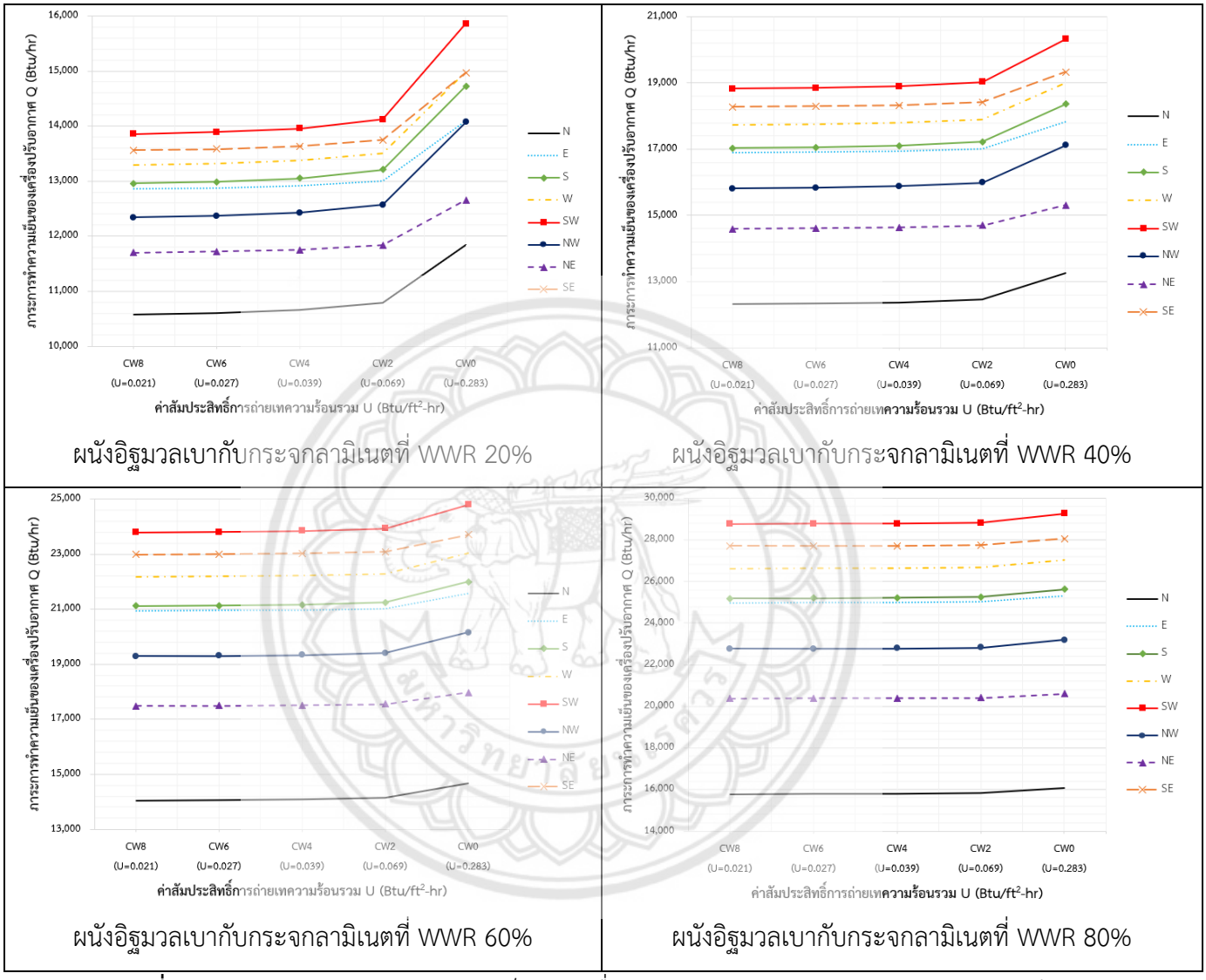


ผนังอิฐมวลเบาที่ WWR 0%

รูปที่ 4.2 กราฟแสดงภาระการทำความเย็นของเครื่องปรับอากาศ (Q) ประเภทอาคาร ก. สถานศึกษา สำนักงาน ชั่วโมงการใช้งาน 8 ชั่วโมง ที่ WWR 0%

จากรูปที่ 4.2 กราฟแสดงภาระการทำความเย็นของเครื่องปรับอากาศ (Q) ประเภทอาคาร ก. สถานศึกษา สำนักงาน ชั่วโมงการใช้งาน 8 ชั่วโมง ที่ WWR 0% จะเห็นว่าทิศตะวันตกเฉียงใต้ (SW) จะมีค่า Q สูงที่สุด ถัดมาจะเป็นทิศตะวันตก (W) ทิศใต้ (S) ทิศตะวันตกเฉียงเหนือ (NW) ทิศตะวันออกเฉียงใต้ (SE) ทิศตะวันออก (E) ทิศตะวันออกเฉียงเหนือ (NE) และทิศเหนือ (N) ตามลำดับ และเมื่อบุฉนวน

PU Foam 2, 4, 6 และ 8 นิ้ว ทำให้ค่า Q ลดลงร้อยละ 89.07, 88, 87.58 และ 87.37 เมื่อเทียบกับผนังอิฐมวลเบาฉาบปูน จะเห็นได้ว่าเมื่อบุฉนวนหนา 6 นิ้ว และ 8 นิ้ว ค่า Q จะลดลงน้อยมาก เมื่อเทียบกับติดฉนวน 2 นิ้ว และ 4 นิ้ว



ผนังอิฐมวลเบากับกระจกลามิเนตที่ WWR 20%

ผนังอิฐมวลเบากับกระจกลามิเนตที่ WWR 40%

ผนังอิฐมวลเบากับกระจกลามิเนตที่ WWR 60%

ผนังอิฐมวลเบากับกระจกลามิเนตที่ WWR 80%

รูปที่ 4.3 กราฟแสดงภาระการทำความเย็นของเครื่องปรับอากาศ (Q) ประเภทอาคาร ก. สถานศึกษา สำนักงาน ชั่วโมงการใช้งาน 8 ชั่วโมง ที่ WWR 20% - 80%

จากรูปที่ 4.3 กราฟแสดงภาระการทำความเย็นของเครื่องปรับอากาศ (Q) ประเภทอาคาร ก. สถานศึกษา สำนักงาน ชั่วโมงการใช้งาน 8 ชั่วโมง ที่ WWR 20% - 80% จะสังเกตได้ว่าในแต่ละทิศทางมีค่าแตกต่างกันอย่างเห็นได้ชัด เมื่อเทียบกับผนังทึบ หรือ WWR 0% เนื่องจากพื้นที่กระจกมีสัดส่วนที่เพิ่มขึ้น ทำให้ปริมาณการแผ่รังสีของกระจกจะมากกว่าค่าการนำความร้อนของผนังทึบ ซึ่งทำให้ค่า Q

สูงขึ้น และที่ WWR 20% และ40% การเพิ่มความหนาฉนวนของผนังทึบมีผลต่อค่า Q เนื่องจากพื้นที่ของผนังทึบสัดส่วนมาก การเพิ่มความหนาฉนวนเข้าไปสามารถลดค่าการนำความร้อนจากดวงอาทิตย์ได้ แต่เมื่อ WWR 60% และ80% การบุฉนวนของผนังทึบมีผลต่อค่า Q น้อยมาก เนื่องจากความร้อนผ่านเข้ามาทางกระจกเป็นส่วนมาก จึงไม่จำเป็นต้องบุฉนวน แต่ควรที่จะเลือกใช้กระจกที่มีการแผ่รังสีความร้อนต่ำ

4.4. ผลการคำนวณค่าใช้จ่ายตลอดอายุการใช้งาน (LCC)

4.4.1 ตัวอย่างรายละเอียดของกราฟค่าใช้จ่ายตลอดอายุการใช้งาน

เนื่องจากการวิเคราะห์กราฟมีผลการคำนวณมีจำนวน 624 กราฟ ผู้จัดทำโครงงานจึงขอยกตัวอย่างแสดงรายละเอียดของกราฟค่าใช้จ่ายตลอดอายุการใช้งาน เพื่อให้มีความเข้าใจไปในทิศทางเดียวกัน แสดงดังรูปที่ 4.4 โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

4.4.1.1 กราฟเส้นสีน้ำเงิน คือ ราคาวัสดุและค่าแรงในการก่อสร้าง (BEC)

4.4.1.2 กราฟเส้นสีดำ คือ ราคาเครื่องปรับอากาศและค่าแรงในการติดตั้ง (AC)

4.4.1.3 กราฟเส้นสีเขียว คือ ค่าพลังงานไฟฟ้า 15 ปี (EC)

4.4.1.4 กราฟเส้นสีแดง คือ ค่าใช้จ่ายตลอดอายุการใช้งาน (LCC)

4.4.1.5 U = 0.283 ; CW0 คือ ผนังอิฐมวลเบาฉาบปูน โดยค่า U = 0.283

4.4.1.6 U = 0.069 ; CW2 คือ ผนังอิฐมวลเบาบุฉนวน PU Foam 2 นิ้ว โดยค่า U = 0.069 Btu(hr-ft2- °F)

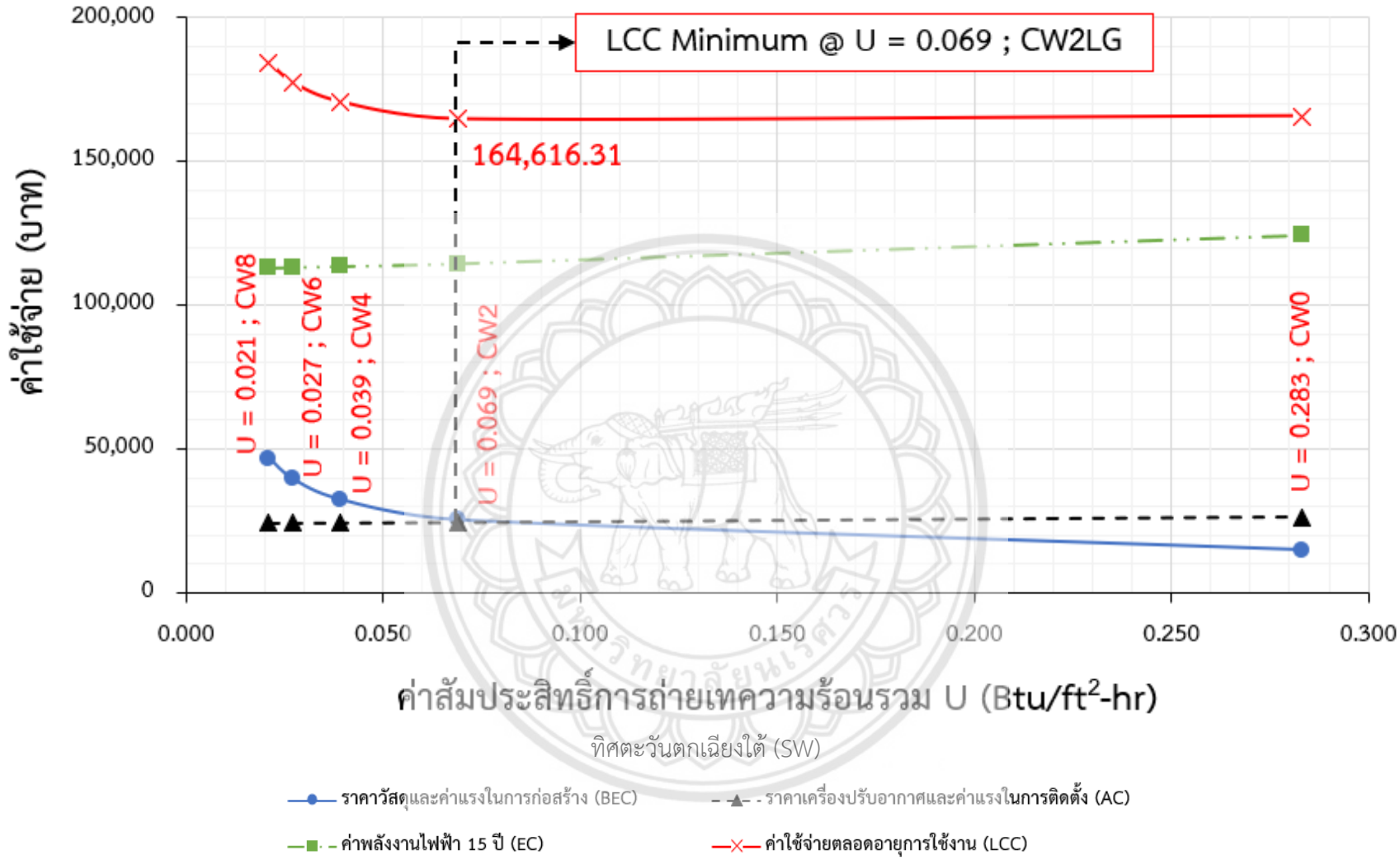
4.4.1.7 U = 0.039 ; CW4 คือ ผนังอิฐมวลเบาบุฉนวน PU Foam 4 นิ้ว โดยค่า U = 0.039 Btu/(hr-ft2- °F)

4.4.1.8 U = 0.027 ; CW6 คือ ผนังอิฐมวลเบาบุฉนวน PU Foam 6 นิ้ว โดยค่า U = 0.027 Btu/(hr-ft2- °F)

4.4.1.9 U = 0.021 ; CW8 คือ ผนังอิฐมวลเบาบุฉนวน PU Foam 8 นิ้ว โดยค่า U = 0.021 Btu/(hr-ft2- °F)

4.4.1.10 164,616.31 คือ ค่าใช้จ่ายตลอดอายุการใช้งานที่ต่ำที่สุด เท่ากับ 164,616.31 บาท

4.4.1.11 LCC Minimum @ U = 0.069 ; CW2LG คือ ค่าใช้จ่ายตลอดอายุการใช้งานที่ต่ำที่สุด ค่า U = 0.069 เป็นผนังอิฐมวลเบาบุฉนวน PU Foam 2 นิ้ว กับกระจกลามิเนต



รูปที่ 4.4 ตัวอย่างรายละเอียดของกราฟค่าใช้จ่ายตลอดอายุการใช้งาน

ในส่วนของผลการคำนวณค่าใช้จ่ายตลอดอายุการใช้งาน (LCC) คือ ผลรวมของราคาวัสดุผนังภายนอกอาคารและค่าแรงในการก่อสร้าง (BEC) ราคาเครื่องปรับอาการและค่าแรงในการติดตั้ง (AC) และค่าพลังงานไฟฟ้า 15 ปี (EC) แต่เนื่องจากกราฟผลการคำนวณมีจำนวน 624 กรณี ผู้จัดทำโครงงานจึงขอนำเสนอกราฟผลการคำนวณค่าใช้จ่ายตลอดอายุการใช้งานที่ต่ำที่สุดของทั้ง 3 ประเภทอาคาร ดังต่อไปนี้

4.4.2 ประเภทอาคาร ก. สถานศึกษา สำนักงาน ชั่วโมงการใช้งาน 8 ชั่วโมง

4.4.2.1 ผนังอิฐมวลเบาฉาบปูน (CW0)

เมื่อพิจารณาจากรูปที่ 4.5 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวม (U) และค่าใช้จ่ายในส่วนต่างๆ ของผนังทึบ (WWR = 0%) จะพบว่า

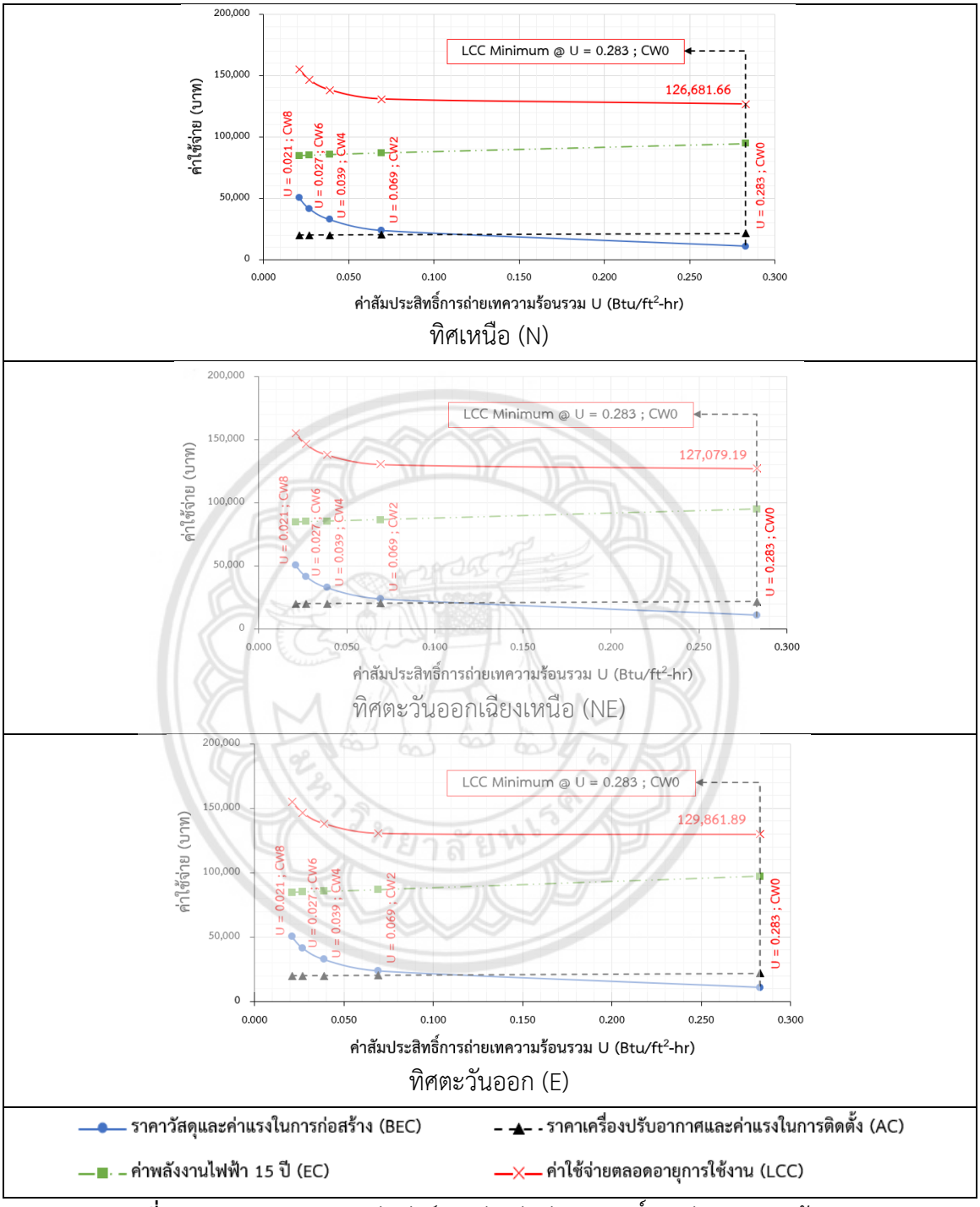
ในส่วนของราคาวัสดุและค่าแรงในการก่อสร้าง (BEC) พบว่า ค่า U แปรผกผันกับค่า BEC เมื่อผนังอิฐมวลเบาบุฉนวน PU Foam 2 นิ้ว (CW2) จะทำให้ค่า U ของผนังลดลงร้อยละ 75.62 แต่ราคาของฉนวน PU Foam พร้อมค่าแรงในการติดตั้งมีค่าที่สูง ส่งผลทำให้ค่า BEC มีค่าที่สูงขึ้น และเมื่อผนังอิฐมวลเบาบุฉนวนด้วย PU Foam 4, 6 และ 8 นิ้ว จะเห็นได้ว่า ค่า U จะลดลงอย่างต่อเนื่อง แต่ในทางตรงข้ามกันค่า BEC จะเพิ่มมากขึ้น

เมื่อพิจารณาในส่วนของราคาเครื่องปรับอากาศและค่าแรงในการติดตั้ง (AC) จะเห็นได้ว่าค่า AC แปรผกผันกับค่า U เมื่อค่า U ที่ต่ำจะต้องมีการใช้จ่ายค่า BEC ที่สูงขึ้น ยกตัวอย่างเช่นที่ผนังอิฐมวลเบาฉาบปูน (CW0) จะมีค่า U ที่สูง ส่งผลให้ค่า Q สูง จึงทำให้ต้องเลือกเครื่องปรับอากาศที่มีขนาดใหญ่ ซึ่งจะทำให้ค่า AC มีค่าที่สูงขึ้น เมื่อผนังอิฐมวลเบาบุฉนวน PU Foam 2 นิ้ว (CW2) ทำให้ค่า U ลดลงอย่างมาก จึงส่งผลให้ค่า Q ลดลง ทำให้เลือกเครื่องปรับอากาศที่มีขนาดเล็กลง เมื่อเครื่องปรับอากาศขนาดเล็กลง ราคาของเครื่องปรับอากาศก็จะลดลงตามไปด้วย

เมื่อพิจารณาในส่วนของค่าพลังงานไฟฟ้า 15 ปี (EC) จะเห็นได้ว่าค่า EC แปรผันตรงตามค่า U เมื่อค่า U ที่ต่ำ ส่งผลทำให้ค่า Q ลดลง การเลือกขนาดของเครื่องปรับอากาศจึงมีขนาดเล็กลง ส่งผลให้ค่า AC มีค่าที่ต่ำ และยังมีผลทำให้ค่า EC มีค่าต่ำลงอีกด้วย

ในส่วนของค่าใช้จ่ายตลอดอายุการใช้งาน (LCC) จะเกิดจากผลรวมของค่า BEC ค่า AC และค่า EC จากการศึกษา พบว่า กลุ่มผนังอิฐมวลเบาฉาบปูน (CW0) มีค่าใช้จ่ายตลอดอายุการใช้งานต่ำที่สุดในทางด้านทิศเหนือ (N) ทิศตะวันออกเฉียงเหนือ (NE) และทิศตะวันออก (E) เนื่องจากทั้งสามทิศนี้ได้รับความร้อนจากดวงอาทิตย์เพียงเล็กน้อย จึงไม่มีความจำเป็นที่จะต้องติดฉนวน PU Foam

4.4.2.1.1 WWR 0%



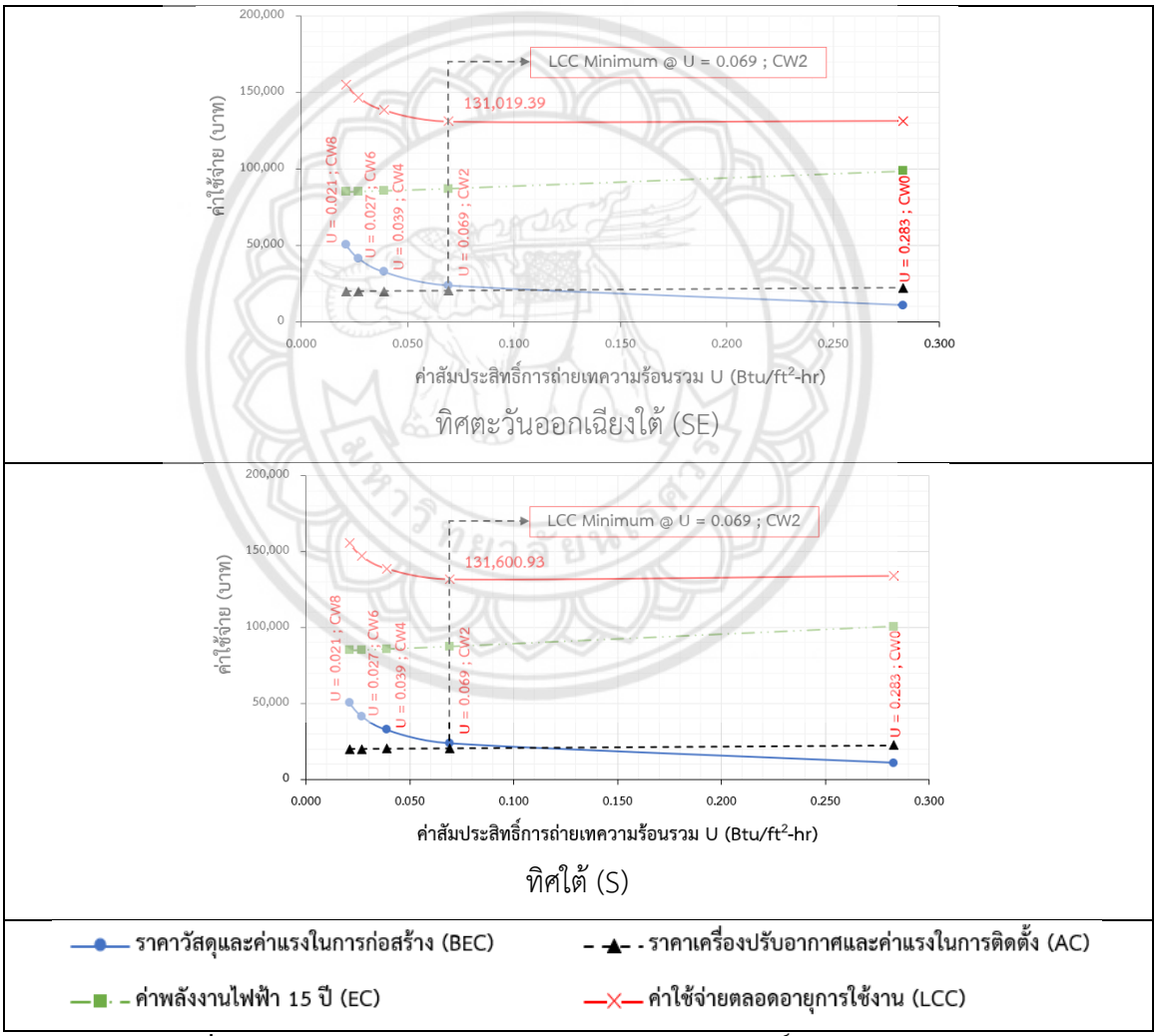
รูปที่ 4.5 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวม (U) และค่าใช้จ่ายของผนังที่ WWR = 0% ของประเภทอาคารชั่วโมงการใช้งาน 8 ชั่วโมง

4.4.2.2 ผนังอิฐมวลเบาบุฉนวน PU Foam 2 นิ้ว (CW2)

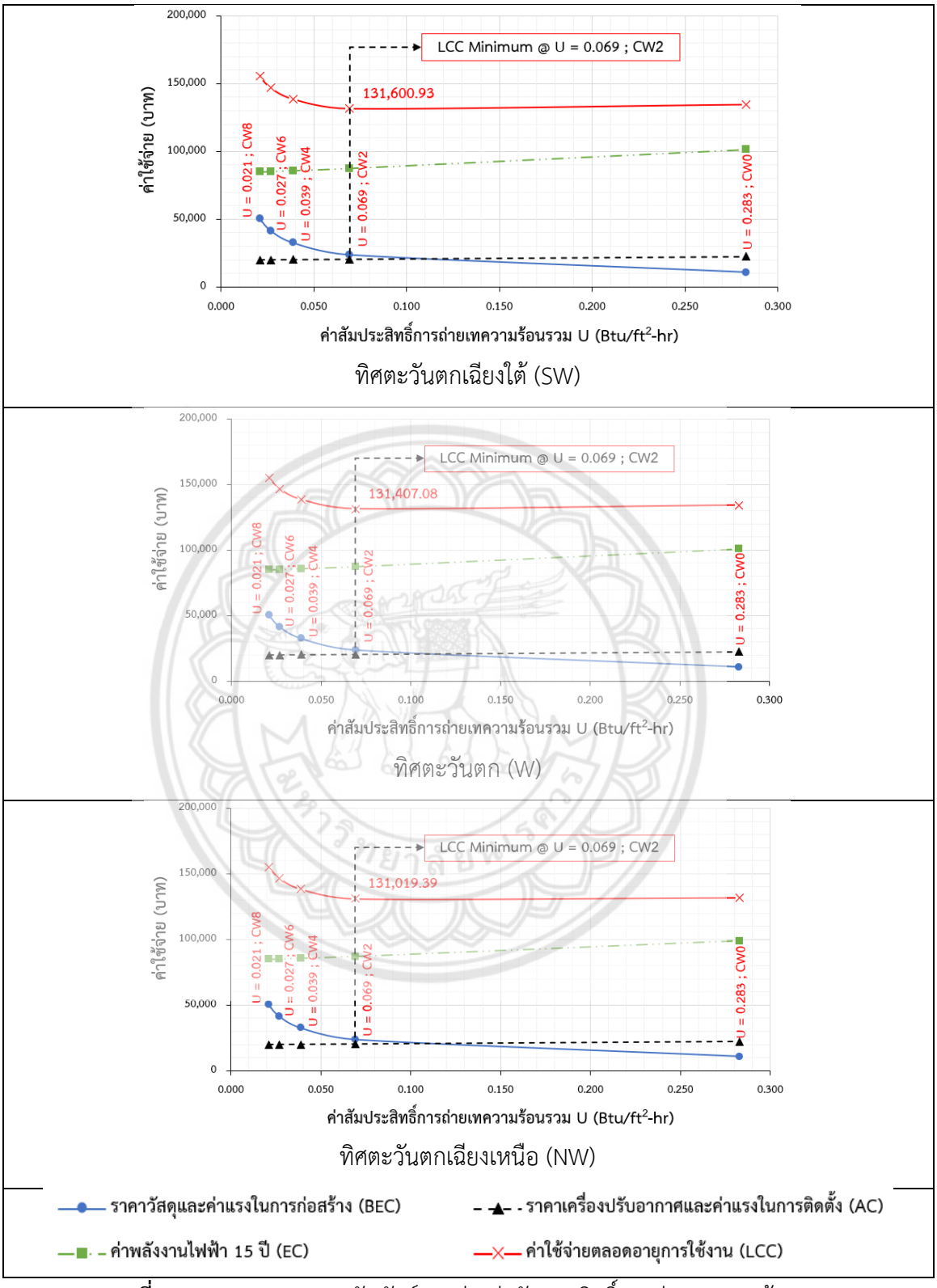
เมื่อพิจารณาจากรูปที่ 4.6 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวม (U) และค่าใช้จ่ายในส่วนต่างๆ ของผนังทึบ (WWR = 0%) จะพบว่า

ในส่วนของค่าใช้จ่ายตลอดอายุการใช้งาน (LCC) จะเกิดจากผลรวมของค่า BEC ค่า AC และค่า EC จากการศึกษา พบว่า ทิศตะวันออกเฉียงใต้ (SE) ทิศใต้ (S) ทิศตะวันตกเฉียงใต้ (SW) ทิศตะวันตก (W) และทิศตะวันตกเฉียงเหนือ (NW) ทิศจำพวกนี้ได้รับความร้อนจากดวงอาทิตย์มาก จึงจำเป็นจะต้องใช้ผนังอิฐมวลเบาบุฉนวน PU Foam 2 นิ้ว (CW2)

4.4.2.2.1 WWR 0%



รูปที่ 4.6 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวม (U) และค่าใช้จ่ายของผนังที่ WWR = 0% ของประเภทอาคารชั่วโมงการใช้งาน 8 ชั่วโมง



รูปที่ 4.6 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวม (U) และค่าใช้จ่ายของผนังที่ WWR = 0% ของประเภทอาคารชั่วโมงการใช้งาน 8 ชั่วโมง (ต่อ)

4.4.2.3 ผนังอิฐมวลเบาฉาบปูนกับกระจกใส (CW0SG)

เมื่อพิจารณาจากรูปที่ 4.7 ถึง 4.10 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวม (U) และค่าใช้จ่ายในส่วนต่างๆ ที่ WWR 20% - 80% จะพบว่า

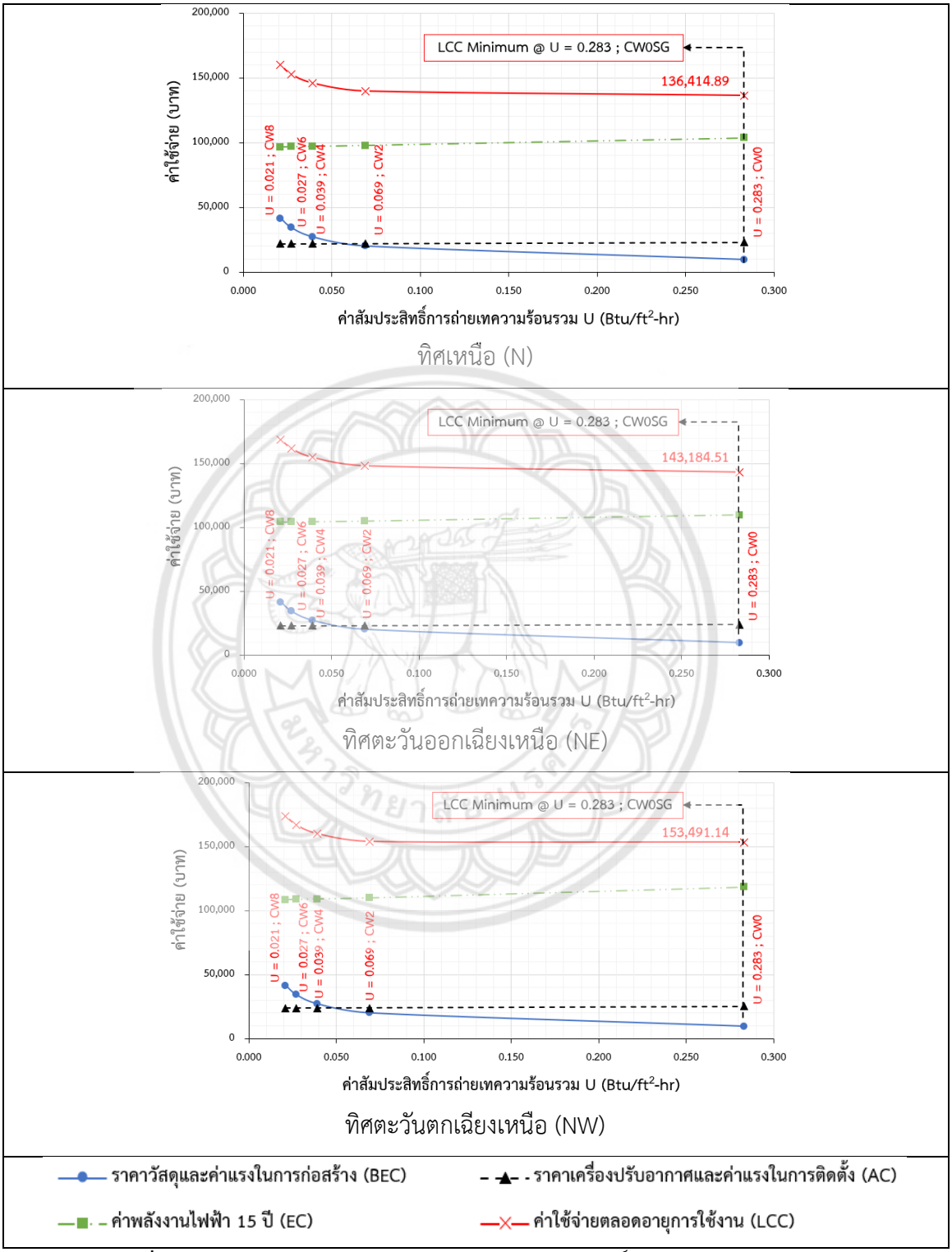
ในส่วนของราคาวัสดุและค่าแรงในการก่อสร้าง (BEC) ที่ WWR = 20% - 80% เนื่องจากพื้นที่กระจกมีมากขึ้น และราคาของกระจกต่ำกว่าราคาผนังทึบ ส่งผลให้กราฟเส้นของค่า BEC มีค่าที่ลดลง เนื่องจากมีการติดตั้งกระจกใสเข้าไป และราคาต่อตารางเมตรของกระจกใสอยู่ที่ 312 บาทต่อตารางเมตร ซึ่งมีราคาที่ถูกมาก จึงทำให้ค่า BEC มีค่าที่ต่ำลง

เมื่อพิจารณาในส่วนของราคาเครื่องปรับอากาศและค่าแรงในการติดตั้ง (AC) จะเห็นว่า WWR สูงขึ้น อิทธิพลทางด้านภาระการทำความเย็นของผนังทึบเริ่มลดน้อยลง แต่จะไปเพิ่มภาระการทำความเย็นที่ผนังโปร่งแสงแทน และค่า U ของผนังโปร่งแสงมากกว่าผนังทึบแสง ดังนั้นภาระการทำความเย็นของที่ WWR = 20% - 80% จึงสูงกว่าเมื่อเทียบกับที่ WWR = 0% เป็นผลให้ต้องเลือกใช้เครื่องปรับอากาศที่มีขนาดใหญ่ขึ้น และส่งผลให้ค่า AC เพิ่มสูงขึ้นด้วย

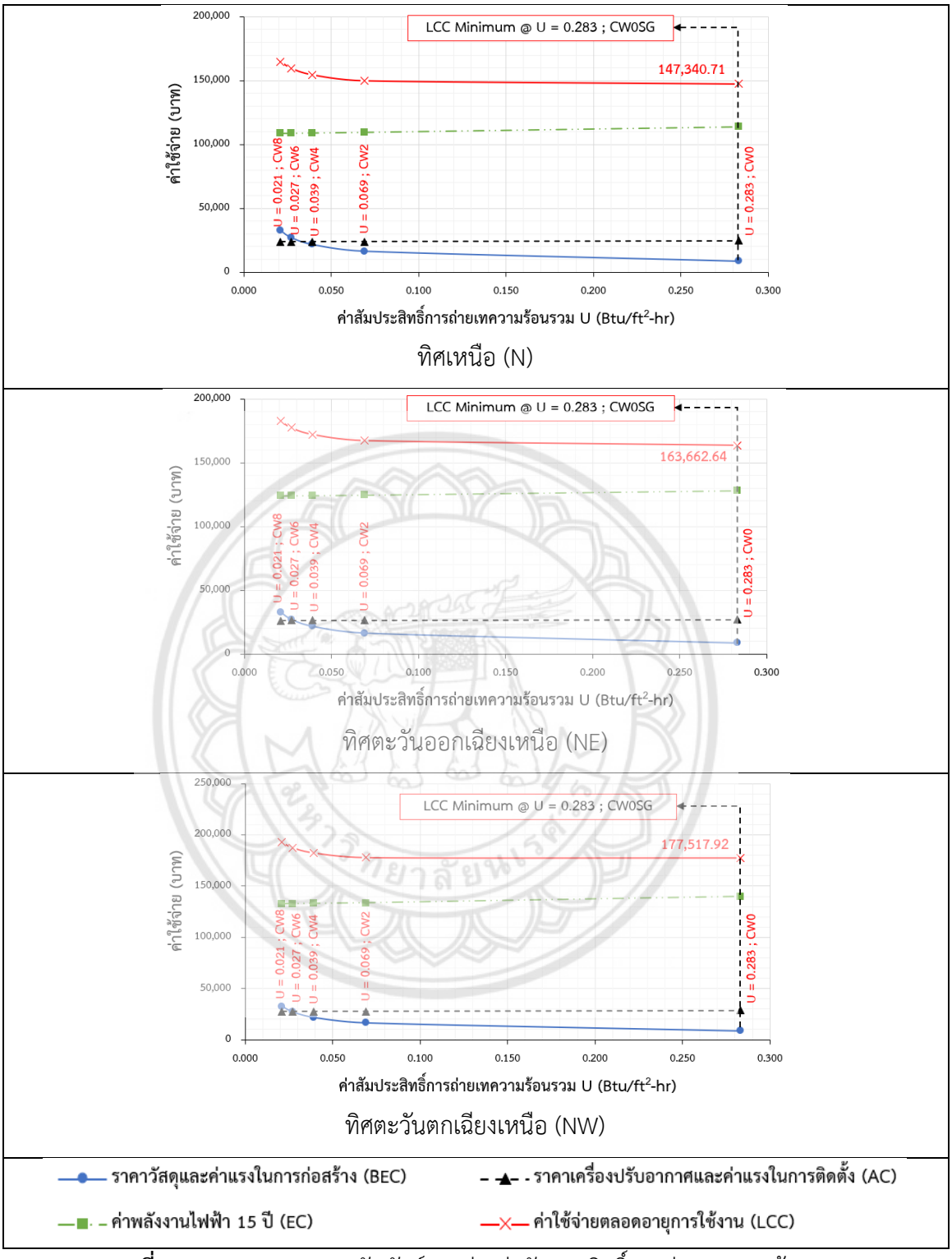
เมื่อพิจารณาในส่วนของค่าพลังงานไฟฟ้า 15 ปี (EC) จะเห็นได้ว่าค่า EC แปรผันตรงตามค่า U เมื่อค่า U ที่ต่ำ ส่งผลทำให้ค่า Q ลดลง การเลือกขนาดของเครื่องปรับอากาศจึงมีขนาดเล็กลง ส่งผลให้ค่า AC มีค่าที่ต่ำ และยังมีผลทำให้ค่า EC มีค่าต่ำลงอีกด้วย

ในส่วนของค่าใช้จ่ายตลอดอายุการใช้งาน (LCC) จะเกิดจากผลรวมของค่า BEC ค่า AC และค่า EC จากการศึกษา พบว่า LCC ที่ต่ำที่สุดของ WWR 20% - 80% เกิดขึ้นในทิศดังต่อไปนี้ ทิศเหนือ (N) ทิศตะวันออกเฉียงเหนือ (NE) และทิศตะวันตกเฉียงเหนือ (NW) ควรใช้ผนังอิฐมวลเบาฉาบปูนกับกระจกใส (CW0SG) เนื่องจากทิศจำพวกนี้ได้รับความร้อนจากดวงอาทิตย์น้อย จึงใช้ผนังอิฐมวลเบาฉาบปูน (CW0SG) และกระจกใส ก็เพียงพอสำหรับการถ่ายเทความร้อนจากดวงอาทิตย์

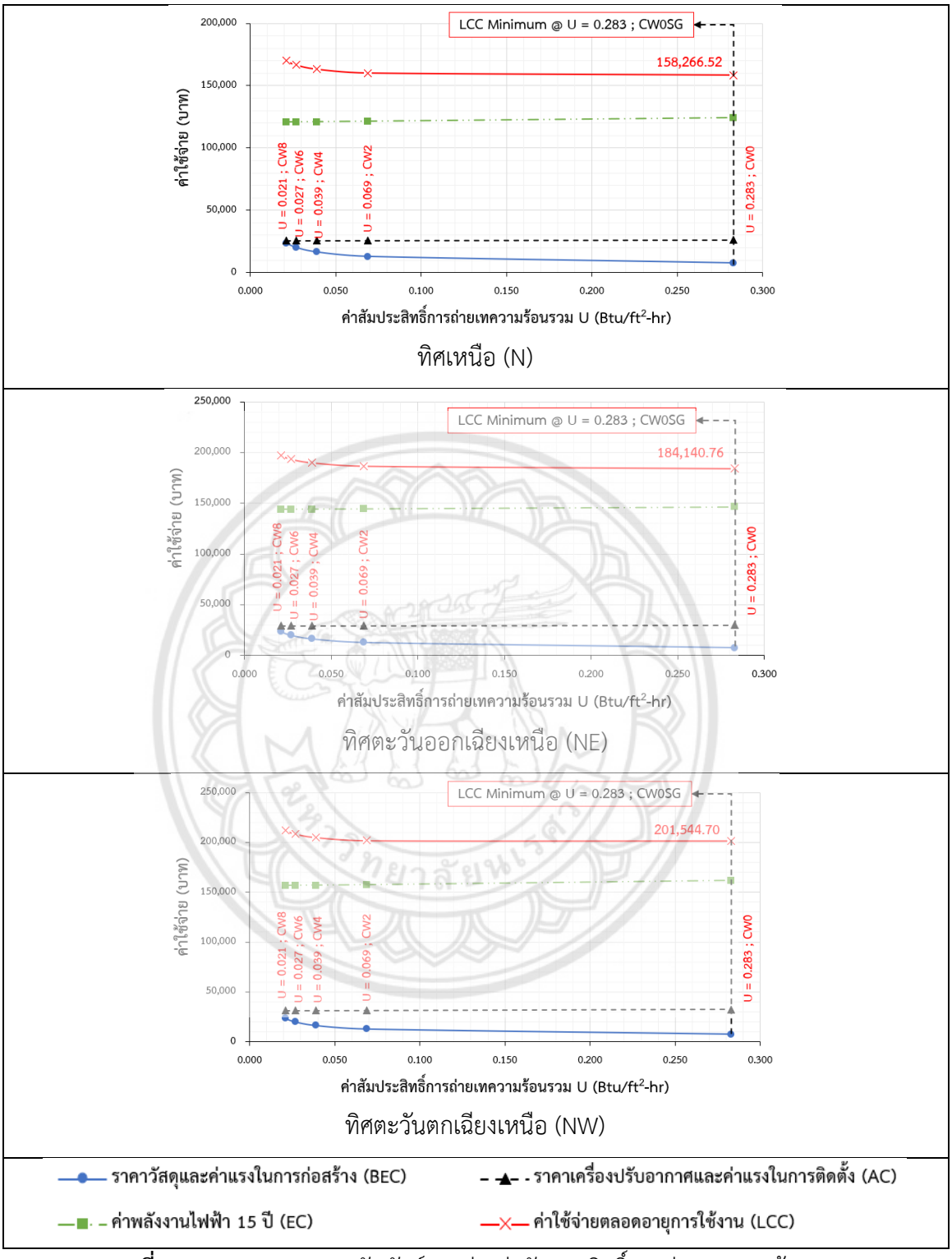
4.4.2.3.1 WWR 20% - 80%



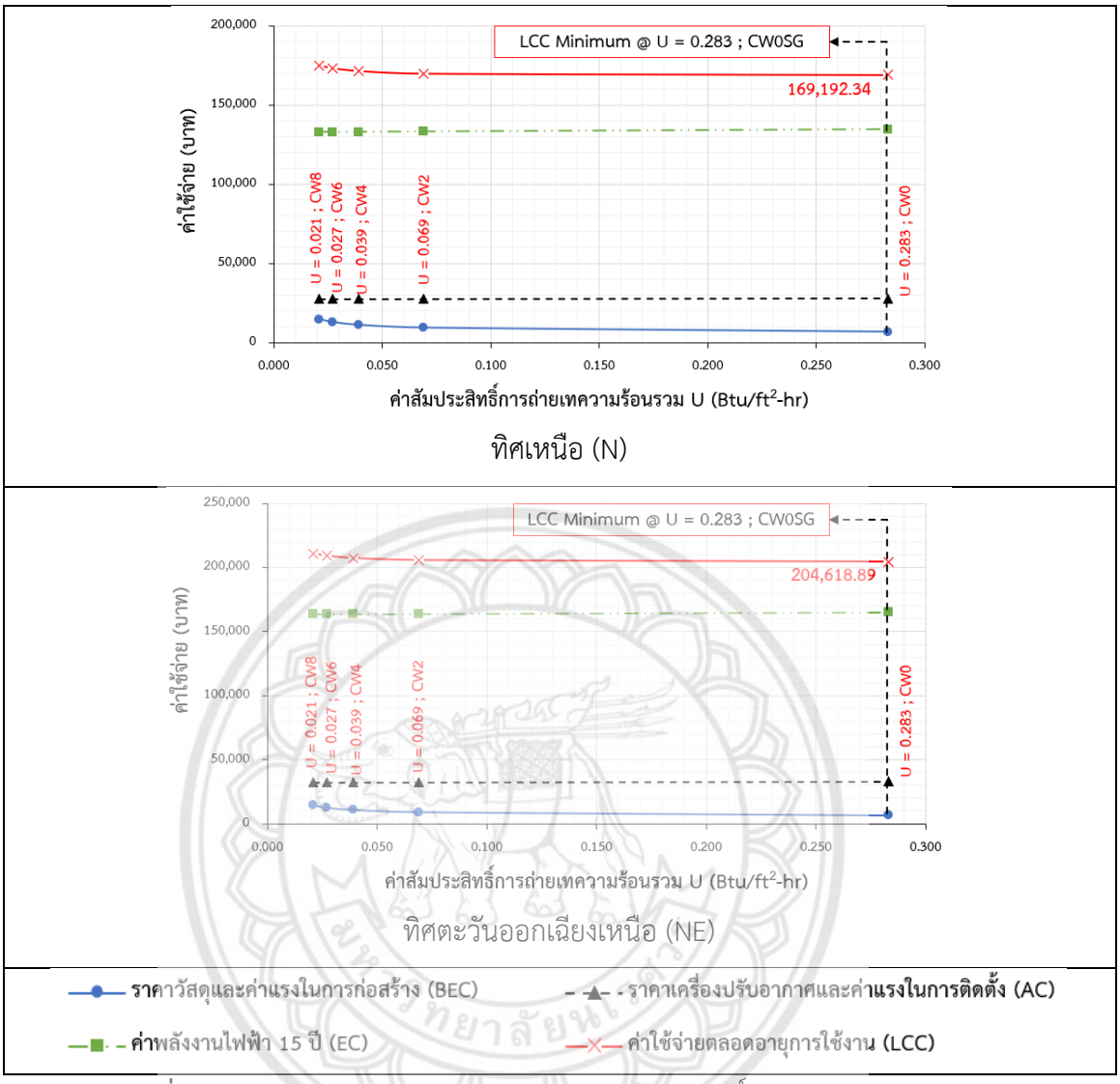
รูปที่ 4.7 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวม (U) และค่าใช้จ่ายของผนังที่ WWR = 20% ของประเภทอาคารชั่วโมงการใช้งาน 8 ชั่วโมง



รูปที่ 4.8 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวม (U) และค่าใช้จ่ายของผนังที่ WWR = 40% ของประเภทอาคารชั่วโมงการใช้งาน 8 ชั่วโมง



รูปที่ 4.9 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวม (U) และค่าใช้จ่ายของผนังที่ WWR = 60% ของประเภทอาคารชั่วโมงการใช้งาน 8 ชั่วโมง



รูปที่ 4.10 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวม (U) และค่าใช้จ่ายของผนังที่ WWR = 80% ของประเภทอาคารชั่วโมงการใช้งาน 8 ชั่วโมง

4.4.2.4 ผนังอิฐมวลเบาฉาบปูนกับกระจกลามิเนต (CW0LG)

เมื่อพิจารณาจากรูปที่ 4.11 ถึง 4.14 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวม (U) และค่าใช้จ่ายในส่วนต่างๆ ที่ WWR 20% - 80% จะพบว่า

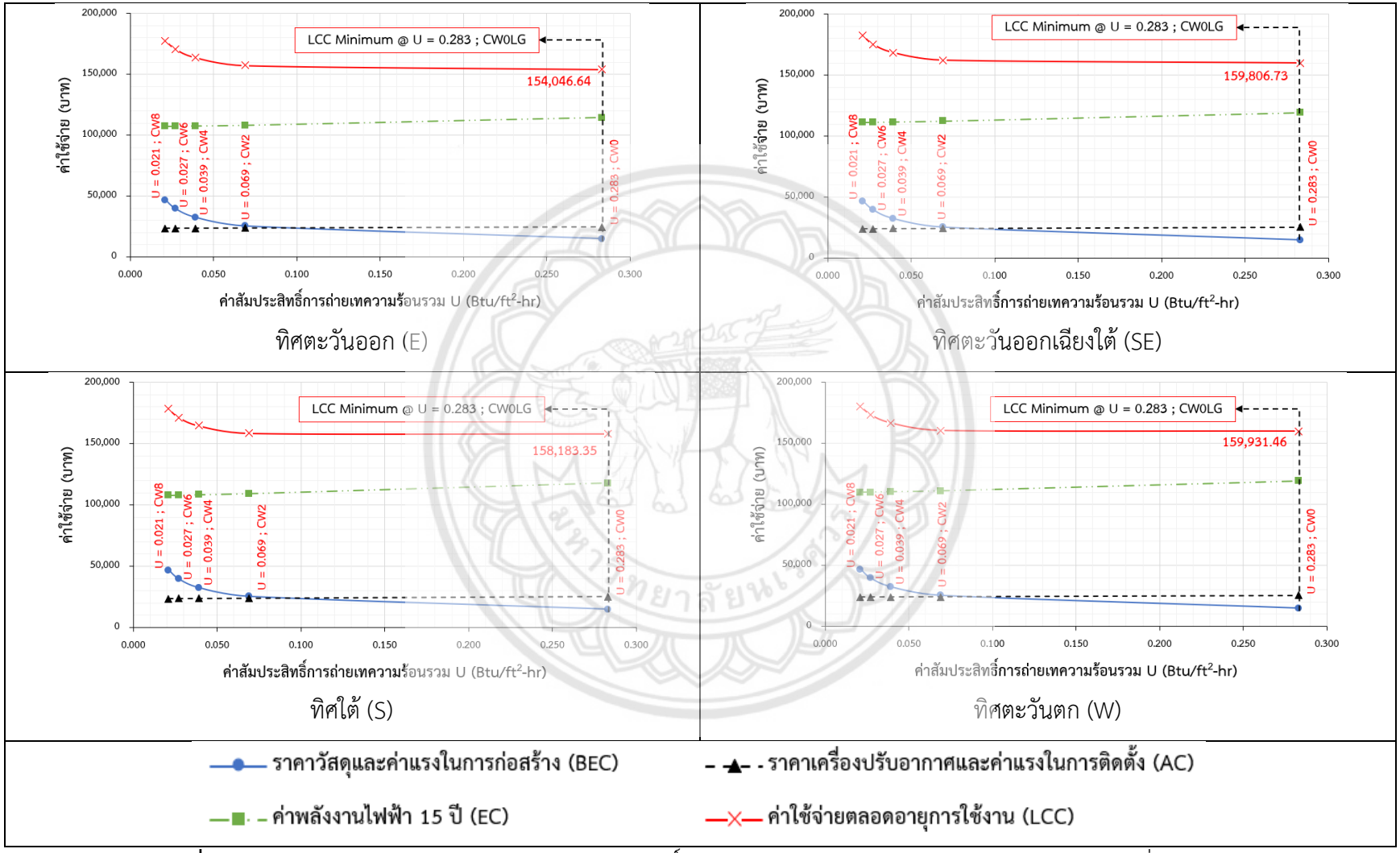
ในส่วนของราคาวัสดุและค่าแรงในการก่อสร้าง (BEC) จะมีค่าใช้จ่ายที่สูงขึ้น เนื่องจากมีการติดตั้งกระจกลามิเนตเข้าไป และราคาต่อตารางเมตรของกระจกลามิเนตอยู่ที่ 1,800 บาท ต่อตารางเมตร ซึ่งมีราคาที่สูงมาก จึงทำให้ค่า BEC มีค่าที่สูงขึ้น

เมื่อพิจารณาในส่วนของราคาเครื่องปรับอากาศและค่าแรงในการติดตั้ง (AC) จะเห็นว่าพื้นที่กระจกต่อพื้นที่ผนังสูงขึ้น อิทธิพลทางด้านภาระการทำความเย็นของผนังทึบเริ่มลดน้อยลง แต่จะไปเพิ่มภาระการทำความเย็นที่ผนังโปร่งแสงแทน และค่า U ของผนังโปร่งแสงมากกว่าผนังทึบแสง ดังนั้น ภาระการทำความเย็นของที่ WWR = 20% - 80% จึงสูงกว่าเมื่อเทียบกับที่ WWR = 0% เป็นผลให้ต้องเลือกใช้เครื่องปรับอากาศที่มีขนาดใหญ่ขึ้น และส่งผลให้ค่า AC เพิ่มสูงขึ้นด้วย

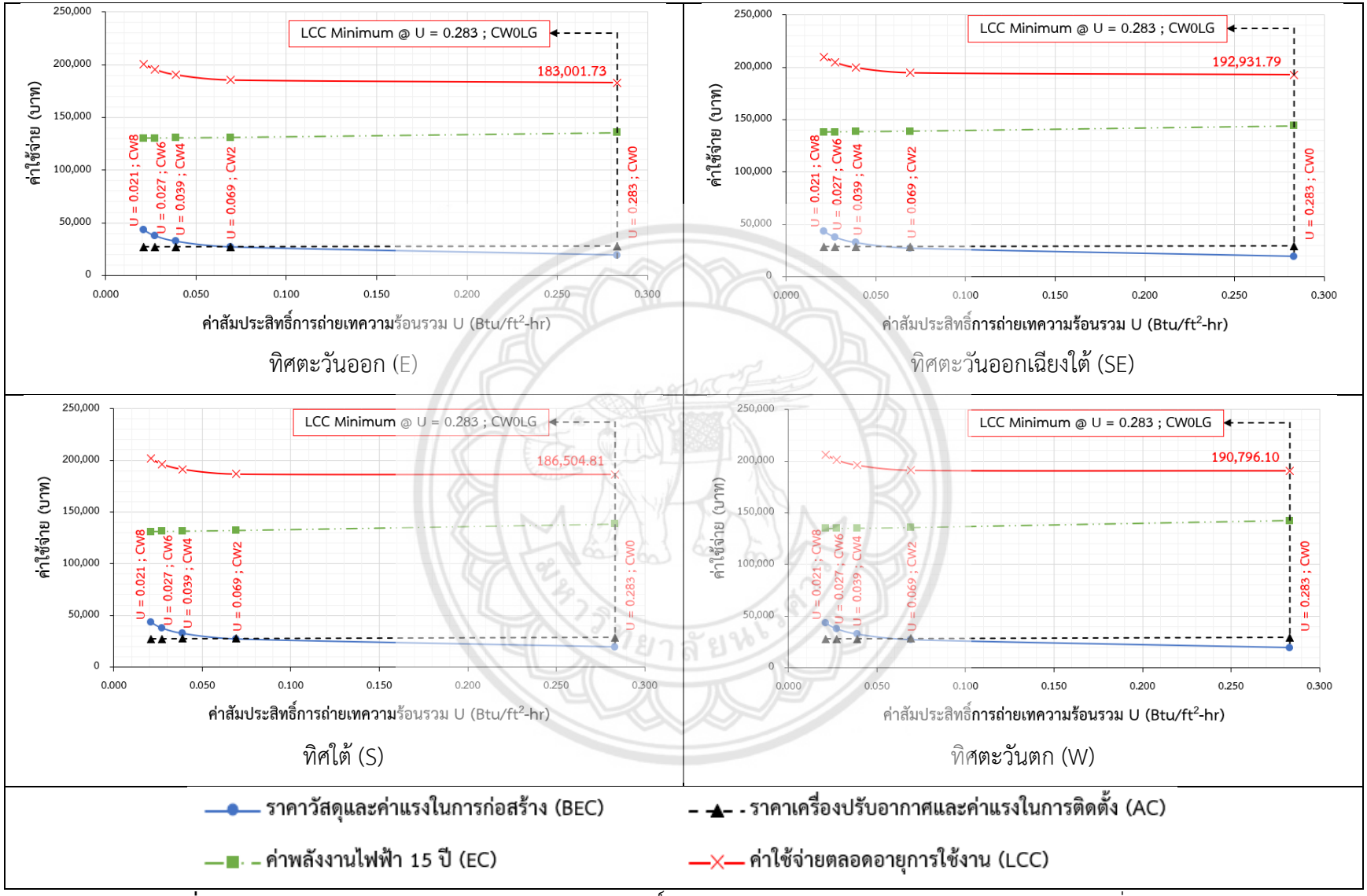
เมื่อพิจารณาในส่วนของค่าพลังงานไฟฟ้า 15 ปี (EC) จะเห็นได้ว่าค่า EC แปรผันตรงตามค่า U เมื่อค่า U ที่ต่ำ ส่งผลทำให้ค่า Q ลดลง การเลือกขนาดของเครื่องปรับอากาศจึงมีขนาดเล็กลง ส่งผลให้ค่า AC มีค่าที่ต่ำ และยังมีผลทำให้ค่า EC มีค่าต่ำลงอีกด้วย

ในส่วนของค่าใช้จ่ายตลอดอายุการใช้งาน (LCC) จะเกิดจากผลรวมของค่า BEC ค่า AC และค่า EC จากการศึกษา พบว่า LCC ที่ต่ำที่สุดของ WWR 20% - 80% เกิดขึ้นในทิศดังต่อไปนี้ ทิศตะวันออก (E) ทิศตะวันออกเฉียงใต้ (SE) และทิศใต้ (S) และทิศตะวันตก (W) ควรใช้ผนังอิฐมวลเบาฉาบปูนกับกระจกลามิเนต (CW0LG) เนื่องจากทิศจำพวกนี้ได้รับความร้อนจากดวงอาทิตย์มาก จึงจำเป็นจะต้องใช้ผนังอิฐมวลเบาฉาบปูนกับกระจกลามิเนต (CW0LG)

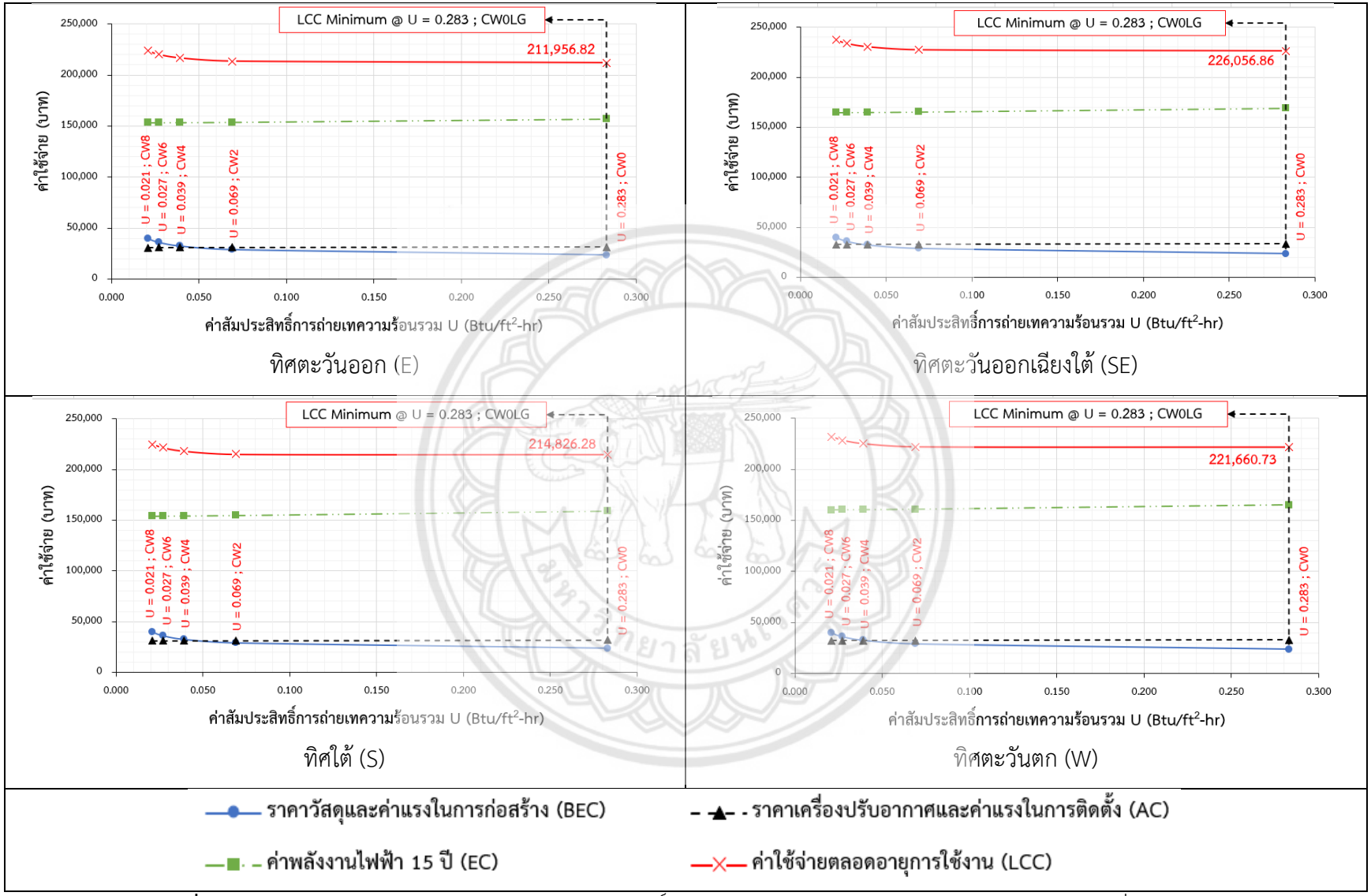
4.4.2.4.1 WWR 20% - 80%



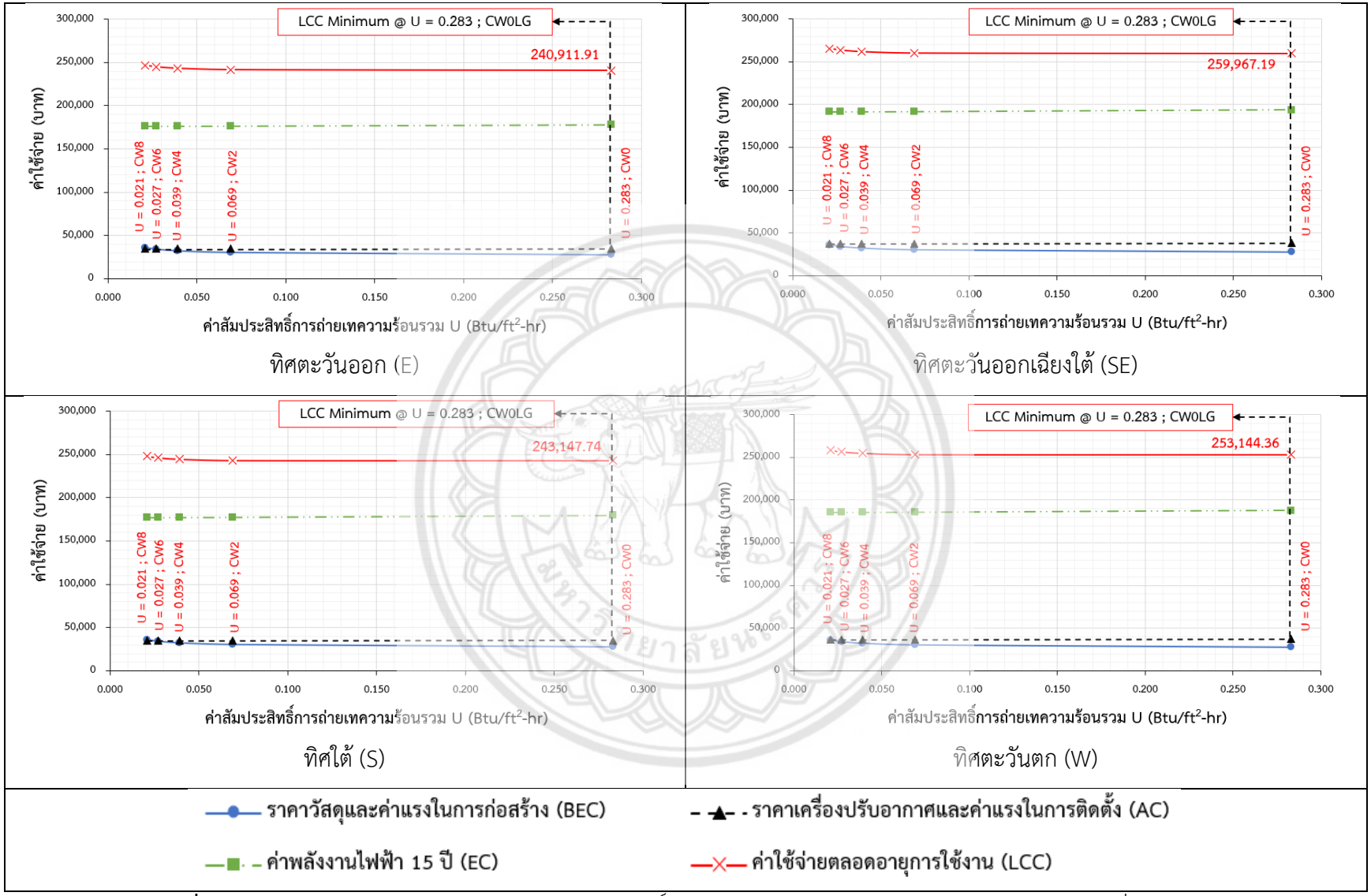
รูปที่ 4.11 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวม (U) และค่าใช้จ่ายของผนังที่ WWR = 20% ของประเภทอาคารชั่วโมงการใช้งาน 8 ชั่วโมง



รูปที่ 4.12 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวม (U) และค่าใช้จ่ายของผนังที่ WWR = 40% ของประเภทอาคารชั่วโมงการใช้งาน 8 ชั่วโมง



รูปที่ 4.13 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวม (U) และค่าใช้จ่ายของผนังที่ WWR = 60% ของประเภทอาคารชั่วโมงการใช้งาน 8 ชั่วโมง



รูปที่ 4.14 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวม (U) และค่าใช้จ่ายของผนังที่ WWR = 80% ของประเภทอาคารชั่วโมงการใช้งาน 8 ชั่วโมง.

4.4.2.5 ผนังอิฐมวลเบาบุฉนวน PU Foam 2 นิ้ว กับกระจกลามิเนต (CW2LG)

เมื่อพิจารณาจากรูปที่ 4.15 ถึง 4.18 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวม (U) และค่าใช้จ่ายในส่วนต่างๆ ที่ WWR 20% - 80% จะพบว่า

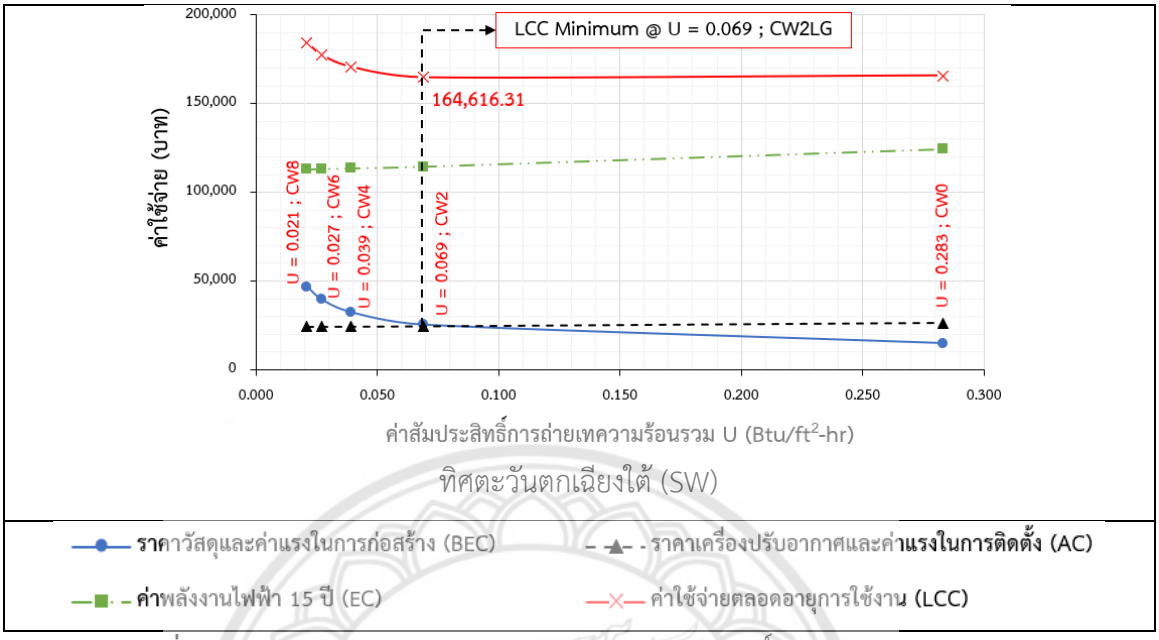
ในส่วนของราคาวัสดุและค่าแรงในการก่อสร้าง (BEC) จะมีค่าใช้จ่ายที่สูงขึ้น เนื่องจากมีการติดตั้งกระจกลามิเนตเข้าไป และราคาต่อตารางเมตรของกระจกลามิเนตอยู่ที่ 1,800 บาท ต่อตารางเมตร ซึ่งมีราคาที่สูงมาก จึงทำให้ค่า BEC มีค่าที่สูงขึ้น

เมื่อพิจารณาในส่วนของราคาเครื่องปรับอากาศและค่าแรงในการติดตั้ง (AC) จะเห็นว่าพื้นที่กระจกต่อพื้นที่ผนังสูงขึ้น อิทธิพลทางด้านภาระการทำความเย็นของผนังทึบเริ่มลดน้อยลง แต่จะไปเพิ่มภาระการทำความเย็นที่ผนังโปร่งแสงแทน และค่า U ของผนังโปร่งแสงมากกว่าผนังทึบแสง ดังนั้น ภาระการทำความเย็นของที่ WWR = 20% - 80% จึงสูงกว่าเมื่อเทียบกับที่ WWR = 0% เป็นผลให้ต้องเลือกใช้เครื่องปรับอากาศที่มีขนาดใหญ่ขึ้น และส่งผลให้ค่า AC เพิ่มสูงขึ้นด้วย

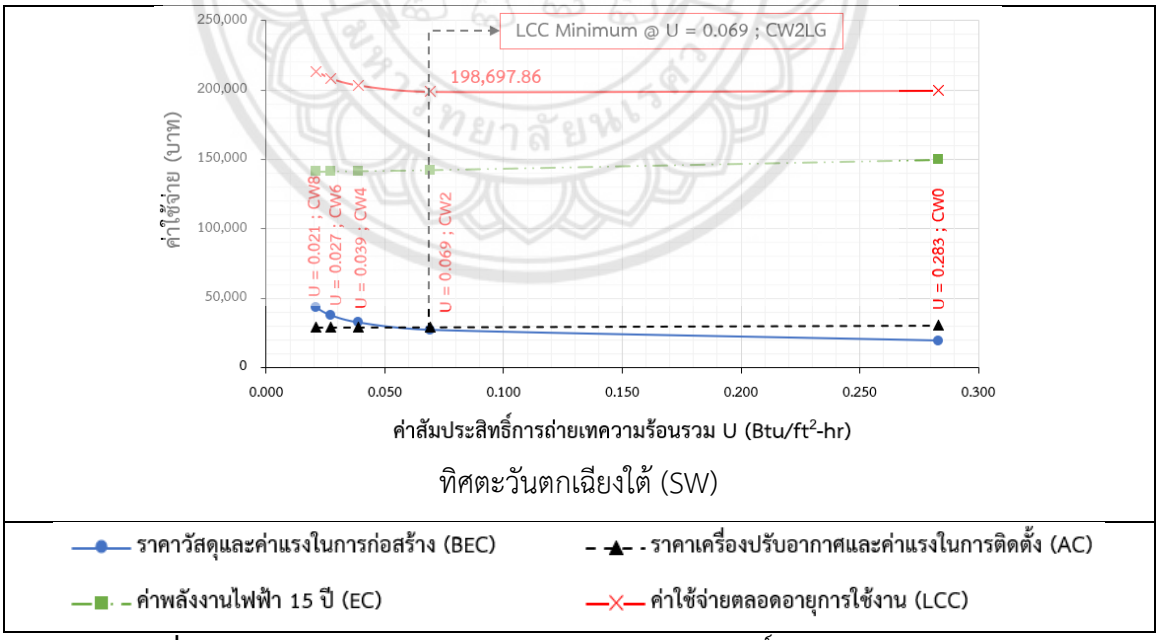
เมื่อพิจารณาในส่วนของค่าพลังงานไฟฟ้า 15 ปี (EC) จะเห็นได้ว่าค่า EC แปรผันตรงตาม AC เนื่องจากเครื่องปรับอากาศมีขนาดที่ใหญ่ขึ้น ราคาเครื่องปรับอากาศก็จะสูง และการใช้พลังงานไฟฟ้าก็จะสูงตามไปด้วย

ในส่วนของค่าใช้จ่ายตลอดอายุการใช้งาน (LCC) จะเกิดจากผลรวมของค่า BEC ค่า AC และค่า EC จากการศึกษา พบว่า LCC ที่ต่ำที่สุดที่ WWR 20% - 80% เกิดขึ้นในทิศตะวันตกเฉียงใต้ (SW) เนื่องจากทิศนี้ได้รับความร้อนจากดวงอาทิตย์สูงที่สุด จึงควรใช้ผนังอิฐมวลเบาบุฉนวน PU Foam 2 นิ้ว กับกระจกลามิเนต (CW2LG)

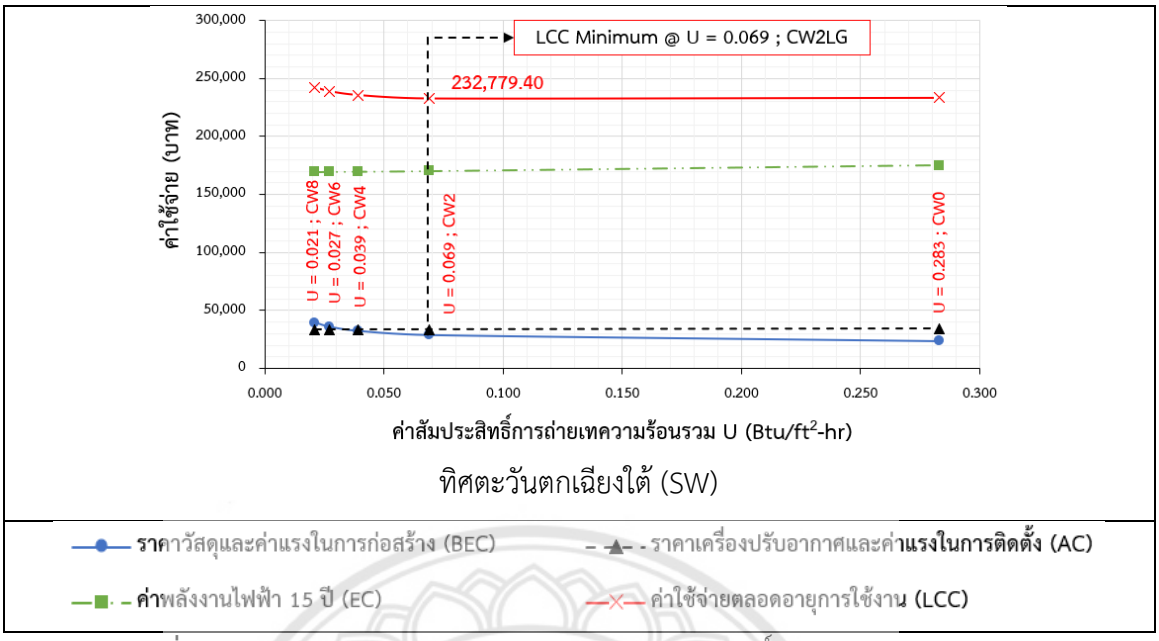
4.4.2.5.1 WWR 20% - 80%



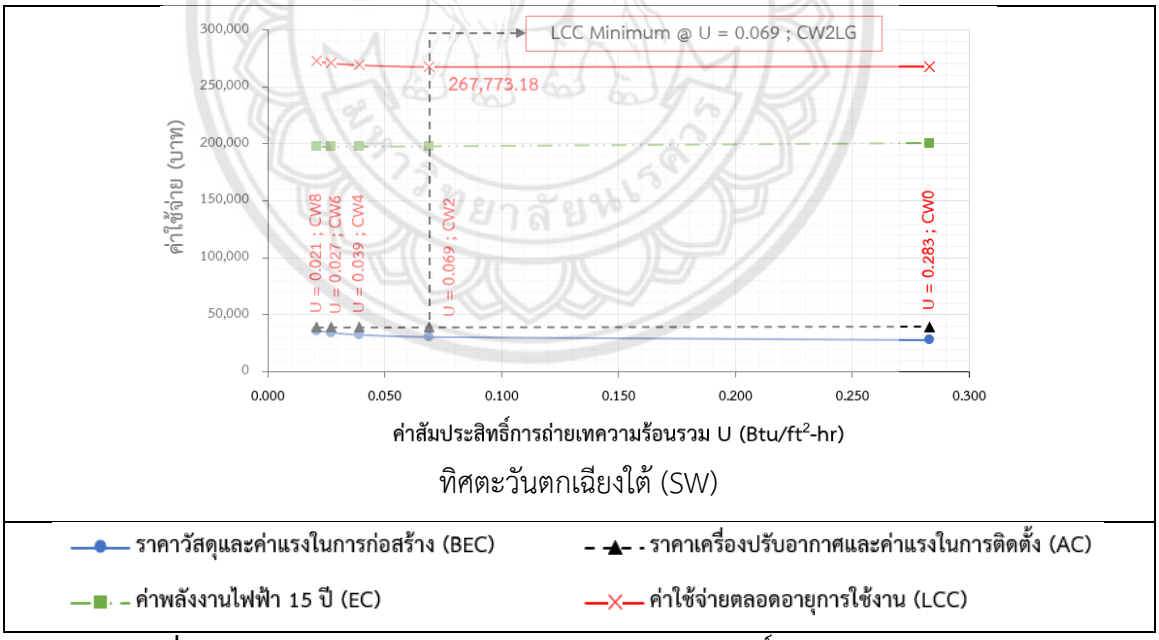
รูปที่ 4.15 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวม (U) และค่าใช้จ่ายของผนังที่ WWR = 20% ของประเภทอาคารชั่วโมงการใช้งาน 8 ชั่วโมง



รูปที่ 4.16 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวม (U) และค่าใช้จ่ายของผนังที่ WWR = 40% ของประเภทอาคารชั่วโมงการใช้งาน 8 ชั่วโมง



รูปที่ 4.17 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวม (U) และค่าใช้จ่ายของผนังที่ WWR = 60% ของประเภทอาคารชั่วโมงการใช้งาน 8 ชั่วโมง



รูปที่ 4.18 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวม (U) และค่าใช้จ่ายของผนังที่ WWR = 80% ของประเภทอาคารชั่วโมงการใช้งาน 8 ชั่วโมง

4.4.2.6 ผนังอิฐมวลเบาบุฉนวน PU Foam 2 นิ้ว กับกระจกใส (CW2SG)

เมื่อพิจารณาจากรูปที่ 4.19 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวม (U) และค่าใช้จ่ายในส่วนต่างๆ ที่ WWR 80% จะพบว่า

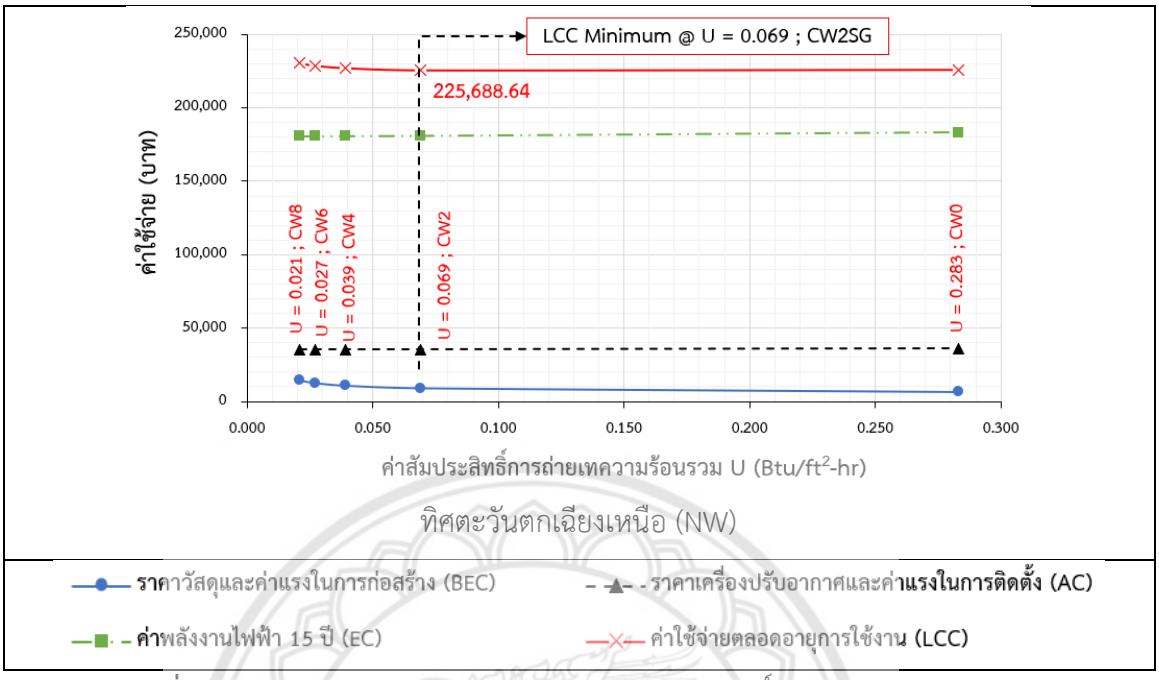
ในส่วนของราคาวัสดุและค่าแรงในการก่อสร้าง (BEC) จะมีค่าใช้จ่ายที่ต่ำลง เนื่องจากมีการติดตั้งกระจกใสเข้าไป และราคาต่อตารางเมตรของกระจกใสอยู่ที่ 312 บาทต่อตารางเมตร ซึ่งมีราคาที่ถูกมาก จึงทำให้ค่า BEC มีค่าที่ต่ำลง

เมื่อพิจารณาในส่วนของราคาเครื่องปรับอากาศและค่าแรงในการติดตั้ง (AC) จะเห็นว่าพื้นที่กระจกต่อพื้นที่ผนังสูงมาก อิทธิพลทางด้านภาระการทำความเย็นของผนังทึบเริ่มลดน้อยลง แต่จะไปเพิ่มภาระการทำความเย็นที่ผนังโปร่งแสงแทน และค่า U ของผนังโปร่งแสงมากกว่าผนังทึบแสง ดังนั้นภาระการทำความเย็นของที่ WWR = 80% จึงสูงมาก เป็นผลให้ต้องเลือกใช้เครื่องปรับอากาศที่มีขนาดใหญ่มาก และส่งผลให้ค่า AC เพิ่มสูงขึ้นด้วย

เมื่อพิจารณาในส่วนของค่าพลังงานไฟฟ้า 15 ปี (EC) จะเห็นได้ว่าค่า EC แปรผันตรงตาม AC เนื่องจากเครื่องปรับอากาศมีขนาดที่ใหญ่ขึ้น ราคาเครื่องปรับอากาศก็จะสูง และการใช้พลังงานไฟฟ้าก็จะสูงตามไปด้วย

ในส่วนของค่าใช้จ่ายตลอดอายุการใช้งาน (LCC) จะเกิดจากผลรวมของค่า BEC ค่า AC และค่า EC จากการศึกษา พบว่า LCC ที่ต่ำที่สุดในทิศตะวันตกเฉียงเหนือ (NW) ควรใช้ผนังอิฐมวลเบาบุฉนวน PU Foam 2 นิ้ว กับกระจกใส (CW2SG)

4.4.2.6.1 WWR 80%



รูปที่ 4.19 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวม (U) และค่าใช้จ่ายของผนังที่ WWR = 80% ของประเภทอาคารชั่วโมงการใช้งาน 8 ชั่วโมง

4.4.3 ประเภทอาคาร ข. โรงมหรสพ ศูนย์การค้า สถานบริการ ห้างสรรพสินค้า ชั่วโมงการใช้งาน 12 ชั่วโมง

4.4.3.1 ผนังอิฐมวลเบาบุฉนวน PU Foam 2 นิ้ว (CW2)

เมื่อพิจารณาจากรูปที่ 4.20 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวม (U) และค่าใช้จ่ายในส่วนต่างๆ ที่ผนังทึบ หรือ WWR 0% จะพบว่า

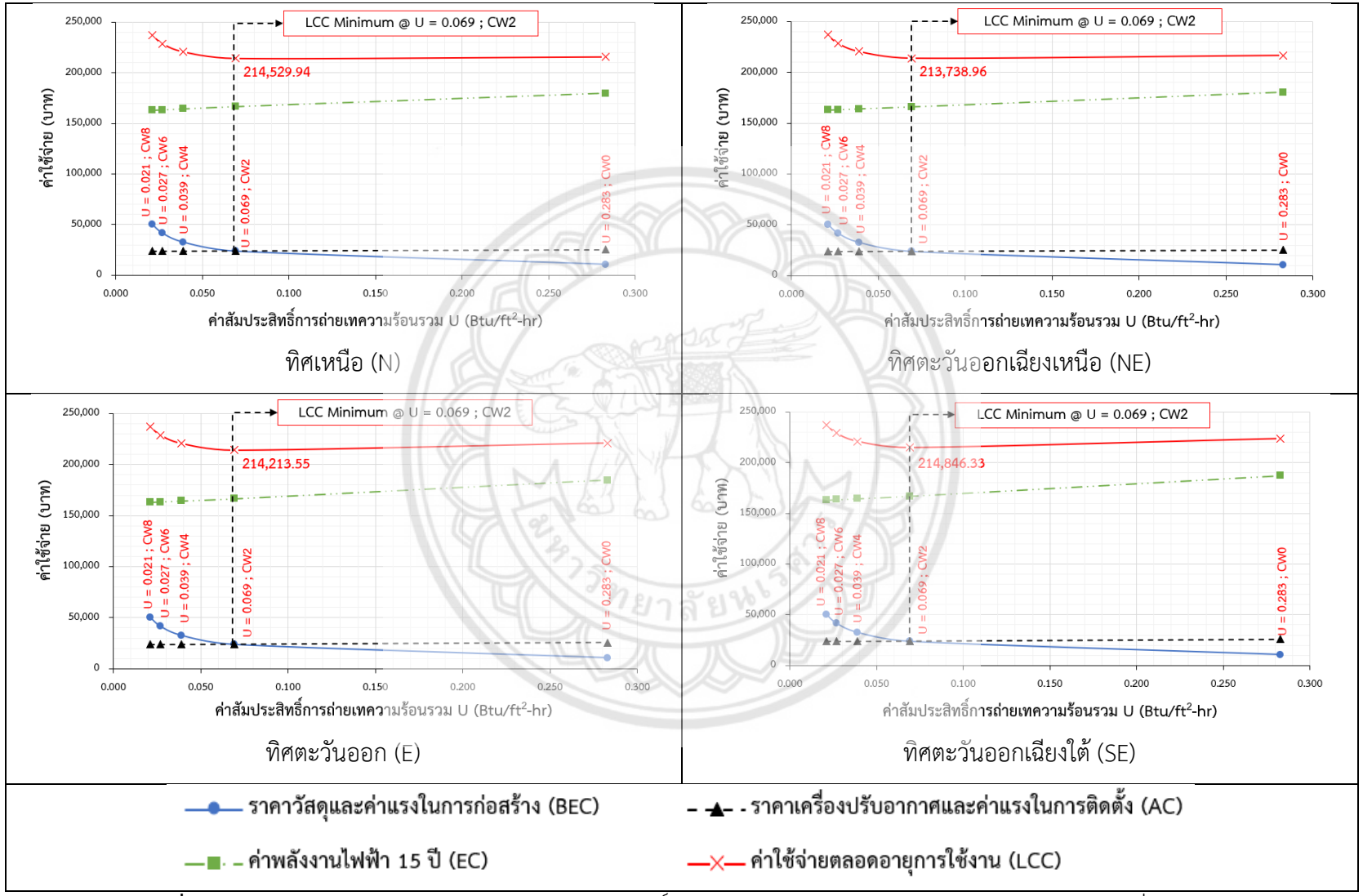
ความสัมพันธ์ระหว่างค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวม (U) และค่าใช้จ่ายของผนังที่ WWR = 0% ในส่วนของราคาวัสดุและค่าแรงในการก่อสร้าง (BEC) ของผนังอิฐมวลเบา พบว่าค่า U แปรผกผันกับค่า BEC เมื่อค่า U ของวัสดุผนังภายนอกอาคารมีค่าสูงขึ้นจะทำให้ค่า BEC ต่ำลง และเมื่อบุฉนวนผนังอิฐมวลเบาด้วย PU Foam 2 นิ้ว (CW2) จะเห็นได้ว่า ค่า U จะลดลงร้อยละ 75.62 และส่งผลให้ค่าใช้จ่ายมีค่าเพิ่มขึ้น และเมื่อเทียบระหว่างผนังอิฐมวลเบาบุฉนวน PU Foam 2 นิ้ว (CW2) กับผนังอิฐมวลเบาบุฉนวน PU-Foam 4 นิ้ว (CW4) พบว่าค่า U จะลดลงเพียงร้อยละ 43.48 และค่า BEC จะเพิ่มสูงขึ้น แต่เมื่อเพิ่มฉนวนขึ้นจาก 4 นิ้ว เป็น 6 และ 8 นิ้ว พบว่า อัตราการลดลงของค่า U น้อยมาก แต่ในทางตรงข้ามกันค่า BEC จะเพิ่มมากขึ้น

เมื่อพิจารณาในส่วนของราคาเครื่องปรับอากาศและค่าแรงในการติดตั้ง (AC) จะเห็นได้ว่าค่า AC ตรงกันข้ามกับ BEC เมื่อติดตั้งผนังอิฐมวลเบาฉาบปูน จะมีค่า U ที่สูง ส่งผลให้ค่า Q สูงด้วย จึงทำให้ต้องเลือกเครื่องปรับอากาศที่มีขนาดใหญ่และราคาสูง แต่พอบุฉนวน PU Foam เข้าไปเพียง 2 นิ้ว ทำให้ค่า U ลดลงอย่างมาก จึงส่งผลให้ค่า Q ลดลง ทำให้เลือกเครื่องปรับอากาศที่มีขนาดเล็กลง เมื่อเครื่องปรับอากาศขนาดเล็กลงราคาของเครื่องปรับอากาศก็จะลดลงตามไปด้วย

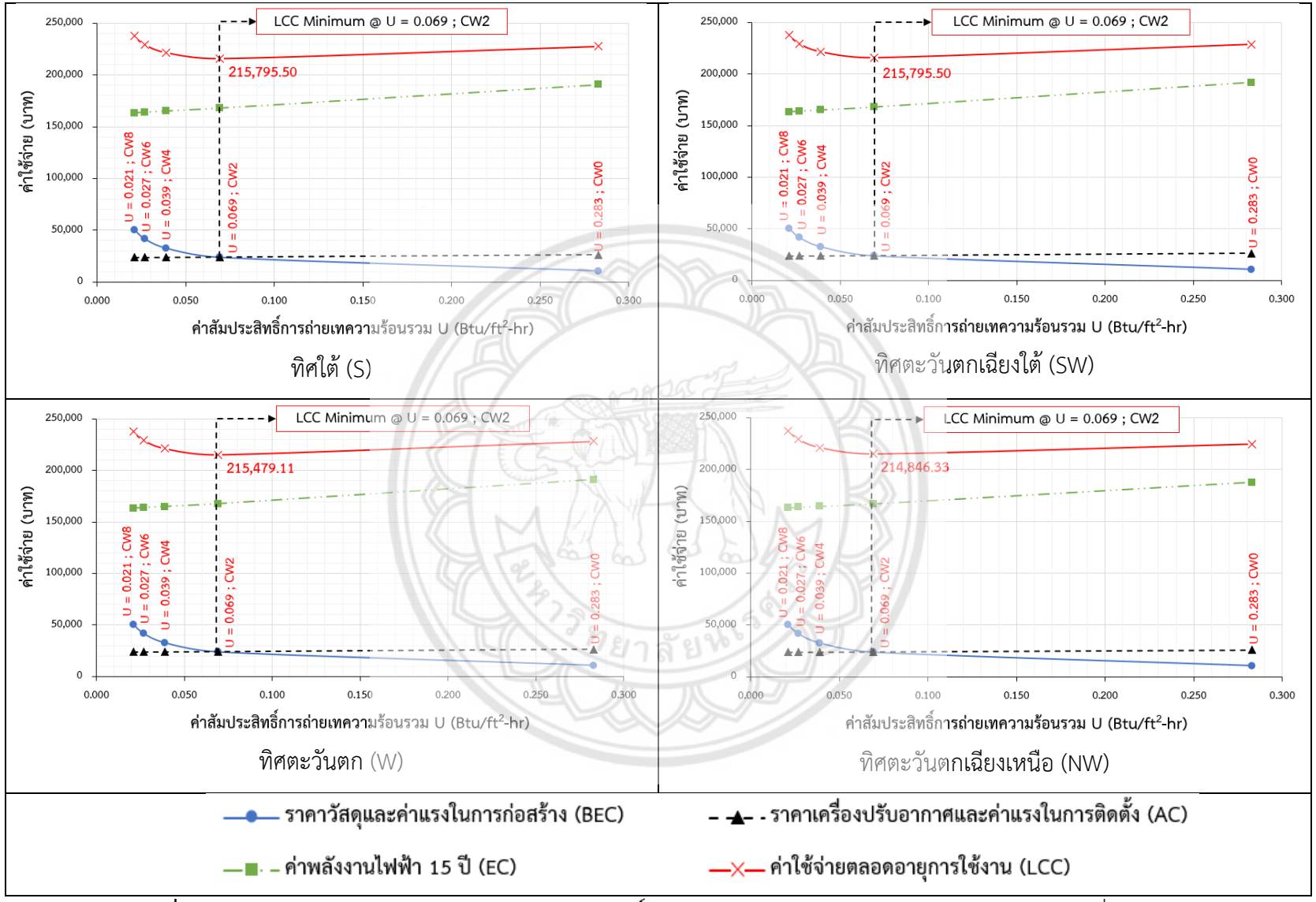
เมื่อพิจารณาในส่วนของค่าพลังงานไฟฟ้า 15 ปี (EC) จะเห็นได้ว่าค่า EC แปรผันตรงตาม AC ถ้าเครื่องปรับอากาศมีขนาดเล็ก ราคาเครื่องปรับอากาศก็จะต่ำ และการใช้พลังงานไฟฟ้าก็จะต่ำลงด้วย และเมื่อเครื่องปรับอากาศมีขนาดที่ใหญ่ขึ้น ราคาเครื่องปรับอากาศก็จะสูง และการใช้พลังงานไฟฟ้าก็จะสูงตามไปด้วย

ในส่วนของค่าใช้จ่ายตลอดอายุการใช้งาน (LCC) จะเกิดจากผลรวมของค่า BEC ค่า AC และค่า EC จากการศึกษา จะเห็นได้ว่ากลุ่มผนังอิฐมวลเบาที่บุฉนวน PU Foam 2 นิ้ว (CW2) มีค่าใช้จ่ายตลอดอายุการใช้งานต่ำที่สุด ในทางด้านทิศเหนือ (N) ทิศตะวันออกเฉียงเหนือ (NE) และทิศตะวันออก (E) ทิศใต้ (S) ทิศตะวันตกเฉียงใต้ (SW) ทิศตะวันตก (W) และทิศตะวันตกเฉียงเหนือ (NW) เนื่องจากทั้งสามทิศนี้ได้รับความร้อนจากดวงอาทิตย์มาก จึงเป็นที่จะต้องใช้ผนังอิฐมวลเบาที่บุฉนวน PU Foam 2 นิ้ว

4.4.3.1.1 WWR 0%



รูปที่ 4.20 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวม (U) และค่าใช้จ่ายของผนังที่ WWR = 0% ของประเภทอาคารชั่วโมงการใช้งาน 12 ชั่วโมง



รูปที่ 4.20 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวม (U) และค่าใช้จ่ายของผนังที่ WWR = 0% ของประเภทอาคารชั่วโมงการใช้งาน 12 ชั่วโมง (ต่อ)

4.4.3.2 ผนังอิฐมวลเบาบุฉนวน PU Foam 2 นิ้ว กับกระจกใส (CW2SG)

เมื่อพิจารณาจากรูปที่ 4.21 ถึง 4.24 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวม (U) และค่าใช้จ่ายในส่วนต่างๆ ที่ WWR 20% - 80% จะพบว่า

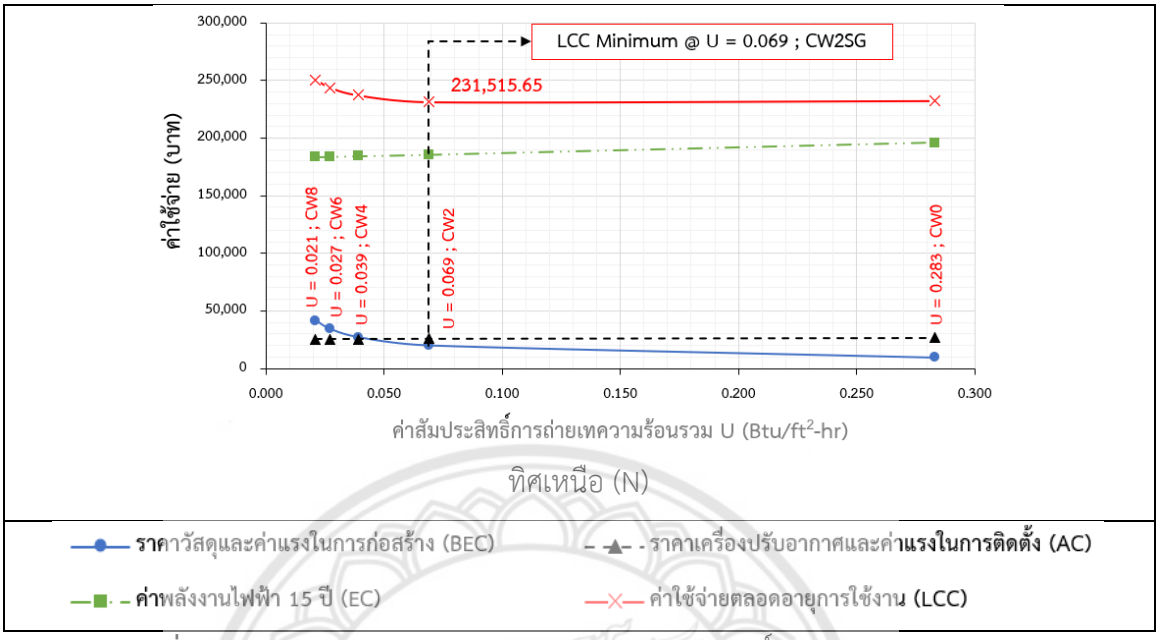
ในส่วนของราคาวัสดุและค่าแรงในการก่อสร้าง (BEC) จะมีค่าใช้จ่ายที่ต่ำลง เนื่องจากมีการติดตั้งกระจกใสเข้าไป และราคาต่อตารางเมตรของกระจกใสอยู่ที่ 312 บาทต่อตารางเมตร ซึ่งมีราคาที่ถูกมาก จึงทำให้ค่า BEC มีค่าที่ต่ำลง

เมื่อพิจารณาในส่วนของราคาเครื่องปรับอากาศและค่าแรงในการติดตั้ง (AC) จะเห็นว่าพื้นที่กระจกต่อพื้นที่ผนังสูงมาก อิทธิพลทางด้านภาระการทำความเย็นของผนังทึบเริ่มลดน้อยลง แต่จะไปเพิ่มภาระการทำความเย็นที่ผนังโปร่งแสงแทน และค่า U ของผนังโปร่งแสงมากกว่าผนังทึบแสง ดังนั้นภาระการทำความเย็นของที่ WWR = 20% - 80% จึงสูงกว่าเมื่อเทียบกับที่ WWR = 0% เป็นผลให้ต้องเลือกใช้เครื่องปรับอากาศที่มีขนาดใหญ่มาก และส่งผลให้ค่า AC เพิ่มสูงขึ้นด้วย

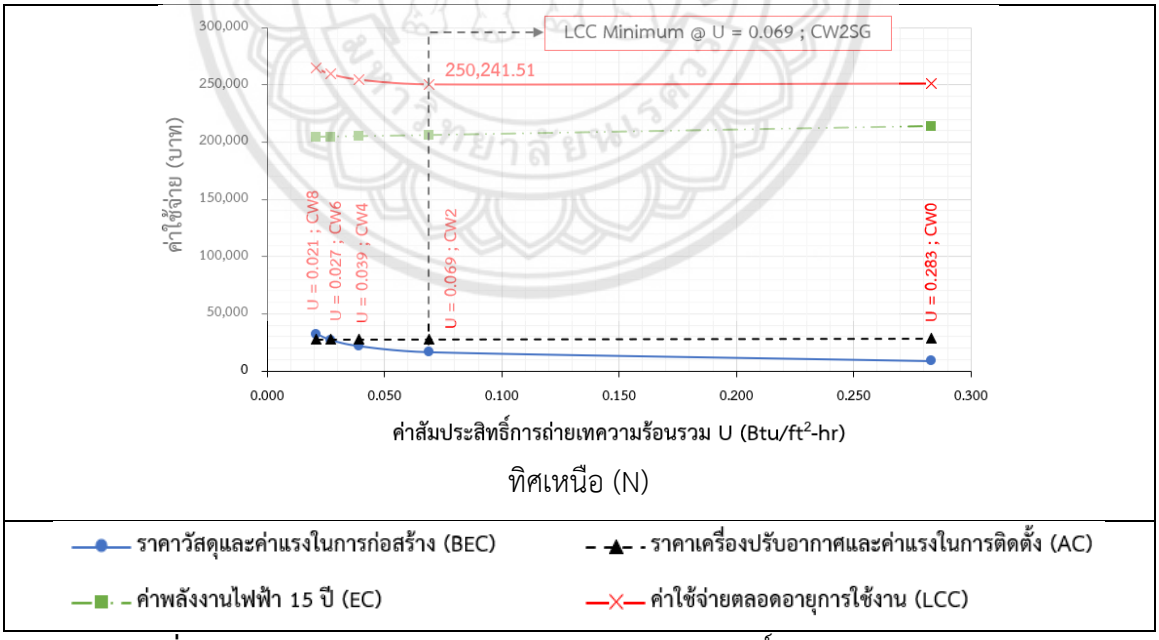
เมื่อพิจารณาในส่วนของค่าพลังงานไฟฟ้า 15 ปี (EC) จะเห็นได้ว่าค่า EC แปรผันตรงตาม AC เนื่องจากเครื่องปรับอากาศมีขนาดที่ใหญ่ขึ้น ราคาเครื่องปรับอากาศก็จะสูง และการใช้พลังงานไฟฟ้าก็จะสูงตามไปด้วย

ในส่วนของค่าใช้จ่ายตลอดอายุการใช้งาน (LCC) จะเกิดจากผลรวมของค่า BEC ค่า AC และค่า EC พบว่า LCC ที่ต่ำที่สุดในทิศเหนือ (N) เนื่องจากทิศจำพวกนี้ได้รับความร้อนจากดวงอาทิตย์น้อย จึงจำเป็นจะต้องใช้ผนังอิฐมวลเบาบุฉนวน PU Foam 2 นิ้ว และกระจกใส (CW2SG) ก็เพียงพอ

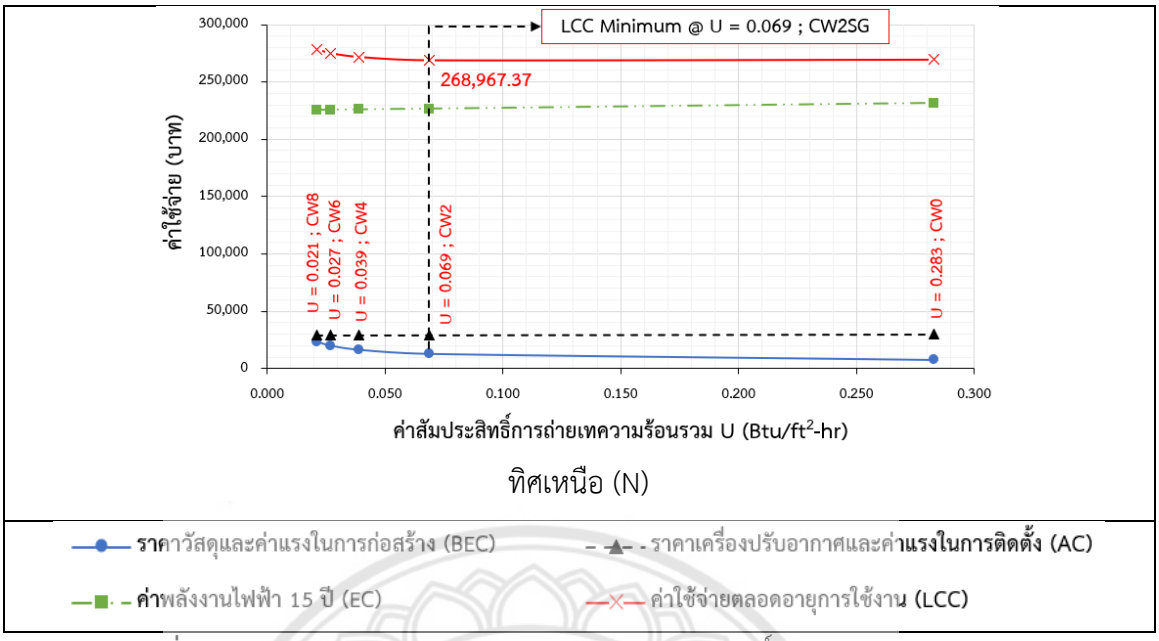
4.4.3.2.1 WWR 20% - 80%



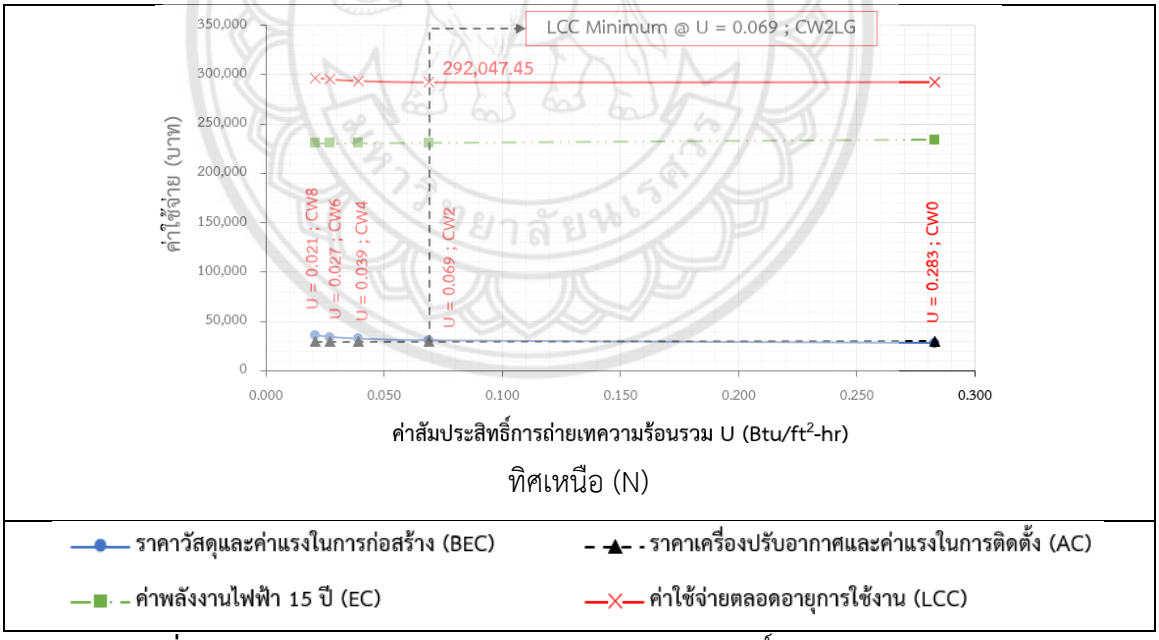
รูปที่ 4.21 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวม (U) และค่าใช้จ่ายของผนังที่ WWR = 20% ของประเภทอาคารชั่วโมงการใช้งาน 12 ชั่วโมง



รูปที่ 4.22 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวม (U) และค่าใช้จ่ายของผนังที่ WWR = 40% ของประเภทอาคารชั่วโมงการใช้งาน 12 ชั่วโมง



รูปที่ 4.23 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวม (U) และค่าใช้จ่ายของผนังที่ WWR = 60% ของประเภทอาคารชั่วโมงการใช้งาน 12 ชั่วโมง



รูปที่ 4.24 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวม (U) และค่าใช้จ่ายของผนังที่ WWR = 80% ของประเภทอาคารชั่วโมงการใช้งาน 12 ชั่วโมง

4.4.3.3 ผนังอิฐมวลเบาฉาบปูนกับกระจกลามิเนต (CW0LG)

เมื่อพิจารณาจากรูปที่ 4.25 ถึง 4.28 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวม (U) และค่าใช้จ่ายในส่วนต่างๆ ที่ WWR 20% - 80% จะพบว่า

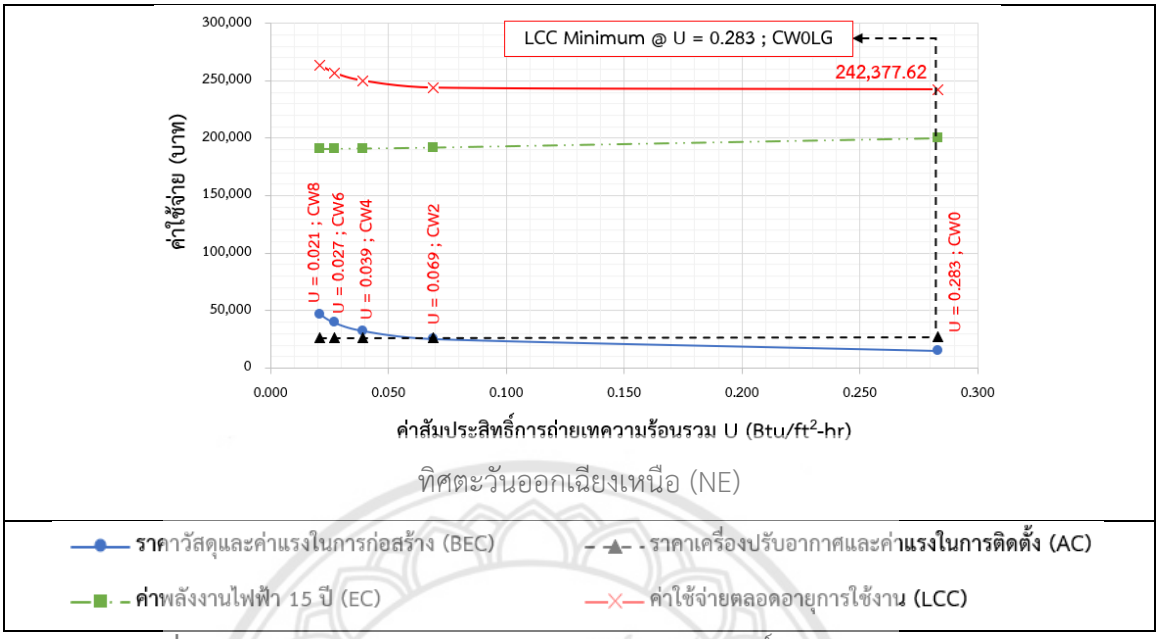
ในส่วนของราคาวัสดุและค่าแรงในการก่อสร้าง (BEC) จะมีค่าใช้จ่ายที่สูงขึ้น เนื่องจากมีการติดตั้งกระจกลามิเนตเข้าไป และราคาต่อตารางเมตรของกระจกลามิเนตอยู่ที่ 1,800 บาท ต่อตารางเมตร ซึ่งมีราคาที่สูงมาก จึงทำให้ค่า BEC มีค่าที่สูงขึ้น

เมื่อพิจารณาในส่วนของราคาเครื่องปรับอากาศและค่าแรงในการติดตั้ง (AC) จะเห็นว่าพื้นที่กระจกต่อพื้นที่ผนังสูงขึ้น อิทธิพลทางด้านภาระการทำความเย็นของผนังทึบเริ่มลดน้อยลง แต่จะไปเพิ่มภาระการทำความเย็นที่ผนังโปร่งแสงแทน และค่า U ของผนังโปร่งแสงมากกว่าผนังทึบแสง ดังนั้นภาระการทำความเย็นของที่ WWR = 20% - 80% จึงสูงกว่าเมื่อเทียบกับที่ WWR = 0% เป็นผลให้ต้องเลือกใช้เครื่องปรับอากาศที่มีขนาดใหญ่ขึ้น และส่งผลให้ค่า AC เพิ่มสูงขึ้นด้วย

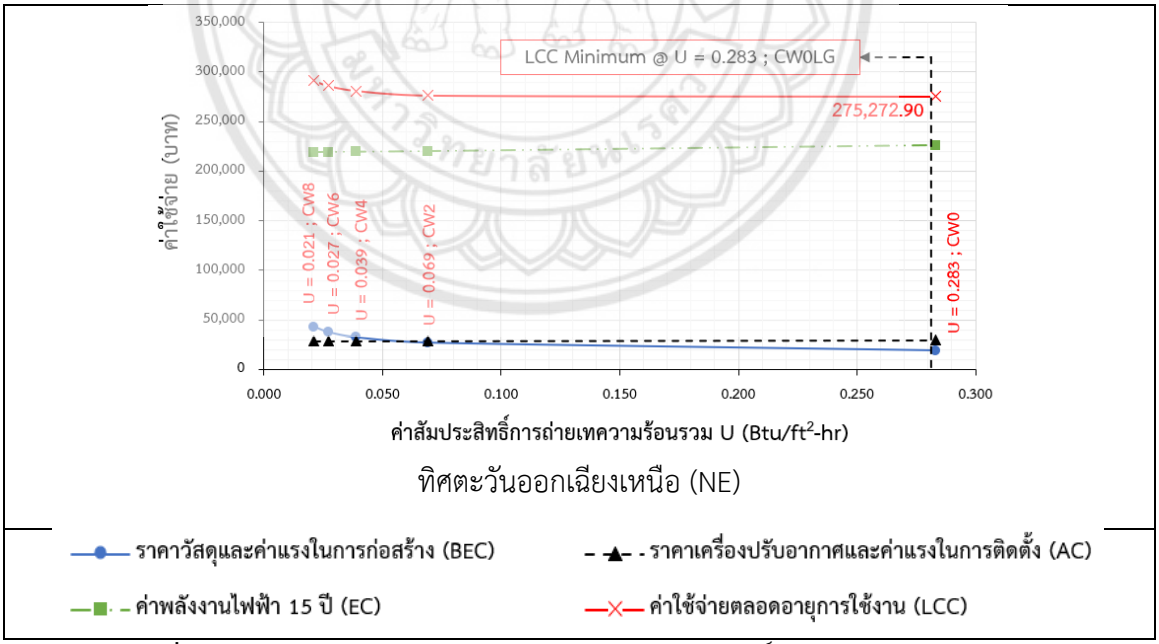
เมื่อพิจารณาในส่วนของค่าพลังงานไฟฟ้า 15 ปี (EC) จะเห็นได้ว่าค่า EC แปรผันตรงตาม AC เนื่องจากเครื่องปรับอากาศมีขนาดที่ใหญ่ขึ้น ราคาเครื่องปรับอากาศก็จะสูง และการใช้พลังงานไฟฟ้าก็จะสูงตามไปด้วย

ในส่วนของค่าใช้จ่ายตลอดอายุการใช้งาน (LCC) จะเกิดจากผลรวมของค่า BEC ค่า AC และค่า EC พบว่า LCC ที่ต่ำที่สุดที่ WWR 20% - 80% เกิดขึ้นในทิศตะวันออกเฉียงเหนือ (NE) เนื่องจากทิศนี้ได้รับความร้อนจากดวงอาทิตย์มาก จึงควรใช้ผนังอิฐมวลเบาฉาบปูนกับกระจกลามิเนต (CW0LG)

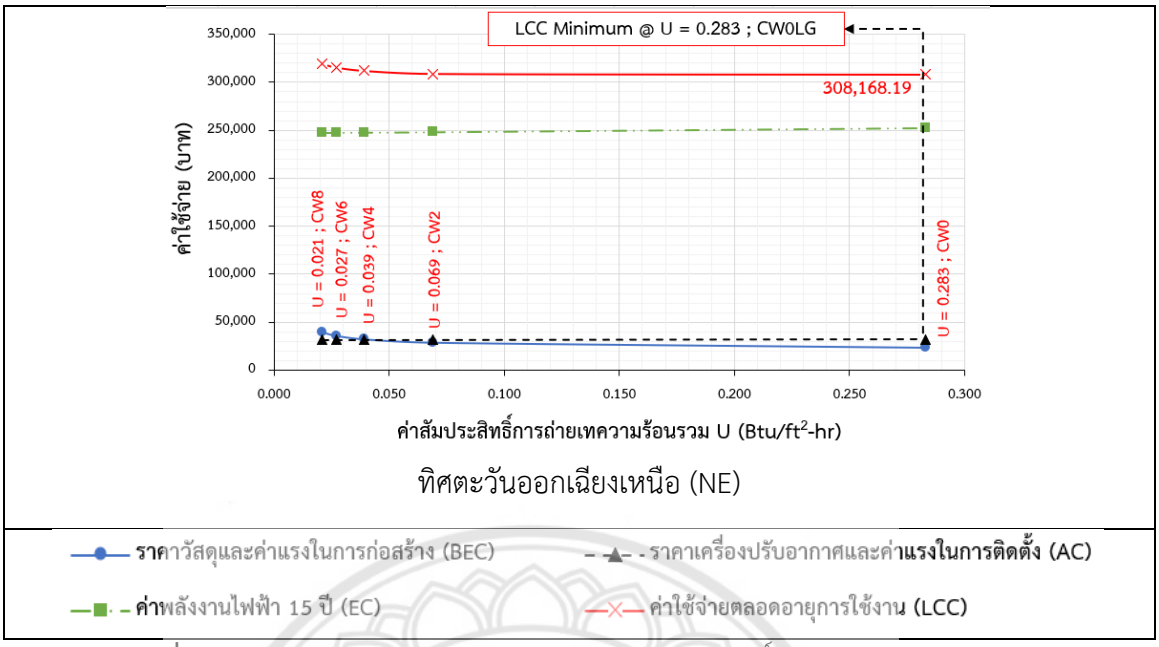
4.4.3.3.1 WWR 20% - 80%



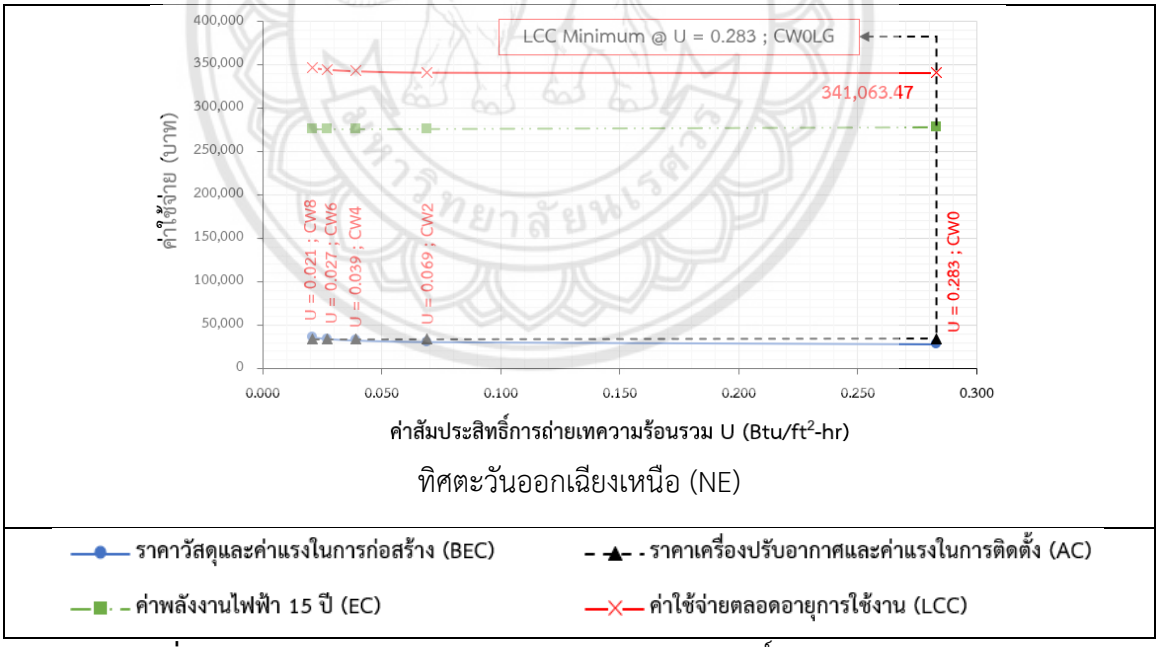
รูปที่ 4.25 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวม (U) และค่าใช้จ่ายของผนังที่ WWR = 20% ของประเภทอาคารชั่วโมงการใช้งาน 12 ชั่วโมง



รูปที่ 4.26 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวม (U) และค่าใช้จ่ายของผนังที่ WWR = 40% ของประเภทอาคารชั่วโมงการใช้งาน 12 ชั่วโมง



รูปที่ 4.27 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวม (U) และค่าใช้จ่ายของผนังที่ WWR = 60% ของประเภทอาคารชั่วโมงการใช้งาน 12 ชั่วโมง



รูปที่ 4.28 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวม (U) และค่าใช้จ่ายของผนังที่ WWR = 80% ของประเภทอาคารชั่วโมงการใช้งาน 12 ชั่วโมง

4.4.3.4 ผนังอิฐมวลเบาบุฉนวน PU Foam 2 นิ้ว กับกระจกลามิเนต (CW2LG)

เมื่อพิจารณาจากรูปที่ 4.29 ถึง 4.32 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวม (U) และค่าใช้จ่ายในส่วนต่างๆ ที่ WWR 20% - 80% จะพบว่า

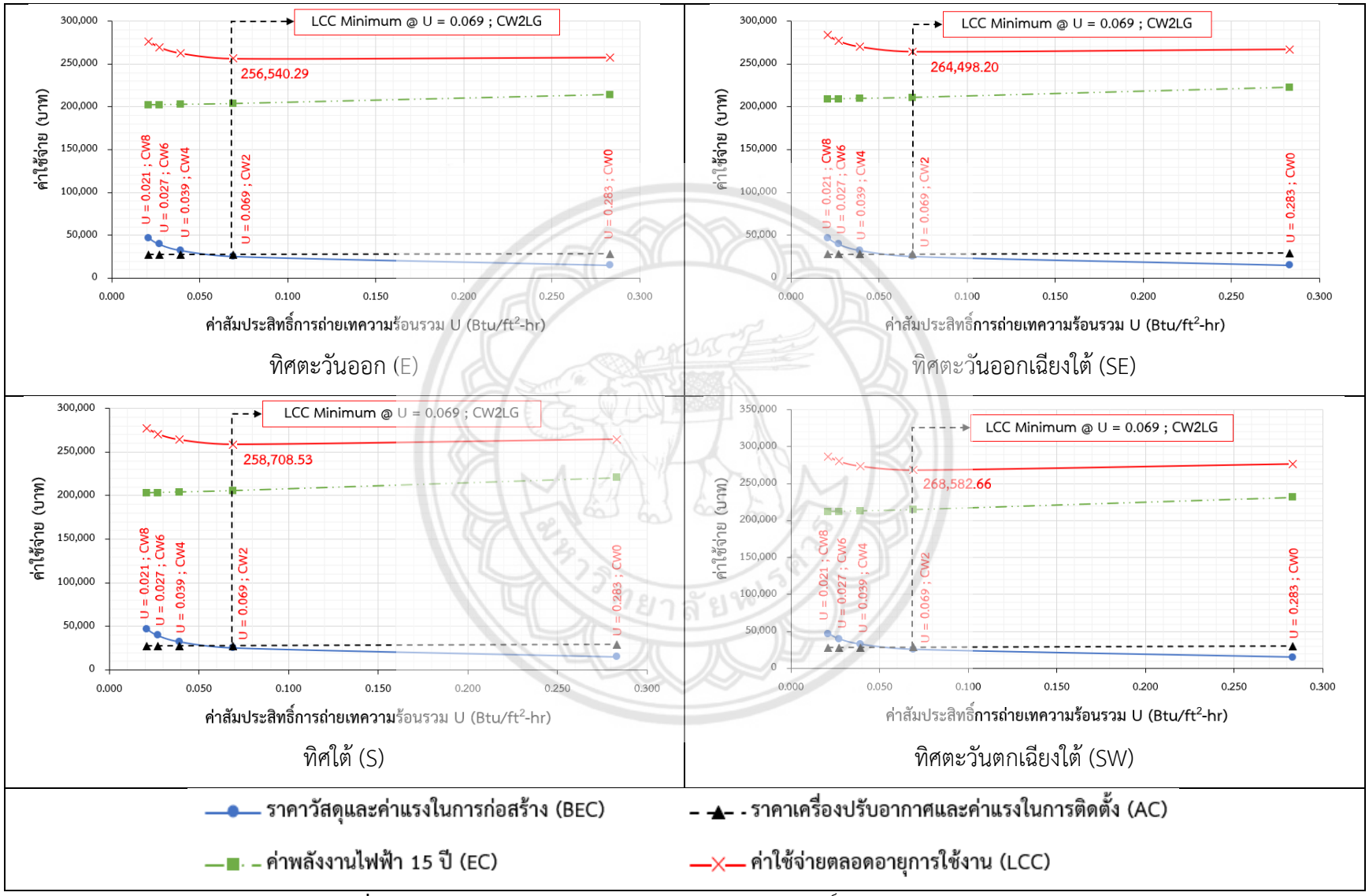
ในส่วนของราคาวัสดุและค่าแรงในการก่อสร้าง (BEC) จะมีค่าใช้จ่ายที่สูงขึ้น เนื่องจากมีการติดตั้งกระจกลามิเนตเข้าไป และราคาต่อตารางเมตรของกระจกลามิเนตอยู่ที่ 1,800 บาท ต่อตารางเมตร ซึ่งมีราคาที่สูงมาก จึงทำให้ค่า BEC มีค่าที่สูงขึ้น

เมื่อพิจารณาในส่วนของราคาเครื่องปรับอากาศและค่าแรงในการติดตั้ง (AC) จะเห็นว่าพื้นที่กระจกต่อพื้นที่ผนังสูงขึ้น อิทธิพลทางด้านภาระการทำความเย็นของผนังทึบเริ่มลดน้อยลง แต่จะไปเพิ่มภาระการทำความเย็นที่ผนังโปร่งแสงแทน และค่า U ของผนังโปร่งแสงมากกว่าผนังทึบแสง ดังนั้นภาระการทำความเย็นของที่ WWR = 20% - 80% จึงสูงกว่าเมื่อเทียบกับที่ WWR = 0% เป็นผลให้ต้องเลือกใช้เครื่องปรับอากาศที่มีขนาดใหญ่ขึ้น และส่งผลให้ค่า AC เพิ่มสูงขึ้นด้วย

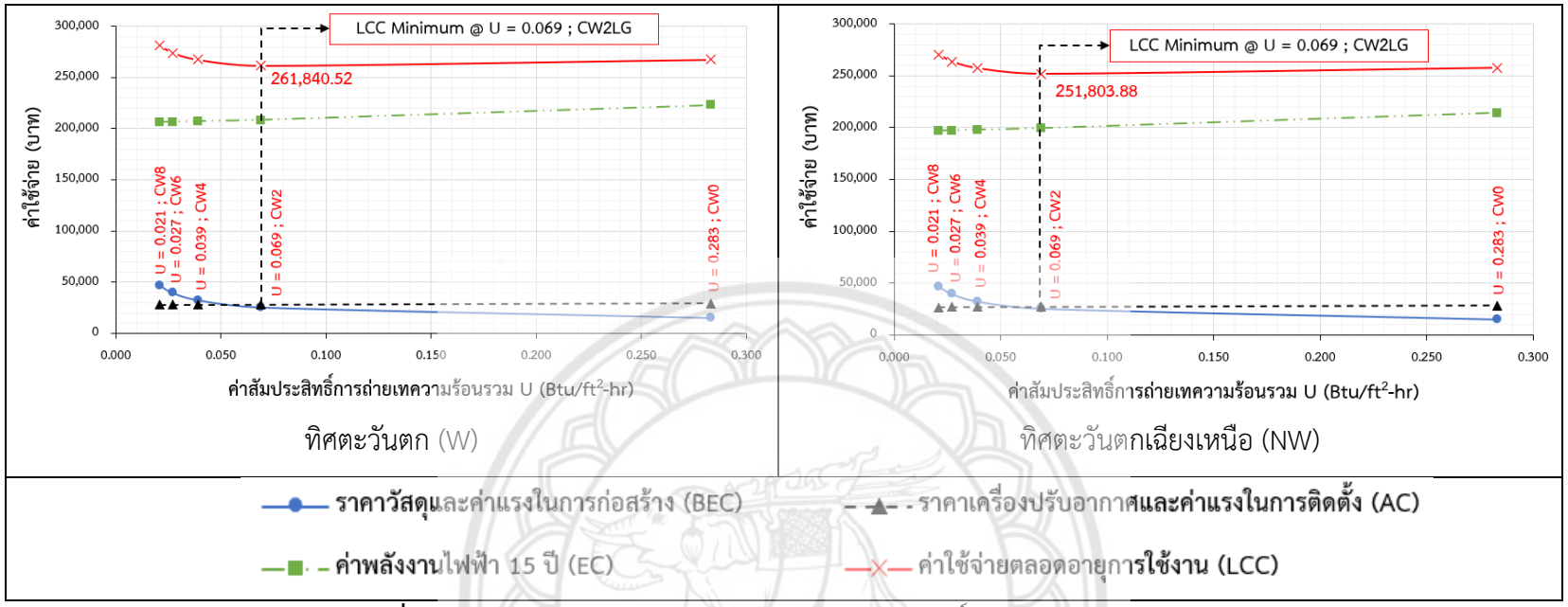
เมื่อพิจารณาในส่วนของค่าพลังงานไฟฟ้า 15 ปี (EC) จะเห็นได้ว่าค่า EC แปรผันตรงตาม AC เนื่องจากเครื่องปรับอากาศมีขนาดที่ใหญ่ขึ้น ราคาเครื่องปรับอากาศก็จะสูง และการใช้พลังงานไฟฟ้าก็จะสูงตามไปด้วย

ในส่วนของค่าใช้จ่ายตลอดอายุการใช้งาน (LCC) จะเกิดจากผลรวมของค่า BEC ค่า AC และค่า EC พบว่า LCC ที่ต่ำที่สุดที่ WWR 20% - 80% เกิดขึ้นในทิศตะวันออก (E) ทิศตะวันออกเฉียงใต้ (SE) ทิศใต้ (S) ทิศตะวันตกเฉียงใต้ (SW) ทิศตะวันตก (W) และทิศตะวันตกเฉียงเหนือ (NW) เนื่องจากทิศนี้ได้รับความร้อนจากดวงอาทิตย์มาก จึงควรใช้ผนังอิฐมวลเบาบุฉนวน PU Foam 2 นิ้ว กับกระจกลามิเนต (CW2LG)

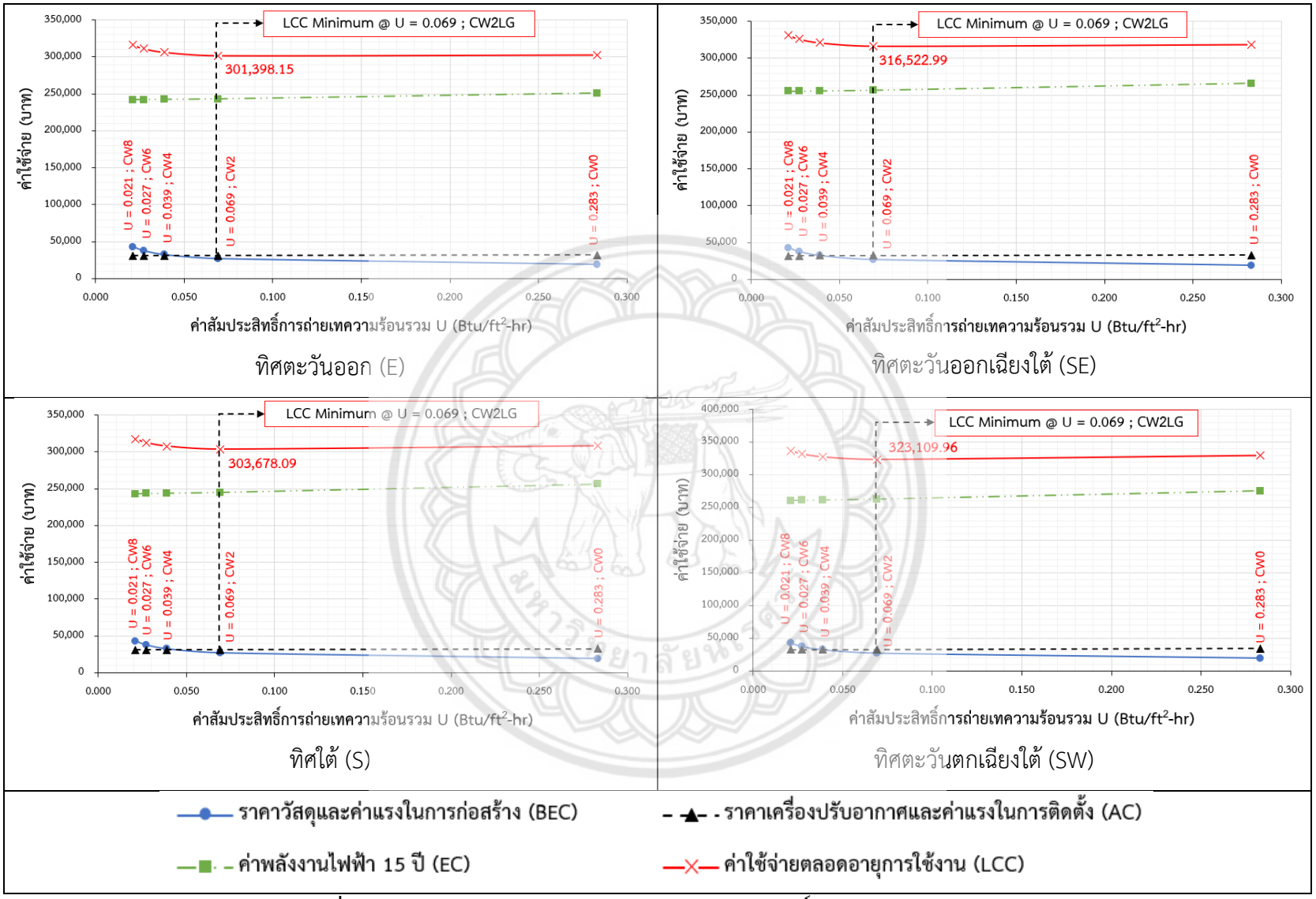
4.4.3.4.1 WWR 20% - 80%



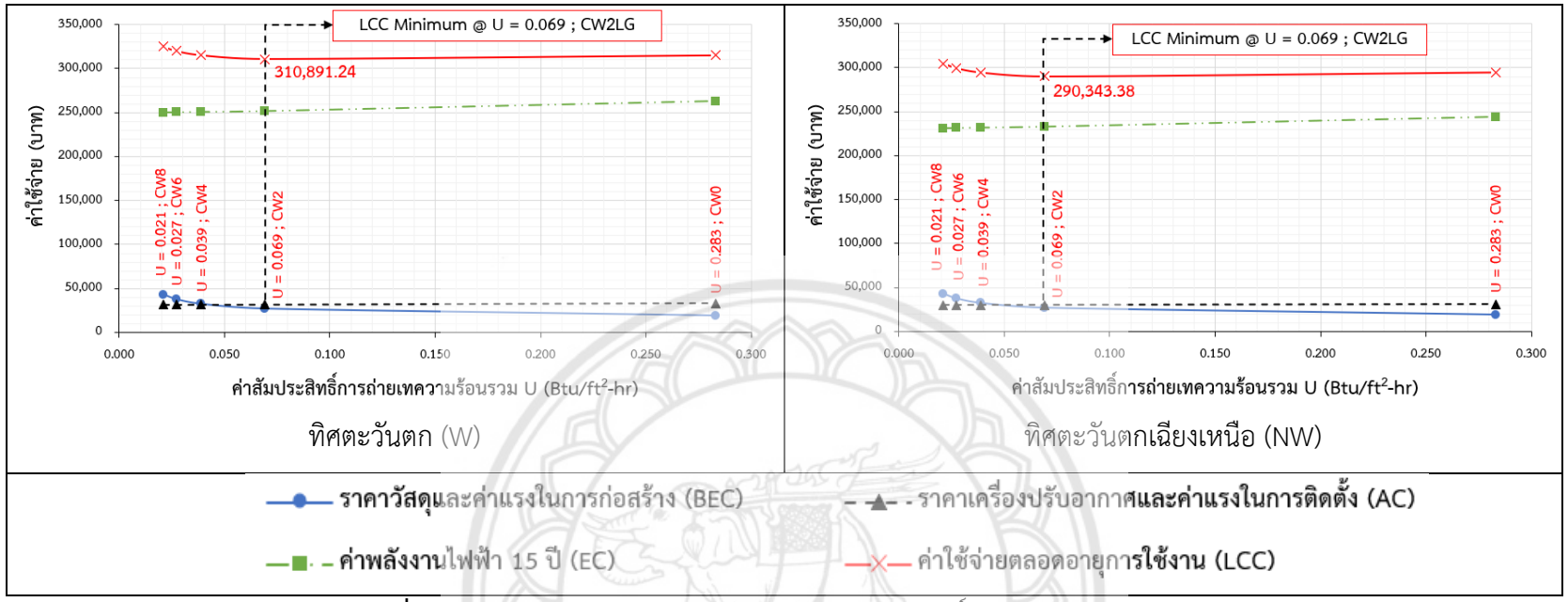
รูปที่ 4.29 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวม (U) และค่าใช้จ่ายของผนังที่ WWR = 20% ของประเภทอาคารชั่วโมงการใช้งาน 12 ชั่วโมง



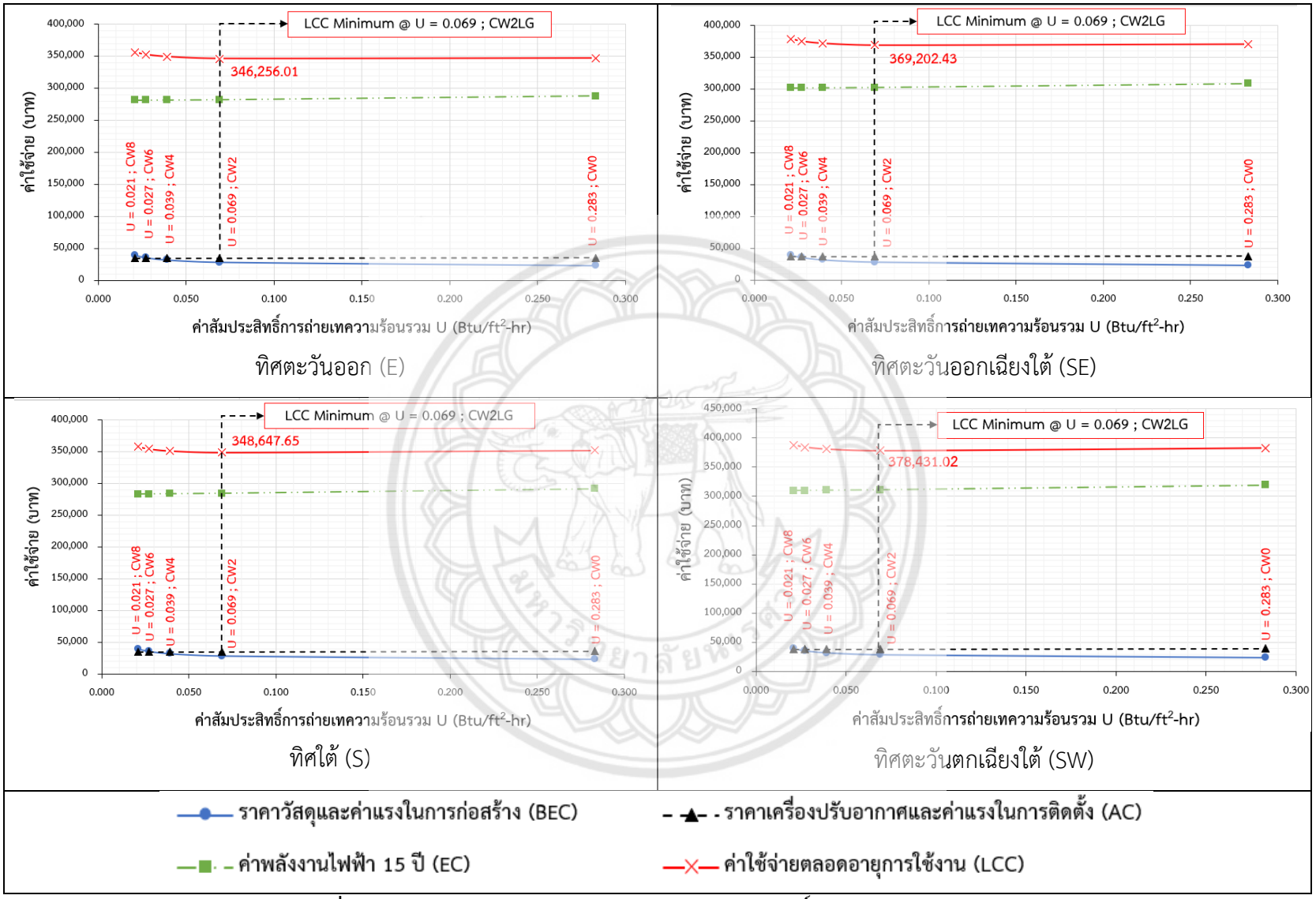
รูปที่ 4.29 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวม (U) และค่าใช้จ่ายของผนังที่ WWR = 20% ของประเภทอาคารชั่วโมงการใช้งาน 12 ชั่วโมง (ต่อ)



รูปที่ 4.30 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวม (U) และค่าใช้จ่ายของผนังที่ WWR = 40% ของประเภทอาคารชั่วโมงการใช้งาน 12 ชั่วโมง

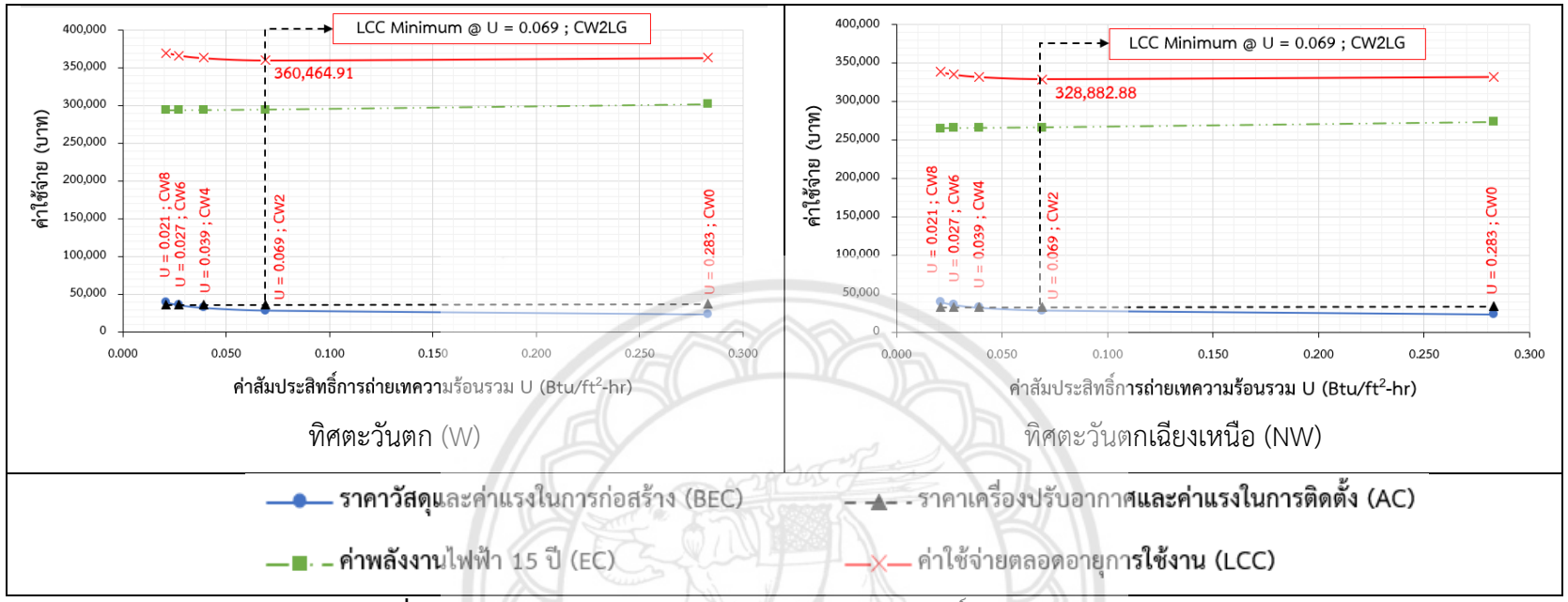


รูปที่ 4.30 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวม (U) และค่าใช้จ่ายของผนังที่ WWR = 40% ของประเภทอาคารชั่วโมงการใช้งาน 12 ชั่วโมง (ต่อ)

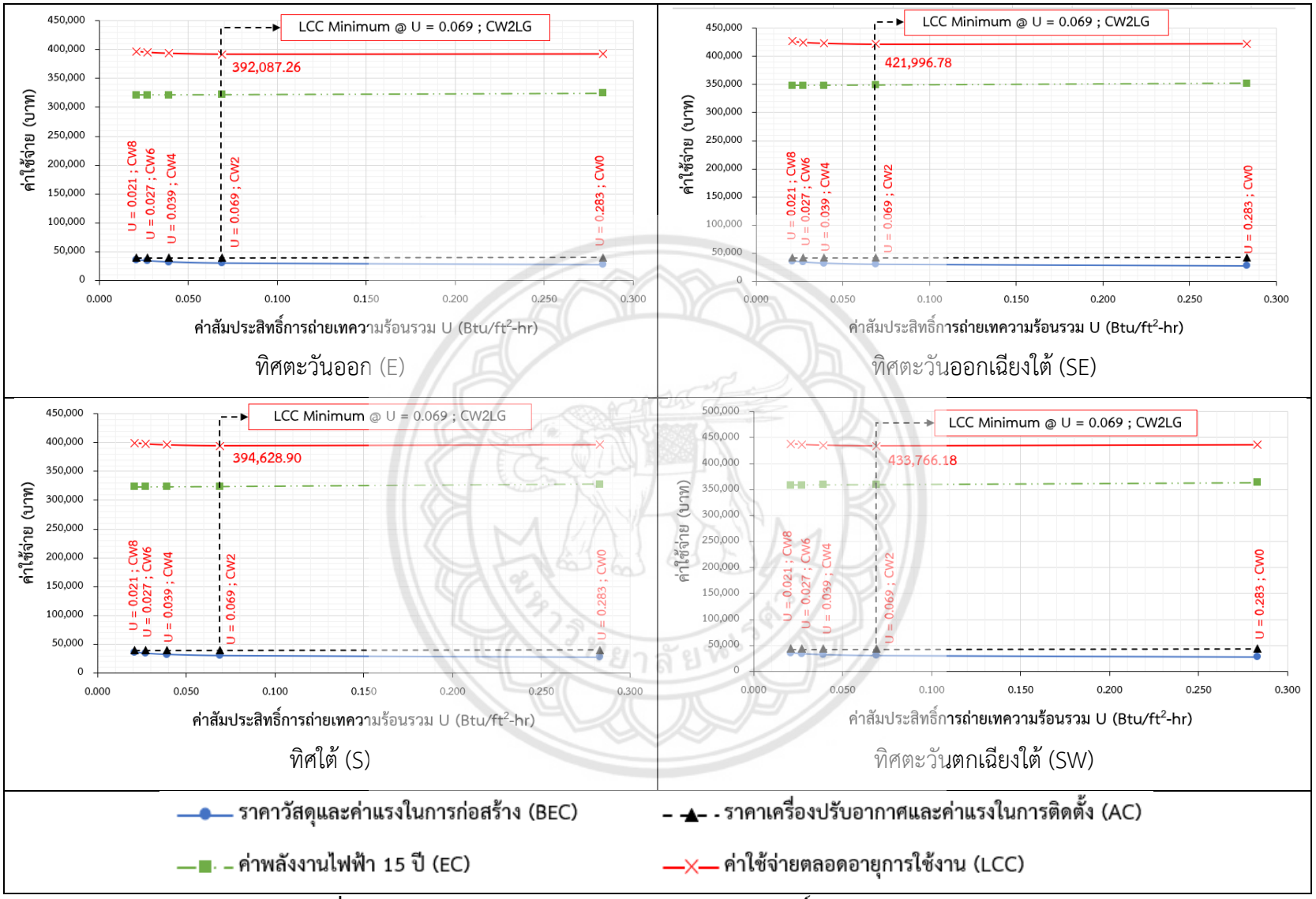


รูปที่ 4.31 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวม (U)

และค่าใช้จ่ายของผนังที่ WWR = 60% ของประเภทอาคารชั่วโมงการใช้งาน 12 ชั่วโมง

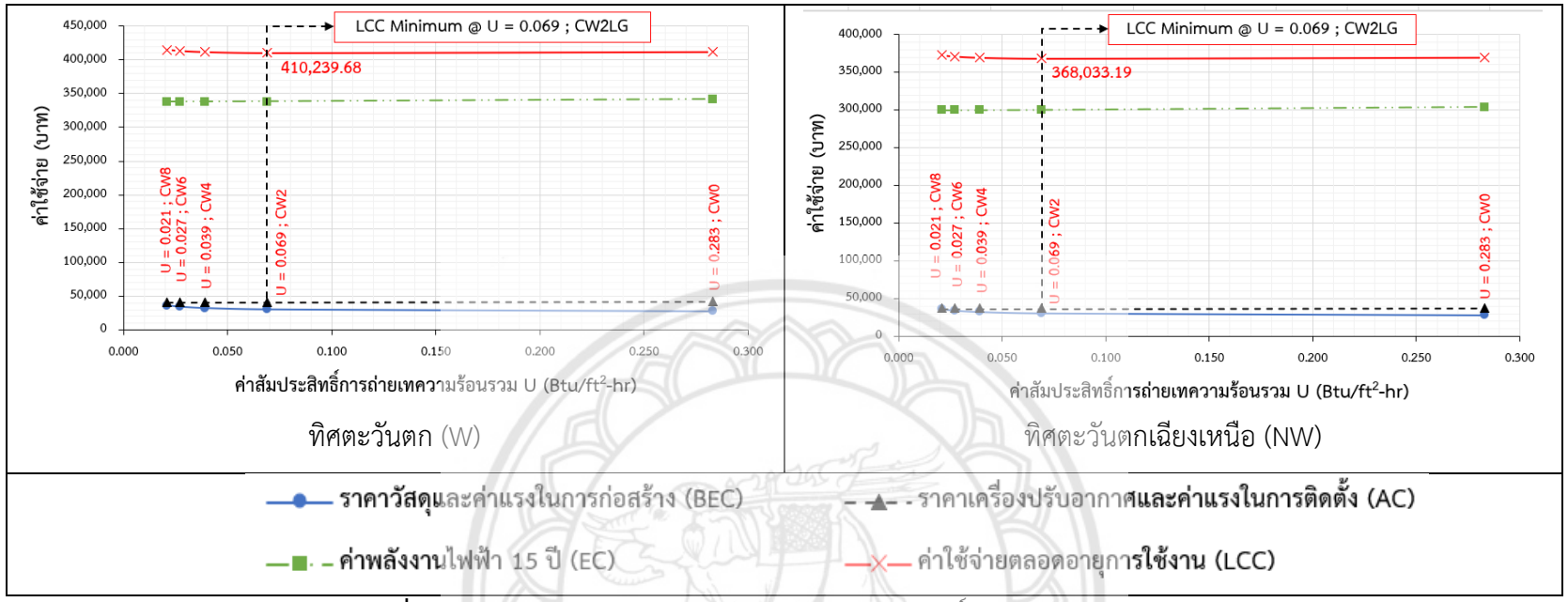


รูปที่ 4.31 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวม (U) และค่าใช้จ่ายของผนังที่ WWR = 60% ของประเภทอาคารชั่วโมงการใช้งาน 12 ชั่วโมง (ต่อ)



รูปที่ 4.32 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวม (U)

และค่าใช้จ่ายของผนังที่ WWR = 80% ของประเภทอาคารชั่วโมงการใช้งาน 12 ชั่วโมง



รูปที่ 4.32 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวม (U) และค่าใช้จ่ายของผนังที่ WWR = 80% ของประเภทอาคารชั่วโมงการใช้งาน 12 ชั่วโมง (ต่อ)

4.4.4 ประเภทอาคาร ค. โรงแรม สถานพยาบาล อาคารชุด ชั่วโมงการใช้งาน 24 ชั่วโมง

4.4.4.1 ผนังอิฐมวลเบาบุฉนวน PU Foam 2 นิ้ว (CW2)

เมื่อพิจารณาจากรูปที่ 4.33 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวม (U) และค่าใช้จ่ายในส่วนต่างๆ ที่ผนังทึบ หรือ WWR 0% จะพบว่า

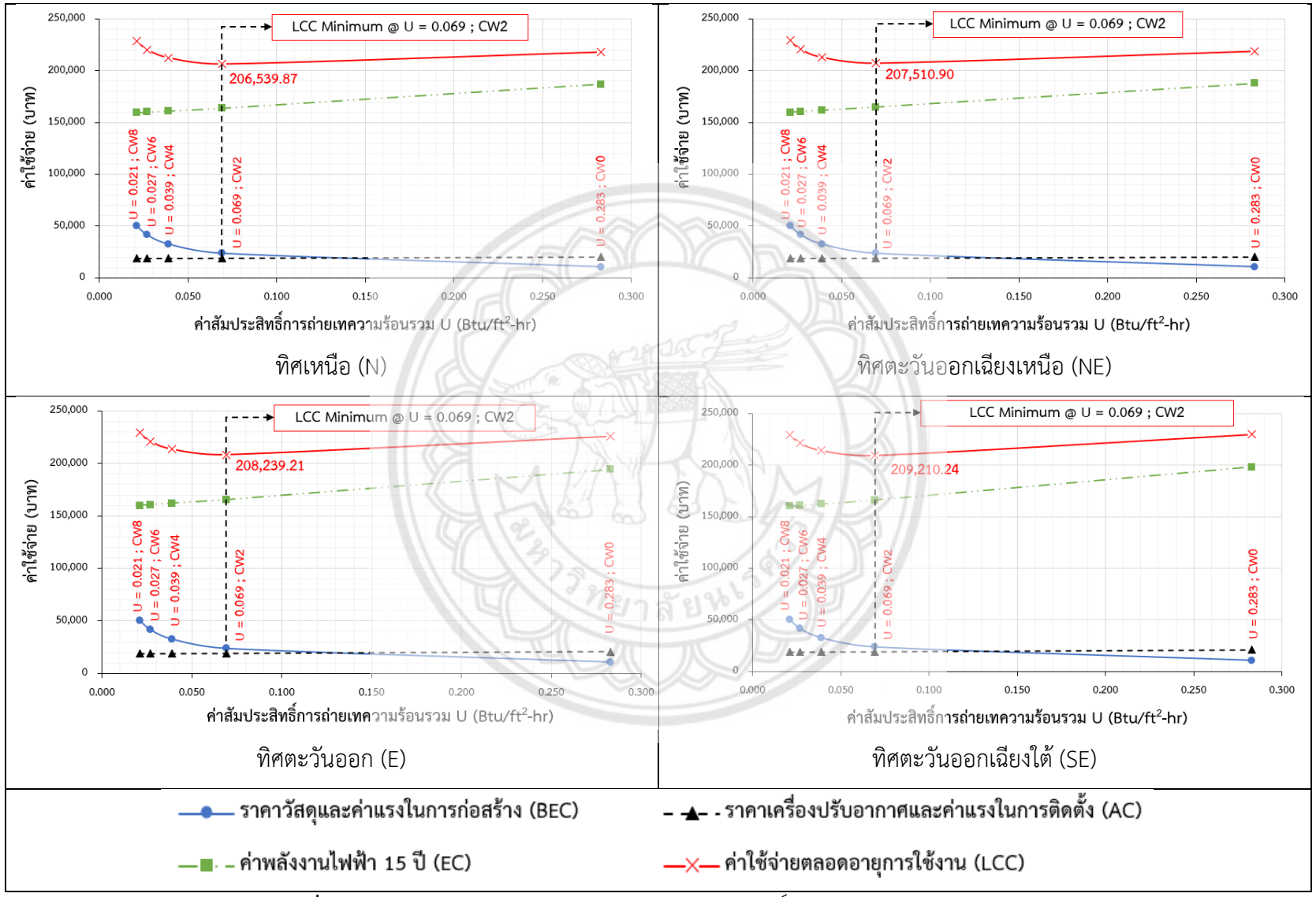
ความสัมพันธ์ระหว่างค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวม (U) และค่าใช้จ่ายของผนังที่ WWR = 0% ในส่วนของราคาวัสดุและค่าแรงในการก่อสร้าง (BEC) ของผนังอิฐมวลเบา พบว่า ค่า U แปรผกผันกับค่า BEC เมื่อค่า U ของวัสดุผนังภายนอกอาคารมีค่าสูงขึ้นจะทำให้ค่า BEC ต่ำลง และเมื่อบุฉนวนผนังอิฐมวลเบาด้วย PU Foam 2 นิ้ว (CW2) จะเห็นได้ว่า ค่า U จะลดลงร้อยละ 75.62 และส่งผลให้ค่าใช้จ่ายมีค่าเพิ่มขึ้น และเมื่อเทียบระหว่างผนังอิฐมวลเบาบุฉนวน PU-Foam 2 นิ้ว กับผนังอิฐมวลเบาบุฉนวน PU Foam 4 นิ้ว (CW4) พบว่าค่า U จะลดลงเพียงร้อยละ 43.48 และค่า BEC จะเพิ่มสูงขึ้น แต่เมื่อเพิ่มฉนวนขึ้นจาก 4 นิ้ว เป็น 6 และ 8 นิ้ว พบว่า อัตราการลดลงของค่า U น้อยมาก แต่ในทางตรงข้ามกันค่า BEC จะเพิ่มมากขึ้น

เมื่อพิจารณาในส่วนของราคาเครื่องปรับอากาศและค่าแรงในการติดตั้ง (AC) จะเห็นได้ว่ามีลักษณะของเส้นกราฟตรงกันข้ามกับเส้นกราฟของราคาวัสดุและค่าแรงในการก่อสร้าง (BEC) เมื่อติดตั้งผนังอิฐมวลเบาฉาบปูน จะมีค่า U ที่สูง ส่งผลให้ภาระการทำความเย็นภายในห้องสูงด้วย จึงทำให้ต้องเลือกเครื่องปรับอากาศที่มีขนาดใหญ่และราคาสูง แต่พอบุฉนวน PU Foam เข้าไปเพียง 2 นิ้ว (CW2) ทำให้ค่า U ลดลงอย่างมาก จึงส่งผลให้ภาระการทำความเย็นลดลงทำให้เลือกเครื่องปรับอากาศที่มีขนาดเล็กลง เมื่อเครื่องปรับอากาศขนาดเล็กลงราคาของเครื่องปรับอากาศก็จะลดลงตามไปด้วย

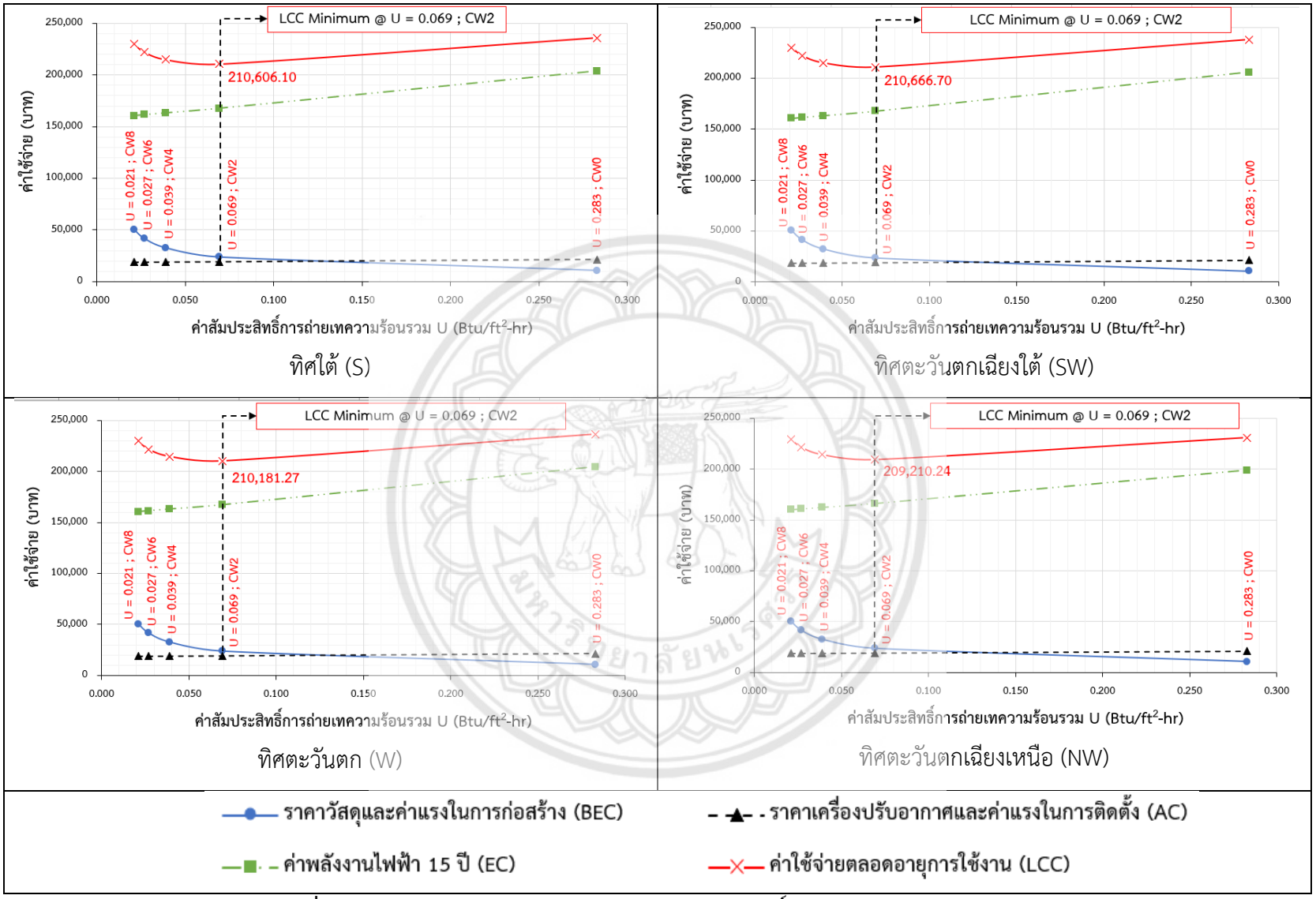
เมื่อพิจารณาในส่วนของค่าพลังงานไฟฟ้า 15 ปี (EC) จะเห็นได้ว่าค่า EC แปรผันตรงตาม AC ถ้าเครื่องปรับอากาศมีขนาดเล็ก ราคาเครื่องปรับอากาศก็จะต่ำ และการใช้พลังงานไฟฟ้าก็จะต่ำลงด้วย และเมื่อเครื่องปรับอากาศมีขนาดที่ใหญ่ขึ้น ราคาเครื่องปรับอากาศก็จะสูง และการใช้พลังงานไฟฟ้าก็จะสูงตามไปด้วย

ในส่วนของค่าใช้จ่ายตลอดอายุการใช้งาน (LCC) จะเกิดจากผลรวมของค่า BEC ค่า AC และค่า EC จะเห็นได้ว่ากลุ่มผนังอิฐมวลเบาบุฉนวน PU Foam 2 นิ้ว (CW2) มีค่าใช้จ่ายตลอดอายุการใช้งานต่ำที่สุดในทางด้านทิศทั้ง 8 ทิศ เนื่องจากทั้งสามทิศนี้ได้รับความร้อนจากดวงอาทิตย์มาก จึงเป็นที่จะต้องใช้ผนังอิฐมวลเบาที่บุฉนวน PU Foam 2 นิ้ว (CW2)

4.4.4.1.1 WWR 0%



รูปที่ 4.33 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวม (U) และค่าใช้จ่ายของผนังที่ WWR = 0% ของประเภทอาคารชั่วโมงการใช้งาน 24 ชั่วโมง



รูปที่ 4.33 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวม (U) และค่าใช้จ่ายของผนังที่ WWR = 0% ของประเภทอาคารชั่วโมงการใช้งาน 24 ชั่วโมง (ต่อ)

4.4.4.2 ผนังอิฐมวลเบาฉาบปูนกับกระจกลามิเนต (CW0LG)

เมื่อพิจารณาจากรูปที่ 4.34 ถึง 4.37 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวม (U) และค่าใช้จ่ายในส่วนต่างๆ ที่ WWR = 20% - 80% จะพบว่า

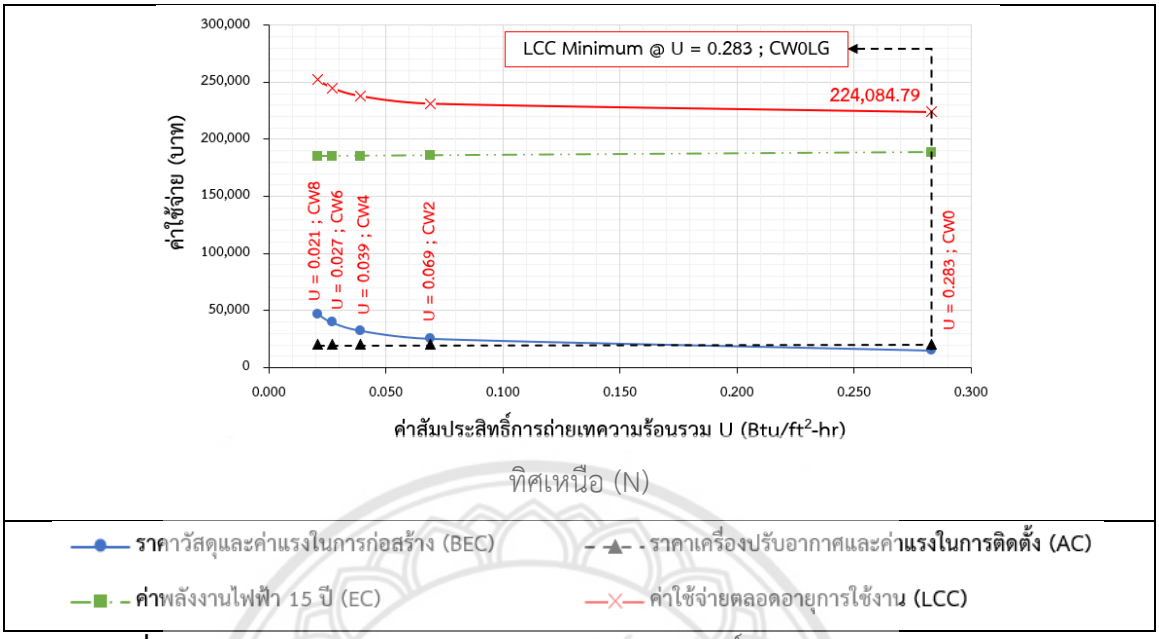
ในส่วนของราคาวัสดุและค่าแรงในการก่อสร้าง (BEC) จะมีค่าใช้จ่ายที่สูงขึ้น เนื่องจากมีการติดตั้งกระจกลามิเนตเข้าไป และราคาต่อตารางเมตรของกระจกลามิเนตอยู่ที่ 1,800 บาท ต่อตารางเมตร ซึ่งมีราคาที่สูงมาก จึงทำให้ค่า BEC มีค่าที่สูงขึ้น

เมื่อพิจารณาในส่วนของราคาเครื่องปรับอากาศและค่าแรงในการติดตั้ง (AC) จะเห็นว่าพื้นที่กระจกต่อพื้นที่ผนังสูงขึ้น อิทธิพลทางด้านภาระการทำความเย็นของผนังทึบเริ่มลดน้อยลง แต่จะไปเพิ่มภาระการทำความเย็นที่ผนังโปร่งแสงแทน และค่า U ของผนังโปร่งแสงมากกว่าผนังทึบแสง ดังนั้นภาระการทำความเย็นของที่ WWR = 20% - 80% จึงสูงกว่าเมื่อเทียบกับที่ WWR = 0% เป็นผลให้ต้องเลือกใช้เครื่องปรับอากาศที่มีขนาดใหญ่ขึ้น และส่งผลให้ค่า AC เพิ่มสูงขึ้นด้วย

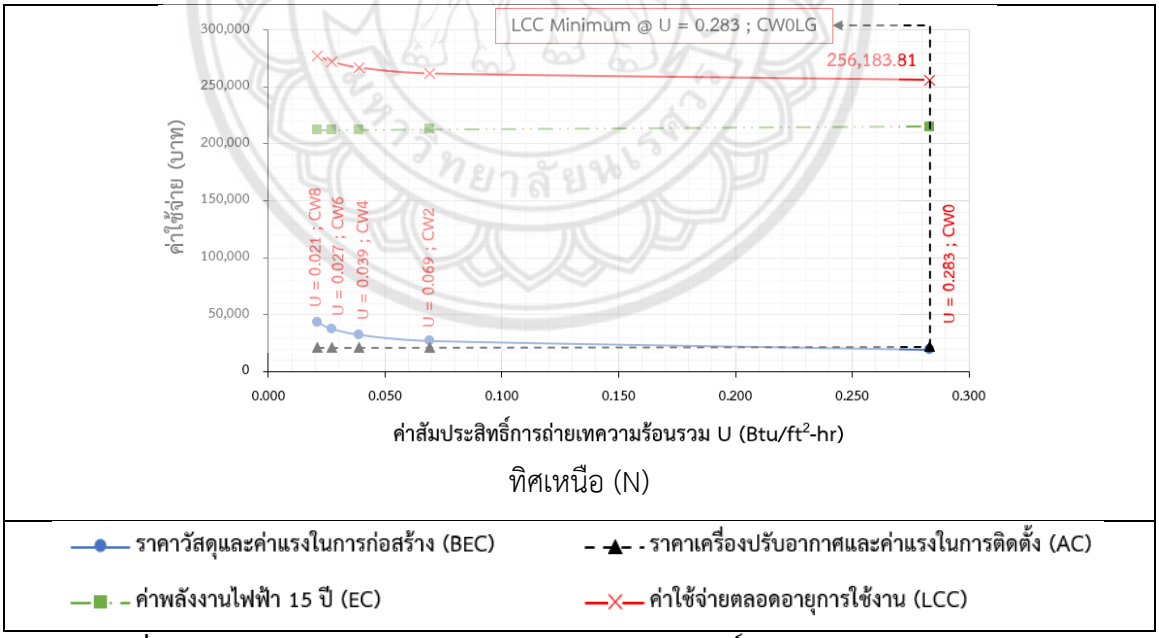
เมื่อพิจารณาในส่วนของค่าพลังงานไฟฟ้า 15 ปี (EC) จะเห็นได้ว่าค่า EC แปรผันตรงตาม AC เนื่องจากเครื่องปรับอากาศมีขนาดที่ใหญ่ขึ้น ราคาเครื่องปรับอากาศก็จะสูง และการใช้พลังงานไฟฟ้าก็จะสูงตามไปด้วย

ในส่วนของค่าใช้จ่ายตลอดอายุการใช้งาน (LCC) จะเกิดจากผลรวมของค่า BEC ค่า AC และค่า EC พบว่า LCC ที่ต่ำที่สุดที่ WWR 20% - 80% เกิดขึ้นในทิศเหนือ (N) เนื่องจากทิศนี้ได้รับความร้อนจากดวงอาทิตย์มาก จึงควรใช้ผนังอิฐมวลเบาฉาบปูนกับกระจกลามิเนต (CW0LG)

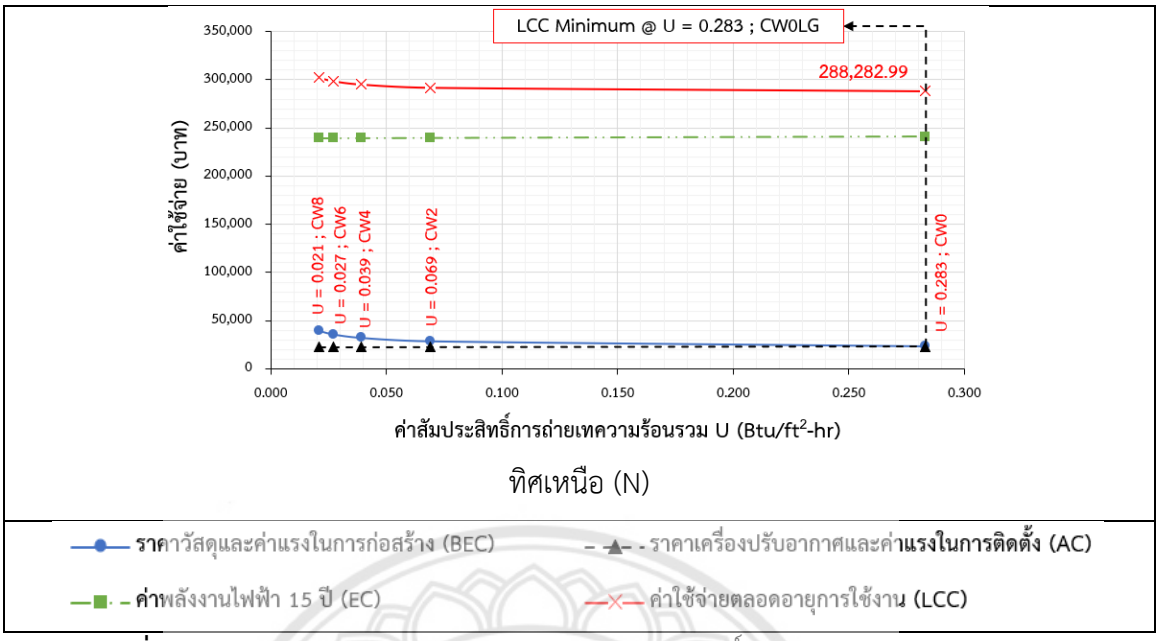
4.4.4.2.1 WWR 20% - 80%



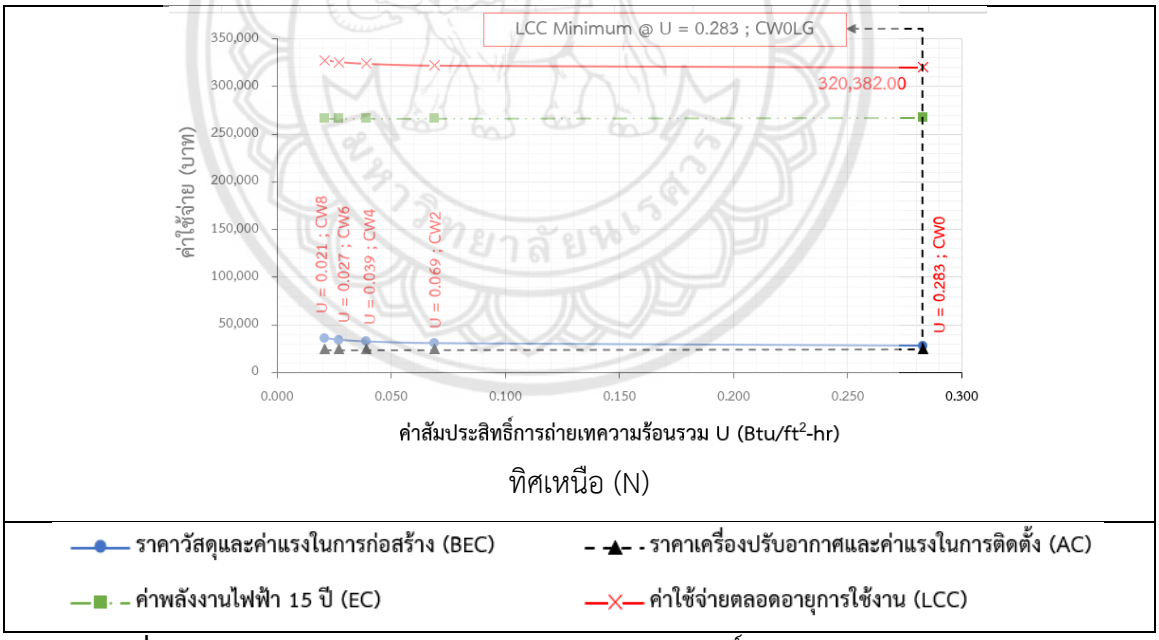
รูปที่ 4.34 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวม (U) และค่าใช้จ่ายของผนังที่ WWR = 20% ของประเภทอาคารชั่วโมงการใช้งาน 24 ชั่วโมง



รูปที่ 4.35 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวม (U) และค่าใช้จ่ายของผนังที่ WWR = 40% ของประเภทอาคารชั่วโมงการใช้งาน 24 ชั่วโมง



รูปที่ 4.36 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวม (U) และค่าใช้จ่ายของผนังที่ WWR = 60% ของประเภทอาคารชั่วโมงการใช้งาน 24 ชั่วโมง



รูปที่ 4.37 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวม (U) และค่าใช้จ่ายของผนังที่ WWR = 80% ของประเภทอาคารชั่วโมงการใช้งาน 24 ชั่วโมง

4.4.4.3 ผนังอิฐมวลเบาบุฉนวน PU Foam 2 นิ้ว กับกระจกลามิเนต (CW2LG)

เมื่อพิจารณาจากรูปที่ 4.38 ถึง 4.41 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวม (U) และค่าใช้จ่ายในส่วนต่างๆ ที่ WWR = 20% - 80% จะพบว่า

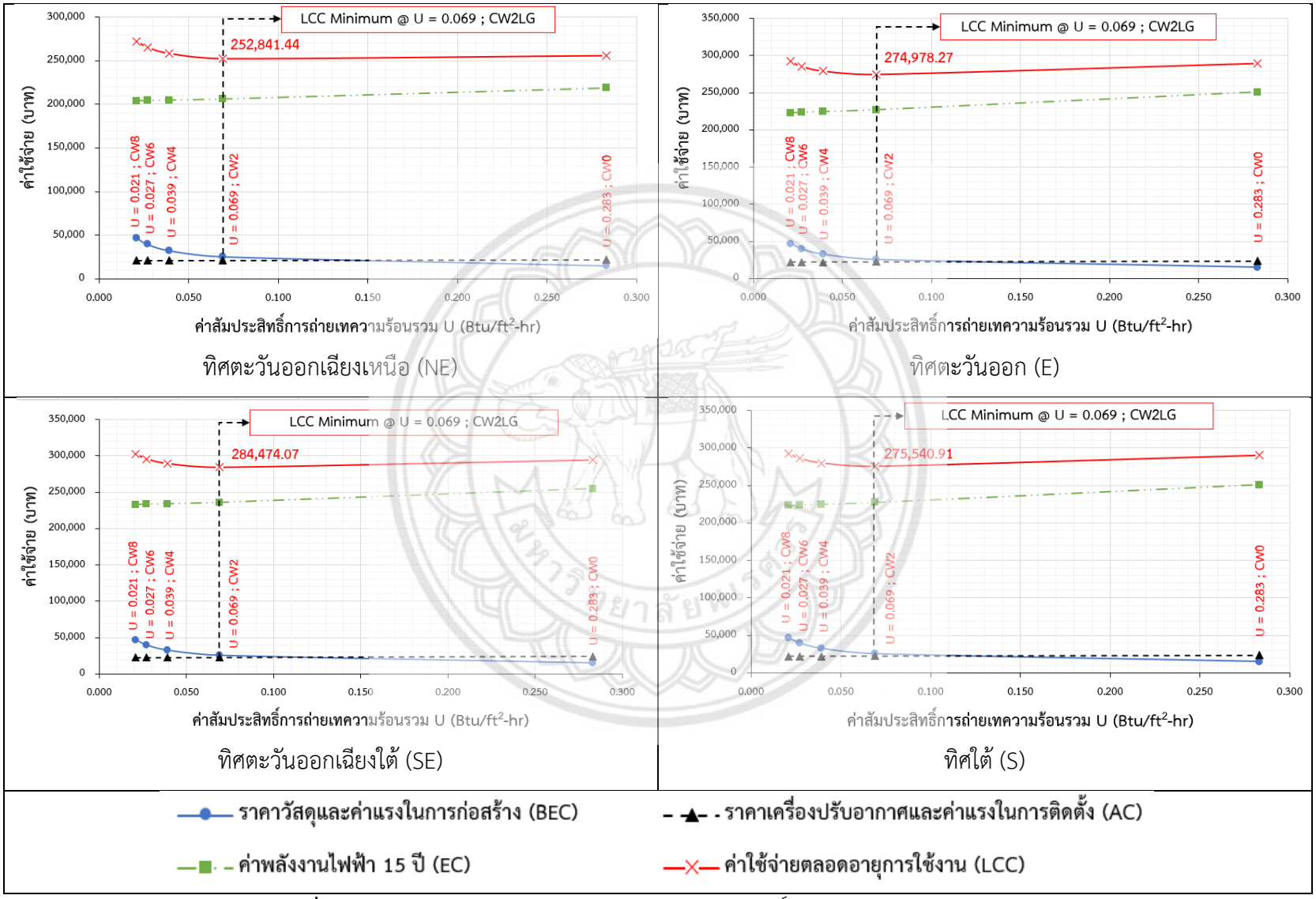
ในส่วนของราคาวัสดุและค่าแรงในการก่อสร้าง (BEC) จะมีค่าใช้จ่ายที่สูงขึ้น เนื่องจากมีการติดตั้งกระจกลามิเนตเข้าไป และราคาต่อตารางเมตรของกระจกลามิเนตอยู่ที่ 1,800 บาท ต่อตารางเมตร ซึ่งมีราคาที่สูงมาก จึงทำให้ค่า BEC มีค่าที่สูงขึ้น

เมื่อพิจารณาในส่วนของราคาเครื่องปรับอากาศและค่าแรงในการติดตั้ง (AC) จะเห็นว่าพื้นที่กระจกต่อพื้นที่ผนังสูงขึ้น อิทธิพลทางด้านภาระการทำความเย็นของผนังทึบเริ่มลดน้อยลง แต่จะไปเพิ่มภาระการทำความเย็นที่ผนังโปร่งแสงแทน และค่า U ของผนังโปร่งแสงมากกว่าผนังทึบแสง ดังนั้นภาระการทำความเย็นของที่ WWR = 20% - 80% จึงสูงกว่าเมื่อเทียบกับที่ WWR = 0% เป็นผลให้ต้องเลือกใช้เครื่องปรับอากาศที่มีขนาดใหญ่ขึ้น และส่งผลให้ค่า AC เพิ่มสูงขึ้นด้วย

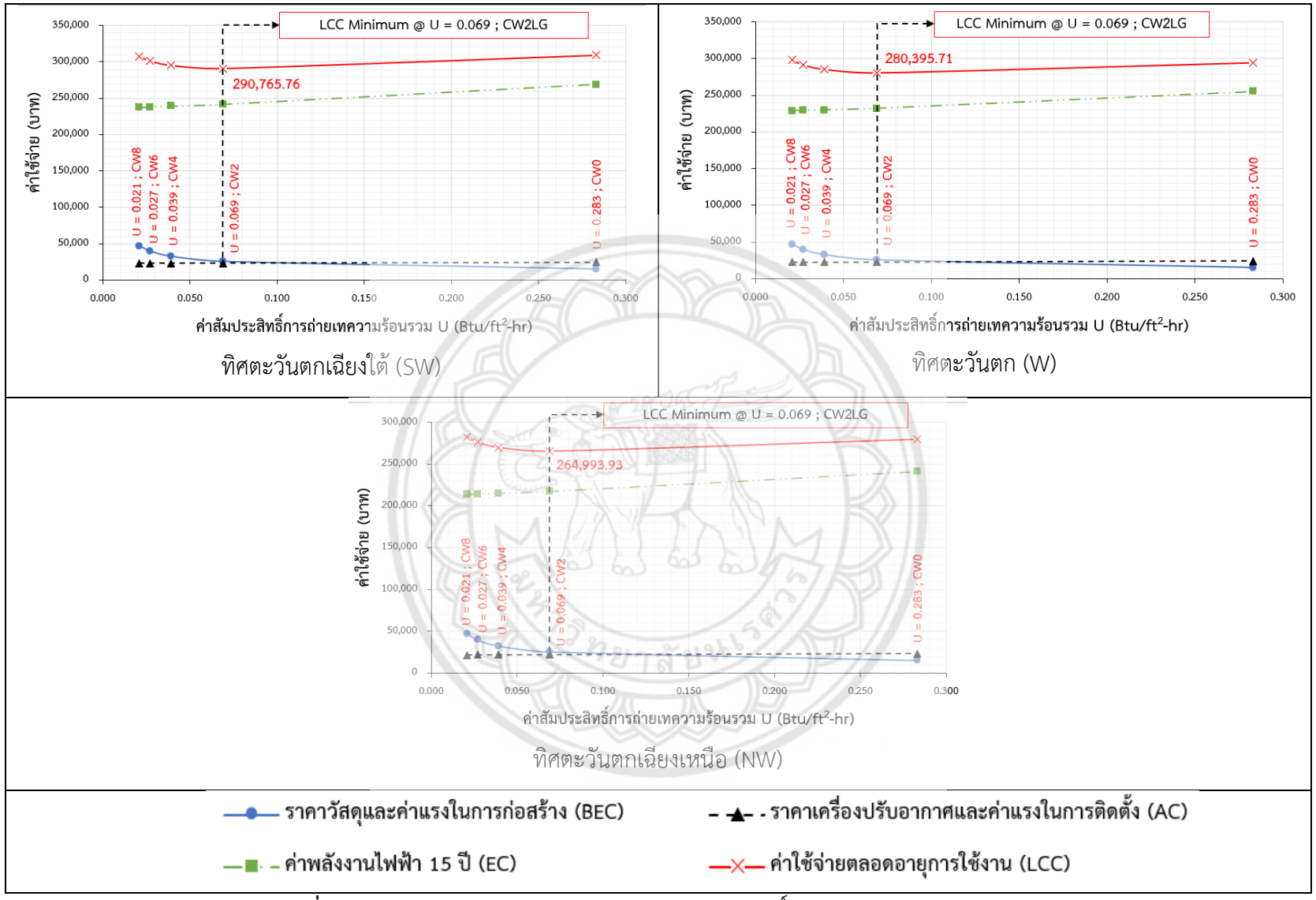
เมื่อพิจารณาในส่วนของค่าพลังงานไฟฟ้า 15 ปี (EC) จะเห็นได้ว่าค่า EC แปรผันตรงตาม AC เนื่องจากเครื่องปรับอากาศมีขนาดที่ใหญ่ขึ้น ราคาเครื่องปรับอากาศก็จะสูง และการใช้พลังงานไฟฟ้าก็จะสูงตามไปด้วย

ในส่วนของค่าใช้จ่ายตลอดอายุการใช้งาน (LCC) จะเกิดจากผลรวมของ BEC AC และ EC พบว่า LCC ที่ต่ำที่สุดที่ WWR 20% - 80% เกิดขึ้นในทิศตะวันออกเฉียงเหนือ (NE) ทิศตะวันออก (E) ทิศตะวันออกเฉียงใต้ (SE) ทิศใต้ (S) ทิศตะวันตกเฉียงใต้ (SW) ทิศตะวันตก (W) และทิศตะวันตกเฉียงเหนือ (NW) เนื่องจากทิศนี้ได้รับความร้อนจากดวงอาทิตย์มาก จึงควรใช้ผนังอิฐมวลเบาบุฉนวน PU Foam 2 นิ้ว กับกระจกลามิเนต (CW2LG)

4.4.4.3.1 WWR 20% - 80%

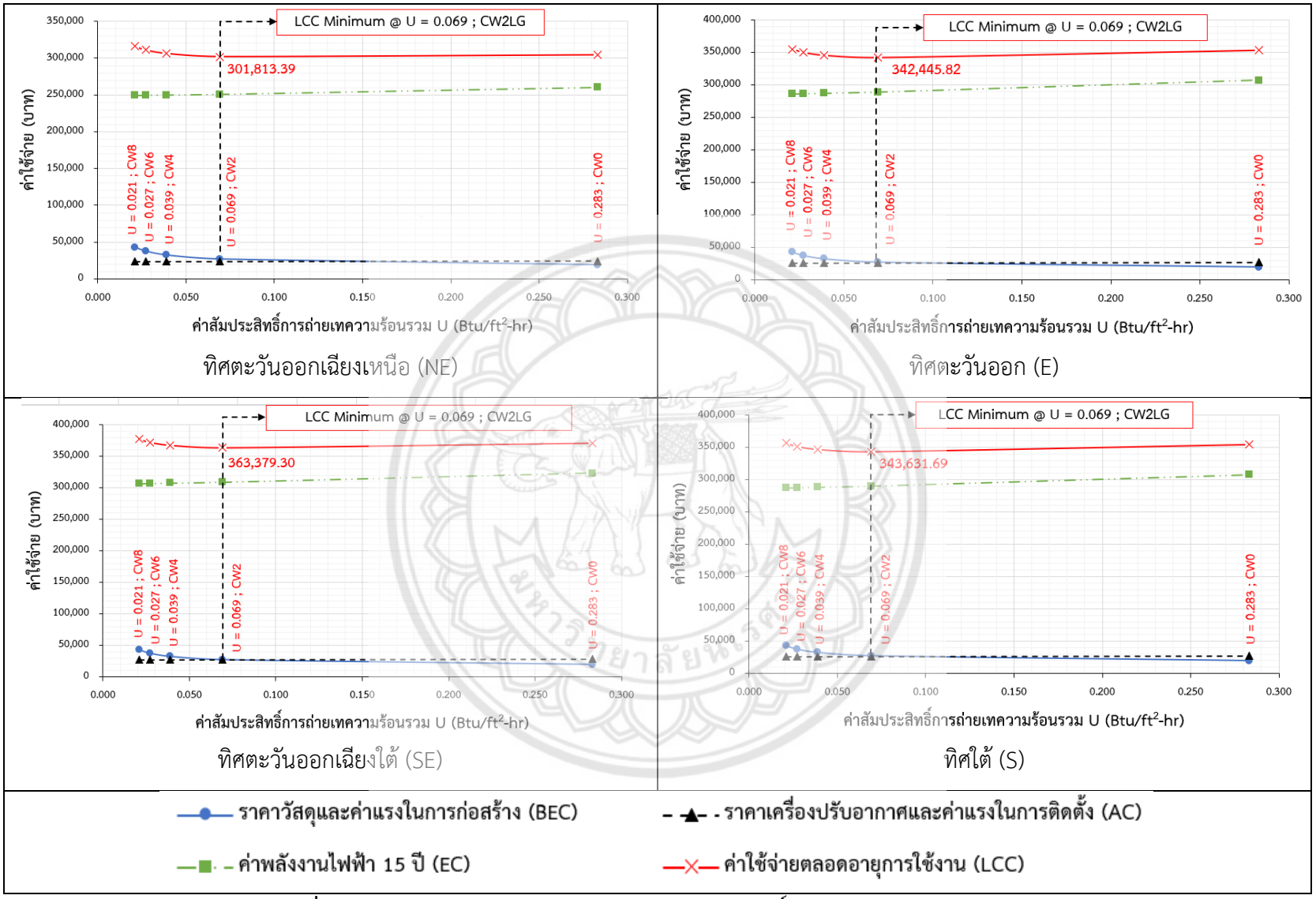


รูปที่ 4.38 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวม (U) และค่าใช้จ่ายของผนังที่ WWR = 20% ของประเภทอาคารชั่วโมงการใช้งาน 24 ชั่วโมง

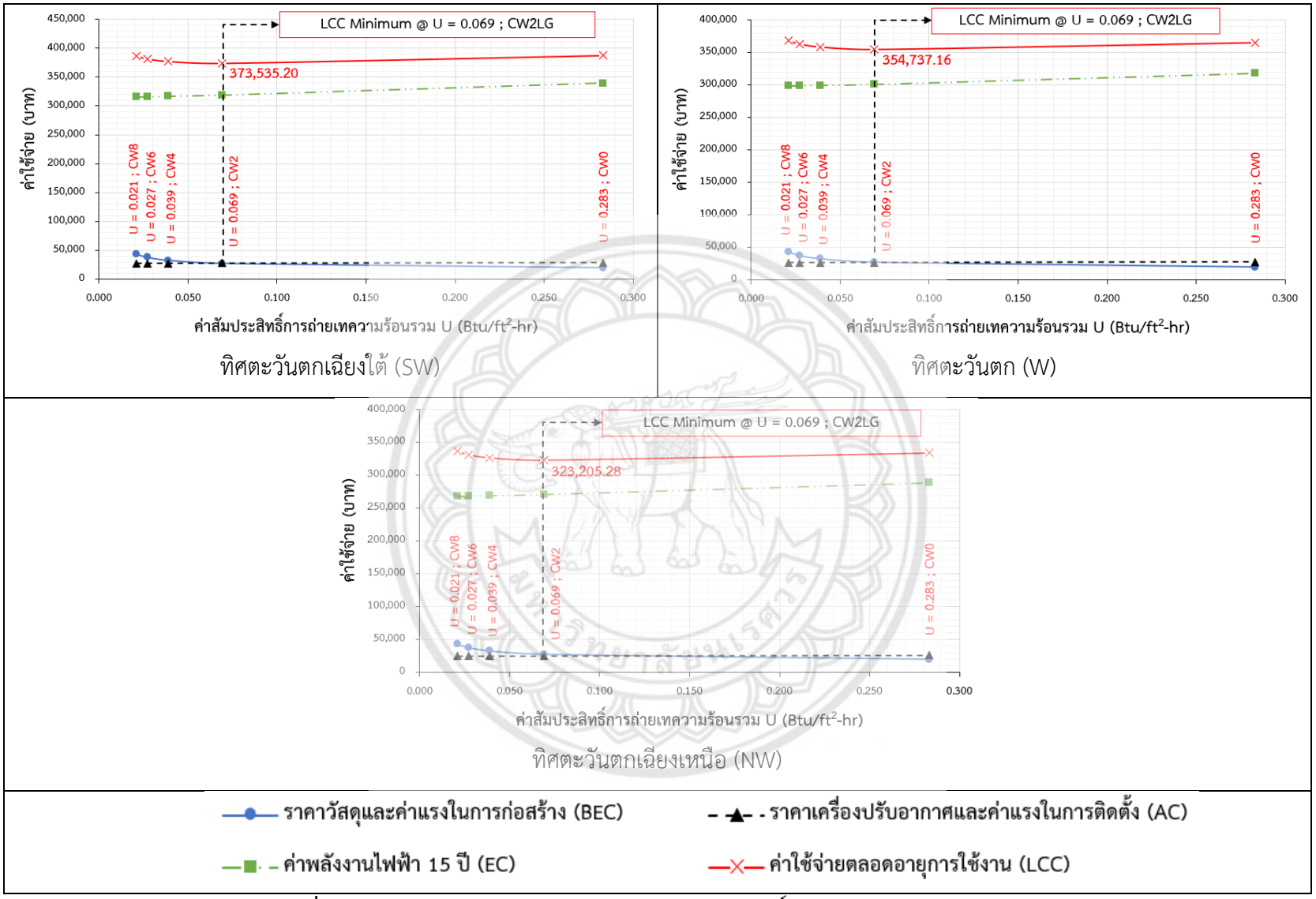


รูปที่ 4.38 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวม (U)

และค่าใช้จ่ายของผนังที่ WWR = 20% ของประเภทอาคารชั่วโมงการใช้งาน 24 ชั่วโมง (ต่อ)

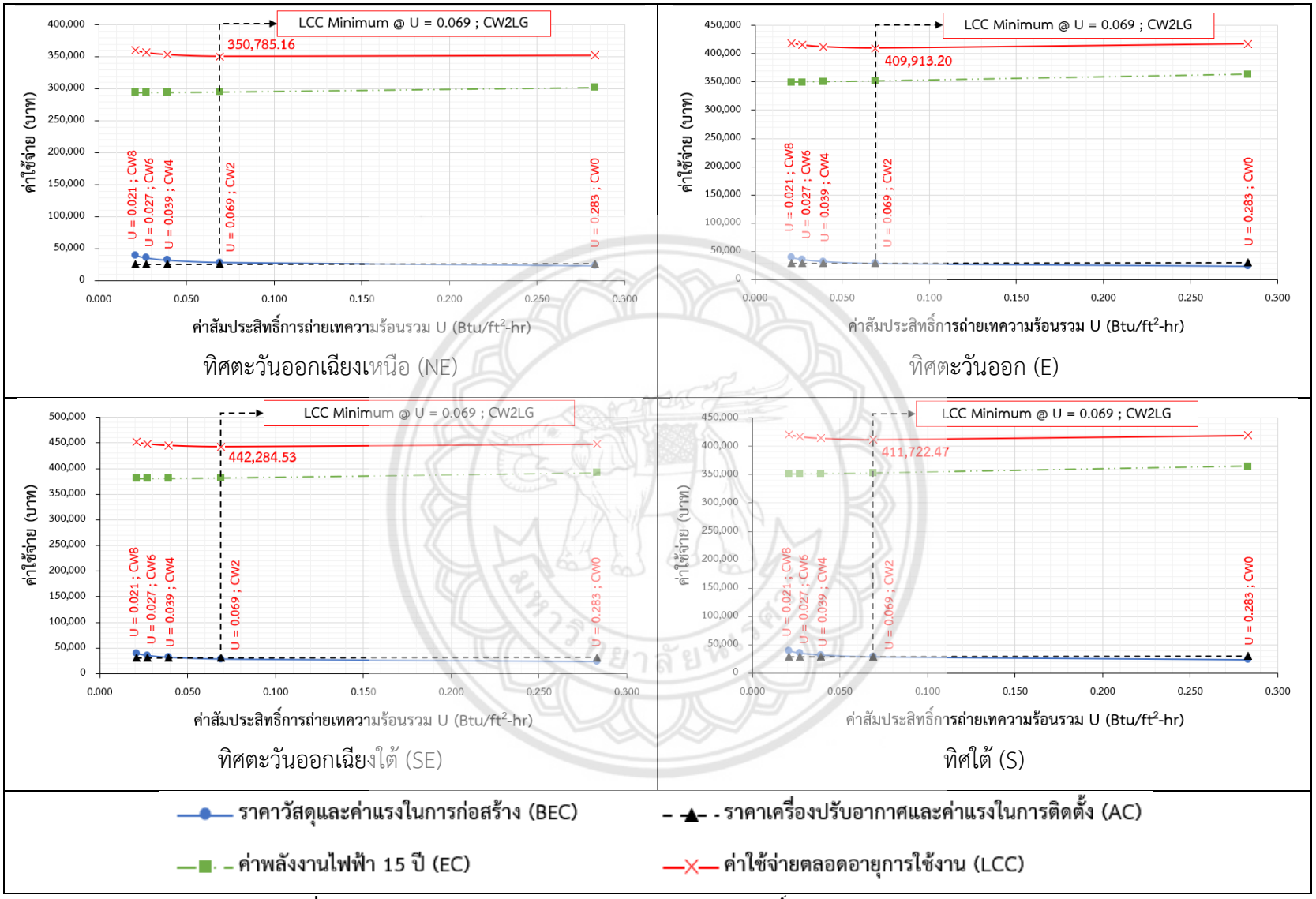


รูปที่ 4.39 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวม (U) และค่าใช้จ่ายของผนังที่ WWR = 40% ของประเภทอาคารชั่วโมงการใช้งาน 24 ชั่วโมง

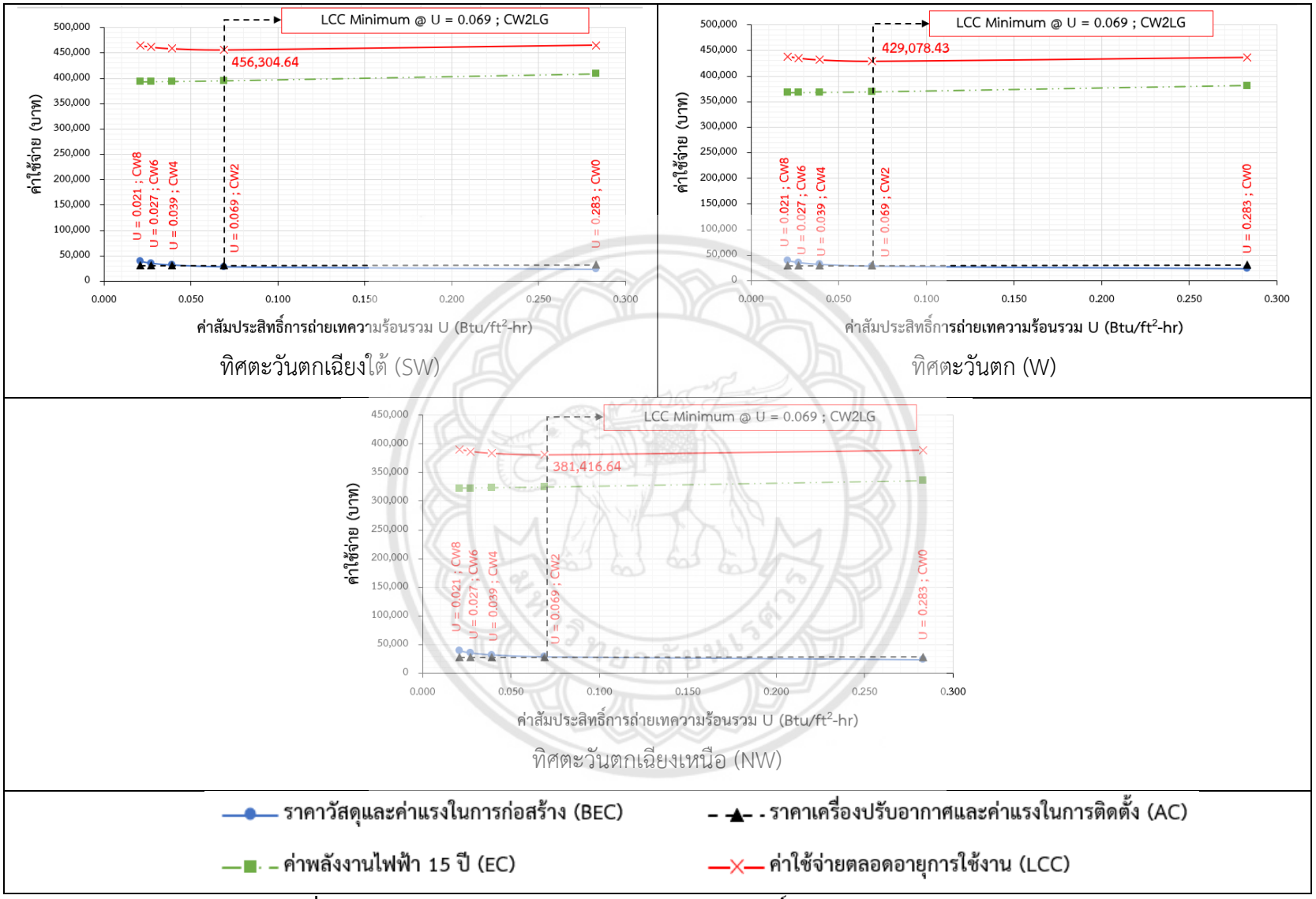


รูปที่ 4.39 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวม (U)

และค่าใช้จ่ายของผนังที่ WWR = 40% ของประเภทอาคารชั่วโมงการใช้งาน 24 ชั่วโมง (ต่อ)

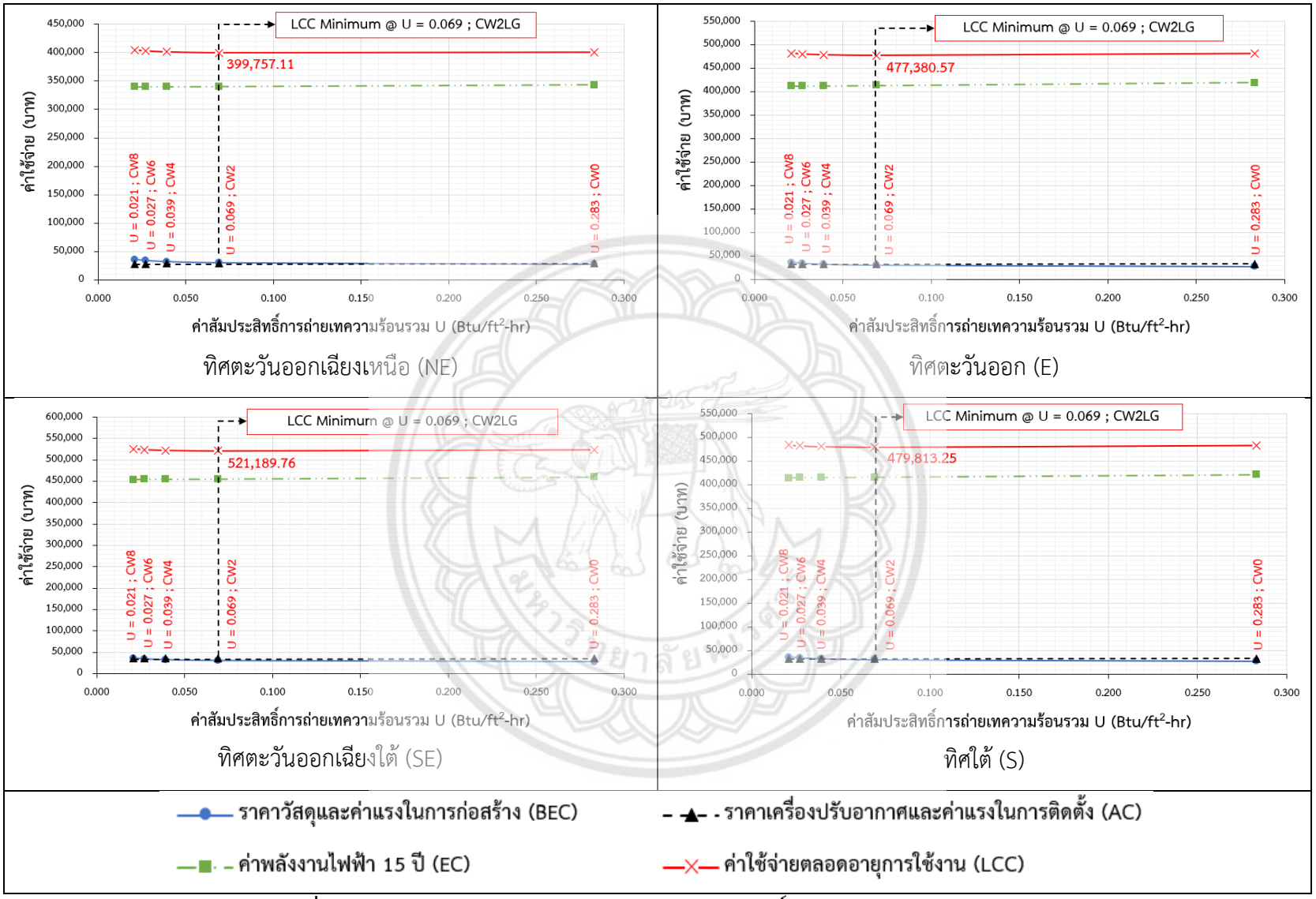


รูปที่ 4.40 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวม (U) และค่าใช้จ่ายของผนังที่ WWR = 60% ของประเภทอาคารชั่วโมงการใช้งาน 24 ชั่วโมง

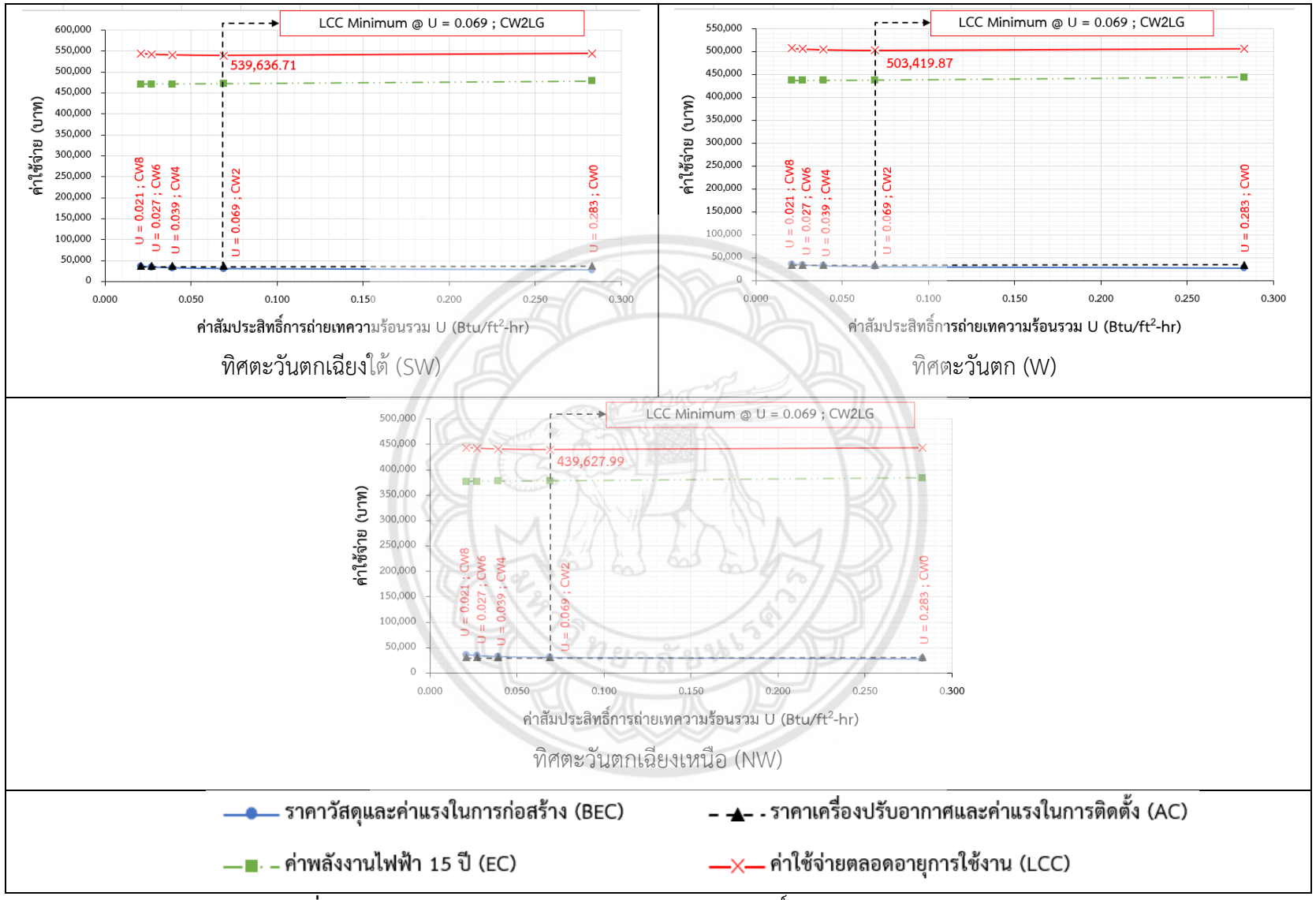


รูปที่ 4.40 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวม (U)

และค่าใช้จ่ายของผนังที่ WWR = 60% ของประเภทอาคารชั่วโมงการใช้งาน 24 ชั่วโมง (ต่อ)



รูปที่ 4.41 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวม (U) และค่าใช้จ่ายของผนังที่ WWR = 80% ของประเภทอาคารชั่วโมงการใช้งาน 24 ชั่วโมง



รูปที่ 4.41 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวม (U)

และค่าใช้จ่ายของผนังที่ WWR = 80% ของประเภทอาคารชั่วโมงการใช้งาน 24 ชั่วโมง (ต่อ)

บทที่ 5
บทสรุปและข้อเสนอแนะ

ในการศึกษาวัสดุผนังภายนอกอาคารที่เหมาะสมสำหรับห้องปรับอากาศ กรณีศึกษาจังหวัดพิษณุโลก ผลจากการวิเคราะห์สรุปได้ดังต่อไปนี้

5.1 ราคาวัสดุผนังภายนอกอาคารและค่าแรงในการก่อสร้าง

ราคาวัสดุผนังภายนอกอาคารและค่าแรงในการก่อสร้างมีค่าแปรผันตรงกับค่าความเป็นฉนวน และแปรผกผันกับค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวม (U) ของวัสดุผนังภายนอกอาคาร คือการใส่ฉนวน PU Form จะช่วยทำให้ป้องกันความร้อนจากภายนอกอาคารได้เป็นอย่างดี แต่อย่างไรก็ตามการใส่ฉนวน PU Form จะทำให้ราคาวัสดุผนังภายนอกอาคารเพิ่มสูงขึ้น

5.2 ราคาเครื่องปรับอากาศพร้อมค่าแรงในการติดตั้ง

ราคาเครื่องปรับอากาศพร้อมค่าแรงในการติดตั้งจะแปรผันตรงกับภาระการทำความเย็นของเครื่องปรับอากาศ ซึ่งภาระการทำความเย็นที่สูงที่สุดเกิดขึ้นทางทิศตะวันตกเฉียงใต้ (SW) ส่วนภาระการทำความเย็นต่ำสุดเกิดขึ้นในทิศเหนือ (N) และเมื่อ WWR มีค่ามาก ภาระการทำความเย็นส่วนใหญ่เกิดขึ้นที่ผนังโปร่งแสง ทำให้ภาระการทำความเย็นของเครื่องปรับอากาศสูง ทำให้ต้องเลือกใช้เครื่องปรับอากาศที่มีขนาดใหญ่ขึ้น ราคาเครื่องปรับอากาศพร้อมค่าแรงในการติดตั้งก็จะสูง และยังส่งผลถึงค่าใช้จ่ายด้านพลังงานไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศตลอดอายุการใช้งาน 15 ปี ที่สูงขึ้นอีกด้วย

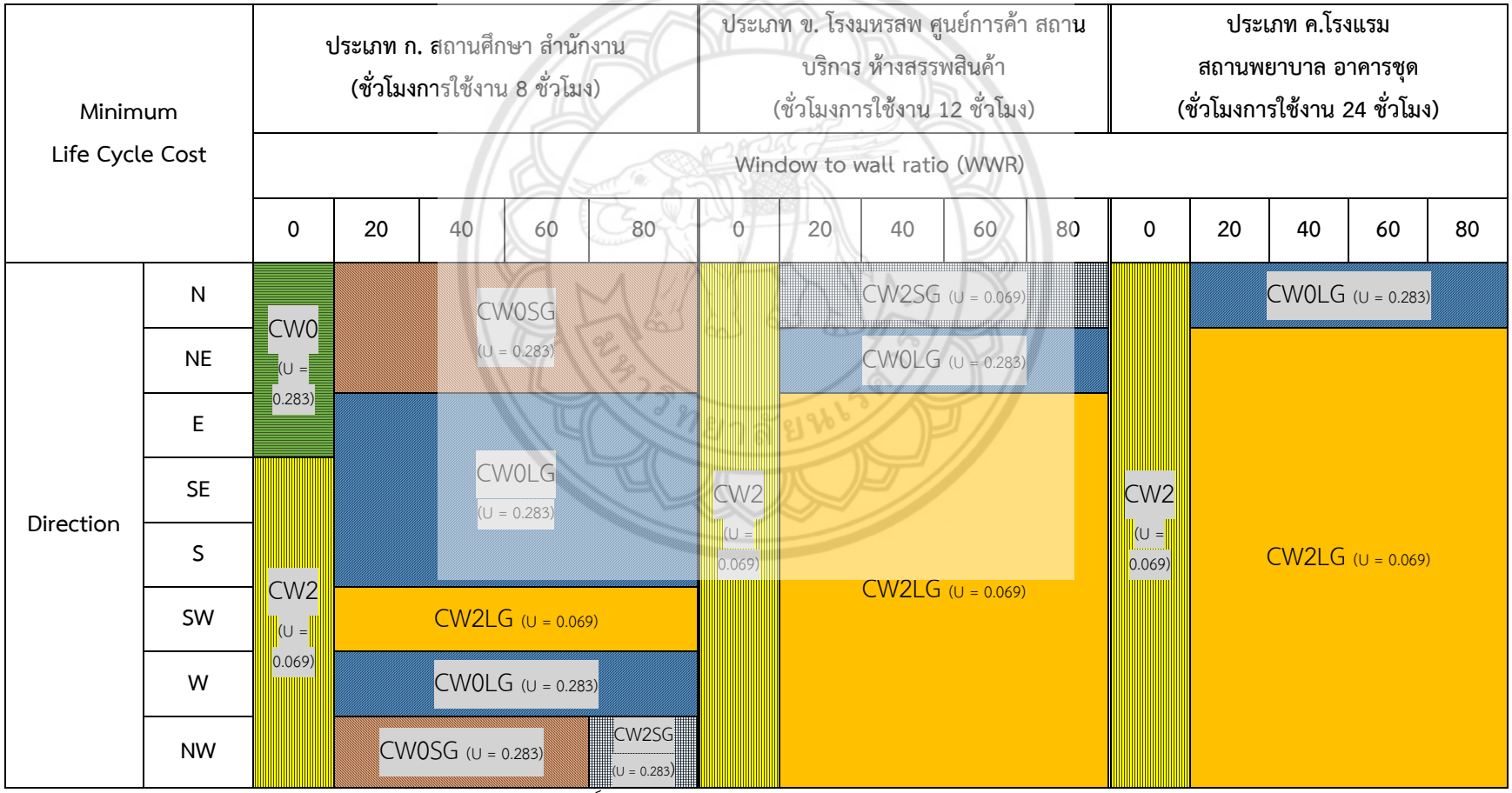
5.3 ค่าใช้จ่ายด้านพลังงานไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศตลอดอายุการใช้งาน 15 ปี

ค่าใช้จ่ายด้านพลังงานไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศตลอดอายุการใช้งาน 15 ปี จะแปรผันตรงกับราคาเครื่องปรับอากาศพร้อมค่าแรงในการติดตั้ง คือ การที่มีภาระการทำความเย็นที่ต้องกำจัดเป็นจำนวนมาก จึงต้องใช้เครื่องปรับอากาศขนาดใหญ่หรือต้องการเครื่องปรับอากาศเป็นจำนวนมาก เมื่อเครื่องปรับอากาศมีขนาดใหญ่หรือมีเครื่องปรับอากาศหลายเครื่องจะส่งผลโดยตรงกับค่าใช้จ่ายด้านพลังงานไฟฟ้า

5.4 ค่าใช้จ่ายตลอดอายุการใช้งาน

ค่าใช้จ่ายตลอดอายุการใช้งานได้มาจากผลรวมของค่าใช้จ่ายทั้ง 3 ชนิดคือ ราคาวัสดุผนังภายนอกอาคารและค่าแรงในการก่อสร้าง ราคาเครื่องปรับอากาศพร้อมค่าแรงในการติดตั้ง และค่าใช้จ่ายด้านพลังงานไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศตลอดอายุการใช้งาน 15 ปี สามารถสรุปผลการศึกษาวัสดุผนังภายนอกอาคารที่มีค่าใช้จ่ายตลอดอายุการใช้งานที่ต่ำที่สุดในแต่ละทิศทั้ง 3 ประเภทอาคาร ดังตารางที่ 5.1

ตารางที่ 5.1 ตารางแสดงวัสดุผนังภายนอกอาคารที่มีค่าใช้จ่ายตลอดอายุการใช้งานที่ต่ำที่สุดในแต่ละทิศทั้ง 3 ประเภทอาคาร



หมายเหตุ ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวม (U) มีหน่วยคือ Btu/(hr-ft^2- °F)

จากตารางที่ 5.1 ตารางแสดงวัสดุผนังภายนอกอาคารที่มีค่าใช้จ่ายตลอดอายุการใช้งานที่ต่ำที่สุดในแต่ละทิศทั้ง 3 ประเภทอาคาร พบว่า

อาคารประเภท ก. สถานศึกษา สำนักงาน ในแต่ละทิศทางวัสดุผนังภายนอกอาคารที่ทำให้ค่าใช่จ่ายตลอดอายุการใช้งานมีค่าต่ำสุด เมื่อพิจารณาทั้ง 8 ทิศ มีดังต่อไปนี้

ที่ WWR 0% หรือ ผนังทึบ ในทิศเหนือ (N), ทิศตะวันออก (E) และทิศตะวันออกเฉียงเหนือ (NE) ได้แก่ ผนังอิฐมวลเบาฉาบปูน (CW0) และในทิศอื่นๆ ได้แก่ ผนังอิฐมวลเบาบุฉนวน PU Foam 2 นิ้ว (CW2)

ที่ WWR 20% - 80% ในทิศเหนือ (N) และทิศตะวันออกเฉียงเหนือ (NE) ได้แก่ ผนังอิฐมวลเบาฉาบปูน ใช้กระจกใส (CW0SG) ในทิศตะวันออก (E), ทิศใต้ (S), ทิศตะวันตก (W) และทิศตะวันนออกเฉียงใต้ (SE) ได้แก่ ผนังอิฐมวลเบาฉาบปูน ใช้กระจกลามิเนต (CW0LG) ในทิศตะวันตกเฉียงใต้ (SW) ได้แก่ ผนังอิฐมวลเบาบุฉนวน 2 นิ้ว ใช้กระจกลามิเนต (CW2LG)

ที่ WWR 20% – 60% ในทิศตะวันตกเฉียงเหนือ (NW) ได้แก่ ผนังอิฐมวลเบาฉาบปูน ใช้กระจกใส (CW0SG)

ที่ WWR 80% ในทิศตะวันตกเฉียงเหนือ (NW) ได้แก่ ผนังอิฐมวลเบาบุฉนวน 2 นิ้ว ใช้กระจกใส (CW2SG)

ในประเภทอาคาร ข. โรงมหรสพ ศูนย์การค้า สถานบริการ ห้างสรรพสินค้า แสดงให้เห็นว่าในแต่ละทิศทางวัสดุผนังภายนอกอาคารที่ทำให้ค่าใช่จ่ายตลอดอายุการใช้งานมีค่าต่ำสุด เมื่อพิจารณาทั้ง 8 ทิศ มีดังต่อไปนี้

ที่ WWR 0% หรือ ผนังทึบ ในทุกทิศ ได้แก่ ได้แก่ ผนังอิฐมวลเบาบุฉนวน PU Foam 2 นิ้ว (CW2)

ที่ WWR 20% – 80% ในทิศเหนือ (N) ได้แก่ ผนังอิฐมวลเบาบุฉนวน PU-Foam 2 นิ้ว ใช้กระจกใส (CW2SG) ในทิศตะวันออกเฉียงเหนือ (NE) ได้แก่ ผนังอิฐมวลเบาฉาบปูน ใช้กระจกลามิเนต (CW0LG) ในทิศอื่นๆ ได้แก่ ผนังอิฐมวลเบาบุฉนวน 2 นิ้ว ใช้กระจกลามิเนต (CW2LG)

ในประเภทอาคาร ค.โรงแรม สถานพยาบาล อาคารชุด แสดงให้เห็นว่าในแต่ละทิศทางวัสดุผนังภายนอกอาคารที่ทำให้ค่าใช่จ่ายตลอดอายุการใช้งานมีค่าต่ำสุด โดยเมื่อพิจารณาทั้ง 8 ทิศ มีดังต่อไปนี้

ที่ WWR 0% หรือ ผนังทึบ ในทุกทิศ ได้แก่ ได้แก่ ผนังอิฐมวลเบาบุฉนวน PU Foam 2 นิ้ว(CW2)

ที่ WWR 20% ถึง 80% ในทิศเหนือ (N) ได้แก่ ผนังอิฐมวลเบาฉาบปูน ใช้กระจกลามิเนต (CW0LG) ในทิศอื่นๆ ได้แก่ ผนังอิฐมวลเบาบุฉนวน 2 นิ้ว ใช้กระจกลามิเนต (CW2LG)

5.5 ทางเลือกในการเลือกใช้วัสดุของกระจกชนิดต่างๆกับกลุ่มผนัง ในทิศทางและอัตราพื้นที่กระจกต่อพื้นที่ผนังที่แตกต่างกันของประเภทอาคาร ก. สถานศึกษา สำนักงาน (ชั่วโมงการใช้งาน 8 ชั่วโมง)

ตารางที่ 5.2 ตารางแสดงทางเลือกในการเลือกใช้วัสดุของผนังอิฐมวลเบากับกระจกชนิดต่างๆ ในทิศทางและอัตราพื้นที่กระจกต่อพื้นที่ผนังที่แตกต่างกันของประเภทอาคาร ก. สถานศึกษา สำนักงาน (ชั่วโมงการใช้งาน 8 ชั่วโมง)

Minimum Life Cycle Cost		ประเภท ก. สถานศึกษา สำนักงาน (ชั่วโมงการใช้งาน 8 ชั่วโมง)											
		Single Glass (SG)				Laminated Glass (LG)				Insulated Glass (IG)			
		Window to wall ratio (WWR)											
		20	40	60	80	20	40	60	80	20	40	60	80
Direction	N	CW0 – CW2 (U = 0.069 - 0.283 Btu/(hr-ft^2- °F))				CW0 – CW2 (U = 0.069 - 0.283 Btu/(hr-ft^2- °F))				CW0 – CW2 (U = 0.069 - 0.283 Btu/(hr-ft^2- °F))			
	NE												
	E												
	SE												
	S												
	SW												
	W												
	NW												

จากตารางที่ 5.2 แสดงการเลือกใช้ผนังอิฐมวลเบา สำหรับอาคารประเภท ก. เมื่อพิจารณาใช้รวมกับกระจก 3 ชนิดในทิศทางและอัตราส่วนพื้นที่แตกต่างกันตามความต้องการของเจ้าของอาคารผู้ออกแบบควรมีการเลือกใช้ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน (U) ของวัสดุผนังทึบภายนอกอาคารจากผลต่างของค่าใช้จ่ายตลอดอายุการใช้งานที่ต่ำที่สุดที่อยู่ในช่วง +5% ดังต่อไปนี้

ในทุกทิศที่ WWR 20 ถึง 80% ควรเลือกใช้อิฐมวลเบาบุฉนวน 0 ถึง 2 นิ้ว หรือค่าวัสดุที่มีค่า U อยู่ในช่วง 0.069 ถึง 0.283 Btu/(hr-ft^2- ºF) จะทำให้ค่าใช้จ่ายตลอดอายุการใช้งานอยู่ในช่วงที่ต่ำที่สุด

5.6 ทางเลือกในการเลือกใช้วัสดุของกระจกชนิดต่างๆกับกลุ่มผนัง ในทิศทางและอัตราพื้นที่กระจกต่อพื้นที่ผนังที่แตกต่างกันของประเภทอาคาร ข. โรงมหรสพ ศูนย์การค้า สถานบริการ ห้างสรรพสินค้า อาคารชุมนุมคน (ชั่วโมงการใช้งาน 12 ชั่วโมง)

ตารางที่ 5.3 ตารางแสดงทางเลือกในการเลือกใช้วัสดุของผนังอิฐมวลเบากับกระจกชนิดต่างๆ ในทิศทางและอัตราพื้นที่กระจกต่อพื้นที่ผนังที่แตกต่างกันของประเภทอาคาร ข. โรงมหรสพ ศูนย์การค้า สถานบริการ ห้างสรรพสินค้า อาคารชุมนุมคน (ชั่วโมงการใช้งาน 12 ชั่วโมง)

<table>
<tr><td colspan="2" rowspan="3">Minimum
Life Cycle Cost</td><td colspan="12">ประเภท ข. โรงมหรสพ ศูนย์การค้า สถานบริการ ห้างสรรพสินค้า อาคารชุมนุมคน (ชั่วโมงการใช้งาน 12 ชั่วโมง)</td></tr>
<tr><td colspan="4">Single Glass (SG)</td><td colspan="4">Laminated Glass (LG)</td><td colspan="4">Insulated Glass (IG)</td></tr>
<tr><td colspan="12">Window to wall ratio (WWR)</td></tr>
<tr><td colspan="2"></td><td>20</td><td>40</td><td>60</td><td>80</td><td>20</td><td>40</td><td>60</td><td>80</td><td>20</td><td>40</td><td>60</td><td>80</td></tr>
<tr><td rowspan="8">Direction</td><td>N</td><td colspan="4" rowspan="4">CW0 – CW2
(U = 0.069 - 0.283 Btu/(hr-ft^2- °F))</td><td colspan="4" rowspan="4">CW0 – CW2
(U = 0.069 - 0.283 Btu/(hr-ft^2- °F))</td><td colspan="4" rowspan="4">CW0 – CW2
(U = 0.069 - 0.283 Btu/(hr-ft^2- °F))</td></tr>
<tr><td>NE</td></tr>
<tr><td>E</td></tr>
<tr><td>SE</td></tr>
<tr><td>S</td><td colspan="4" rowspan="4">CW2 – CW4
(U = 0.039 -0.069 Btu/(hr-ft^2- °F))</td><td colspan="4" rowspan="4">CW2 – CW4
(U = 0.039 -0.069 Btu/(hr-ft^2- °F))</td><td colspan="4" rowspan="4">CW2 – CW4
(U = 0.039 -0.069 Btu/(hr-ft^2- °F))</td></tr>
<tr><td>SW</td></tr>
<tr><td>W</td></tr>
<tr><td>NW</td></tr>
</table>

จากตารางที่ 5.3 แสดงการเลือกใช้ผนังอิฐมวลเบา สำหรับอาคารประเภท ข. เมื่อพิจารณาใช้รวมกับกระจก 3 ชนิดในทิศทางและอัตราส่วนพื้นที่แตกต่างกันตามความต้องการของเจ้าของอาคารผู้ออกแบบควรมีการเลือกใช้ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน (U) ของวัสดุผนังทึบภายนอกอาคารจากผลต่างของค่าใช้จ่ายตลอดอายุการใช้งานที่ต่ำที่สุดที่อยู่ในช่วง +5% ดังต่อไปนี้

ในทิศเหนือ, ตะวันออกเฉียงเหนือ, ตะวันออก และตะวิออกเฉียงใต้ ที่ WWR 20 ถึง 80% ควรเลือกใช้ อิฐมวลเบาบุฉนวน 0 ถึง 2 นิ้ว หรือค่าวัสดุที่มีค่า U อยู่ในช่วง 0.069 ถึง 0.283 Btu/(hr-ft^2- ºF) จะทำให้ค่าใช้จ่ายตลอดอายุการใช้งานอยู่ในช่วงที่ต่ำที่สุด

ในทิศอื่นๆ ที่ WWR 20 ถึง 80% ควรเลือกใช้อิฐมวลเบาบุฉนวน 2 ถึง 4 นิ้ว หรือค่าวัสดุที่มีค่า U อยู่ในช่วง 0.039 ถึง 0.069 Btu/(hr-ft^2- ºF) จะทำให้ค่าใช้จ่ายตลอดอายุการใช้งานอยู่ในช่วงที่ต่ำที่สุด

5.7 ทางเลือกในการเลือกใช้วัสดุของกระจกชนิดต่างๆกับกลุ่มผนัง ในทิศทางและอัตราพื้นที่กระจกต่อพื้นที่ผนังที่แตกต่างกันของประเภทอาคาร ค. โรงแรม สถานพยาบาล อาคารชุด (ชั่วโมงการใช้งาน 24 ชั่วโมง)

ตารางที่ 5.4 ตารางแสดงทางเลือกในการเลือกใช้วัสดุของผนังอิฐมวลเบากับกระจกชนิดต่างๆ ในทิศทางและอัตราพื้นที่กระจกต่อพื้นที่ผนังที่แตกต่างกันของประเภทอาคาร ค. โรงแรม สถานพยาบาล อาคารชุด (ชั่วโมงการใช้งาน 24 ชั่วโมง)

Minimum Life Cycle Cost		ประเภท ค. โรงแรม สถานพยาบาล อาคารชุด (ชั่วโมงการใช้งาน 24 ชั่วโมง)											
		Single Glass (SG)				Laminated Glass (LG)				Insulated Glass (IG)			
		Window to wall ratio (WWR)											
		20	40	60	80	20	40	60	80	20	40	60	80
Direction	N	CW0 – CW2 (U = 0.069 - 0.283 Btu/(hr-ft^2- °F))				CW0 – CW2 (U = 0.069 - 0.283 Btu/(hr-ft^2- °F))				CW0 – CW2 (U = 0.069 - 0.283 Btu/(hr-ft^2- °F))			
	NE												
	E	CW2 – CW4 (U = 0.039 - 0.069 Btu/(hr-ft^2- °F))				CW2 – CW4 (U = 0.039 - 0.069 Btu/(hr-ft^2- °F))				CW2 – CW4 (U = 0.039 - 0.069 Btu/(hr-ft^2- °F))			
	SE												
	S												
	SW												
	W												
	NW												

จากตารางที่ 5.4 แสดงการเลือกใช้ผนังอิฐมวลเบา สำหรับอาคารประเภท ค. เมื่อพิจารณาใช้รวมกับกระจก 3 ชนิดในทิศทางและอัตราส่วนพื้นที่แตกต่างกันตามความต้องการของเจ้าของอาคารผู้ออกแบบควรมีการเลือกใช้ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน (U) ของวัสดุผนังทึบภายนอกอาคารจากผลต่างของค่าใช้จ่ายตลอดอายุการใช้งานที่ต่ำที่สุดที่อยู่ในช่วง +5% ดังต่อไปนี้

ในทิศเหนือ และตะวันออกเฉียงเหนือ ที่ WWR 20 ถึง 80% ควรเลือกใช้อิฐมวลเบาบุฉนวน 0 ถึง 2 นิ้ว หรือ ค่าวัสดุที่มีค่า U อยู่ในช่วง 0.069 ถึง 0.283 Btu/(hr-ft^2- ºF) จะทำให้ค่าใช้จ่ายตลอดอายุการใช้งานอยู่ในช่วงที่ต่ำที่สุด

ในทิศอื่นๆ ที่ WWR 20 ถึง 80% ควรเลือกใช้อิฐมวลเบาบุฉนวน 2 ถึง 4 นิ้ว หรือ ค่าวัสดุที่มีค่า U อยู่ในช่วง 0.039 ถึง 0.069 Btu/(hr-ft^2- ºF) จะทำให้ค่าใช้จ่ายตลอดอายุการใช้งานอยู่ในช่วงที่ต่ำที่สุด

5.8 ข้อเสนอแนะ

5.8.1 พิจารณาอาคารในละติจูดอื่นๆ เพิ่มขึ้น เพื่อประกอบการตัดสินใจของผู้ออกแบบอาคารในพื้นที่นั้นๆ

5.8.2 สามารประยุกต์ทำเป็นโปรแกรมการคำนวณเพื่อการตัดสินใจออกแบบวัสดุผนังภายนอกอาคารของห้องปรับอากาศที่เหมาะสมทั้ง 8 ทิศ ได้อย่างสะดวกสบายมากยิ่งขึ้น

5.8.3 พิจารณาอาคารที่มีการติดตั้งอุปกรณ์บังแดดทั้งภายในและภายนอกอาคาร

เอกสารอ้างอิง

การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย. **ข้อกำหนดโครงการฉลากประหยัดไฟเครื่องปรับอากาศเบอร์ 5.** (2560, 1 มกราคม). สืบค้นเมื่อ 1 สิงหาคม 2561. จาก http://labelno5.egat.co.th/new58/

การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค. **โครงสร้างอัตราค่าไฟฟ้า ปี 2558.** (2558, 8 ตุลาคม). สืบค้น เมื่อ 1 สิงหาคม 2561. จาก www.pea.co.th

กำหนดประเภท หรือขนาดของอาคาร และมาตรฐาน หลักเกณฑ์ และวิธีการ ในการออกแบบอาคาร เพื่อการอนุรักษ์พลังงาน. (2552, 20 กุมภาพันธ์). ราชกิจจานุเบกษา. เล่มที่ 126 ตอนที่ 12 ก. หน้า 9.

ธนาคารแห่งประเทศไทย. **อัตราดอกเบี้ยอ้างอิงจากค่าเฉลี่ยอัตราดอกเบี้ยเงินกู้สำหรับลูกค้ารายย่อยชั้นดี (MRR).** (2561, 1 สิงหาคม). สืบค้นเมื่อ 1 สิงหาคม 2561. จาก https://www.bot.or.th/thai/statistics/_layouts/application/interest_rate/in_rate.aspx)

นัฐวัฒน์ พิมพ์สารี ศิริพงษ์ ชัยอาจ และ ไพลิน เถาวัลย์ดี. (2559). **การศึกษาค่าใช้จ่ายตลอดอายุการใช้งานกับการตัดสินใจออกแบบกรอบอาคาร Start up and Innovation มหาวิทยาลัยนเรศวร**. ปริญญานิพนธ์ วศ.บ., มหาวิทยาลัยนเรศวร, พิษณุโลก.

พิชญะ เพียรพัฒนากูร. (2554). **ผลกระทบของมวลอุณหภาพของผนังภายนอกอาคารในทิศทางต่างๆ ที่มีผลต่อการใช้พลังงาน ในเขตร้อนชื้น.** ปริญญานิพนธ์ สถ.ม., จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ภัทรพงษ์ วัฒนาจรัสแสง วิชยุตม์ นาคประเสริฐ และ ศักดิ์ชัย เจริญศิลป์. (2560). **การศึกษาเกี่ยวกับวัสดุผนังภายนอกอาคารที่เหมาะสมสำหรับห้องปรับอากาศ กรณีศึกษา จังหวัดพิษณุโลก**. ปริญญานิพนธ์ วศ.บ., มหาวิทยาลัยนเรศวร, พิษณุโลก.

สำนักดัชนีเศรษฐกิจการค้า กระทรวงพาณิชย์ พ.ศ.2561. **ราคาวัสดุกรอบ อาคารและค่าแรงในการก่อสร้าง (Building Envelope Cost ;BEC)**. สืบค้นเมื่อ 1 สิงหาคม 2561. จาก http://www.price.moc.go.th/price/struct/index_new.asp

หลักเกณฑ์และวิธีการคำนวณในการออกแบบอาคารแต่ละระบบการใช้พลังงานโดยรวมของอาคาร และการใช้พลังงานหมุนเวียนในระบบต่างๆ ของอาคาร. (2552, 28 สิงหาคม). ราชกิจจานุเบกษา. เล่มที่ 126 ตอนพิเศษ 122 ง. หน้า 21.

อัญชนา สังขะกูล. (2553). **การศึกษาอิทธิพลของมวลสารผนังภายนอก และทิศทางที่มีผลต่อการประหยัดพลังงาน ของอาคารพักอาศัยในภูมิอากาศร้อนชื้น**. ปริญญานิพนธ์ สถ.ม., จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ภาคผนวก ก

ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนของแบบจำลองวัสดุผนังภายนอกอาคาร

ตารางที่ ก.1 สมบัติเชิงความร้อนของวัสดุผนังภายนอกอาคาร

ลำดับ	วัสดุ	K (W/(m . C))	ρ (kg/m^3)	C_P (kJ/(kg. C))
1	วัสดุมุงหลังคา/ดาดฟ้า			
	(ก) กระเบื้องหลังคาคอนกรีต	0.993	2,400	0.79
	(ข) กระเบื้องซีเมนต์ใยหินลอนเล็ก	0.384	1,700	1.00
	(ค) กระเบื้องซีเมนต์ใยหินลอนใหญ่	0.441	2,000	1.00
	(ง) กระเบื้องซีเมนต์ใยหินลอนคู่	0.395	2,000	1.00
	(จ) วัสดุหลังคาแอสฟัลต์	0.421	1,500	1.51
	(ฉ) กระเบื้องปูดาดฟ้ามวลเบา	0.341	930	0.88
	(ช) กระเบื้องใยแก้วโปร่งแสงเรียบ	0.213	1,340	0.88
	(ซ) กระเบื้องใยแก้วโปร่งแสงลอนใหญ่	0.181	1,700	0.88
	(ฌ) กระเบื้องลูกฟูกโปร่งแสง	0.160	1,340	0.88
	(ญ) กระเบื้องใยแก้วลอนคู่สีขาวขุ่น	0.208	1,500	0.88
2	วัสดุปูพื้น/ผนัง			
	(ก) ไลโนเลียม (พรมน้ำมัน)	0.227	1,200	1.26
	(ข) กระเบื้องยาง	0.573	1,900	1.26
	(ค) กระเบื้องเซรามิค	0.338	2,100	0.80
	(ง) หินอ่อน	1.250	2,700	0.80
	(จ) หินแกรนิต	1.276	2,600	0.79
	(ฉ) หินกาบ	0.290	2,640	0.96
	(ช) หินทราย	0.721	2,440	0.96
	(ซ) ไม้ปาร์เก้	0.167	600	0.96
3	ผนังอิฐ/คอนกรีต			
	(ก) อิฐมอญไม่ฉาบ	0.473	1,600	0.79
	(ข) อิฐมอญฉาบปูนสองหน้า	1.102	1,700	0.79

ที่มา : ประกาศกระทรวงพลังงาน เรื่อง หลักเกณฑ์และวิธีการคำนวณในการออกแบบอาคารแต่ละระบบการใช้พลังงานโดยรวมของอาคาร และการใช้พลังงานหมุนเวียนในระบบต่าง ๆ ของอาคาร พ.ศ. 2552

ตารางที่ ก.1 สมบัติเชิงความร้อนของวัสดุผนังภายนอกอาคาร (ต่อ)

ลำดับ	วัสดุ	K (W/(m . C))	ρ (kg/m³)	C_P (kJ/(kg. C))
	(ค) อิฐฉาบปูนหรือปิดด้วยแผ่นโมเสดหรือกระเบื้อง หน้าเดียว	0.807	1,760	0.84
	(ง) คอนกรีตบล็อกกลวง 80 มม. ไม่ฉาบ	0.546	2,210	0.92
	(จ) คอนกรีตสแลบ	0.442	2,400	0.92
	(ฉ) ปูนฉาบ (ซีเมนต์ผสมทราย)	0.72	1,860	0.84
4	คอนกรีตมวลเบา ความหนาแน่นต่าง ๆ			
	(ก) 620 กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร	0.180	620	0.84
	(ข) 700 กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร	0.210	700	0.84
	(ค) 960 กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร	0.303	960	0.84
	(ง) 1,120 กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร	0.346	1,120	0.84
	(จ) 1,280 กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร	0.476	1,280	0.84
	(ฉ) ปูนฉาบสำหรับคอนกรีตมวลเบา	0.326	1,200	0.84
5	วัสดุทำฝ้าเพดาน/ผนัง			
	(ก) แผ่นยิปซั่ม	0.282	800	1.09
	(ข) กระเบื้องซีเมนต์ใยหินแผ่นเรียบ	0.397	1,700	1.00
	(ค) ไม้อัด	0.213	900	1.21
	(ง) แผ่นไฟเบอร์ (fiber board)	0.053	264	1.30
	(จ) เซลโลกรีตชนิดธรรมดา	0.106	500	1.30
	(ฉ) เซลโลกรีตชนิดโฟม	0.068	300	1.30
	(ช) แผ่นไฟเบอร์ชานอ้อย	0.052	250	1.26
	(ซ) แผ่นไม้ก๊อก	0.042	144	2.01
	(ฌ) พลาสเตอร์ฉาบยิปซั่ม	0.230	720	1.09

ที่มา : ประกาศกระทรวงพลังงาน เรื่อง หลักเกณฑ์และวิธีการคำนวณในการออกแบบอาคารแต่ละระบบการใช้พลังงานโดยรวมของอาคาร และการใช้พลังงานหมุนเวียนในระบบต่าง ๆ ของอาคาร พ.ศ. 2552

ตารางที่ ก.1 สมบัติเชิงความร้อนของวัสดุผนังภายนอกอาคาร (ต่อ)

ลำดับ	วัสดุ	K (W/(m . C))	ρ (kg/m³)	C_P (kJ/(kg. C))
6	ฉนวนใยแก้ว (ไฟเบอร์กลาส) แบบม้วน (blanket) แบบแผ่น (rigid board) และแบบท่อสำเร็จ (rigid pipe section)			
	(ก) ความหนาแน่น 10 ก.ก./ลบ.ม.	0.046	10	0.96
	(ข) ความหนาแน่น 12 ก.ก./ลบ.ม.	0.046	12	0.96
	(ค) ความหนาแน่น 16 ก.ก./ลบ.ม.	0.038	16	0.96
	(ง) ความหนาแน่น 24 ก.ก./ลบ.ม.	0.035	24	0.96
	(จ) ความหนาแน่น 32 – 48 ก.ก./ลบ.ม.	0.033	32 - 48	0.96
	(ฉ) ความหนาแน่น 56 – 69 ก.ก./ลบ.ม.	0.031	56 - 69	0.96
7	ฉนวนใยหินแบบม้วน (blanket) และแบบแผ่น (rigid board)			
	ความหนาแน่น 6.4 - 32	0.039	6.4 - 32	0.80
8	ฉนวนชนิดโฟมโพลีสไตรีน แบบขยายตัว			
	(ก) ความหนาแน่น 9 ก.ก./ลบ.ม.	0.047	9	1.21
	(ข) ความหนาแน่น 16 ก.ก./ลบ.ม.	0.037	16	1.21
	(ค) ความหนาแน่น 20 ก.ก./ลบ.ม.	0.036	20	1.21
	(ง) ความหนาแน่น 24 - 32 ก.ก./ลบ.ม.	0.035	24 - 32	1.21
9	โฟมโพลีเอทิลีน	0.029	45	1.21
10	โฟมโพลียูรีเทน	0.023 - 0.026	24 - 40	1.59
11	ไม้			
	(ก) ไม้เนื้อแข็ง	0.217	800	1.30
	(ข) ไม้เนื้อแข็งปานกลาง	0.176	600	1.30
	(ค) ไม้เนื้ออ่อน	0.131	500	1.30
	(ง) ไม้อัดชิพบอร์ด	0.144	800	1.30

ที่มา : ประกาศกระทรวงพลังงาน เรื่อง หลักเกณฑ์และวิธีการคำนวณในการออกแบบอาคารแต่ละระบบการใช้พลังงานโดยรวมของอาคาร และการใช้พลังงานหมุนเวียนในระบบต่าง ๆ ของอาคาร พ.ศ. 2552

ตารางที่ ก.1 สมบัติเชิงความร้อนของวัสดุผนังภายนอกอาคาร (ต่อ)

ลำดับ	วัสดุ	K (W/(m . C))	ρ (kg/m³)	C_P (kJ/(kg. C))
12	กระดาษอัด	0.086	400	1.38
13	แผ่นกระจก			
	(ก) กระจกใส	0.960	2,500	0.88
	(ข) กระจกสีชา	0.913	2,500	0.88
	(ค) กระจกสะท้อนแสง	0.931	2,500	0.88
	(ง) กระจกเงา	0.853	2,500	0.88

ที่มา : ประกาศกระทรวงพลังงาน เรื่อง หลักเกณฑ์และวิธีการคำนวณในการออกแบบอาคารแต่ละระบบการใช้พลังงานโดยรวมของอาคาร และการใช้พลังงานหมุนเวียนในระบบต่าง ๆ ของอาคาร พ.ศ. 2552

ตารางที่ ก.2 ค่าความต้านทานความร้อนของฟิล์มอากาศสำหรับผนังอาคาร

ชนิดของผิววัสดุที่ใช้ทำผนัง	ค่าความต้านทานความร้อนของฟิล์มอากาศ ((m². C)/W)	
	ที่ผิวผนังด้านใน (R_i)	ที่ผิวผนังด้านนอก (R_o)
กรณีที่พื้นผิวผนังมีค่าสัมประสิทธิ์การแผ่รังสีสูง	0.120	0.044
กรณีที่พื้นผิวผนังมีค่าสัมประสิทธิ์การแผ่รังสีต่ำ	0.299	-

ที่มา : ประกาศกระทรวงพลังงาน เรื่อง หลักเกณฑ์และวิธีการคำนวณในการออกแบบอาคารแต่ละระบบการใช้พลังงานโดยรวมของอาคาร และการใช้พลังงานหมุนเวียนในระบบต่าง ๆ ของอาคาร พ.ศ. 2552

ตารางที่ ก.3 ค่าความต้านทานความร้อนของช่องว่างอากาศที่อยู่ภายในผนังอาคาร

ชนิดของผิววัสดุที่ใช้ทำผนังด้านในช่องว่างอากาศ	ค่าความต้านทานความร้อนของช่องว่างอากาศ ตามความหนาของช่องว่างอากาศ ((m². C)/W)		
	5 มิลลิเมตร	20 มิลลิเมตร	100 มิลลิเมตร
กรณีที่พื้นผิวผนังมีค่าสัมประสิทธิ์การแผ่รังสีสูง	0.110	0.148	0.160
กรณีที่พื้นผิวผนังมีค่าสัมประสิทธิ์การแผ่รังสีต่ำ	0.250	0.578	0.606

ที่มา : ประกาศกระทรวงพลังงาน เรื่อง หลักเกณฑ์และวิธีการคำนวณในการออกแบบอาคารแต่ละระบบการใช้พลังงานโดยรวมของอาคาร และการใช้พลังงานหมุนเวียนในระบบต่าง ๆ ของอาคาร พ.ศ. 2552

ตารางที่ ก.4 ค่าความต้านทานความร้อนของช่องว่างอากาศที่อยู่ระหว่างแผ่นกระจกหรือผนังโปร่งแสง

ความหนาของช่องว่างอากาศ (mm)	ค่าความต้านทานความร้อนของช่องว่างอากาศ ($(m^2.\ C)/W$)	
	พื้นผิวผนังมีค่าสัมประสิทธิ์การแผ่รังสีสูง	พื้นผิวผนังมีค่าสัมประสิทธิ์การแผ่รังสีต่ำ
13	0.119	0.345
10	0.110	0.278
7	0.097	0.208
6	0.091	0.196
5	0.084	0.167

ที่มา : ประกาศกระทรวงพลังงาน เรื่อง หลักเกณฑ์และวิธีการคำนวณในการออกแบบอาคารแต่ละระบบการใช้พลังงานโดยรวมของอาคาร และการใช้พลังงานหมุนเวียนในระบบต่าง ๆ ของอาคาร พ.ศ. 2552

ตารางที่ ก.5 ค่าสัมประสิทธิ์การบังเงาของวัสดุ

ลำดับ	ชนิดกระจก	สัญลักษณ์	SC (W/m-C)
1	กระจกใส	SG	0.94
2	กระจกลามิเนต	LG	0.78
3	กระจกฉนวน	IG	0.82

ที่มา : ประกาศกระทรวงพลังงาน เรื่อง หลักเกณฑ์และวิธีการคำนวณในการออกแบบอาคารแต่ละระบบการใช้พลังงานโดยรวมของอาคาร และการใช้พลังงานหมุนเวียนในระบบต่าง ๆ ของอาคาร พ.ศ. 2552

ภาคผนวก ข

การคำนวณภาระการทำความเย็นของเครื่องปรับอากาศ

กฎกระทรวงกาหนดประเภทหรือขนาดของอาคาร และมาตรฐาน หลักเกณฑ์ และวิธีการในการออกแบบอาคารเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ. 2552

กฎกระทรวง

กำหนดประเภท หรือขนาดของอาคาร และมาตรฐาน หลักเกณฑ์ และวิธีการ

ในการออกแบบอาคารเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน

พ.ศ. ๒๕๕๒

อาศัยอำนาจตามความในมาตรา ๖ วรรคสอง และมาตรา ๑๕ แห่งพระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ. ๒๕๓๕ ซึ่งแก้ไขเพิ่มเติมโดยพระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน (ฉบับที่ ๒) พ.ศ. ๒๕๕๐ อันเป็นกฎหมายที่มีบทบัญญัติบางประการเกี่ยวกับการจำกัดสิทธิและเสรีภาพของบุคคล ซึ่งมาตรา ๒๙ ประกอบกับมาตรา ๓๓ มาตรา ๔๑ และมาตรา ๔๓ ของรัฐธรรมนูญแห่งราชอาณาจักรไทย บัญญัติให้กระทำได้โดยอาศัยอำนาจตามบทบัญญัติแห่งกฎหมาย รัฐมนตรีว่าการกระทรวงพลังงานโดยคำแนะนำของคณะกรรมการนโยบายพลังงานแห่งชาติออกกฎกระทรวงไว้ ดังต่อไปนี้

ส่วนที่ ๒

ระบบไฟฟ้าแสงสว่าง

ข้อ ๔ การใช้ไฟฟ้าส่องสว่างภายในอาคาร โดยไม่รวมพื้นที่จอดรถ

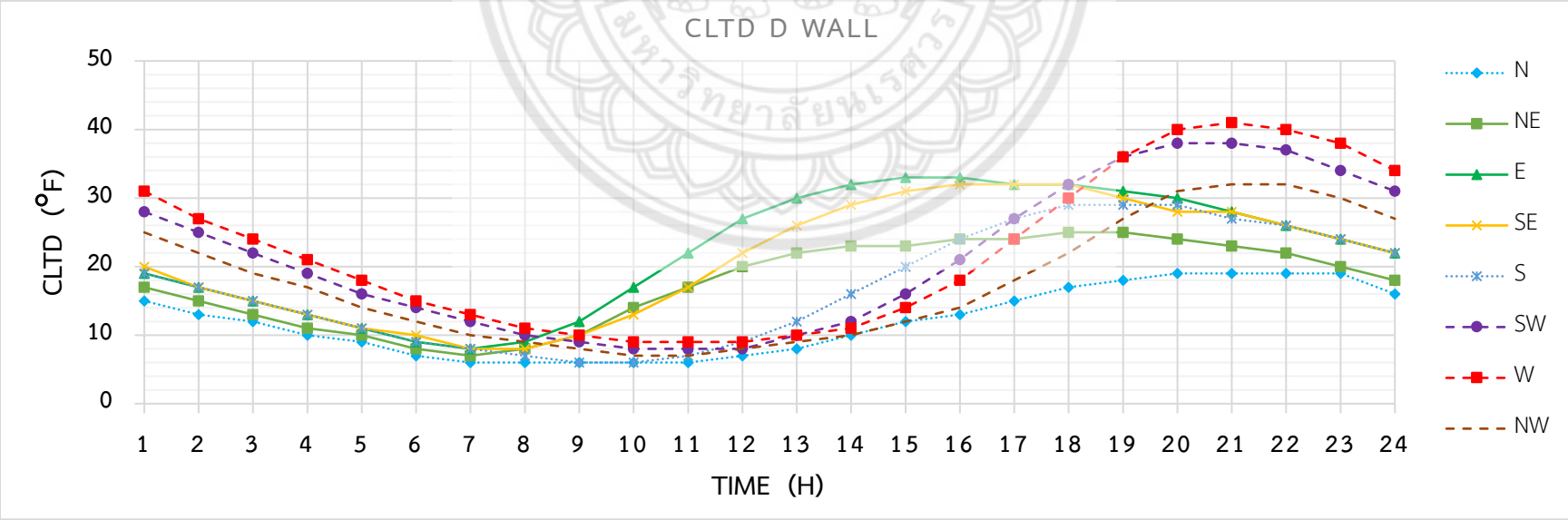
(๑) การใช้ไฟฟ้าส่องสว่างภายในอาคาร ต้องให้ได้ระดับความส่องสว่างสำหรับงานแต่ละประเภทอย่างเพียงพอ และเป็นไปตามกฎหมายว่าด้วยการควบคุมอาคารหรือกฎหมายเฉพาะว่าด้วยการนั้นกำหนด

(๒) อุปกรณ์ไฟฟ้าสำหรับใช้ส่องสว่างภายในอาคารต้องใช้กำลังไฟฟ้าในแต่ละประเภทของอาคารมีค่าไม่เกินดังต่อไปนี้

ประเภทอาคาร	ค่ากำลังไฟฟ้าส่องสว่างสูงสุด (วัตต์ต่อตารางเมตรของพื้นที่ใช้งาน)
(ก) สถานศึกษา สำนักงาน	๑๔
(ข) โรงมหรสพ ศูนย์การค้า สถานบริการ ห้างสรรพสินค้า อาคารชุมนุมคน	๑๘
(ค) โรงแรม สถานพยาบาล อาคารชุด	๑๒

ตารางที่ ข.1 ค่าผลต่างอุณหภูมิของภาระทำความเย็น (CLTD) สำหรับการคำนวณภาระการทำความเย็นจากผนังที่ได้รับแดด Group D walls

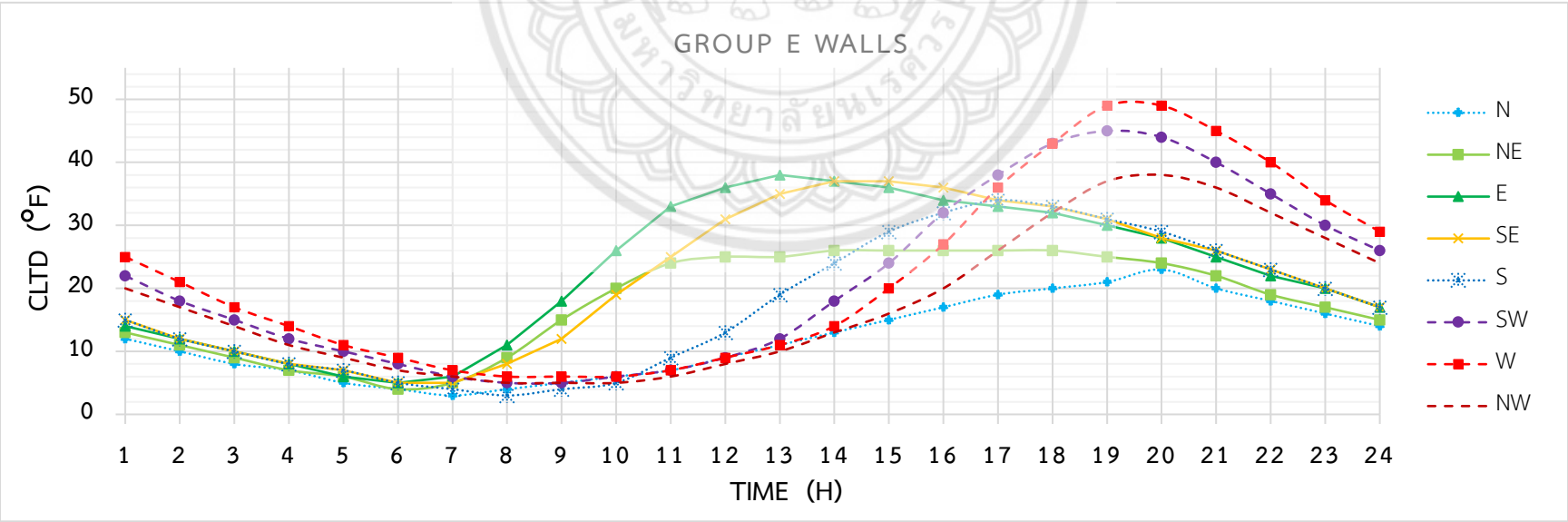
North latitude wall facing	Solar time, h																						
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Group D walls																								
N	15	13	12	10	9	7	6	6	6	6	6	7	8	10	12	13	15	17	18	19	19	19	19	16
NE	17	15	13	11	10	8	7	8	10	14	17	20	22	23	23	24	24	25	25	24	23	22	20	18
E	19	17	15	13	11	9	8	9	12	17	22	27	30	32	33	33	32	32	31	30	28	26	24	22
SE	20	17	15	13	11	10	8	8	10	13	17	22	26	29	31	32	32	32	30	28	28	26	24	22
S	19	17	15	13	11	9	8	7	6	6	7	9	12	16	20	24	27	29	29	29	27	26	24	22
SW	28	25	22	19	16	14	12	10	9	8	8	8	10	12	16	21	27	32	36	38	38	37	34	31
W	31	27	24	21	18	15	13	11	10	9	9	9	10	11	14	18	24	30	36	40	41	40	38	34
NW	25	22	19	17	14	12	10	9	8	7	7	8	9	10	12	14	18	22	27	31	32	32	30	27



ที่มา : copyright 1989. American Society of Heating, Refrigeration and Air Conditioning Engineers, Inc., www.ashrae.org

ตารางที่ ข.2 แสดงค่าผลต่างอุณหภูมิของภาระทำความเย็น (CLTD) สำหรับการคำนวณภาระการทำความเย็นจากผนังที่ได้รับแดด Group E walls

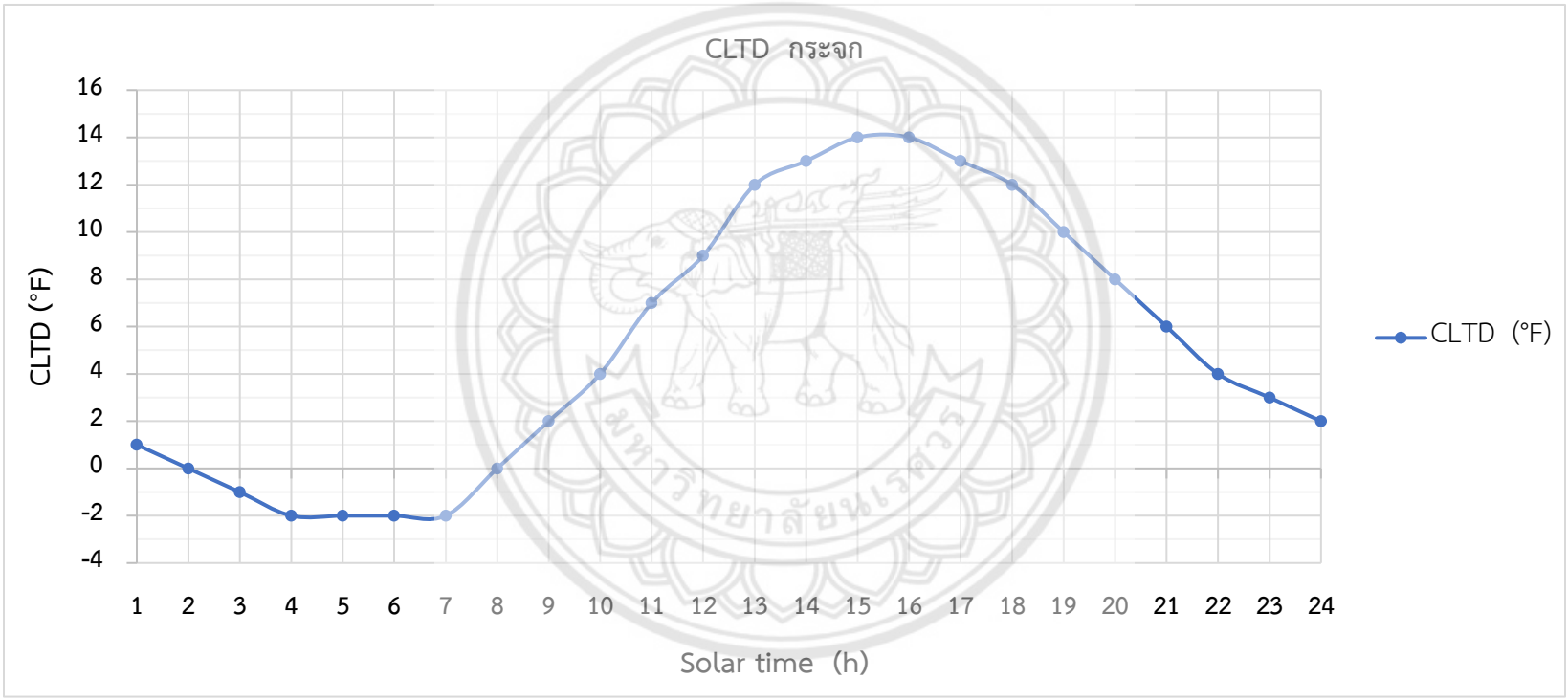
North latitude wall facing	Solar time, h																						
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Group E walls																								
N	12	10	8	7	5	4	3	4	5	6	7	9	11	13	15	17	19	20	21	23	20	18	16	14
NE	13	11	9	7	6	4	5	9	15	20	24	25	25	26	26	26	26	26	25	24	22	19	17	15
E	14	12	10	8	6	5	6	11	18	26	33	36	38	37	36	34	33	32	30	28	25	22	20	17
SE	15	12	10	8	7	5	5	8	12	19	25	31	35	37	37	36	34	33	31	28	26	23	20	17
S	15	12	10	8	7	5	4	3	4	5	9	13	19	24	29	32	34	33	31	29	26	23	20	17
SW	22	18	15	12	10	8	6	5	5	6	7	9	12	18	24	32	38	43	45	44	40	35	30	26
W	25	21	17	14	11	9	7	6	6	6	7	9	11	14	20	27	36	43	49	49	45	40	34	29
NW	20	17	14	11	9	7	6	5	5	5	6	8	10	13	16	20	26	32	37	38	36	32	28	24



ที่มา : copyright 1989. American Society of Heating, Refrigeration and Air Conditioning Engineers, Inc., www.ashrae.org

ตารางที่ ข.3 Cooling Load Temperature Differences (CLTD) for conduction through Glass

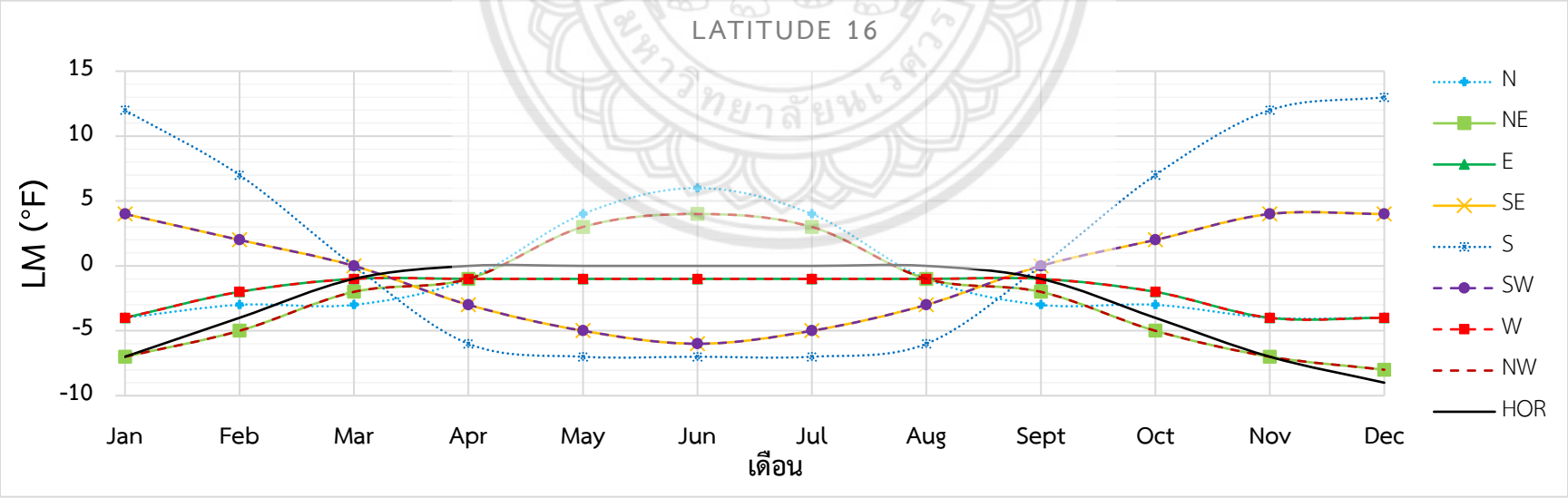
CLTD for conduction through Glass																								
Solar time, h	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
CLTD (°F)	1	0	-1	-2	-2	-2	-2	0	2	4	7	9	12	13	14	14	13	12	10	8	6	4	3	2



ที่มา : copyright 1989. American Society of Heating, Refrigeration and Air Conditioning Engineers, Inc., www.ashrae.org

ตารางที่ ข.4 ค่าปรับแก้ละติจูดและเดือน (CLTD Correction for Latitude and Month : LM)

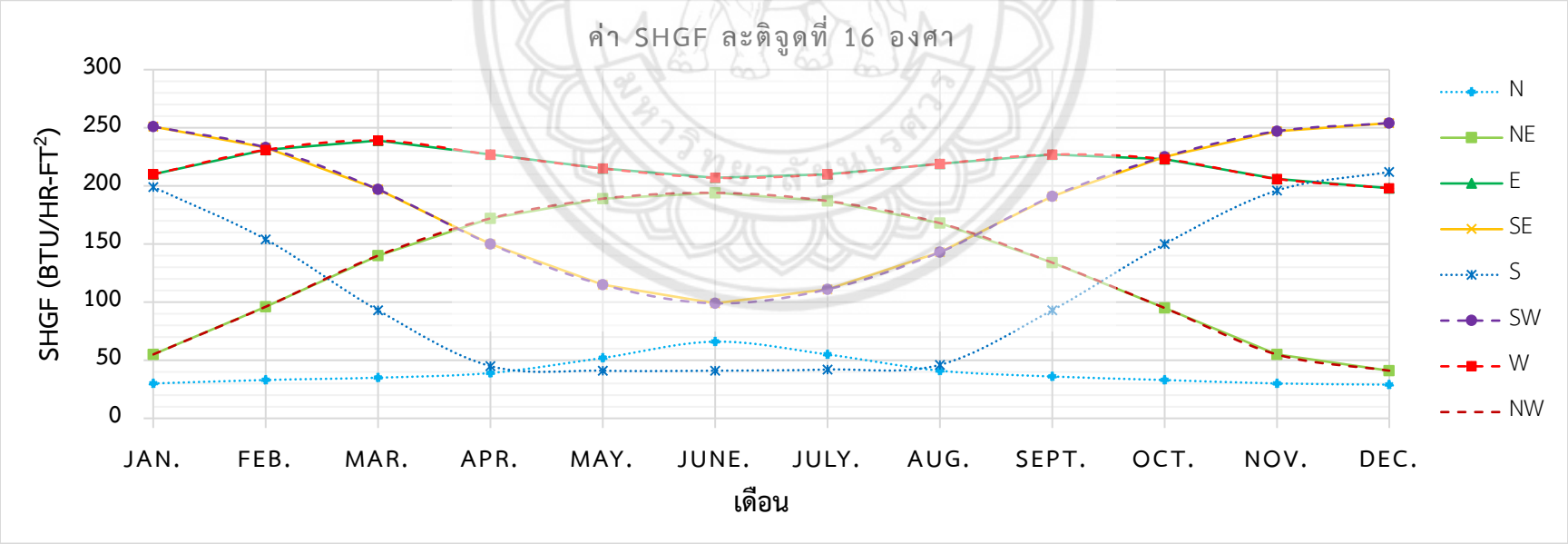
Latitude 16												
ทิศ	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sept	Oct	Nov	Dec
N	-4	-3	-3	-1	4	6	4	-1	-3	-3	-4	-4
NE	-7	-5	-2	-1	3	4	3	-1	-2	-5	-7	-8
E	-4	-2	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-2	-4	-4
SE	4	2	0	-3	-5	-6	-5	-3	0	2	4	4
S	12	7	0	-6	-7	-7	-7	-6	0	7	12	13
SW	4	2	0	-3	-5	-6	-5	-3	0	2	4	4
W	-4	-2	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-2	-4	-4
NW	-7	-5	-2	-1	3	4	3	-1	-2	-5	-7	-8
HOR	-7	-4	-1	0	0	0	0	0	-1	-4	-7	-9



ที่มา : copyright 1989. American Society of Heating, Refrigeration and Air Conditioning Engineers, Inc., www.ashrae.org

ตารางที่ ข.5 ค่าสัมประสิทธิ์ความร้อนจากรังสีดวงอาทิตย์ (Solar heat gain factor; SHGF) (Btu/hr-ft^2)

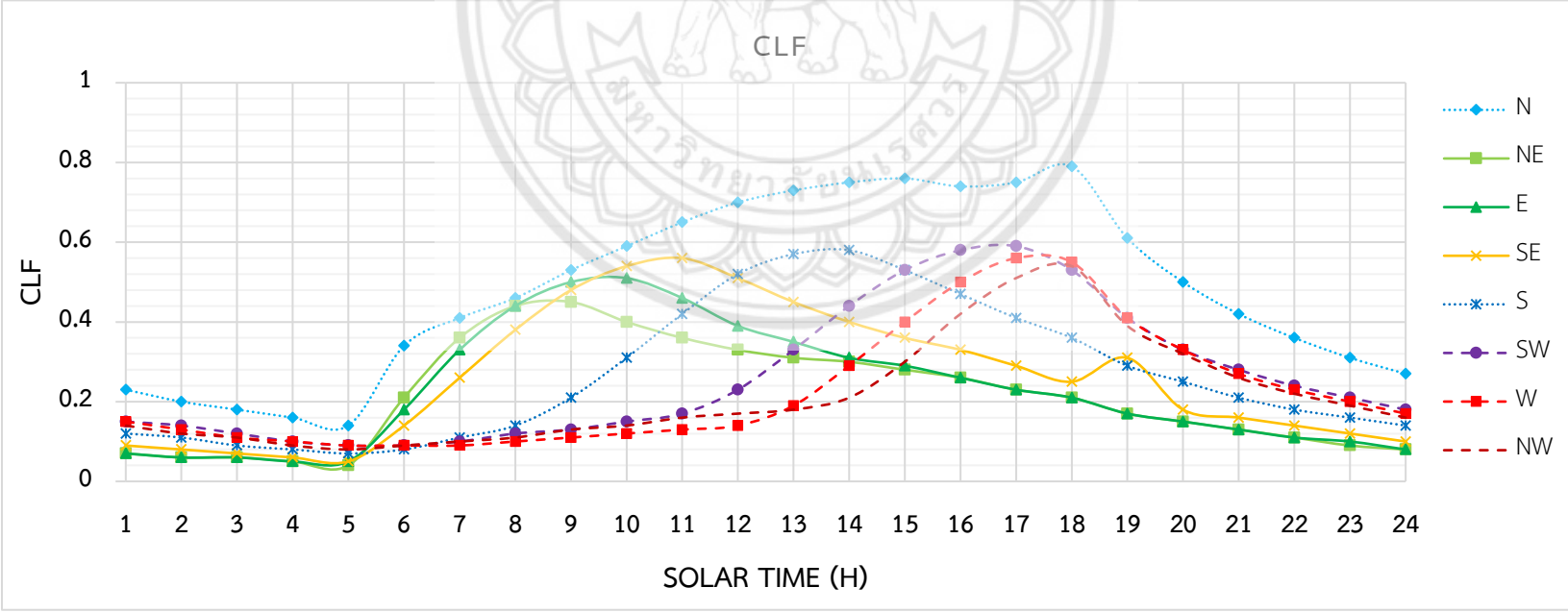
Latitude 16												
ทิศ	Jan	Feb	Mar	Apr	May	June	July	Aug	Sept	Oct	Nov	Dec
N	30	33	35	39	52	66	55	41	36	33	30	29
NE	55	96	140	172	189	194	187	168	134	95	55	41
E	210	231	239	227	215	207	210	219	227	223	206	198
SE	251	233	197	150	115	99	111	143	191	225	247	254
S	199	154	93	45	41	41	42	46	93	150	196	212
SW	251	233	197	150	115	99	111	143	191	225	247	254
W	210	231	239	227	215	207	210	219	227	223	206	198
NW	55	96	140	172	189	194	187	168	134	95	55	41



ที่มา : copyright 1989. American Society of Heating, Refrigeration and Air Conditioning Engineers, Inc., www.ashrae.org

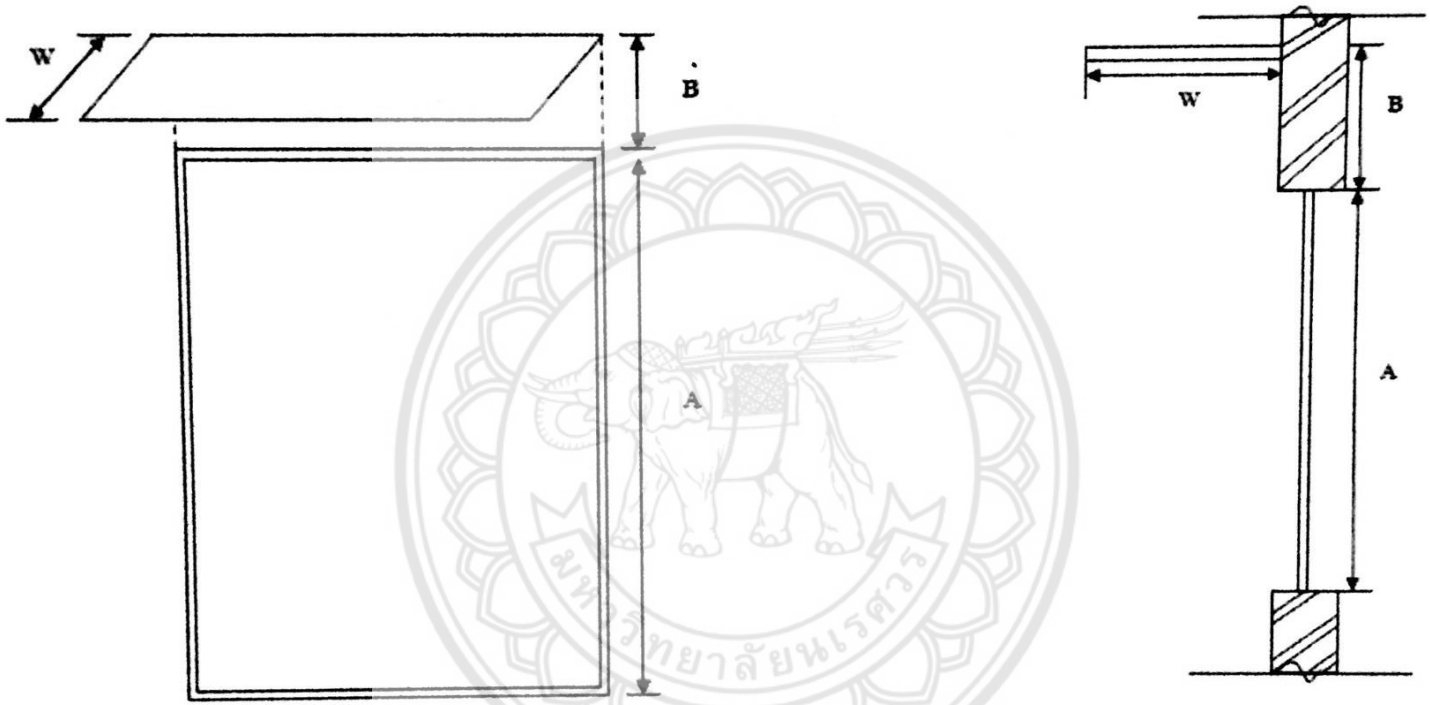
ตารางที่ ข.6 Cooling Load Factor for Glass without Interior Shading. (Room construction M)

Direction	Solar time, h																							
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
N	0.23	0.2	0.18	0.16	0.14	0.34	0.41	0.46	0.53	0.59	0.65	0.7	0.73	0.75	0.76	0.74	0.75	0.79	0.61	0.5	0.42	0.36	0.31	0.27
NE	0.07	0.06	0.06	0.05	0.04	0.21	0.36	0.44	0.45	0.4	0.36	0.33	0.31	0.3	0.28	0.26	0.23	0.21	0.17	0.15	0.13	0.11	0.09	0.08
E	0.07	0.06	0.06	0.05	0.05	0.18	0.33	0.44	0.5	0.51	0.46	0.39	0.35	0.31	0.29	0.26	0.23	0.21	0.17	0.15	0.13	0.11	0.1	0.08
SE	0.09	0.08	0.07	0.06	0.05	0.14	0.26	0.38	0.48	0.54	0.56	0.51	0.45	0.4	0.36	0.33	0.29	0.25	0.31	0.18	0.16	0.14	0.12	0.1
S	0.12	0.11	0.09	0.08	0.07	0.08	0.11	0.14	0.21	0.31	0.42	0.52	0.57	0.58	0.53	0.47	0.41	0.36	0.29	0.25	0.21	0.18	0.16	0.14
SW	0.15	0.14	0.12	0.1	0.09	0.09	0.1	0.12	0.13	0.15	0.17	0.23	0.33	0.44	0.53	0.58	0.59	0.53	0.41	0.33	0.28	0.24	0.21	0.18
W	0.15	0.13	0.11	0.1	0.09	0.09	0.09	0.1	0.11	0.12	0.13	0.14	0.19	0.29	0.4	0.5	0.56	0.55	0.41	0.33	0.27	0.23	0.2	0.17
NW	0.14	0.12	0.11	0.09	0.08	0.09	0.1	0.11	0.13	0.14	0.16	0.17	0.18	0.21	0.3	0.42	0.51	0.54	0.39	0.32	0.26	0.22	0.19	0.16



ที่มา : copyright 1989. American Society of Heating, Refrigeration and Air Conditioning Engineers, Inc., www.ashrae.org

อุปกรณ์บังแดดแบบแนวนอน (Overhang)



รูปที่ ข.1 แสดงรูปแบบการกำหนดตัวแปรของอุปกรณ์บังแดดแบบแนวนอน (Overhang)

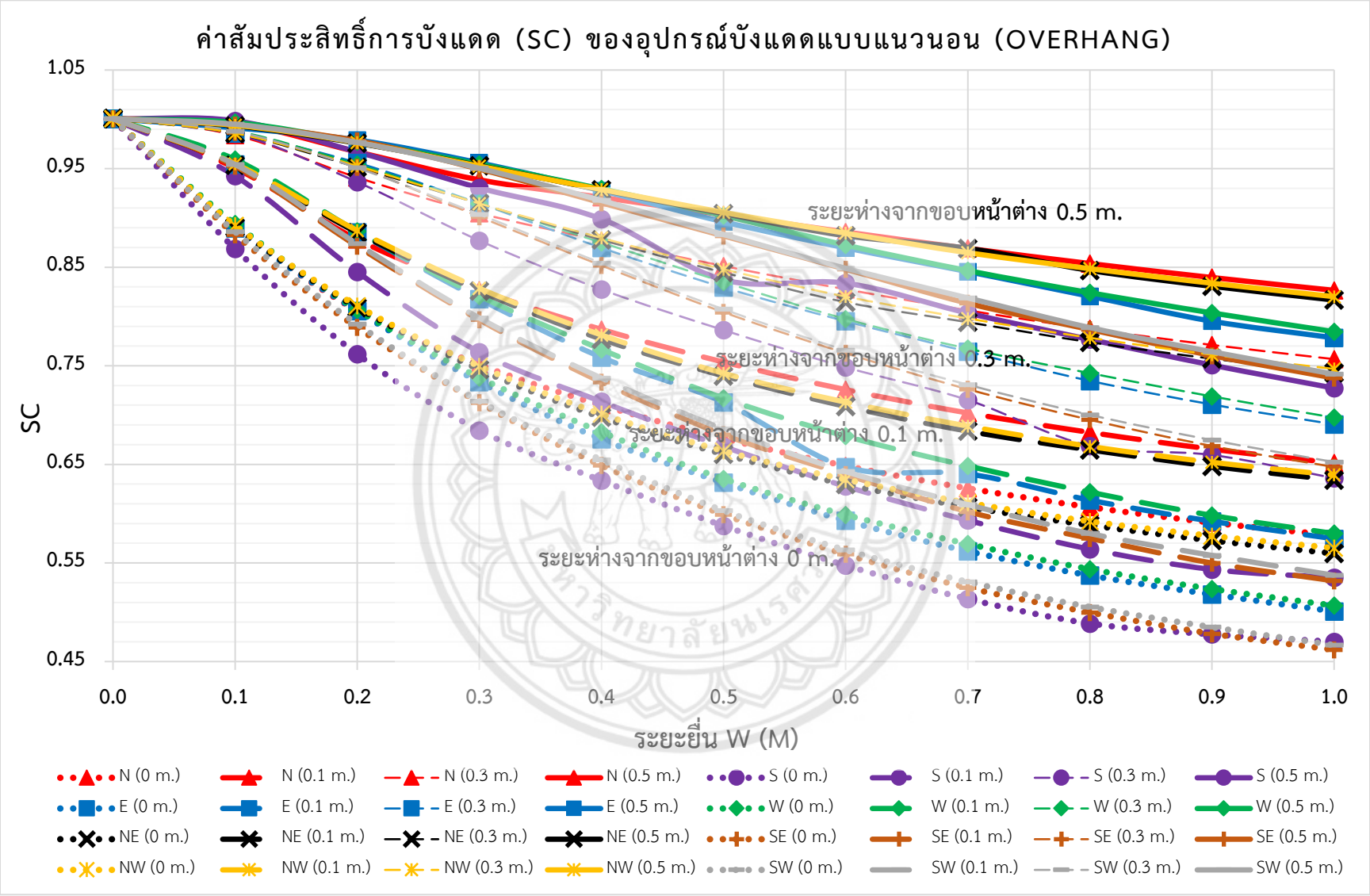
เมื่อ W คือ ระยะยื่นของอุปกรณ์บังแดด

B คือ ระยะห่างจากขอบหน้าต่าง

A คือ ความสูงของหน้าต่าง

ตารางที่ ข.7 ค่าสัมประสิทธิ์การบังแดด (SC) ของอุปกรณ์บังแดดแบบแนวนอน (Overhang)

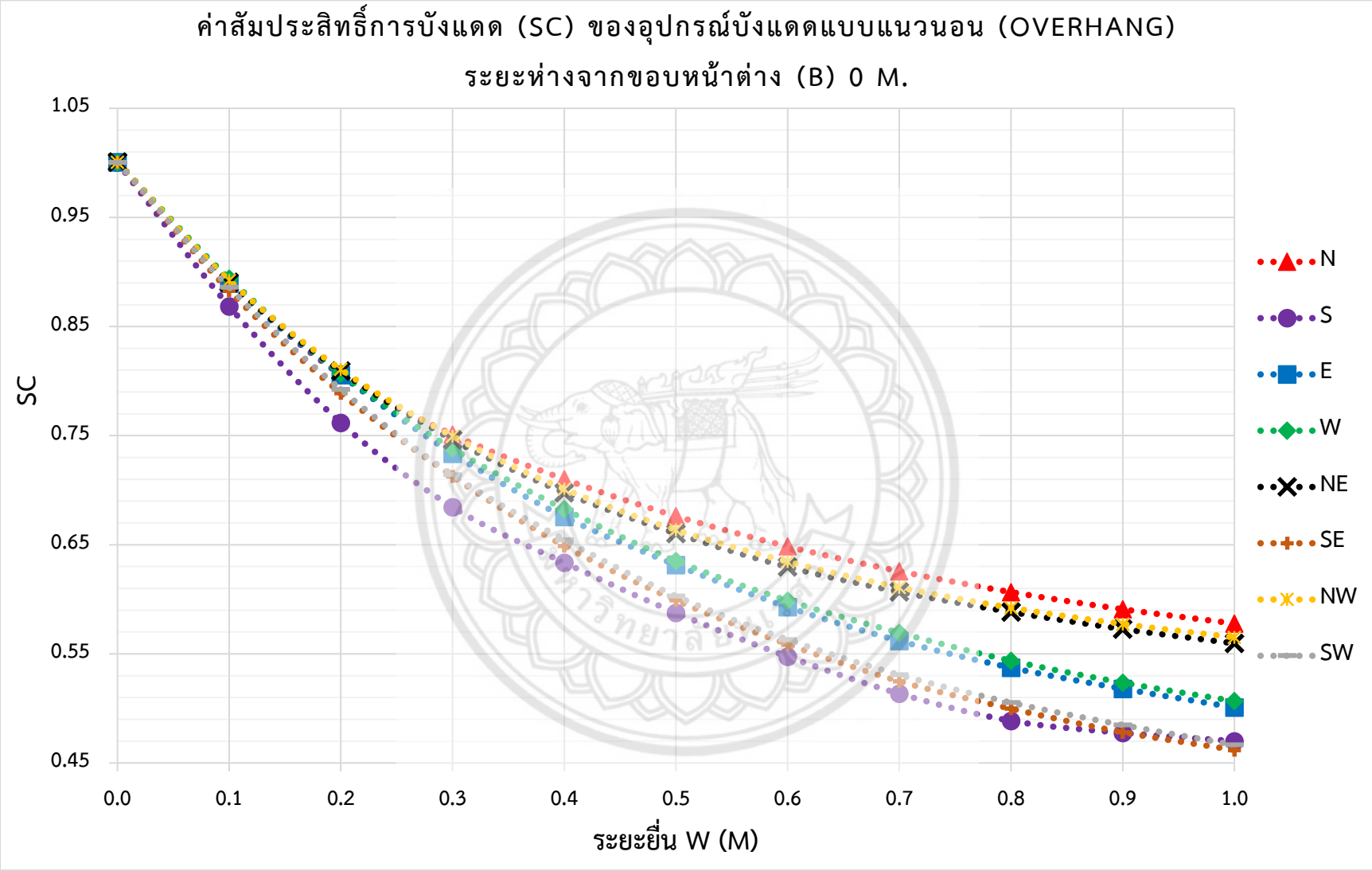
อัตราส่วน W/A	ทิศที่หน้าต่างหันสู่																							
	ทิศเหนือ						ทิศใต้						ทิศตะวันออก						ทิศตะวันตก					
	อัตราส่วน B/A																							
	0.0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5
0.0	1.0008	1.0008	1.0008	1.0008	1.0008	1.0008	1.0005	1.0005	1.0005	1.0005	1.0005	1.0005	1.0006	1.0006	1.0006	1.0006	1.0006	1.0006	1.0005	1.0005	1.0005	1.0005	1.0005	1.0005
0.1	0.8911	0.9506	0.9727	0.9840	0.9914	0.9962	0.8686	0.9425	0.9701	0.9856	0.9975	0.9985	0.8894	0.9545	0.9763	0.9857	0.9889	0.9913	0.8939	0.9592	0.9804	0.9883	0.9936	0.9968
0.2	0.8058	0.8782	0.8923	0.9410	0.9561	0.9670	0.7618	0.8452	0.9039	0.9364	0.9531	0.9669	0.8057	0.8855	0.9308	0.9559	0.9689	0.9790	0.8070	0.8863	0.9306	0.9541	0.9690	0.9773
0.3	0.7511	0.8268	0.8746	0.9048	0.9247	0.9386	0.6845	0.7638	0.8257	0.8770	0.9138	0.9304	0.7336	0.8178	0.8766	0.9146	0.9401	0.9558	0.7381	0.8208	0.8776	0.9146	0.9384	0.9544
0.4	0.7101	0.7869	0.8404	0.8771	0.9027	0.9208	0.6336	0.7136	0.7769	0.8274	0.8681	0.8989	0.6756	0.7586	0.8223	0.8697	0.9029	0.9276	0.6827	0.7666	0.8299	0.8750	0.9072	0.9294
0.5	0.6763	0.7538	0.8102	0.8512	0.8811	0.9032	0.5876	0.6680	0.7330	0.7862	0.8304	0.8372	0.6315	0.7130	0.7788	0.8295	0.8682	0.8960	0.6353	0.7171	0.7836	0.8350	0.8732	0.9023
0.6	0.6485	0.7258	0.7836	0.8276	0.8607	0.8857	0.5475	0.6277	0.6937	0.7485	0.7946	0.8338	0.5929	0.6473	0.7413	0.7952	0.8368	0.8696	0.5988	0.6786	0.7448	0.7974	0.8311	0.8724
0.7	0.6257	0.7021	0.7608	0.8062	0.8418	0.8691	0.5135	0.5932	0.6596	0.7153	0.7629	0.8034	0.5619	0.6403	0.7078	0.7643	0.8093	0.8455	0.5693	0.6484	0.7141	0.7674	0.8115	0.8465
0.8	0.6066	0.6824	0.7411	0.7875	0.8245	0.8537	0.4886	0.5640	0.6304	0.6687	0.7351	0.7767	0.5373	0.6137	0.6783	0.7347	0.7824	0.8205	0.5437	0.6218	0.6876	0.7425	0.7871	0.8241
0.9	0.5909	0.6654	0.7244	0.7711	0.8091	0.8395	0.4776	0.5434	0.6030	0.6595	0.7084	0.7507	0.5180	0.5922	0.6554	0.7107	0.7581	0.7952	0.5236	0.5982	0.6635	0.7189	0.7651	0.8036
1.0	0.5778	0.6514	0.7098	0.7567	0.7953	0.8265	0.4700	0.5350	0.5891	0.6360	0.6845	0.7273	0.5009	0.5745	0.6370	0.6906	0.7384	0.7783	0.5067	0.5798	0.6425	0.6974	0.7449	0.7846
อัตราส่วน W/A	ทิศที่หน้าต่างหันสู่																							
	ทิศตะวันออกเฉียงเหนือ						ทิศตะวันออกเฉียงใต้						ทิศตะวันตกเฉียงเหนือ						ทิศตะวันตกเฉียงใต้					
	อัตราส่วน B/A																							
	0.0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5
0.0	1.0007	1.0007	1.0007	1.0007	1.0007	1.0007	1.0005	1.0005	1.0005	1.0005	1.0005	1.0005	1.0007	1.0007	1.0007	1.0007	1.0007	1.0007	1.0005	1.0005	1.0005	1.0005	1.0005	1.0005
0.1	0.8905	0.9535	0.9756	0.9856	0.9905	0.9934	0.8829	0.9524	0.9771	0.9866	0.9916	0.9941	0.8924	0.9549	0.9969	0.9858	0.9909	0.9940	0.8859	0.9541	0.9785	0.9878	0.9925	0.9950
0.2	0.8092	0.8851	0.9281	0.9514	0.9662	0.9759	0.7889	0.8713	0.9226	0.9515	0.9677	0.9783	0.8107	0.8872	0.9721	0.9527	0.9672	0.9764	0.7923	0.8737	0.9230	0.9507	0.9674	0.9766
0.3	0.7463	0.8258	0.8798	0.9145	0.9373	0.9529	0.7126	0.7966	0.8552	0.9011	0.9294	0.9495	0.7495	0.8286	0.9260	0.9146	0.9377	0.9525	0.7141	0.7985	0.8606	0.9035	0.9316	0.9503
0.4	0.6978	0.7770	0.8359	0.8778	0.9075	0.9284	0.6489	0.7334	0.8001	0.8517	0.8890	0.9153	0.7011	0.7812	0.8776	0.8797	0.9089	0.9288	0.6546	0.7375	0.8036	0.8541	0.8908	0.9177
0.5	0.6604	0.7397	0.7994	0.8446	0.8783	0.9044	0.5991	0.6802	0.7480	0.8043	0.8483	0.8817	0.6636	0.7424	0.8351	0.8479	0.8812	0.9056	0.6030	0.6859	0.7536	0.8073	0.8499	0.8831
0.6	0.6297	0.7088	0.7698	0.8145	0.8543	0.8819	0.5588	0.6396	0.7072	0.7628	0.8089	0.8480	0.6346	0.7131	0.7973	0.8202	0.8563	0.8845	0.5631	0.6427	0.7091	0.7657	0.8122	0.8489
0.7	0.6069	0.6837	0.7452	0.7942	0.8335	0.8691	0.5249	0.6020	0.6690	0.7262	0.7753	0.8134	0.6110	0.6888	0.7657	0.7980	0.8356	0.8647	0.5308	0.6091	0.6476	0.7308	0.7772	0.8188
0.8	0.5884	0.6647	0.7249	0.7739	0.8144	0.8467	0.4998	0.5749	0.6391	0.6952	0.7449	0.7868	0.5922	0.6682	0.7405	0.7784	0.8177	0.8485	0.5053	0.5798	0.6442	0.7002	0.7478	0.7887
0.9	0.5728	0.6480	0.7085	0.7572	0.7973	0.8306	0.4782	0.5499	0.6135	0.6686	0.7168	0.7603	0.5774	0.6521	0.7190	0.7612	0.8015	0.8337	0.4848	0.5576	0.6204	0.6746	0.7240	0.7642
1.0	0.5596	0.6341	0.6941	0.7430	0.7836	0.8167	0.4619	0.5318	0.5921	0.6473	0.6947	0.7375	0.5651	0.6391	0.7009	0.7468	0.7871	0.8201	0.4666	0.5375	0.5992	0.6523	0.6998	0.7415



รูปที่ ข.2 ค่าสัมประสิทธิ์การบังแดด (SC) ของอุปกรณ์บังแดดแบบแนวนอน (Overhang)

ตารางที่ ข.8 ค่าสัมประสิทธิ์การบังแดด (SC) ของอุปกรณ์บังแดดแบบแนวนอน (Overhang) ระยะห่างจากขอบหน้าต่าง 0 m.

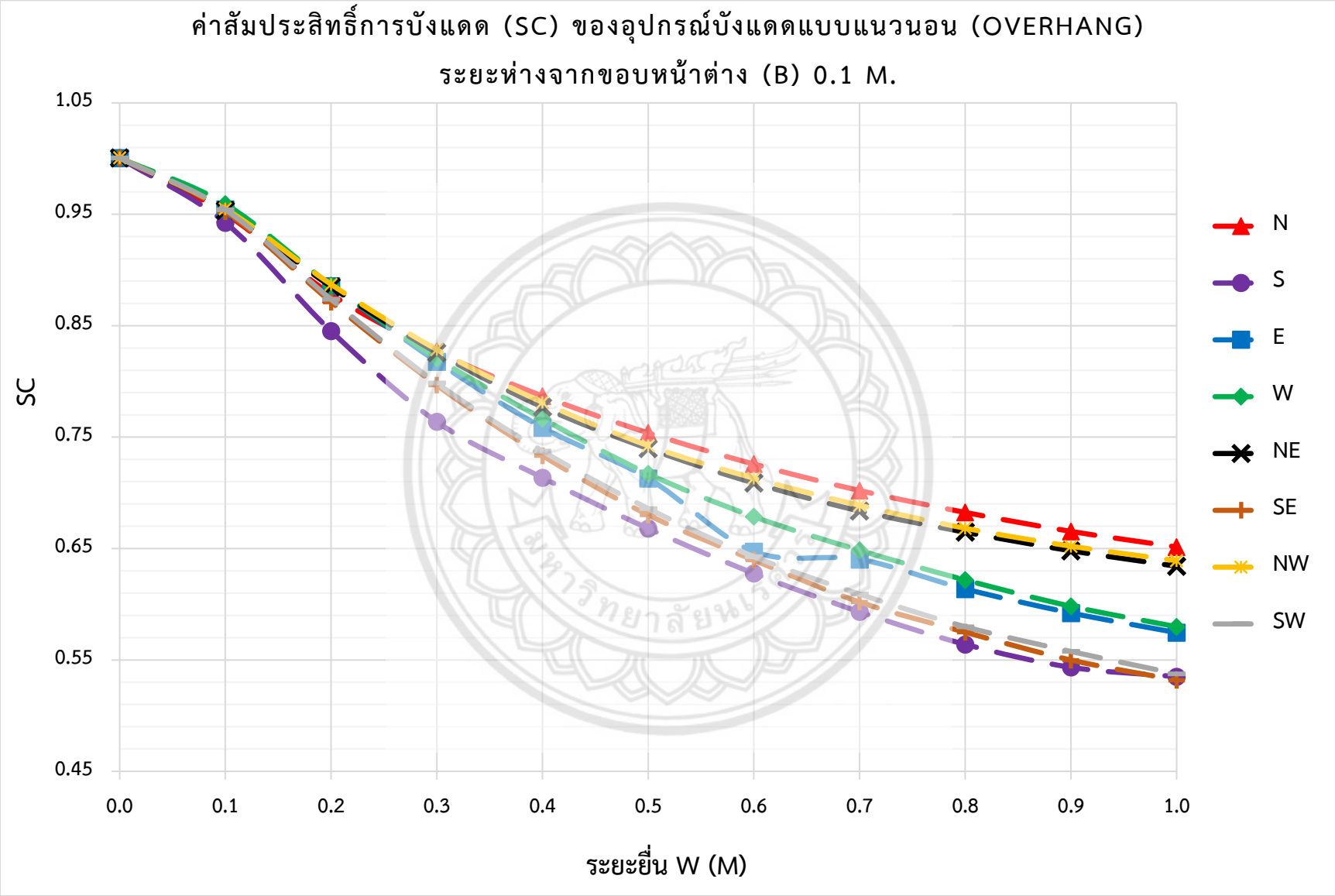
อัตราส่วน W/A	ทิศที่หน้าต่างหันสู่							
	ทิศเหนือ	ทิศใต้	ทิศตะวันออก	ทิศตะวันตก	ทิศตะวันออกเฉียงเหนือ	ทิศตะวันออกเฉียงใต้	ทิศตะวันตกเฉียงเหนือ	ทิศตะวันตกเฉียงใต้
	อัตราส่วน B/A							
	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	1.0008	1.0005	1.0006	1.0005	1.0007	1.0005	1.0007	1.0005
0.1	0.8911	0.8686	0.8894	0.8939	0.8905	0.8829	0.8924	0.8859
0.2	0.8058	0.7618	0.8057	0.8070	0.8092	0.7889	0.8107	0.7923
0.3	0.7511	0.6845	0.7336	0.7381	0.7463	0.7126	0.7495	0.7141
0.4	0.7101	0.6336	0.6756	0.6827	0.6978	0.6489	0.7011	0.6546
0.5	0.6763	0.5876	0.6315	0.6353	0.6604	0.5991	0.6636	0.6030
0.6	0.6485	0.5475	0.5929	0.5988	0.6297	0.5588	0.6346	0.5631
0.7	0.6257	0.5135	0.5619	0.5693	0.6069	0.5249	0.6110	0.5308
0.8	0.6066	0.4886	0.5373	0.5437	0.5884	0.4998	0.5922	0.5053
0.9	0.5909	0.4776	0.5180	0.5236	0.5728	0.4782	0.5774	0.4848
1.0	0.5778	0.4700	0.5009	0.5067	0.5596	0.4619	0.5651	0.4666



รูปที่ ข.3 ค่าสัมประสิทธิ์การบังแดด (SC) ของอุปกรณ์บังแดดแบบแนวนอน (Overhang) ระยะห่างจากขอบหน้าต่าง (B) 0 m.

ตารางที่ ข.9 ค่าสัมประสิทธิ์การบังแดด (SC) ของอุปกรณ์บังแดดแบบแนวนอน (Overhang) ระยะห่างจากขอบหน้าต่าง 0.1 m.

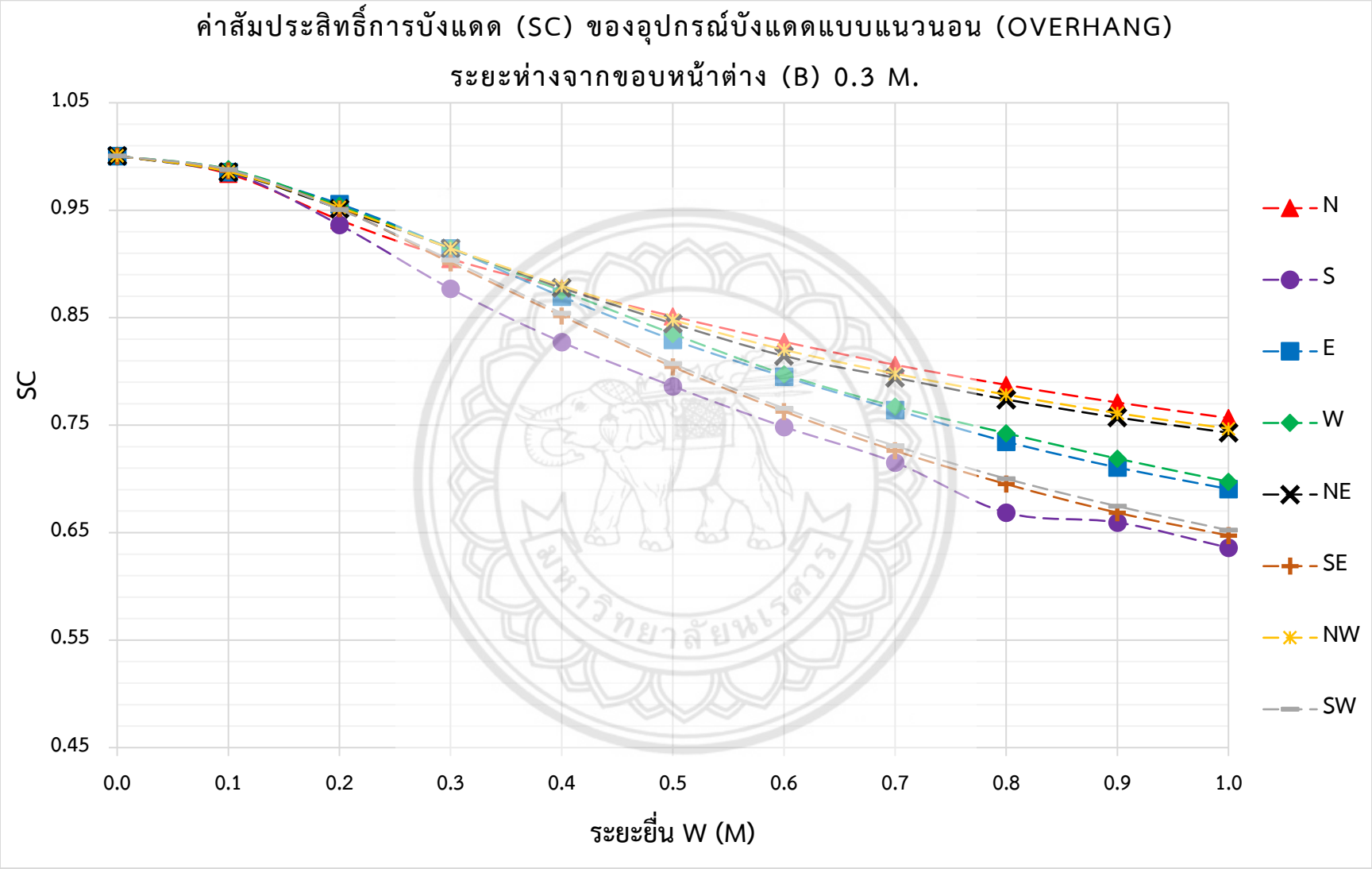
อัตราส่วน W/A	ทิศที่หน้าต่างหันสู่							
	ทิศเหนือ	ทิศใต้	ทิศตะวันออก	ทิศตะวันตก	ทิศตะวันออกเฉียงเหนือ	ทิศตะวันออกเฉียงใต้	ทิศตะวันตกเฉียงเหนือ	ทิศตะวันตกเฉียงใต้
	อัตราส่วน B/A							
	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
0.0	1.0008	1.0005	1.0006	1.0005	1.0007	1.0005	1.0007	1.0005
0.1	0.9506	0.9425	0.9545	0.9592	0.9535	0.9524	0.9549	0.9541
0.2	0.8782	0.8452	0.8855	0.8863	0.8851	0.8713	0.8872	0.8737
0.3	0.8268	0.7638	0.8178	0.8208	0.8258	0.7966	0.8286	0.7985
0.4	0.7869	0.7136	0.7586	0.7666	0.7770	0.7334	0.7812	0.7375
0.5	0.7538	0.6680	0.7130	0.7171	0.7397	0.6802	0.7424	0.6859
0.6	0.7258	0.6277	0.6473	0.6786	0.7088	0.6396	0.7131	0.6427
0.7	0.7021	0.5932	0.6403	0.6484	0.6837	0.6020	0.6888	0.6091
0.8	0.6824	0.5640	0.6137	0.6218	0.6647	0.5749	0.6682	0.5798
0.9	0.6654	0.5434	0.5922	0.5982	0.6480	0.5499	0.6521	0.5576
1.0	0.6514	0.5350	0.5745	0.5798	0.6341	0.5318	0.6391	0.5375



รูปที่ ข.4 ค่าสัมประสิทธิ์การบังแดด (SC) ของอุปกรณ์บังแดดแบบแนวนอน (Overhang) ระยะห่างจากขอบหน้าต่าง (B) 0.1 m.

ตารางที่ ข.10 ค่าสัมประสิทธิ์การบังแดด (SC) ของอุปกรณ์บังแดดแบบแนวนอน (Overhang) ระยะห่างจากขอบหน้าต่าง 0.3 m.

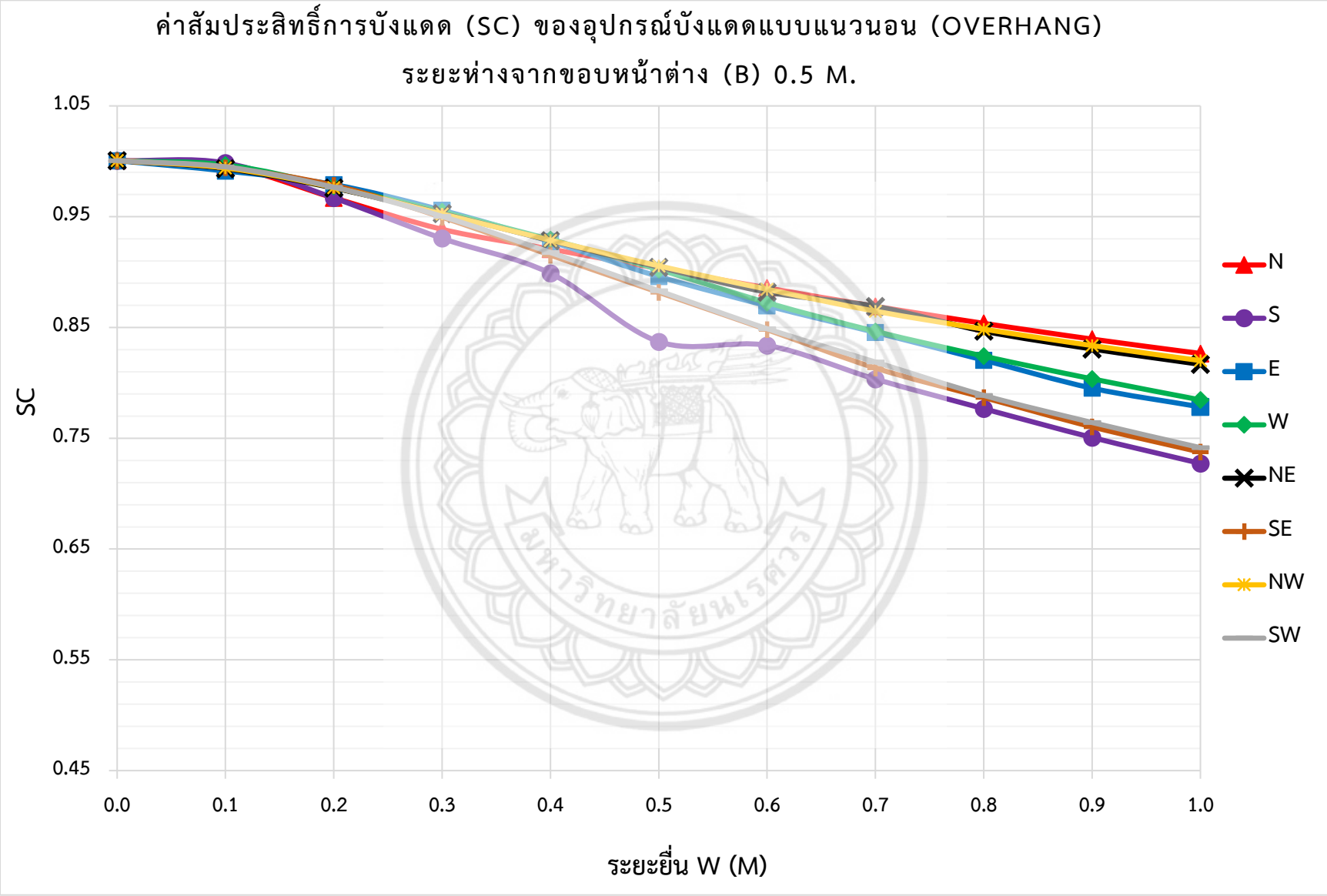
อัตราส่วน W/A	ทิศที่หน้าต่างหันสู่							
	ทิศเหนือ	ทิศใต้	ทิศตะวันออก	ทิศตะวันตก	ทิศตะวันออกเฉียงเหนือ	ทิศตะวันออกเฉียงใต้	ทิศตะวันตกเฉียงเหนือ	ทิศตะวันตกเฉียงใต้
	อัตราส่วน B/A							
	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3
0.0	1.0008	1.0005	1.0006	1.0005	1.0007	1.0005	1.0007	1.0005
0.1	0.9840	0.9856	0.9857	0.9883	0.9856	0.9866	0.9858	0.9878
0.2	0.9410	0.9364	0.9559	0.9541	0.9514	0.9515	0.9527	0.9507
0.3	0.9048	0.8770	0.9146	0.9146	0.9145	0.9011	0.9146	0.9035
0.4	0.8771	0.8274	0.8697	0.8750	0.8778	0.8517	0.8797	0.8541
0.5	0.8512	0.7862	0.8295	0.8350	0.8446	0.8043	0.8479	0.8073
0.6	0.8276	0.7485	0.7952	0.7974	0.8145	0.7628	0.8202	0.7657
0.7	0.8062	0.7153	0.7643	0.7674	0.7942	0.7262	0.7980	0.7308
0.8	0.7875	0.6687	0.7347	0.7425	0.7739	0.6952	0.7784	0.7002
0.9	0.7711	0.6595	0.7107	0.7189	0.7572	0.6686	0.7612	0.6746
1.0	0.7567	0.6360	0.6906	0.6974	0.7430	0.6473	0.7468	0.6523



รูปที่ ข.5 ค่าสัมประสิทธิ์การบังแดด (SC) ของอุปกรณ์บังแดดแบบแนวนอน (Overhang) ระยะห่างจากขอบหน้าต่าง (B) 0.3 m.

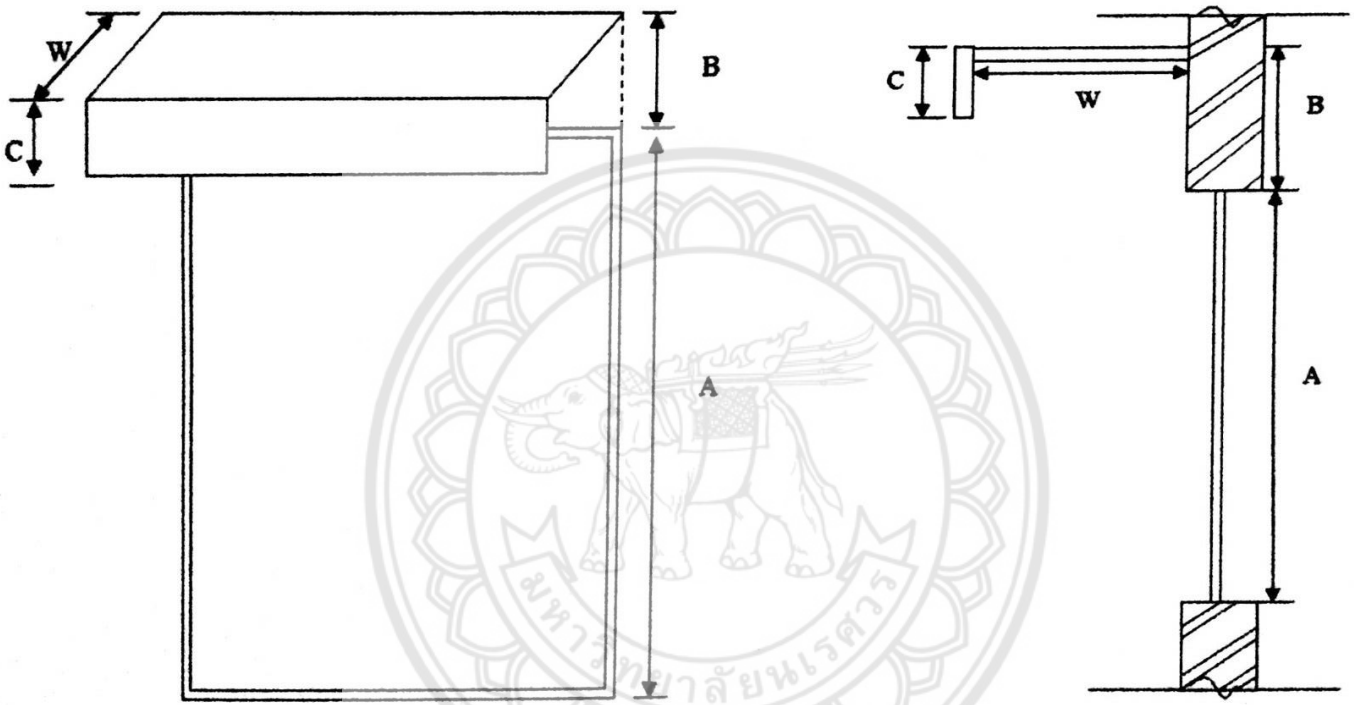
ตารางที่ ข.11 ค่าสัมประสิทธิ์การบังแดด (SC) ของอุปกรณ์บังแดดแบบแนวนอน (Overhang) ระยะห่างจากขอบหน้าต่าง 0.5 m.

อัตราส่วน W/A	ทิศที่หน้าต่างหันสู่							
	ทิศเหนือ	ทิศใต้	ทิศตะวันออก	ทิศตะวันตก	ทิศตะวันออกเฉียงเหนือ	ทิศตะวันออกเฉียงใต้	ทิศตะวันตกเฉียงเหนือ	ทิศตะวันตกเฉียงใต้
	อัตราส่วน B/A							
	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
0.0	1.0008	1.0005	1.0006	1.0005	1.0007	1.0005	1.0007	1.0005
0.1	0.9962	0.9985	0.9913	0.9968	0.9934	0.9941	0.9940	0.9950
0.2	0.9670	0.9669	0.9790	0.9773	0.9759	0.9783	0.9764	0.9766
0.3	0.9386	0.9304	0.9558	0.9544	0.9529	0.9495	0.9525	0.9503
0.4	0.9208	0.8989	0.9276	0.9294	0.9284	0.9153	0.9288	0.9177
0.5	0.9032	0.8372	0.8960	0.9023	0.9044	0.8817	0.9056	0.8831
0.6	0.8857	0.8338	0.8696	0.8724	0.8819	0.8480	0.8845	0.8489
0.7	0.8691	0.8034	0.8455	0.8465	0.8691	0.8134	0.8647	0.8188
0.8	0.8537	0.7767	0.8205	0.8241	0.8467	0.7868	0.8485	0.7887
0.9	0.8395	0.7507	0.7952	0.8036	0.8306	0.7603	0.8337	0.7642
1.0	0.8265	0.7273	0.7783	0.7846	0.8167	0.7375	0.8201	0.7415



รูปที่ ข.6 ค่าสัมประสิทธิ์การบังแดด (SC) ของอุปกรณ์บังแดดแบบแนวนอน (Overhang) ระยะห่างจากขอบหน้าต่าง (B) 0.5 m.

อุปกรณ์บังแดดแบบแนวนอนผสมแบบหักมุมด้านหน้า



รูปที่ ข.7 แสดงรูปแบบการกำหนดตัวแปรของอุปกรณ์บังแดดแบบแนวนอนผสมแบบหักมุมด้านหน้า

เมื่อ W คือ ระยะยื่นของอุปกรณ์บังแดด

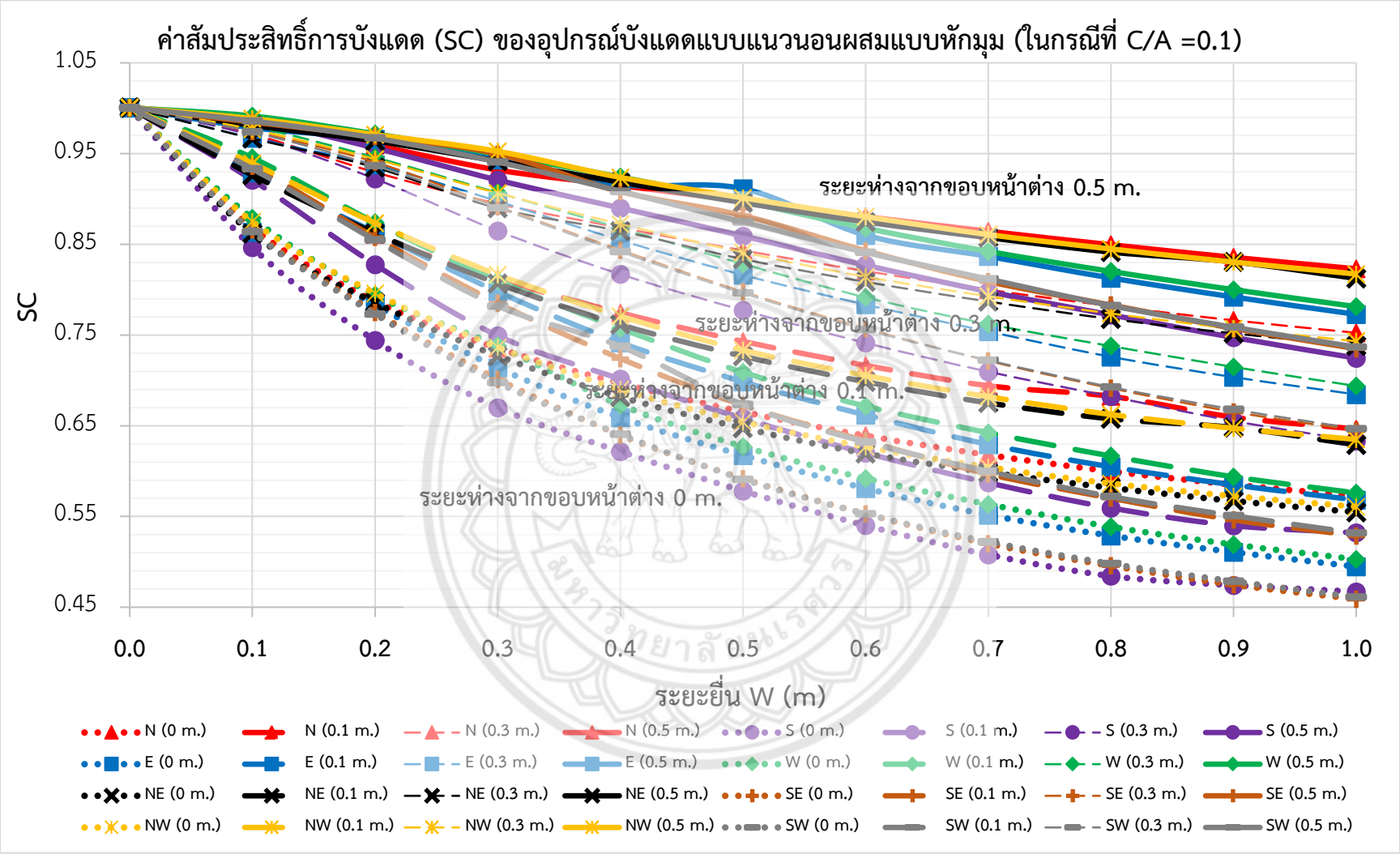
B คือ ระยะห่างจากขอบหน้าต่าง

A คือ ความสูงของหน้าต่าง

C คือ ระยะหักมุมด้านหน้า

ตารางที่ ข.12 ค่าสัมประสิทธิ์การบังแดด (SC) ของอุปกรณ์บังแดดแบบแนวนอนผสมแบบหักมุม (ในกรณีที่ C/A =0.1)

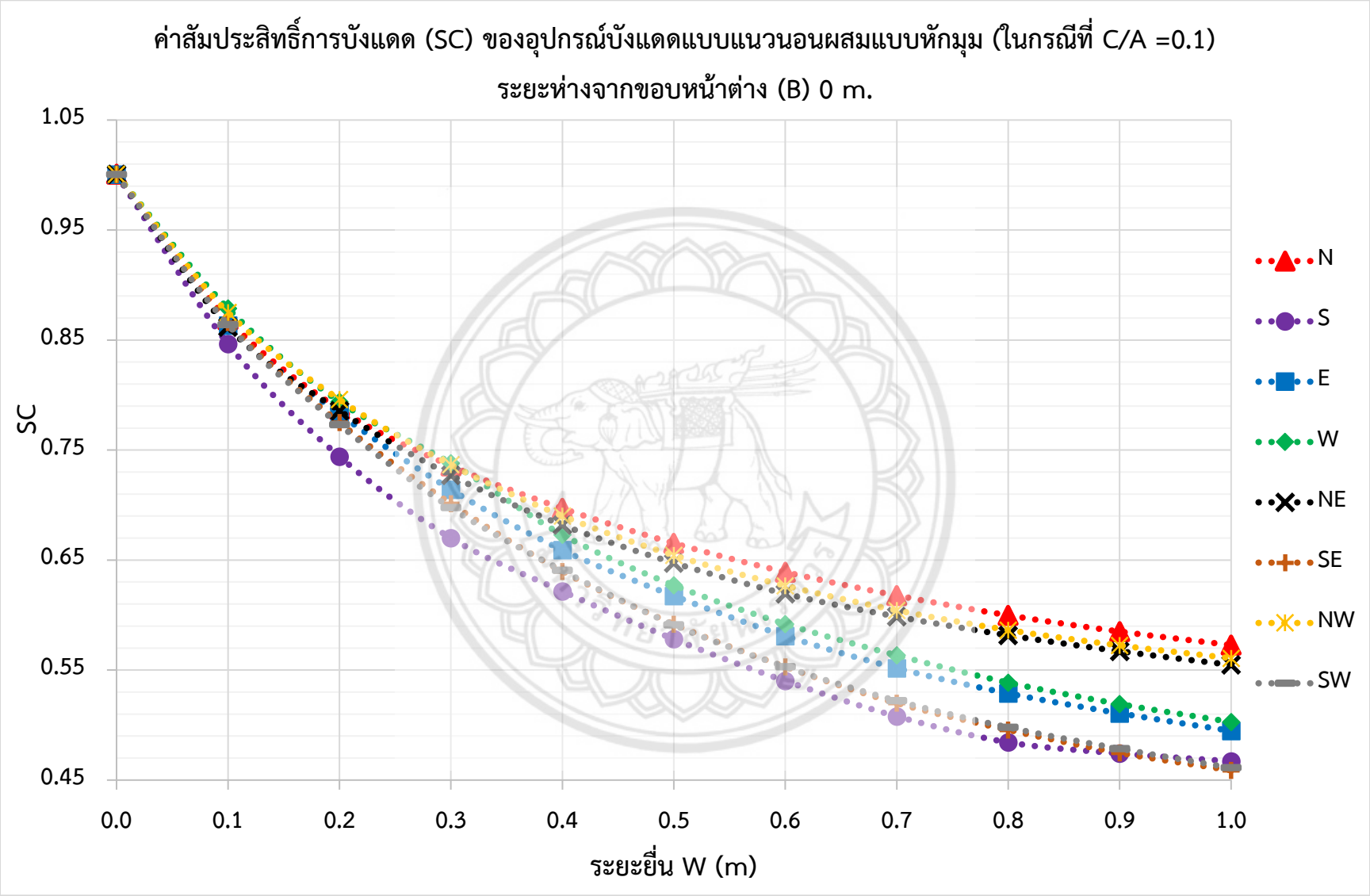
อัตราส่วน W/A	ทิศที่หน้าต่างหันสู่																							
	ทิศเหนือ						ทิศใต้						ทิศตะวันออก						ทิศตะวันตก					
	อัตราส่วน B/A																							
	0.0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5
0.0	1.0008	1.0008	1.0008	1.0008	1.0008	1.0008	1.0005	1.0005	1.0005	1.0005	1.0005	1.0005	1.0006	1.0006	1.0006	1.0006	1.0006	1.0006	1.0005	1.0005	1.0005	1.0005	1.0005	1.0005
0.1	0.8686	0.9301	0.9565	0.9713	0.9811	0.9881	0.8465	0.9209	0.9514	0.9699	0.9837	0.9868	0.8633	0.9290	0.9542	0.9670	0.9732	0.9785	0.8788	0.9453	0.9695	0.9798	0.9867	0.9914
0.2	0.7871	0.8609	0.9032	0.9294	0.9465	0.9593	0.7441	0.8276	0.8878	0.9222	0.9406	0.9561	0.7830	0.8629	0.9101	0.9376	0.9533	0.9660	0.7939	0.8740	0.9203	0.9458	0.9622	0.9718
0.3	0.7356	0.8122	0.8624	0.8948	0.9163	0.9319	0.6700	0.7493	0.8123	0.8648	0.9027	0.9208	0.7140	0.7978	0.8578	0.8975	0.9249	0.9431	0.7381	0.8100	0.8683	0.9068	0.9318	0.9490
0.4	0.6970	0.7745	0.8297	0.8683	0.8951	0.9148	0.6216	0.7015	0.7655	0.8170	0.8582	0.8900	0.6591	0.7417	0.8059	0.8545	0.8892	0.9159	0.6730	0.7573	0.8216	0.8679	0.9009	0.9242
0.5	0.6653	0.7430	0.8009	0.8433	0.8742	0.8976	0.5781	0.6581	0.7237	0.7773	0.8218	0.8592	0.6174	0.6984	0.7646	0.8162	0.8586	0.9113	0.6271	0.7090	0.7763	0.8284	0.8674	0.8973
0.6	0.6391	0.7165	0.7756	0.8205	0.8544	0.8805	0.5401	0.6200	0.6862	0.7413	0.7876	0.8270	0.5810	0.6618	0.7290	0.7835	0.8260	0.8600	0.5919	0.6716	0.7384	0.7915	0.8338	0.8678
0.7	0.6178	0.6941	0.7538	0.7999	0.8362	0.8644	0.5079	0.5872	0.6596	0.7096	0.7572	0.7979	0.5517	0.6294	0.6971	0.7539	0.7996	0.8367	0.5634	0.6423	0.7085	0.7621	0.8066	0.8422
0.8	0.5998	0.6824	0.7350	0.7820	0.8195	0.8495	0.4843	0.5594	0.6258	0.6822	0.7305	0.7722	0.5288	0.6047	0.6695	0.7260	0.7740	0.8129	0.5386	0.6166	0.6828	0.7378	0.7827	0.8201
0.9	0.5850	0.6595	0.7190	0.7662	0.8046	0.8356	0.4742	0.5399	0.5997	0.6552	0.7050	0.7473	0.5107	0.5848	0.6482	0.7036	0.7511	0.7919	0.5191	0.5937	0.6592	0.7148	0.7651	0.8000
1.0	0.5727	0.6464	0.7051	0.7524	0.7914	0.8230	0.4671	0.5320	0.5864	0.6334	0.6818	0.7245	0.4947	0.5682	0.6308	0.6845	0.7324	0.7728	0.5028	0.5759	0.6387	0.6938	0.7415	0.7813
อัตราส่วน W/A	ทิศตะวันออกเฉียงเหนือ						ทิศตะวันออกเฉียงใต้						ทิศตะวันตกเฉียงเหนือ						ทิศตะวันตกเฉียงใต้					
	อัตราส่วน B/A																							
	0.0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5
0.0	1.0007	1.0007	1.0007	1.0007	1.0007	1.0007	1.0005	1.0005	1.0005	1.0005	1.0005	1.0005	1.0007	1.0007	1.0007	1.0007	1.0007	1.0007	1.0005	1.0005	1.0005	1.0005	1.0005	1.0005
0.1	0.8618	0.9262	0.9525	0.9666	0.9748	0.9809	0.8659	0.9360	0.9629	0.9743	0.9806	0.9846	0.8750	0.9392	0.9651	0.9767	0.9838	0.9885	0.8639	0.9332	0.9610	0.9737	0.9809	0.9859
0.2	0.7857	0.8622	0.9077	0.9348	0.9514	0.9639	0.7750	0.8577	0.9103	0.9406	0.9088	0.9690	0.7959	0.8734	0.9181	0.9439	0.9602	0.9709	0.7730	0.8547	0.9062	0.9366	0.9556	0.9671
0.3	0.7270	0.8069	0.8627	0.8897	0.9237	0.9417	0.7013	0.7852	0.8478	0.8916	0.9202	0.9495	0.7366	0.8165	0.8705	0.9064	0.9309	0.9525	0.6975	0.7819	0.8453	0.8902	0.9200	0.9407
0.4	0.6819	0.7614	0.8216	0.8647	0.8956	0.9185	0.6397	0.7241	0.7921	0.8437	0.8812	0.9080	0.6901	0.7708	0.8305	0.8723	0.9019	0.9237	0.6405	0.7375	0.7899	0.8418	0.8799	0.9085
0.5	0.6474	0.7266	0.7875	0.8337	0.8683	0.8959	0.5917	0.6726	0.7409	0.7977	0.8418	0.8817	0.6543	0.7333	0.7951	0.8412	0.8754	0.9012	0.5910	0.6734	0.7416	0.7962	0.8400	0.8745
0.6	0.6194	0.6984	0.7603	0.8086	0.8460	0.8747	0.5529	0.6334	0.7014	0.7572	0.8035	0.8429	0.6267	0.7053	0.7666	0.8142	0.8510	0.8804	0.5529	0.6320	0.6987	0.7559	0.8032	0.8410
0.7	0.5986	0.6752	0.7452	0.7869	0.8267	0.8574	0.5199	0.5968	0.6642	0.7216	0.7708	0.8090	0.6043	0.6820	0.7498	0.7927	0.8309	0.8607	0.5221	0.5998	0.6655	0.7221	0.7692	0.8117
0.8	0.5816	0.6576	0.7184	0.7677	0.8085	0.8414	0.4956	0.5702	0.6351	0.6914	0.7412	0.7831	0.5864	0.6624	0.7241	0.7737	0.8135	0.8449	0.4979	0.5719	0.6365	0.6926	0.7476	0.7824
0.9	0.5671	0.6480	0.7028	0.7518	0.7921	0.8306	0.4747	0.5462	0.6101	0.6653	0.7136	0.7573	0.5724	0.6472	0.7276	0.7571	0.7978	0.8304	0.4785	0.5508	0.6137	0.6680	0.7177	0.7585
1.0	0.5547	0.6290	0.6891	0.7381	0.7789	0.8124	0.4589	0.5287	0.5893	0.6446	0.6921	0.7349	0.5608	0.6349	0.6946	0.7432	0.7837	0.8172	0.4612	0.5317	0.5935	0.6466	0.6945	0.7366



รูปที่ ข.8 ค่าสัมประสิทธิ์การบังแดด (SC) ของอุปกรณ์บังแดดแบบแนวนอนผสมแบบหักมุม (ในกรณีที่ C/A =0.1)

ตารางที่ ข.13 ค่าสัมประสิทธิ์การบังแดด (SC) ของอุปกรณ์บังแดดแบบแนวนอนผสมแบบหักมุม (ในกรณีที่ C/A =0.1) ระยะห่างจากขอบหน้าต่าง 0 m.

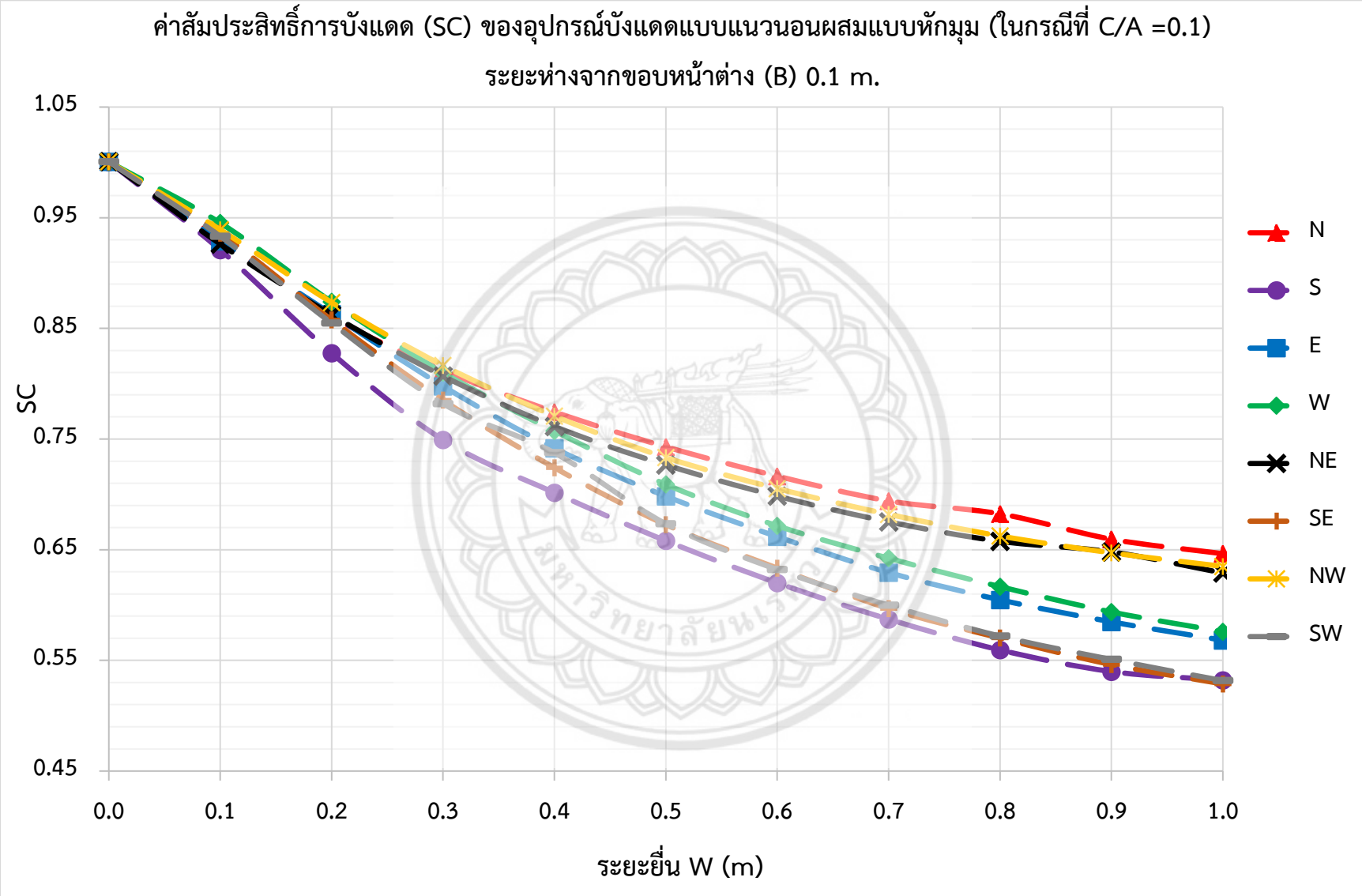
อัตราส่วน W/A	ทิศที่หน้าต่างหันสู่							
	ทิศเหนือ	ทิศใต้	ทิศตะวันออก	ทิศตะวันตก	ทิศตะวันออกเฉียงเหนือ	ทิศตะวันออกเฉียงใต้	ทิศตะวันตกเฉียงเหนือ	ทิศตะวันตกเฉียงใต้
	อัตราส่วน B/A							
	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	1.0008	1.0005	1.0006	1.0005	1.0007	1.0005	1.0007	1.0005
0.1	0.8686	0.8465	0.8633	0.8788	0.8618	0.8659	0.8750	0.8639
0.2	0.7871	0.7441	0.7830	0.7939	0.7857	0.7750	0.7959	0.7730
0.3	0.7356	0.6700	0.7140	0.7381	0.7270	0.7013	0.7366	0.6975
0.4	0.6970	0.6216	0.6591	0.6730	0.6819	0.6397	0.6901	0.6405
0.5	0.6653	0.5781	0.6174	0.6271	0.6474	0.5917	0.6543	0.5910
0.6	0.6391	0.5401	0.5810	0.5919	0.6194	0.5529	0.6267	0.5529
0.7	0.6178	0.5079	0.5517	0.5634	0.5986	0.5199	0.6043	0.5221
0.8	0.5998	0.4843	0.5288	0.5386	0.5816	0.4956	0.5864	0.4979
0.9	0.5850	0.4742	0.5107	0.5191	0.5671	0.4747	0.5724	0.4785
1.0	0.5727	0.4671	0.4947	0.5028	0.5547	0.4589	0.5608	0.4612



รูปที่ ข.9 ค่าสัมประสิทธิ์การบังแดด (SC) ของอุปกรณ์บังแดดแบบแนวนอนผสมแบบหักมุม (ในกรณีที่ C/A =0.1) ระยะห่างจากขอบหน้าต่าง (B) 0 m.

ตารางที่ ข.14 ค่าสัมประสิทธิ์การบังแดด (SC) ของอุปกรณ์บังแดดแบบแนวนอนผสมแบบหักมุม (ในกรณีที่ C/A =0.1) ระยะห่างจากขอบหน้าต่าง 0.1 m.

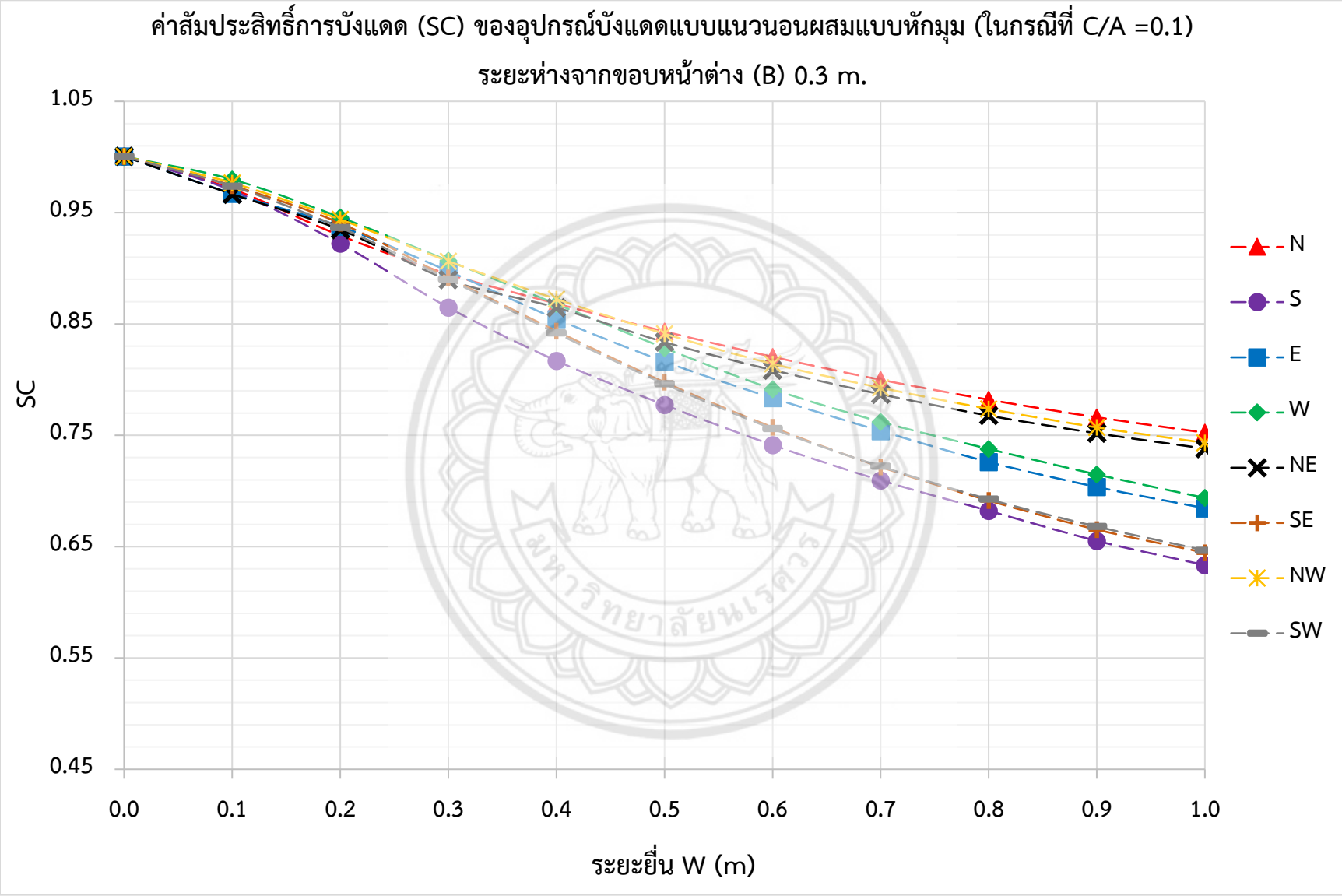
อัตราส่วน W/A	ทิศที่หน้าต่างหันสู่							
	ทิศเหนือ	ทิศใต้	ทิศตะวันออก	ทิศตะวันตก	ทิศตะวันออกเฉียงเหนือ	ทิศตะวันออกเฉียงใต้	ทิศตะวันตกเฉียงเหนือ	ทิศตะวันตกเฉียงใต้
	อัตราส่วน B/A							
	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
0.0	1.0008	1.0005	1.0006	1.0005	1.0007	1.0005	1.0007	1.0005
0.1	0.9301	0.9209	0.9290	0.9453	0.9262	0.9360	0.9392	0.9332
0.2	0.8609	0.8276	0.8629	0.8740	0.8622	0.8577	0.8734	0.8547
0.3	0.8122	0.7493	0.7978	0.8100	0.8069	0.7852	0.8165	0.7819
0.4	0.7745	0.7015	0.7417	0.7573	0.7614	0.7241	0.7708	0.7375
0.5	0.7430	0.6581	0.6984	0.7090	0.7266	0.6726	0.7333	0.6734
0.6	0.7165	0.6200	0.6618	0.6716	0.6984	0.6334	0.7053	0.6320
0.7	0.6941	0.5872	0.6294	0.6423	0.6752	0.5968	0.6820	0.5998
0.8	0.6824	0.5594	0.6047	0.6166	0.6576	0.5702	0.6624	0.5719
0.9	0.6595	0.5399	0.5848	0.5937	0.6480	0.5462	0.6472	0.5508
1.0	0.6464	0.5320	0.5682	0.5759	0.6290	0.5287	0.6349	0.5317



รูปที่ ข.10 ค่าสัมประสิทธิ์การบังแดด (SC) ของอุปกรณ์บังแดดแบบแนวนอนผสมแบบหักมุม (ในกรณีที่ C/A =0.1) ระยะห่างจากขอบหน้าต่าง (B) 0.1 m.

ตารางที่ ข.15 ค่าสัมประสิทธิ์การบังแดด (SC) ของอุปกรณ์บังแดดแบบแนวนอนผสมแบบหักมุม (ในกรณีที่ C/A =0.1) ระยะห่างจากขอบหน้าต่าง 0.3 m.

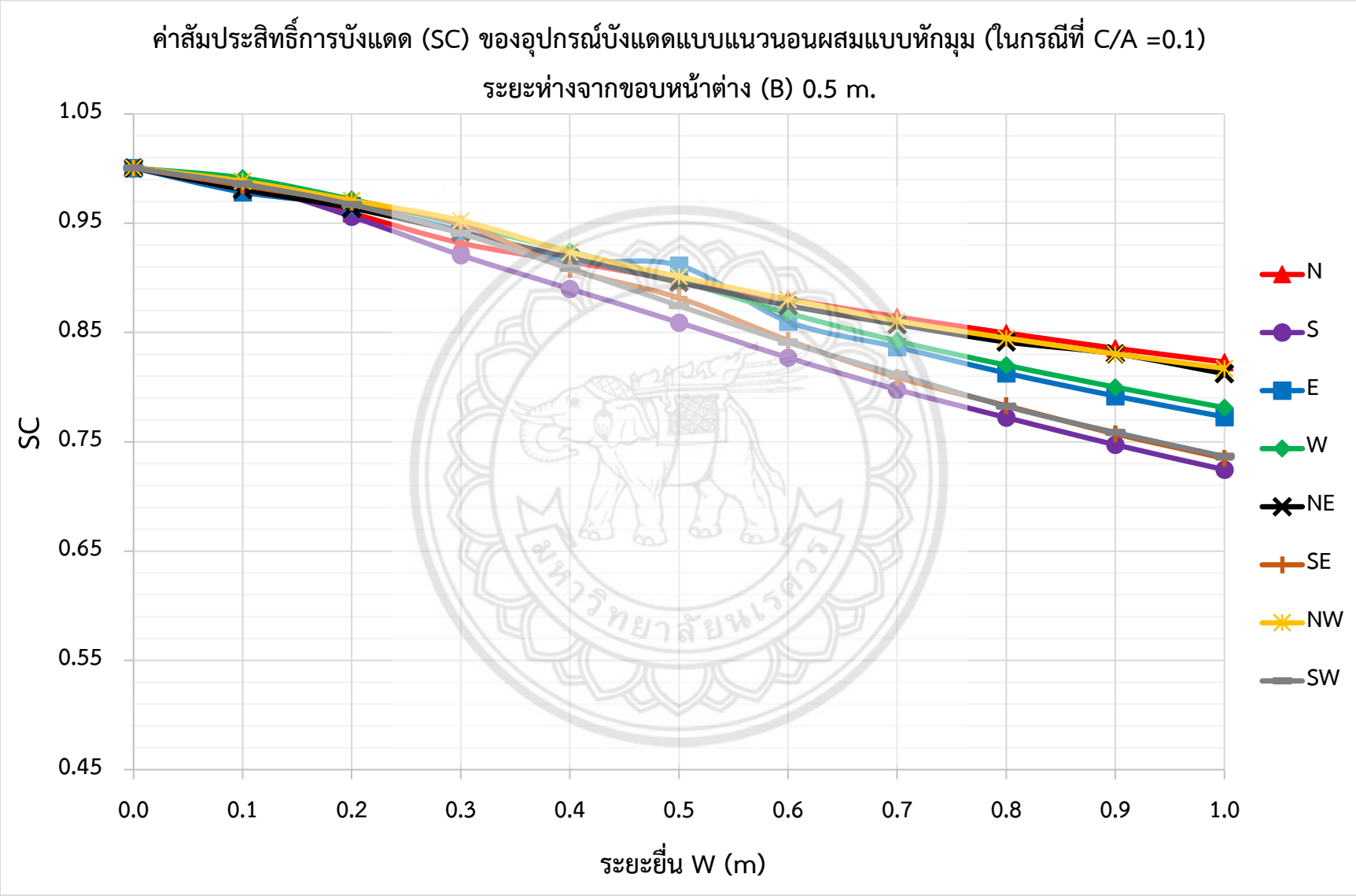
อัตราส่วน W/A	ทิศที่หน้าต่างหันสู่							
	ทิศเหนือ	ทิศใต้	ทิศตะวันออก	ทิศตะวันตก	ทิศตะวันออกเฉียงเหนือ	ทิศตะวันออกเฉียงใต้	ทิศตะวันตกเฉียงเหนือ	ทิศตะวันตกเฉียงใต้
	อัตราส่วน B/A							
	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3
0.0	1.0008	1.0005	1.0006	1.0005	1.0007	1.0005	1.0007	1.0005
0.1	0.9713	0.9699	0.9670	0.9798	0.9666	0.9743	0.9767	0.9737
0.2	0.9294	0.9222	0.9376	0.9458	0.9348	0.9406	0.9439	0.9366
0.3	0.8948	0.8648	0.8975	0.9068	0.8897	0.8916	0.9064	0.8902
0.4	0.8683	0.8170	0.8545	0.8679	0.8647	0.8437	0.8723	0.8418
0.5	0.8433	0.7773	0.8162	0.8284	0.8337	0.7977	0.8412	0.7962
0.6	0.8205	0.7413	0.7835	0.7915	0.8086	0.7572	0.8142	0.7559
0.7	0.7999	0.7096	0.7539	0.7621	0.7869	0.7216	0.7927	0.7221
0.8	0.7820	0.6822	0.7260	0.7378	0.7677	0.6914	0.7737	0.6926
0.9	0.7662	0.6552	0.7036	0.7148	0.7518	0.6653	0.7571	0.6680
1.0	0.7524	0.6334	0.6845	0.6938	0.7381	0.6446	0.7432	0.6466



รูปที่ ข.11 ค่าสัมประสิทธิ์การบังแดด (SC) ของอุปกรณ์บังแดดแบบแนวนอนผสมแบบหักมุม (ในกรณีที่ C/A =0.1) ระยะห่างจากขอบหน้าต่าง (B) 0.3 m.

ตารางที่ ข.16 ค่าสัมประสิทธิ์การบังแดด (SC) ของอุปกรณ์บังแดดแบบแนวนอนผสมแบบหักมุม (ในกรณีที่ C/A =0.1) ระยะห่างจากขอบหน้าต่าง 0.5 m.

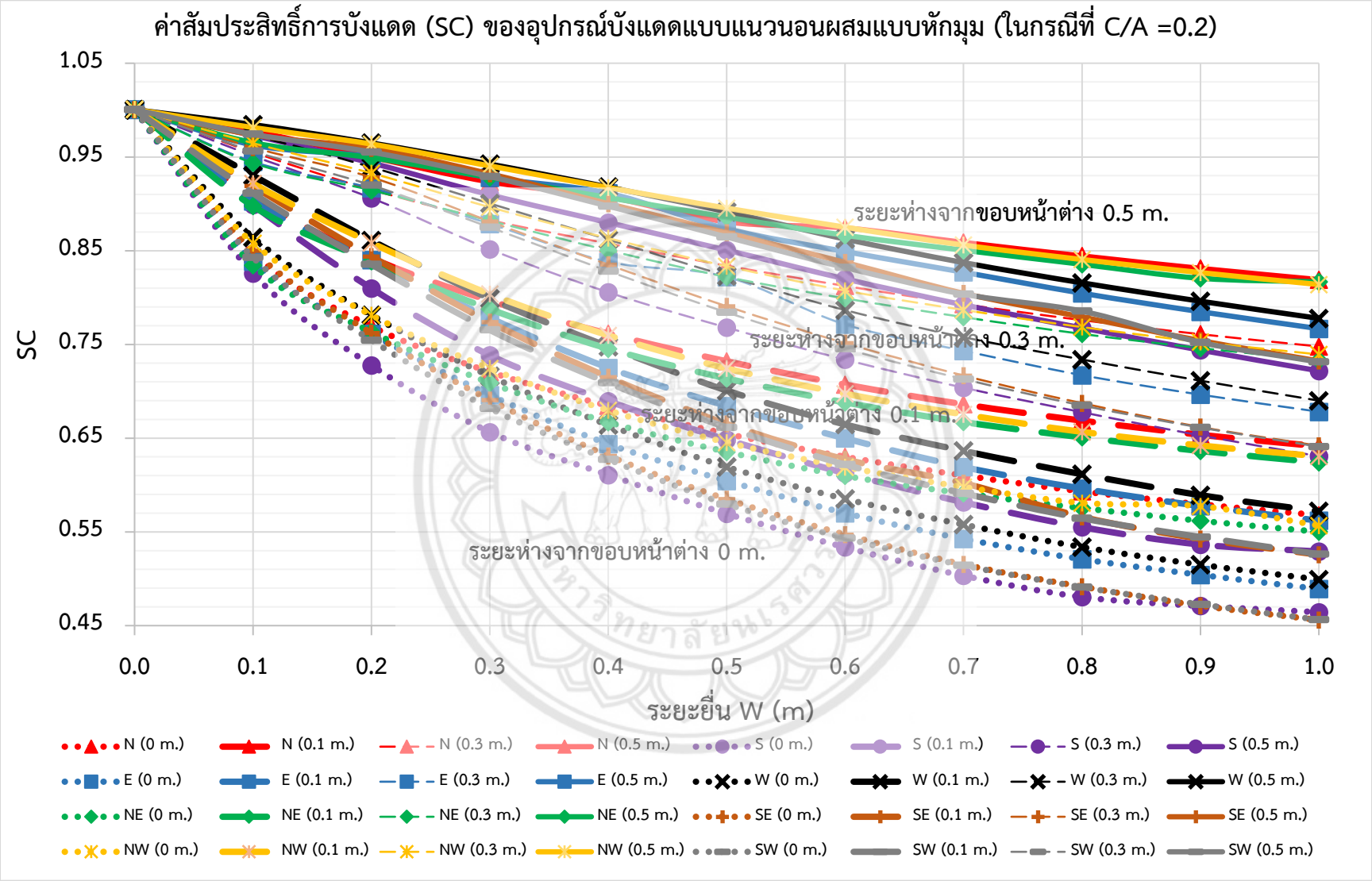
อัตราส่วน W/A	ทิศที่หน้าต่างหันสู่							
	ทิศเหนือ	ทิศใต้	ทิศตะวันออก	ทิศตะวันตก	ทิศตะวันออกเฉียงเหนือ	ทิศตะวันออกเฉียงใต้	ทิศตะวันตกเฉียงเหนือ	ทิศตะวันตกเฉียงใต้
	อัตราส่วน B/A							
	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
0.0	1.0008	1.0005	1.0006	1.0005	1.0007	1.0005	1.0007	1.0005
0.1	0.9881	0.9868	0.9785	0.9914	0.9809	0.9846	0.9885	0.9859
0.2	0.9593	0.9561	0.9660	0.9718	0.9639	0.9690	0.9709	0.9671
0.3	0.9319	0.9208	0.9431	0.9490	0.9417	0.9495	0.9525	0.9407
0.4	0.9148	0.8900	0.9159	0.9242	0.9185	0.9080	0.9237	0.9085
0.5	0.8976	0.8592	0.9113	0.8973	0.8959	0.8817	0.9012	0.8745
0.6	0.8805	0.8270	0.8600	0.8678	0.8747	0.8429	0.8804	0.8410
0.7	0.8644	0.7979	0.8367	0.8422	0.8574	0.8090	0.8607	0.8117
0.8	0.8495	0.7722	0.8129	0.8201	0.8414	0.7831	0.8449	0.7824
0.9	0.8356	0.7473	0.7919	0.8000	0.8306	0.7573	0.8304	0.7585
1.0	0.8230	0.7245	0.7728	0.7813	0.8124	0.7349	0.8172	0.7366



รูปที่ ข.12 ค่าสัมประสิทธิ์การบังแดด (SC) ของอุปกรณ์บังแดดแบบแนวนอนผสมแบบหักมุม (ในกรณีที่ C/A =0.1) ระยะห่างจากขอบหน้าต่าง (B) 0.5 m.

ตารางที่ ข.17 ค่าสัมประสิทธิ์การบังแดด (SC) ของอุปกรณ์บังแดดแบบแนวนอนผสมแบบหักมุม (ในกรณีที่ C/A =0.2)

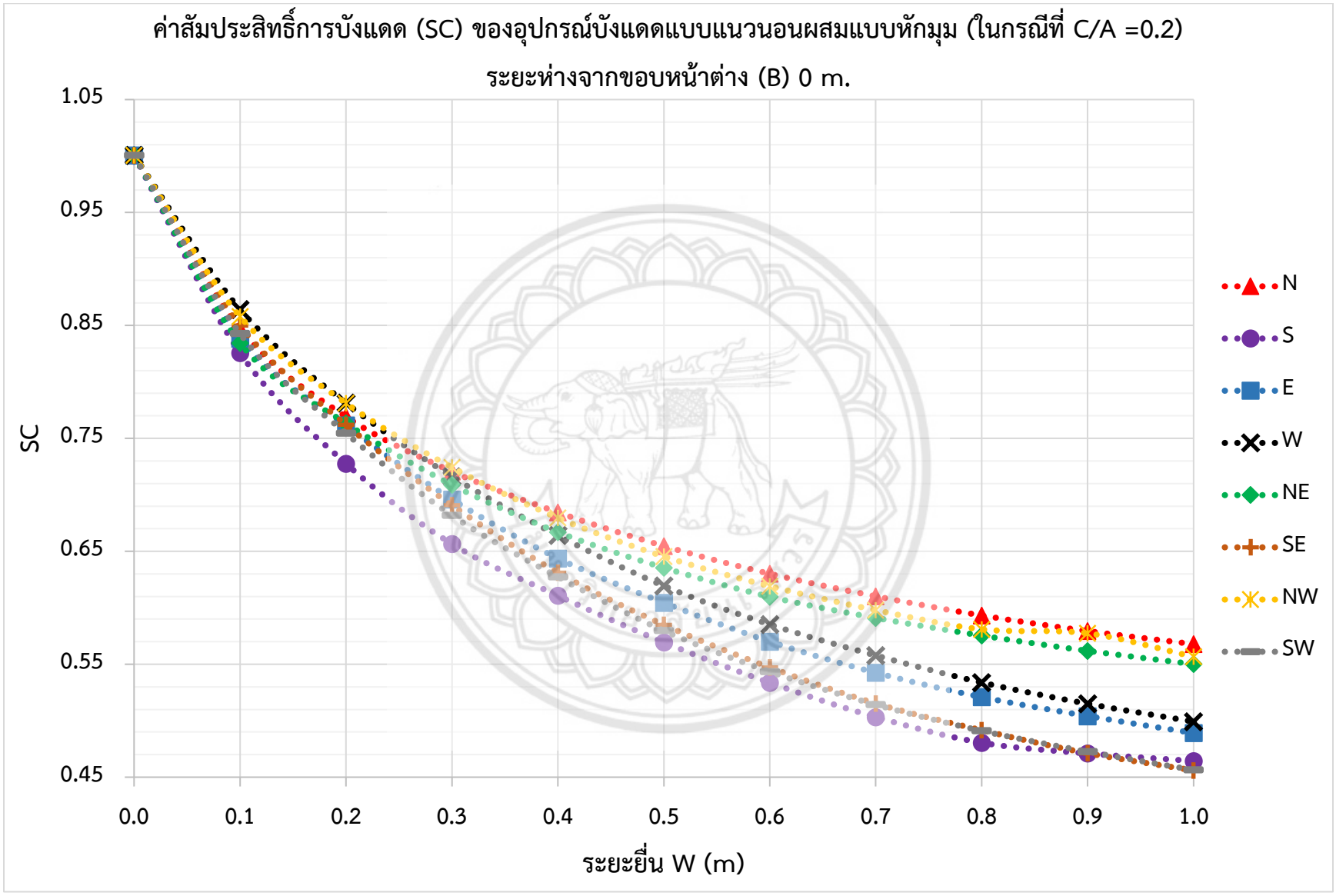
อัตราส่วน W/A	ทิศที่หน้าต่างหันสู่																							
	ทิศเหนือ						ทิศใต้						ทิศตะวันออก						ทิศตะวันตก					
	อัตราส่วน B/A																							
	0.0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5
0.0	1.0008	1.0008	1.0008	1.0008	1.0008	1.0008	1.0005	1.0005	1.0005	1.0005	1.0005	1.0005	1.0006	1.0006	1.0006	1.0006	1.0006	1.0006	1.0005	1.0005	1.0005	1.0005	1.0005	1.0005
0.1	0.8469	0.9076	0.9360	0.9551	0.9684	0.9778	0.8257	0.8988	0.9299	0.9512	0.9679	0.9730	0.8384	0.9028	0.9288	0.9449	0.9545	0.9628	0.8641	0.9302	0.9556	0.9730	0.9782	0.9845
0.2	0.7692	0.8422	0.8858	0.9151	0.9349	0.9498	0.7277	0.8098	0.8702	0.9061	0.9264	0.9436	0.7616	0.8401	0.8874	0.9169	0.9350	0.9504	0.7813	0.8609	0.9080	0.9391	0.9539	0.9649
0.3	0.7207	0.7967	0.8476	0.8826	0.9062	0.9234	0.6565	0.7384	0.7979	0.8515	0.8905	0.9096	0.6960	0.7783	0.8378	0.8787	0.9078	0.9280	0.7162	0.7988	0.8575	0.9004	0.9240	0.9424
0.4	0.6845	0.7615	0.8173	0.8577	0.8863	0.9072	0.6107	0.6896	0.7535	0.8056	0.8477	0.8800	0.6438	0.7251	0.7890	0.8382	0.8740	0.9113	0.6640	0.7477	0.8123	0.8619	0.8938	0.9179
0.5	0.6547	0.7320	0.7901	0.8340	0.8663	0.8807	0.5694	0.6485	0.7138	0.7680	0.8129	0.8506	0.6045	0.6843	0.7500	0.8221	0.8428	0.8734	0.6193	0.7008	0.7681	0.8230	0.8609	0.8915
0.6	0.6301	0.7072	0.7663	0.8124	0.8473	0.8743	0.5336	0.6126	0.6784	0.7338	0.7803	0.8199	0.5701	0.6498	0.7165	0.7712	0.8142	0.8491	0.5852	0.6646	0.7341	0.7866	0.8279	0.8624
0.7	0.6102	0.6861	0.7457	0.7929	0.8299	0.8588	0.5032	0.5816	0.6477	0.7038	0.7515	0.7922	0.5425	0.6192	0.6863	0.7432	0.7892	0.8270	0.5578	0.6364	0.7024	0.7577	0.8014	0.8373
0.8	0.5932	0.6687	0.7281	0.7759	0.8140	0.8444	0.4805	0.5551	0.6213	0.6777	0.7260	0.7676	0.5209	0.5962	0.6605	0.7172	0.7653	0.8046	0.5338	0.6115	0.6876	0.7339	0.7782	0.8157
0.9	0.5794	0.6536	0.7244	0.7609	0.7997	0.8311	0.4710	0.5365	0.6030	0.6529	0.7017	0.7439	0.5041	0.5776	0.6408	0.6964	0.7440	0.7849	0.5150	0.5892	0.6547	0.7113	0.7571	0.7961
1.0	0.5678	0.6413	0.7001	0.7478	0.7870	0.8191	0.4643	0.5291	0.5835	0.6307	0.6792	0.7218	0.4891	0.5620	0.6244	0.6782	0.7263	0.7668	0.4992	0.5720	0.6348	0.6900	0.7378	0.7778
อัตราส่วน W/A	ทิศที่หน้าต่างหันสู่																							
	ทิศตะวันออกเฉียงเหนือ						ทิศตะวันออกเฉียงใต้						ทิศตะวันตกเฉียงเหนือ						ทิศตะวันตกเฉียงใต้					
	อัตราส่วน B/A																							
	0.0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5
0.0	1.0007	1.0007	1.0007	1.0007	1.0007	1.0007	1.0005	1.0005	1.0005	1.0005	1.0005	1.0005	1.0007	1.0007	1.0007	1.0007	1.0007	1.0007	1.0005	1.0005	1.0005	1.0005	1.0005	1.0005
0.1	0.8344	0.8975	0.9251	0.9435	0.9559	0.9652	0.8499	0.9190	0.9466	0.9601	0.9683	0.9736	0.8580	0.9217	0.9494	0.9647	0.9748	0.9814	0.8427	0.9112	0.9400	0.9562	0.9668	0.9743
0.2	0.7634	0.8387	0.8849	0.9145	0.9339	0.9491	0.7621	0.8439	0.8967	0.9283	0.9466	0.9591	0.7812	0.8583	0.9042	0.9327	0.9513	0.9638	0.7545	0.8354	0.8873	0.9198	0.9415	0.9552
0.3	0.7089	0.7877	0.8438	0.8820	0.9083	0.9282	0.6908	0.7739	0.8364	0.8812	0.9107	0.9320	0.7243	0.8037	0.8583	0.8964	0.9227	0.9404	0.6818	0.7654	0.8287	0.8749	0.9066	0.9291
0.4	0.6670	0.7454	0.8059	0.8504	0.8825	0.9066	0.6312	0.7150	0.7829	0.8351	0.8732	0.9002	0.6796	0.7597	0.8200	0.8633	0.8944	0.9174	0.6273	0.7090	0.7756	0.8282	0.8676	0.8975
0.5	0.6354	0.7137	0.7745	0.8219	0.8574	0.8858	0.5849	0.6652	0.7333	0.7907	0.8353	0.8692	0.6454	0.7243	0.7861	0.8334	0.8687	0.8954	0.5797	0.6614	0.7291	0.7842	0.8289	0.8646
0.6	0.6097	0.6881	0.7498	0.7991	0.8371	0.8664	0.5472	0.6274	0.6952	0.7514	0.7980	0.8375	0.6191	0.6974	0.7588	0.8074	0.8450	0.8751	0.5434	0.6218	0.6880	0.7455	0.7934	0.8320
0.7	0.5910	0.6672	0.7290	0.7791	0.8194	0.8505	0.5153	0.6020	0.6589	0.7168	0.7662	0.8045	0.5979	0.6753	0.7371	0.7868	0.8256	0.8560	0.5142	0.5911	0.6562	0.7130	0.7604	0.8036
0.8	0.5754	0.6509	0.7113	0.7612	0.8024	0.8355	0.4916	0.5660	0.6307	0.6873	0.7373	0.7793	0.5809	0.6567	0.7183	0.7685	0.8088	0.8406	0.4910	0.5645	0.6286	0.6849	0.7331	0.7855
0.9	0.5618	0.6363	0.6968	0.7461	0.7866	0.8206	0.4712	0.5426	0.6064	0.6619	0.7103	0.7541	0.5774	0.6422	0.7027	0.7526	0.7937	0.8266	0.4726	0.5445	0.6070	0.6613	0.7111	0.7522
1.0	0.5501	0.6241	0.6840	0.7332	0.7740	0.8167	0.4560	0.5256	0.5862	0.6418	0.6894	0.7323	0.5567	0.6306	0.6904	0.7393	0.7801	0.8139	0.4563	0.5263	0.5878	0.6409	0.6888	0.7313



รูปที่ ข.13 ค่าสัมประสิทธิ์การบังแดด (SC) ของอุปกรณ์บังแดดแบบแนวนอนผสมแบบหักมุม (ในกรณีที่ C/A =0.2)

ตารางที่ ข.18 ค่าสัมประสิทธิ์การบังแดด (SC) ของอุปกรณ์บังแดดแบบแนวนอนผสมแบบหักมุม (ในกรณีที่ C/A =0.2) ระยะห่างจากขอบหน้าต่าง 0 m.

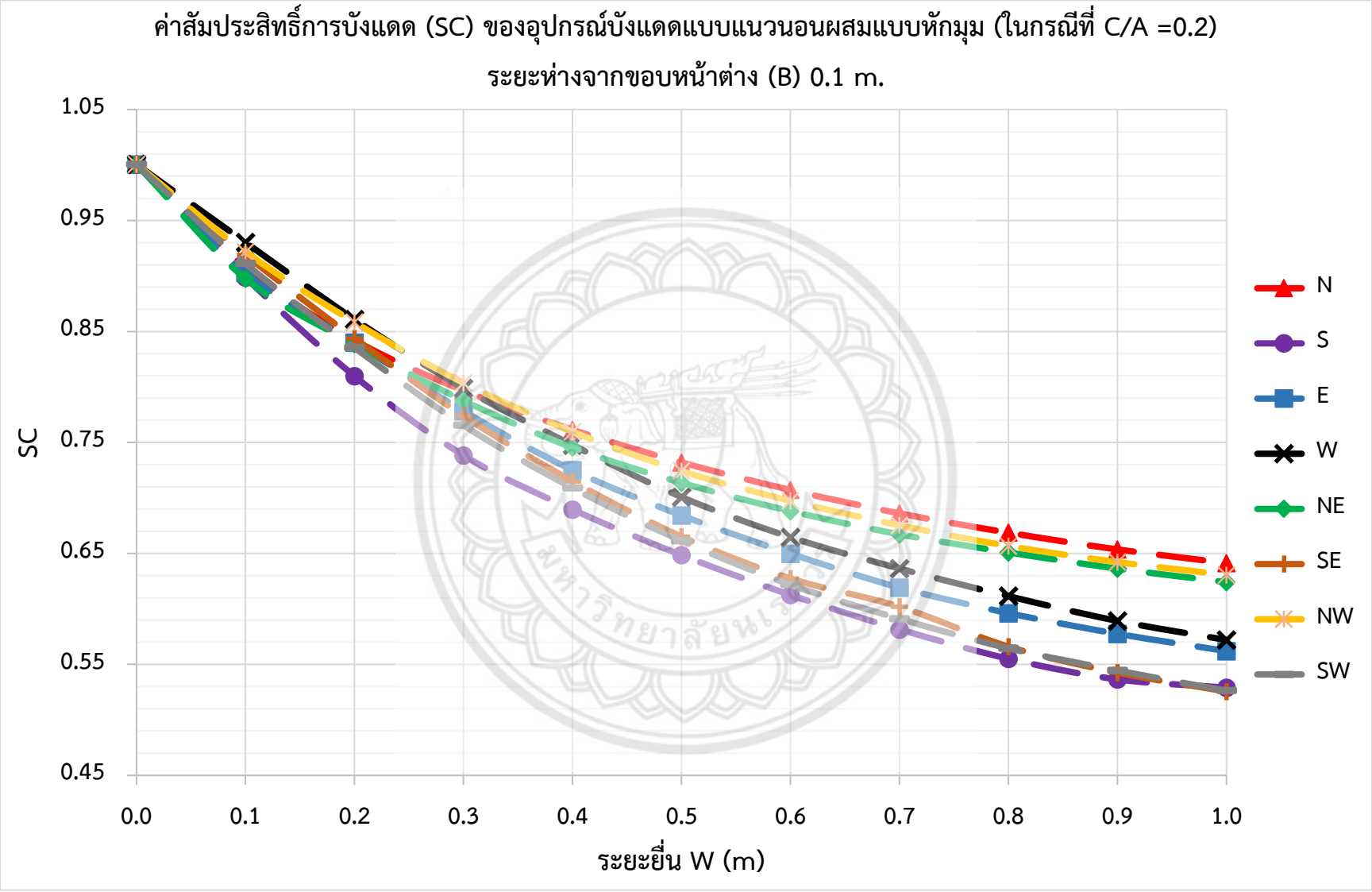
อัตราส่วน W/A	ทิศที่หน้าต่างหันสู่							
	ทิศเหนือ	ทิศใต้	ทิศตะวันออก	ทิศตะวันตก	ทิศตะวันออกเฉียงเหนือ	ทิศตะวันออกเฉียงใต้	ทิศตะวันตกเฉียงเหนือ	ทิศตะวันตกเฉียงใต้
	อัตราส่วน B/A							
	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	1.0008	1.0005	1.0006	1.0005	1.0007	1.0005	1.0007	1.0005
0.1	0.8469	0.8257	0.8384	0.8641	0.8344	0.8499	0.8580	0.8427
0.2	0.7692	0.7277	0.7616	0.7813	0.7634	0.7621	0.7812	0.7545
0.3	0.7207	0.6565	0.6960	0.7162	0.7089	0.6908	0.7243	0.6818
0.4	0.6845	0.6107	0.6438	0.6640	0.6670	0.6312	0.6796	0.6273
0.5	0.6547	0.5694	0.6045	0.6193	0.6354	0.5849	0.6454	0.5797
0.6	0.6301	0.5336	0.5701	0.5852	0.6097	0.5472	0.6191	0.5434
0.7	0.6102	0.5032	0.5425	0.5578	0.5910	0.5153	0.5979	0.5142
0.8	0.5932	0.4805	0.5209	0.5338	0.5754	0.4916	0.5809	0.4910
0.9	0.5794	0.4710	0.5041	0.5150	0.5618	0.4712	0.5774	0.4726
1.0	0.5678	0.4643	0.4891	0.4992	0.5501	0.4560	0.5567	0.4563



รูปที่ ข.14 ค่าสัมประสิทธิ์การบังแดด (SC) ของอุปกรณ์บังแดดแบบแนวนอนผสมแบบหักมุม (ในกรณีที่ C/A =0.2) ระยะห่างจากขอบหน้าต่าง (B) 0 m.

ตารางที่ ข.19 ค่าสัมประสิทธิ์การบังแดด (SC) ของอุปกรณ์บังแดดแบบแนวนอนผสมแบบหักมุม (ในกรณีที่ C/A =0.2) ระยะห่างจากขอบหน้าต่าง 0.1 m.

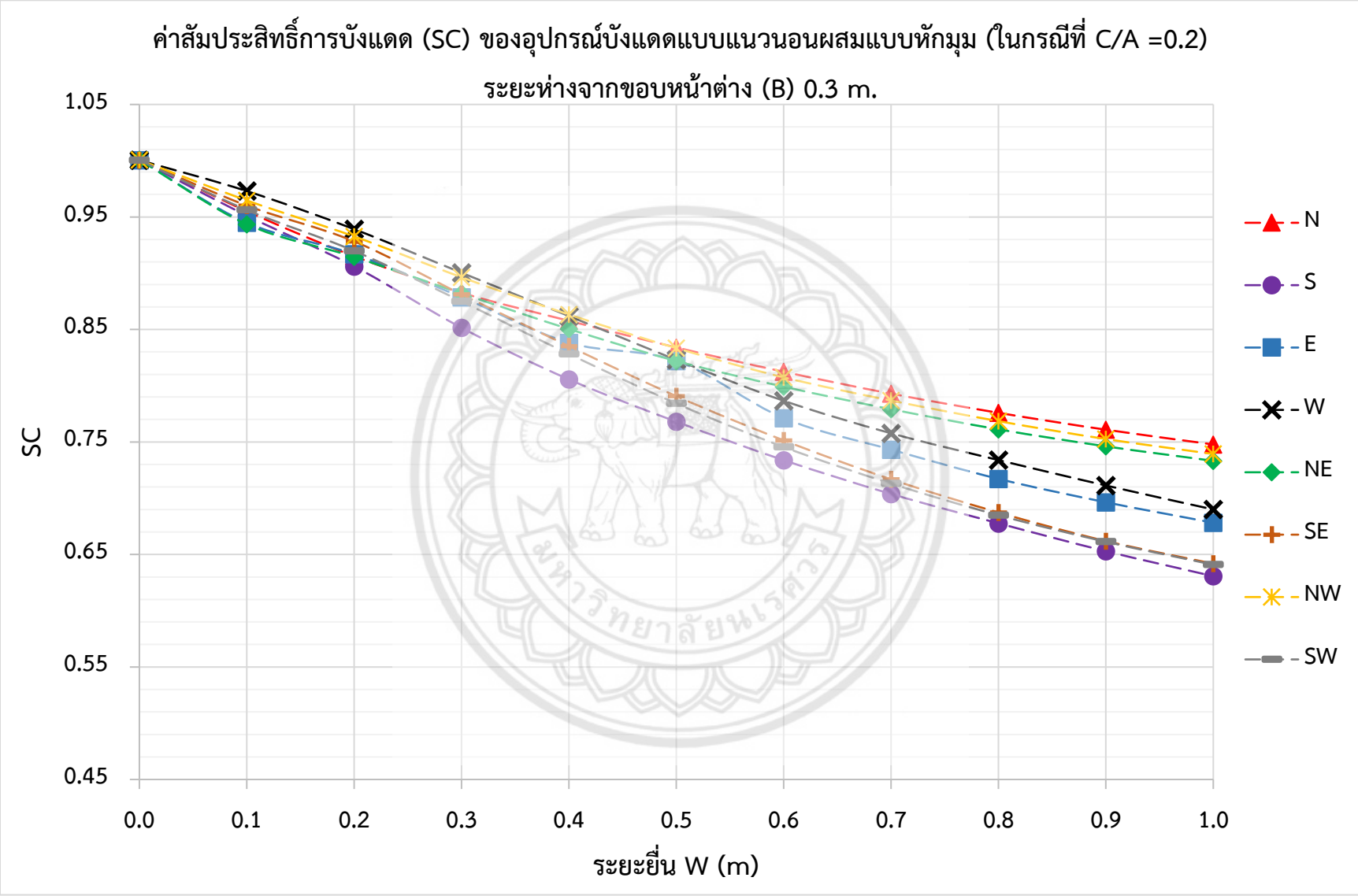
อัตราส่วน W/A	ทิศที่หน้าต่างหันสู่							
	ทิศเหนือ	ทิศใต้	ทิศตะวันออก	ทิศตะวันตก	ทิศตะวันออกเฉียงเหนือ	ทิศตะวันออกเฉียงใต้	ทิศตะวันตกเฉียงเหนือ	ทิศตะวันตกเฉียงใต้
	อัตราส่วน B/A							
	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
0.0	1.0008	1.0005	1.0006	1.0005	1.0007	1.0005	1.0007	1.0005
0.1	0.9076	0.8988	0.9028	0.9302	0.8975	0.9190	0.9217	0.9112
0.2	0.8422	0.8098	0.8401	0.8609	0.8387	0.8439	0.8583	0.8354
0.3	0.7967	0.7384	0.7783	0.7988	0.7877	0.7739	0.8037	0.7654
0.4	0.7615	0.6896	0.7251	0.7477	0.7454	0.7150	0.7597	0.7090
0.5	0.7320	0.6485	0.6843	0.7008	0.7137	0.6652	0.7243	0.6614
0.6	0.7072	0.6126	0.6498	0.6646	0.6881	0.6274	0.6974	0.6218
0.7	0.6861	0.5816	0.6192	0.6364	0.6672	0.6020	0.6753	0.5911
0.8	0.6687	0.5551	0.5962	0.6115	0.6509	0.5660	0.6567	0.5645
0.9	0.6536	0.5365	0.5776	0.5892	0.6363	0.5426	0.6422	0.5445
1.0	0.6413	0.5291	0.5620	0.5720	0.6241	0.5256	0.6306	0.5263



รูปที่ ข.15 ค่าสัมประสิทธิ์การบังแดด (SC) ของอุปกรณ์บังแดดแบบแนวนอนผสมแบบหักมุม (ในกรณีที่ C/A =0.2) ระยะห่างจากขอบหน้าต่าง (B) 0.1 m.

ตารางที่ ข.20 ค่าสัมประสิทธิ์การบังแดด (SC) ของอุปกรณ์บังแดดแบบแนวนอนผสมแบบหักมุม (ในกรณีที่ C/A =0.2) ระยะห่างจากขอบหน้าต่าง 0.3 m.

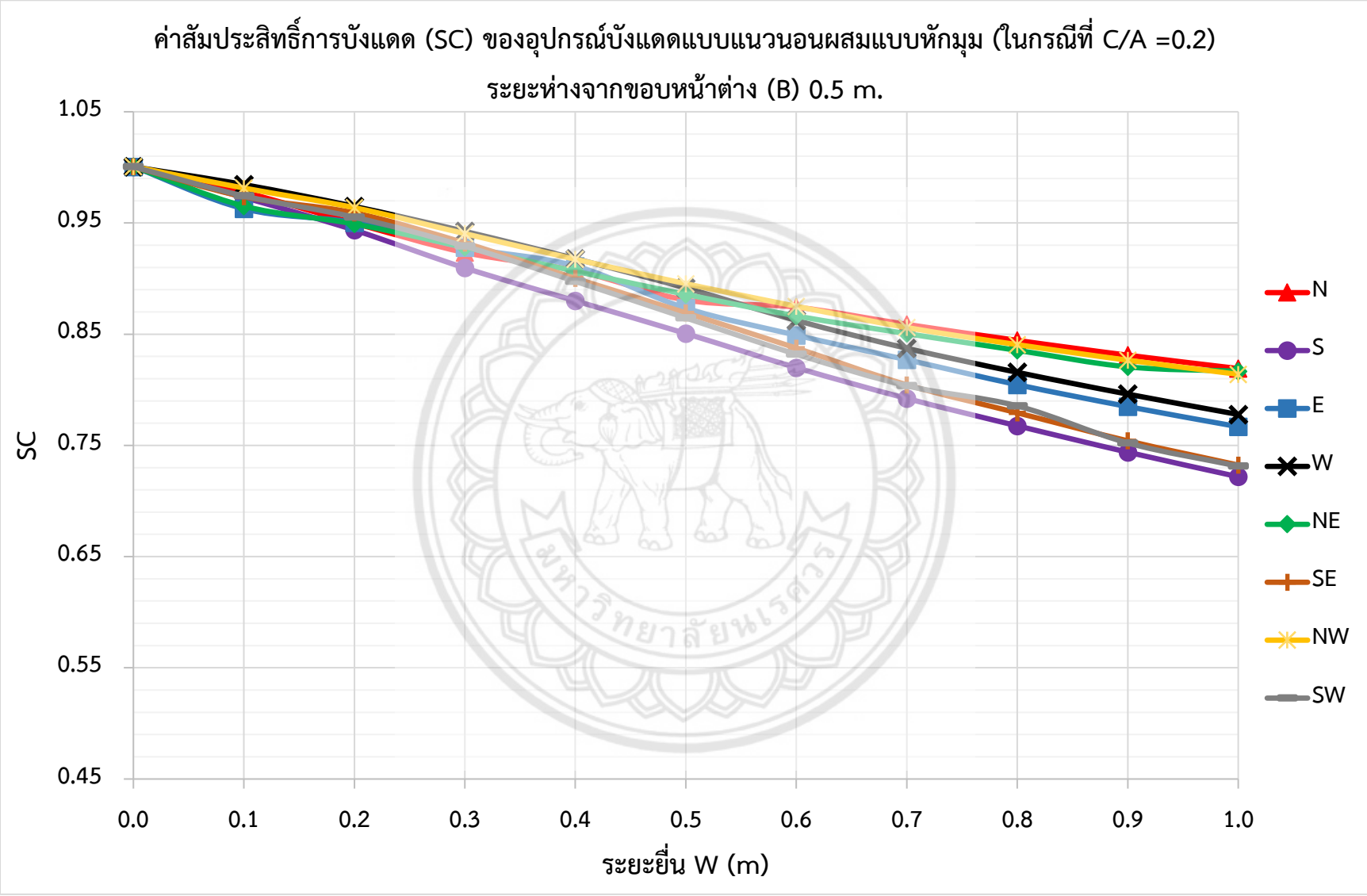
อัตราส่วน W/A	ทิศที่หน้าต่างหันสู่							
	ทิศเหนือ	ทิศใต้	ทิศตะวันออก	ทิศตะวันตก	ทิศตะวันออกเฉียงเหนือ	ทิศตะวันออกเฉียงใต้	ทิศตะวันตกเฉียงเหนือ	ทิศตะวันตกเฉียงใต้
	อัตราส่วน B/A							
	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3
0.0	1.0008	1.0005	1.0006	1.0005	1.0007	1.0005	1.0007	1.0005
0.1	0.9551	0.9512	0.9449	0.9730	0.9435	0.9601	0.9647	0.9562
0.2	0.9151	0.9061	0.9169	0.9391	0.9145	0.9283	0.9327	0.9198
0.3	0.8826	0.8515	0.8787	0.9004	0.8820	0.8812	0.8964	0.8749
0.4	0.8577	0.8056	0.8382	0.8619	0.8504	0.8351	0.8633	0.8282
0.5	0.8340	0.7680	0.8221	0.8230	0.8219	0.7907	0.8334	0.7842
0.6	0.8124	0.7338	0.7712	0.7866	0.7991	0.7514	0.8074	0.7455
0.7	0.7929	0.7038	0.7432	0.7577	0.7791	0.7168	0.7868	0.7130
0.8	0.7759	0.6777	0.7172	0.7339	0.7612	0.6873	0.7685	0.6849
0.9	0.7609	0.6529	0.6964	0.7113	0.7461	0.6619	0.7526	0.6613
1.0	0.7478	0.6307	0.6782	0.6900	0.7332	0.6418	0.7393	0.6409



รูปที่ ข.16 ค่าสัมประสิทธิ์การบังแดด (SC) ของอุปกรณ์บังแดดแบบแนวนอนผสมแบบหักมุม (ในกรณีที่ C/A =0.2) ระยะห่างจากขอบหน้าต่าง (B) 0.3 m.

ตารางที่ ข.21 ค่าสัมประสิทธิ์การบังแดด (SC) ของอุปกรณ์บังแดดแบบแนวนอนผสมแบบหักมุม (ในกรณีที่ C/A =0.2) ระยะห่างจากขอบหน้าต่าง 0.5 m.

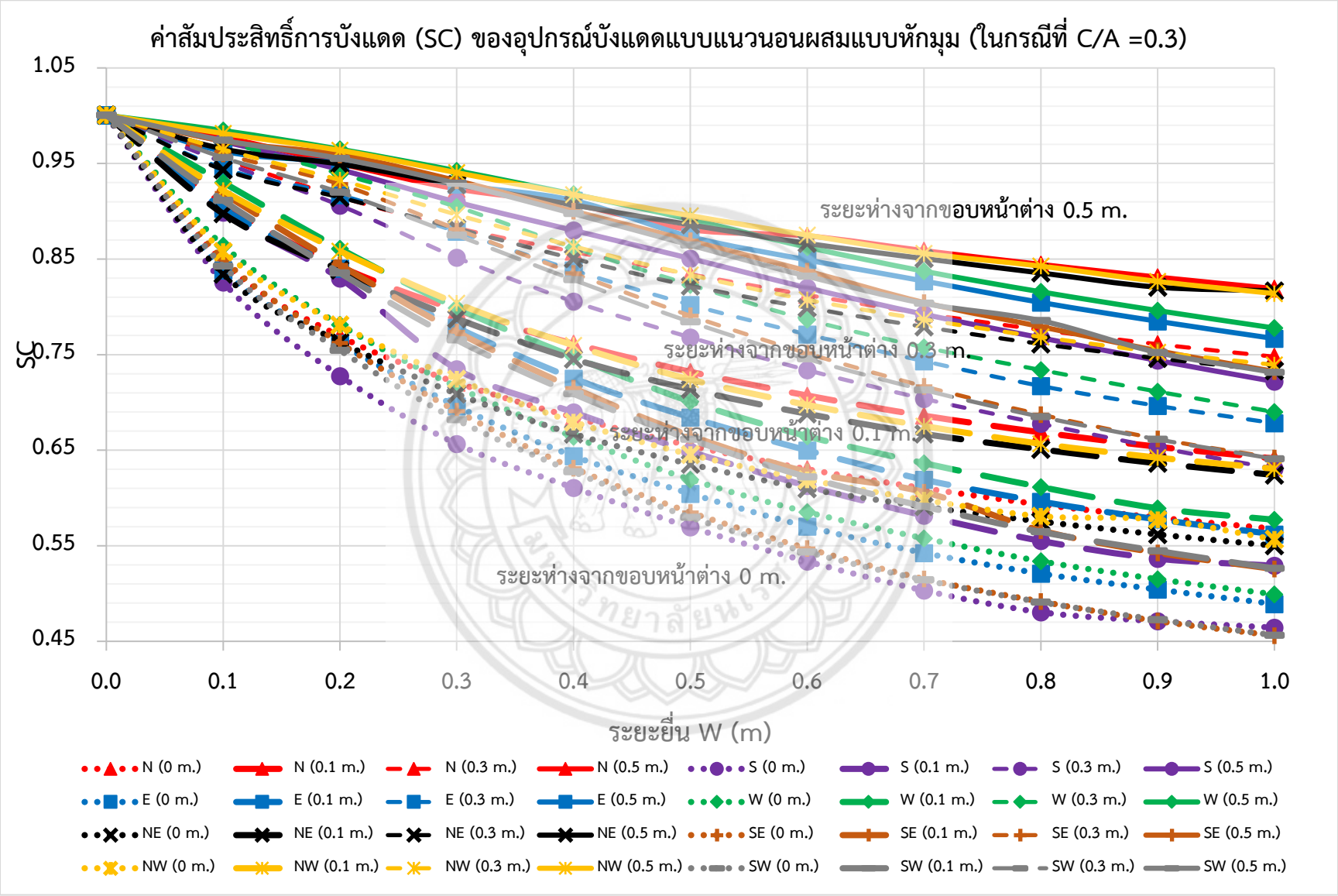
อัตราส่วน W/A	ทิศที่หน้าต่างหันสู่							
	ทิศเหนือ	ทิศใต้	ทิศตะวันออก	ทิศตะวันตก	ทิศตะวันออกเฉียงเหนือ	ทิศตะวันออกเฉียงใต้	ทิศตะวันตกเฉียงเหนือ	ทิศตะวันตกเฉียงใต้
	อัตราส่วน B/A							
	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
0.0	1.0008	1.0005	1.0006	1.0005	1.0007	1.0005	1.0007	1.0005
0.1	0.9778	0.9730	0.9628	0.9845	0.9652	0.9736	0.9814	0.9743
0.2	0.9498	0.9436	0.9504	0.9649	0.9491	0.9591	0.9638	0.9552
0.3	0.9234	0.9096	0.9280	0.9424	0.9282	0.9320	0.9404	0.9291
0.4	0.9072	0.8800	0.9113	0.9179	0.9066	0.9002	0.9174	0.8975
0.5	0.8807	0.8506	0.8734	0.8915	0.8858	0.8692	0.8954	0.8646
0.6	0.8743	0.8199	0.8491	0.8624	0.8664	0.8375	0.8751	0.8320
0.7	0.8588	0.7922	0.8270	0.8373	0.8505	0.8045	0.8560	0.8036
0.8	0.8444	0.7676	0.8046	0.8157	0.8355	0.7793	0.8406	0.7855
0.9	0.8311	0.7439	0.7849	0.7961	0.8206	0.7541	0.8266	0.7522
1.0	0.8191	0.7218	0.7668	0.7778	0.8167	0.7323	0.8139	0.7313



รูปที่ ข.17 ค่าสัมประสิทธิ์การบังแดด (SC) ของอุปกรณ์บังแดดแบบแนวนอนผสมแบบหักมุม (ในกรณีที่ C/A =0.2) ระยะห่างจากขอบหน้าต่าง (B) 0.5 m.

ตารางที่ ข.22 ค่าสัมประสิทธิ์การบังแดด (SC) ของอุปกรณ์บังแดดแบบแนวนอนผสมแบบหักมุม (ในกรณีที่ C/A =0.3)

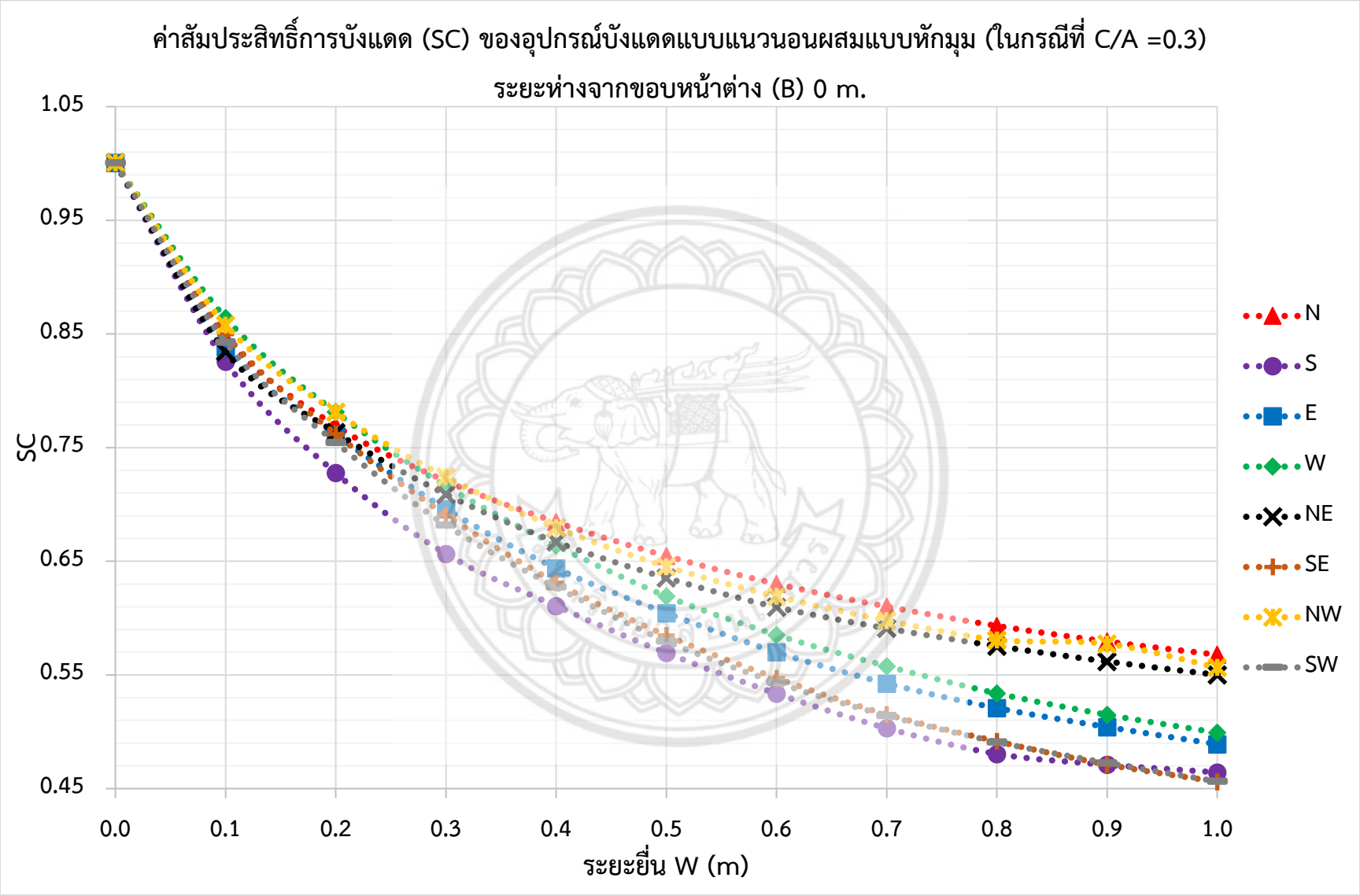
อัตราส่วน W/A	ทิศที่หน้าต่างหันสู่																							
	ทิศเหนือ						ทิศใต้						ทิศตะวันออก						ทิศตะวันตก					
	อัตราส่วน B/A																							
	0.0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5
0.0	1.0008	1.0008	1.0008	1.0008	1.0008	1.0008	1.0005	1.0005	1.0005	1.0005	1.0005	1.0005	1.0006	1.0006	1.0006	1.0006	1.0006	1.0006	1.0005	1.0005	1.0005	1.0005	1.0005	1.0005
0.1	0.8469	0.9076	0.9360	0.9551	0.9684	0.9778	0.8257	0.8988	0.9299	0.9512	0.9679	0.9730	0.8384	0.9028	0.9288	0.9449	0.9545	0.9628	0.8641	0.9302	0.9556	0.9730	0.9782	0.9845
0.2	0.7692	0.8422	0.8858	0.9151	0.9349	0.9498	0.7277	0.8298	0.8702	0.9061	0.9164	0.9436	0.7616	0.8401	0.8874	0.9169	0.9350	0.9504	0.7813	0.8609	0.9080	0.9391	0.9539	0.9649
0.3	0.7207	0.7967	0.8478	0.8826	0.9062	0.9234	0.6565	0.7348	0.7979	0.8515	0.8905	0.9096	0.6960	0.7783	0.8378	0.8787	0.9078	0.9280	0.7162	0.7988	0.8575	0.9046	0.9240	0.9424
0.4	0.6845	0.7615	0.8173	0.8577	0.8863	0.9072	0.6107	0.6896	0.7535	0.8056	0.8477	0.8800	0.6438	0.7251	0.7890	0.8382	0.8740	0.9113	0.6640	0.7477	0.8123	0.8619	0.8938	0.9179
0.5	0.6547	0.7320	0.7901	0.8340	0.8663	0.8807	0.5694	0.6485	0.7138	0.7680	0.8129	0.8506	0.6045	0.6843	0.7500	0.8021	0.8428	0.8734	0.6193	0.7008	0.7681	0.8230	0.8609	0.8915
0.6	0.6301	0.7072	0.7663	0.8124	0.8473	0.8743	0.5336	0.6126	0.6784	0.7338	0.7803	0.8199	0.5701	0.6498	0.7165	0.7712	0.8142	0.8491	0.5852	0.6646	0.7314	0.7866	0.8279	0.8624
0.7	0.6102	0.6861	0.7457	0.7929	0.8299	0.8588	0.5032	0.5816	0.6477	0.7038	0.7515	0.7922	0.5425	0.6192	0.6863	0.7432	0.7892	0.8270	0.5578	0.6364	0.7024	0.7577	0.8014	0.8373
0.8	0.5932	0.6687	0.7281	0.7759	0.8140	0.8444	0.4805	0.5551	0.6213	0.6777	0.7260	0.7676	0.5209	0.5962	0.6605	0.7172	0.7653	0.8046	0.5338	0.6115	0.6876	0.7339	0.7782	0.8157
0.9	0.5794	0.6536	0.7244	0.7609	0.7997	0.8311	0.4710	0.5365	0.6030	0.6529	0.7017	0.7439	0.5042	0.5776	0.6408	0.6964	0.7440	0.7849	0.5150	0.5892	0.6547	0.7113	0.7571	0.7961
1.0	0.5678	0.6413	0.7001	0.7478	0.7870	0.8191	0.4643	0.5291	0.5835	0.6307	0.6792	0.7218	0.4891	0.5620	0.6244	0.6782	0.7263	0.7668	0.4992	0.5772	0.6348	0.6900	0.7378	0.7778
อัตราส่วน W/A	ทิศที่หน้าต่างหันสู่																							
	ทิศตะวันออกเฉียงเหนือ						ทิศตะวันออกเฉียงใต้						ทิศตะวันตกเฉียงเหนือ						ทิศตะวันตกเฉียงใต้					
	อัตราส่วน B/A																							
	0.0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5
0.0	1.0007	1.0007	1.0007	1.0007	1.0007	1.0007	1.0005	1.0005	1.0005	1.0005	1.0005	1.0005	1.0007	1.0007	1.0007	1.0007	1.0007	1.0007	1.0005	1.0005	1.0005	1.0005	1.0005	1.0005
0.1	0.8344	0.8975	0.9251	0.9435	0.9559	0.9652	0.8499	0.9190	0.9466	0.9601	0.9683	0.9736	0.8580	0.9217	0.9494	0.9647	0.9748	0.9814	0.8427	0.9112	0.9400	0.9562	0.9668	0.9743
0.2	0.7634	0.8387	0.8849	0.9145	0.9339	0.9494	0.7621	0.8439	0.8967	0.9283	0.9466	0.9591	0.7812	0.8583	0.9042	0.9327	0.9513	0.9638	0.7545	0.8354	0.8873	0.9198	0.9415	0.9552
0.3	0.7089	0.7877	0.8438	0.8820	0.9083	0.9280	0.6908	0.7739	0.8364	0.8812	0.9107	0.9320	0.7243	0.8037	0.8593	0.8964	0.9227	0.9404	0.6818	0.7654	0.8287	0.8749	0.9066	0.9291
0.4	0.6670	0.7454	0.8059	0.8504	0.8825	0.9066	0.6312	0.7150	0.7829	0.8351	0.8732	0.9002	0.6796	0.7597	0.8200	0.8633	0.8944	0.9174	0.6273	0.7090	0.7756	0.8282	0.8676	0.8975
0.5	0.6354	0.7137	0.7745	0.8219	0.8574	0.8858	0.5849	0.6652	0.7333	0.7907	0.8735	0.8692	0.6454	0.7240	0.7861	0.8334	0.8687	0.8954	0.5797	0.6614	0.7291	0.7842	0.8289	0.8646
0.6	0.6097	0.6881	0.7498	0.7991	0.8371	0.8664	0.5472	0.6274	0.6952	0.7514	0.7980	0.8375	0.6191	0.6974	0.7588	0.8074	0.8450	0.8751	0.5434	0.6218	0.6880	0.7455	0.7934	0.8320
0.7	0.5910	0.6670	0.7290	0.7791	0.8194	0.8505	0.5153	0.6062	0.6589	0.7168	0.7662	0.8045	0.5979	0.6753	0.7371	0.7868	0.8256	0.8560	0.5142	0.5911	0.6552	0.7130	0.7604	0.8036
0.8	0.5754	0.6509	0.7113	0.7612	0.8024	0.8355	0.4916	0.5660	0.6307	0.6873	0.7373	0.7793	0.5809	0.6567	0.7183	0.7685	0.8088	0.8426	0.4910	0.5645	0.6286	0.6849	0.7331	0.7855
0.9	0.5618	0.6363	0.6968	0.7461	0.7866	0.8206	0.4712	0.5426	0.6064	0.6619	0.7103	0.7541	0.5774	0.6422	0.7027	0.7526	0.7937	0.8266	0.4726	0.5445	0.6070	0.6613	0.7111	0.7522
1.0	0.5501	0.6241	0.6840	0.7332	0.7740	0.8167	0.4560	0.5256	0.5862	0.6418	0.6894	0.7323	0.5567	0.6306	0.6904	0.7393	0.7801	0.8139	0.4563	0.5263	0.5878	0.6409	0.6888	0.7313



รูปที่ ข.18 ค่าสัมประสิทธิ์การบังแดด (SC) ของอุปกรณ์บังแดดแบบแนวนอนผสมแบบหักมุม (ในกรณีที่ C/A =0.3)

ตารางที่ ข.23 ค่าสัมประสิทธิ์การบังแดด (SC) ของอุปกรณ์บังแดดแบบแนวนอนผสมแบบหักมุม (ในกรณีที่ C/A =0.3) ระยะห่างจากขอบหน้าต่าง 0 m.

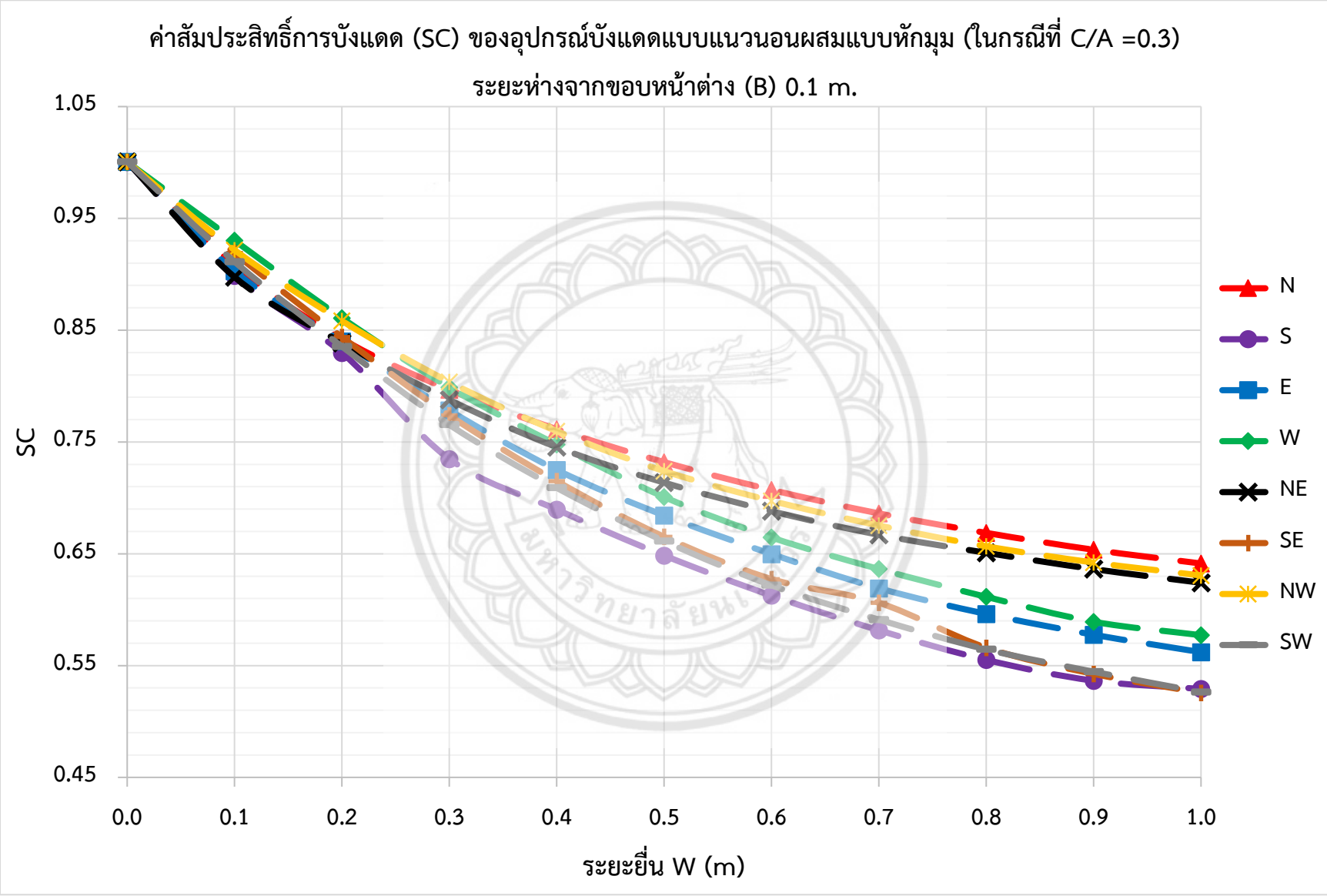
อัตราส่วน W/A	ทิศที่หน้าต่างหันสู่							
	ทิศเหนือ	ทิศใต้	ทิศตะวันออก	ทิศตะวันตก	ทิศตะวันออกเฉียงเหนือ	ทิศตะวันออกเฉียงใต้	ทิศตะวันตกเฉียงเหนือ	ทิศตะวันตกเฉียงใต้
	อัตราส่วน B/A							
	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	1.0008	1.0005	1.0006	1.0005	1.0007	1.0005	1.0007	1.0005
0.1	0.8469	0.8257	0.8384	0.8641	0.8344	0.8499	0.8580	0.8427
0.2	0.7692	0.7277	0.7616	0.7813	0.7634	0.7621	0.7812	0.7545
0.3	0.7207	0.6565	0.6960	0.7162	0.7089	0.6908	0.7243	0.6818
0.4	0.6845	0.6107	0.6438	0.6640	0.6670	0.6312	0.6796	0.6273
0.5	0.6547	0.5694	0.6045	0.6193	0.6354	0.5849	0.6454	0.5797
0.6	0.6301	0.5336	0.5701	0.5852	0.6097	0.5472	0.6191	0.5434
0.7	0.6102	0.5032	0.5425	0.5578	0.5910	0.5153	0.5979	0.5142
0.8	0.5932	0.4805	0.5209	0.5338	0.5754	0.4916	0.5809	0.4910
0.9	0.5794	0.4710	0.5042	0.5150	0.5618	0.4712	0.5774	0.4726
1.0	0.5678	0.4643	0.4891	0.4992	0.5501	0.4560	0.5567	0.4563



รูปที่ ข.19 ค่าสัมประสิทธิ์การบังแดด (SC) ของอุปกรณ์บังแดดแบบแนวนอนผสมแบบหักมุม (ในกรณีที่ C/A =0.3) ระยะห่างจากขอบหน้าต่าง (B) 0 m.

ตารางที่ ข.24 ค่าสัมประสิทธิ์การบังแดด (SC) ของอุปกรณ์บังแดดแบบแนวนอนผสมแบบหักมุม (ในกรณีที่ C/A =0.3) ระยะห่างจากขอบหน้าต่าง 0.1 m.

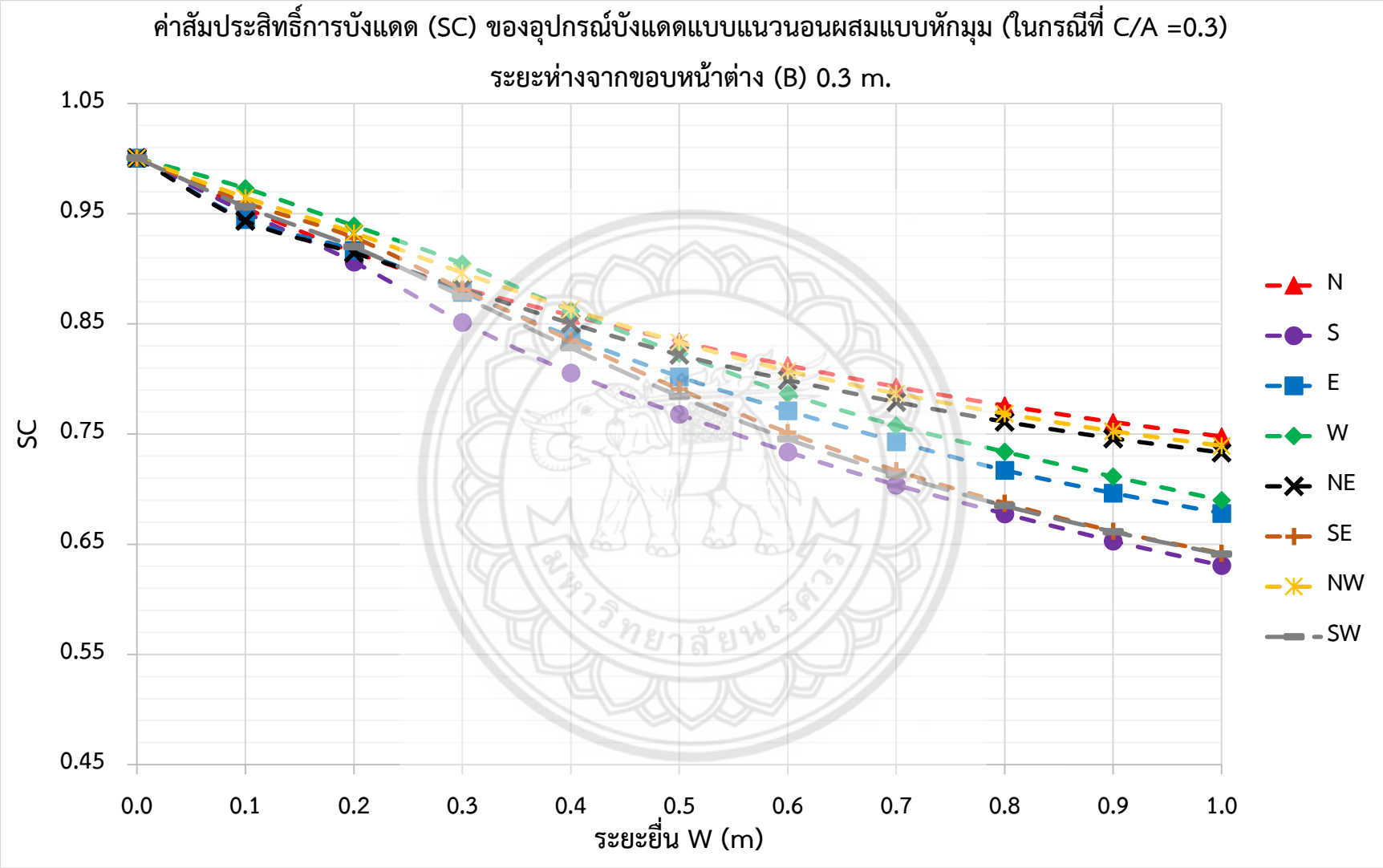
อัตราส่วน W/A	ทิศที่หน้าต่างหันสู่							
	ทิศเหนือ	ทิศใต้	ทิศตะวันออก	ทิศตะวันตก	ทิศตะวันออกเฉียงเหนือ	ทิศตะวันออกเฉียงใต้	ทิศตะวันตกเฉียงเหนือ	ทิศตะวันตกเฉียงใต้
	อัตราส่วน B/A							
	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
0.0	1.0008	1.0005	1.0006	1.0005	1.0007	1.0005	1.0007	1.0005
0.1	0.9076	0.8988	0.9028	0.9302	0.8975	0.9190	0.9217	0.9112
0.2	0.8422	0.8298	0.8401	0.8609	0.8387	0.8439	0.8583	0.8354
0.3	0.7967	0.7348	0.7783	0.7988	0.7877	0.7739	0.8037	0.7654
0.4	0.7615	0.6896	0.7251	0.7477	0.7454	0.7150	0.7597	0.7090
0.5	0.7320	0.6485	0.6843	0.7008	0.7137	0.6652	0.7240	0.6614
0.6	0.7072	0.6126	0.6498	0.6646	0.6881	0.6274	0.6974	0.6218
0.7	0.6861	0.5816	0.6192	0.6364	0.6670	0.6062	0.6753	0.5911
0.8	0.6687	0.5551	0.5962	0.6115	0.6509	0.5660	0.6567	0.5645
0.9	0.6536	0.5365	0.5776	0.5892	0.6363	0.5426	0.6422	0.5445
1.0	0.6413	0.5291	0.5620	0.5772	0.6241	0.5256	0.6306	0.5263



รูปที่ ข.20 ค่าสัมประสิทธิ์การบังแดด (SC) ของอุปกรณ์บังแดดแบบแนวนอนผสมแบบหักมุม (ในกรณีที่ C/A =0.3) ระยะห่างจากขอบหน้าต่าง (B) 0.1 m.

ตารางที่ ข.25 ค่าสัมประสิทธิ์การบังแดด (SC) ของอุปกรณ์บังแดดแบบแนวนอนผสมแบบหักมุม (ในกรณีที่ C/A =0.3) ระยะห่างจากขอบหน้าต่าง 0.3 m.

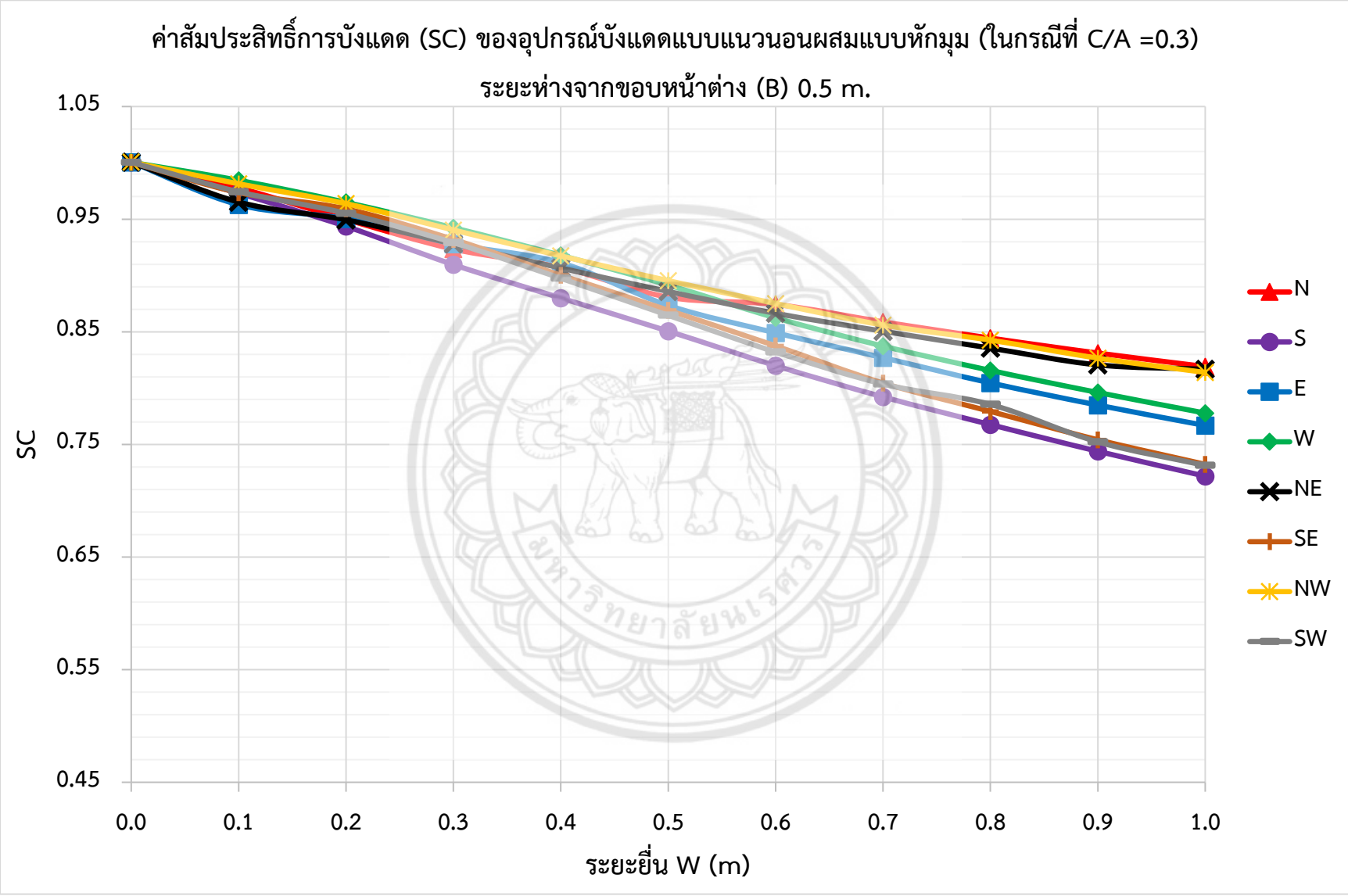
อัตราส่วน W/A	ทิศที่หน้าต่างหันสู่							
	ทิศเหนือ	ทิศใต้	ทิศตะวันออก	ทิศตะวันตก	ทิศตะวันออกเฉียงเหนือ	ทิศตะวันออกเฉียงใต้	ทิศตะวันตกเฉียงเหนือ	ทิศตะวันตกเฉียงใต้
	อัตราส่วน B/A							
	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3
0.0	1.0008	1.0005	1.0006	1.0005	1.0007	1.0005	1.0007	1.0005
0.1	0.9551	0.9512	0.9449	0.9730	0.9435	0.9601	0.9647	0.9562
0.2	0.9151	0.9061	0.9169	0.9391	0.9145	0.9283	0.9327	0.9198
0.3	0.8826	0.8515	0.8787	0.9046	0.8820	0.8812	0.8964	0.8749
0.4	0.8577	0.8056	0.8382	0.8619	0.8504	0.8351	0.8633	0.8282
0.5	0.8340	0.7680	0.8021	0.8230	0.8219	0.7907	0.8334	0.7842
0.6	0.8124	0.7338	0.7712	0.7866	0.7991	0.7514	0.8074	0.7455
0.7	0.7929	0.7038	0.7432	0.7577	0.7791	0.7168	0.7868	0.7130
0.8	0.7759	0.6777	0.7172	0.7339	0.7612	0.6873	0.7685	0.6849
0.9	0.7609	0.6529	0.6964	0.7113	0.7461	0.6619	0.7526	0.6613
1.0	0.7478	0.6307	0.6782	0.6900	0.7332	0.6418	0.7393	0.6409



รูปที่ ข.21 ค่าสัมประสิทธิ์การบังแดด (SC) ของอุปกรณ์บังแดดแบบแนวนอนผสมแบบหักมุม (ในกรณีที่ C/A =0.3) ระยะห่างจากขอบหน้าต่าง (B) 0.3 m.

ตารางที่ ข.26 ค่าสัมประสิทธิ์การบังแดด (SC) ของอุปกรณ์บังแดดแบบแนวนอนผสมแบบหักมุม (ในกรณีที่ C/A =0.3) ระยะห่างจากขอบหน้าต่าง 0.5 m.

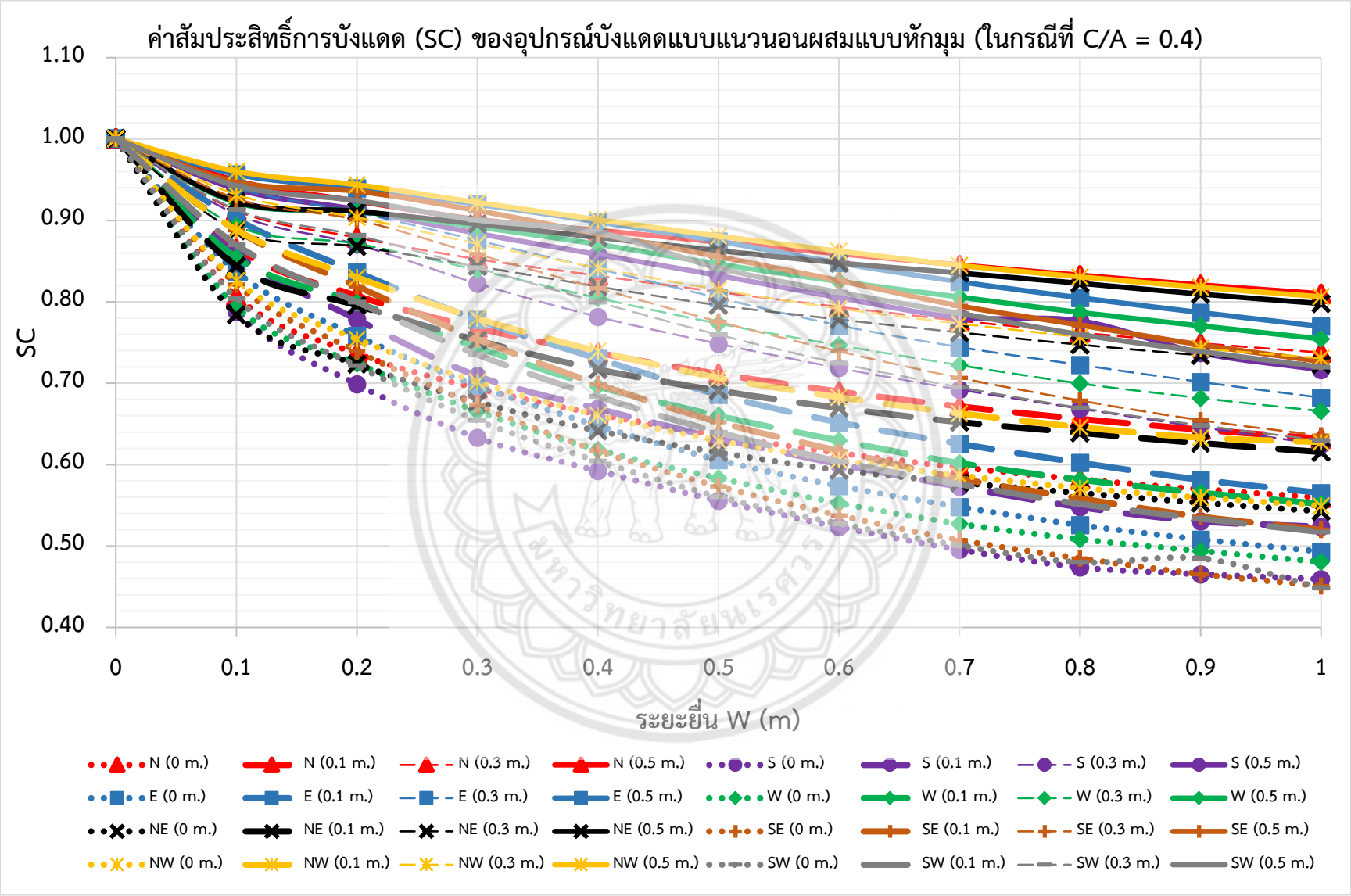
อัตราส่วน W/A	ทิศที่หน้าต่างหันสู่							
	ทิศเหนือ	ทิศใต้	ทิศตะวันออก	ทิศตะวันตก	ทิศตะวันออกเฉียงเหนือ	ทิศตะวันออกเฉียงใต้	ทิศตะวันตกเฉียงเหนือ	ทิศตะวันตกเฉียงใต้
	อัตราส่วน B/A							
	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
0.0	1.0008	1.0005	1.0006	1.0005	1.0007	1.0005	1.0007	1.0005
0.1	0.9778	0.9730	0.9628	0.9845	0.9652	0.9736	0.9814	0.9743
0.2	0.9498	0.9436	0.9504	0.9649	0.9494	0.9591	0.9638	0.9552
0.3	0.9234	0.9096	0.9280	0.9424	0.9280	0.9320	0.9404	0.9291
0.4	0.9072	0.8800	0.9113	0.9179	0.9066	0.9002	0.9174	0.8975
0.5	0.8807	0.8506	0.8734	0.8915	0.8858	0.8692	0.8954	0.8646
0.6	0.8743	0.8199	0.8491	0.8624	0.8664	0.8375	0.8751	0.8320
0.7	0.8588	0.7922	0.8270	0.8373	0.8505	0.8045	0.8560	0.8036
0.8	0.8444	0.7676	0.8046	0.8157	0.8355	0.7793	0.8426	0.7855
0.9	0.8311	0.7439	0.7849	0.7961	0.8206	0.7541	0.8266	0.7522
1.0	0.8191	0.7218	0.7668	0.7778	0.8167	0.7323	0.8139	0.7313



รูปที่ ข.22 ค่าสัมประสิทธิ์การบังแดด (SC) ของอุปกรณ์บังแดดแบบแนวนอนผสมแบบหักมุม (ในกรณีที่ C/A =0.3) ระยะห่างจากขอบหน้าต่าง (B) 0.5 m.

ตารางที่ ข.27 ค่าสัมประสิทธิ์การบังแดด (SC) ของอุปกรณ์บังแดดแบบแนวนอนผสมแบบหักมุม (ในกรณีที่ C/A = 0.4)

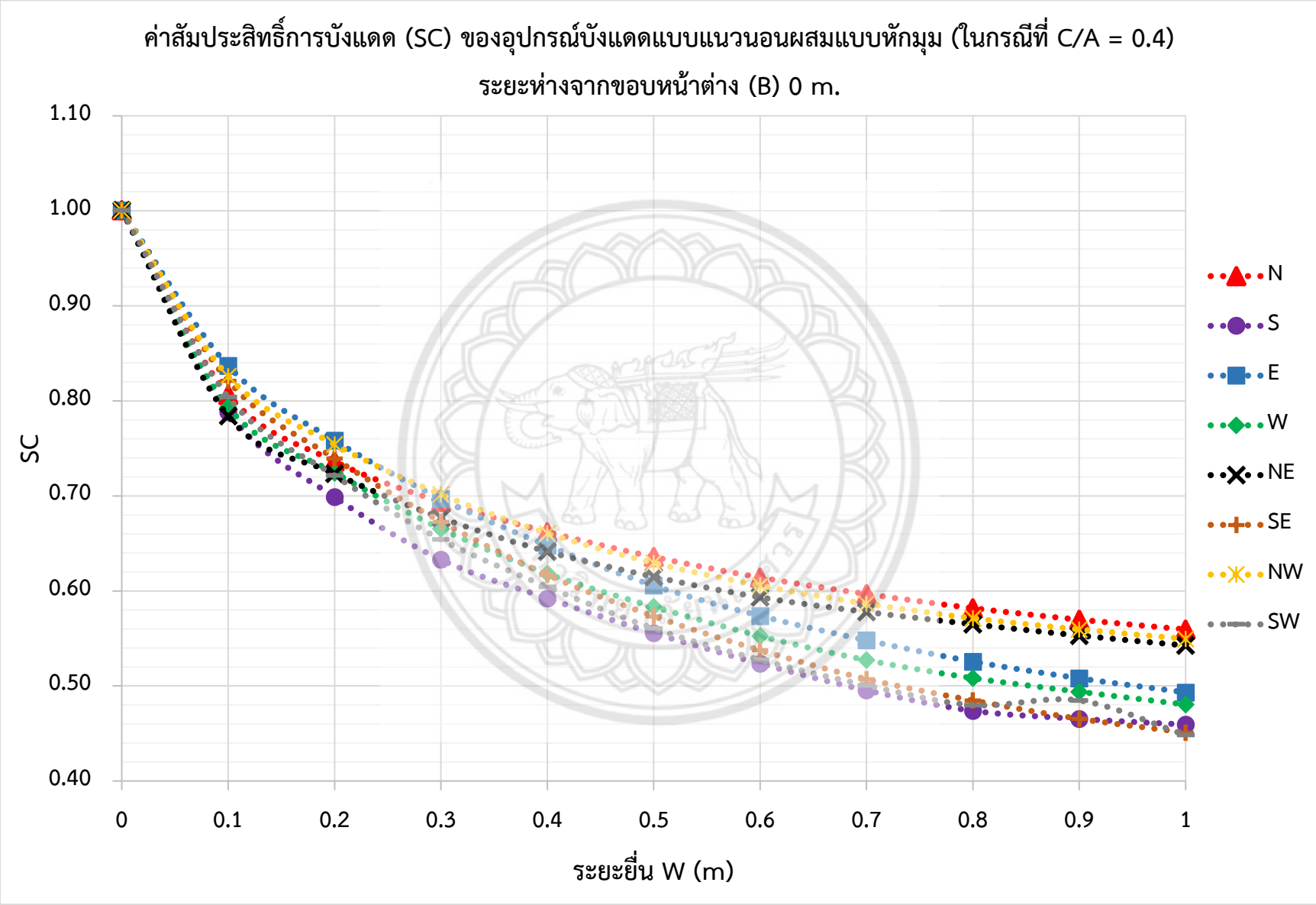
อัตราส่วน W/A	ทิศที่หน้าต่างหันสู่																							
	ทิศเหนือ						ทิศใต้						ทิศตะวันออก						ทิศตะวันตก					
	อัตราส่วน B/A																							
	0.0000	0.1000	0.2000	0.3000	0.4000	0.5000	0.0000	0.1000	0.2000	0.3000	0.4000	0.5000	0.0000	0.1000	0.2000	0.3000	0.4000	0.5000	0.0000	0.1000	0.2000	0.3000	0.4000	0.5000
0	1.0008	1.0008	1.0008	1.0008	1.0008	1.0008	1.0005	1.0005	1.0005	1.0005	1.0005	1.0005	1.0006	1.0006	1.0006	1.0006	1.0006	1.0006	1.0005	1.0005	1.0005	1.0005	1.0005	1.0005
0.1	0.8064	0.8651	0.8918	0.9121	0.9317	0.9489	0.7883	0.8585	0.8870	0.9076	0.9277	0.9386	0.8369	0.9016	0.9259	0.9399	0.9534	0.9566	0.7935	0.8545	0.8777	0.8933	0.9070	0.9220
0.2	0.7364	0.8074	0.8493	0.8790	0.9032	0.9239	0.6988	0.7784	0.8360	0.8707	0.8926	0.9133	0.7584	0.8365	0.8824	0.9102	0.9314	0.9396	0.7245	0.7992	0.8433	0.8714	0.8916	0.9113
0.3	0.6937	0.7678	0.8175	0.8525	0.8794	0.9012	0.6330	0.7089	0.7669	0.8225	0.8627	0.8841	0.6969	0.7781	0.8356	0.8755	0.9040	0.9199	0.6654	0.7440	0.8003	0.8392	0.8691	0.8920
0.4	0.6621	0.7373	0.7918	0.8322	0.8632	0.8878	0.5923	0.6688	0.7305	0.7816	0.8243	0.8582	0.6478	0.7301	0.7936	0.8407	0.8761	0.8983	0.6183	0.6962	0.7572	0.8047	0.8407	0.8707
0.5	0.6358	0.7115	0.7685	0.8121	0.8462	0.8735	0.5556	0.6324	0.6956	0.7485	0.7937	0.8324	0.6057	0.6859	0.7522	0.8048	0.8455	0.8745	0.5834	0.6600	0.7229	0.7733	0.8140	0.8464
0.6	0.6142	0.6898	0.7479	0.7938	0.8300	0.8591	0.5235	0.6006	0.6645	0.7187	0.7651	0.8052	0.5738	0.6519	0.7178	0.7711	0.8145	0.8478	0.5526	0.6296	0.6937	0.7467	0.7894	0.8251
0.7	0.5968	0.6715	0.7302	0.7769	0.8148	0.8454	0.4954	0.5728	0.6375	0.6922	0.7396	0.7807	0.5481	0.6256	0.6908	0.7444	0.7896	0.8247	0.5273	0.6019	0.6669	0.7222	0.7677	0.8059
0.8	0.5819	0.6562	0.7147	0.7622	0.8010	0.8328	0.4739	0.5478	0.6131	0.6688	0.7169	0.7767	0.5257	0.6023	0.6676	0.7226	0.7681	0.8050	0.5083	0.5815	0.6441	0.6997	0.7475	0.7870
0.9	0.5698	0.6430	0.7017	0.7491	0.7885	0.8209	0.4654	0.5304	0.5896	0.6460	0.6950	0.7373	0.5081	0.5814	0.6461	0.7016	0.7483	0.7869	0.4939	0.5654	0.6270	0.6818	0.7294	0.7706
1	0.5595	0.6320	0.6901	0.7377	0.7773	0.8101	0.4594	0.5237	0.5777	0.6248	0.6736	0.7165	0.4933	0.5652	0.6273	0.6823	0.7302	0.7698	0.4805	0.5518	0.6127	0.6657	0.7137	0.7544
อัตราส่วน W/A	ทิศตะวันออกเฉียงเหนือ						ทิศตะวันออกเฉียงใต้						ทิศตะวันตกเฉียงเหนือ						ทิศตะวันตกเฉียงใต้					
	อัตราส่วน B/A																							
	0.0000	0.1000	0.2000	0.3000	0.4000	0.5000	0.0000	0.1000	0.2000	0.3000	0.4000	0.5000	0.0000	0.1000	0.2000	0.3000	0.4000	0.5000	0.0000	0.1000	0.2000	0.3000	0.4000	0.5000
0	1.0007	1.0007	1.0007	1.0007	1.0007	1.0007	1.0005	1.0005	1.0005	1.0005	1.0005	1.0005	1.0007	1.0007	1.0007	1.0007	1.0007	1.0007	1.0005	1.0005	1.0005	1.0005	1.0005	1.0005
0.1	0.7841	0.8442	0.8691	0.8875	0.9053	0.9231	0.8213	0.8881	0.9135	0.9268	0.9378	0.9472	0.8260	0.8884	0.9149	0.9316	0.9471	0.9603	0.8040	0.8700	0.8969	0.9133	0.9283	0.9427
0.2	0.7236	0.7957	0.8391	0.8681	0.8907	0.9112	0.7395	0.8192	0.8700	0.9009	0.9208	0.9359	0.7543	0.8301	0.8747	0.9038	0.9263	0.9438	0.7215	0.7998	0.8495	0.8816	0.9058	0.9244
0.3	0.6769	0.7527	0.8064	0.8438	0.8723	0.8956	0.6729	0.7541	0.8147	0.8585	0.8889	0.9121	0.7017	0.7796	0.8332	0.8714	0.9005	0.9221	0.6542	0.7352	0.7965	0.8417	0.8747	0.9004
0.4	0.6415	0.7170	0.7751	0.8188	0.8526	0.8792	0.6169	0.6989	0.7652	0.8167	0.8554	0.8836	0.6607	0.7394	0.7985	0.8418	0.8750	0.9010	0.6044	0.6837	0.7482	0.7996	0.8396	0.8855
0.5	0.6150	0.6909	0.7496	0.7959	0.8325	0.8631	0.5734	0.6523	0.7191	0.7757	0.8206	0.8556	0.6295	0.7067	0.7678	0.8150	0.8518	0.8809	0.5605	0.6399	0.7058	0.7596	0.8044	0.8415
0.6	0.5933	0.6697	0.7299	0.7784	0.8171	0.8479	0.5377	0.6168	0.6835	0.7392	0.7859	0.8261	0.6057	0.6828	0.7433	0.7917	0.8304	0.8624	0.5275	0.6039	0.6683	0.7246	0.7723	0.8118
0.7	0.5779	0.6523	0.7130	0.7624	0.8031	0.8354	0.5073	0.5830	0.6493	0.7066	0.7562	0.7951	0.5866	0.6630	0.7240	0.7733	0.8129	0.8448	0.5007	0.5759	0.6396	0.6951	0.7421	0.7859
0.8	0.5650	0.6391	0.6984	0.7474	0.7888	0.8228	0.4848	0.5584	0.6225	0.6787	0.7288	0.7714	0.5713	0.6461	0.7070	0.7570	0.7978	0.8308	0.4799	0.5517	0.6143	0.6696	0.7175	0.7599
0.9	0.5531	0.6264	0.6858	0.7344	0.7749	0.8095	0.4655	0.5361	0.5993	0.6546	0.7031	0.7473	0.5596	0.6332	0.6930	0.7427	0.7842	0.8180	0.4848	0.5337	0.5949	0.6483	0.6978	0.7390
1	0.5426	0.6155	0.6745	0.7232	0.7640	0.7979	0.4510	0.5201	0.5802	0.6356	0.6834	0.7267	0.5496	0.6277	0.6820	0.7308	0.7719	0.8063	0.4485	0.5172	0.5775	0.6298	0.6774	0.7199



รูปที่ ข.23 ค่าสัมประสิทธิ์การบังแดด (SC) ของอุปกรณ์บังแดดแบบแนวนอนผสมแบบหักมุม (ในกรณีที่ C/A = 0.4)

ตารางที่ ข.28 ค่าสัมประสิทธิ์การบังแดด (SC) ของอุปกรณ์บังแดดแบบแนวนอนผสมแบบหักมุม (ในกรณีที่ C/A =0.4) ระยะห่างจากขอบหน้าต่าง 0 m.

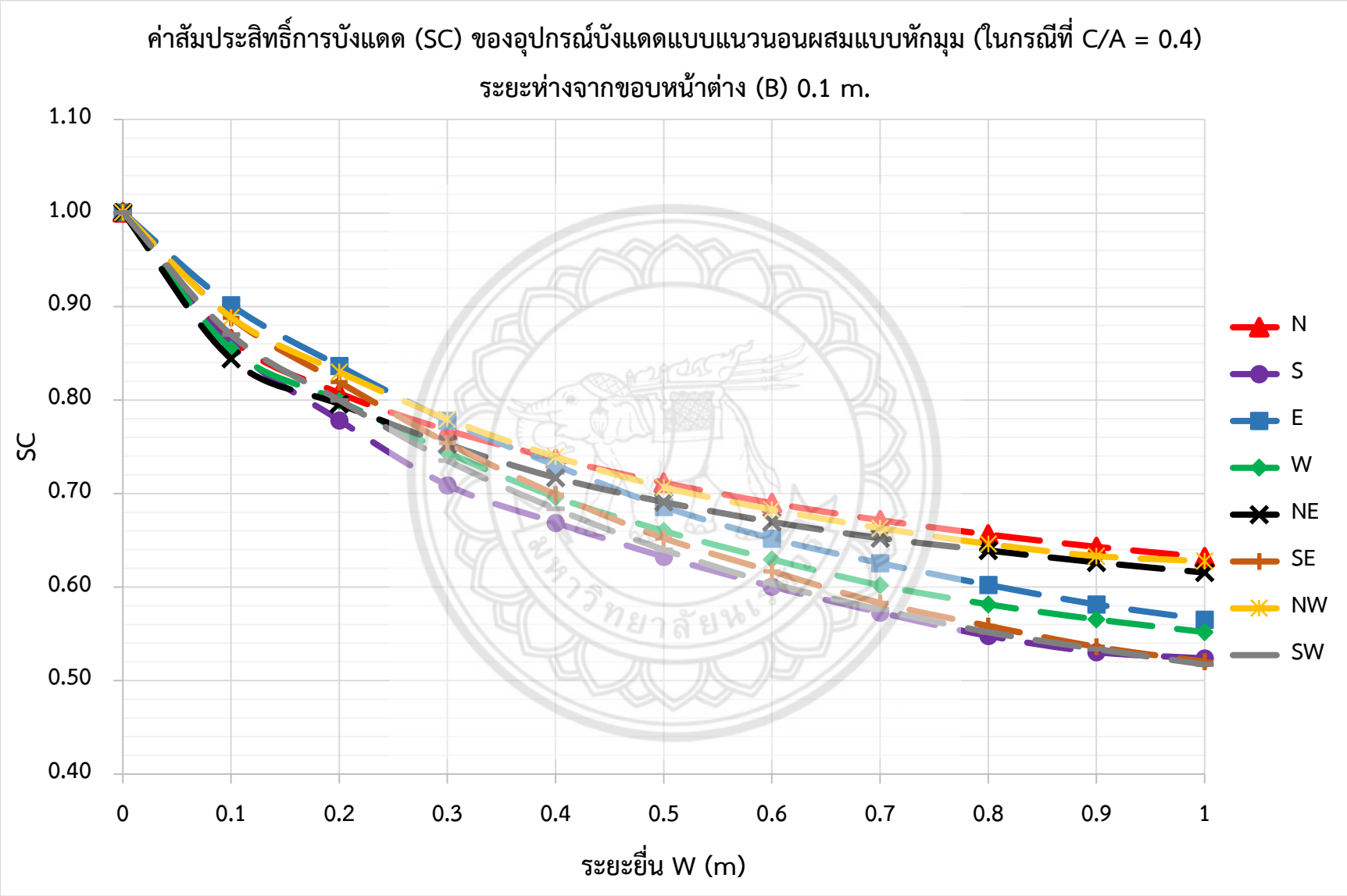
อัตราส่วน W/A	ทิศที่หน้าต่างหันสู่							
	ทิศเหนือ	ทิศใต้	ทิศตะวันออก	ทิศตะวันตก	ทิศตะวันออกเฉียงเหนือ	ทิศตะวันออกเฉียงใต้	ทิศตะวันตกเฉียงเหนือ	ทิศตะวันตกเฉียงใต้
	อัตราส่วน B/A							
	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	1.0008	1.0005	1.0006	1.0005	1.0007	1.0005	1.0007	1.0005
0.1	0.8064	0.7883	0.8369	0.7935	0.7841	0.8213	0.8260	0.8040
0.2	0.7364	0.6988	0.7584	0.7245	0.7236	0.7395	0.7543	0.7215
0.3	0.6937	0.6330	0.6969	0.6654	0.6769	0.6729	0.7017	0.6542
0.4	0.6621	0.5923	0.6478	0.6183	0.6415	0.6169	0.6607	0.6044
0.5	0.6358	0.5556	0.6057	0.5834	0.6150	0.5734	0.6295	0.5605
0.6	0.6142	0.5235	0.5738	0.5526	0.5933	0.5377	0.6057	0.5275
0.7	0.5968	0.4954	0.5481	0.5273	0.5779	0.5073	0.5866	0.5007
0.8	0.5819	0.4739	0.5257	0.5083	0.5650	0.4848	0.5713	0.4799
0.9	0.5698	0.4654	0.5081	0.4939	0.5531	0.4655	0.5596	0.4848
1.0	0.5595	0.4594	0.4933	0.4805	0.5426	0.4510	0.5496	0.4485



รูปที่ ข.24 ค่าสัมประสิทธิ์การบังแดด (SC) ของอุปกรณ์บังแดดแบบแนวนอนผสมแบบหักมุม (ในกรณีที่ C/A = 0.4) ระยะห่างจากขอบหน้าต่าง (B) 0 m.

ตารางที่ ข.29 ค่าสัมประสิทธิ์การบังแดด (SC) ของอุปกรณ์บังแดดแบบแนวนอนผสมแบบหักมุม (ในกรณีที่ C/A =0.4) ระยะห่างจากขอบหน้าต่าง 0.1 m.

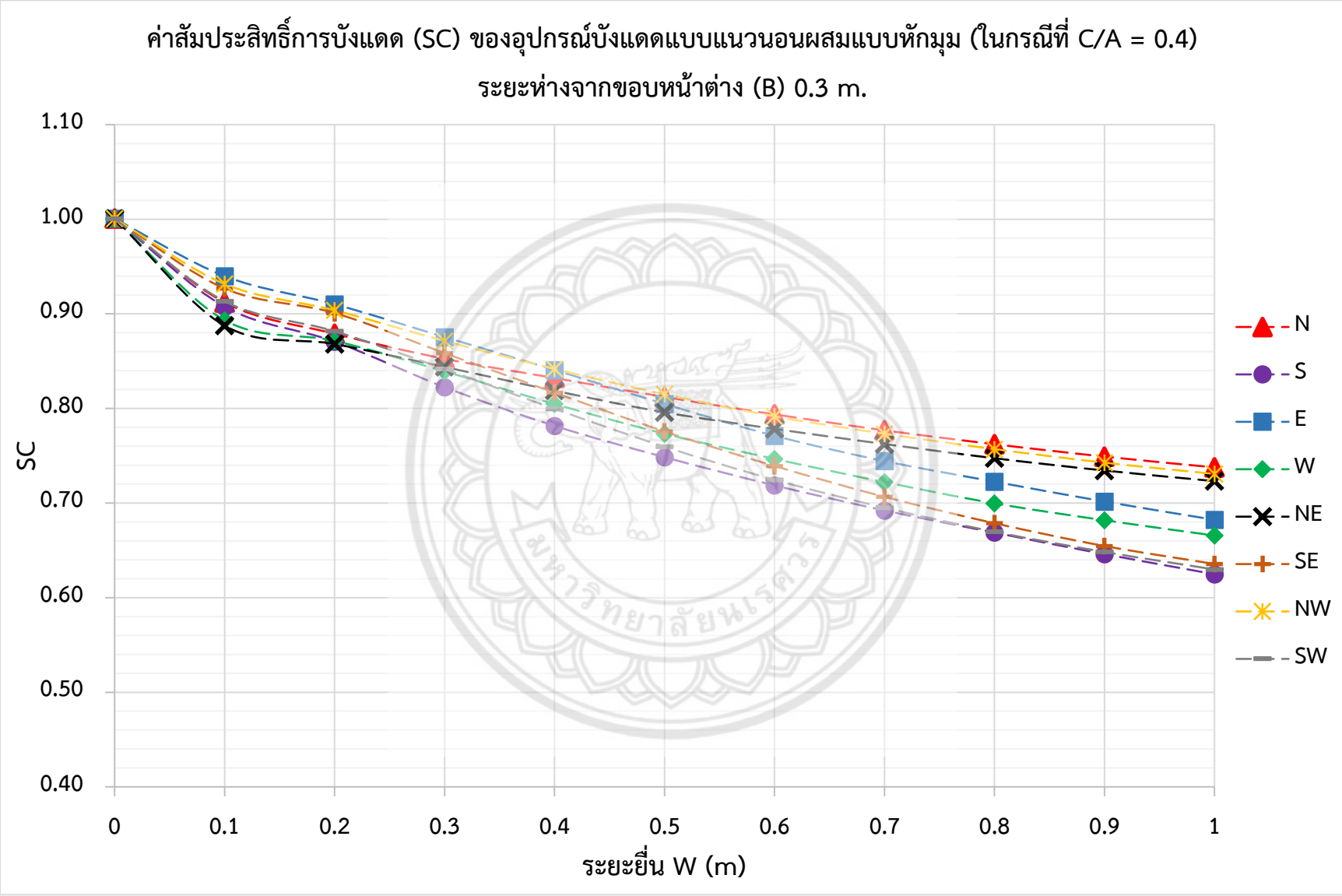
อัตราส่วน W/A	ทิศที่หน้าต่างหันสู่							
	ทิศเหนือ	ทิศใต้	ทิศตะวันออก	ทิศตะวันตก	ทิศตะวันออกเฉียงเหนือ	ทิศตะวันออกเฉียงใต้	ทิศตะวันตกเฉียงเหนือ	ทิศตะวันตกเฉียงใต้
	อัตราส่วน B/A							
	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
0.0	1.0008	1.0005	1.0006	1.0005	1.0007	1.0005	1.0007	1.0005
0.1	0.8651	0.8585	0.9016	0.8545	0.8442	0.8381	0.8884	0.8700
0.2	0.8074	0.7784	0.8365	0.7992	0.7957	0.8192	0.8301	0.7998
0.3	0.7678	0.7089	0.7781	0.7440	0.7527	0.7541	0.7796	0.7352
0.4	0.7373	0.6688	0.7301	0.6962	0.7170	0.6989	0.7394	0.6837
0.5	0.7115	0.6324	0.6859	0.6600	0.6909	0.6523	0.7067	0.6399
0.6	0.6898	0.6006	0.6519	0.6296	0.6697	0.6168	0.6828	0.6039
0.7	0.6715	0.5728	0.6256	0.6019	0.6523	0.5830	0.6630	0.5759
0.8	0.6562	0.5478	0.6023	0.5815	0.6391	0.5584	0.6461	0.5517
0.9	0.6430	0.5304	0.5814	0.5654	0.6264	0.5361	0.6332	0.5337
1.0	0.6320	0.5237	0.5652	0.5518	0.6155	0.5201	0.6277	0.5172



รูปที่ ข.25 ค่าสัมประสิทธิ์การบังแดด (SC) ของอุปกรณ์บังแดดแบบแนวนอนผสมแบบหักมุม (ในกรณีที่ C/A = 0.4) ระยะห่างจากขอบหน้าต่าง (B) 0.1 m.

ตารางที่ ข.30 ค่าสัมประสิทธิ์การบังแดด (SC) ของอุปกรณ์บังแดดแบบแนวนอนผสมแบบหักมุม (ในกรณีที่ C/A =0.4) ระยะห่างจากขอบหน้าต่าง 0.3 m.

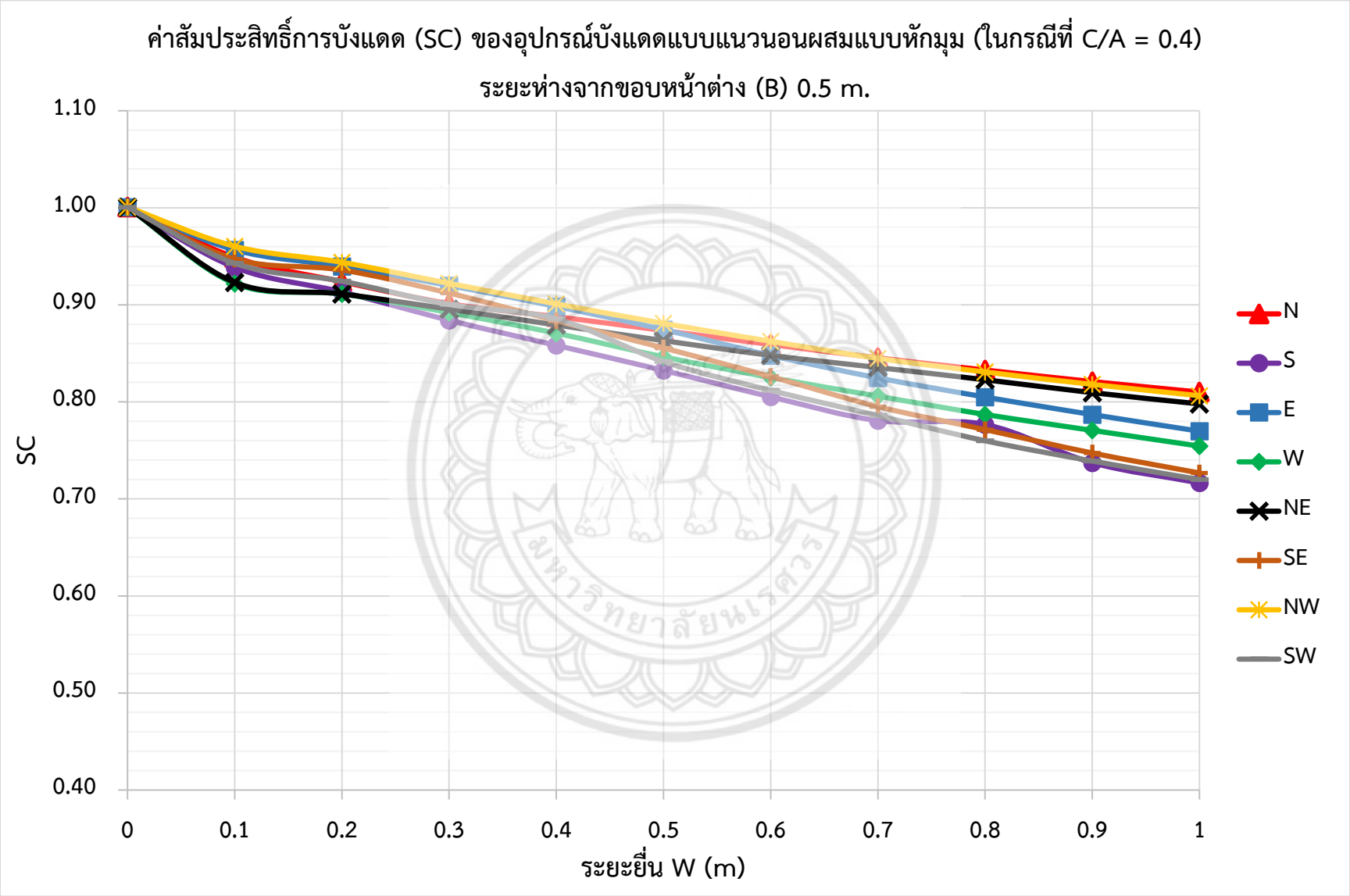
อัตราส่วน W/A	ทิศที่หน้าต่างหันสู่							
	ทิศเหนือ	ทิศใต้	ทิศตะวันออก	ทิศตะวันตก	ทิศตะวันออกเฉียงเหนือ	ทิศตะวันออกเฉียงใต้	ทิศตะวันตกเฉียงเหนือ	ทิศตะวันตกเฉียงใต้
	อัตราส่วน B/A							
	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3
0.0	1.0008	1.0005	1.0006	1.0005	1.0007	1.0005	1.0007	1.0005
0.1	0.9121	0.9076	0.9399	0.8933	0.8875	0.9268	0.9316	0.9133
0.2	0.8790	0.8707	0.9102	0.8714	0.8681	0.9009	0.9038	0.8816
0.3	0.8525	0.8225	0.8755	0.8392	0.8438	0.8585	0.8714	0.8417
0.4	0.8322	0.7816	0.8407	0.8047	0.8188	0.8167	0.8418	0.7996
0.5	0.8121	0.7485	0.8048	0.7733	0.7959	0.7757	0.8150	0.7596
0.6	0.7938	0.7187	0.7711	0.7467	0.7784	0.7392	0.7917	0.7246
0.7	0.7769	0.6922	0.7444	0.7222	0.7624	0.7066	0.7733	0.6951
0.8	0.7622	0.6688	0.7226	0.6997	0.7474	0.6787	0.7570	0.6696
0.9	0.7491	0.6460	0.7016	0.6818	0.7344	0.6546	0.7427	0.6483
1.0	0.7377	0.6248	0.6823	0.6657	0.7232	0.6356	0.7308	0.6298



รูปที่ ข.26 ค่าสัมประสิทธิ์การบังแดด (SC) ของอุปกรณ์บังแดดแบบแนวนอนผสมแบบหักมุม (ในกรณีที่ C/A = 0.4) ระยะห่างจากขอบหน้าต่าง (B) 0.3 m.

ตารางที่ ข.31 ค่าสัมประสิทธิ์การบังแดด (SC) ของอุปกรณ์บังแดดแบบแนวนอนผสมแบบหักมุม (ในกรณีที่ C/A =0.4) ระยะห่างจากขอบหน้าต่าง 0.5 m.

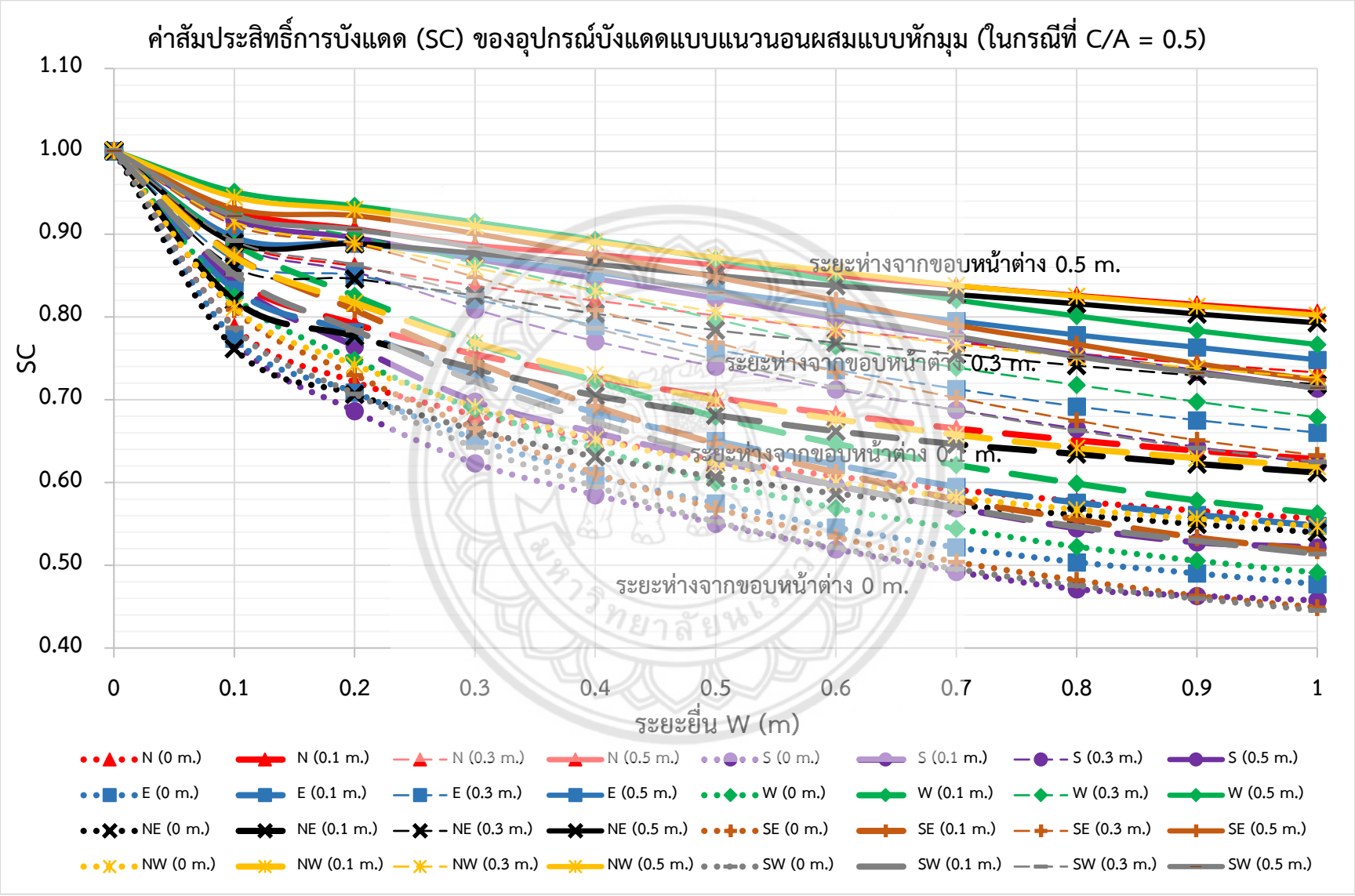
อัตราส่วน W/A	ทิศที่หน้าต่างหันสู่							
	ทิศเหนือ	ทิศใต้	ทิศตะวันออก	ทิศตะวันตก	ทิศตะวันออกเฉียงเหนือ	ทิศตะวันออกเฉียงใต้	ทิศตะวันตกเฉียงเหนือ	ทิศตะวันตกเฉียงใต้
	อัตราส่วน B/A							
	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
0.0	1.0008	1.0005	1.0006	1.0005	1.0007	1.0005	1.0007	1.0005
0.1	0.9489	0.9386	0.9566	0.9220	0.9231	0.9472	0.9603	0.9427
0.2	0.9239	0.9133	0.9396	0.9113	0.9112	0.9359	0.9438	0.9244
0.3	0.9012	0.8841	0.9199	0.8920	0.8956	0.9121	0.9221	0.9004
0.4	0.8878	0.8582	0.8983	0.8707	0.8792	0.8836	0.9010	0.8855
0.5	0.8735	0.8324	0.8745	0.8464	0.8631	0.8556	0.8809	0.8415
0.6	0.8591	0.8052	0.8478	0.8251	0.8479	0.8261	0.8624	0.8118
0.7	0.8454	0.7807	0.8247	0.8059	0.8354	0.7951	0.8448	0.7859
0.8	0.8328	0.7767	0.8050	0.7870	0.8228	0.7714	0.8308	0.7599
0.9	0.8209	0.7373	0.7869	0.7706	0.8095	0.7473	0.8180	0.7390
1.0	0.8101	0.7165	0.7698	0.7544	0.7979	0.7267	0.8063	0.7199



รูปที่ ข.27 ค่าสัมประสิทธิ์การบังแดด (SC) ของอุปกรณ์บังแดดแบบแนวนอนผสมแบบหักมุม (ในกรณีที่ C/A = 0.4) ระยะห่างจากขอบหน้าต่าง (B) 0.5 m.

ตารางที่ ข.32 ค่าสัมประสิทธิ์การบังแดด (SC) ของอุปกรณ์บังแดดแบบแนวนอนผสมแบบหักมุม (ในกรณีที่ C/A = 0.5)

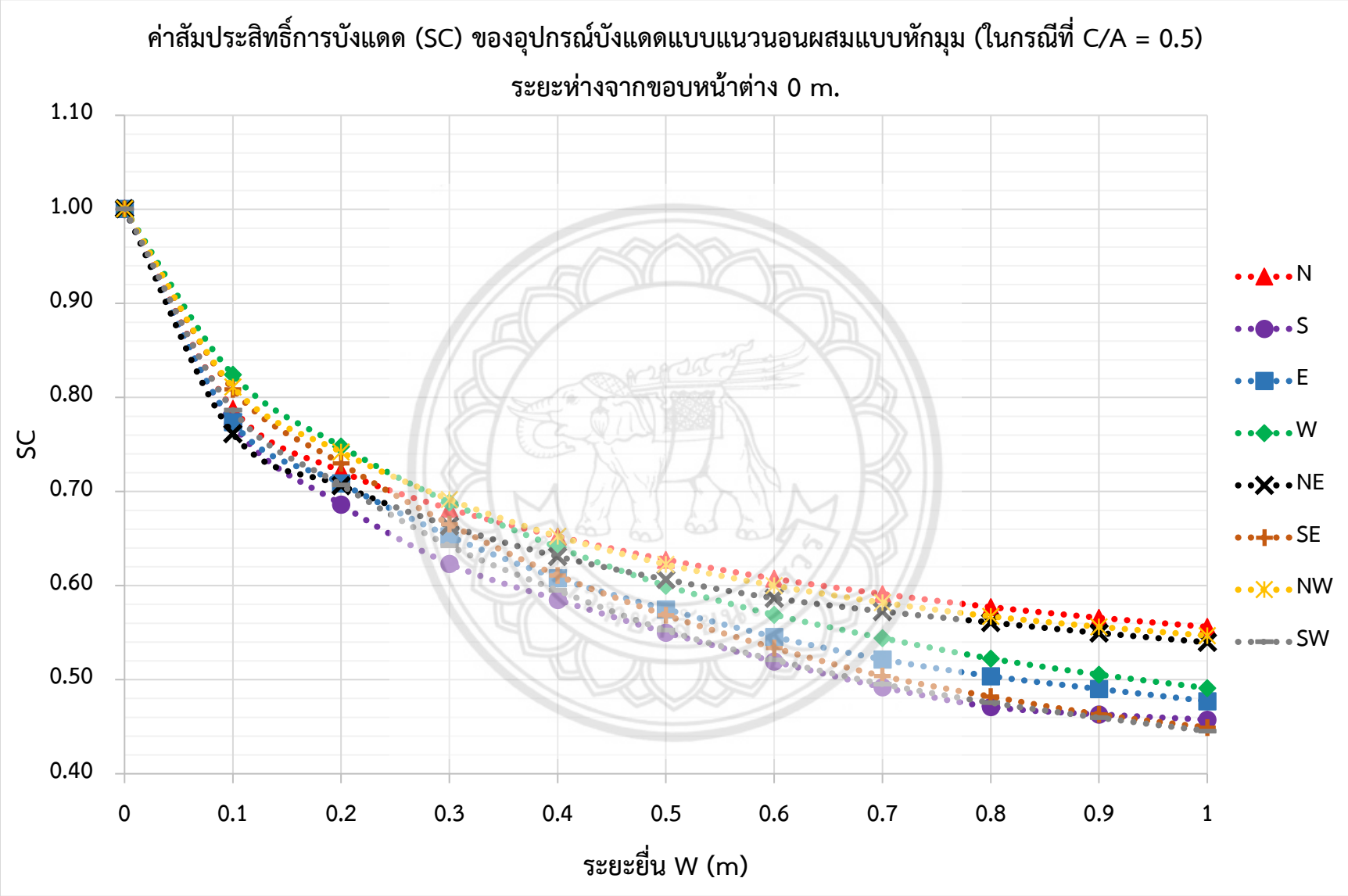
อัตราส่วน W/A	ทิศที่หน้าต่างหันสู่																							
	ทิศเหนือ						ทิศใต้						ทิศตะวันออก						ทิศตะวันตก					
	อัตราส่วน B/A																							
	0.0000	0.1000	0.2000	0.3000	0.4000	0.5000	0.0000	0.1000	0.2000	0.3000	0.4000	0.5000	0.0000	0.1000	0.2000	0.3000	0.4000	0.5000	0.0000	0.1000	0.2000	0.3000	0.4000	0.5000
0	1.0008	1.0008	1.0008	1.0008	1.0008	1.0008	1.0005	1.0005	1.0005	1.0005	1.0005	1.0005	1.0006	1.0006	1.0006	1.0006	1.0006	1.0006	1.0005	1.0005	1.0005	1.0005	1.0005	1.0005
0.1	0.7878	0.8454	0.8710	0.8904	0.9092	0.9284	0.7718	0.8406	0.8675	0.8868	0.9056	0.9170	0.7739	0.8330	0.8543	0.8684	0.8808	0.8965	0.8243	0.8883	0.9119	0.9253	0.9383	0.9512
0.2	0.7215	0.7914	0.8323	0.8611	0.8845	0.9065	0.6862	0.7645	0.8210	0.8543	0.8749	0.8957	0.7088	0.7816	0.8237	0.8501	0.8688	0.8887	0.7480	0.8254	0.8706	0.8977	0.9183	0.9341
0.3	0.6817	0.7549	0.8034	0.8377	0.8639	0.8866	0.6231	0.6979	0.7575	0.8090	0.8482	0.8697	0.6526	0.7296	0.7840	0.8212	0.8495	0.8721	0.6884	0.7688	0.8256	0.8649	0.8928	0.9146
0.4	0.6523	0.7266	0.7801	0.8197	0.8502	0.8753	0.5849	0.6602	0.7207	0.7706	0.8123	0.8462	0.6080	0.6843	0.7435	0.7894	0.8241	0.8537	0.6408	0.7224	0.7851	0.8316	0.8665	0.8932
0.5	0.6276	0.7026	0.7586	0.8016	0.8352	0.8627	0.5502	0.6261	0.6881	0.7399	0.7841	0.8225	0.5749	0.6502	0.7115	0.7604	0.7999	0.8314	0.5999	0.6794	0.7450	0.7971	0.8373	0.8695
0.6	0.6074	0.6823	0.7396	0.7847	0.8206	0.8498	0.5194	0.5960	0.6591	0.7122	0.7577	0.7974	0.5456	0.6214	0.6843	0.7359	0.7775	0.8126	0.5690	0.6466	0.7117	0.7645	0.8075	0.8432
0.7	0.5911	0.6652	0.7232	0.7693	0.8069	0.8374	0.4921	0.5691	0.6334	0.6875	0.7341	0.7746	0.5216	0.5948	0.6588	0.7130	0.7575	0.7950	0.5442	0.6211	0.6857	0.7388	0.7837	0.8204
0.8	0.5772	0.6508	0.7087	0.7556	0.7941	0.8259	0.4711	0.5447	0.6097	0.6650	0.7126	0.7540	0.5037	0.5758	0.6373	0.6918	0.7390	0.7781	0.5224	0.5986	0.6633	0.7178	0.7630	0.8011
0.9	0.5658	0.6384	0.6966	0.7435	0.7826	0.8150	0.4631	0.5277	0.5867	0.6428	0.6916	0.7339	0.4901	0.5608	0.6214	0.6752	0.7222	0.7632	0.5054	0.5782	0.6424	0.6974	0.7439	0.7832
1	0.5561	0.6281	0.6857	0.7328	0.7723	0.8051	0.4575	0.5214	0.5751	0.6220	0.6707	0.7136	0.4772	0.5478	0.6081	0.6602	0.7075	0.7481	0.4910	0.5625	0.6242	0.6787	0.7263	0.7666
อัตราส่วน W/A	ทิศตะวันออกเฉียงเหนือ						ทิศตะวันออกเฉียงใต้						ทิศตะวันตกเฉียงเหนือ						ทิศตะวันตกเฉียงใต้					
	อัตราส่วน B/A																							
	0.0000	0.1000	0.2000	0.3000	0.4000	0.5000	0.0000	0.1000	0.2000	0.3000	0.4000	0.5000	0.0000	0.1000	0.2000	0.3000	0.4000	0.5000	0.0000	0.1000	0.2000	0.3000	0.4000	0.5000
0	1.0007	1.0007	1.0007	1.0007	1.0007	1.0007	1.0005	1.0005	1.0005	1.0005	1.0005	1.0005	1.0007	1.0007	1.0007	1.0007	1.0007	1.0007	1.0005	1.0005	1.0005	1.0005	1.0005	1.0005
0.1	0.7617	0.8198	0.8431	0.8600	0.8767	0.8897	0.8087	0.8744	0.8987	0.9107	0.9208	0.9308	0.8112	0.8728	0.8986	0.9146	0.9296	0.9446	0.7866	0.8513	0.8769	0.8921	0.9064	0.9218
0.2	0.7064	0.7766	0.8184	0.8458	0.8671	0.8883	0.7299	0.8084	0.8582	0.8880	0.9069	0.9223	0.7421	0.8170	0.8609	0.8893	0.9113	0.9299	0.7070	0.7839	0.8323	0.8631	0.8865	0.9055
0.3	0.6634	0.7376	0.7896	0.8257	0.8530	0.8767	0.6654	0.7456	0.8053	0.8481	0.8776	0.9007	0.6916	0.7688	0.8214	0.8591	0.8877	0.9100	0.6424	0.7220	0.7820	0.8260	0.8582	0.8838
0.4	0.6310	0.7050	0.7616	0.8039	0.8367	0.8636	0.6109	0.6922	0.7576	0.8082	0.8462	0.8744	0.6524	0.7304	0.7886	0.8313	0.8640	0.8905	0.5949	0.6730	0.7362	0.7864	0.8255	0.8573
0.5	0.6065	0.6813	0.7388	0.7839	0.8196	0.8501	0.5685	0.6469	0.7130	0.7689	0.8132	0.8480	0.6226	0.6992	0.7595	0.8060	0.8425	0.8718	0.5526	0.6309	0.6956	0.7484	0.7923	0.8289
0.6	0.5866	0.6620	0.7212	0.7687	0.8068	0.8375	0.5337	0.6123	0.6786	0.7335	0.7800	0.8199	0.6000	0.6764	0.7363	0.7840	0.8225	0.8545	0.5211	0.5964	0.6598	0.7151	0.7621	0.8010
0.7	0.5726	0.6462	0.7212	0.7547	0.7948	0.8269	0.5039	0.5792	0.6451	0.7020	0.7515	0.7899	0.5819	0.6576	0.7181	0.7669	0.8062	0.8380	0.4954	0.5697	0.6324	0.6871	0.7334	0.7766
0.8	0.5608	0.6343	0.6928	0.7412	0.7821	0.8158	0.4820	0.5553	0.6189	0.6747	0.7247	0.7670	0.5673	0.6416	0.7020	0.7515	0.7921	0.8250	0.4755	0.5466	0.6084	0.6627	0.7101	0.7520
0.9	0.5496	0.6223	0.6812	0.7291	0.7692	0.8035	0.4631	0.5334	0.5963	0.6511	0.6995	0.7436	0.5562	0.6294	0.6887	0.7380	0.7793	0.8130	0.4596	0.5294	0.5899	0.6415	0.6915	0.7323
1	0.5397	0.6120	0.6705	0.7186	0.7591	0.7928	0.4490	0.5177	0.5776	0.6327	0.6804	0.7236	0.5468	0.6194	0.6783	0.7266	0.7677	0.8021	0.4454	0.5136	0.5733	0.6249	0.6720	0.7142



รูปที่ ข.28 ค่าสัมประสิทธิ์การบังแดด (SC) ของอุปกรณ์บังแดดแบบแนวนอนผสมแบบหักมุม (ในกรณีที่ C/A = 0.5)

ตารางที่ ข.33 ค่าสัมประสิทธิ์การบังแดด (SC) ของอุปกรณ์บังแดดแบบแนวนอนผสมแบบหักมุม (ในกรณีที่ C/A =0.5) ระยะห่างจากขอบหน้าต่าง 0 m.

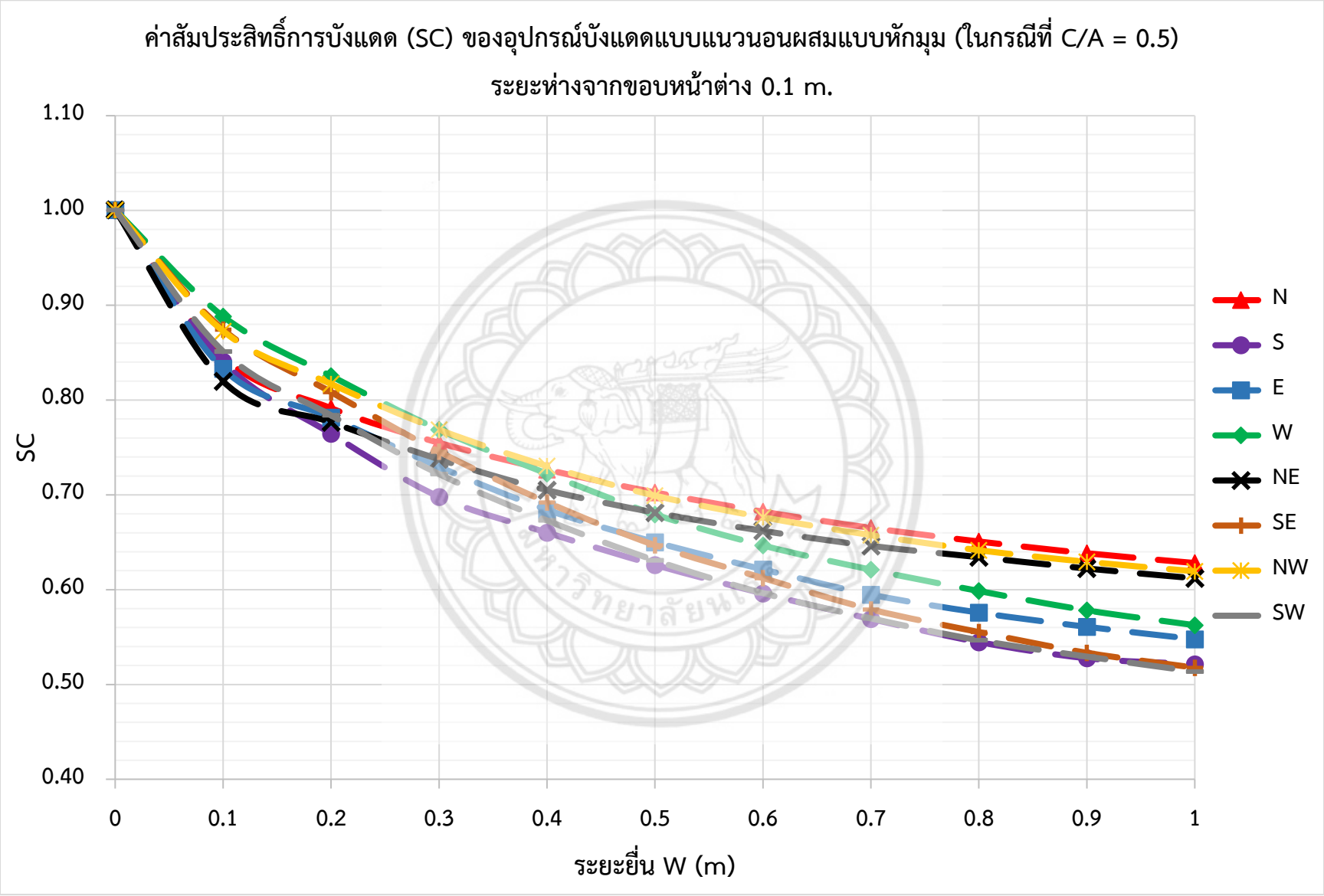
อัตราส่วน W/A	ทิศที่หน้าต่างหันสู่							
	ทิศเหนือ	ทิศใต้	ทิศตะวันออก	ทิศตะวันตก	ทิศตะวันออกเฉียงเหนือ	ทิศตะวันออกเฉียงใต้	ทิศตะวันตกเฉียงเหนือ	ทิศตะวันตกเฉียงใต้
	อัตราส่วน B/A							
	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	1.0008	1.0005	1.0006	1.0005	1.0007	1.0005	1.0007	1.0005
0.1	0.7878	0.7718	0.7739	0.8243	0.7617	0.8087	0.8112	0.7866
0.2	0.7215	0.6862	0.7088	0.7480	0.7064	0.7299	0.7421	0.7070
0.3	0.6817	0.6231	0.6526	0.6884	0.6634	0.6654	0.6916	0.6424
0.4	0.6523	0.5849	0.6080	0.6408	0.6310	0.6109	0.6524	0.5949
0.5	0.6276	0.5502	0.5749	0.5999	0.6065	0.5685	0.6226	0.5526
0.6	0.6074	0.5194	0.5456	0.5690	0.5866	0.5337	0.6000	0.5211
0.7	0.5911	0.4921	0.5216	0.5442	0.5726	0.5039	0.5819	0.4954
0.8	0.5772	0.4711	0.5037	0.5224	0.5608	0.4820	0.5673	0.4755
0.9	0.5658	0.4631	0.4901	0.5054	0.5496	0.4631	0.5562	0.4596
1.0	0.5561	0.4575	0.4772	0.4910	0.5397	0.4490	0.5468	0.4454



รูปที่ ข.29 ค่าสัมประสิทธิ์การบังแดด (SC) ของอุปกรณ์บังแดดแบบแนวนอนผสมแบบหักมุม (ในกรณีที่ C/A = 0.5) ระยะห่างจากขอบหน้าต่าง 0 m.

ตารางที่ ข.34 ค่าสัมประสิทธิ์การบังแดด (SC) ของอุปกรณ์บังแดดแบบแนวนอนผสมแบบหักมุม (ในกรณีที่ C/A =0.5) ระยะห่างจากขอบหน้าต่าง 0.1 m.

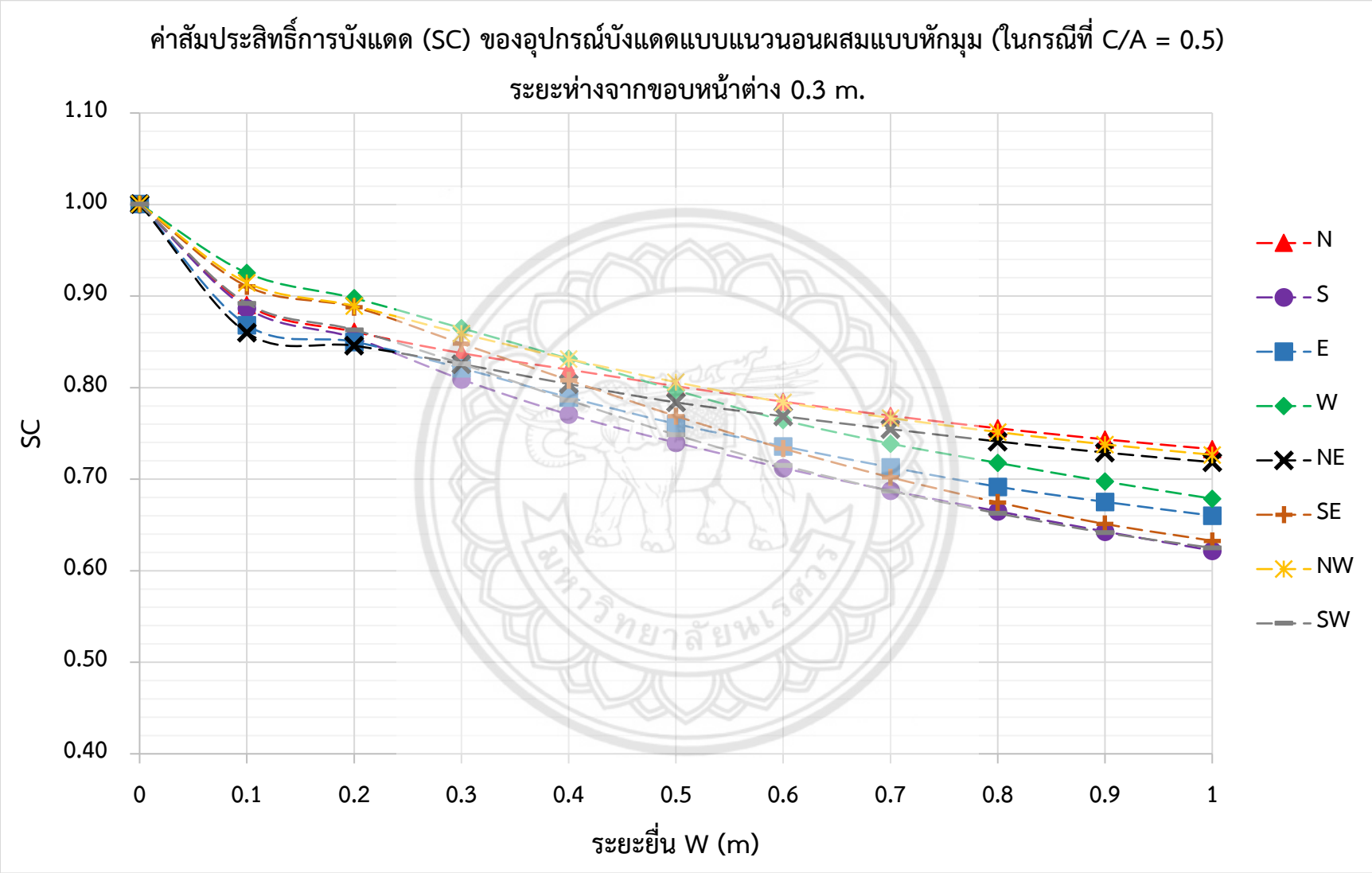
อัตราส่วน W/A	ทิศที่หน้าต่างหันสู่							
	ทิศเหนือ	ทิศใต้	ทิศตะวันออก	ทิศตะวันตก	ทิศตะวันออกเฉียงเหนือ	ทิศตะวันออกเฉียงใต้	ทิศตะวันตกเฉียงเหนือ	ทิศตะวันตกเฉียงใต้
	อัตราส่วน B/A							
	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
0.0	1.0008	1.0005	1.0006	1.0005	1.0007	1.0005	1.0007	1.0005
0.1	0.8454	0.8406	0.8330	0.8883	0.8198	0.8744	0.8728	0.8513
0.2	0.7914	0.7645	0.7816	0.8254	0.7766	0.8084	0.8170	0.7839
0.3	0.7549	0.6979	0.7296	0.7688	0.7376	0.7456	0.7688	0.7220
0.4	0.7266	0.6602	0.6843	0.7224	0.7050	0.6922	0.7304	0.6730
0.5	0.7026	0.6261	0.6502	0.6794	0.6813	0.6469	0.6992	0.6309
0.6	0.6823	0.5960	0.6214	0.6466	0.6620	0.6123	0.6764	0.5964
0.7	0.6652	0.5691	0.5948	0.6211	0.6462	0.5792	0.6576	0.5697
0.8	0.6508	0.5447	0.5758	0.5986	0.6343	0.5553	0.6416	0.5466
0.9	0.6384	0.5277	0.5608	0.5782	0.6223	0.5334	0.6294	0.5294
1.0	0.6281	0.5214	0.5478	0.5625	0.6120	0.5177	0.6194	0.5136



รูปที่ ข.30 ค่าสัมประสิทธิ์การบังแดด (SC) ของอุปกรณ์บังแดดแบบแนวนอนผสมแบบหักมุม (ในกรณีที่ C/A = 0.5) ระยะห่างจากขอบหน้าต่าง 0.1 m.

ตารางที่ ข.35 ค่าสัมประสิทธิ์การบังแดด (SC) ของอุปกรณ์บังแดดแบบแนวนอนผสมแบบหักมุม (ในกรณีที่ C/A =0.5) ระยะห่างจากขอบหน้าต่าง 0.3 m.

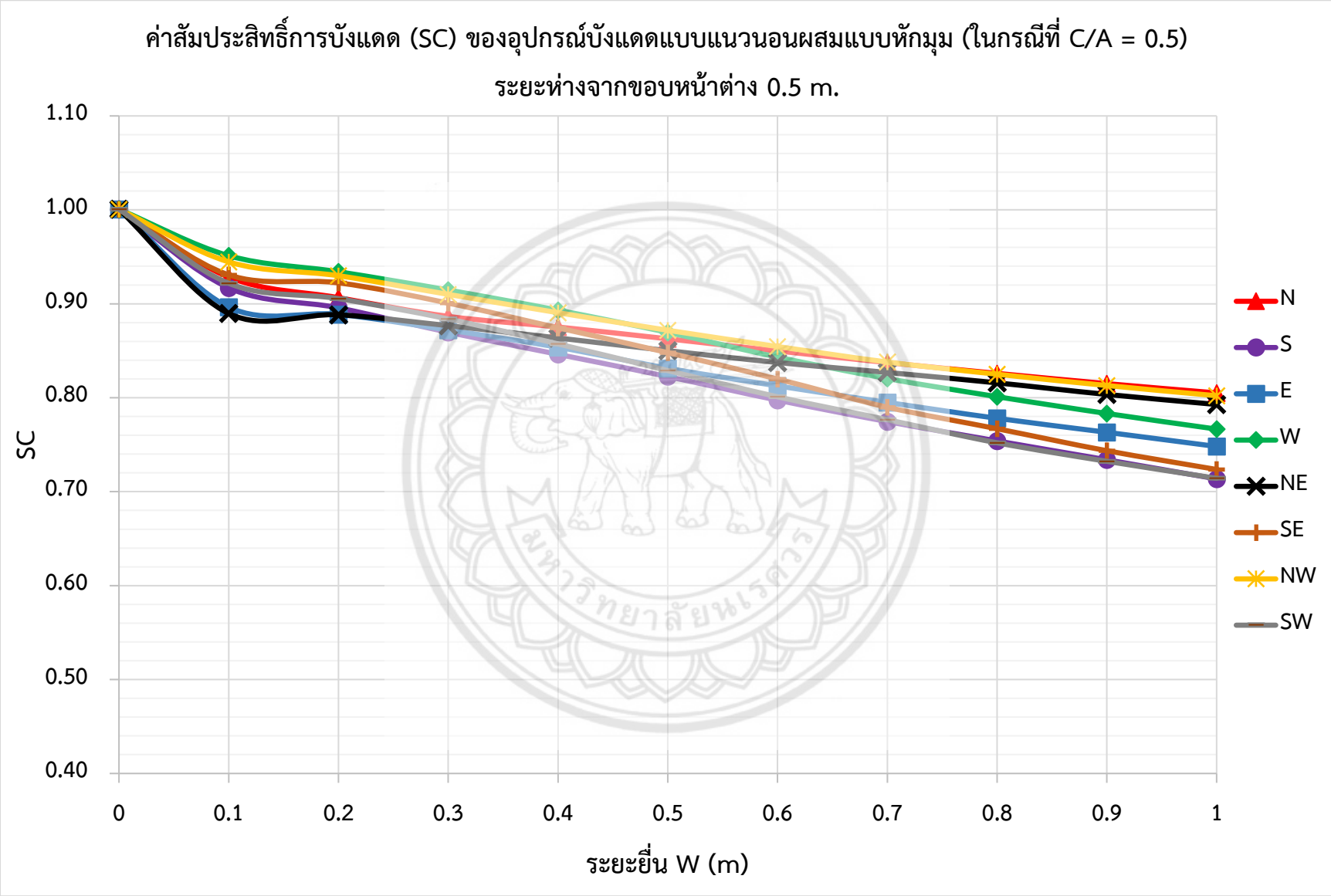
อัตราส่วน W/A	ทิศที่หน้าต่างหันสู่							
	ทิศเหนือ	ทิศใต้	ทิศตะวันออก	ทิศตะวันตก	ทิศตะวันออกเฉียงเหนือ	ทิศตะวันออกเฉียงใต้	ทิศตะวันตกเฉียงเหนือ	ทิศตะวันตกเฉียงใต้
	อัตราส่วน B/A							
	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3
0.0	1.0008	1.0005	1.0006	1.0005	1.0007	1.0005	1.0007	1.0005
0.1	0.8904	0.8868	0.8684	0.9253	0.8600	0.9107	0.9146	0.8921
0.2	0.8611	0.8543	0.8501	0.8977	0.8458	0.8880	0.8893	0.8631
0.3	0.8377	0.8090	0.8212	0.8649	0.8257	0.8481	0.8591	0.8260
0.4	0.8197	0.7706	0.7894	0.8316	0.8039	0.8082	0.8313	0.7864
0.5	0.8016	0.7399	0.7604	0.7971	0.7839	0.7689	0.8060	0.7484
0.6	0.7847	0.7122	0.7359	0.7645	0.7687	0.7335	0.7840	0.7151
0.7	0.7693	0.6875	0.7130	0.7388	0.7547	0.7020	0.7669	0.6871
0.8	0.7556	0.6650	0.6918	0.7178	0.7412	0.6747	0.7515	0.6627
0.9	0.7435	0.6428	0.6752	0.6974	0.7291	0.6511	0.7380	0.6415
1.0	0.7328	0.6220	0.6602	0.6787	0.7186	0.6327	0.7266	0.6249



รูปที่ ข.31 ค่าสัมประสิทธิ์การบังแดด (SC) ของอุปกรณ์บังแดดแบบแนวนอนผสมแบบหักมุม (ในกรณีที่ C/A = 0.5) ระยะห่างจากขอบหน้าต่าง 0.3 m.

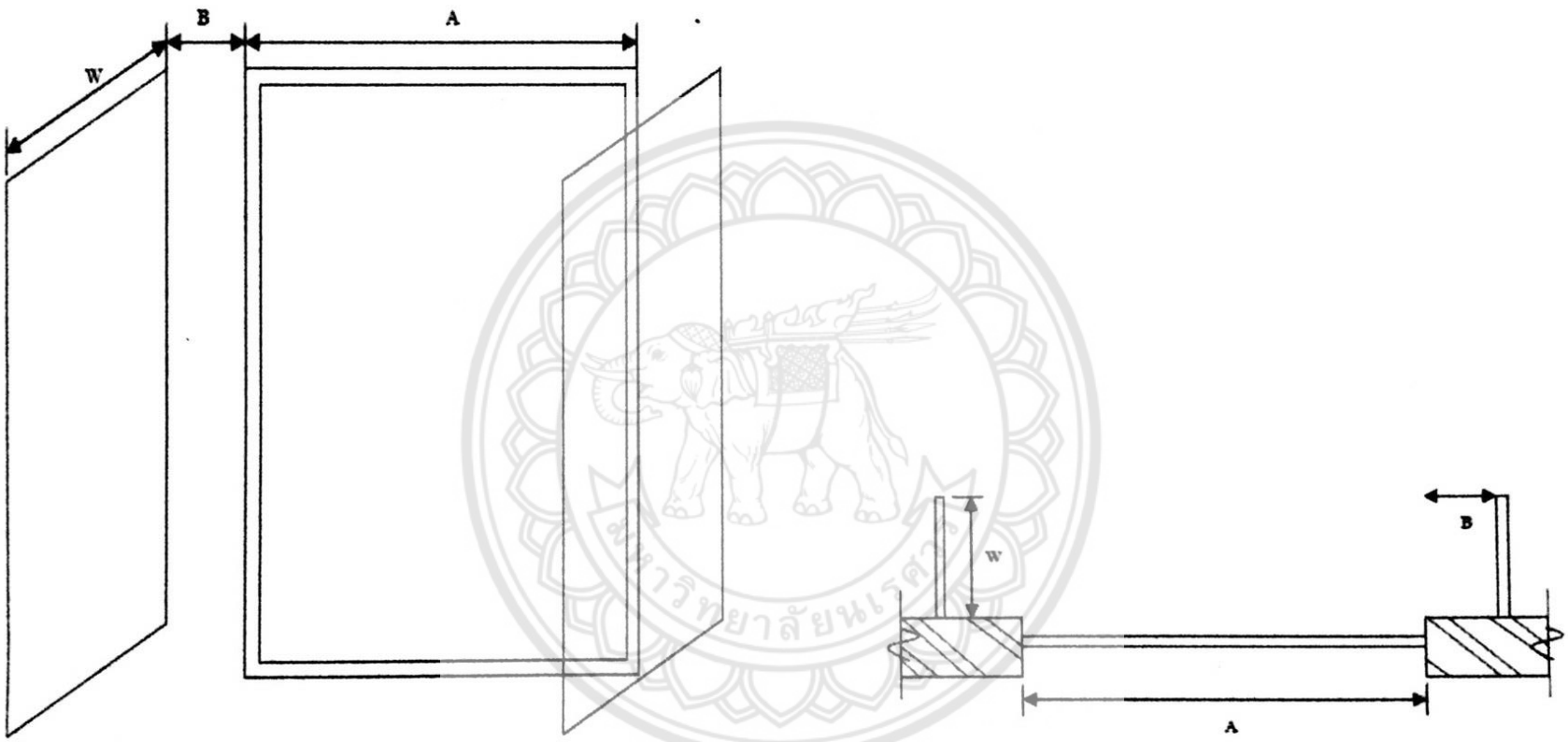
ตารางที่ ข.36 ค่าสัมประสิทธิ์การบังแดด (SC) ของอุปกรณ์บังแดดแบบแนวนอนผสมแบบหักมุม (ในกรณีที่ C/A =0.5) ระยะห่างจากขอบหน้าต่าง 0.5 m.

อัตราส่วน W/A	ทิศที่หน้าต่างหันสู่							
	ทิศเหนือ	ทิศใต้	ทิศตะวันออก	ทิศตะวันตก	ทิศตะวันออกเฉียงเหนือ	ทิศตะวันออกเฉียงใต้	ทิศตะวันตกเฉียงเหนือ	ทิศตะวันตกเฉียงใต้
	อัตราส่วน B/A							
	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
0.0	1.0008	1.0005	1.0006	1.0005	1.0007	1.0005	1.0007	1.0005
0.1	0.9284	0.9170	0.8965	0.9512	0.8897	0.9308	0.9446	0.9218
0.2	0.9065	0.8957	0.8887	0.9341	0.8883	0.9223	0.9299	0.9055
0.3	0.8866	0.8697	0.8721	0.9146	0.8767	0.9007	0.9100	0.8838
0.4	0.8753	0.8462	0.8537	0.8932	0.8636	0.8744	0.8905	0.8573
0.5	0.8627	0.8225	0.8314	0.8695	0.8501	0.8480	0.8718	0.8289
0.6	0.8498	0.7974	0.8126	0.8432	0.8375	0.8199	0.8545	0.8010
0.7	0.8374	0.7746	0.7950	0.8204	0.8269	0.7899	0.8380	0.7766
0.8	0.8259	0.7540	0.7781	0.8011	0.8158	0.7670	0.8250	0.7520
0.9	0.8150	0.7339	0.7632	0.7832	0.8035	0.7436	0.8130	0.7323
1.0	0.8051	0.7136	0.7481	0.7666	0.7928	0.7236	0.8021	0.7142



รูปที่ ข.32 ค่าสัมประสิทธิ์การบังแดด (SC) ของอุปกรณ์บังแดดแบบแนวนอนผสมแบบหักมุม (ในกรณีที่ C/A = 0.5) ระยะห่างจากขอบหน้าต่าง 0.5 m.

อุปกรณ์บังแดดแบบแนวตั้ง (Fin)



รูปที่ ข.33 แสดงรูปแบบการกำหนดตัวแปรของอุปกรณ์บังแดดแบบแนวตั้ง (Fin)

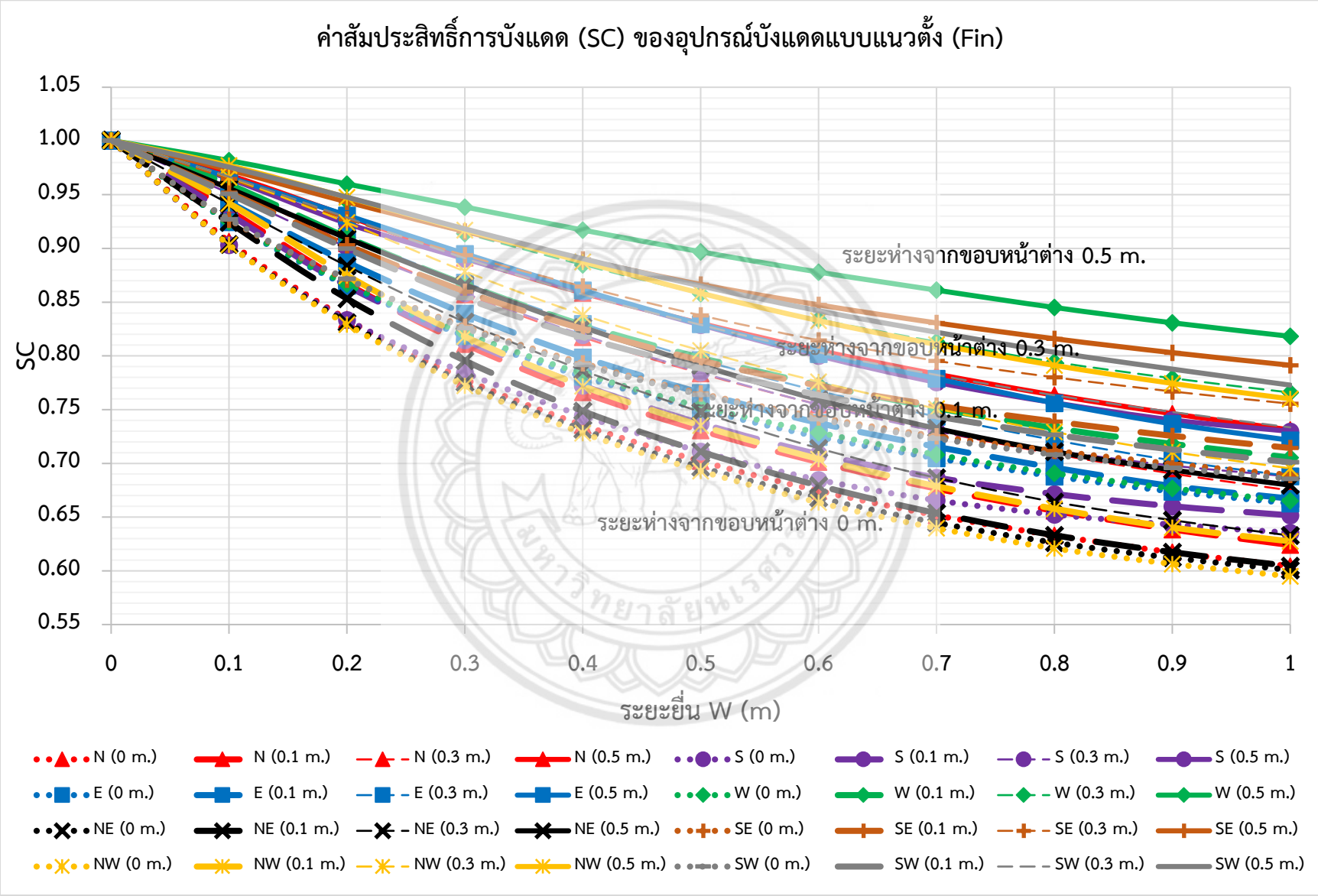
เมื่อ W คือ ระยะยื่นของอุปกรณ์บังแดด

B คือ ระยะห่างจากขอบหน้าต่าง

A คือ ความสูงของหน้าต่าง

ตารางที่ ข.37 ค่าสัมประสิทธิ์การบังแดด (SC) ของอุปกรณ์บังแดดแบบแนวตั้ง (Fin)

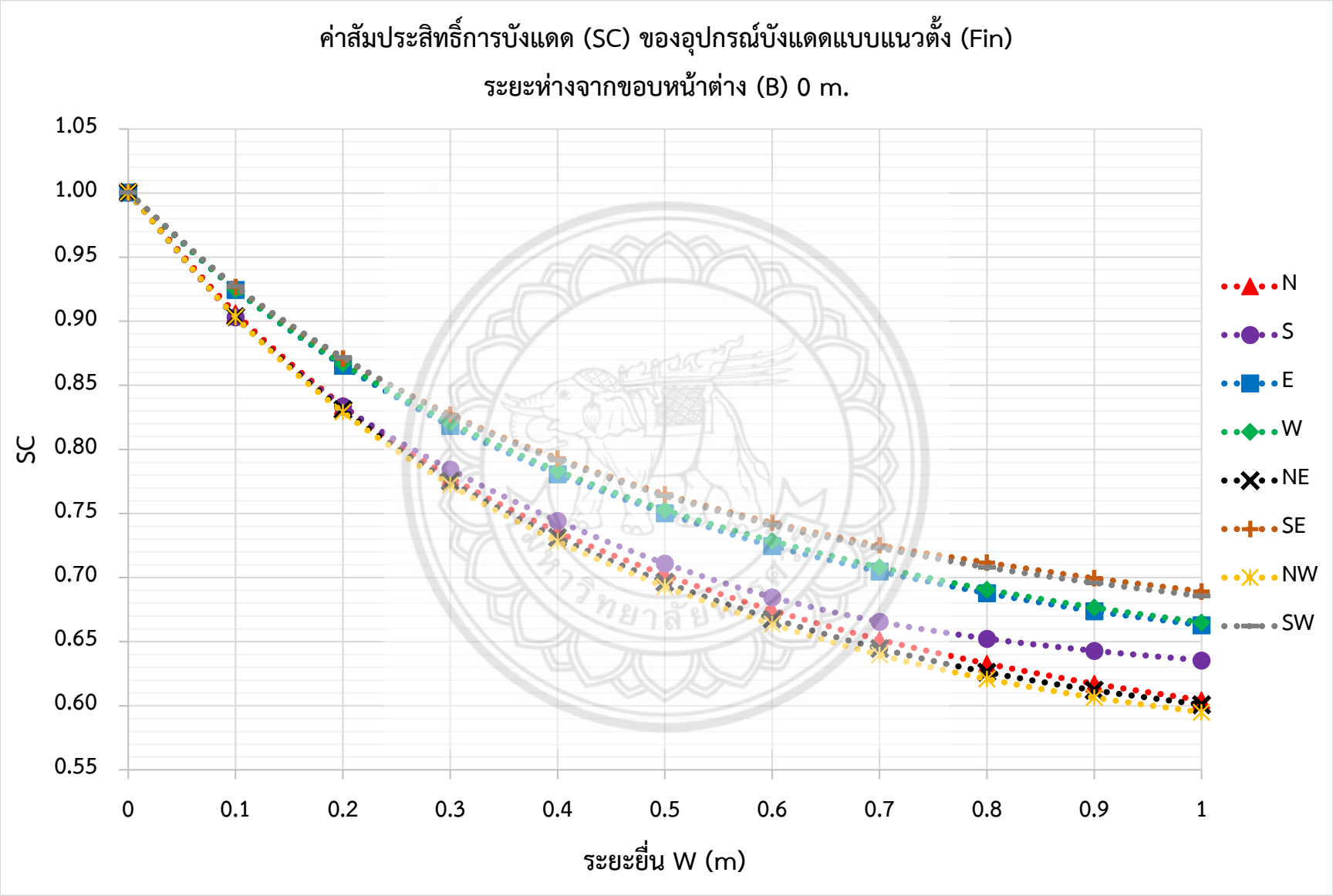
อัตราส่วน W/A	ทิศที่หน้าต่างหันสู่																							
	ทิศเหนือ						ทิศใต้						ทิศตะวันออก						ทิศตะวันตก					
	อัตราส่วน B/A																							
	0.0000	0.1000	0.2000	0.3000	0.4000	0.5000	0.0000	0.1000	0.2000	0.3000	0.4000	0.5000	0.0000	0.1000	0.2000	0.3000	0.4000	0.5000	0.0000	0.1000	0.2000	0.3000	0.4000	0.5000
0	1.0008	1.0008	1.0008	1.0008	1.0008	1.0008	1.0005	1.0005	1.0005	1.0005	1.0005	1.0005	1.0006	1.0006	1.0006	1.0006	1.0006	1.0006	1.0005	1.0005	1.0005	1.0005	1.0005	1.0005
0.1	0.9063	0.9354	0.9483	0.9566	0.9626	0.9683	0.9032	0.9319	0.9436	0.9513	0.9583	0.9649	0.9246	0.9430	0.9504	0.9561	0.9612	0.9662	0.9250	0.9595	0.9691	0.9744	0.9785	0.9818
0.2	0.8341	0.8672	0.8890	0.9048	0.9181	0.9302	0.8336	0.8652	0.8862	0.9013	0.9126	0.9233	0.8655	0.8872	0.9004	0.9112	0.9210	0.9308	0.8669	0.9104	0.9320	0.9445	0.9527	0.9600
0.3	0.7784	0.8111	0.8858	0.8573	0.8751	0.8914	0.7843	0.8146	0.8384	0.8583	0.8756	0.8904	0.8184	0.8394	0.8545	0.8683	0.8818	0.8951	0.8210	0.8666	0.8960	0.9140	0.9276	0.9386
0.4	0.7356	0.7661	0.7936	0.8174	0.8747	0.8585	0.7443	0.7724	0.7977	0.8195	0.8403	0.8597	0.7807	0.7988	0.8149	0.8299	0.8452	0.8611	0.7834	0.8287	0.8612	0.8847	0.9026	0.9171
0.5	0.7021	0.7307	0.7581	0.7837	0.8076	0.8303	0.7110	0.7372	0.7614	0.7846	0.8069	0.8288	0.7503	0.7657	0.7814	0.7963	0.8124	0.8296	0.7528	0.7983	0.8311	0.8578	0.8791	0.8969
0.6	0.6745	0.7012	0.7286	0.7548	0.7804	0.8051	0.6847	0.7085	0.7314	0.7546	0.7768	0.8001	0.7247	0.7376	0.7525	0.7673	0.7836	0.8020	0.7286	0.7731	0.8063	0.8340	0.8582	0.8780
0.7	0.6516	0.6765	0.7031	0.7301	0.7566	0.7830	0.6656	0.6868	0.7075	0.7299	0.7522	0.7754	0.7048	0.7154	0.7287	0.7436	0.7598	0.7788	0.7081	0.7515	0.7853	0.8132	0.8388	0.8612
0.8	0.6329	0.6559	0.6818	0.7088	0.7361	0.7635	0.6524	0.6715	0.6910	0.7119	0.7334	0.7564	0.6879	0.6960	0.7076	0.7216	0.7374	0.7562	0.6907	0.7328	0.7665	0.7944	0.8209	0.8451
0.9	0.6172	0.6385	0.6636	0.6905	0.7180	0.7462	0.6429	0.6601	0.6779	0.6979	0.7185	0.7404	0.6738	0.6789	0.6898	0.7028	0.7180	0.7367	0.6767	0.7181	0.7514	0.7792	0.8056	0.8308
1	0.6043	0.6240	0.6482	0.6748	0.7025	0.7311	0.6354	0.6516	0.6686	0.6878	0.7080	0.7298	0.6628	0.6672	0.6759	0.6881	0.7032	0.7215	0.6650	0.7054	0.7384	0.7659	0.7922	0.8182
อัตราส่วน W/A	ทิศตะวันออกเฉียงเหนือ						ทิศตะวันออกเฉียงใต้						ทิศตะวันตกเฉียงเหนือ						ทิศตะวันตกเฉียงใต้					
	อัตราส่วน B/A																							
	0.0000	0.1000	0.2000	0.3000	0.4000	0.5000	0.0000	0.1000	0.2000	0.3000	0.4000	0.5000	0.0000	0.1000	0.2000	0.3000	0.4000	0.5000	0.0000	0.1000	0.2000	0.3000	0.4000	0.5000
0	1.0007	1.0007	1.0007	1.0007	1.0007	1.0007	1.0005	1.0005	1.0005	1.0005	1.0005	1.0005	1.0007	1.0007	1.0007	1.0007	1.0007	1.0007	1.0005	1.0005	1.0005	1.0005	1.0005	1.0005
0.1	0.9037	0.9243	0.9340	0.9415	0.9487	0.9559	0.9268	0.9521	0.8488	0.9647	0.9689	0.9731	0.9034	0.9420	0.9580	0.9663	0.9722	0.9772	0.9272	0.9507	0.9603	0.9667	0.9713	0.9757
0.2	0.8310	0.8533	0.8698	0.8837	0.8966	0.9094	0.8710	0.9030	0.9177	0.9272	0.9357	0.9433	0.8292	0.8748	0.9036	0.9241	0.9372	0.9475	0.8718	0.8999	0.9166	0.9288	0.9386	0.9477
0.3	0.7752	0.7956	0.8140	0.8315	0.8488	0.8662	0.8273	0.8599	0.8809	0.8937	0.9048	0.9158	0.7724	0.8180	0.8520	0.8787	0.9009	0.9172	0.8259	0.8539	0.8744	0.8909	0.9050	0.9182
0.4	0.7314	0.7487	0.7673	0.7865	0.8064	0.8267	0.7932	0.8251	0.8476	0.8646	0.8773	0.8898	0.7282	0.7719	0.8092	0.8382	0.8645	0.8876	0.7916	0.8174	0.8390	0.8572	0.8742	0.8905
0.5	0.6964	0.7109	0.7282	0.7478	0.7690	0.7913	0.7651	0.7958	0.8186	0.8377	0.8531	0.8665	0.6929	0.7351	0.7730	0.8050	0.8330	0.8584	0.7638	0.7885	0.8092	0.8289	0.8471	0.8651
0.6	0.6679	0.6793	0.6951	0.7140	0.7356	0.7592	0.7429	0.7723	0.7951	0.8145	0.8321	0.8475	0.6636	0.7041	0.7418	0.7760	0.8055	0.8328	0.7410	0.7635	0.7834	0.8033	0.8225	0.8420
0.7	0.6447	0.6537	0.6681	0.6865	0.7080	0.7325	0.7252	0.7538	0.7762	0.7954	0.8133	0.8307	0.6397	0.6787	0.7159	0.7509	0.7819	0.8106	0.7231	0.7437	0.7628	0.7823	0.8019	0.8220
0.8	0.6262	0.6331	0.6463	0.6641	0.6857	0.7109	0.7117	0.7390	0.7612	0.7801	0.7980	0.8160	0.6209	0.6578	0.6943	0.7292	0.7617	0.7912	0.7080	0.7266	0.7446	0.7634	0.7829	0.8034
0.9	0.6121	0.6173	0.6296	0.6471	0.6685	0.6939	0.6995	0.7256	0.7476	0.7669	0.7848	0.8030	0.6064	0.6403	0.6760	0.7107	0.7438	0.7744	0.6959	0.7129	0.7298	0.7478	0.7669	0.7877
1	0.6008	0.6044	0.6157	0.6328	0.6542	0.6797	0.6892	0.7143	0.7359	0.7555	0.7732	0.7913	0.5949	0.6274	0.6609	0.6953	0.7284	0.7600	0.6856	0.7010	0.7166	0.7335	0.7522	0.7728



รูปที่ ข.34 ค่าสัมประสิทธิ์การบังแดด (SC) ของอุปกรณ์บังแดดแบบแนวตั้ง (Fin)

ตารางที่ ข.38 ค่าสัมประสิทธิ์การบังแดด (SC) ของอุปกรณ์บังแดดแบบแนวตั้ง (Fin) ระยะห่างจากขอบหน้าต่าง 0 m.

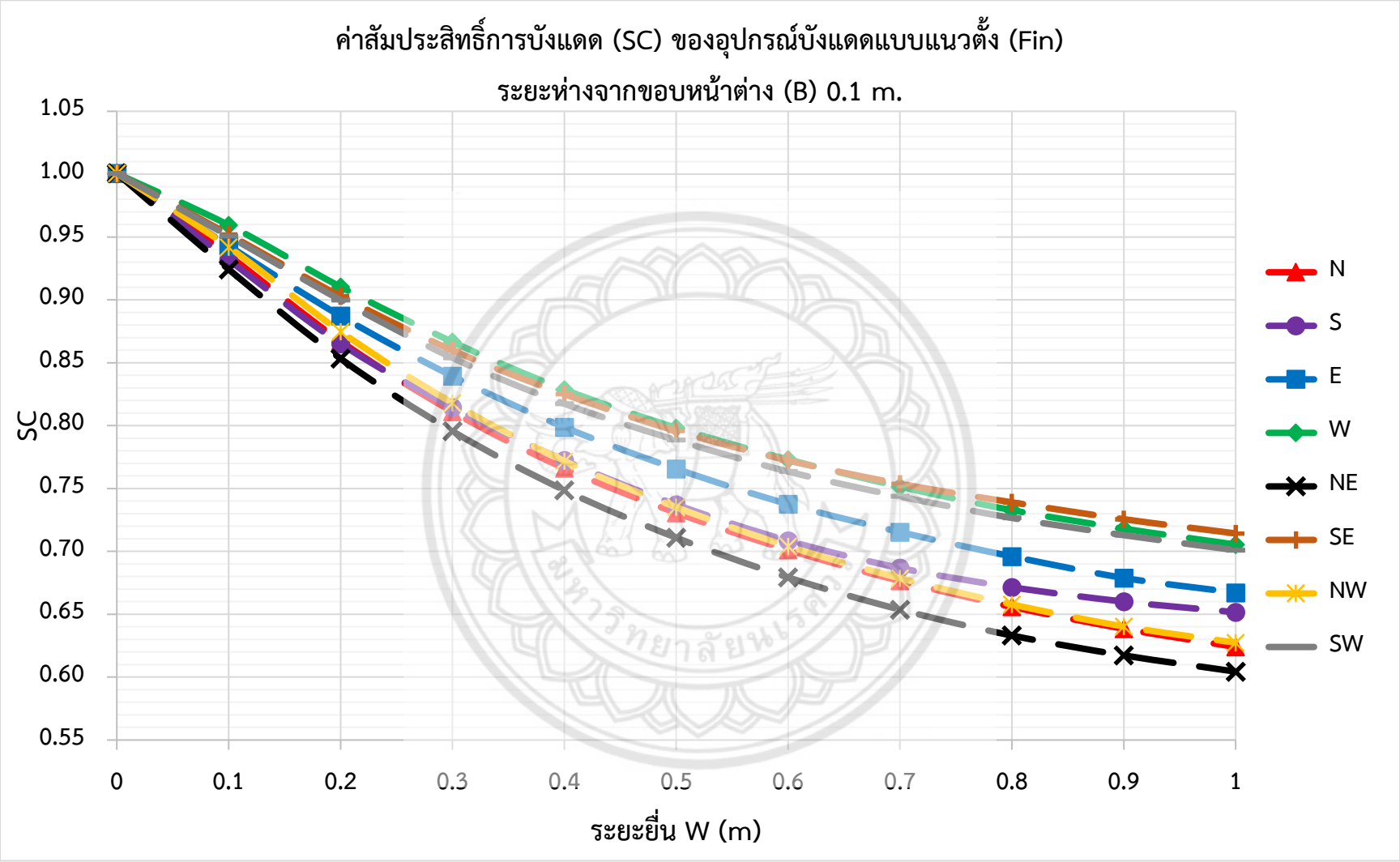
อัตราส่วน W/A	ทิศที่หน้าต่างหันสู่							
	ทิศเหนือ	ทิศใต้	ทิศตะวันออก	ทิศตะวันตก	ทิศตะวันออกเฉียงเหนือ	ทิศตะวันออกเฉียงใต้	ทิศตะวันตกเฉียงเหนือ	ทิศตะวันตกเฉียงใต้
	อัตราส่วน B/A							
	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	1.0008	1.0005	1.0006	1.0005	1.0007	1.0005	1.0007	1.0005
0.1	0.9063	0.9032	0.9246	0.9250	0.9037	0.9268	0.9034	0.9272
0.2	0.8341	0.8336	0.8655	0.8669	0.8310	0.8710	0.8292	0.8718
0.3	0.7784	0.7843	0.8184	0.8210	0.7752	0.8273	0.7724	0.8259
0.4	0.7356	0.7443	0.7807	0.7834	0.7314	0.7932	0.7282	0.7916
0.5	0.7021	0.7110	0.7503	0.7528	0.6964	0.7651	0.6929	0.7638
0.6	0.6745	0.6847	0.7247	0.7286	0.6679	0.7429	0.6636	0.7410
0.7	0.6516	0.6656	0.7048	0.7081	0.6447	0.7252	0.6397	0.7231
0.8	0.6329	0.6524	0.6879	0.6907	0.6262	0.7117	0.6209	0.7080
0.9	0.6172	0.6429	0.6738	0.6767	0.6121	0.6995	0.6064	0.6959
1.0	0.6043	0.6354	0.6628	0.6650	0.6008	0.6892	0.5949	0.6856



รูปที่ ข.35 ค่าสัมประสิทธิ์การบังแดด (SC) ของอุปกรณ์บังแดดแบบแนวตั้ง (Fin) ระยะห่างจากขอบหน้าต่าง (B) 0 m.

ตารางที่ ข.39 ค่าสัมประสิทธิ์การบังแดด (SC) ของอุปกรณ์บังแดดแบบแนวตั้ง (Fin) ระยะห่างจากขอบหน้าต่าง 0.1 m.

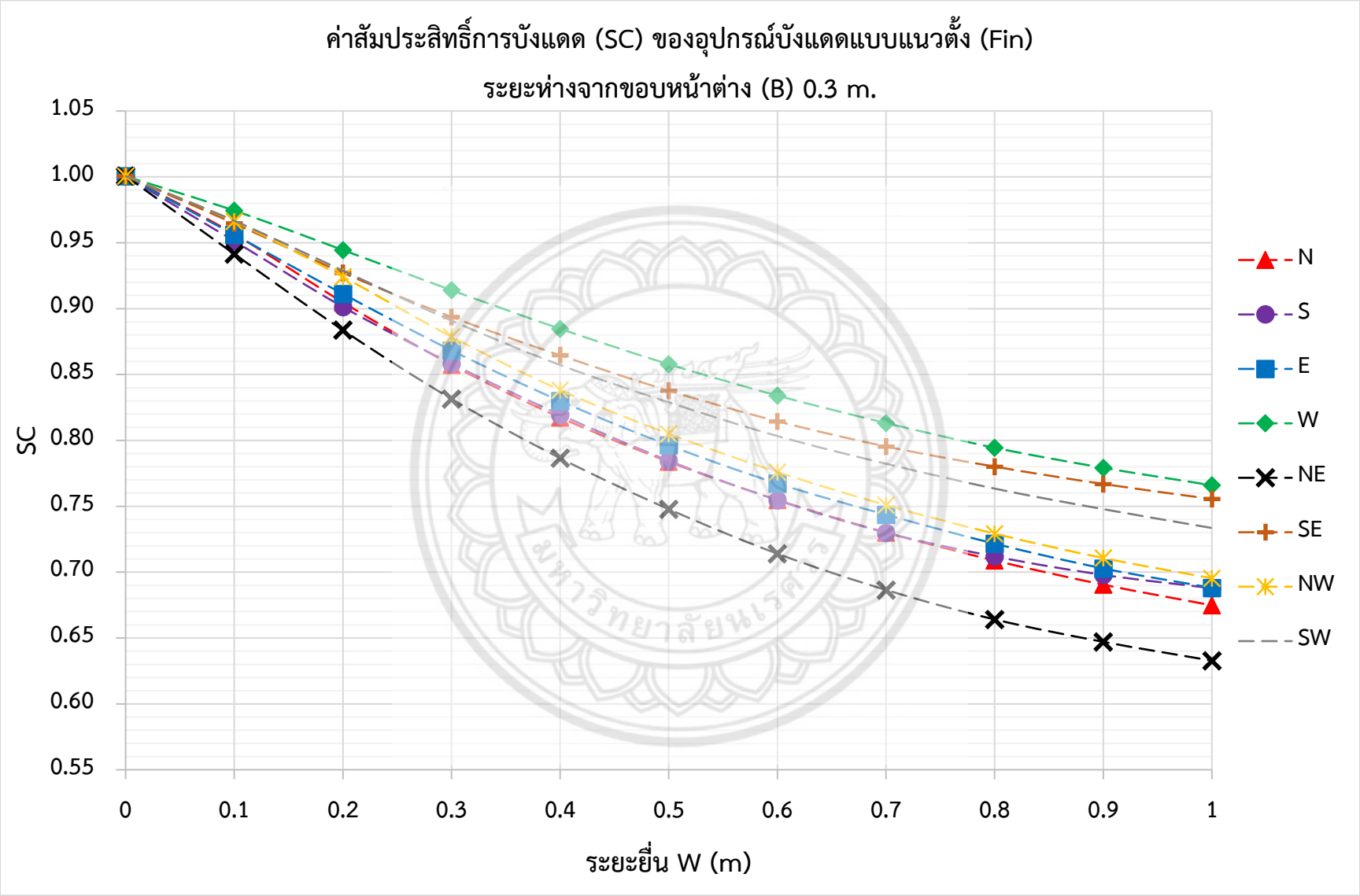
อัตราส่วน W/A	ทิศที่หน้าต่างหันสู่							
	ทิศเหนือ	ทิศใต้	ทิศตะวันออก	ทิศตะวันตก	ทิศตะวันออกเฉียงเหนือ	ทิศตะวันออกเฉียงใต้	ทิศตะวันตกเฉียงเหนือ	ทิศตะวันตกเฉียงใต้
	อัตราส่วน B/A							
	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
0.0	1.0008	1.0005	1.0006	1.0005	1.0007	1.0005	1.0007	1.0005
0.1	0.9354	0.9319	0.9430	0.9595	0.9243	0.9521	0.9420	0.9507
0.2	0.8672	0.8652	0.8872	0.9104	0.8533	0.9030	0.8748	0.8999
0.3	0.8111	0.8146	0.8394	0.8666	0.7956	0.8599	0.8180	0.8539
0.4	0.7661	0.7724	0.7988	0.8287	0.7487	0.8251	0.7719	0.8174
0.5	0.7307	0.7372	0.7657	0.7983	0.7109	0.7958	0.7351	0.7885
0.6	0.7012	0.7085	0.7376	0.7731	0.6793	0.7723	0.7041	0.7635
0.7	0.6765	0.6868	0.7154	0.7515	0.6537	0.7538	0.6787	0.7437
0.8	0.6559	0.6715	0.6960	0.7328	0.6331	0.7390	0.6578	0.7266
0.9	0.6385	0.6601	0.6789	0.7181	0.6173	0.7256	0.6403	0.7129
1.0	0.6240	0.6516	0.6672	0.7054	0.6044	0.7143	0.6274	0.7010



รูปที่ ข.36 ค่าสัมประสิทธิ์การบังแดด (SC) ของอุปกรณ์บังแดดแบบแนวตั้ง (Fin) ระยะห่างจากขอบหน้าต่าง (B) 0.1 m.

ตารางที่ ข.40 ค่าสัมประสิทธิ์การบังแดด (SC) ของอุปกรณ์บังแดดแบบแนวตั้ง (Fin) ระยะห่างจากขอบหน้าต่าง 0.3 m.

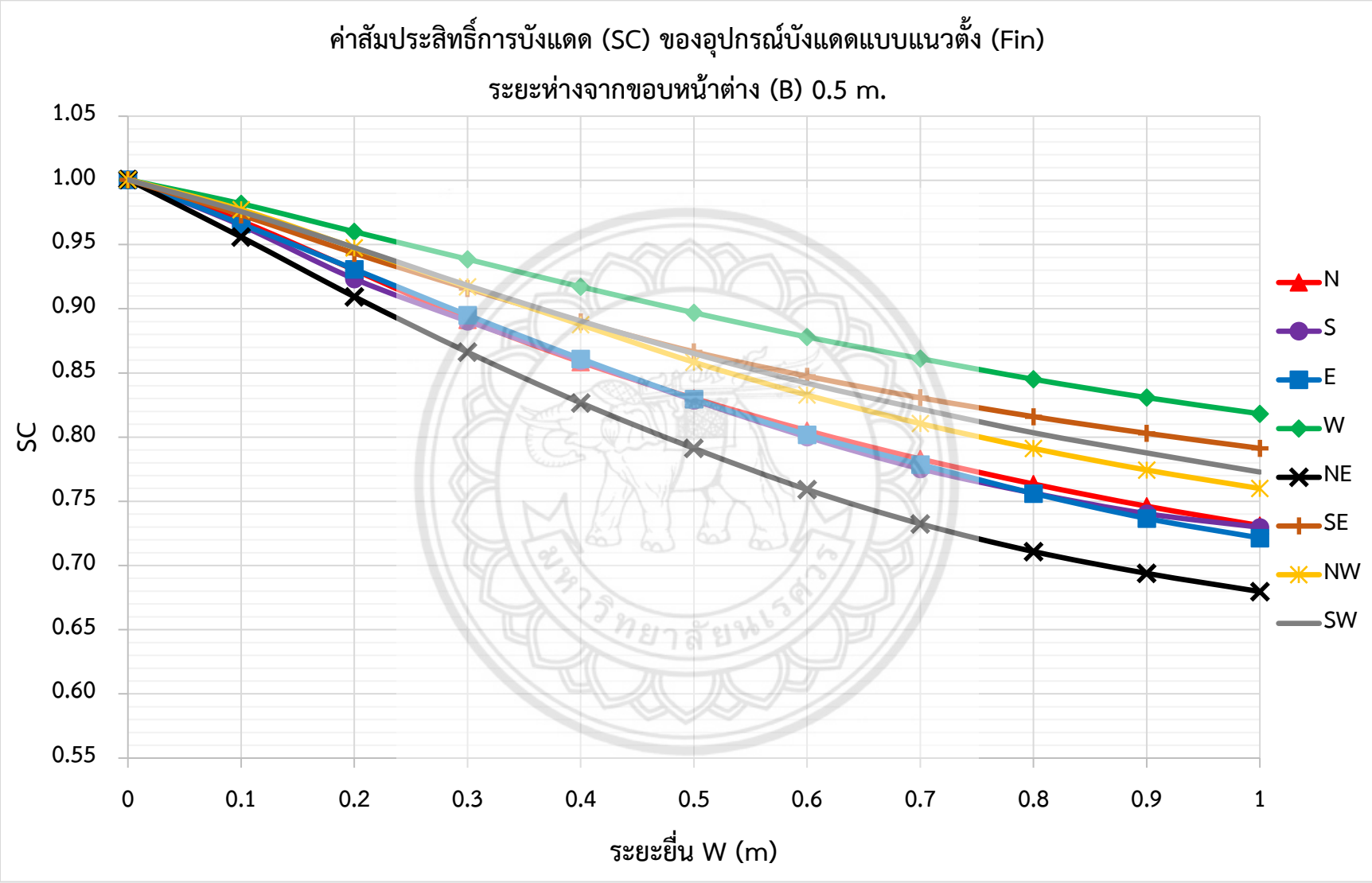
อัตราส่วน W/A	ทิศที่หน้าต่างหันสู่							
	ทิศเหนือ	ทิศใต้	ทิศตะวันออก	ทิศตะวันตก	ทิศตะวันออกเฉียงเหนือ	ทิศตะวันออกเฉียงใต้	ทิศตะวันตกเฉียงเหนือ	ทิศตะวันตกเฉียงใต้
	อัตราส่วน B/A							
	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3
0.0	1.0008	1.0005	1.0006	1.0005	1.0007	1.0005	1.0007	1.0005
0.1	0.9566	0.9513	0.9561	0.9744	0.9415	0.9647	0.9663	0.9667
0.2	0.9048	0.9013	0.9112	0.9445	0.8837	0.9272	0.9241	0.9288
0.3	0.8573	0.8583	0.8683	0.9140	0.8315	0.8937	0.8787	0.8909
0.4	0.8174	0.8195	0.8299	0.8847	0.7865	0.8646	0.8382	0.8572
0.5	0.7837	0.7846	0.7963	0.8578	0.7478	0.8377	0.8050	0.8289
0.6	0.7548	0.7546	0.7673	0.8340	0.7140	0.8145	0.7760	0.8033
0.7	0.7301	0.7299	0.7436	0.8132	0.6865	0.7954	0.7509	0.7823
0.8	0.7088	0.7119	0.7216	0.7944	0.6641	0.7801	0.7292	0.7634
0.9	0.6905	0.6979	0.7028	0.7792	0.6471	0.7669	0.7107	0.7478
1.0	0.6748	0.6878	0.6881	0.7659	0.6328	0.7555	0.6953	0.7335



รูปที่ ข.37 ค่าสัมประสิทธิ์การบังแดด (SC) ของอุปกรณ์บังแดดแบบแนวตั้ง (Fin) ระยะห่างจากขอบหน้าต่าง (B) 0.3 m.

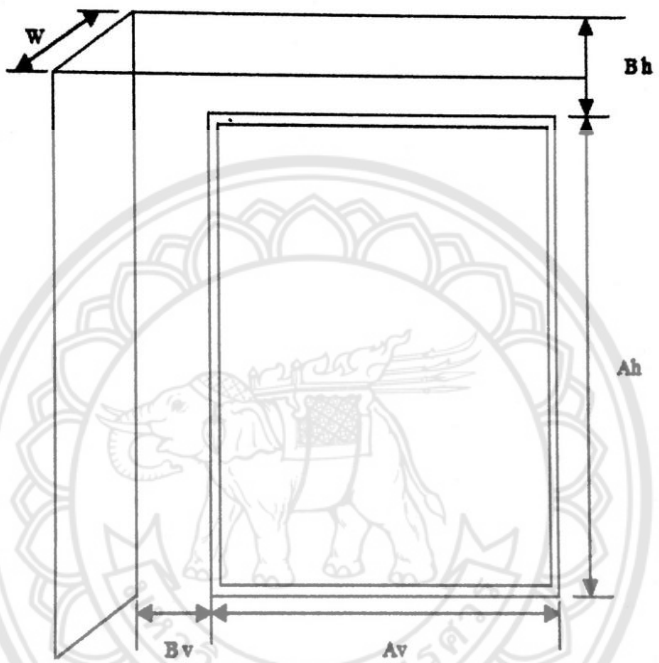
ตารางที่ ข.41 ค่าสัมประสิทธิ์การบังแดด (SC) ของอุปกรณ์บังแดดแบบแนวตั้ง (Fin) ระยะห่างจากขอบหน้าต่าง 0.5 m.

อัตราส่วน W/A	ทิศที่หน้าต่างหันสู่							
	ทิศเหนือ	ทิศใต้	ทิศตะวันออก	ทิศตะวันตก	ทิศตะวันออกเฉียงเหนือ	ทิศตะวันออกเฉียงใต้	ทิศตะวันตกเฉียงเหนือ	ทิศตะวันตกเฉียงใต้
	อัตราส่วน B/A							
	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
0.0	1.0008	1.0005	1.0006	1.0005	1.0007	1.0005	1.0007	1.0005
0.1	0.9683	0.9649	0.9662	0.9818	0.9559	0.9731	0.9772	0.9757
0.2	0.9302	0.9233	0.9308	0.9600	0.9094	0.9433	0.9475	0.9477
0.3	0.8914	0.8904	0.8951	0.9386	0.8662	0.9158	0.9172	0.9182
0.4	0.8585	0.8597	0.8611	0.9171	0.8267	0.8898	0.8876	0.8905
0.5	0.8303	0.8288	0.8296	0.8969	0.7913	0.8665	0.8584	0.8651
0.6	0.8051	0.8001	0.8020	0.8780	0.7592	0.8475	0.8328	0.8420
0.7	0.7830	0.7754	0.7788	0.8612	0.7325	0.8307	0.8106	0.8220
0.8	0.7635	0.7564	0.7562	0.8451	0.7109	0.8160	0.7912	0.8034
0.9	0.7462	0.7404	0.7367	0.8308	0.6939	0.8030	0.7744	0.7877
1.0	0.7311	0.7298	0.7215	0.8182	0.6797	0.7913	0.7600	0.7728



รูปที่ ข.38 ค่าสัมประสิทธิ์การบังแดด (SC) ของอุปกรณ์บังแดดแบบแนวตั้ง (Fin) ระยะห่างจากขอบหน้าต่าง (B) 0.5 m.

อุปกรณ์บังแดดแบบผสม (Setback)



รูปที่ ข.39 แสดงรูปแบบการกำหนดตัวแปรของอุปกรณ์บังแดดแบบผสม (Setback)

เมื่อ Ah คือ ความสูงของหน้าต่าง

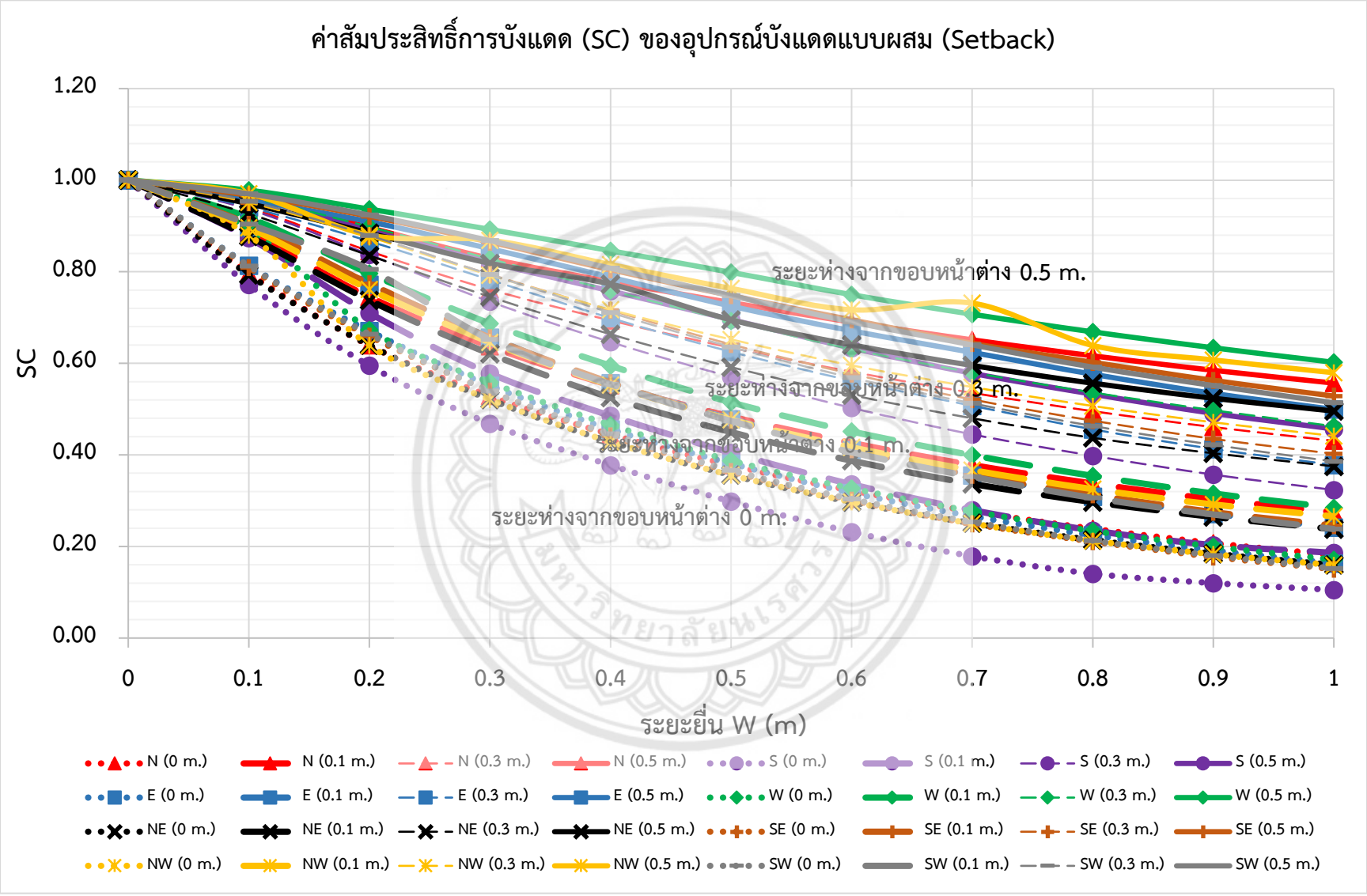
Bh คือ ระยะห่างจากขอบหน้าต่างด้านบน

Bv คือ ระยะห่างจากขอบหน้าต่างด้านบน

W คือ ระยะยื่นของอุปกรณ์บังแดด

ตารางที่ ข.42 ค่าสัมประสิทธิ์การบังแดด (SC) ของอุปกรณ์บังแดดแบบผสม (Setback)

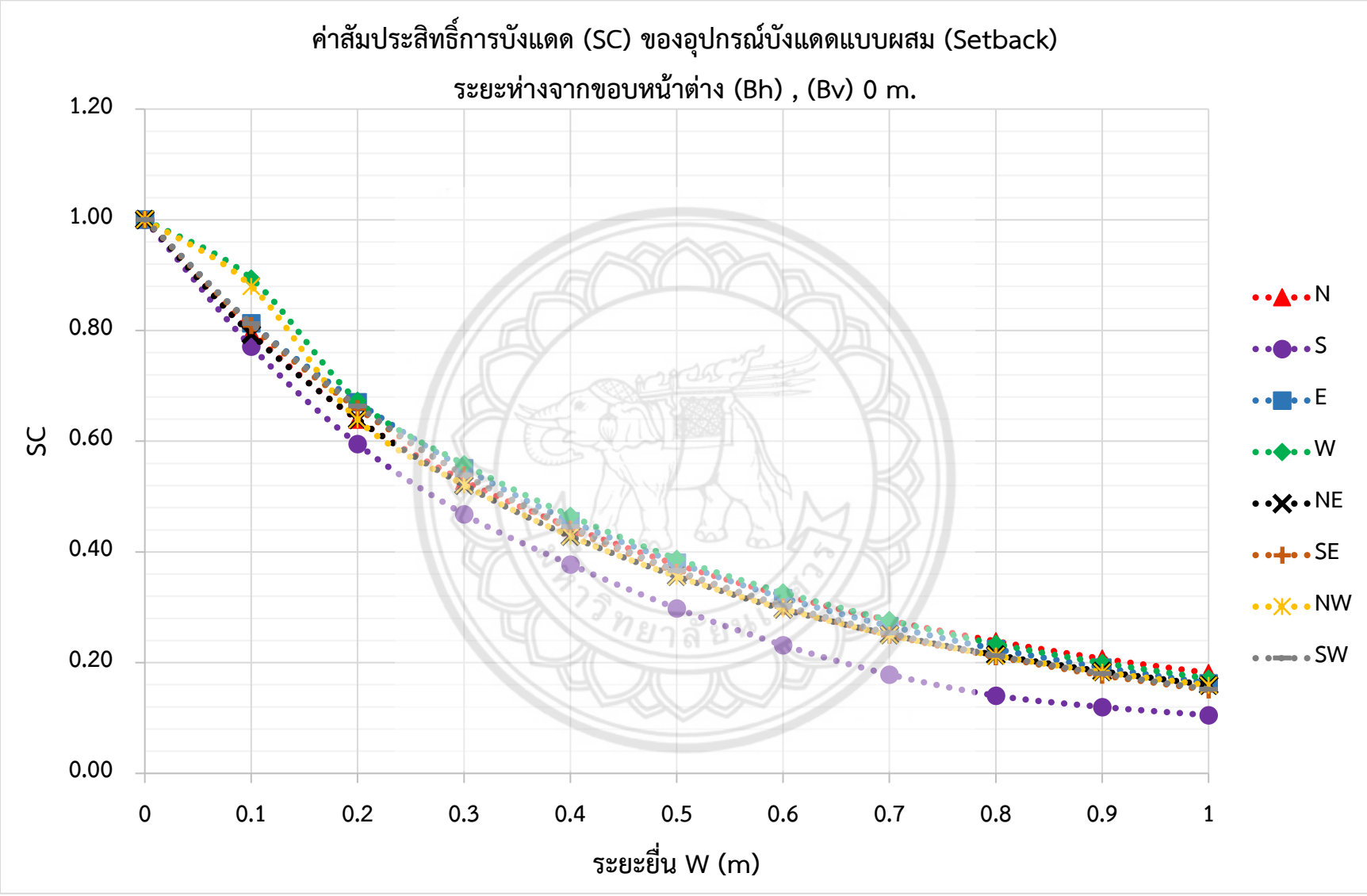
อัตราส่วน W/A	ทิศที่หน้าต่างหันสู่																							
	ทิศเหนือ						ทิศใต้						ทิศตะวันออก						ทิศตะวันตก					
	อัตราส่วน B/A																							
	0.0000	0.1000	0.2000	0.3000	0.4000	0.5000	0.0000	0.1000	0.2000	0.3000	0.4000	0.5000	0.0000	0.1000	0.2000	0.3000	0.4000	0.5000	0.0000	0.1000	0.2000	0.3000	0.4000	0.5000
0	1.0008	1.0008	1.0008	1.0008	1.0008	1.0008	1.0005	1.0005	1.0005	1.0005	1.0005	1.0005	1.0006	1.0006	1.0006	1.0006	1.0006	1.0006	1.0005	1.0005	1.0005	1.0005	1.0005	1.0005
0.1	0.7966	0.8852	0.9201	0.9398	0.9532	0.9636	0.7713	0.8739	0.9133	0.9365	0.9553	0.9629	0.8135	0.8969	0.9262	0.9412	0.9496	0.9569	0.8939	0.9182	0.9548	0.9622	0.9716	0.9781
0.2	0.6391	0.7447	0.8057	0.8449	0.8733	0.8964	0.5950	0.7100	0.7897	0.8371	0.8651	0.8897	0.6706	0.7722	0.8307	0.8666	0.8894	0.9093	0.6733	0.7961	0.8621	0.8981	0.9212	0.9368
0.3	0.5286	0.6371	0.7104	0.7613	0.7990	0.8292	0.4683	0.5779	0.6636	0.7348	0.7889	0.8203	0.5514	0.6566	0.7305	0.7824	0.8213	0.8504	0.5586	0.6869	0.7730	0.8281	0.8655	0.8925
0.4	0.4449	0.5522	0.6331	0.6937	0.7406	0.7785	0.3774	0.4855	0.5741	0.6465	0.7079	0.7581	0.4558	0.5568	0.6366	0.6990	0.7475	0.7881	0.4655	0.5948	0.6906	0.7592	0.8093	0.8459
0.5	0.3775	0.4837	0.5675	0.6341	0.6879	0.7327	0.2981	0.4047	0.4940	0.5703	0.6368	0.6956	0.3812	0.4782	0.5596	0.6252	0.6801	0.7250	0.3876	0.5148	0.6142	0.6923	0.7518	0.7987
0.6	0.3222	0.4261	0.5112	0.5816	0.6402	0.6900	0.2317	0.3358	0.4246	0.5027	0.5710	0.6334	0.3171	0.4113	0.4932	0.5620	0.6199	0.6711	0.3269	0.4512	0.5506	0.6309	0.6967	0.7499
0.7	0.2765	0.3778	0.4631	0.5355	0.5976	0.6513	0.1786	0.2794	0.3666	0.4448	0.5146	0.5783	0.2662	0.3551	0.4360	0.5073	0.5686	0.6238	0.2769	0.3993	0.4988	0.5801	0.6497	0.7072
0.8	0.2387	0.3375	0.4221	0.4955	0.5599	0.6164	0.1405	0.2350	0.3209	0.3981	0.4680	0.5326	0.2247	0.3091	0.3853	0.4558	0.5192	0.5762	0.2338	0.3541	0.4535	0.5363	0.6075	0.6687
0.9	0.2072	0.3031	0.3872	0.4607	0.5262	0.5848	0.1200	0.2030	0.2804	0.3569	0.4264	0.4907	0.1912	0.2715	0.3446	0.4130	0.4756	0.5343	0.1997	0.3157	0.4143	0.4975	0.5702	0.6339
1	0.1813	0.2747	0.3572	0.4308	0.4970	0.5568	0.1050	0.1861	0.2572	0.3233	0.3921	0.4566	0.1631	0.2412	0.3124	0.3781	0.4410	0.4993	0.1712	0.2847	0.3803	0.4627	0.5366	0.6022
อัตราส่วน W/A	ทิศตะวันออกเฉียงเหนือ						ทิศตะวันออกเฉียงใต้						ทิศตะวันตกเฉียงเหนือ						ทิศตะวันตกเฉียงใต้					
	อัตราส่วน B/A																							
	0.0000	0.1000	0.2000	0.3000	0.4000	0.5000	0.0000	0.1000	0.2000	0.3000	0.4000	0.5000	0.0000	0.1000	0.2000	0.3000	0.4000	0.5000	0.0000	0.1000	0.2000	0.3000	0.4000	0.5000
0	1.0007	1.0007	1.0007	1.0007	1.0007	1.0007	1.0005	1.0005	1.0005	1.0005	1.0005	1.0005	1.0007	1.0007	1.0007	1.0007	1.0007	1.0007	1.0005	1.0005	1.0005	1.0005	1.0005	1.0005
0.1	0.7934	0.8772	0.9089	0.9265	0.9386	0.9486	0.8092	0.9040	0.9366	0.9508	0.9600	0.9667	0.8800	0.8961	0.9344	0.9514	0.9640	0.9705	0.8126	0.9043	0.9383	0.9540	0.9633	0.9702
0.2	0.6395	0.7377	0.7972	0.8354	0.8621	0.8846	0.6593	0.7739	0.8398	0.8782	0.9030	0.9211	0.6392	0.7613	0.8322	0.8761	0.9037	0.8800	0.6636	0.8050	0.8391	0.8790	0.9055	0.9238
0.3	0.5208	0.6207	0.6931	0.7453	0.7854	0.8184	0.5394	0.6560	0.3739	0.7943	0.8337	0.8648	0.5212	0.6459	0.7318	0.7926	0.8378	0.8690	0.5394	0.6519	0.7346	0.7939	0.8365	0.8680
0.4	0.4285	0.5250	0.6024	0.6635	0.7132	0.7730	0.4416	0.5580	0.6478	0.7159	0.7658	0.8046	0.4286	0.5524	0.6479	0.7172	0.7721	0.8158	0.4457	0.5544	0.6421	0.7108	0.7646	0.8077
0.5	0.3560	0.4498	0.5269	0.5917	0.6466	0.6950	0.3636	0.4755	0.5661	0.6414	0.7009	0.7478	0.3558	0.4768	0.5753	0.6522	0.7135	0.7637	0.3664	0.4740	0.5624	0.6357	0.6965	0.7478
0.6	0.2968	0.3874	0.4642	0.5308	0.5892	0.6404	0.3012	0.4114	0.5019	0.5768	0.6406	0.6950	0.2974	0.4165	0.5146	0.5955	0.6610	0.7169	0.3037	0.4057	0.4921	0.5686	0.6342	0.6904
0.7	0.2509	0.3368	0.4126	0.4800	0.5408	0.5954	0.2496	0.3553	0.4447	0.5210	0.5881	0.6436	0.2500	0.3667	0.4650	0.5482	0.6168	0.7315	0.2535	0.3523	0.4368	0.5126	0.5786	0.6403
0.8	0.2139	0.2971	0.3705	0.4372	0.4994	0.5566	0.2109	0.3130	0.3998	0.4748	0.5425	0.6023	0.2124	0.3253	0.4229	0.5069	0.5787	0.6390	0.2128	0.3060	0.3884	0.4631	0.5303	0.5917
0.9	0.1842	0.2646	0.3374	0.4036	0.4651	0.5237	0.1772	0.2750	0.3606	0.4350	0.5011	0.5628	0.1830	0.2918	0.3874	0.4712	0.5446	0.6074	0.1802	0.2699	0.3497	0.4219	0.4904	0.5514
1	0.1597	0.2378	0.3091	0.3751	0.4371	0.4957	0.1506	0.2456	0.3275	0.4023	0.4675	0.5284	0.1592	0.2658	0.3587	0.4414	0.5148	0.5795	0.1518	0.2380	0.3154	0.3855	0.4515	0.5138



รูปที่ ข.40 ค่าสัมประสิทธิ์การบังแดด (SC) ของอุปกรณ์บังแดดแบบผสม (Setback)

ตารางที่ ข.43 ค่าสัมประสิทธิ์การบังแดด (SC) ของอุปกรณ์บังแดดแบบผสม (Setback) ระยะห่างจากขอบหน้าต่าง 0 m.

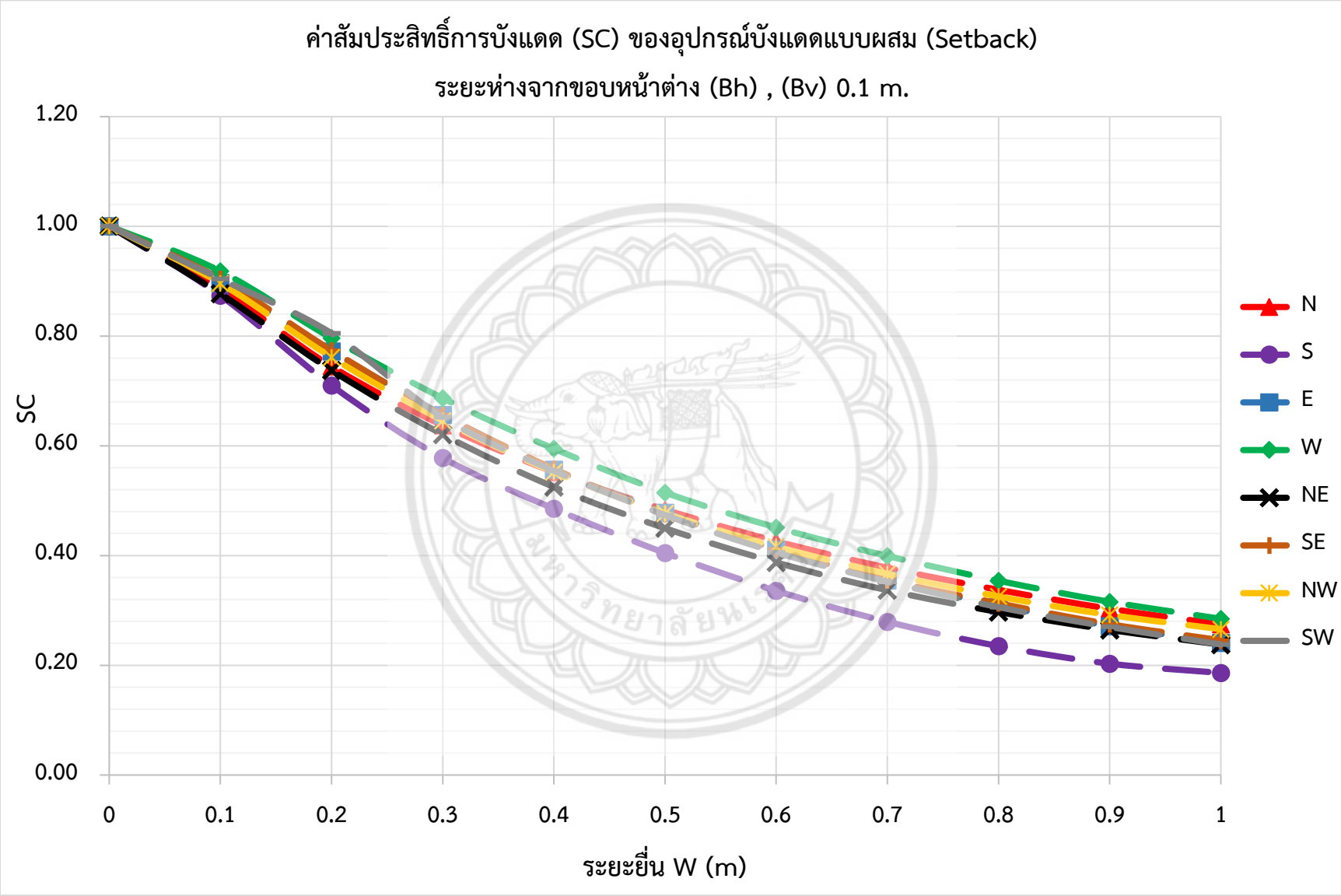
อัตราส่วน W/A	ทิศที่หน้าต่างหันสู่							
	ทิศเหนือ	ทิศใต้	ทิศตะวันออก	ทิศตะวันตก	ทิศตะวันออกเฉียงเหนือ	ทิศตะวันออกเฉียงใต้	ทิศตะวันตกเฉียงเหนือ	ทิศตะวันตกเฉียงใต้
	อัตราส่วน B/A							
	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	1.0008	1.0005	1.0006	1.0005	1.0007	1.0005	1.0007	1.0005
0.1	0.7966	0.7713	0.8135	0.8939	0.7934	0.8092	0.8800	0.8126
0.2	0.6391	0.5950	0.6706	0.6733	0.6395	0.6593	0.6392	0.6636
0.3	0.5286	0.4683	0.5514	0.5586	0.5208	0.5394	0.5212	0.5394
0.4	0.4449	0.3774	0.4558	0.4655	0.4285	0.4416	0.4286	0.4457
0.5	0.3775	0.2981	0.3812	0.3876	0.3560	0.3636	0.3558	0.3664
0.6	0.3222	0.2317	0.3171	0.3269	0.2968	0.3012	0.2974	0.3037
0.7	0.2765	0.1786	0.2662	0.2769	0.2509	0.2496	0.2500	0.2535
0.8	0.2387	0.1405	0.2247	0.2338	0.2139	0.2109	0.2124	0.2128
0.9	0.2072	0.1200	0.1912	0.1997	0.1842	0.1772	0.1830	0.1802
1.0	0.1813	0.1050	0.1631	0.1712	0.1597	0.1506	0.1592	0.1518



รูปที่ ข.41 ค่าสัมประสิทธิ์การบังแดด (SC) ของอุปกรณ์บังแดดแบบผสม (Setback) ระยะห่างจากขอบหน้าต่าง (Bh) , (Bv) 0 m.

ตารางที่ ข.44 ค่าสัมประสิทธิ์การบังแดด (SC) ของอุปกรณ์บังแดดแบบผสม (Setback) ระยะห่างจากขอบหน้าต่าง 0.1 m.

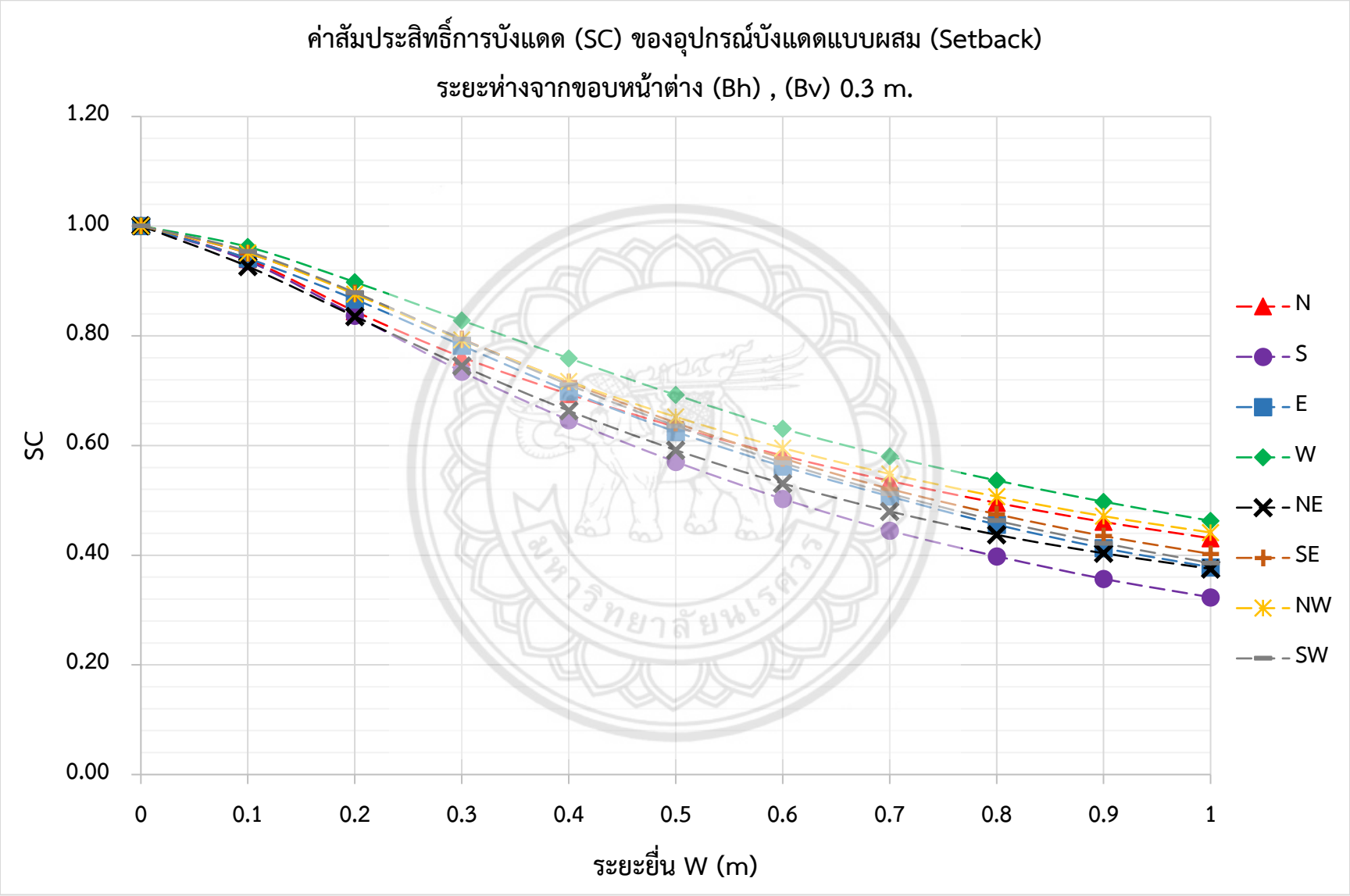
อัตราส่วน W/A	ทิศที่หน้าต่างหันสู่							
	ทิศเหนือ	ทิศใต้	ทิศตะวันออก	ทิศตะวันตก	ทิศตะวันออกเฉียงเหนือ	ทิศตะวันออกเฉียงใต้	ทิศตะวันตกเฉียงเหนือ	ทิศตะวันตกเฉียงใต้
	อัตราส่วน B/A							
	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
0.0	1.0008	1.0005	1.0006	1.0005	1.0007	1.0005	1.0007	1.0005
0.1	0.8852	0.8739	0.8969	0.9182	0.8772	0.9040	0.8961	0.9043
0.2	0.7447	0.7100	0.7722	0.7961	0.7377	0.7739	0.7613	0.8050
0.3	0.6371	0.5779	0.6566	0.6869	0.6207	0.6560	0.6459	0.6519
0.4	0.5522	0.4855	0.5568	0.5948	0.5250	0.5580	0.5524	0.5544
0.5	0.4837	0.4047	0.4782	0.5148	0.4498	0.4755	0.4768	0.4740
0.6	0.4261	0.3358	0.4113	0.4512	0.3874	0.4114	0.4165	0.4057
0.7	0.3778	0.2794	0.3551	0.3993	0.3368	0.3553	0.3667	0.3523
0.8	0.3375	0.2350	0.3091	0.3541	0.2971	0.3130	0.3253	0.3060
0.9	0.3031	0.2030	0.2715	0.3157	0.2646	0.2750	0.2918	0.2699
1.0	0.2747	0.1861	0.2412	0.2847	0.2378	0.2456	0.2658	0.2380



รูปที่ ข.42 ค่าสัมประสิทธิ์การบังแดด (SC) ของอุปกรณ์บังแดดแบบผสม (Setback) ระยะห่างจากขอบหน้าต่าง (Bh) , (Bv) 0.1 m.

ตารางที่ ข.45 ค่าสัมประสิทธิ์การบังแดด (SC) ของอุปกรณ์บังแดดแบบผสม (Setback) ระยะห่างจากขอบหน้าต่าง 0.3 m.

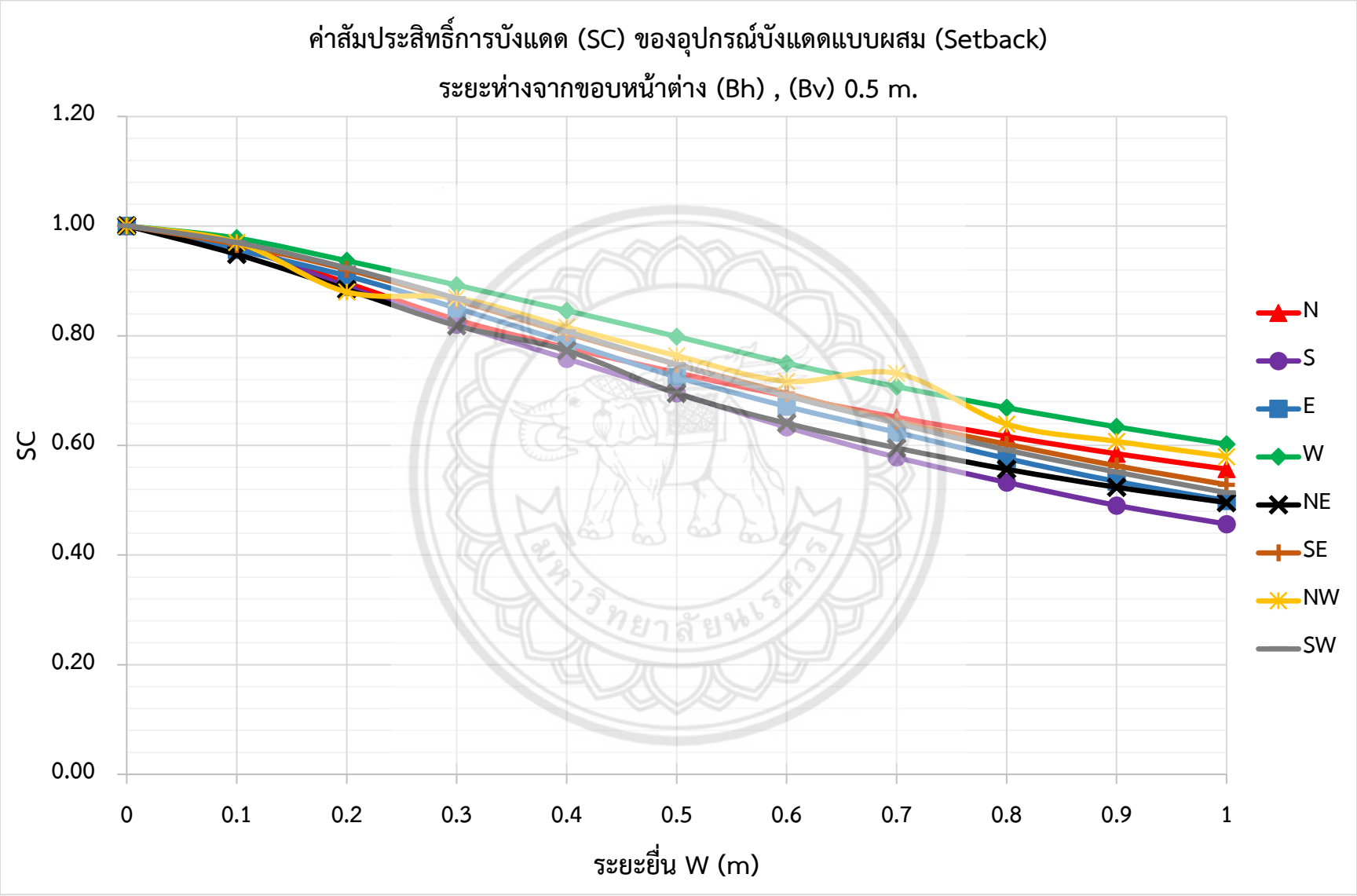
อัตราส่วน W/A	ทิศที่หน้าต่างหันสู่							
	ทิศเหนือ	ทิศใต้	ทิศตะวันออก	ทิศตะวันตก	ทิศตะวันออกเฉียงเหนือ	ทิศตะวันออกเฉียงใต้	ทิศตะวันตกเฉียงเหนือ	ทิศตะวันตกเฉียงใต้
	อัตราส่วน B/A							
	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3
0.0	1.0008	1.0005	1.0006	1.0005	1.0007	1.0005	1.0007	1.0005
0.1	0.9398	0.9365	0.9412	0.9622	0.9265	0.9508	0.9514	0.9540
0.2	0.8449	0.8371	0.8666	0.8981	0.8354	0.8782	0.8761	0.8790
0.3	0.7613	0.7348	0.7824	0.8281	0.7453	0.7943	0.7926	0.7939
0.4	0.6937	0.6465	0.6990	0.7592	0.6635	0.7159	0.7172	0.7108
0.5	0.6341	0.5703	0.6252	0.6923	0.5917	0.6414	0.6522	0.6357
0.6	0.5816	0.5027	0.5620	0.6309	0.5308	0.5768	0.5955	0.5686
0.7	0.5355	0.4448	0.5073	0.5801	0.4800	0.5210	0.5482	0.5126
0.8	0.4955	0.3981	0.4558	0.5363	0.4372	0.4748	0.5069	0.4631
0.9	0.4607	0.3569	0.4130	0.4975	0.4036	0.4350	0.4712	0.4219
1.0	0.4308	0.3233	0.3781	0.4627	0.3751	0.4023	0.4414	0.3855



รูปที่ ข.43 ค่าสัมประสิทธิ์การบังแดด (SC) ของอุปกรณ์บังแดดแบบผสม (Setback) ระยะห่างจากขอบหน้าต่าง (Bh) , (Bv) 0.3 m.

ตารางที่ ข.46 ค่าสัมประสิทธิ์การบังแดด (SC) ของอุปกรณ์บังแดดแบบผสม (Setback) ระยะห่างจากขอบหน้าต่าง 0.5 m.

อัตราส่วน W/A	ทิศที่หน้าต่างหันสู่							
	ทิศเหนือ	ทิศใต้	ทิศตะวันออก	ทิศตะวันตก	ทิศตะวันออกเฉียงเหนือ	ทิศตะวันออกเฉียงใต้	ทิศตะวันตกเฉียงเหนือ	ทิศตะวันตกเฉียงใต้
	อัตราส่วน B/A							
	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
0.0	1.0008	1.0005	1.0006	1.0005	1.0007	1.0005	1.0007	1.0005
0.1	0.9636	0.9629	0.9569	0.9781	0.9486	0.9667	0.9705	0.9702
0.2	0.8964	0.8897	0.9093	0.9368	0.8846	0.9211	0.8800	0.9238
0.3	0.8292	0.8203	0.8504	0.8925	0.8184	0.8648	0.8690	0.8680
0.4	0.7785	0.7581	0.7881	0.8459	0.7730	0.8046	0.8158	0.8077
0.5	0.7327	0.6956	0.7250	0.7987	0.6950	0.7478	0.7637	0.7478
0.6	0.6900	0.6334	0.6711	0.7499	0.6404	0.6950	0.7169	0.6904
0.7	0.6513	0.5783	0.6238	0.7072	0.5954	0.6436	0.7315	0.6403
0.8	0.6164	0.5326	0.5762	0.6687	0.5566	0.6023	0.6390	0.5917
0.9	0.5848	0.4907	0.5343	0.6339	0.5237	0.5628	0.6074	0.5514
1.0	0.5568	0.4566	0.4993	0.6022	0.4957	0.5284	0.5795	0.5138



รูปที่ ข.44 ค่าสัมประสิทธิ์การบังแดด (SC) ของอุปกรณ์บังแดดแบบผสม (Setback) ระยะห่างจากขอบหน้าต่าง (Bh) , (Bv) 0.5 m.

ภาคผนวก ค

ราคาวัสดุผนังภายนอกอาคารและค่าแรงในการก่อสร้าง และราคาเครื่องปรับอากาศพร้อมราคาติดตั้ง

ตารางที่ ค.1 ราคาวัสดุผนังภายนอกอาคารและค่าแรงในการก่อสร้าง

วัสดุ	ความหนา (m)	ราคาวัสดุ (Bath/m^2)	ราคาค่าแรงในการก่อสร้าง (Bath/m^2)	ราครวม (Bath/m^2)
อิฐมวลเบา	0.075	140	56	196
อิฐมอญ ครึ่งแผ่น	0.070	285	89	374
ปูนฉาบด้านในของอิฐมวลเบา	0.015	120	80	200
ปูนฉาบด้านนอกของอิฐมวลเบา	0.015	120	80	200
ปูนฉาบด้านในของอิฐมอญ	0.015	75	82	157
ปูนฉาบด้านนอกของอิฐมอญ	0.015	95	82	177
ฉนวน PU Foam 2 นิ้ว	0.050	470	25	495
ฉนวน PU Foam 4 นิ้ว	0.100	940	50	990
ฉนวน PU Foam 6 นิ้ว	0.150	1,410	75	1,485
ฉนวน PU Foam 8 นิ้ว	0.200	1,880	100	1,980
ยิปซั่มบอร์ด	0.009	329	97	426
กระจกใสชั้นเดียว	0.006	194	118	312
กระจกลามิเนต	0.012	1646	154	1,800
กระจกฉนวน 2 ชั้น	0.012	2152	210	2,362

ที่มา : หนังสือบัญชีราคาค่าวัสดุและค่าแรงงานสำหรับปีงบประมาณ 2561

ตารางที่ ค.2 สมการเส้นตรงแสดงความสัมพันธ์ระหว่างขนาดเครื่องปรับอากาศกับราคาเครื่องปรับอากาศพร้อมราคาติดตั้ง

ขนาดเครื่องปรับอากาศ (Btu/hr)	สมการเส้นตรงแสดงความสัมพันธ์ระหว่างขนาดของเครื่องปรับอากาศ (X) กับราคาเครื่องปรับอากาศพร้อมราคาติดตั้ง (Y)
9,000 - 26,000	Y = 0.9181X + 11,701
26,000 - 40,000	Y = 1.0829X + 7,861.6
40,000 – 60,000	Y = 0.5881X + 27,590

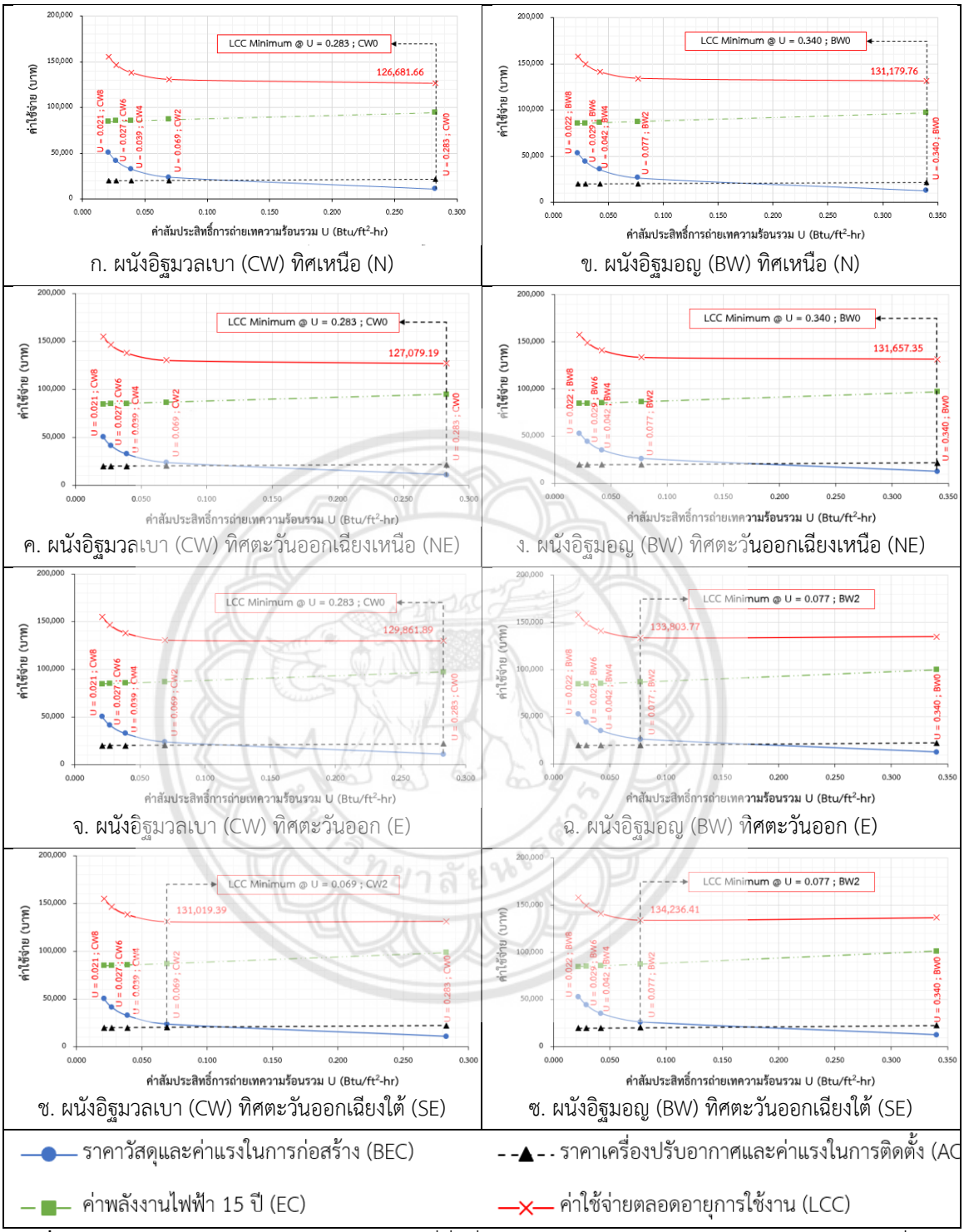
หมายเหตุ ให้ Y = aX+b โดยให้ Y คือ ราคาเครื่องปรับอากาศพร้อมราคาติดตั้ง และ X คือ ขนาดเครื่องปรับอากาศ

ภาคผนวก ง

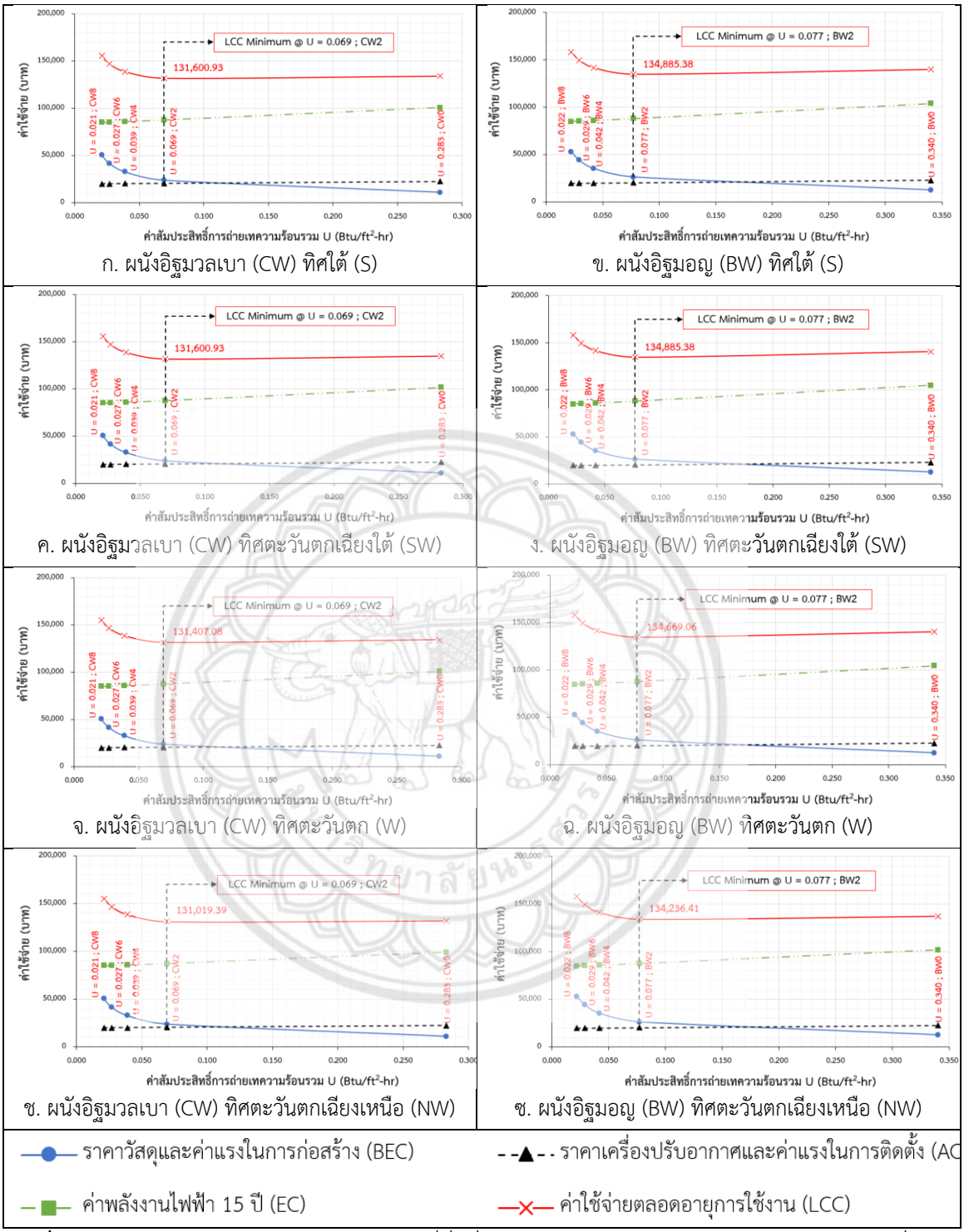
กราฟค่าใช้จ่ายตลอดอายุการใช้งานที่ต่ำที่สุดของผนังภายนอกอาคาร
ประเภท ก. สถานศึกษา สำนักงาน ชั่วโมงการใช้งาน 8 ชั่วโมง
ทุกทิศทางและอัตราส่วนพื้นที่กระจกต่อพื้นที่ผนัง

อัตราส่วนพื้นที่กระจกต่อพื้นที่ผนังร้อยละ 0

(WWR = 0%)



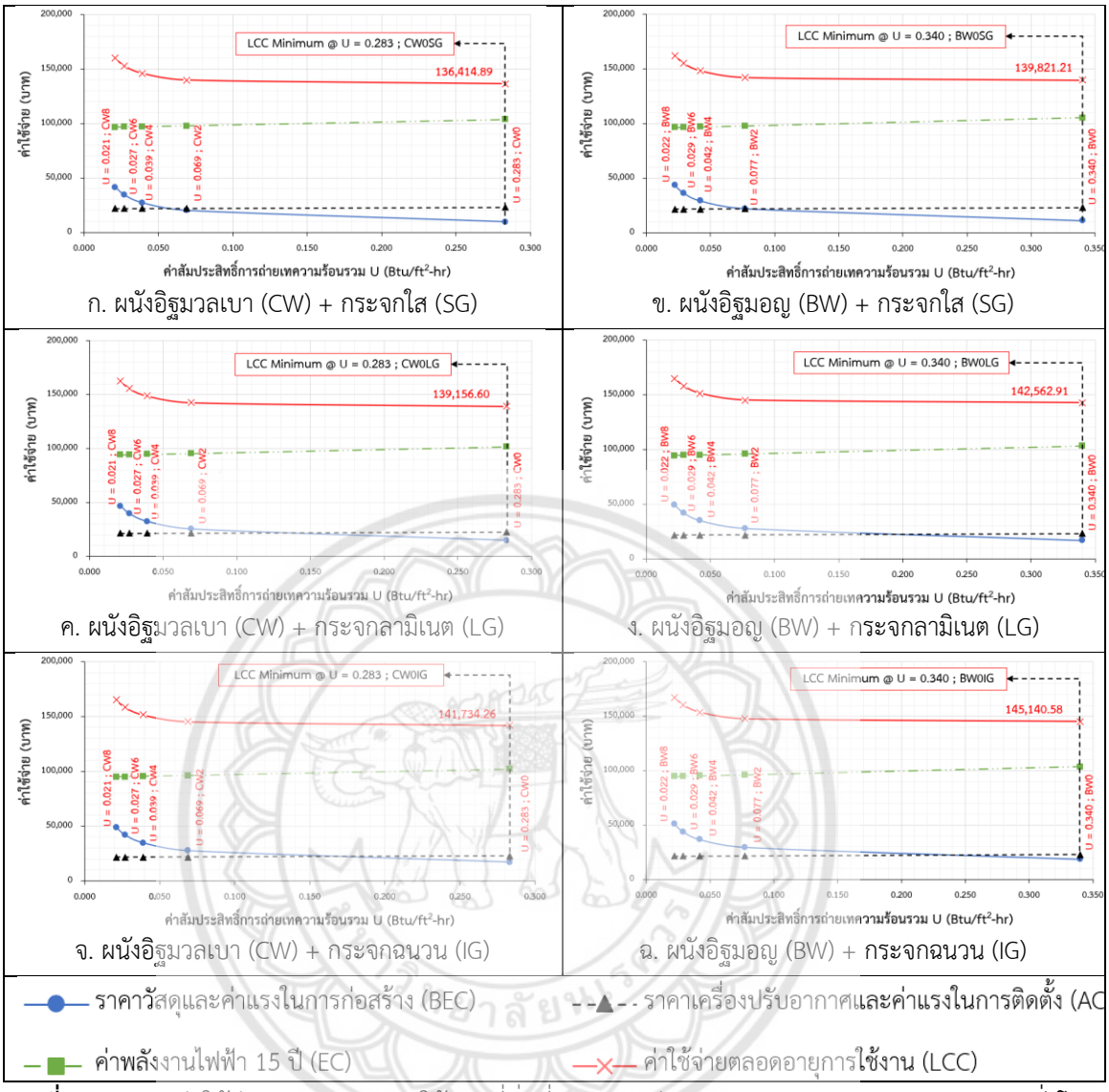
รูปที่ ง.1 กราฟค่าใช้จ่ายตลอดอายุการใช้งานที่ต่ำที่สุดของผนังภายนอกอาคารประเภทอาคาร 8 ชั่วโมง ที่ WWR= 0%



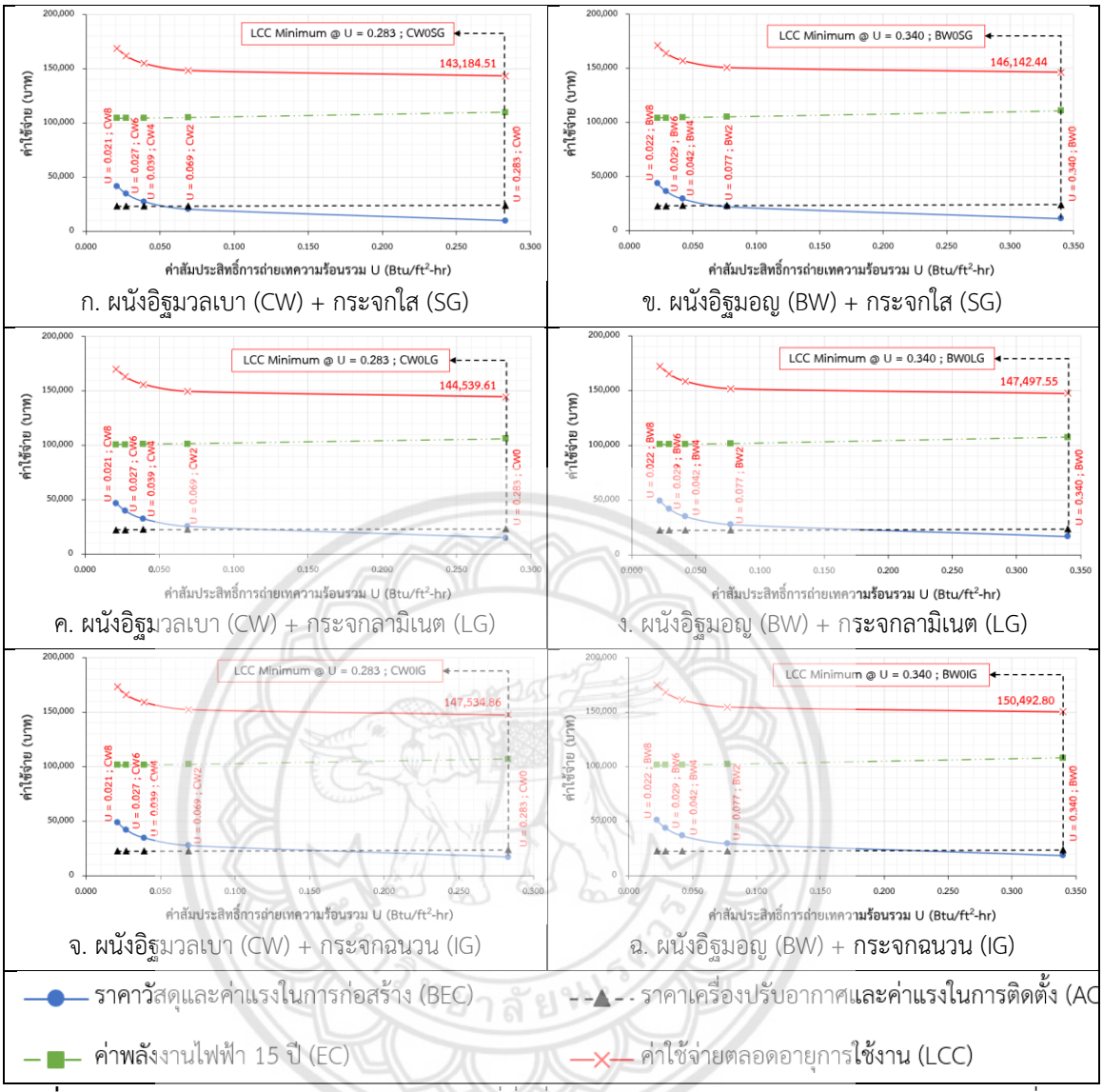
รูปที่ ง.1 กราฟค่าใช้จ่ายตลอดอายุการใช้งานที่ต่ำที่สุดของผนังภายนอกอาคารประเภทอาคาร 8 ชั่วโมง ที่ WWR= 0% (ต่อ)

อัตราส่วนพื้นที่กระจกต่อพื้นที่ผนังร้อยละ 20

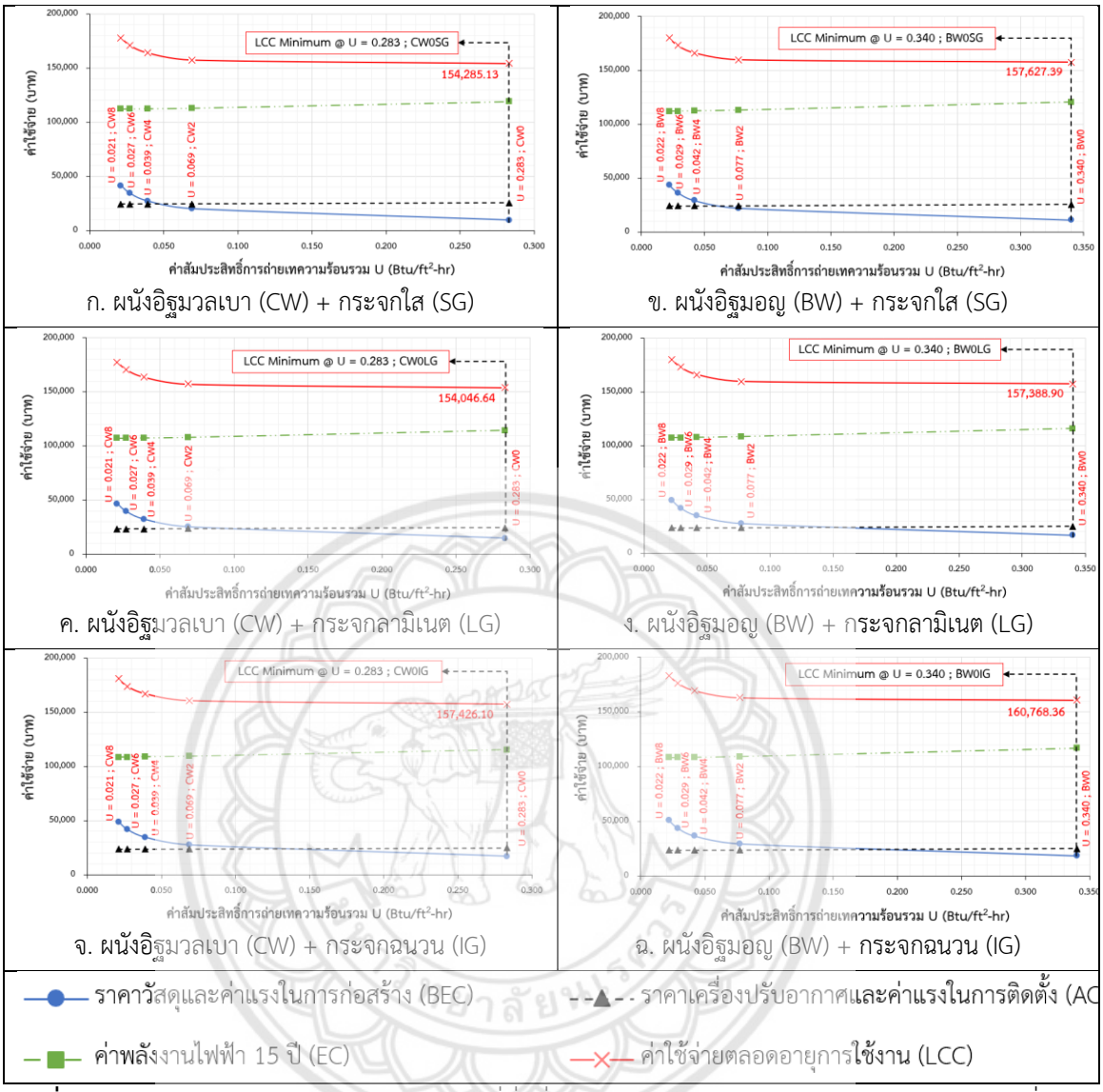
(WWR = 20%)



รูปที่ ง.2 กราฟค่าใช้จ่ายตลอดอายุการใช้งานที่ต่ำที่สุดของผนังภายนอกอาคารประเภทอาคาร 8 ชั่วโมง ที่ WWR= 20% ทางด้านทิศเหนือ (N)



รูปที่ ง.3 กราฟค่าใช้จ่ายตลอดอายุการใช้งานที่ต่ำที่สุดของผนังภายนอกอาคารประเภทอาคาร 8 ชั่วโมง ที่ WWR= 20% ทางด้านทิศตะวันออกเฉียงเหนือ (NE)



ก. ผนังอิฐมวลเบา (CW) + กระจกใส (SG)

ข. ผนังอิฐมอญ (BW) + กระจกใส (SG)

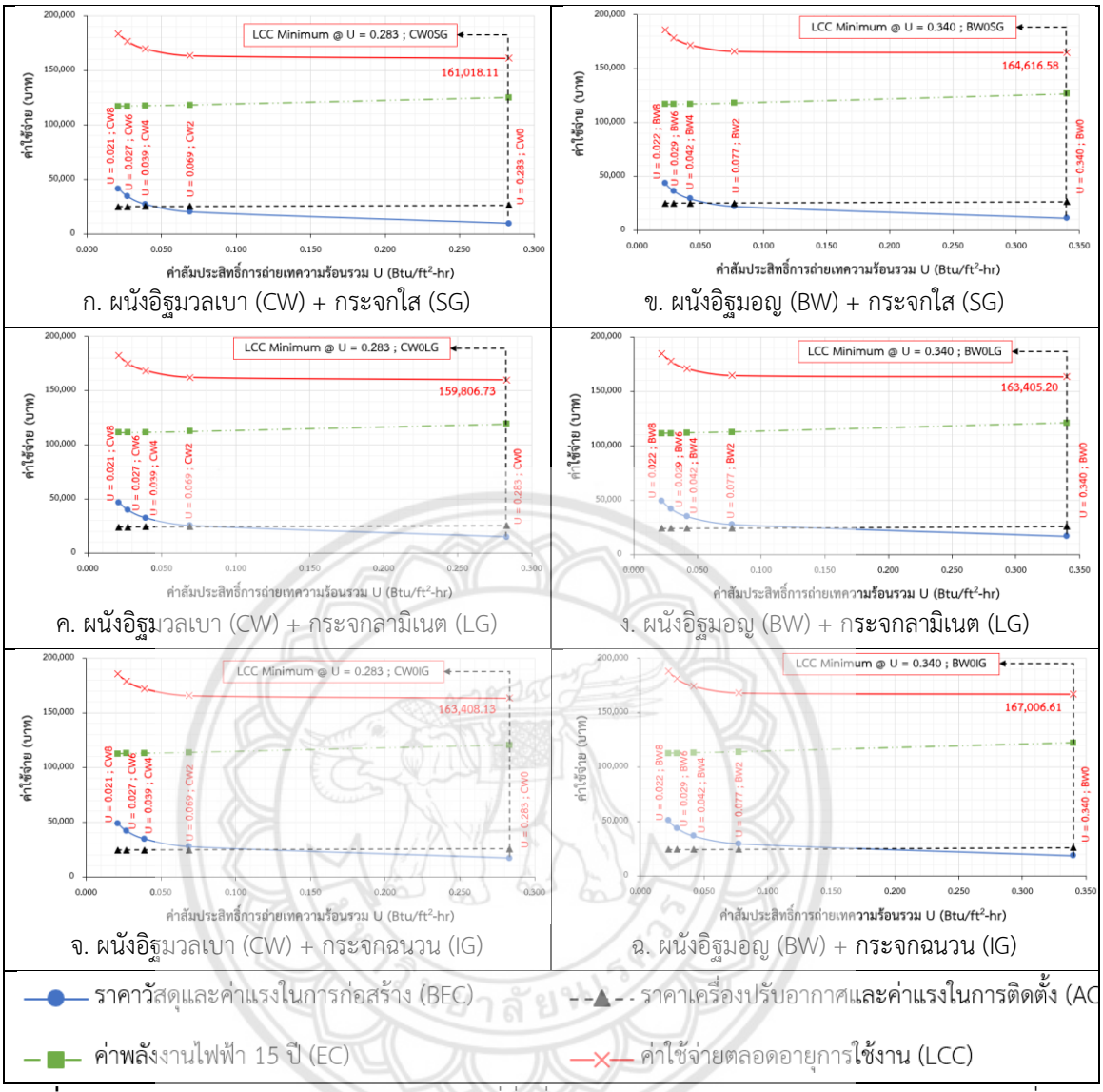
ค. ผนังอิฐมวลเบา (CW) + กระจกลามิเนต (LG)

ง. ผนังอิฐมอญ (BW) + กระจกลามิเนต (LG)

จ. ผนังอิฐมวลเบา (CW) + กระจกฉนวน (IG)

ฉ. ผนังอิฐมอญ (BW) + กระจกฉนวน (IG)

รูปที่ ง.4 กราฟค่าใช้จ่ายตลอดอายุการใช้งานที่ต่ำที่สุดของผนังภายนอกอาคารประเภทอาคาร 8 ชั่วโมง ที่ WWR= 20% ทางด้านทิศตะวันออก (E)



ก. ผนังอิฐมวลเบา (CW) + กระจกใส (SG)

ข. ผนังอิฐมอญ (BW) + กระจกใส (SG)

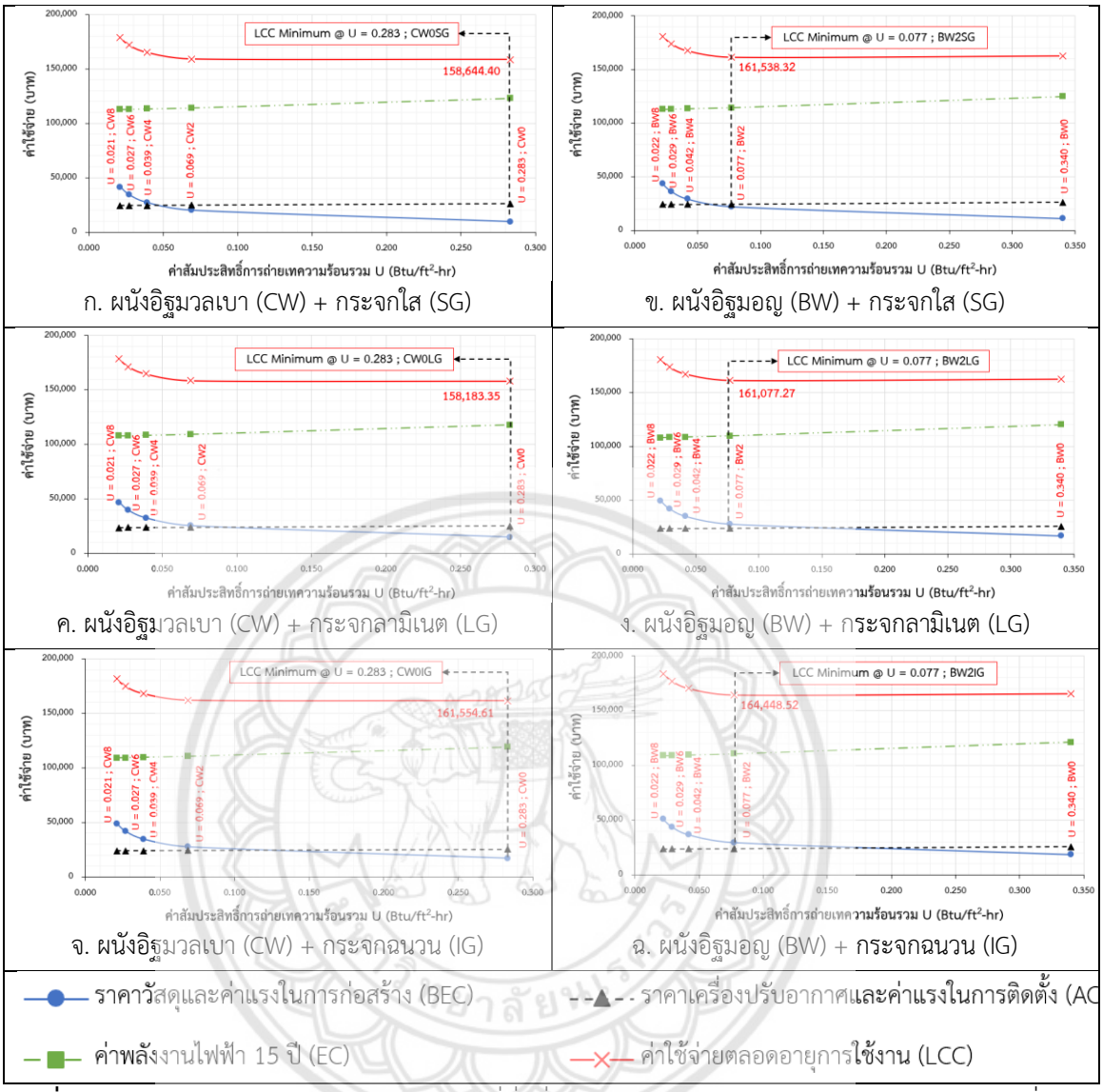
ค. ผนังอิฐมวลเบา (CW) + กระจกลามิเนต (LG)

ง. ผนังอิฐมอญ (BW) + กระจกลามิเนต (LG)

จ. ผนังอิฐมวลเบา (CW) + กระจกฉนวน (IG)

ฉ. ผนังอิฐมอญ (BW) + กระจกฉนวน (IG)

รูปที่ ง.5 กราฟค่าใช้จ่ายตลอดอายุการใช้งานที่ต่ำที่สุดของผนังภายนอกอาคารประเภทอาคาร 8 ชั่วโมง ที่ WWR= 20% ทางด้านทิศตะวันออกเฉียงใต้ (SE)



ก. ผนังอิฐมวลเบา (CW) + กระจกใส (SG)

ข. ผนังอิฐมอญ (BW) + กระจกใส (SG)

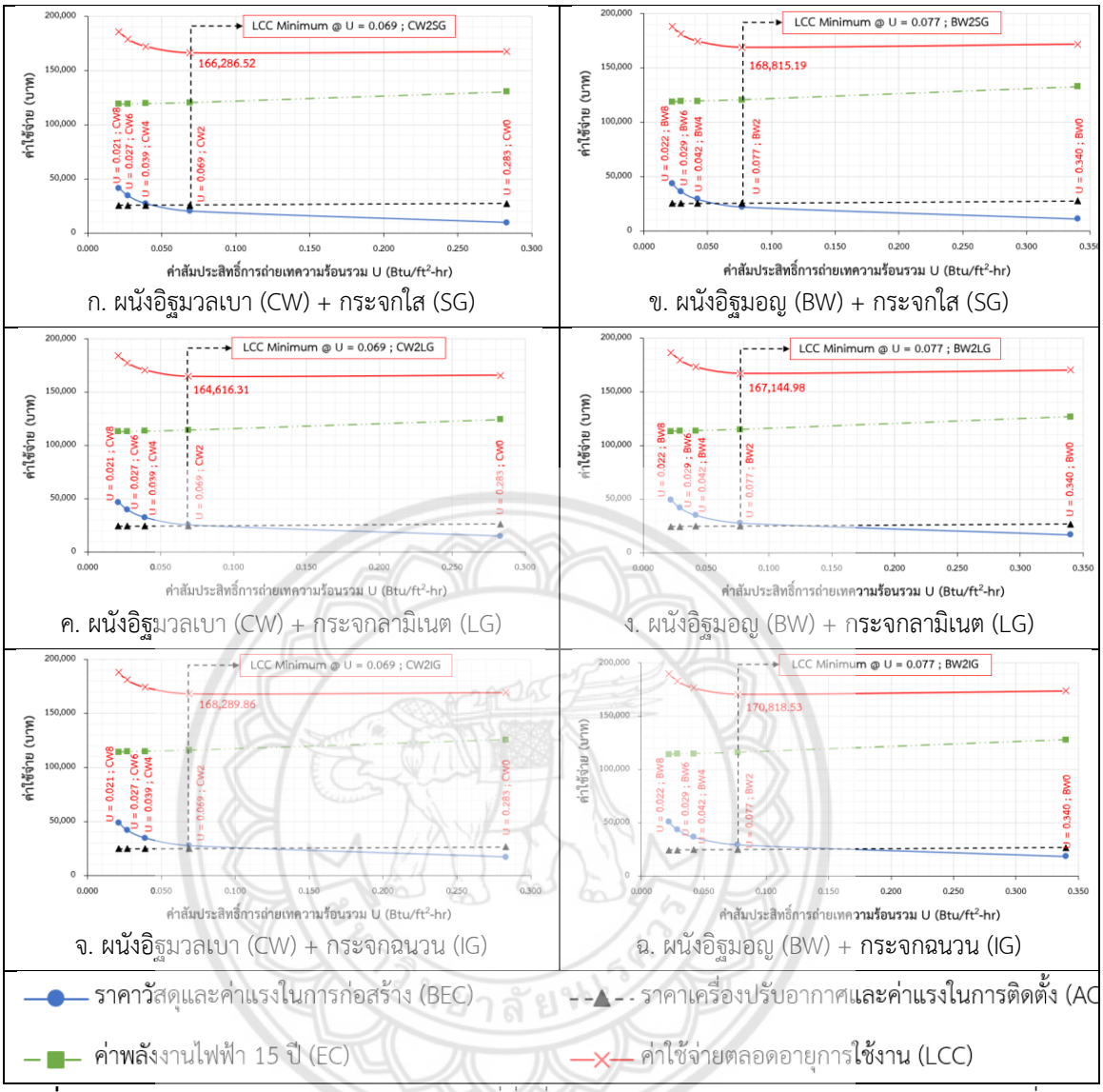
ค. ผนังอิฐมวลเบา (CW) + กระจกลามิเนต (LG)

ง. ผนังอิฐมอญ (BW) + กระจกลามิเนต (LG)

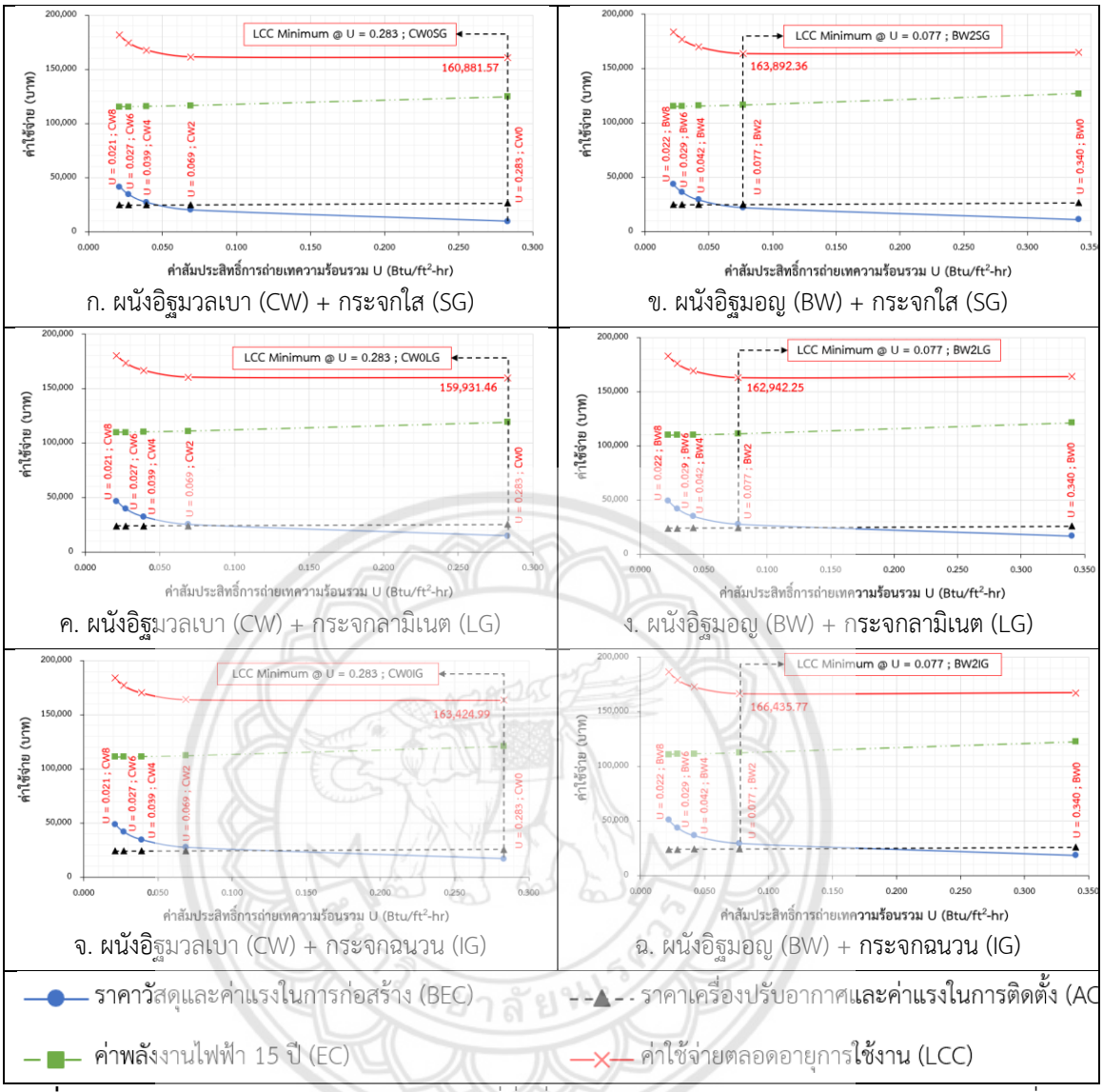
จ. ผนังอิฐมวลเบา (CW) + กระจกฉนวน (IG)

ฉ. ผนังอิฐมอญ (BW) + กระจกฉนวน (IG)

รูปที่ ง.6 กราฟค่าใช้จ่ายตลอดอายุการใช้งานที่ต่ำที่สุดของผนังภายนอกอาคารประเภทอาคาร 8 ชั่วโมง ที่ WWR= 20% ทางด้านด้านทิศใต้ (S)



รูปที่ ง.7 กราฟค่าใช้จ่ายตลอดอายุการใช้งานที่ต่ำที่สุดของผนังภายนอกอาคารประเภทอาคาร 8 ชั่วโมง ที่ WWR= 20% ทางด้านทิศตะวันตกเฉียงใต้ (SW)



ก. ผนังอิฐมวลเบา (CW) + กระจกใส (SG)

ข. ผนังอิฐมอญ (BW) + กระจกใส (SG)

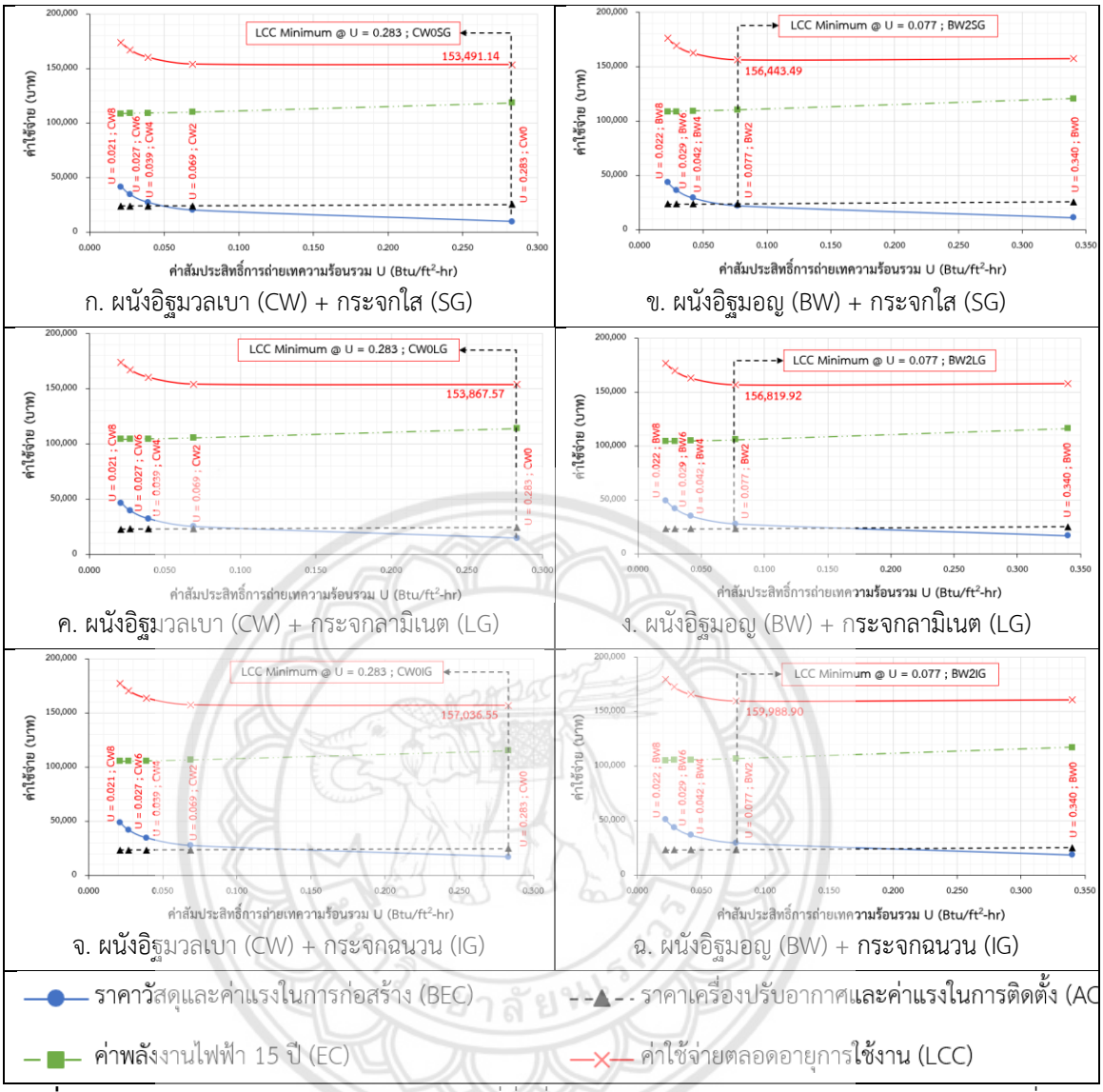
ค. ผนังอิฐมวลเบา (CW) + กระจกลามิเนต (LG)

ง. ผนังอิฐมอญ (BW) + กระจกลามิเนต (LG)

จ. ผนังอิฐมวลเบา (CW) + กระจกฉนวน (IG)

ฉ. ผนังอิฐมอญ (BW) + กระจกฉนวน (IG)

รูปที่ ง.8 กราฟค่าใช้จ่ายตลอดอายุการใช้งานที่ต่ำที่สุดของผนังภายนอกอาคารประเภทอาคาร 8 ชั่วโมง ที่ WWR= 20% ทางด้านทิศตะวันตก (W)



ก. ผนังอิฐมวลเบา (CW) + กระจกใส (SG)

ข. ผนังอิฐมอญ (BW) + กระจกใส (SG)

ค. ผนังอิฐมวลเบา (CW) + กระจกลามิเนต (LG)

ง. ผนังอิฐมอญ (BW) + กระจกลามิเนต (LG)

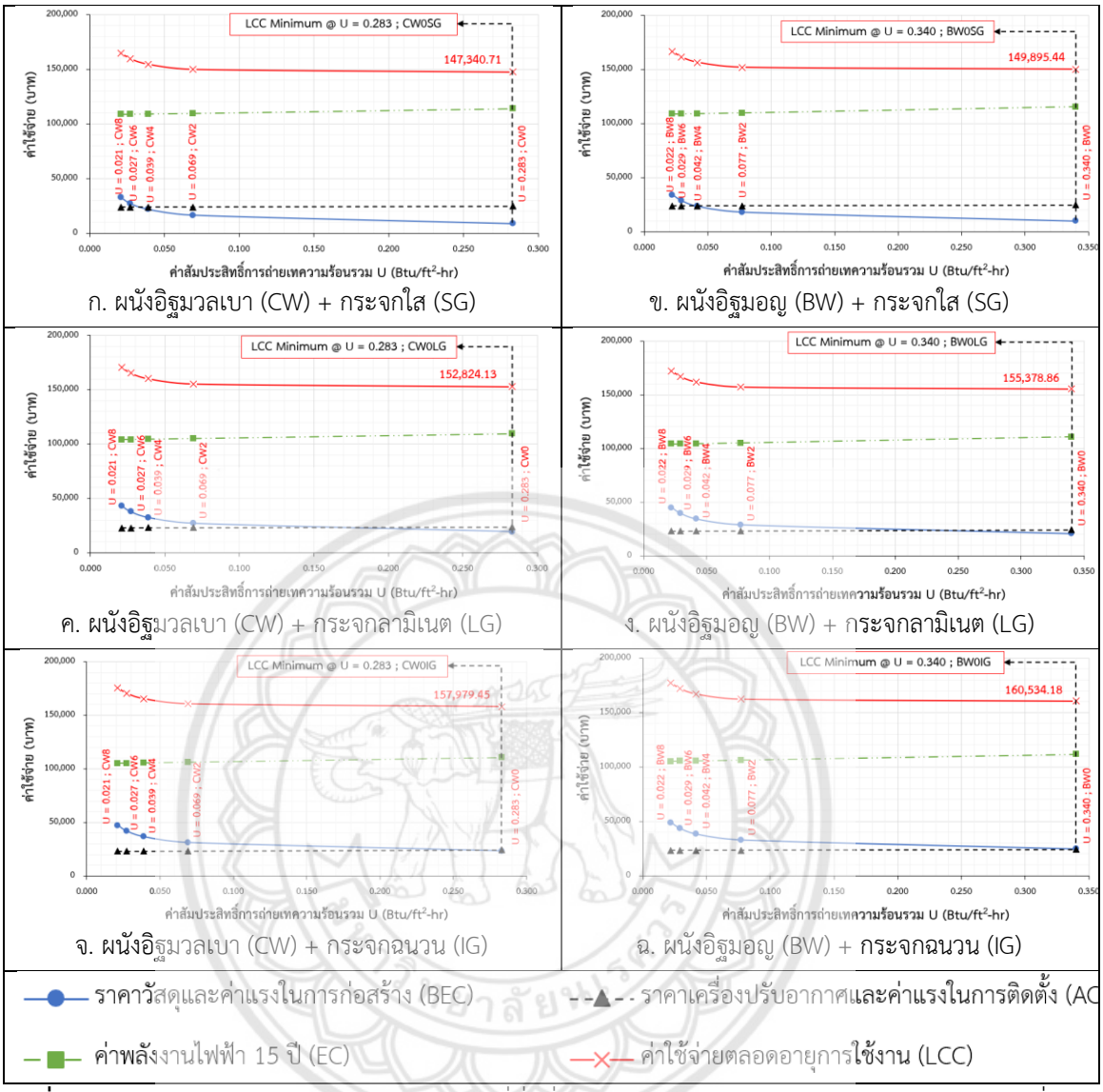
จ. ผนังอิฐมวลเบา (CW) + กระจกฉนวน (IG)

ฉ. ผนังอิฐมอญ (BW) + กระจกฉนวน (IG)

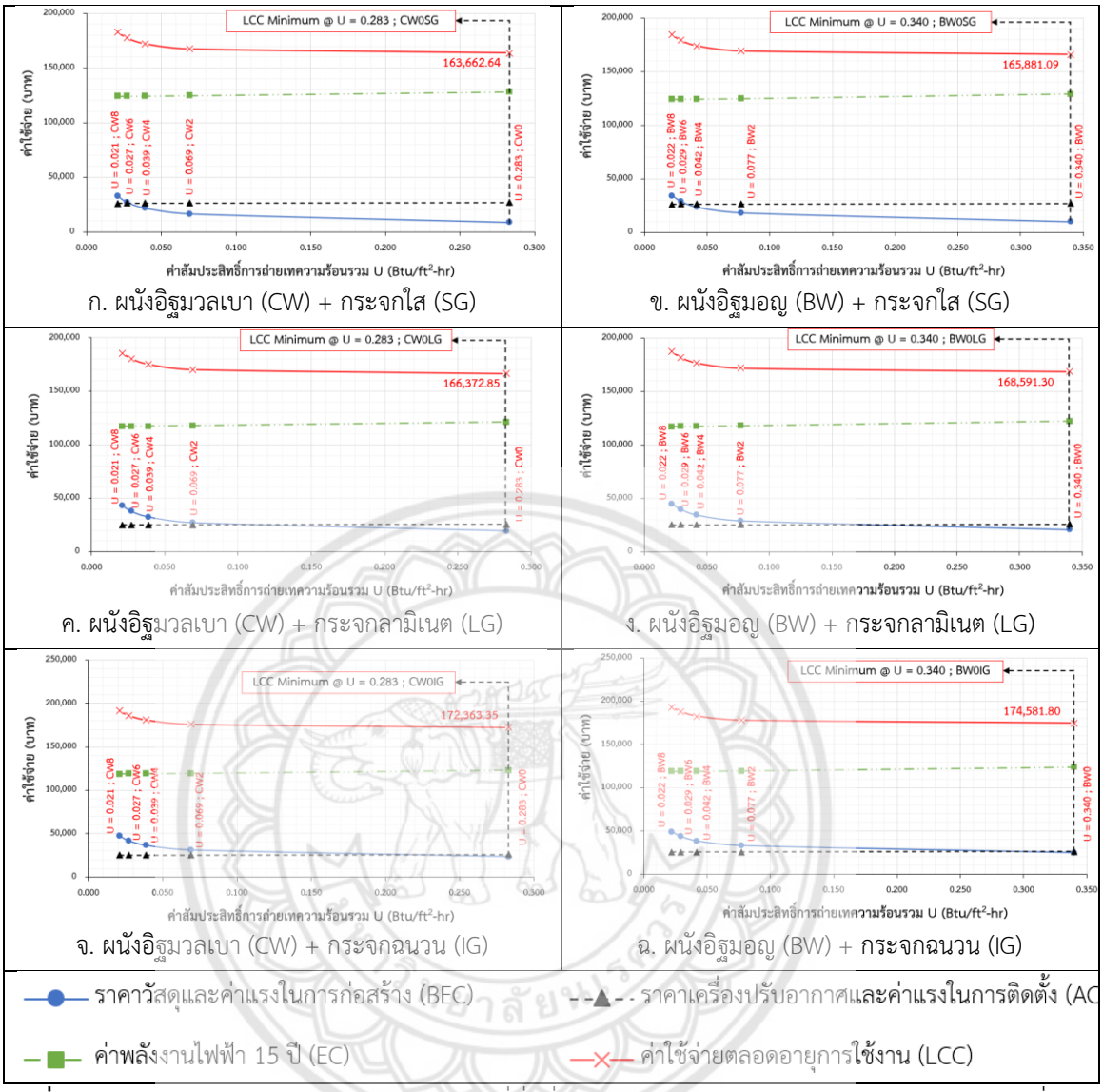
รูปที่ ง.9 กราฟค่าใช้จ่ายตลอดอายุการใช้งานที่ต่ำที่สุดของผนังภายนอกอาคารประเภทอาคาร 8 ชั่วโมง ที่ WWR= 20% ทางด้านทิศตะวันตกเฉียงเหนือ (NW)

อัตราส่วนพื้นที่กระจกต่อพื้นที่ผนังร้อยละ 40

(WWR = 40%)



รูปที่ ง.10 กราฟค่าใช้จ่ายตลอดอายุการใช้งานที่ต่ำที่สุดของผนังภายนอกอาคารประเภทอาคาร 8 ชั่วโมง ที่ WWR= 40% ทางด้านทิศเหนือ (N)



ก. ผนังอิฐมวลเบา (CW) + กระจกใส (SG)

ข. ผนังอิฐมอญ (BW) + กระจกใส (SG)

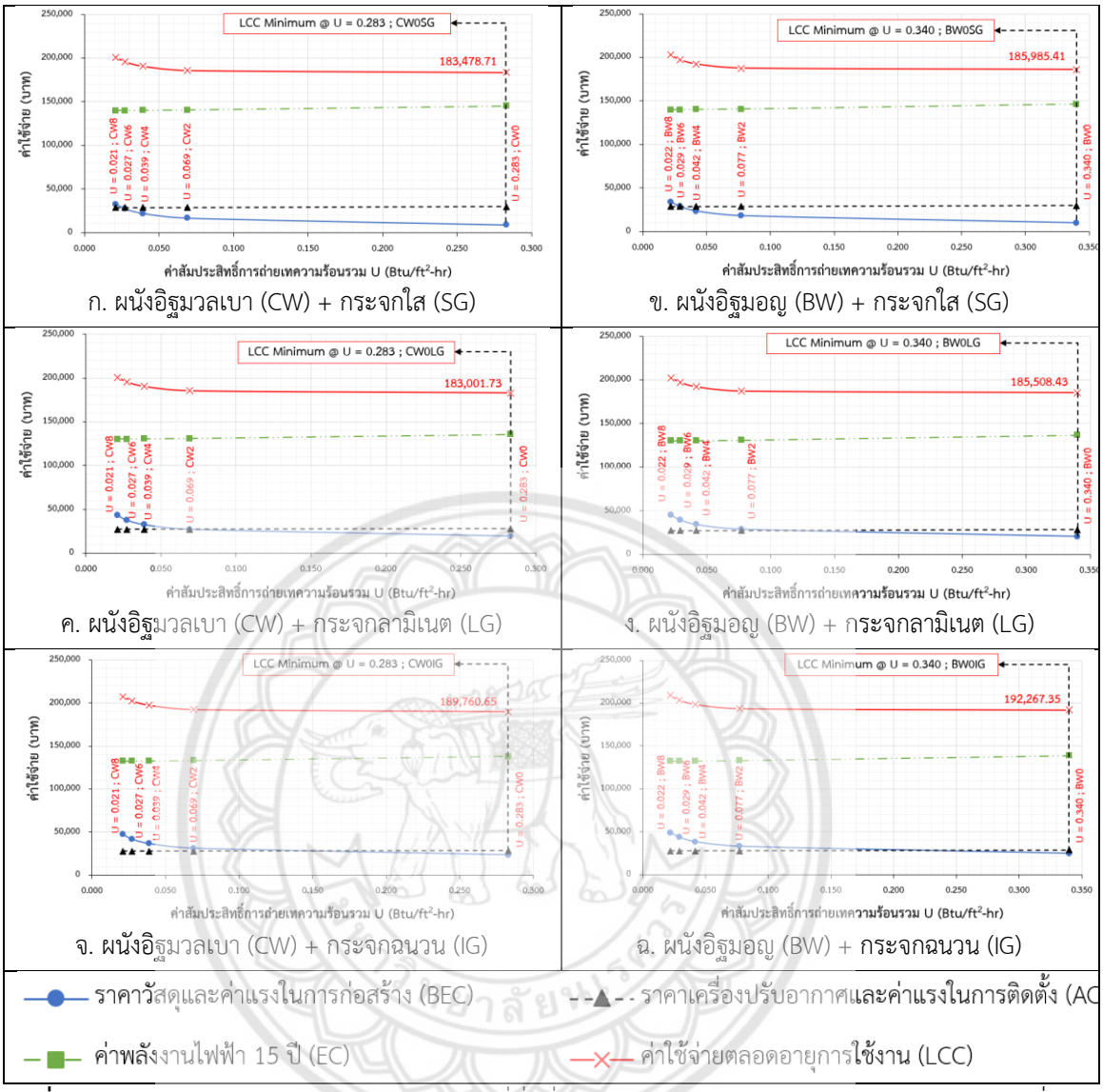
ค. ผนังอิฐมวลเบา (CW) + กระจกลามิเนต (LG)

ง. ผนังอิฐมอญ (BW) + กระจกลามิเนต (LG)

จ. ผนังอิฐมวลเบา (CW) + กระจกฉนวน (IG)

ฉ. ผนังอิฐมอญ (BW) + กระจกฉนวน (IG)

รูปที่ ง.11 กราฟค่าใช้จ่ายตลอดอายุการใช้งานที่ต่ำที่สุดของผนังภายนอกอาคารประเภทอาคาร 8 ชั่วโมง ที่ WWR= 40% ทางด้านทิศตะวันออกเฉียงเหนือ (NE)



ก. ผนังอิฐมวลเบา (CW) + กระจกใส (SG)

ข. ผนังอิฐมอญ (BW) + กระจกใส (SG)

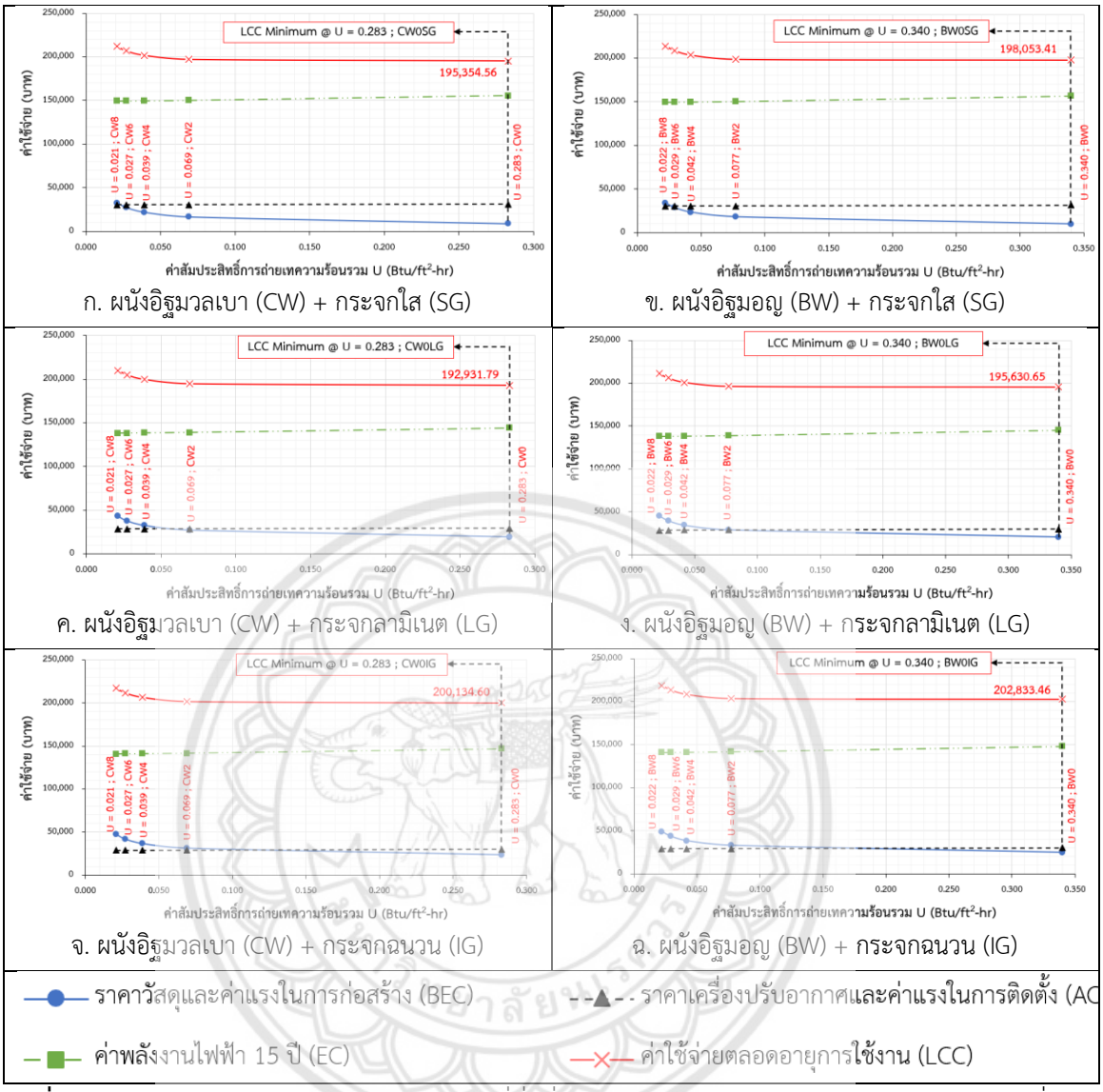
ค. ผนังอิฐมวลเบา (CW) + กระจกลามิเนต (LG)

ง. ผนังอิฐมอญ (BW) + กระจกลามิเนต (LG)

จ. ผนังอิฐมวลเบา (CW) + กระจกฉนวน (IG)

ฉ. ผนังอิฐมอญ (BW) + กระจกฉนวน (IG)

รูปที่ ง.12 กราฟค่าใช้จ่ายตลอดอายุการใช้งานที่ต่ำที่สุดของผนังภายนอกอาคารประเภทอาคาร 8 ชั่วโมง ที่ WWR= 40% ทางด้านทิศตะวันออก (E)



ก. ผนังอิฐมวลเบา (CW) + กระจกใส (SG)

ข. ผนังอิฐมอญ (BW) + กระจกใส (SG)

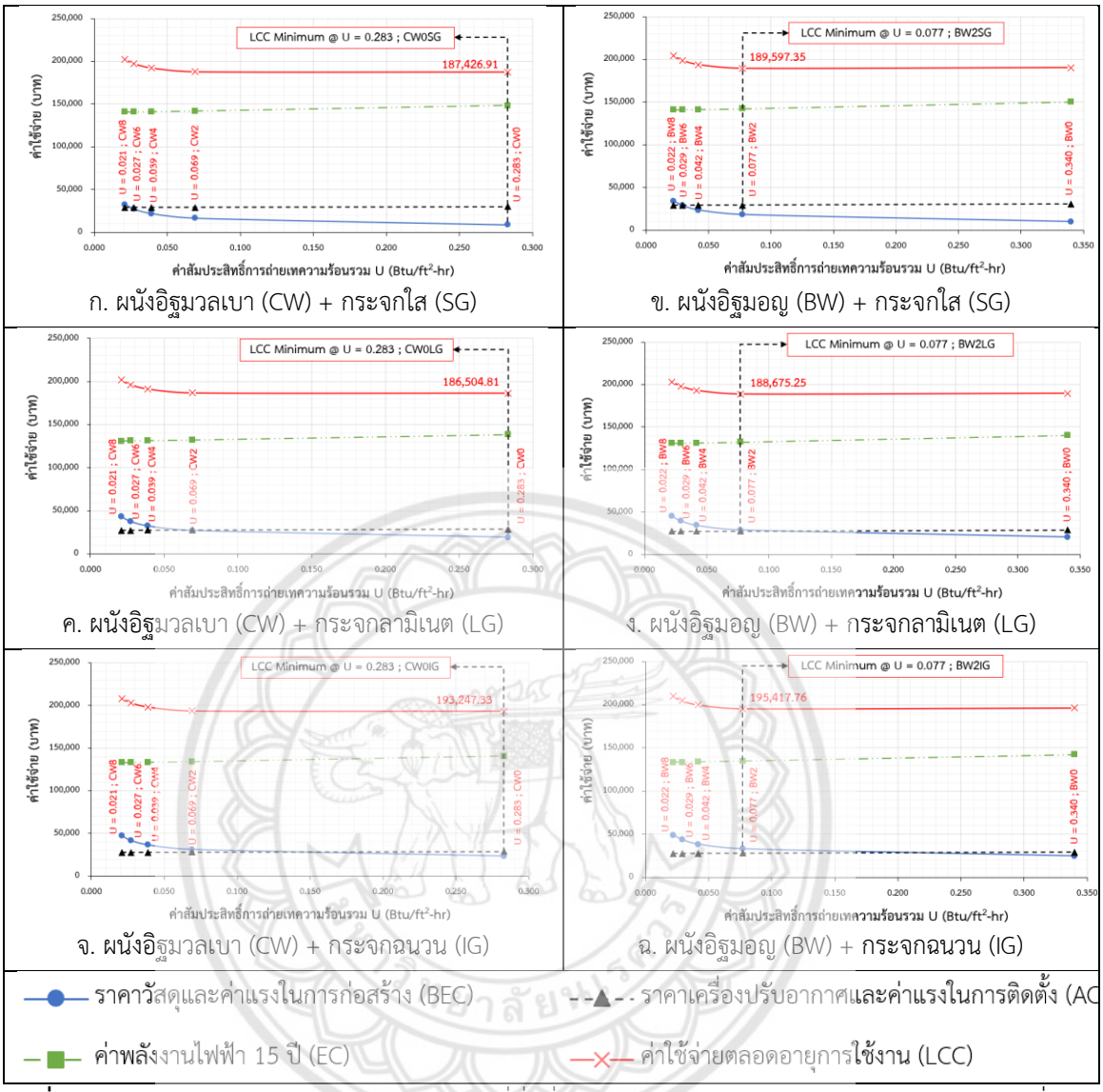
ค. ผนังอิฐมวลเบา (CW) + กระจกลามิเนต (LG)

ง. ผนังอิฐมอญ (BW) + กระจกลามิเนต (LG)

จ. ผนังอิฐมวลเบา (CW) + กระจกฉนวน (IG)

ฉ. ผนังอิฐมอญ (BW) + กระจกฉนวน (IG)

รูปที่ ง.13 กราฟค่าใช้จ่ายตลอดอายุการใช้งานที่ต่ำที่สุดของผนังภายนอกอาคารประเภทอาคาร 8 ชั่วโมง ที่ WWR= 40% ทางด้านทิศตะวันออกเฉียงใต้ (SE)



ก. ผนังอิฐมวลเบา (CW) + กระจกใส (SG)

ข. ผนังอิฐมอญ (BW) + กระจกใส (SG)

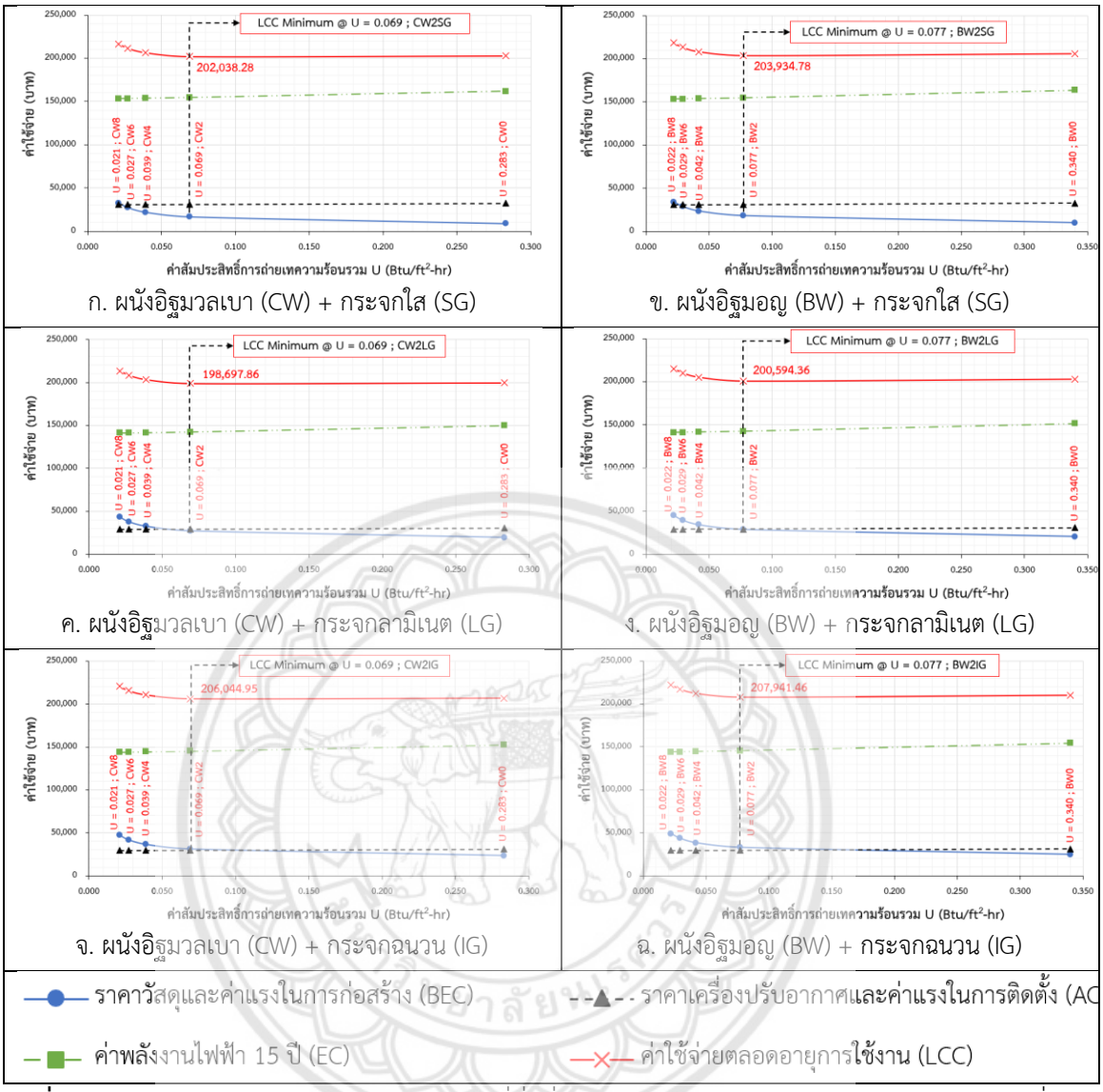
ค. ผนังอิฐมวลเบา (CW) + กระจกลามิเนต (LG)

ง. ผนังอิฐมอญ (BW) + กระจกลามิเนต (LG)

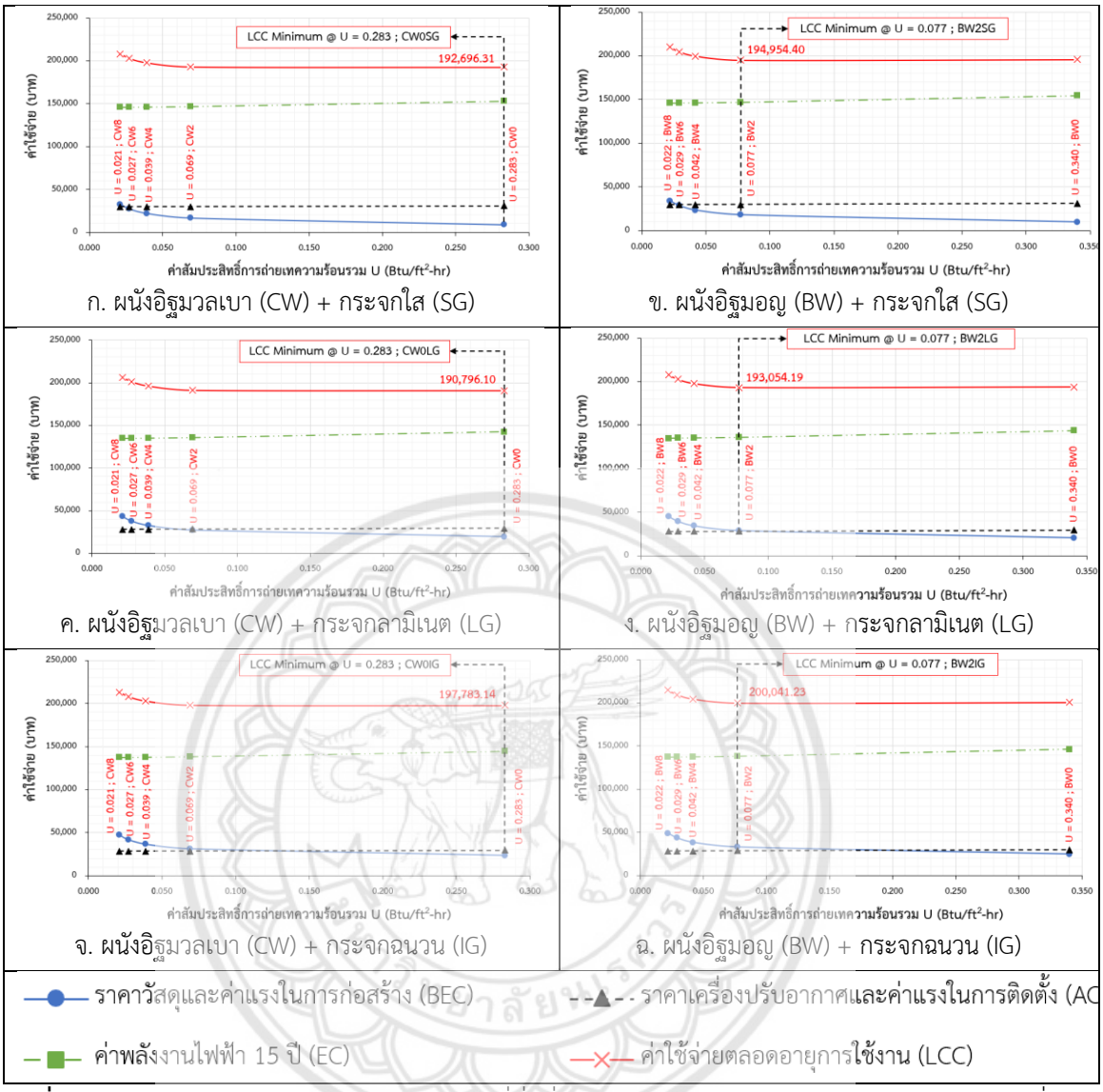
จ. ผนังอิฐมวลเบา (CW) + กระจกฉนวน (IG)

ฉ. ผนังอิฐมอญ (BW) + กระจกฉนวน (IG)

รูปที่ ง.14 กราฟค่าใช้จ่ายตลอดอายุการใช้งานที่ต่ำที่สุดของผนังภายนอกอาคารประเภทอาคาร 8 ชั่วโมง ที่ WWR= 40% ทางด้านทิศใต้ (S)



รูปที่ ง.15 กราฟค่าใช้จ่ายตลอดอายุการใช้งานที่ต่ำที่สุดของผนังภายนอกอาคารประเภทอาคาร 8 ชั่วโมง ที่ WWR= 40% ทางด้านทิศตะวันตกเฉียงใต้ (SW)



ก. ผนังอิฐมวลเบา (CW) + กระจกใส (SG)

ข. ผนังอิฐมอญ (BW) + กระจกใส (SG)

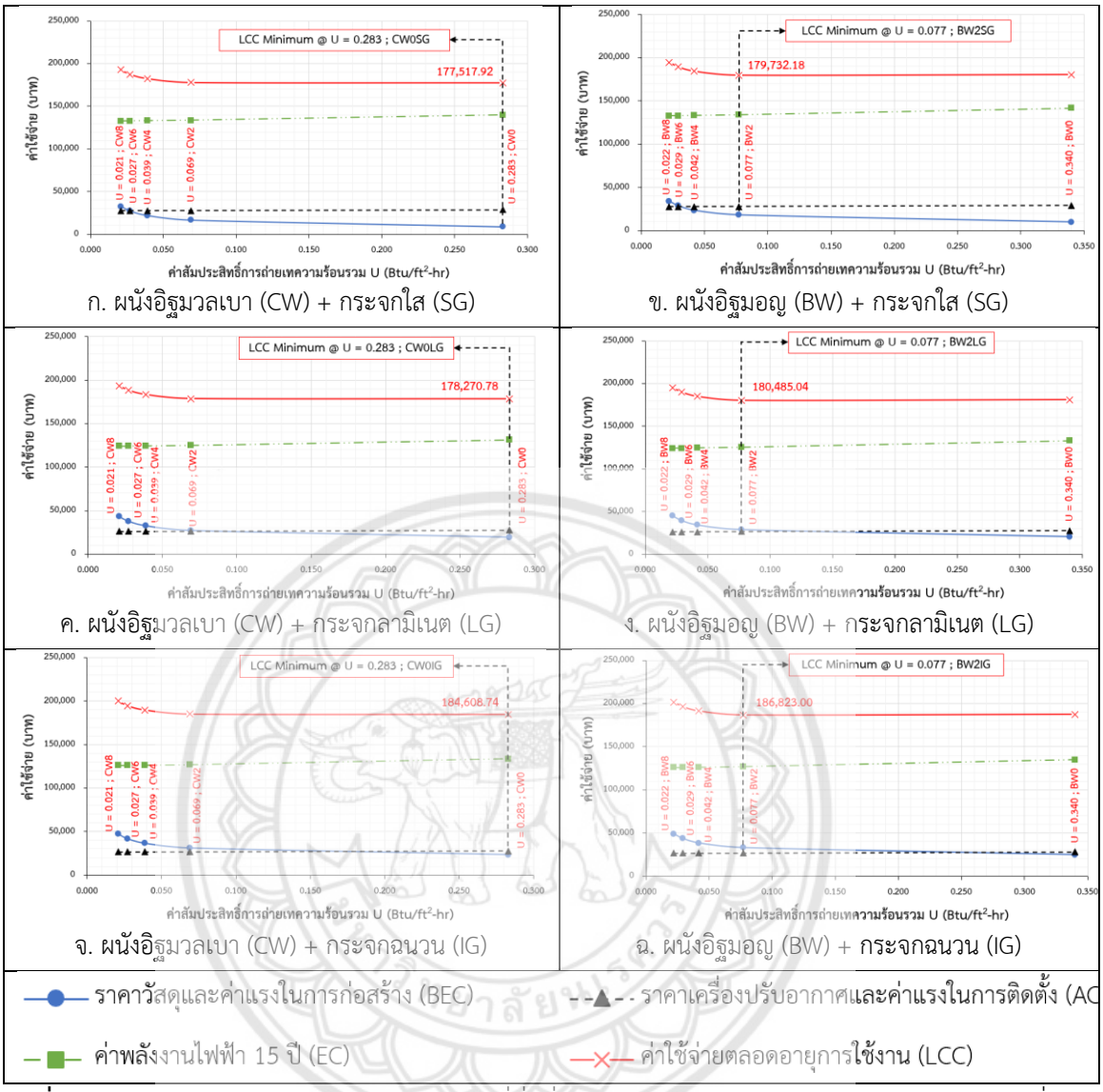
ค. ผนังอิฐมวลเบา (CW) + กระจกลามิเนต (LG)

ง. ผนังอิฐมอญ (BW) + กระจกลามิเนต (LG)

จ. ผนังอิฐมวลเบา (CW) + กระจกฉนวน (IG)

ฉ. ผนังอิฐมอญ (BW) + กระจกฉนวน (IG)

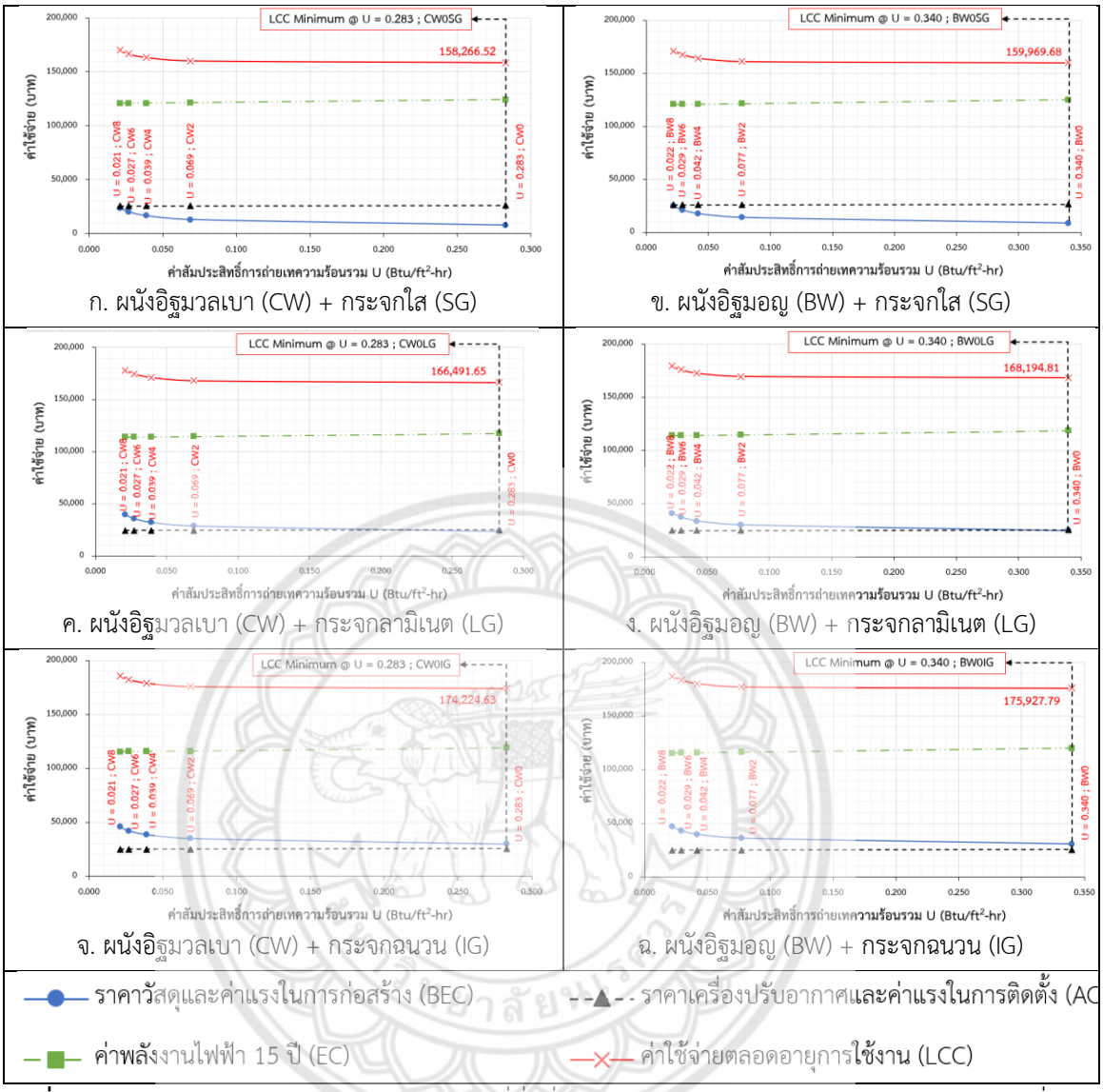
รูปที่ ง.16 กราฟค่าใช้จ่ายตลอดอายุการใช้งานที่ต่ำที่สุดของผนังภายนอกอาคารประเภทอาคาร 8 ชั่วโมง ที่ WWR= 40% ทางด้านทิศตะวันตก (W)



รูปที่ ง.17 กราฟค่าใช้จ่ายตลอดอายุการใช้งานที่ต่ำที่สุดของผนังภายนอกอาคารประเภทอาคาร 8 ชั่วโมง ที่ WWR= 40% ทางด้านทิศตะวันตกเฉียงเหนือ (NW)

อัตราส่วนพื้นที่กระจกต่อพื้นที่ผนังร้อยละ 60

(WWR = 60%)



ก. ผนังอิฐมวลเบา (CW) + กระจกใส (SG)

ข. ผนังอิฐมอญ (BW) + กระจกใส (SG)

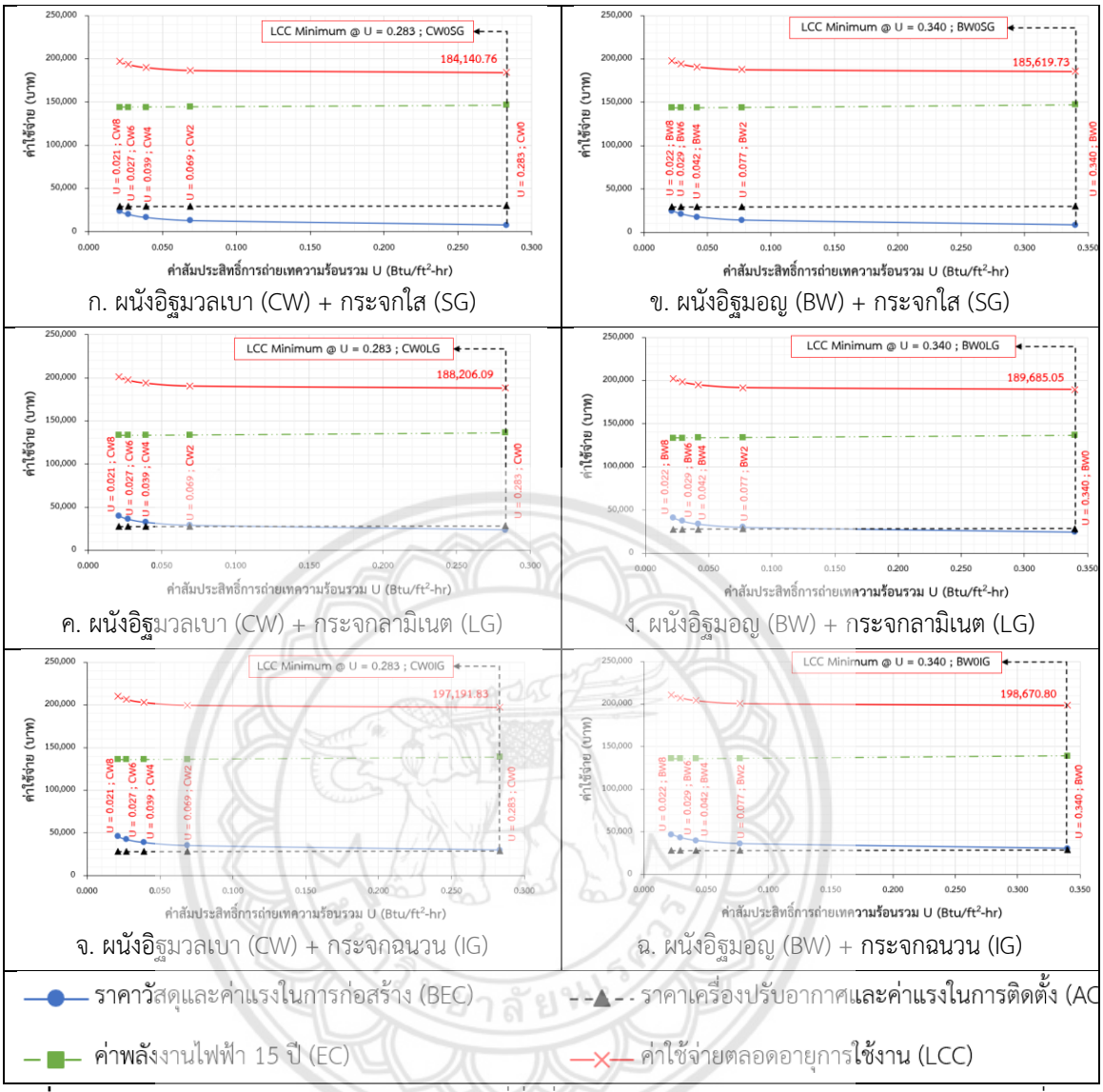
ค. ผนังอิฐมวลเบา (CW) + กระจกลามิเนต (LG)

ง. ผนังอิฐมอญ (BW) + กระจกลามิเนต (LG)

จ. ผนังอิฐมวลเบา (CW) + กระจกฉนวน (IG)

ฉ. ผนังอิฐมอญ (BW) + กระจกฉนวน (IG)

รูปที่ ง.18 กราฟค่าใช้จ่ายตลอดอายุการใช้งานที่ต่ำที่สุดของผนังภายนอกอาคารประเภทอาคาร 8 ชั่วโมง ที่ WWR= 60% ทางด้านทิศเหนือ (N)



ก. ผนังอิฐมวลเบา (CW) + กระจกใส (SG)

ข. ผนังอิฐมอญ (BW) + กระจกใส (SG)

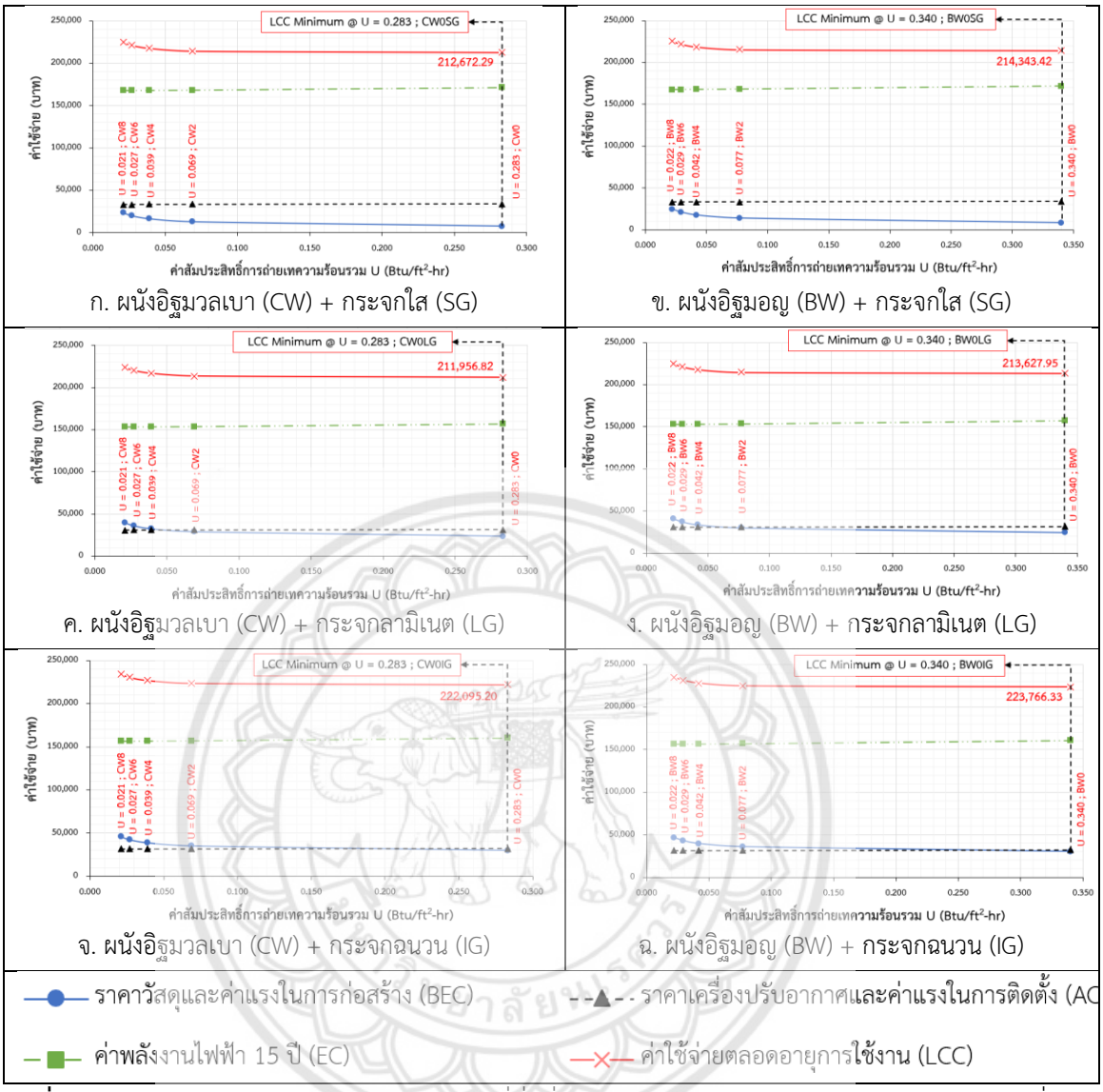
ค. ผนังอิฐมวลเบา (CW) + กระจกลามิเนต (LG)

ง. ผนังอิฐมอญ (BW) + กระจกลามิเนต (LG)

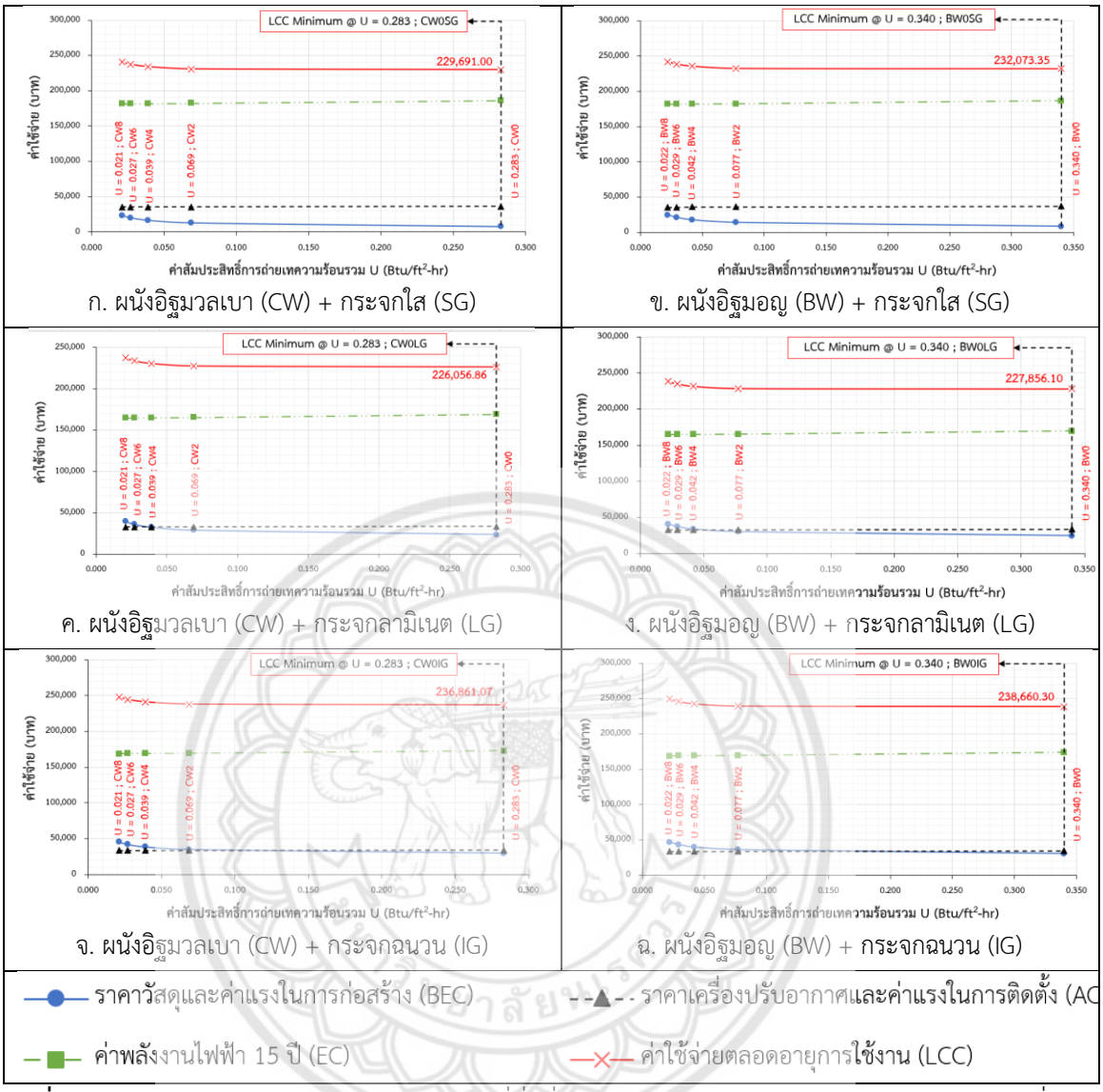
จ. ผนังอิฐมวลเบา (CW) + กระจกฉนวน (IG)

ฉ. ผนังอิฐมอญ (BW) + กระจกฉนวน (IG)

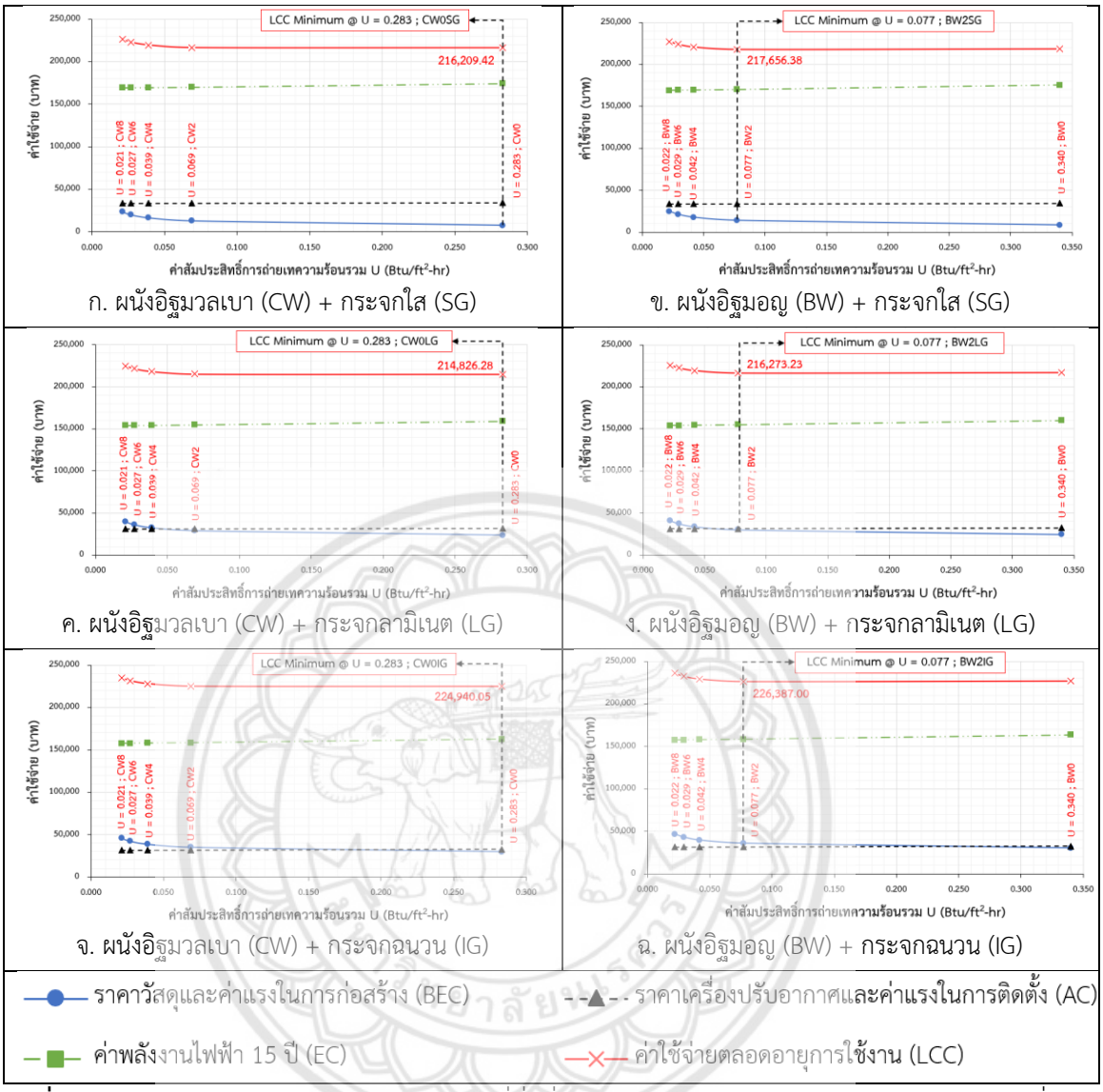
รูปที่ ง.19 กราฟค่าใช้จ่ายตลอดอายุการใช้งานที่ต่ำที่สุดของผนังภายนอกอาคารประเภทอาคาร 8 ชั่วโมง ที่ WWR= 60% ทางด้านทิศตะวันออกเฉียงเหนือ (NE)



รูปที่ ง.20 กราฟค่าใช้จ่ายตลอดอายุการใช้งานที่ต่ำที่สุดของผนังภายนอกอาคารประเภทอาคาร 8 ชั่วโมง ที่ WWR= 60% ทางด้านทิศตะวันออก (E)



รูปที่ ง.21 กราฟค่าใช้จ่ายตลอดอายุการใช้งานที่ต่ำที่สุดของผนังภายนอกอาคารประเภทอาคาร 8 ชั่วโมง ที่ WWR= 60% ทางด้านทิศตะวันออกเฉียงใต้ (SE)



ก. ผนังอิฐมวลเบา (CW) + กระจกใส (SG)

ข. ผนังอิฐมอญ (BW) + กระจกใส (SG)

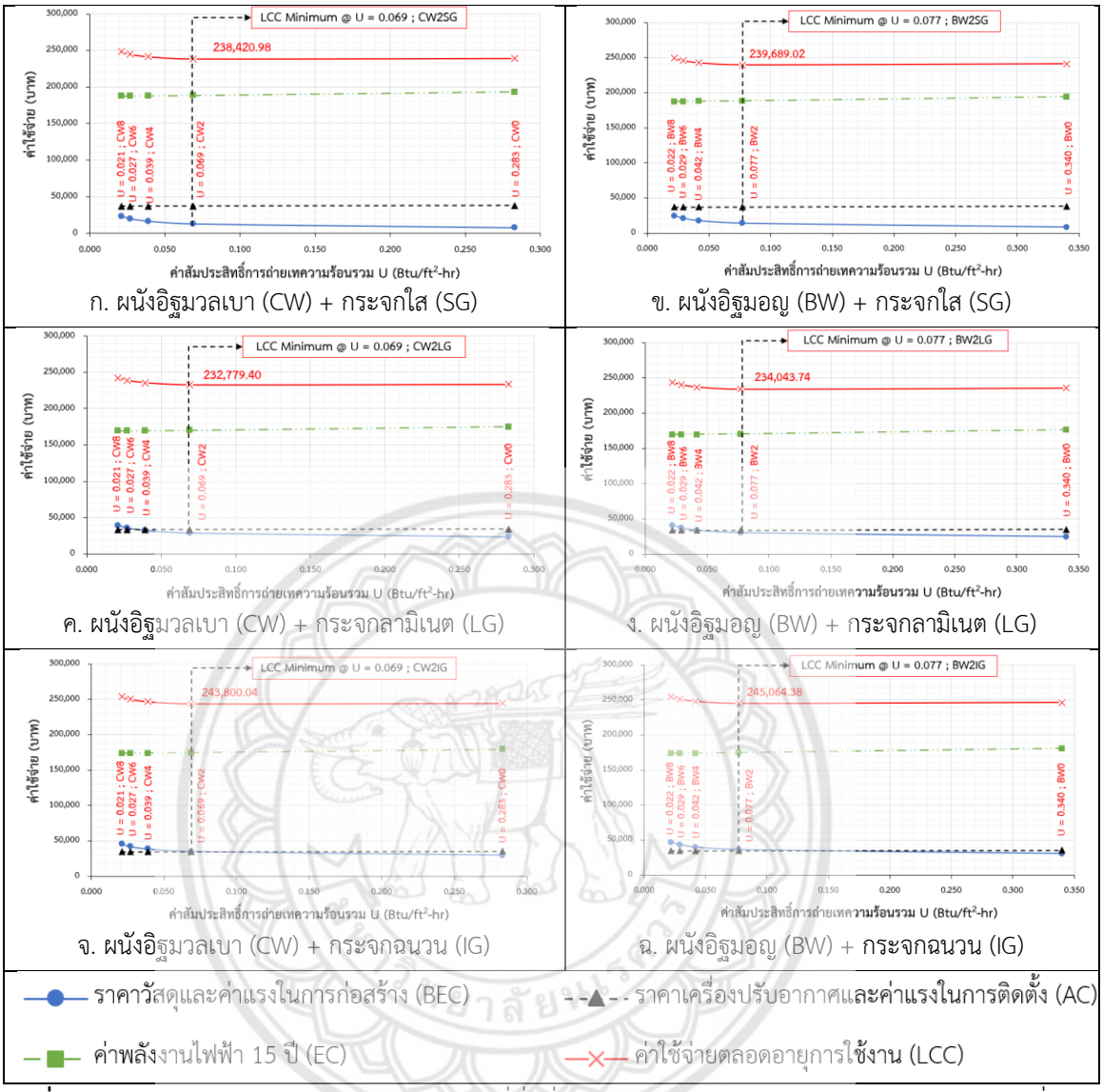
ค. ผนังอิฐมวลเบา (CW) + กระจกลามิเนต (LG)

ง. ผนังอิฐมอญ (BW) + กระจกลามิเนต (LG)

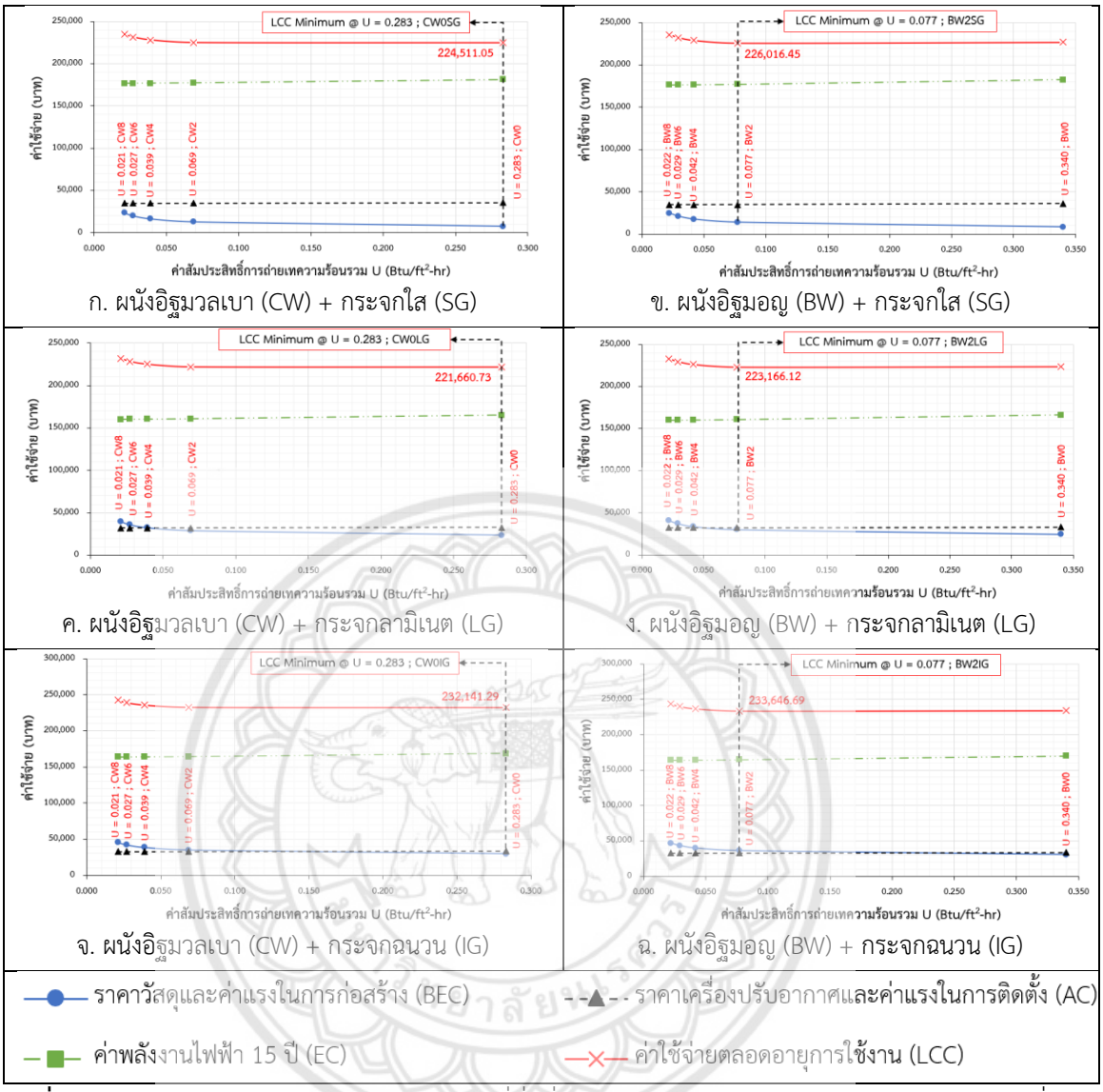
จ. ผนังอิฐมวลเบา (CW) + กระจกฉนวน (IG)

ฉ. ผนังอิฐมอญ (BW) + กระจกฉนวน (IG)

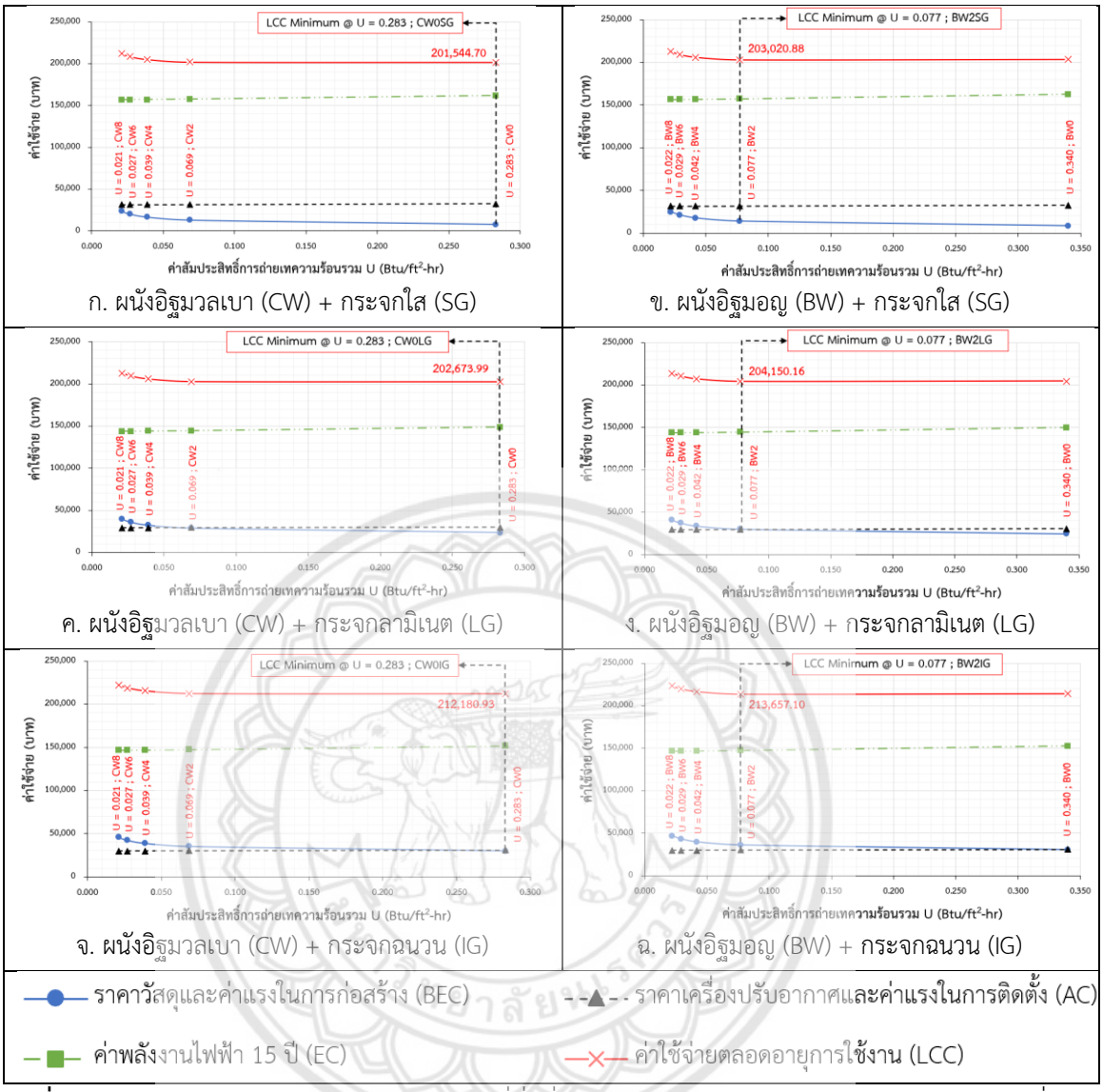
รูปที่ ง.22 กราฟค่าใช้จ่ายตลอดอายุการใช้งานที่ต่ำที่สุดของผนังภายนอกอาคารประเภทอาคาร 8 ชั่วโมง ที่ WWR= 60% ทางด้านทิศใต้ (S)



รูปที่ ง.23 กราฟค่าใช้จ่ายตลอดอายุการใช้งานที่ต่ำที่สุดของผนังภายนอกอาคารประเภทอาคาร 8 ชั่วโมง ที่ WWR= 60% ทางด้านทิศตะวันตกเฉียงใต้ (SW)



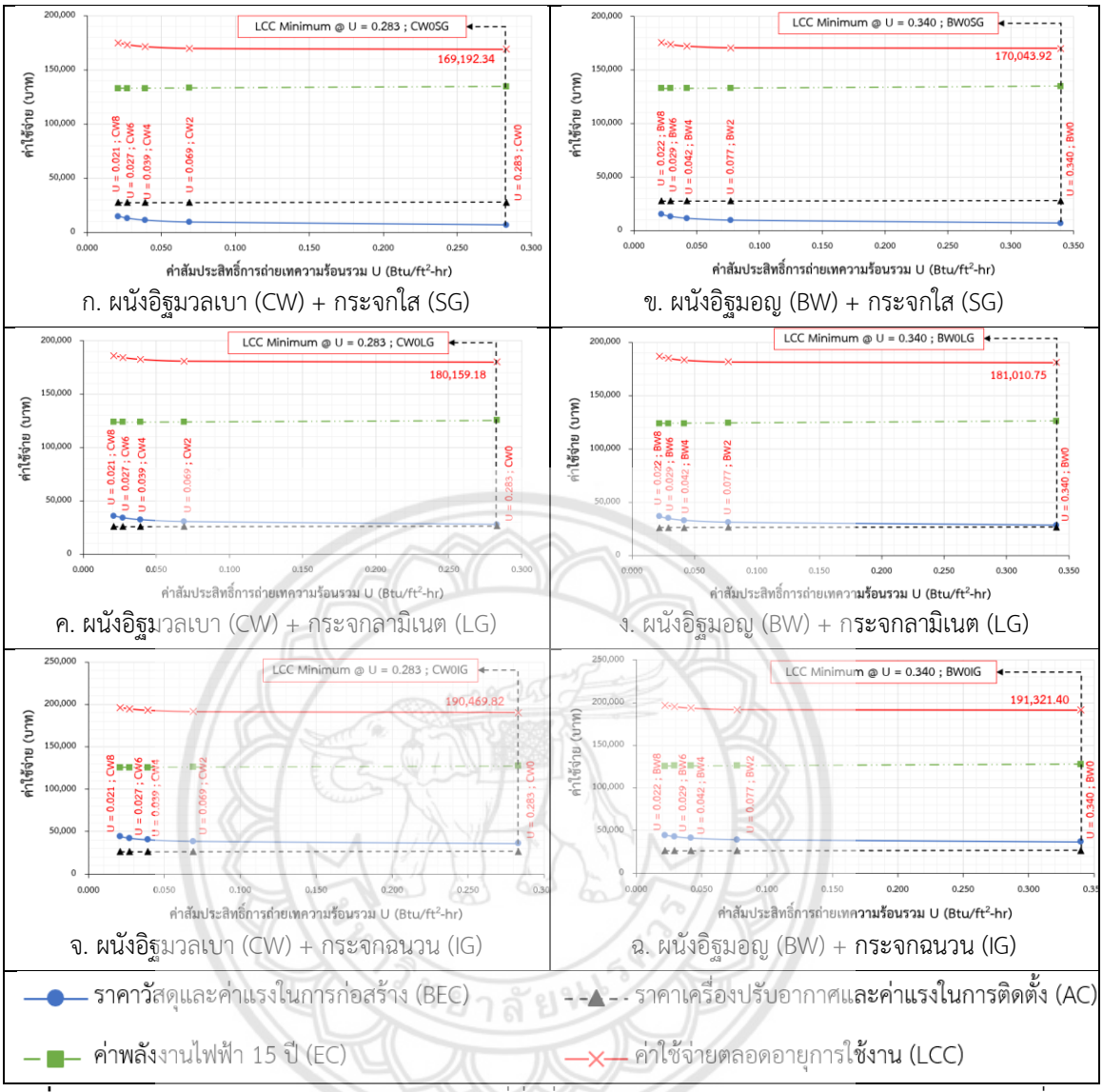
รูปที่ ง.24 กราฟค่าใช้จ่ายตลอดอายุการใช้งานที่ต่ำที่สุดของผนังภายนอกอาคารประเภทอาคาร 8 ชั่วโมง ที่ WWR= 60% ทางด้านทิศตะวันตก (W)



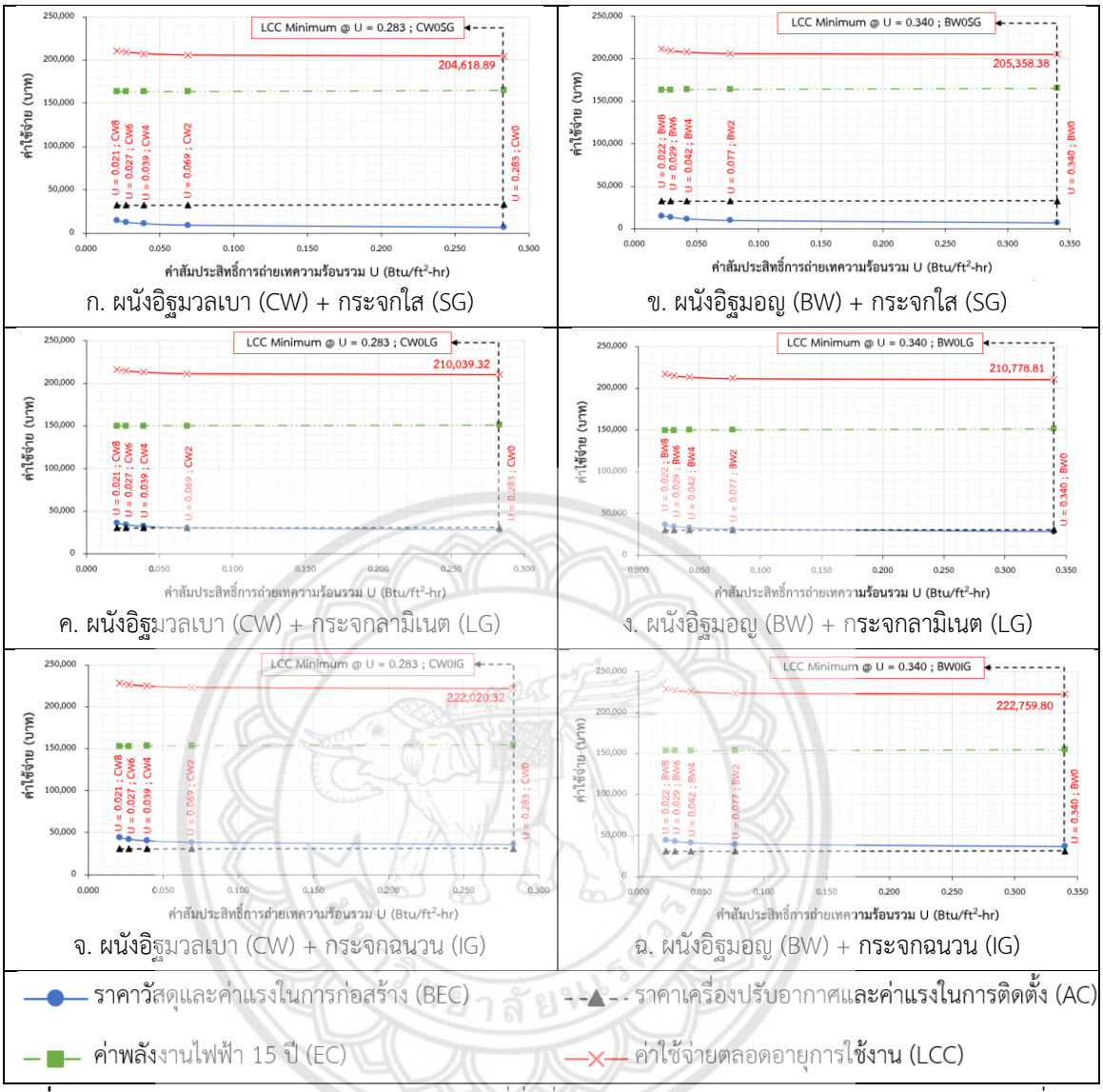
รูปที่ ง.25 กราฟค่าใช้จ่ายตลอดอายุการใช้งานที่ต่ำที่สุดของผนังภายนอกอาคารประเภทอาคาร 8 ชั่วโมง ที่ WWR= 60% ทางด้านทิศตะวันตกเฉียงเหนือ (NW)

อัตราส่วนพื้นที่กระจกต่อพื้นที่ผนังร้อยละ 80

(WWR = 80%)



รูปที่ ง.26 กราฟค่าใช้จ่ายตลอดอายุการใช้งานที่ต่ำที่สุดของผนังภายนอกอาคารประเภทอาคาร 8 ชั่วโมง ที่ WWR= 80% ทางด้านทิศเหนือ (N)



ก. ผนังอิฐมวลเบา (CW) + กระจกใส (SG)

ข. ผนังอิฐมอญ (BW) + กระจกใส (SG)

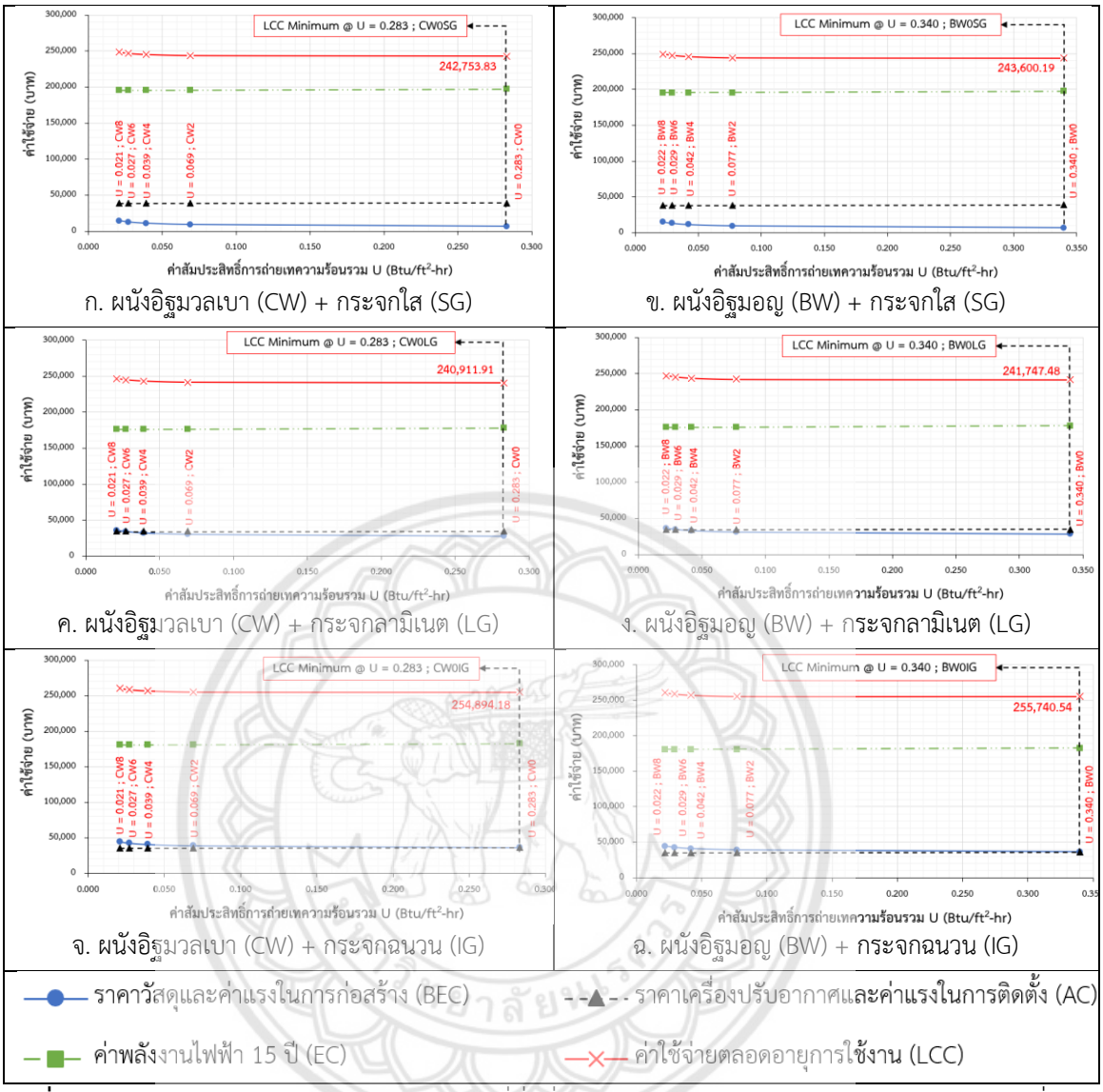
ค. ผนังอิฐมวลเบา (CW) + กระจกลามิเนต (LG)

ง. ผนังอิฐมอญ (BW) + กระจกลามิเนต (LG)

จ. ผนังอิฐมวลเบา (CW) + กระจกฉนวน (IG)

ฉ. ผนังอิฐมอญ (BW) + กระจกฉนวน (IG)

รูปที่ ง.27 กราฟค่าใช้จ่ายตลอดอายุการใช้งานที่ต่ำที่สุดของผนังภายนอกอาคารประเภทอาคาร 8 ชั่วโมง ที่ WWR= 80% ทางด้านทิศตะวันออกเฉียงเหนือ (NE)



ก. ผนังอิฐมวลเบา (CW) + กระจกใส (SG)

ข. ผนังอิฐมอญ (BW) + กระจกใส (SG)

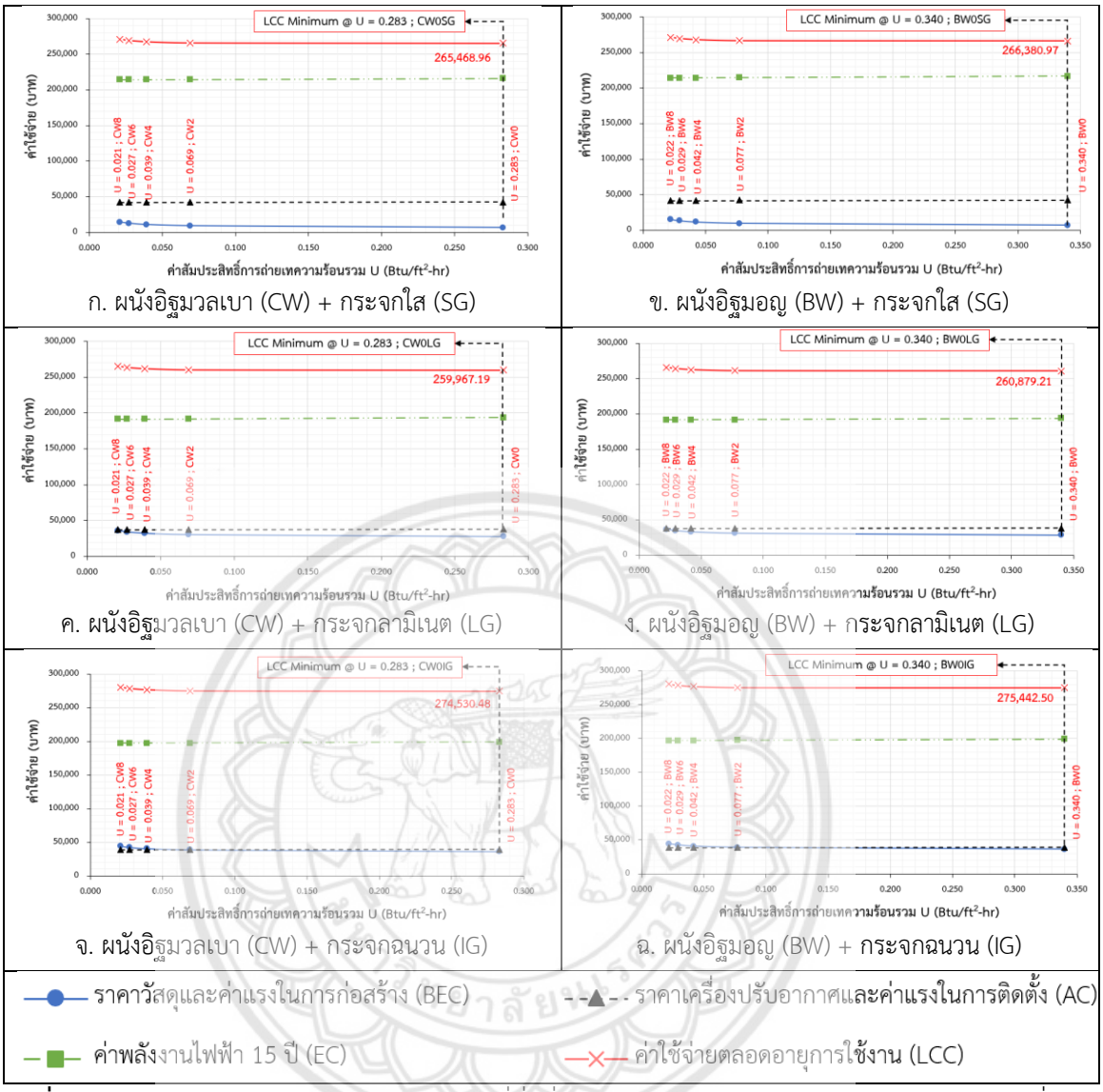
ค. ผนังอิฐมวลเบา (CW) + กระจกลามิเนต (LG)

ง. ผนังอิฐมอญ (BW) + กระจกลามิเนต (LG)

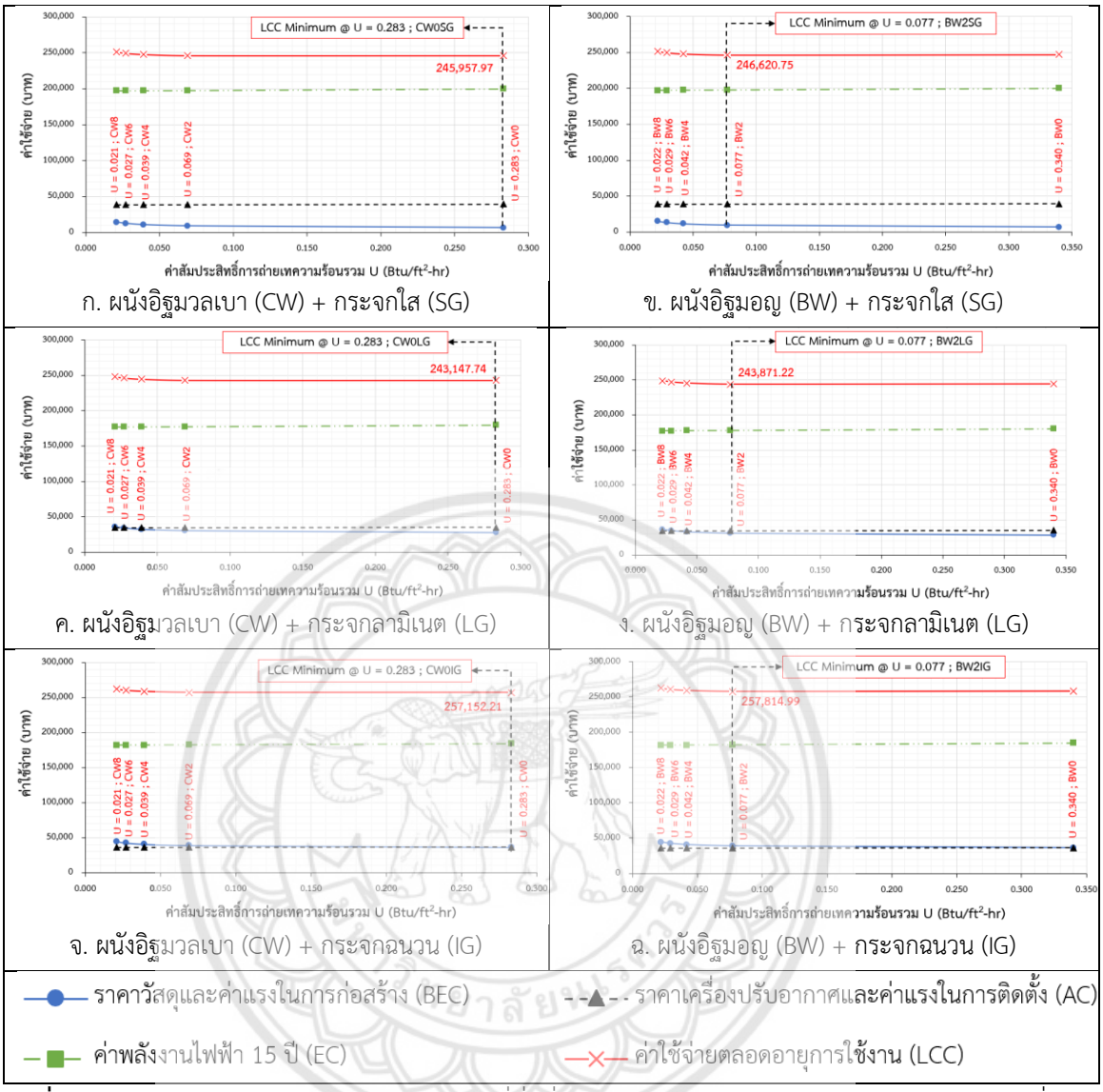
จ. ผนังอิฐมวลเบา (CW) + กระจกฉนวน (IG)

ฉ. ผนังอิฐมอญ (BW) + กระจกฉนวน (IG)

รูปที่ ง.28 กราฟค่าใช้จ่ายตลอดอายุการใช้งานที่ต่ำที่สุดของผนังภายนอกอาคารประเภทอาคาร 8 ชั่วโมง ที่ WWR= 80% ทางด้านทิศตะวันออก (E)



รูปที่ ง.29 กราฟค่าใช้จ่ายตลอดอายุการใช้งานที่ต่ำที่สุดของผนังภายนอกอาคารประเภทอาคาร 8 ชั่วโมง ที่ WWR= 80% ทางด้านทิศตะวันออกเฉียงใต้ (SE)



ก. ผนังอิฐมวลเบา (CW) + กระจกใส (SG)

ข. ผนังอิฐมอญ (BW) + กระจกใส (SG)

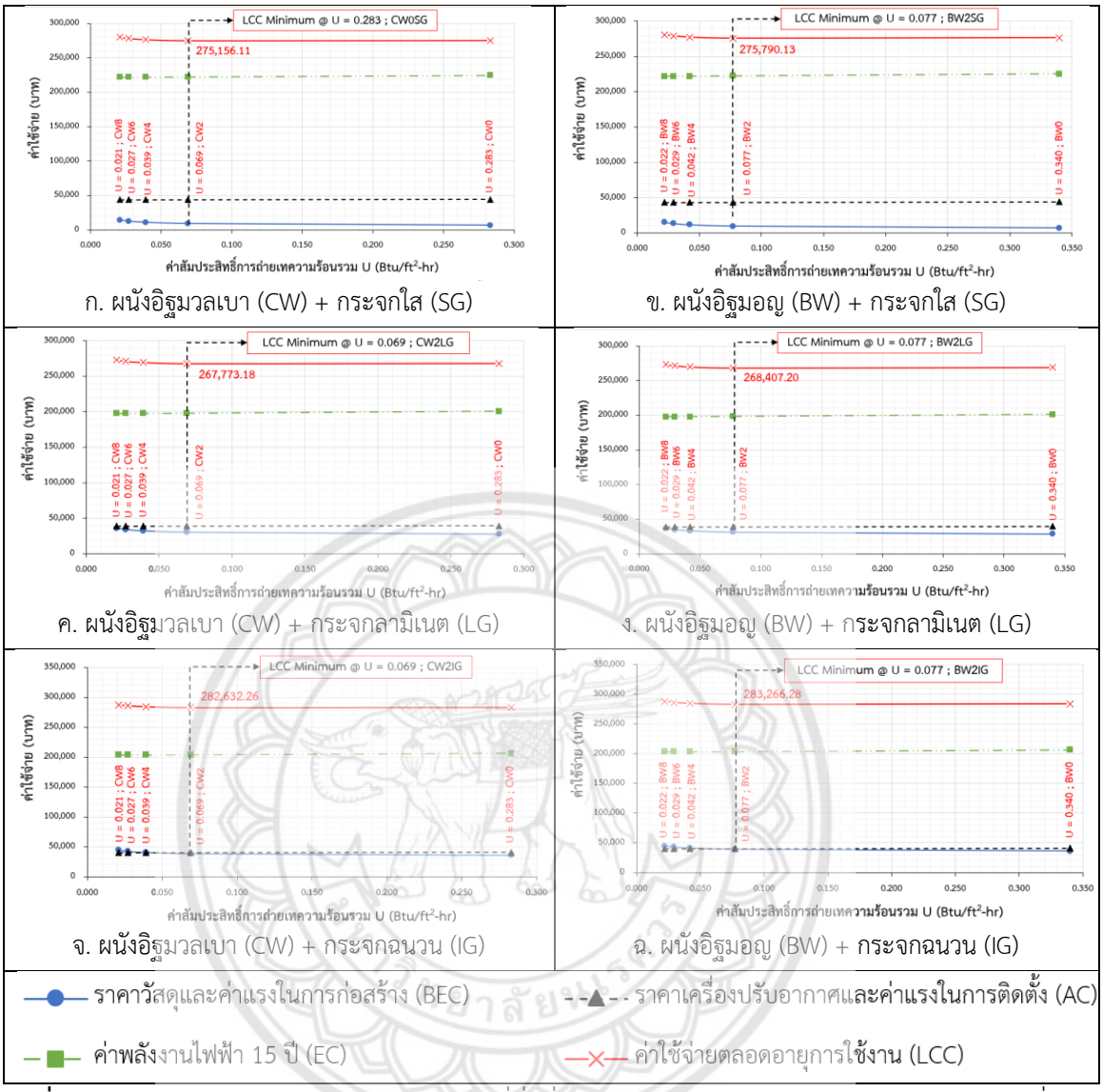
ค. ผนังอิฐมวลเบา (CW) + กระจกลามิเนต (LG)

ง. ผนังอิฐมอญ (BW) + กระจกลามิเนต (LG)

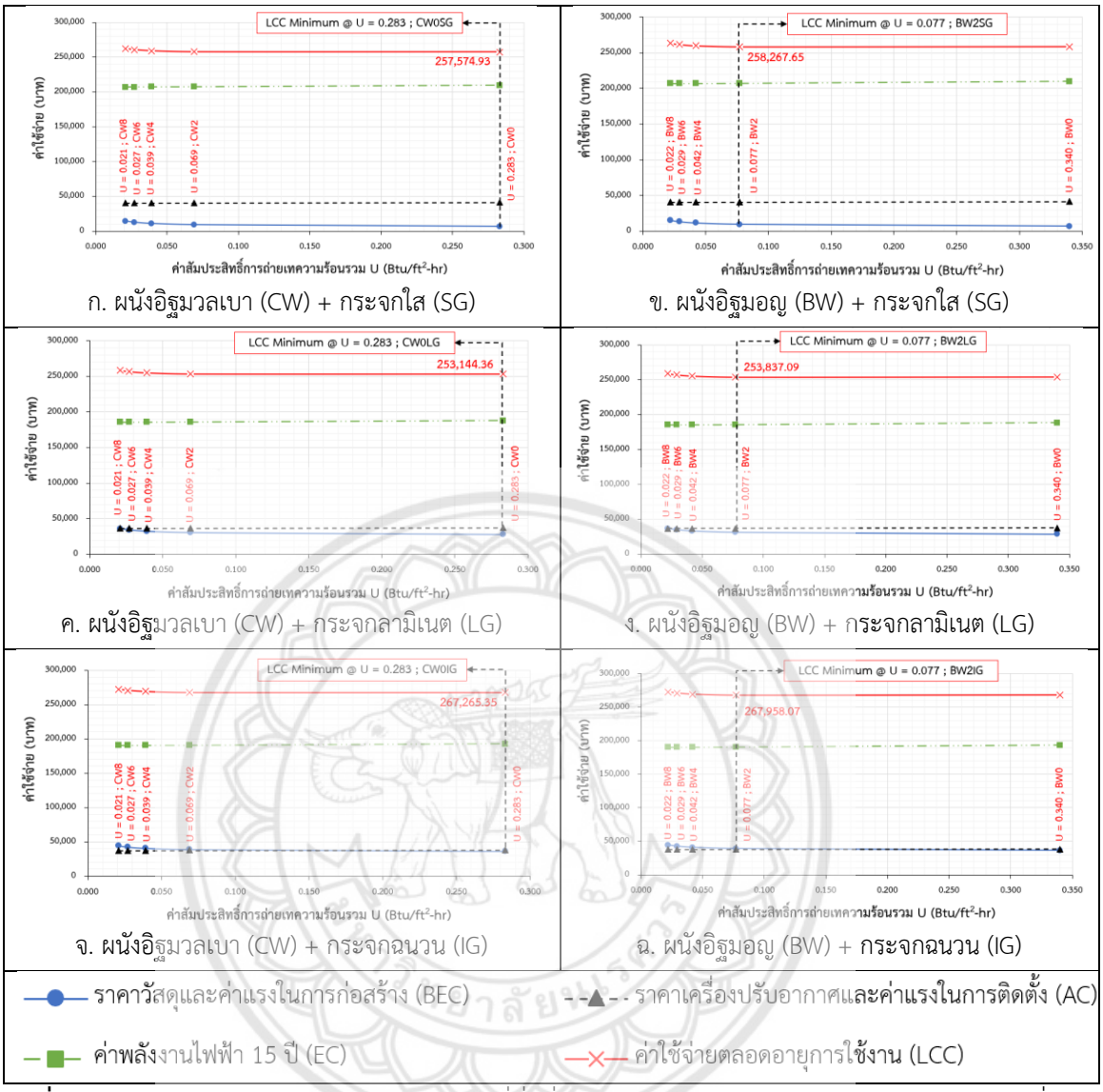
จ. ผนังอิฐมวลเบา (CW) + กระจกฉนวน (IG)

ฉ. ผนังอิฐมอญ (BW) + กระจกฉนวน (IG)

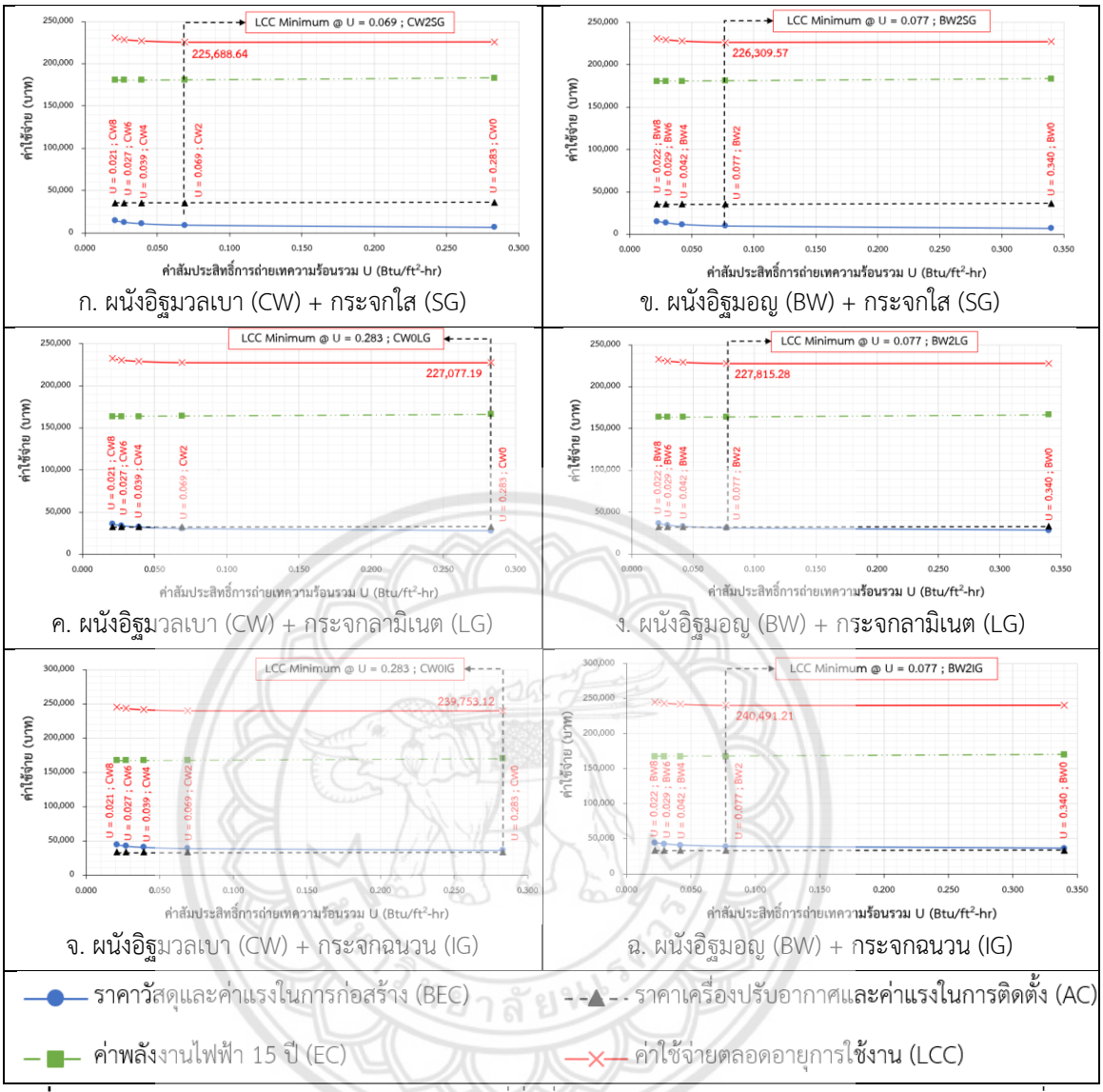
รูปที่ ง.30 กราฟค่าใช้จ่ายตลอดอายุการใช้งานที่ต่ำที่สุดของผนังภายนอกอาคารประเภทอาคาร 8 ชั่วโมง ที่ WWR= 80% ทางด้านทิศใต้ (S)



รูปที่ ง.31 กราฟค่าใช้จ่ายตลอดอายุการใช้งานที่ต่ำที่สุดของผนังภายนอกอาคารประเภทอาคาร 8 ชั่วโมง ที่ WWR= 80% ทางด้านทิศตะวันตกเฉียงใต้ (SW)



รูปที่ ง.32 กราฟค่าใช้จ่ายตลอดอายุการใช้งานที่ต่ำที่สุดของผนังภายนอกอาคารประเภทอาคาร 8 ชั่วโมง ที่ WWR= 80% ทางด้านทิศตะวันตก (W)



รูปที่ ง.33 กราฟค่าใช้จ่ายตลอดอายุการใช้งานที่ต่ำที่สุดของผนังภายนอกอาคารประเภทอาคาร 8 ชั่วโมง ที่ WWR= 80% ทางด้านทิศตะวันตกเฉียงเหนือ (NW)

ภาคผนวก จ

กราฟค่าใช้จ่ายตลอดอายุการใช้งานที่ต่ำที่สุดของผนังภายนอกอาคาร

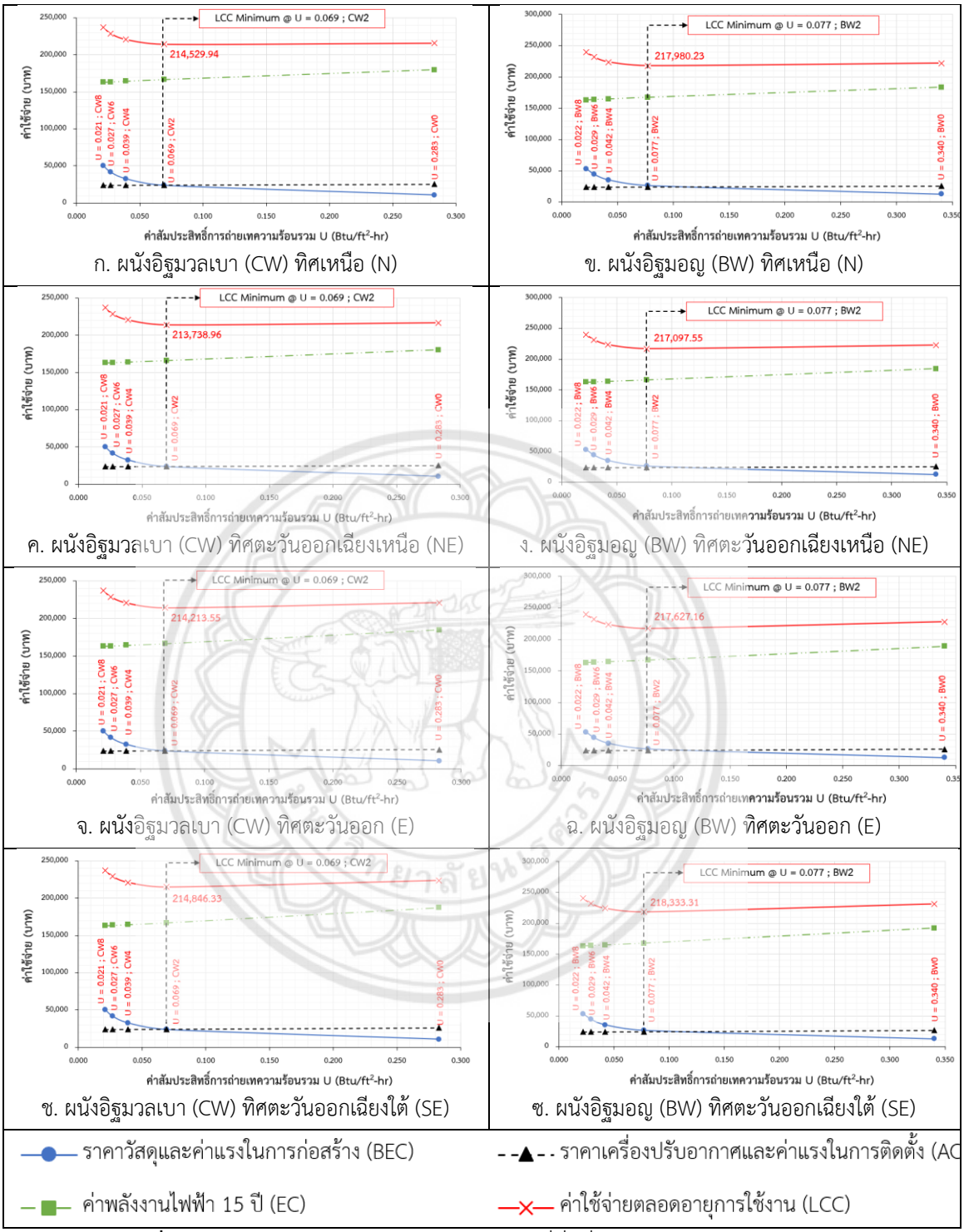
ประเภท ข. โรงมหรสพ ศูนย์การค้า สถานบริการ ห้างสรรพสินค้า อาคารชุมนุมคน

ชั่วโมงการใช้งาน 12 ชั่วโมง

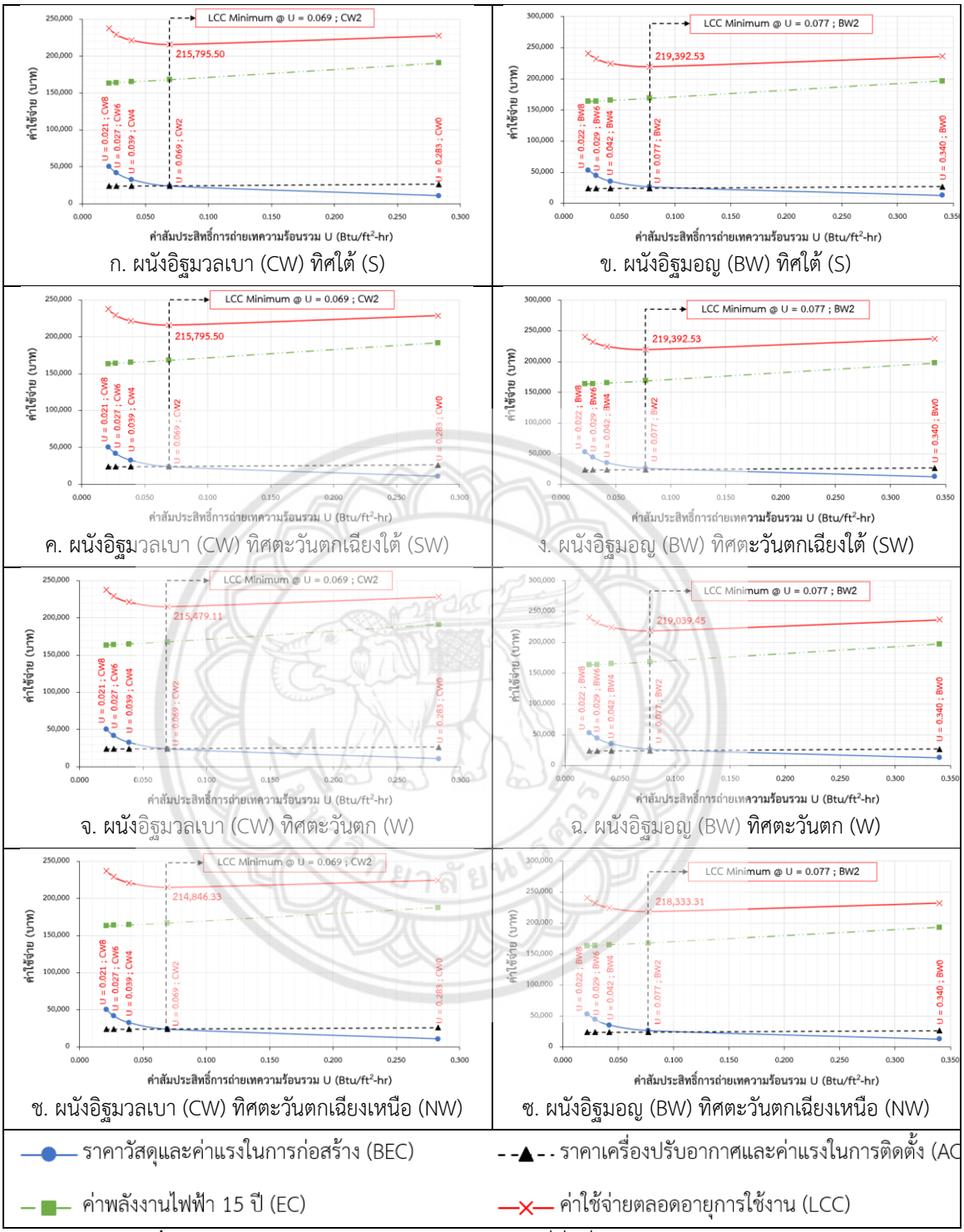
ทุกทิศทางและอัตราส่วนพื้นที่กระจกต่อพื้นที่ผนัง

อัตราส่วนพื้นที่กระจกต่อพื้นที่ผนังร้อยละ 0

(WWR = 0%)



รูปที่ จ.1 กราฟค่าใช้จ่ายตลอดอายุการใช้งานที่ต่ำที่สุดของผนังภายนอกอาคาร ประเภทอาคาร 12 ชั่วโมง ที่ WWR= 0%



ก. ผนังอิฐมวลเบา (CW) ทิศใต้ (S)

ข. ผนังอิฐมอญ (BW) ทิศใต้ (S)

ค. ผนังอิฐมวลเบา (CW) ทิศตะวันตกเฉียงใต้ (SW)

ง. ผนังอิฐมอญ (BW) ทิศตะวันตกเฉียงใต้ (SW)

จ. ผนังอิฐมวลเบา (CW) ทิศตะวันตก (W)

ฉ. ผนังอิฐมอญ (BW) ทิศตะวันตก (W)

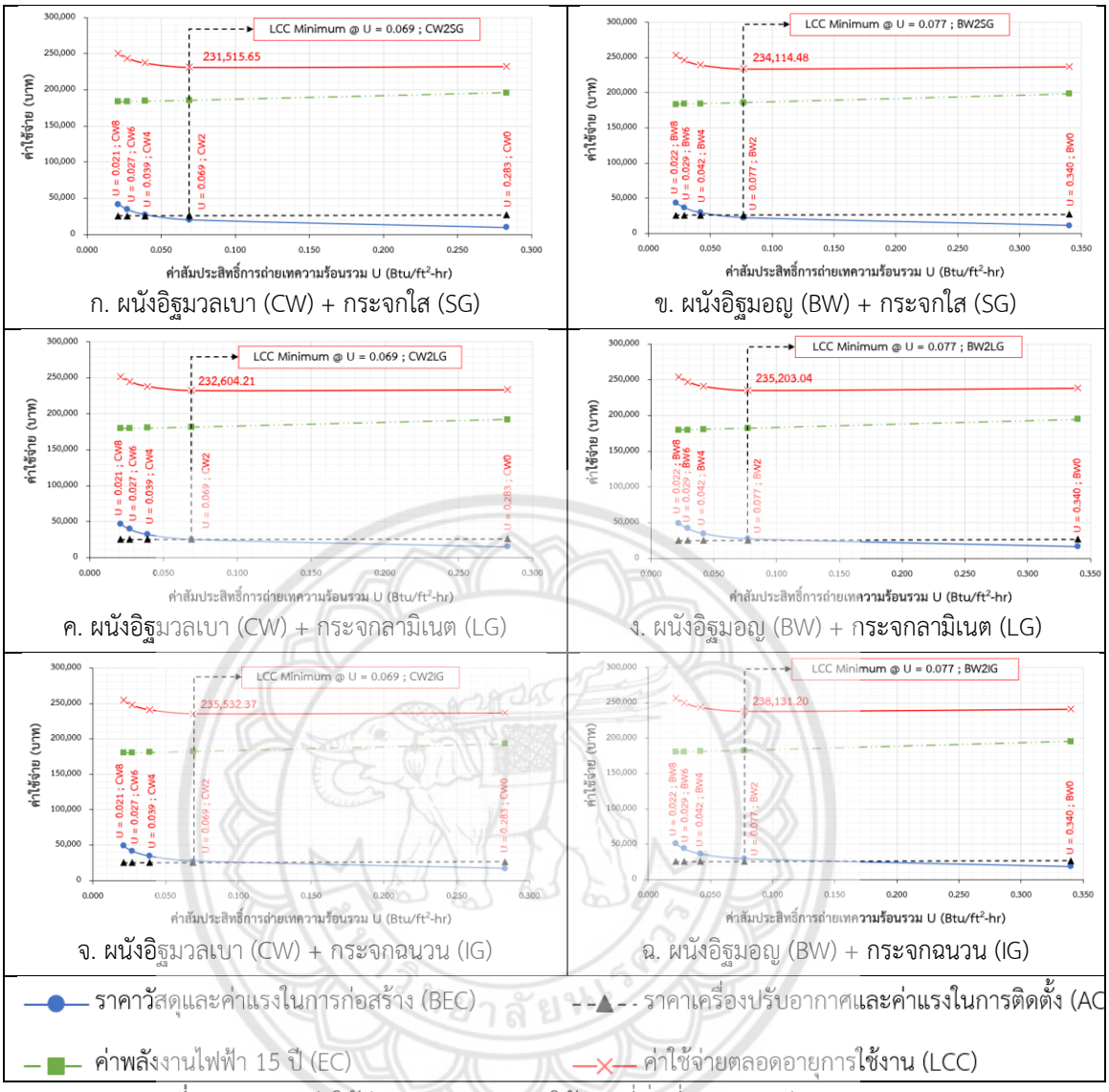
ช. ผนังอิฐมวลเบา (CW) ทิศตะวันตกเฉียงเหนือ (NW)

ซ. ผนังอิฐมอญ (BW) ทิศตะวันตกเฉียงเหนือ (NW)

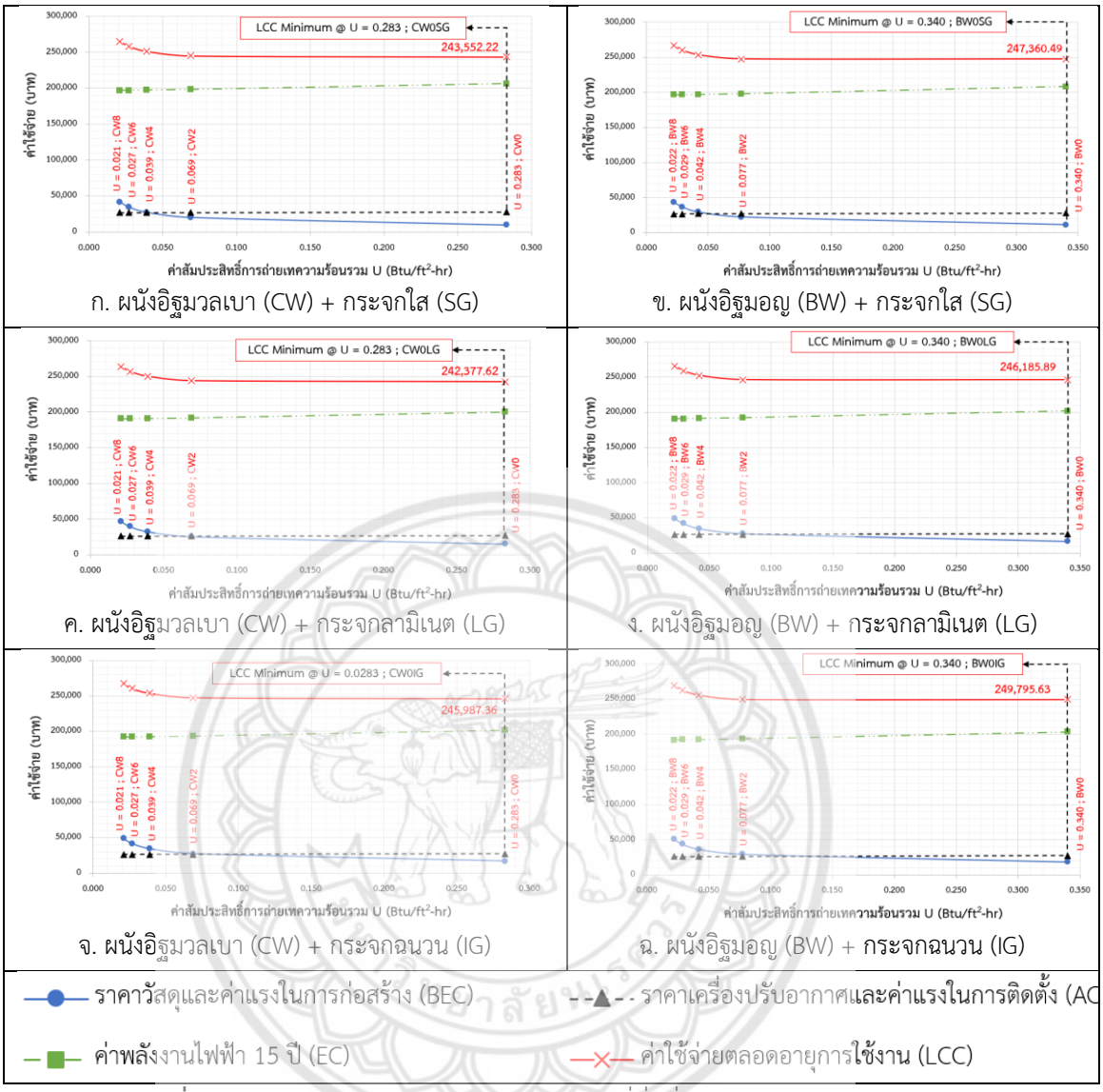
รูปที่ จ.1 กราฟค่าใช้จ่ายตลอดอายุการใช้งานที่ต่ำที่สุดของผนังภายนอกอาคาร ประเภทอาคาร 12 ชั่วโมง ที่ WWR= 0% (ต่อ)

อัตราส่วนพื้นที่กระจกต่อพื้นที่ผนังร้อยละ 20

(WWR = 20%)



รูปที่ จ.2 กราฟค่าใช้จ่ายตลอดอายุการใช้งานที่ต่ำที่สุดของผนังภายนอกอาคาร ประเภทอาคาร 12 ชั่วโมง ที่ WWR= 20% ทางด้านทิศเหนือ (N)



ก. ผนังอิฐมวลเบา (CW) + กระจกใส (SG)

ข. ผนังอิฐมอญ (BW) + กระจกใส (SG)

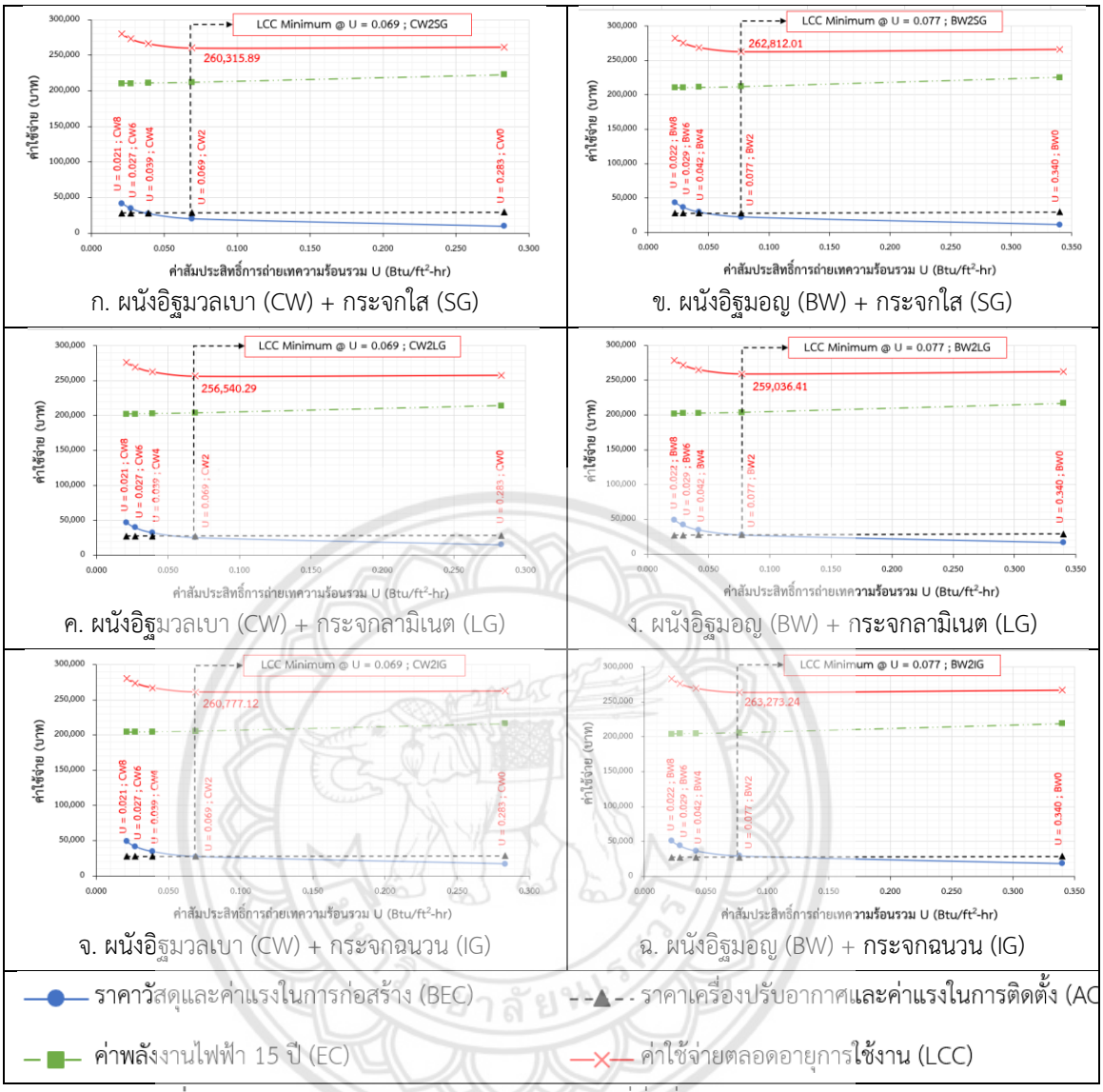
ค. ผนังอิฐมวลเบา (CW) + กระจกลามิเนต (LG)

ง. ผนังอิฐมอญ (BW) + กระจกลามิเนต (LG)

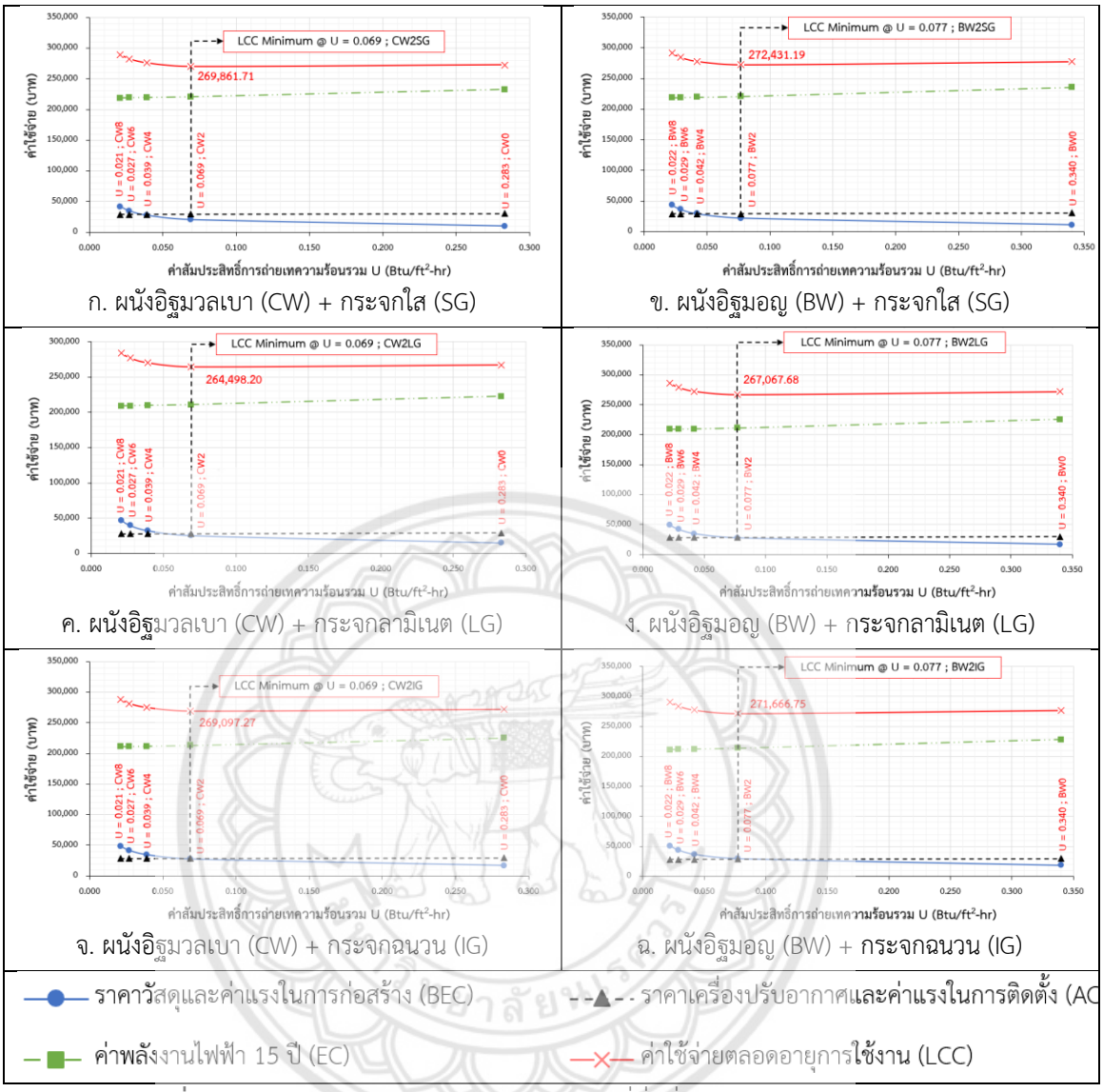
จ. ผนังอิฐมวลเบา (CW) + กระจกฉนวน (IG)

ฉ. ผนังอิฐมอญ (BW) + กระจกฉนวน (IG)

รูปที่ จ.3 กราฟค่าใช้จ่ายตลอดอายุการใช้งานที่ต่ำที่สุดของผนังภายนอกอาคาร ประเภทอาคาร 12 ชั่วโมง ที่ WWR= 20% ทางด้านทิศตะวันออกเฉียงเหนือ (NE)



รูปที่ จ.4 กราฟค่าใช้จ่ายตลอดอายุการใช้งานที่ต่ำที่สุดของผนังภายนอกอาคาร ประเภทอาคาร 12 ชั่วโมง ที่ WWR= 20% ทางด้านทิศตะวันออก (E)



ก. ผนังอิฐมวลเบา (CW) + กระจกใส (SG)

ข. ผนังอิฐมอญ (BW) + กระจกใส (SG)

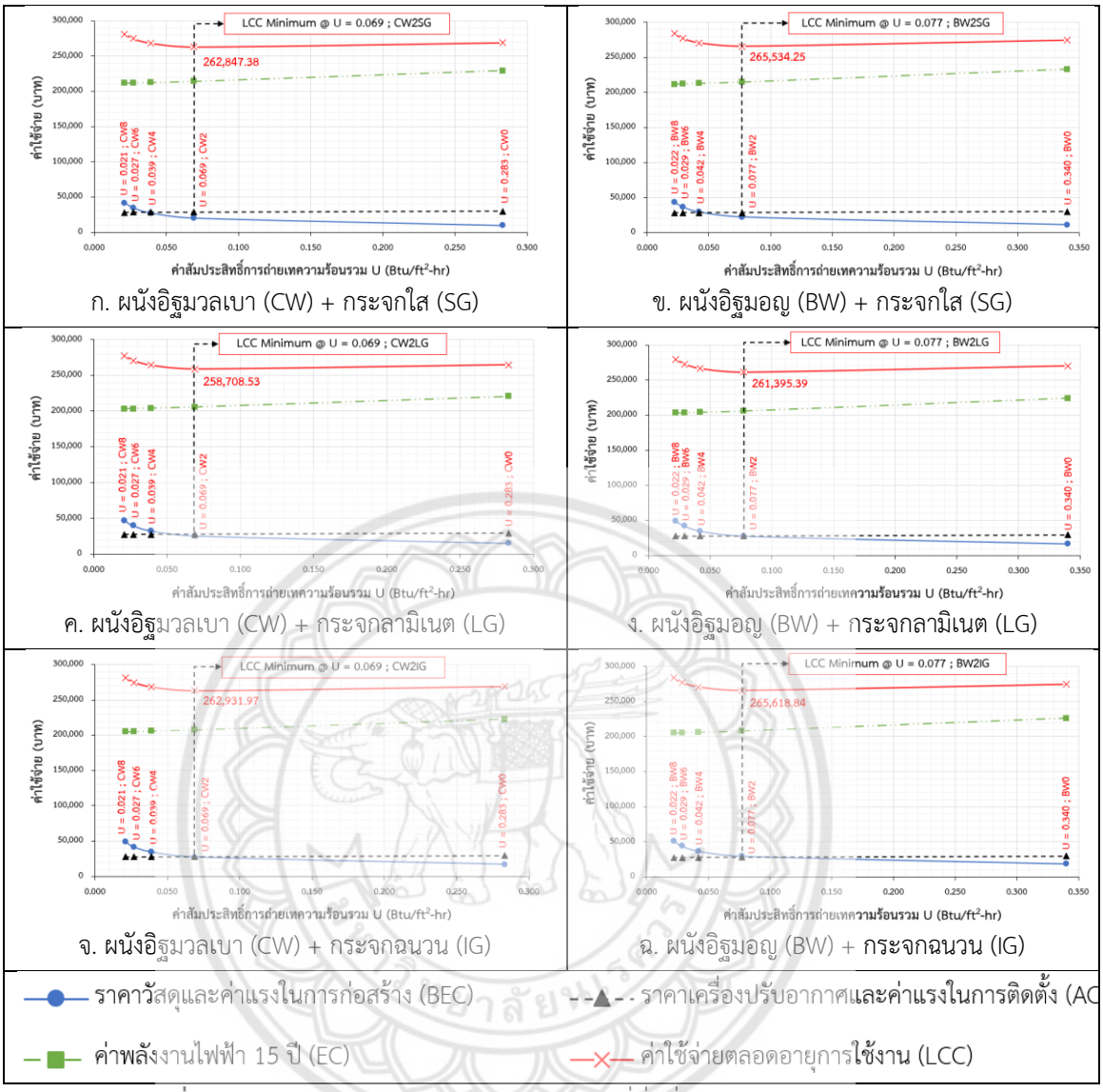
ค. ผนังอิฐมวลเบา (CW) + กระจกลามิเนต (LG)

ง. ผนังอิฐมอญ (BW) + กระจกลามิเนต (LG)

จ. ผนังอิฐมวลเบา (CW) + กระจกฉนวน (IG)

ฉ. ผนังอิฐมอญ (BW) + กระจกฉนวน (IG)

รูปที่ จ.5 กราฟค่าใช้จ่ายตลอดอายุการใช้งานที่ต่ำที่สุดของผนังภายนอกอาคาร ประเภทอาคาร 12 ชั่วโมง ที่ WWR= 20% ทางด้านทิศตะวันออกเฉียงใต้ (SE)



ก. ผนังอิฐมวลเบา (CW) + กระจกใส (SG)

ข. ผนังอิฐมอญ (BW) + กระจกใส (SG)

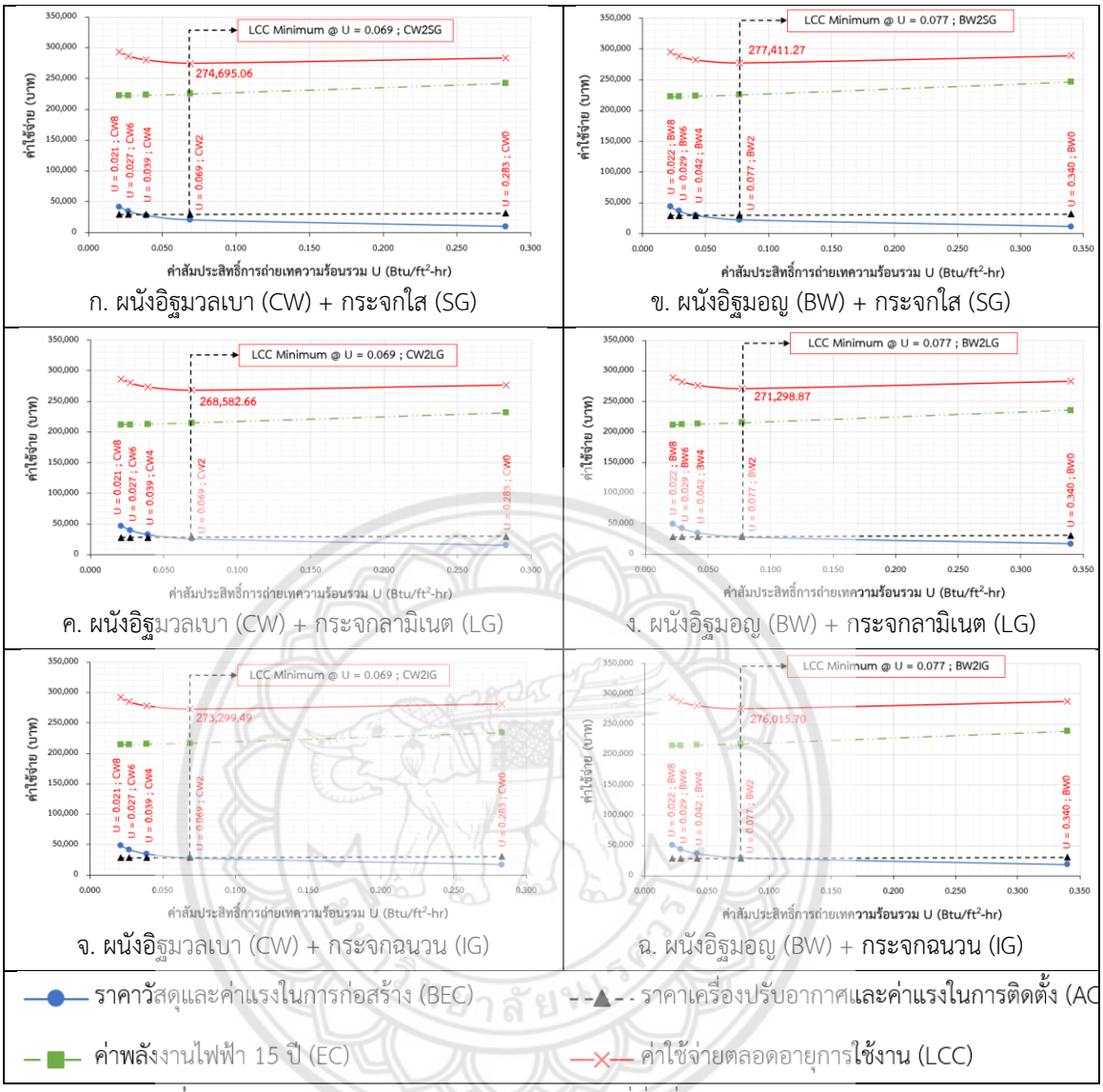
ค. ผนังอิฐมวลเบา (CW) + กระจกลามิเนต (LG)

ง. ผนังอิฐมอญ (BW) + กระจกลามิเนต (LG)

จ. ผนังอิฐมวลเบา (CW) + กระจกฉนวน (IG)

ฉ. ผนังอิฐมอญ (BW) + กระจกฉนวน (IG)

รูปที่ จ.6 กราฟค่าใช้จ่ายตลอดอายุการใช้งานที่ต่ำที่สุดของผนังภายนอกอาคาร ประเภทอาคาร 12 ชั่วโมง ที่ WWR= 20% ทางด้านทิศใต้ (S)



ก. ผนังอิฐมวลเบา (CW) + กระจกใส (SG)

ข. ผนังอิฐมอญ (BW) + กระจกใส (SG)

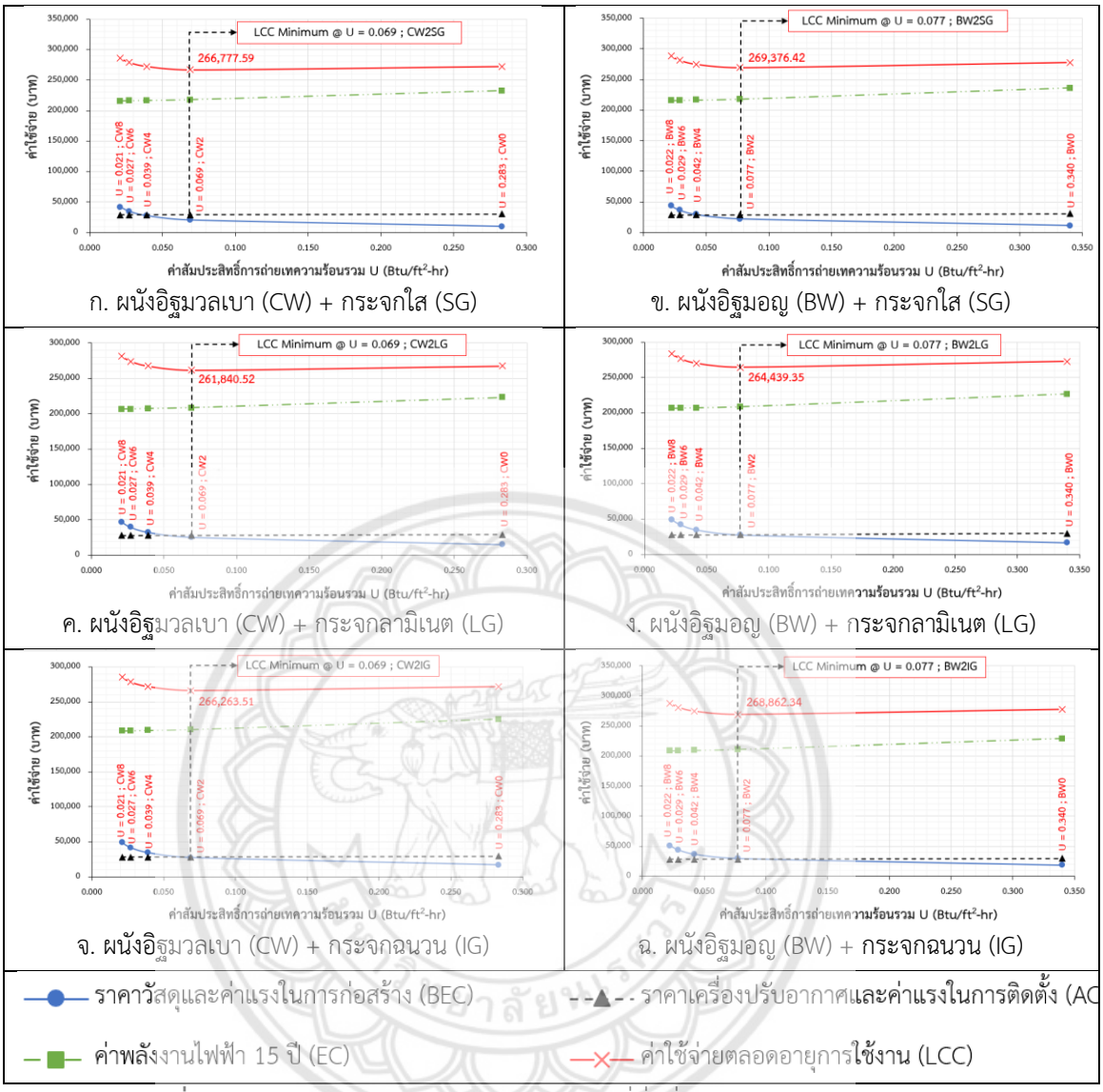
ค. ผนังอิฐมวลเบา (CW) + กระจกลามิเนต (LG)

ง. ผนังอิฐมอญ (BW) + กระจกลามิเนต (LG)

จ. ผนังอิฐมวลเบา (CW) + กระจกฉนวน (IG)

ฉ. ผนังอิฐมอญ (BW) + กระจกฉนวน (IG)

รูปที่ จ.7 กราฟค่าใช้จ่ายตลอดอายุการใช้งานที่ต่ำที่สุดของผนังภายนอกอาคาร ประเภทอาคาร 12 ชั่วโมง ที่ WWR= 20% ทางด้านทิศตะวันตกเฉียงใต้ (SW)



ก. ผนังอิฐมวลเบา (CW) + กระจกใส (SG)

ข. ผนังอิฐมอญ (BW) + กระจกใส (SG)

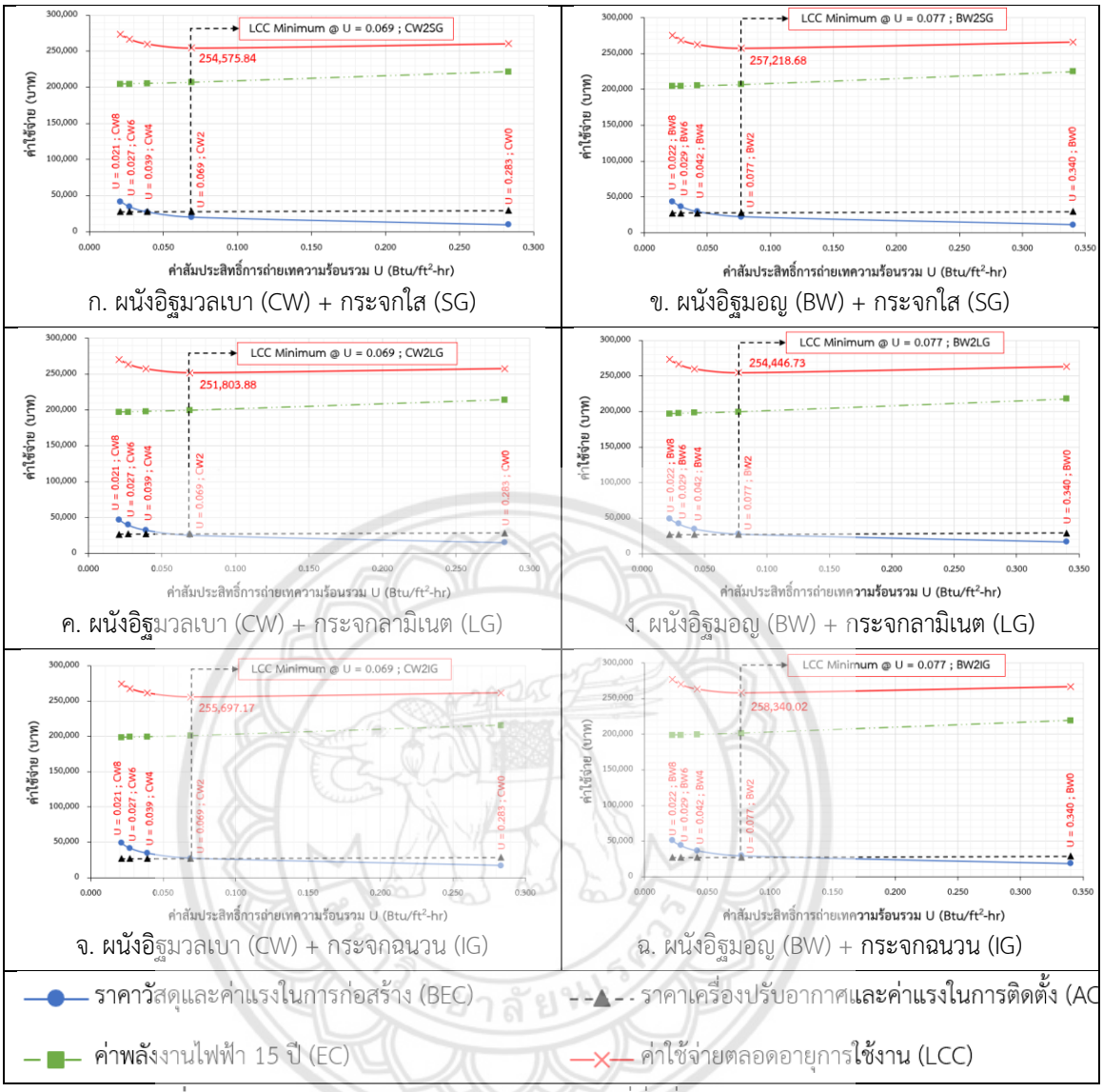
ค. ผนังอิฐมวลเบา (CW) + กระจกลามิเนต (LG)

ง. ผนังอิฐมอญ (BW) + กระจกลามิเนต (LG)

จ. ผนังอิฐมวลเบา (CW) + กระจกฉนวน (IG)

ฉ. ผนังอิฐมอญ (BW) + กระจกฉนวน (IG)

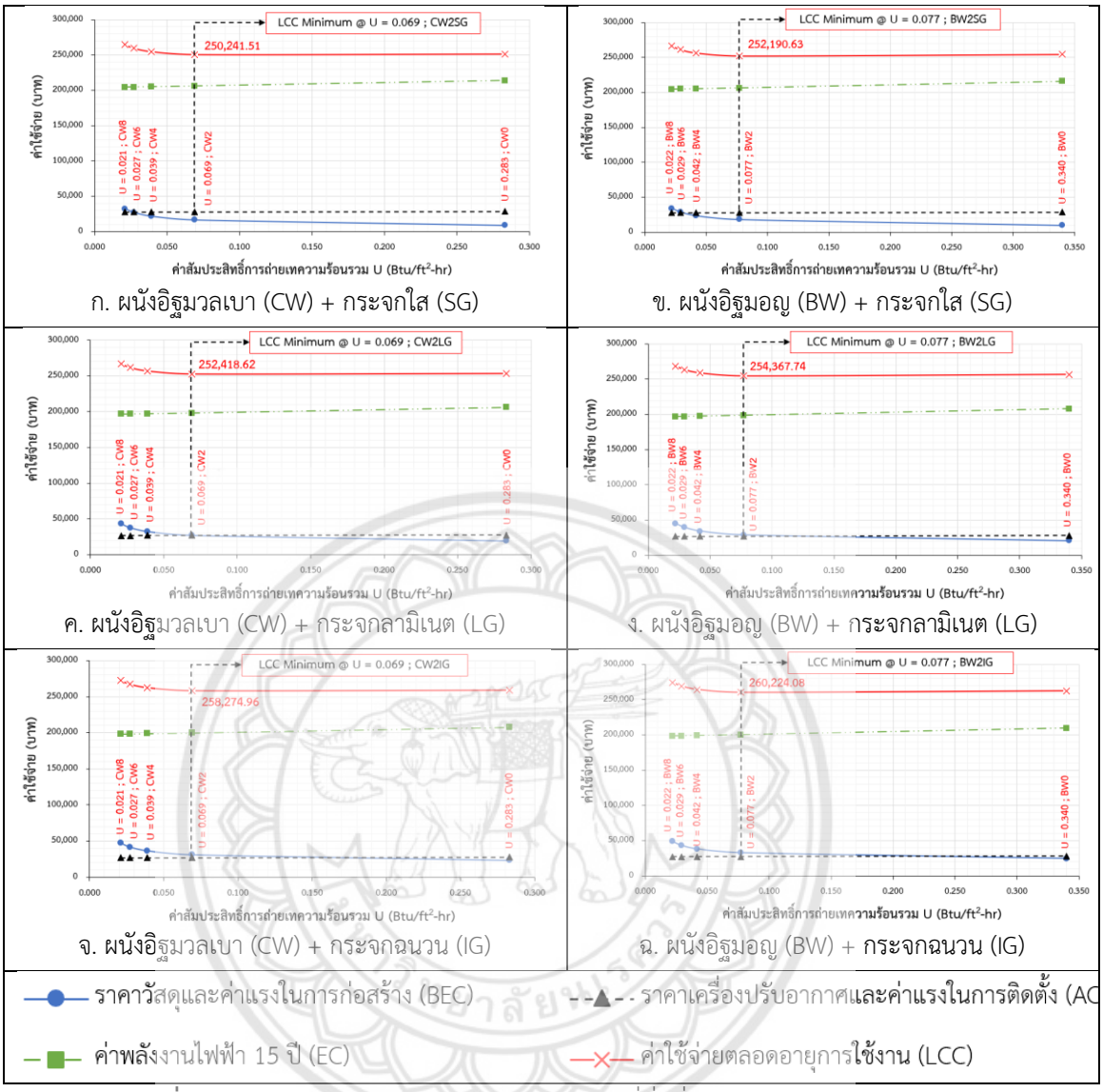
รูปที่ จ.8 กราฟค่าใช้จ่ายตลอดอายุการใช้งานที่ต่ำที่สุดของผนังภายนอกอาคาร ประเภทอาคาร 12 ชั่วโมง ที่ WWR= 20% ทางด้านทิศตะวันตก (W)



รูปที่ จ.9 กราฟค่าใช้จ่ายตลอดอายุการใช้งานที่ต่ำที่สุดของผนังภายนอกอาคาร ประเภทอาคาร 12 ชั่วโมง ที่ WWR= 20% ทางด้านทิศตะวันตกเฉียงเหนือ (NW)

อัตราส่วนพื้นที่กระจกต่อพื้นที่ผนังร้อยละ 40

(WWR = 40%)



ก. ผนังอิฐมวลเบา (CW) + กระจกใส (SG)

ข. ผนังอิฐมอญ (BW) + กระจกใส (SG)

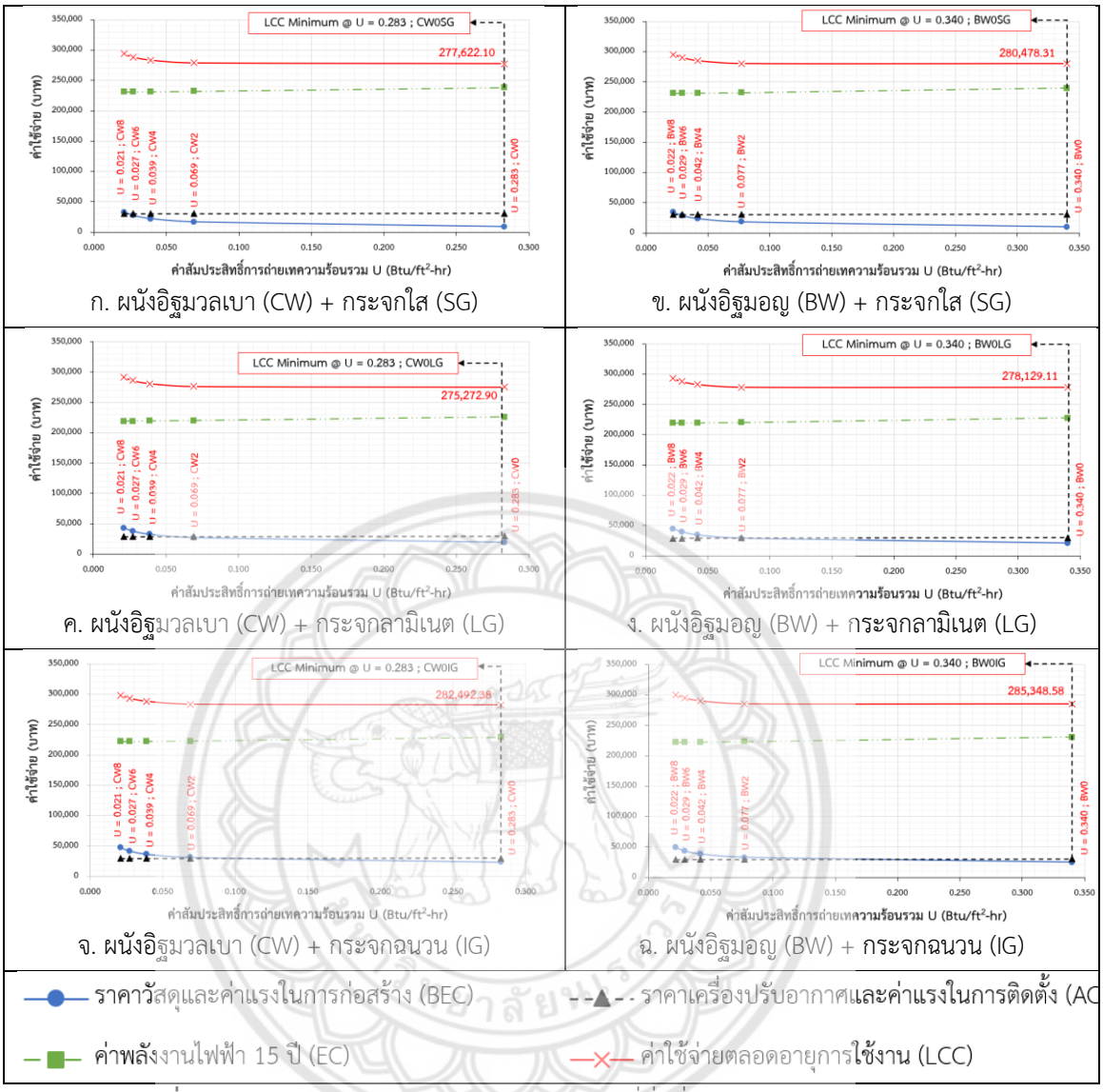
ค. ผนังอิฐมวลเบา (CW) + กระจกลามิเนต (LG)

ง. ผนังอิฐมอญ (BW) + กระจกลามิเนต (LG)

จ. ผนังอิฐมวลเบา (CW) + กระจกฉนวน (IG)

ฉ. ผนังอิฐมอญ (BW) + กระจกฉนวน (IG)

รูปที่ จ.10 กราฟค่าใช้จ่ายตลอดอายุการใช้งานที่ต่ำที่สุดของผนังภายนอกอาคาร ประเภทอาคาร 12 ชั่วโมง ที่ WWR= 40% ทางด้านทิศเหนือ (N)



ก. ผนังอิฐมวลเบา (CW) + กระจกใส (SG)

ข. ผนังอิฐมอญ (BW) + กระจกใส (SG)

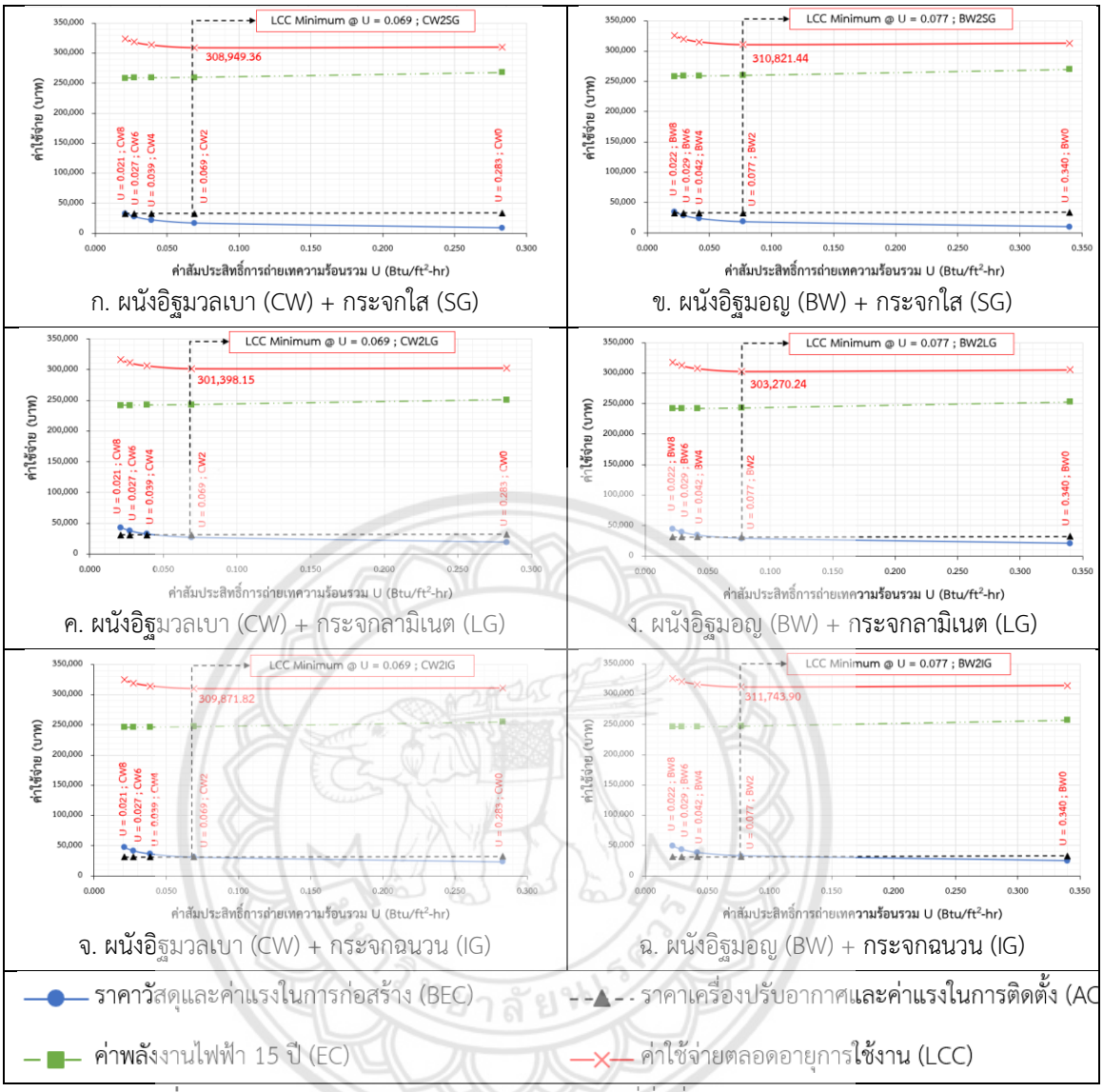
ค. ผนังอิฐมวลเบา (CW) + กระจกลามิเนต (LG)

ง. ผนังอิฐมอญ (BW) + กระจกลามิเนต (LG)

จ. ผนังอิฐมวลเบา (CW) + กระจกฉนวน (IG)

ฉ. ผนังอิฐมอญ (BW) + กระจกฉนวน (IG)

รูปที่ จ.11 กราฟค่าใช้จ่ายตลอดอายุการใช้งานที่ต่ำที่สุดของผนังภายนอกอาคาร ประเภทอาคาร 12 ชั่วโมง ที่ WWR= 40% ทางด้านทิศตะวันออกเฉียงเหนือ (NE)



ก. ผนังอิฐมวลเบา (CW) + กระจกใส (SG)

ข. ผนังอิฐมอญ (BW) + กระจกใส (SG)

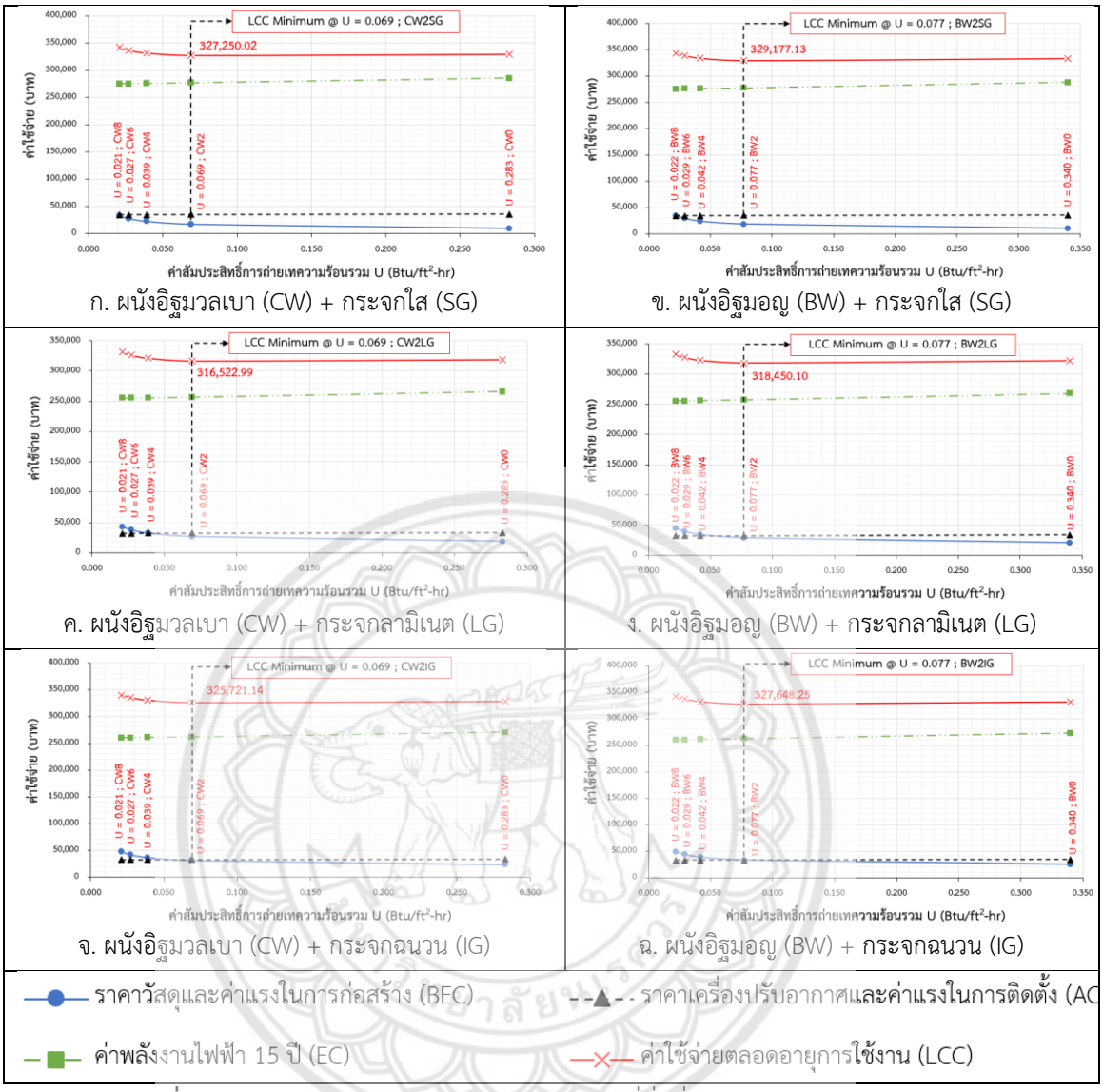
ค. ผนังอิฐมวลเบา (CW) + กระจกลามิเนต (LG)

ง. ผนังอิฐมอญ (BW) + กระจกลามิเนต (LG)

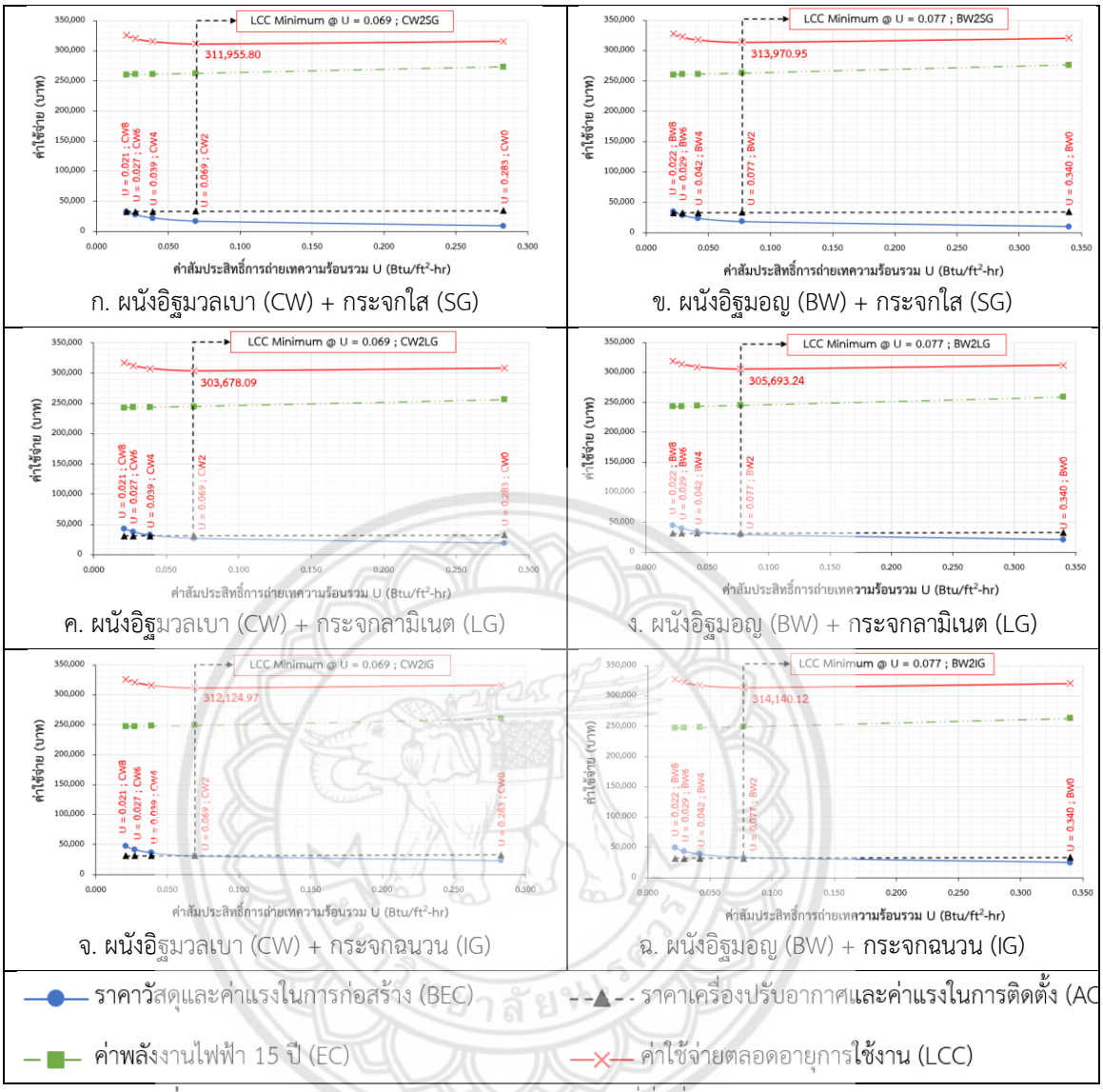
จ. ผนังอิฐมวลเบา (CW) + กระจกฉนวน (IG)

ฉ. ผนังอิฐมอญ (BW) + กระจกฉนวน (IG)

รูปที่ จ.12 กราฟค่าใช้จ่ายตลอดอายุการใช้งานที่ต่ำที่สุดของผนังภายนอกอาคาร ประเภทอาคาร 12 ชั่วโมง ที่ WWR= 40% ทางด้านทิศตะวันออก (E)



รูปที่ จ.13 กราฟค่าใช้จ่ายตลอดอายุการใช้งานที่ต่ำที่สุดของผนังภายนอกอาคาร ประเภทอาคาร 12 ชั่วโมง ที่ WWR= 40% ทางด้านทิศตะวันออกเฉียงใต้ (SE)



ก. ผนังอิฐมวลเบา (CW) + กระจกใส (SG)

ข. ผนังอิฐมอญ (BW) + กระจกใส (SG)

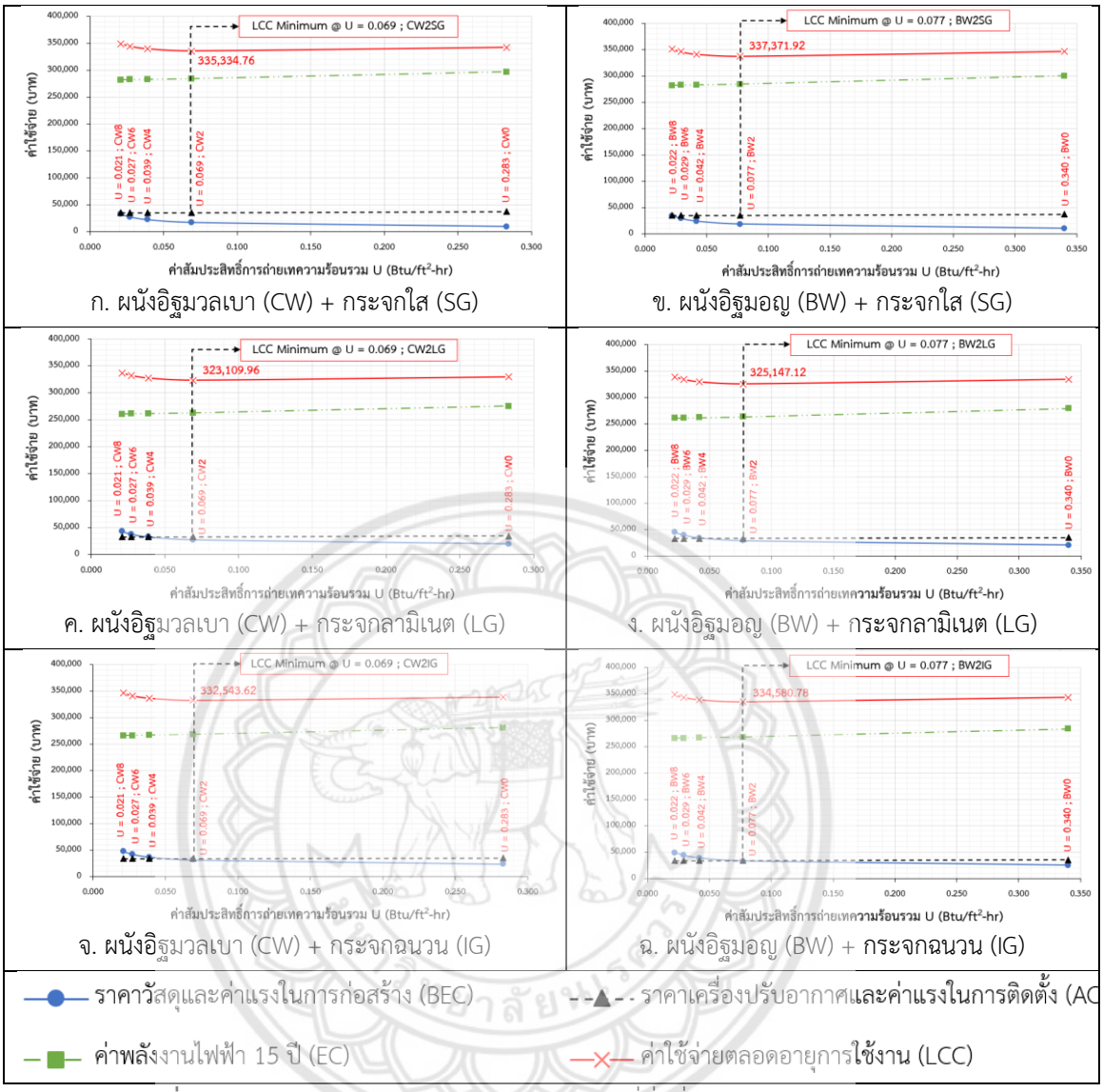
ค. ผนังอิฐมวลเบา (CW) + กระจกลามิเนต (LG)

ง. ผนังอิฐมอญ (BW) + กระจกลามิเนต (LG)

จ. ผนังอิฐมวลเบา (CW) + กระจกฉนวน (IG)

ฉ. ผนังอิฐมอญ (BW) + กระจกฉนวน (IG)

รูปที่ จ.14 กราฟค่าใช้จ่ายตลอดอายุการใช้งานที่ต่ำที่สุดของผนังภายนอกอาคาร ประเภทอาคาร 12 ชั่วโมง ที่ WWR= 40% ทางด้านทิศใต้ (S)



ก. ผนังอิฐมวลเบา (CW) + กระจกใส (SG)

ข. ผนังอิฐมอญ (BW) + กระจกใส (SG)

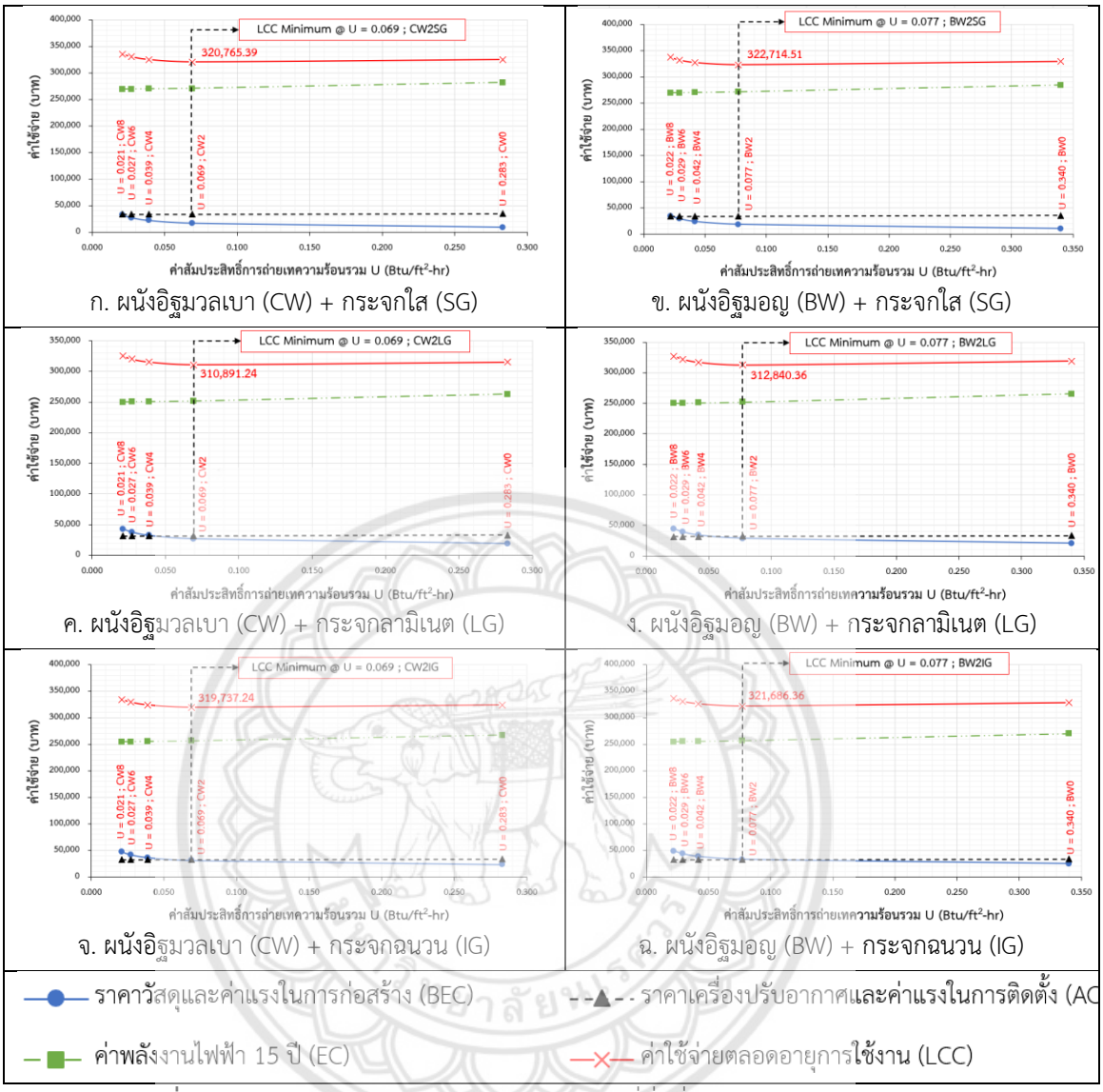
ค. ผนังอิฐมวลเบา (CW) + กระจกลามิเนต (LG)

ง. ผนังอิฐมอญ (BW) + กระจกลามิเนต (LG)

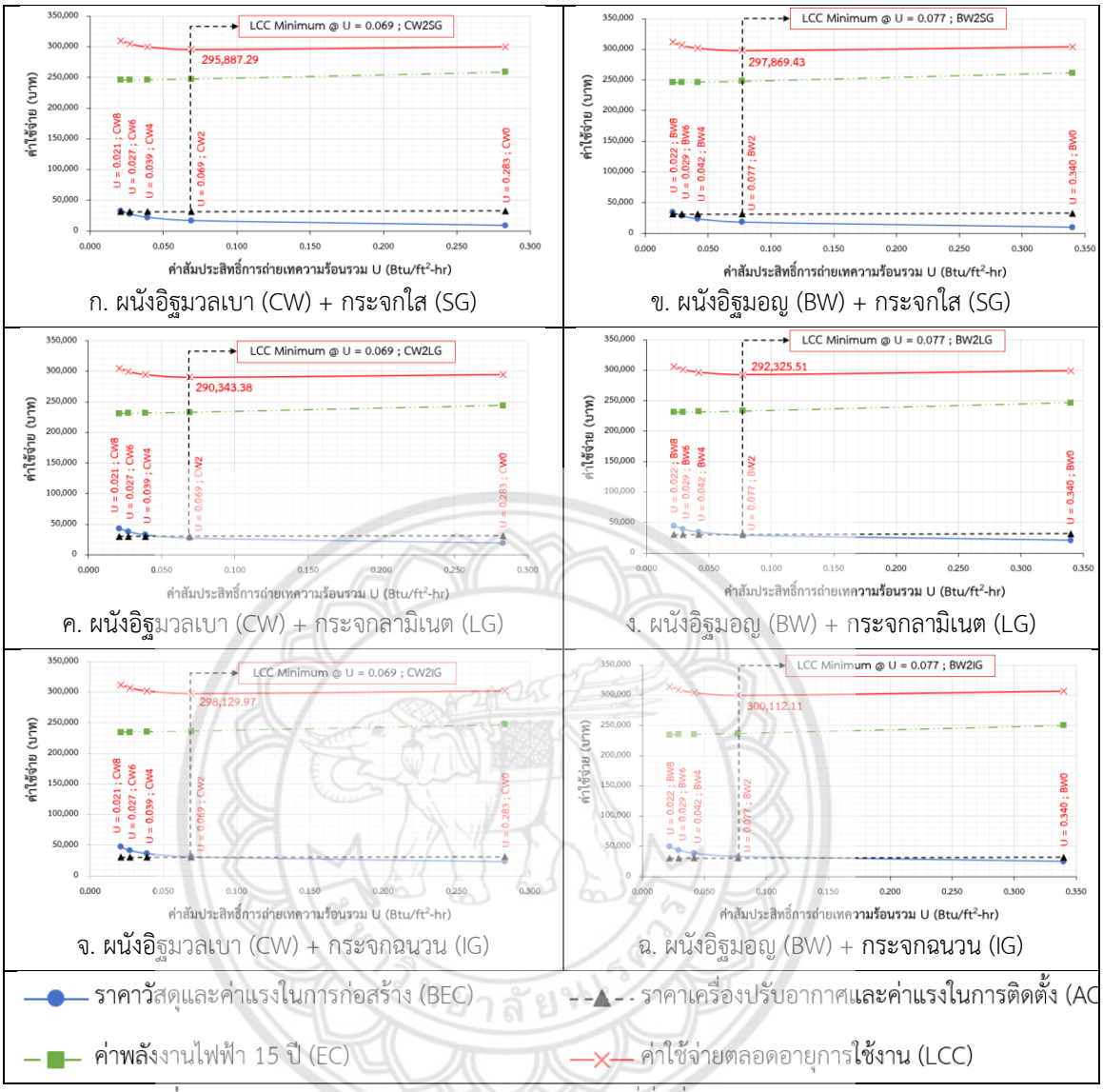
จ. ผนังอิฐมวลเบา (CW) + กระจกฉนวน (IG)

ฉ. ผนังอิฐมอญ (BW) + กระจกฉนวน (IG)

รูปที่ จ.15 กราฟค่าใช้จ่ายตลอดอายุการใช้งานที่ต่ำที่สุดของผนังภายนอกอาคาร ประเภทอาคาร 12 ชั่วโมง ที่ WWR= 40% ทางด้านทิศตะวันตกเฉียงใต้ (SW)



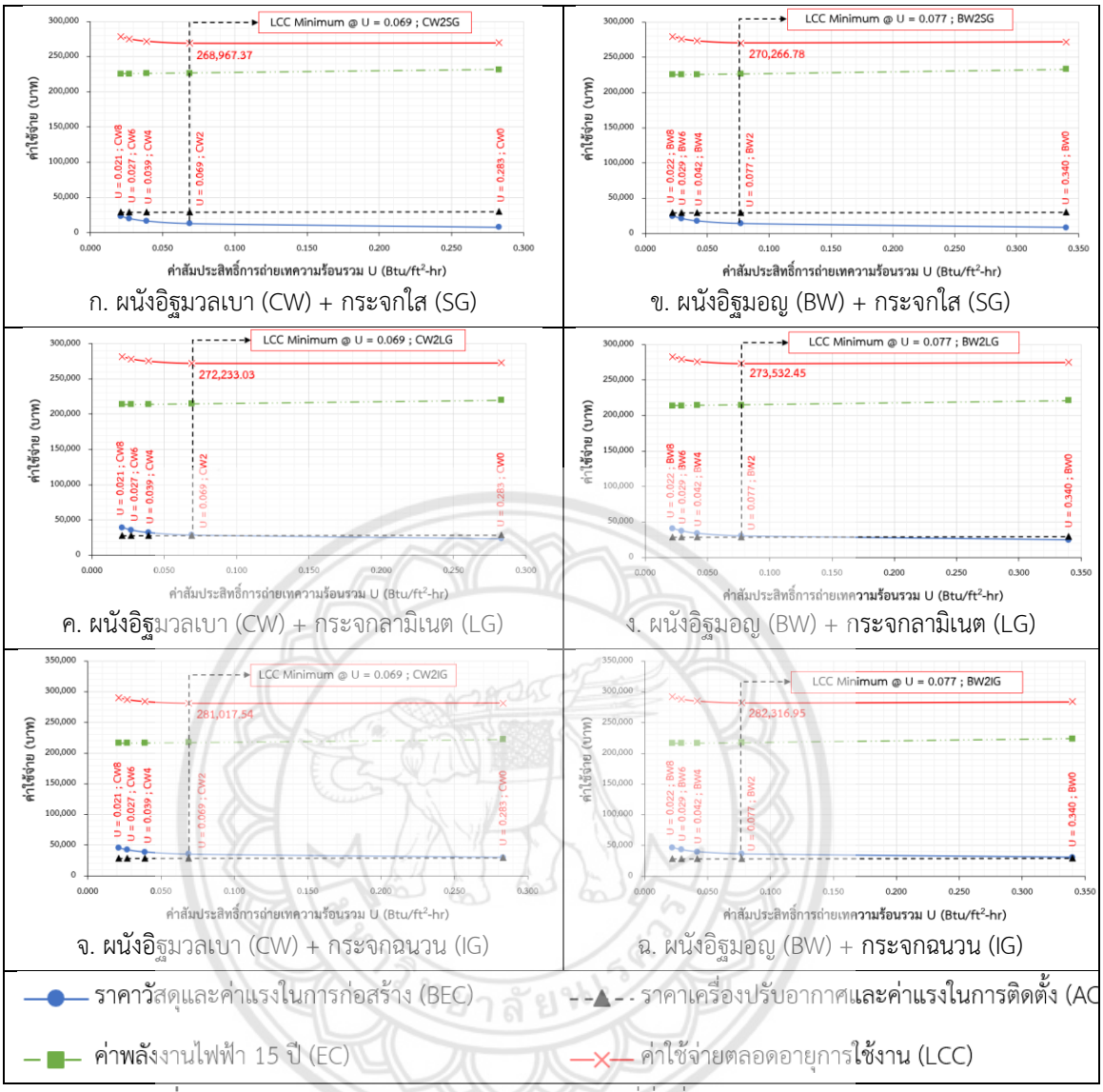
รูปที่ จ.16 กราฟค่าใช้จ่ายตลอดอายุการใช้งานที่ต่ำที่สุดของผนังภายนอกอาคาร ประเภทอาคาร 12 ชั่วโมง ที่ WWR= 40% ทางด้านทิศตะวันตก (W)



รูปที่ จ.17 กราฟค่าใช้จ่ายตลอดอายุการใช้งานที่ต่ำที่สุดของผนังภายนอกอาคาร ประเภทอาคาร 12 ชั่วโมง ที่ WWR= 40% ทางด้านทิศตะวันตกเฉียงเหนือ (NW)

อัตราส่วนพื้นที่กระจกต่อพื้นที่ผนังร้อยละ 60

(WWR = 60%)



ก. ผนังอิฐมวลเบา (CW) + กระจกใส (SG)

ข. ผนังอิฐมอญ (BW) + กระจกใส (SG)

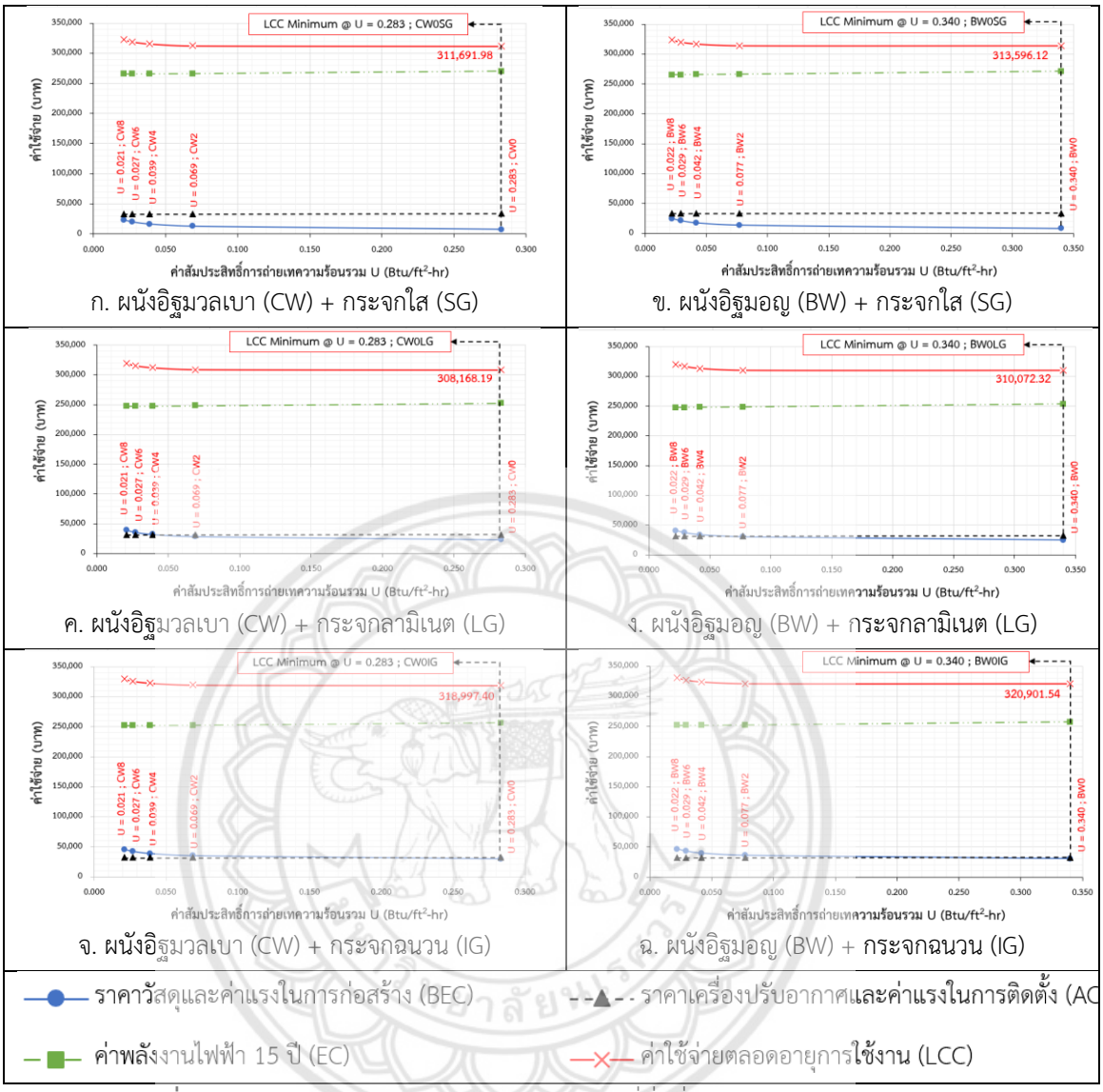
ค. ผนังอิฐมวลเบา (CW) + กระจกลามิเนต (LG)

ง. ผนังอิฐมอญ (BW) + กระจกลามิเนต (LG)

จ. ผนังอิฐมวลเบา (CW) + กระจกฉนวน (IG)

ฉ. ผนังอิฐมอญ (BW) + กระจกฉนวน (IG)

รูปที่ จ.18 กราฟค่าใช้จ่ายตลอดอายุการใช้งานที่ต่ำที่สุดของผนังภายนอกอาคาร ประเภทอาคาร 12 ชั่วโมง ที่ WWR= 60% ทางด้านทิศเหนือ (N)



ก. ผนังอิฐมวลเบา (CW) + กระจกใส (SG)

ข. ผนังอิฐมอญ (BW) + กระจกใส (SG)

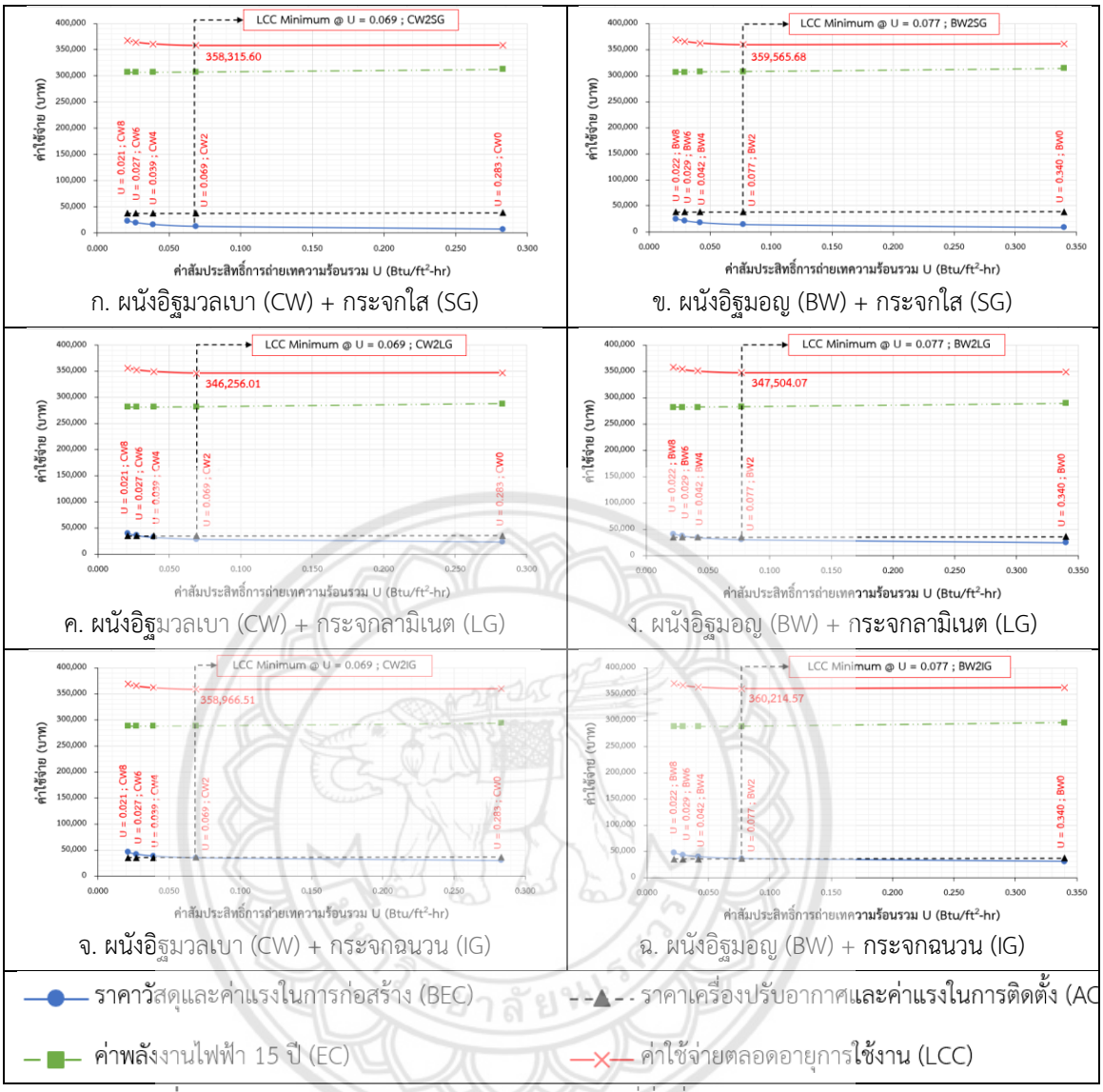
ค. ผนังอิฐมวลเบา (CW) + กระจกลามิเนต (LG)

ง. ผนังอิฐมอญ (BW) + กระจกลามิเนต (LG)

จ. ผนังอิฐมวลเบา (CW) + กระจกฉนวน (IG)

ฉ. ผนังอิฐมอญ (BW) + กระจกฉนวน (IG)

รูปที่ จ.19 กราฟค่าใช้จ่ายตลอดอายุการใช้งานที่ต่ำที่สุดของผนังภายนอกอาคาร ประเภทอาคาร 12 ชั่วโมง ที่ WWR= 60% ทางด้านทิศตะวันออกเฉียงเหนือ (NE)



ก. ผนังอิฐมวลเบา (CW) + กระจกใส (SG)

ข. ผนังอิฐมอญ (BW) + กระจกใส (SG)

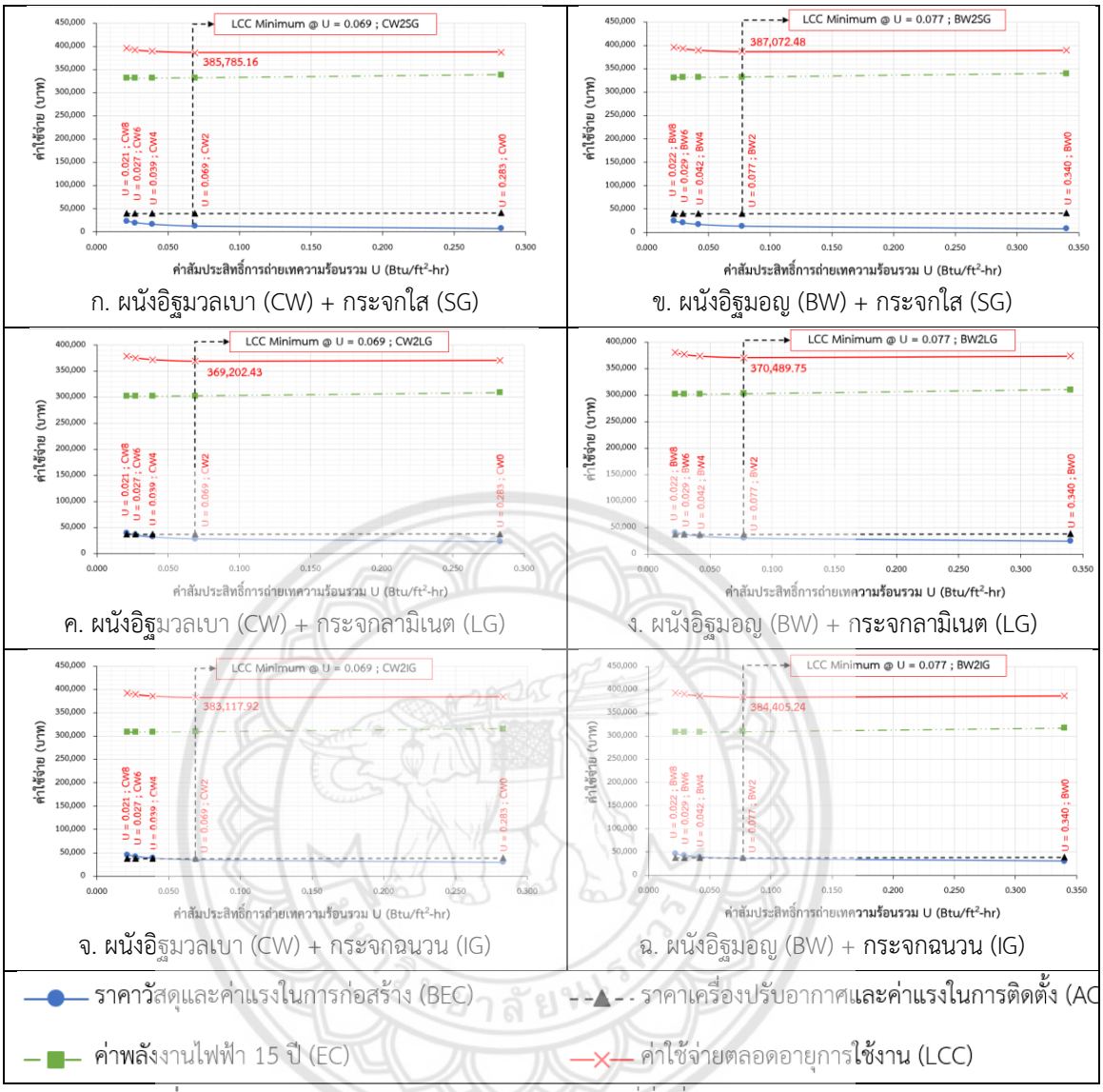
ค. ผนังอิฐมวลเบา (CW) + กระจกลามิเนต (LG)

ง. ผนังอิฐมอญ (BW) + กระจกลามิเนต (LG)

จ. ผนังอิฐมวลเบา (CW) + กระจกฉนวน (IG)

ฉ. ผนังอิฐมอญ (BW) + กระจกฉนวน (IG)

รูปที่ จ.20 กราฟค่าใช้จ่ายตลอดอายุการใช้งานที่ต่ำที่สุดของผนังภายนอกอาคาร ประเภทอาคาร 12 ชั่วโมง ที่ WWR= 60% ทางด้านทิศตะวันออก (E)



ก. ผนังอิฐมวลเบา (CW) + กระจกใส (SG)

ข. ผนังอิฐมอญ (BW) + กระจกใส (SG)

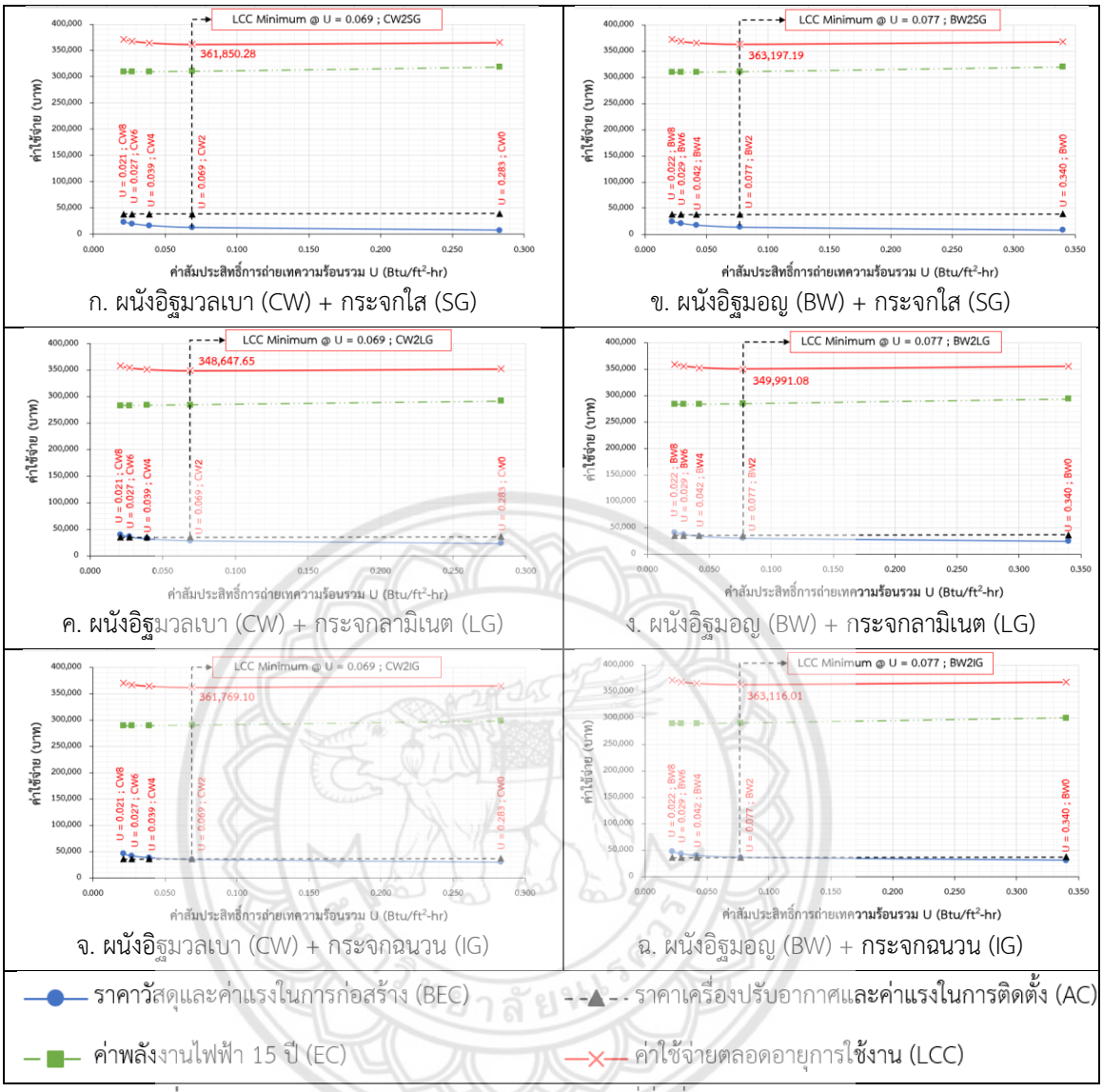
ค. ผนังอิฐมวลเบา (CW) + กระจกลามิเนต (LG)

ง. ผนังอิฐมอญ (BW) + กระจกลามิเนต (LG)

จ. ผนังอิฐมวลเบา (CW) + กระจกฉนวน (IG)

ฉ. ผนังอิฐมอญ (BW) + กระจกฉนวน (IG)

รูปที่ จ.21 กราฟค่าใช้จ่ายตลอดอายุการใช้งานที่ต่ำที่สุดของผนังภายนอกอาคาร ประเภทอาคาร 12 ชั่วโมง ที่ WWR= 60% ทางด้านทิศตะวันออกเฉียงใต้ (SE)



ก. ผนังอิฐมวลเบา (CW) + กระจกใส (SG)

ข. ผนังอิฐมอญ (BW) + กระจกใส (SG)

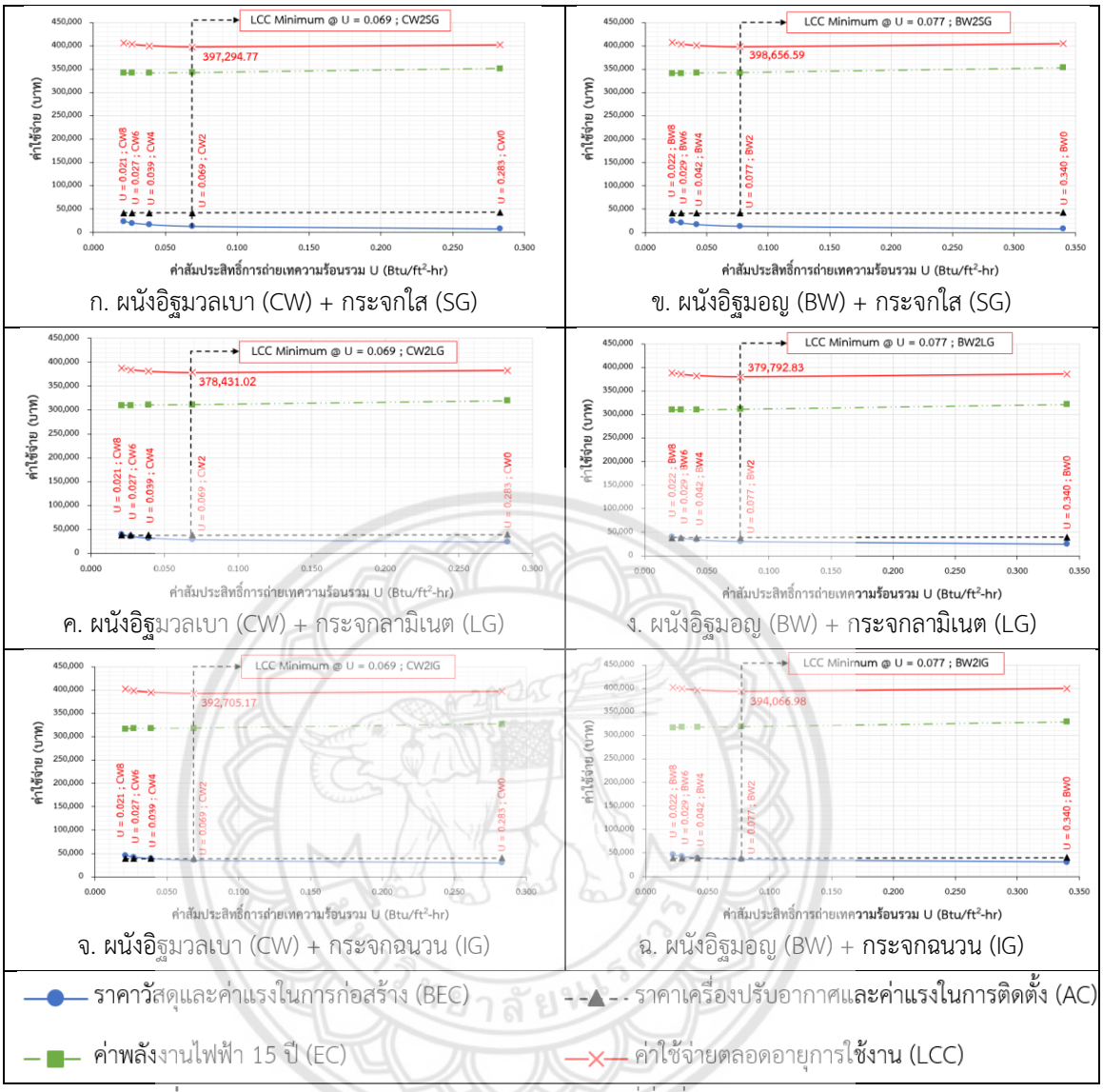
ค. ผนังอิฐมวลเบา (CW) + กระจกลามิเนต (LG)

ง. ผนังอิฐมอญ (BW) + กระจกลามิเนต (LG)

จ. ผนังอิฐมวลเบา (CW) + กระจกฉนวน (IG)

ฉ. ผนังอิฐมอญ (BW) + กระจกฉนวน (IG)

รูปที่ จ.22 กราฟค่าใช้จ่ายตลอดอายุการใช้งานที่ต่ำที่สุดของผนังภายนอกอาคาร ประเภทอาคาร 12 ชั่วโมง ที่ WWR= 60% ทางด้านทิศใต้ (S)



ก. ผนังอิฐมวลเบา (CW) + กระจกใส (SG)

ข. ผนังอิฐมอญ (BW) + กระจกใส (SG)

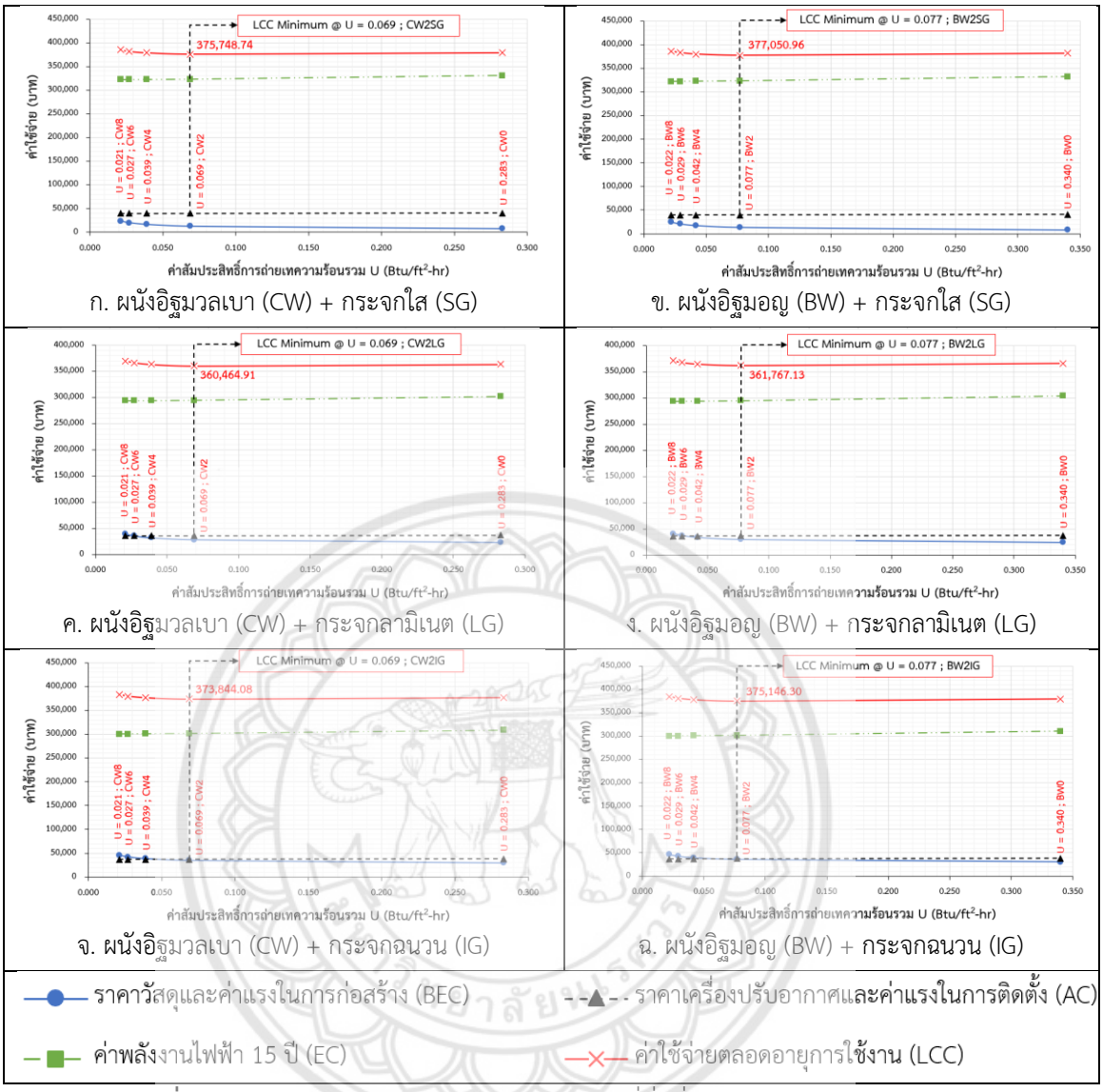
ค. ผนังอิฐมวลเบา (CW) + กระจกลามิเนต (LG)

ง. ผนังอิฐมอญ (BW) + กระจกลามิเนต (LG)

จ. ผนังอิฐมวลเบา (CW) + กระจกฉนวน (IG)

ฉ. ผนังอิฐมอญ (BW) + กระจกฉนวน (IG)

รูปที่ จ.23 กราฟค่าใช้จ่ายตลอดอายุการใช้งานที่ต่ำที่สุดของผนังภายนอกอาคาร ประเภทอาคาร 12 ชั่วโมง ที่ WWR= 60% ทางด้านทิศตะวันตกเฉียงใต้ (SW)



ก. ผนังอิฐมวลเบา (CW) + กระจกใส (SG)

ข. ผนังอิฐมอญ (BW) + กระจกใส (SG)

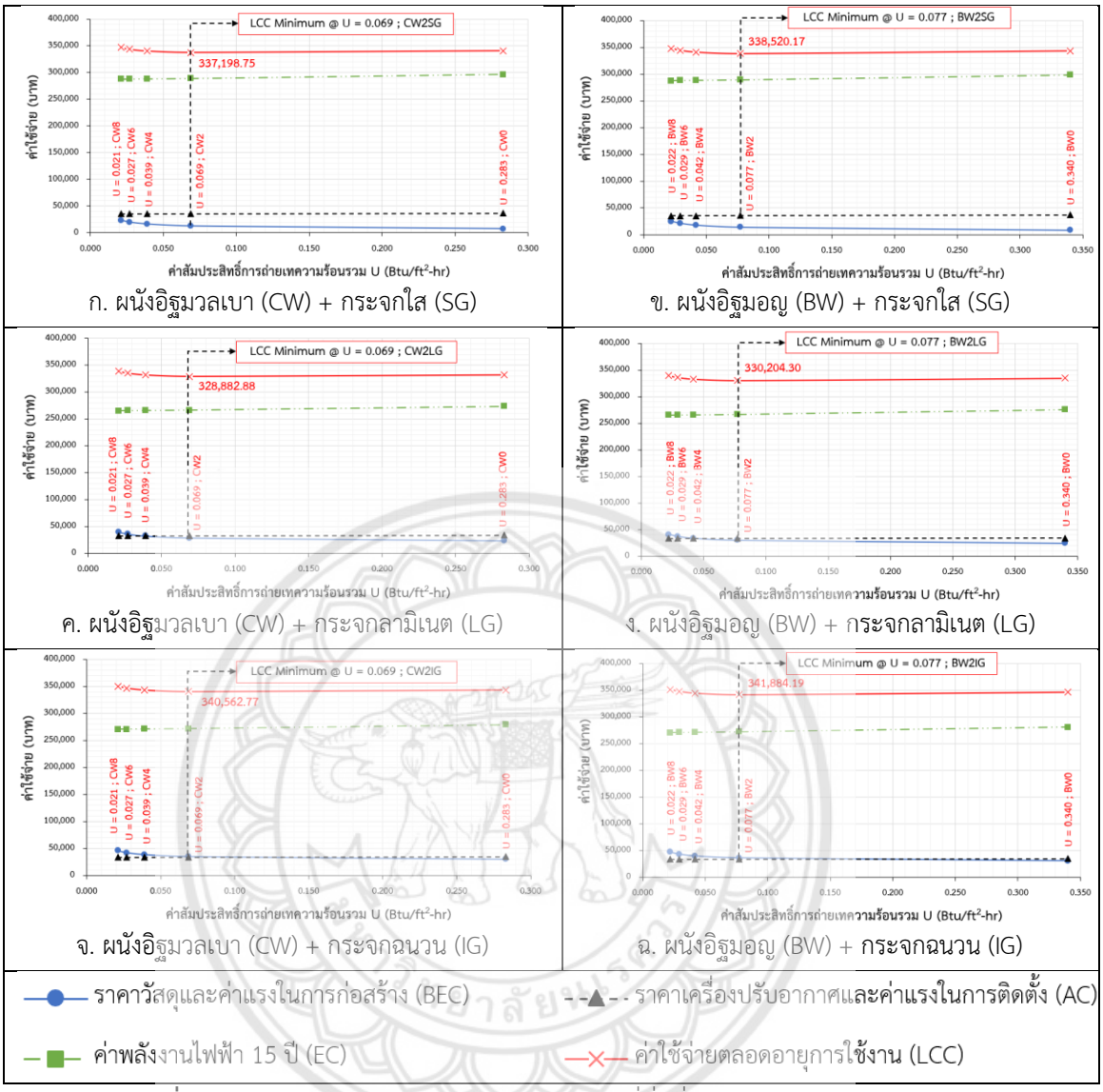
ค. ผนังอิฐมวลเบา (CW) + กระจกลามิเนต (LG)

ง. ผนังอิฐมอญ (BW) + กระจกลามิเนต (LG)

จ. ผนังอิฐมวลเบา (CW) + กระจกฉนวน (IG)

ฉ. ผนังอิฐมอญ (BW) + กระจกฉนวน (IG)

รูปที่ จ.24 กราฟค่าใช้จ่ายตลอดอายุการใช้งานที่ต่ำที่สุดของผนังภายนอกอาคาร ประเภทอาคาร 12 ชั่วโมง ที่ WWR= 60% ทางด้านทิศตะวันตก (W)



ก. ผนังอิฐมวลเบา (CW) + กระจกใส (SG)

ข. ผนังอิฐมอญ (BW) + กระจกใส (SG)

ค. ผนังอิฐมวลเบา (CW) + กระจกลามิเนต (LG)

ง. ผนังอิฐมอญ (BW) + กระจกลามิเนต (LG)

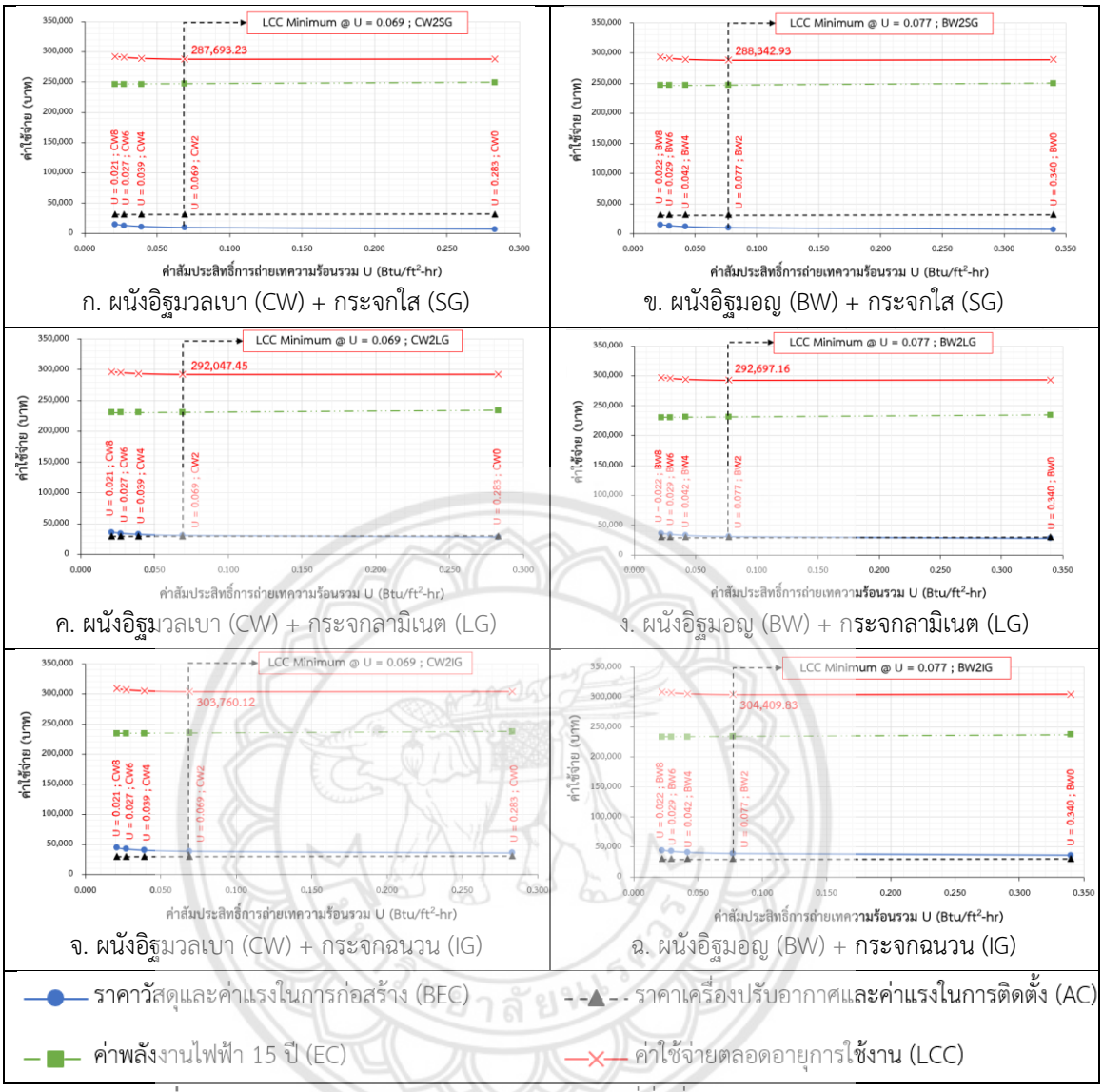
จ. ผนังอิฐมวลเบา (CW) + กระจกฉนวน (IG)

ฉ. ผนังอิฐมอญ (BW) + กระจกฉนวน (IG)

รูปที่ จ.25 กราฟค่าใช้จ่ายตลอดอายุการใช้งานที่ต่ำที่สุดของผนังภายนอกอาคาร ประเภทอาคาร 12 ชั่วโมง ที่ WWR= 60% ทางด้านทิศตะวันตกเฉียงเหนือ (NW)

อัตราส่วนพื้นที่กระจกต่อพื้นที่ผนังร้อยละ 80

(WWR = 80%)



ก. ผนังอิฐมวลเบา (CW) + กระจกใส (SG)

ข. ผนังอิฐมอญ (BW) + กระจกใส (SG)

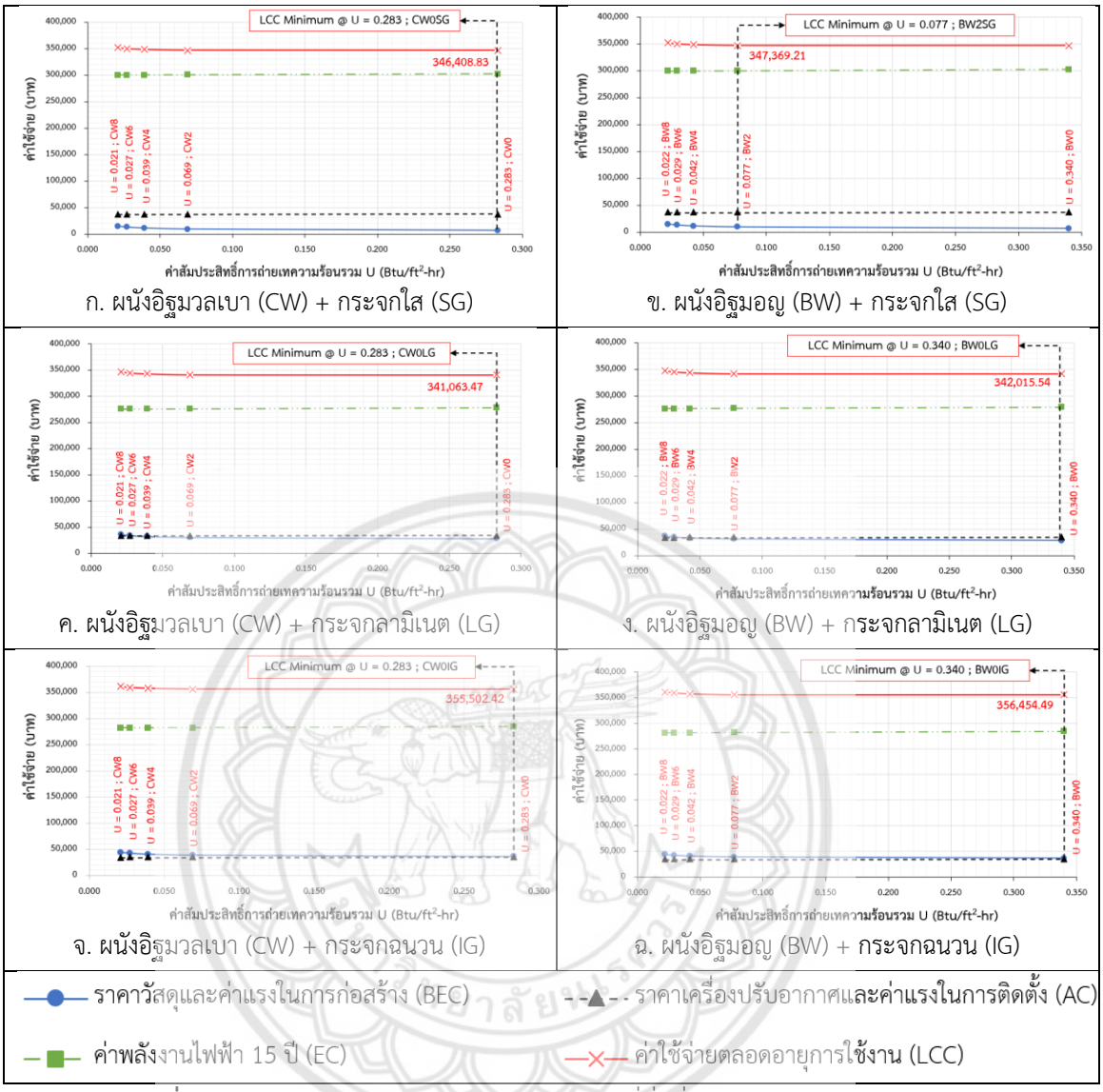
ค. ผนังอิฐมวลเบา (CW) + กระจกลามิเนต (LG)

ง. ผนังอิฐมอญ (BW) + กระจกลามิเนต (LG)

จ. ผนังอิฐมวลเบา (CW) + กระจกฉนวน (IG)

ฉ. ผนังอิฐมอญ (BW) + กระจกฉนวน (IG)

รูปที่ จ.26 กราฟค่าใช้จ่ายตลอดอายุการใช้งานที่ต่ำที่สุดของผนังภายนอกอาคาร ประเภทอาคาร 12 ชั่วโมง ที่ WWR= 80% ทางด้านทิศเหนือ (N)



ก. ผนังอิฐมวลเบา (CW) + กระจกใส (SG)

ข. ผนังอิฐมอญ (BW) + กระจกใส (SG)

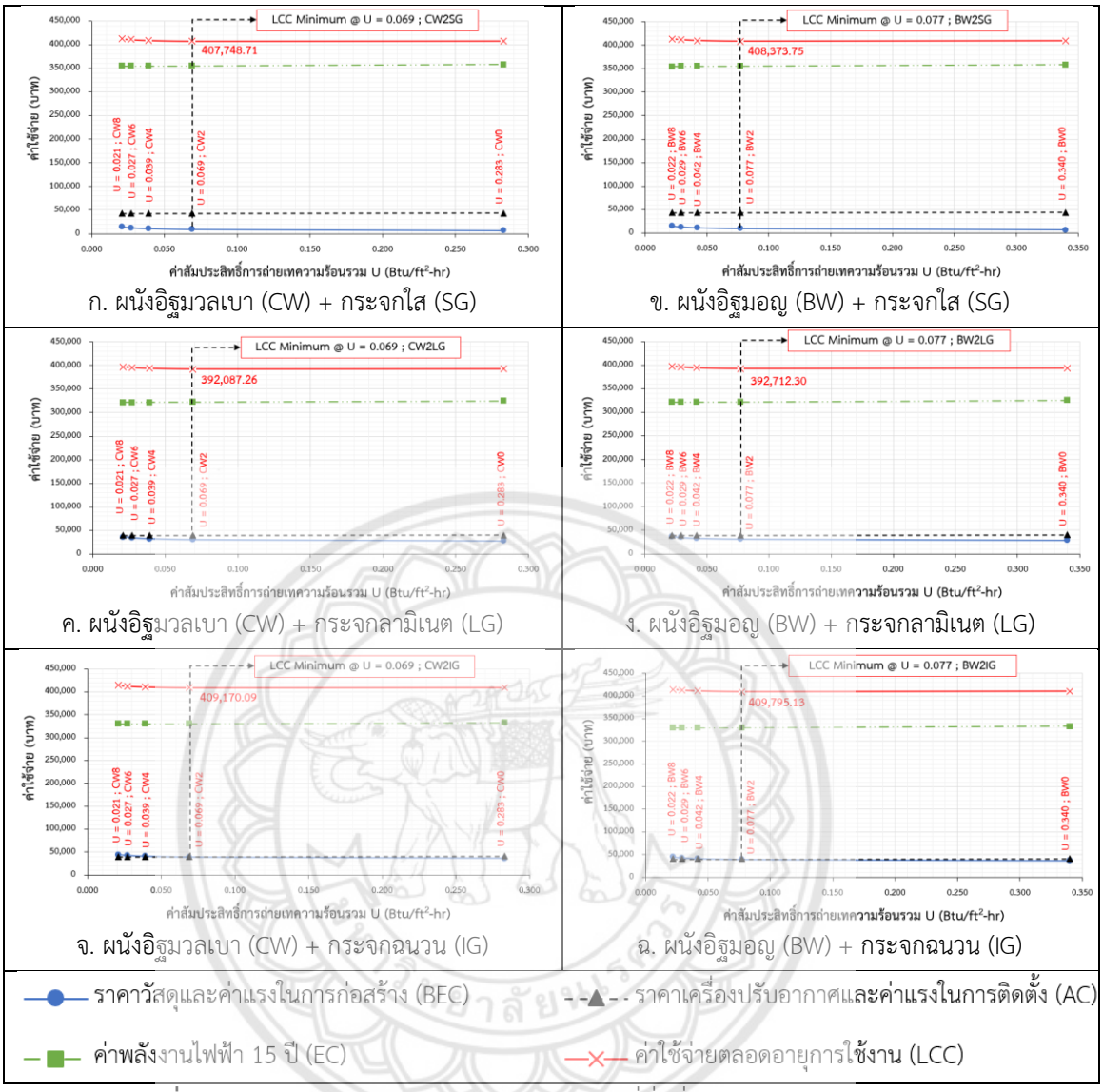
ค. ผนังอิฐมวลเบา (CW) + กระจกลามิเนต (LG)

ง. ผนังอิฐมอญ (BW) + กระจกลามิเนต (LG)

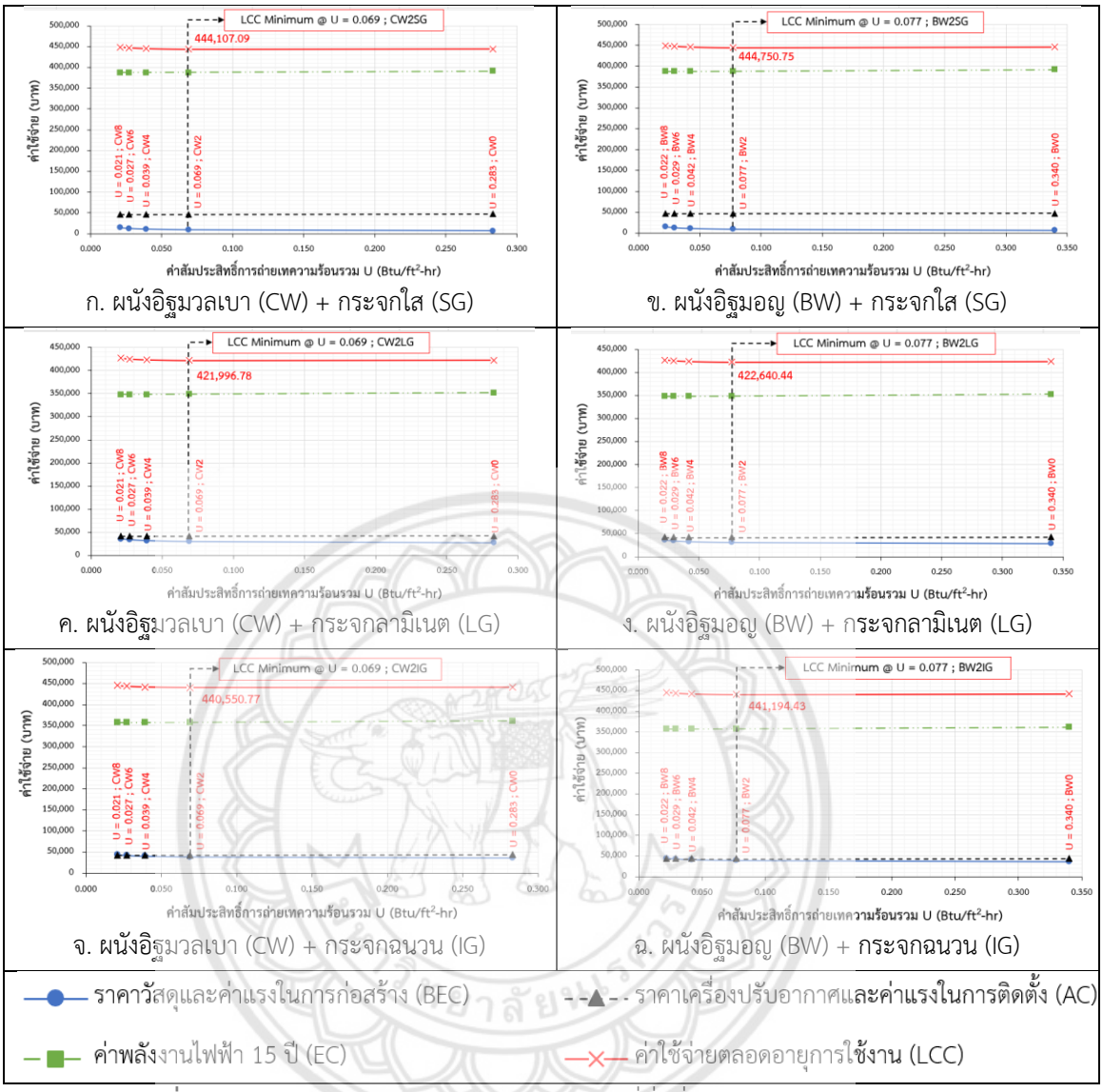
จ. ผนังอิฐมวลเบา (CW) + กระจกฉนวน (IG)

ฉ. ผนังอิฐมอญ (BW) + กระจกฉนวน (IG)

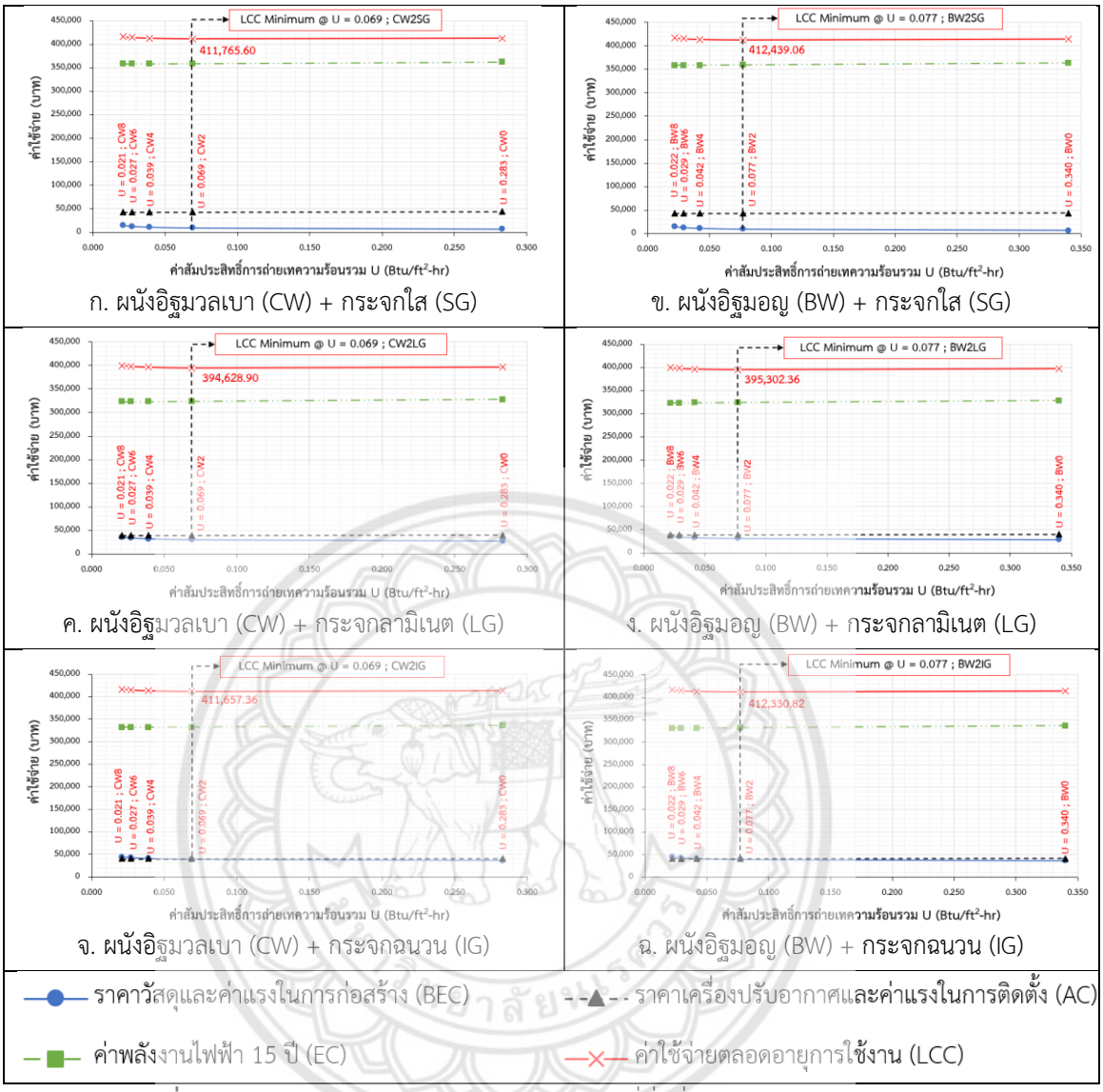
รูปที่ จ.27 กราฟค่าใช้จ่ายตลอดอายุการใช้งานที่ต่ำที่สุดของผนังภายนอกอาคาร ประเภทอาคาร 12 ชั่วโมง ที่ WWR= 80% ทางด้านทิศตะวันออกเฉียงเหนือ (NE)



รูปที่ จ.28 กราฟค่าใช้จ่ายตลอดอายุการใช้งานที่ต่ำที่สุดของผนังภายนอกอาคาร ประเภทอาคาร 12 ชั่วโมง ที่ WWR= 80% ทางด้านทิศตะวันออก (E)



รูปที่ จ.29 กราฟค่าใช้จ่ายตลอดอายุการใช้งานที่ต่ำที่สุดของผนังภายนอกอาคาร ประเภทอาคาร 12 ชั่วโมง ที่ WWR= 80% ทางด้านทิศตะวันออกเฉียงใต้ (SE)



ก. ผนังอิฐมวลเบา (CW) + กระจกใส (SG)

ข. ผนังอิฐมอญ (BW) + กระจกใส (SG)

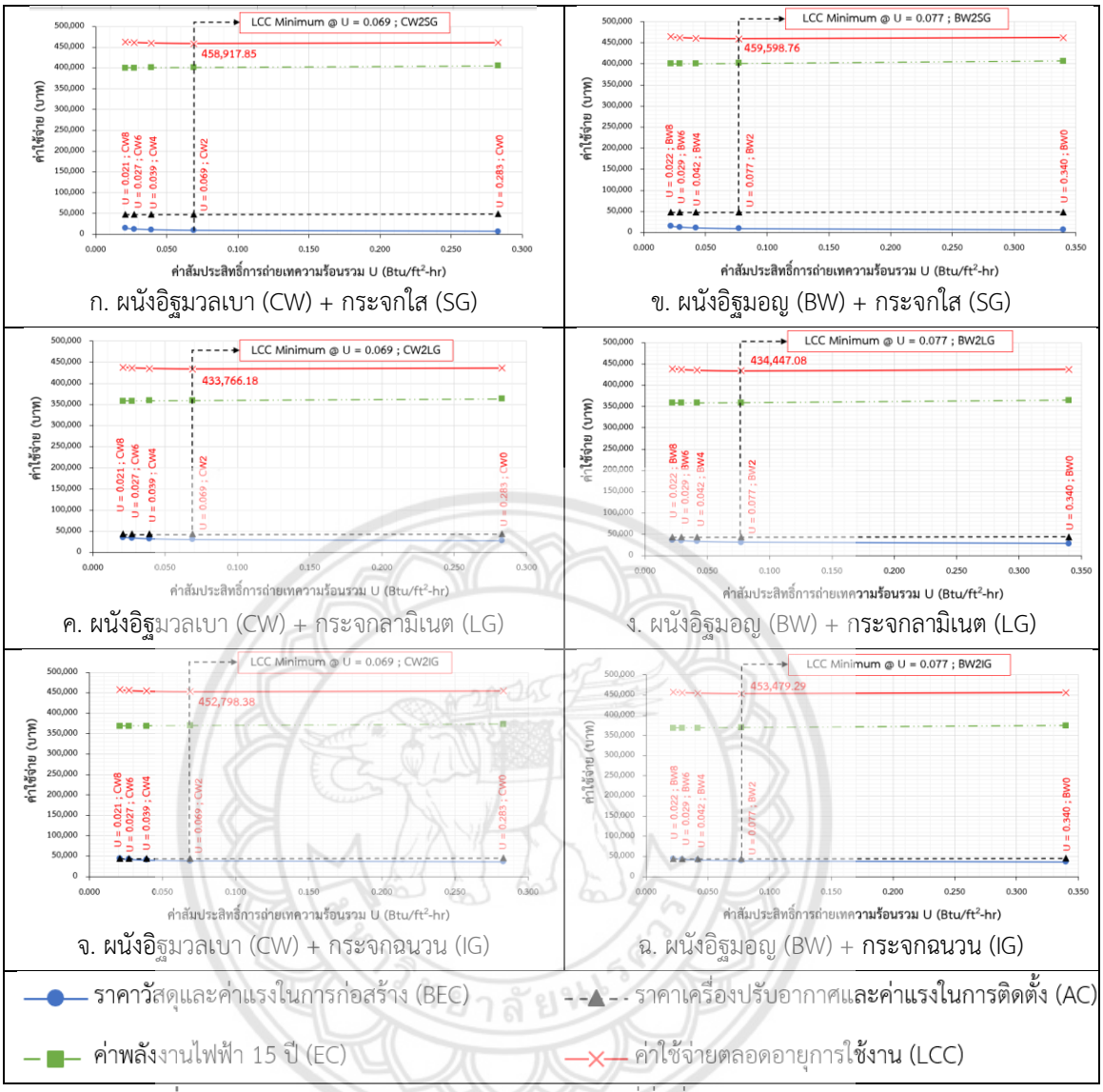
ค. ผนังอิฐมวลเบา (CW) + กระจกลามิเนต (LG)

ง. ผนังอิฐมอญ (BW) + กระจกลามิเนต (LG)

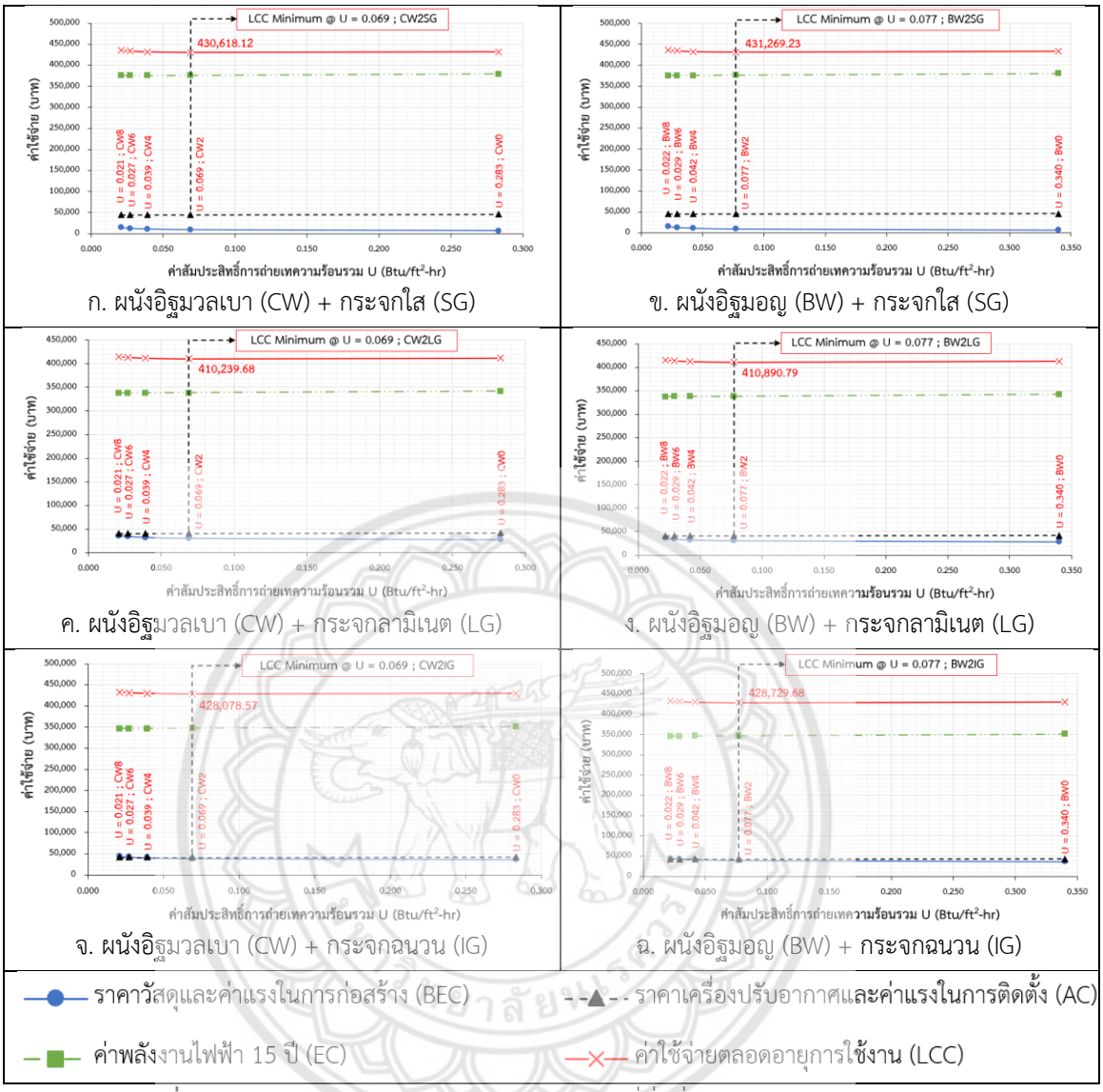
จ. ผนังอิฐมวลเบา (CW) + กระจกฉนวน (IG)

ฉ. ผนังอิฐมอญ (BW) + กระจกฉนวน (IG)

รูปที่ จ.30 กราฟค่าใช้จ่ายตลอดอายุการใช้งานที่ต่ำที่สุดของผนังภายนอกอาคาร ประเภทอาคาร 12 ชั่วโมง ที่ WWR= 80% ทางด้านทิศใต้ (S)



รูปที่ จ.31 กราฟค่าใช้จ่ายตลอดอายุการใช้งานที่ต่ำที่สุดของผนังภายนอกอาคาร ประเภทอาคาร 12 ชั่วโมง ที่ WWR= 80% ทางด้านทิศตะวันตกเฉียงใต้ (SW)



ก. ผนังอิฐมวลเบา (CW) + กระจกใส (SG)

ข. ผนังอิฐมอญ (BW) + กระจกใส (SG)

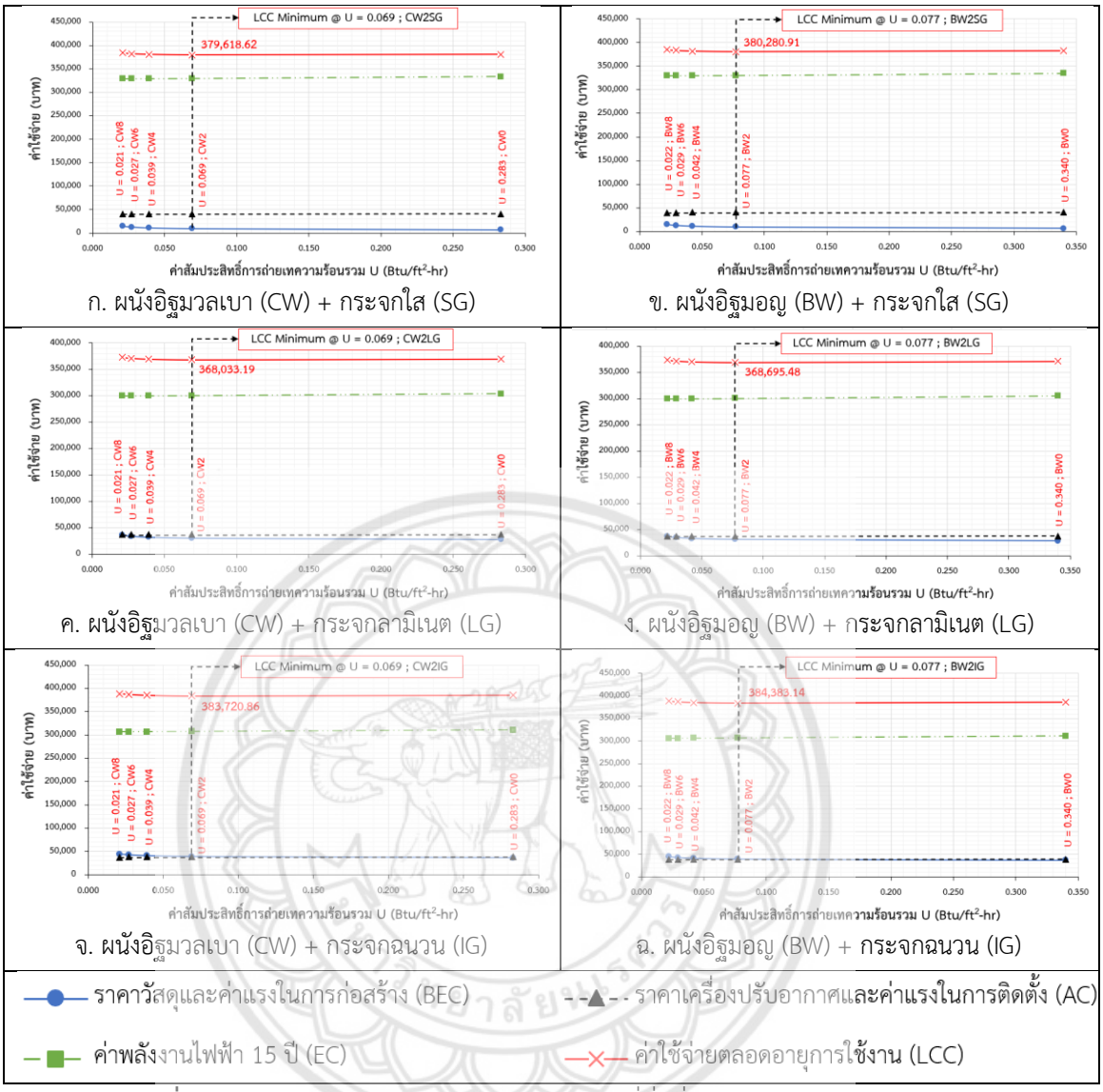
ค. ผนังอิฐมวลเบา (CW) + กระจกลามิเนต (LG)

ง. ผนังอิฐมอญ (BW) + กระจกลามิเนต (LG)

จ. ผนังอิฐมวลเบา (CW) + กระจกฉนวน (IG)

ฉ. ผนังอิฐมอญ (BW) + กระจกฉนวน (IG)

รูปที่ จ.32 กราฟค่าใช้จ่ายตลอดอายุการใช้งานที่ต่ำที่สุดของผนังภายนอกอาคาร ประเภทอาคาร 12 ชั่วโมง ที่ WWR= 80% ทางด้านทิศตะวันตก (W)



ก. ผนังอิฐมวลเบา (CW) + กระจกใส (SG)

ข. ผนังอิฐมอญ (BW) + กระจกใส (SG)

ค. ผนังอิฐมวลเบา (CW) + กระจกลามิเนต (LG)

ง. ผนังอิฐมอญ (BW) + กระจกลามิเนต (LG)

จ. ผนังอิฐมวลเบา (CW) + กระจกฉนวน (IG)

ฉ. ผนังอิฐมอญ (BW) + กระจกฉนวน (IG)

รูปที่ จ.33 กราฟค่าใช้จ่ายตลอดอายุการใช้งานที่ต่ำที่สุดของผนังภายนอกอาคาร ประเภทอาคาร 12 ชั่วโมง ที่ WWR= 80% ทางด้านทิศตะวันตกเฉียงเหนือ (NW)

ภาคผนวก ฉ

กราฟค่าใช้จ่ายตลอดอายุการใช้งานที่ต่ำที่สุดของผนังภายนอกอาคาร

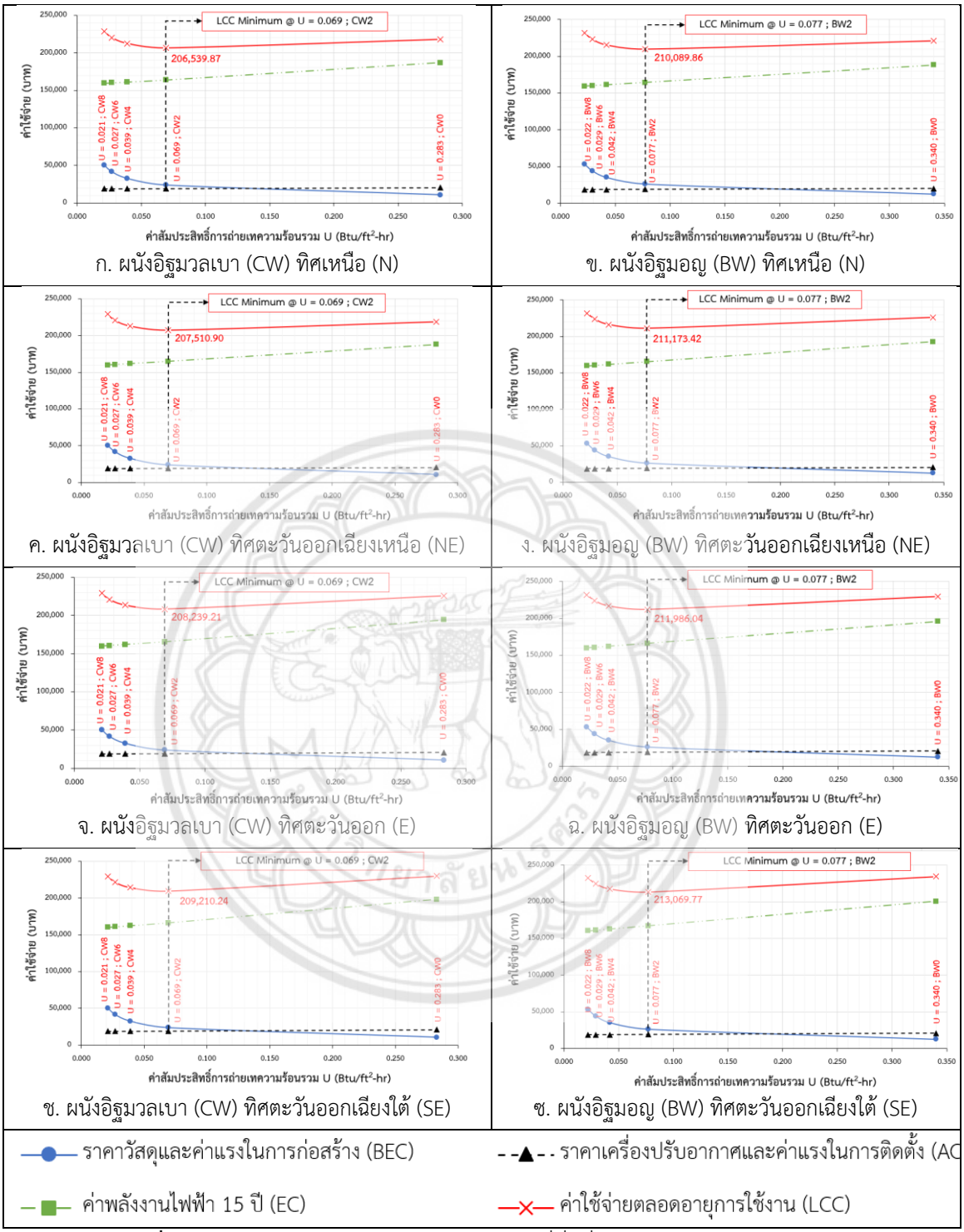
ประเภท ค. โรงแรม สถานพยาบาล อาคารชุด

ชั่วโมงการใช้งาน 24 ชั่วโมง

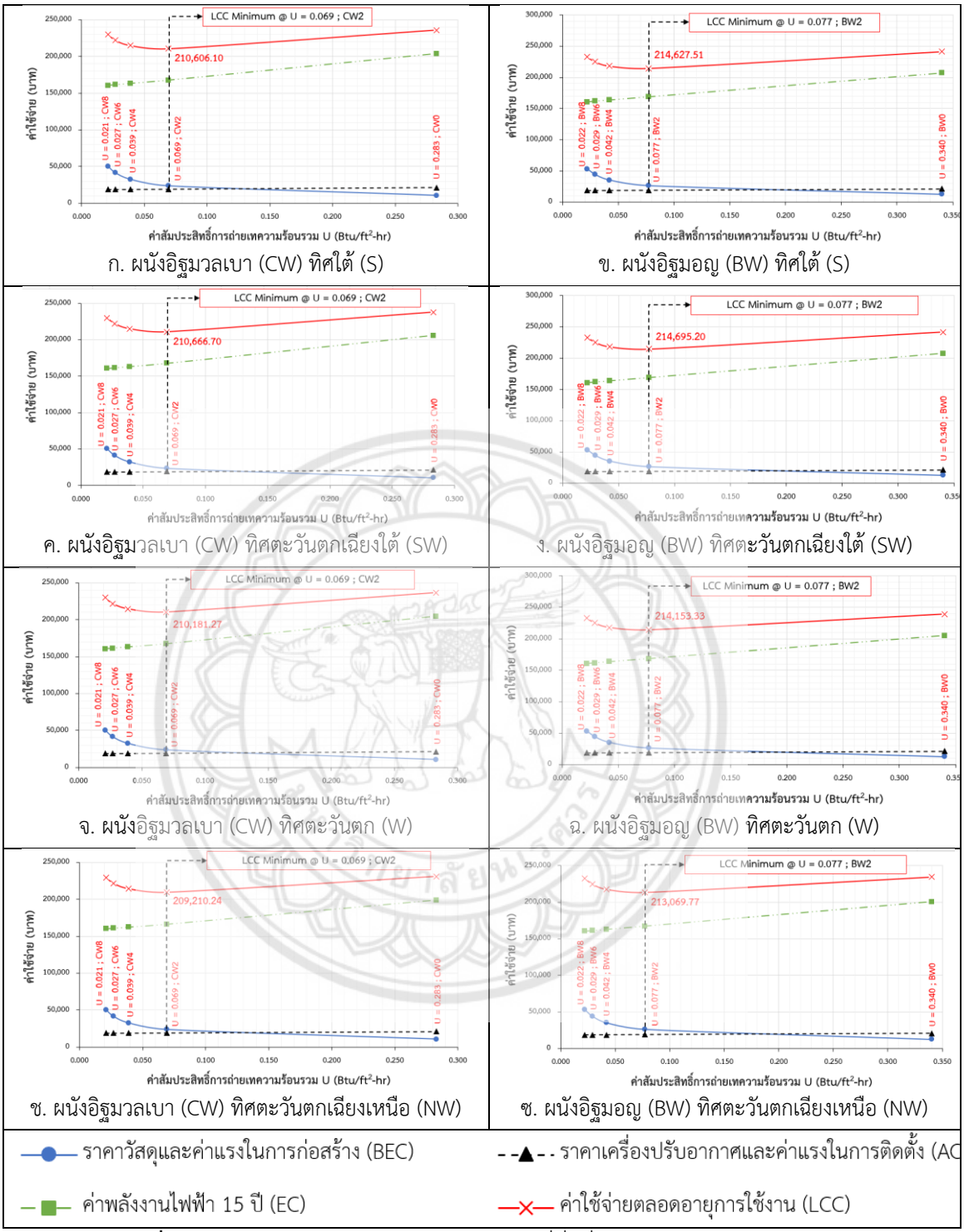
ทุกทิศทางและอัตราส่วนพื้นที่กระจกต่อพื้นที่ผนัง

อัตราส่วนพื้นที่กระจกต่อพื้นที่ผนังร้อยละ 0

(WWR = 0%)



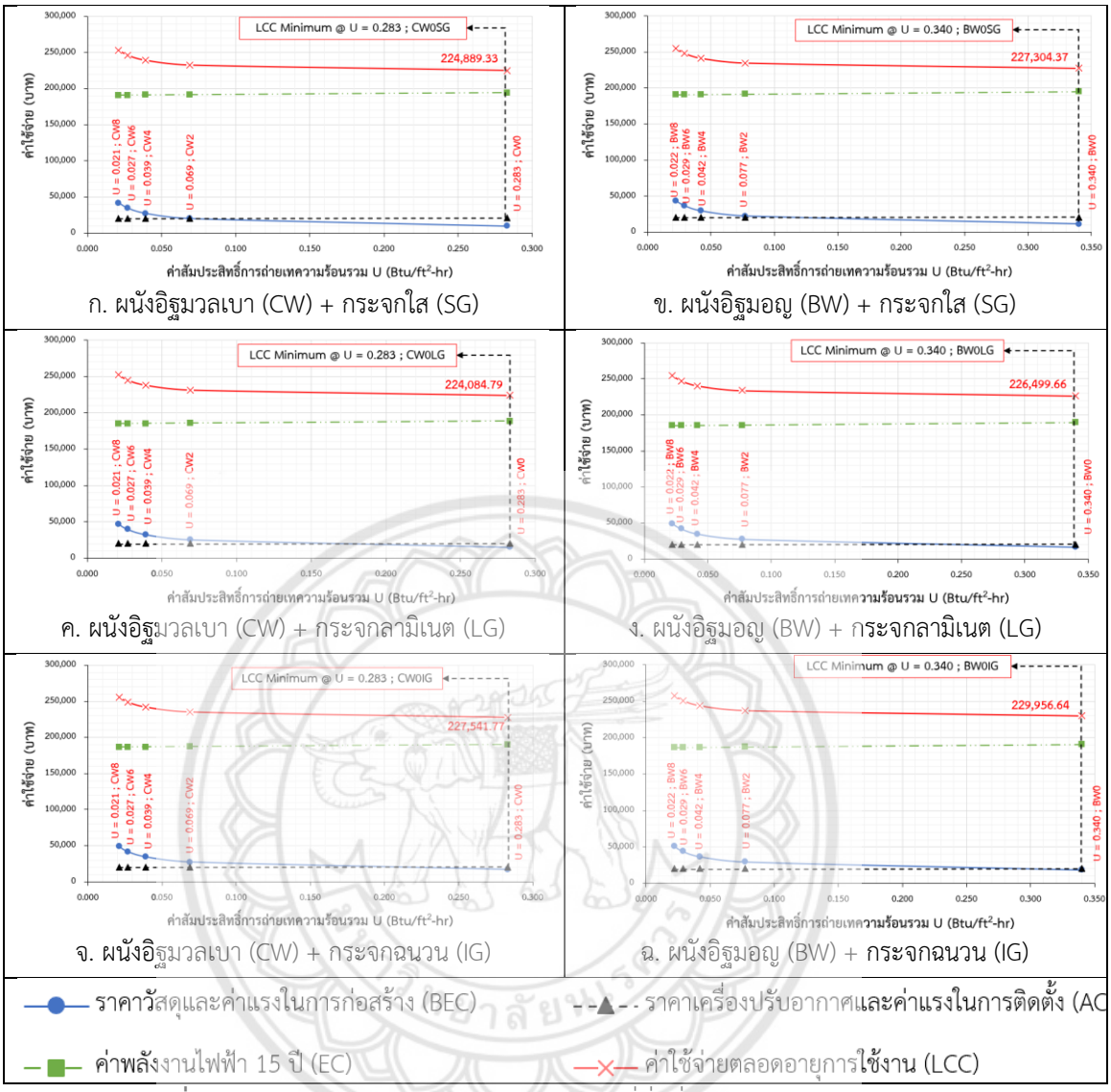
รูปที่ ฉ.1 กราฟค่าใช้จ่ายตลอดอายุการใช้งานที่ต่ำที่สุดของผนังภายนอกอาคาร ประเภทอาคาร 24 ชั่วโมง ที่ WWR= 0%



รูปที่ ฉ.1 กราฟค่าใช้จ่ายตลอดอายุการใช้งานที่ต่ำที่สุดของผนังภายนอกอาคาร ประเภทอาคาร 24 ชั่วโมง ที่ WWR= 0% (ต่อ)

อัตราส่วนพื้นที่กระจกต่อพื้นที่ผนังร้อยละ 20

(WWR = 20%)



ก. ผนังอิฐมวลเบา (CW) + กระจกใส (SG)

ข. ผนังอิฐมอญ (BW) + กระจกใส (SG)

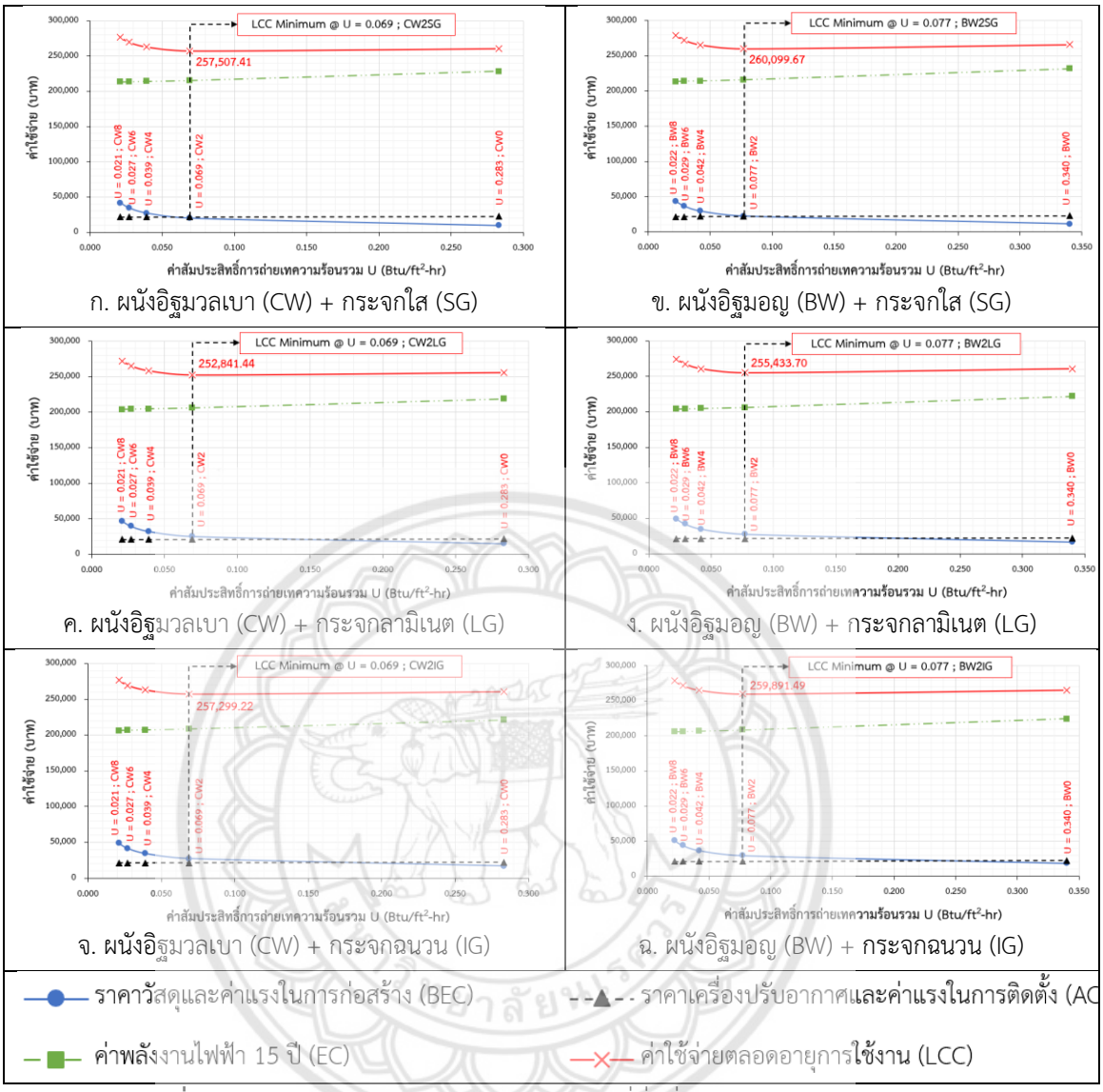
ค. ผนังอิฐมวลเบา (CW) + กระจกลามิเนต (LG)

ง. ผนังอิฐมอญ (BW) + กระจกลามิเนต (LG)

จ. ผนังอิฐมวลเบา (CW) + กระจกฉนวน (IG)

ฉ. ผนังอิฐมอญ (BW) + กระจกฉนวน (IG)

รูปที่ ฉ.2 กราฟค่าใช้จ่ายตลอดอายุการใช้งานที่ต่ำที่สุดของผนังภายนอกอาคาร ประเภทอาคาร 24 ชั่วโมง ที่ WWR= 20% ทางด้านทิศเหนือ (N)



ก. ผนังอิฐมวลเบา (CW) + กระจกใส (SG)

ข. ผนังอิฐมอญ (BW) + กระจกใส (SG)

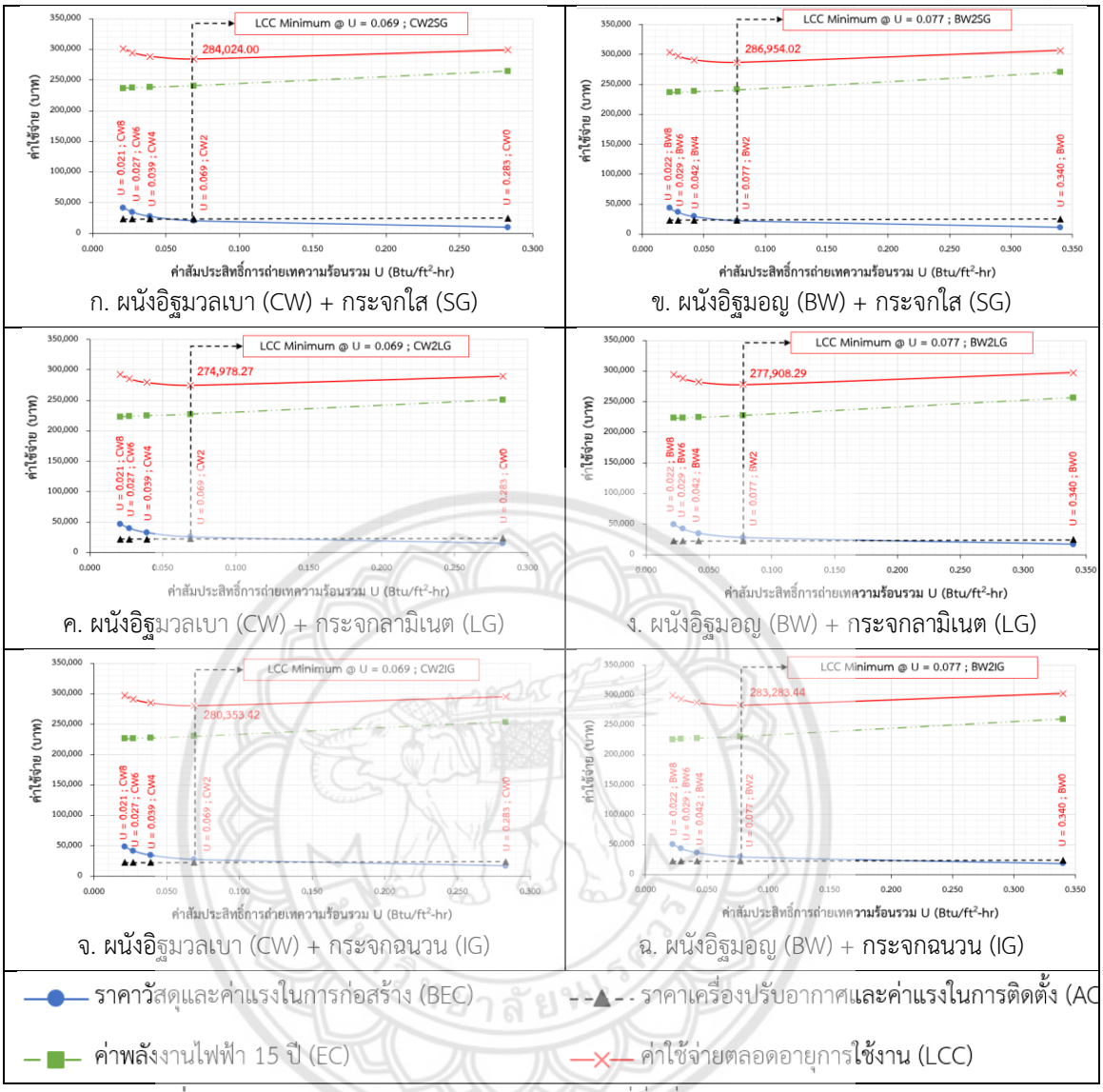
ค. ผนังอิฐมวลเบา (CW) + กระจกลามิเนต (LG)

ง. ผนังอิฐมอญ (BW) + กระจกลามิเนต (LG)

จ. ผนังอิฐมวลเบา (CW) + กระจกฉนวน (IG)

ฉ. ผนังอิฐมอญ (BW) + กระจกฉนวน (IG)

รูปที่ ฉ.3 กราฟค่าใช้จ่ายตลอดอายุการใช้งานที่ต่ำที่สุดของผนังภายนอกอาคาร ประเภทอาคาร 24 ชั่วโมง ที่ WWR= 20% ทางด้านทิศตะวันออกเฉียงเหนือ (NE)



ก. ผนังอิฐมวลเบา (CW) + กระจกใส (SG)

ข. ผนังอิฐมอญ (BW) + กระจกใส (SG)

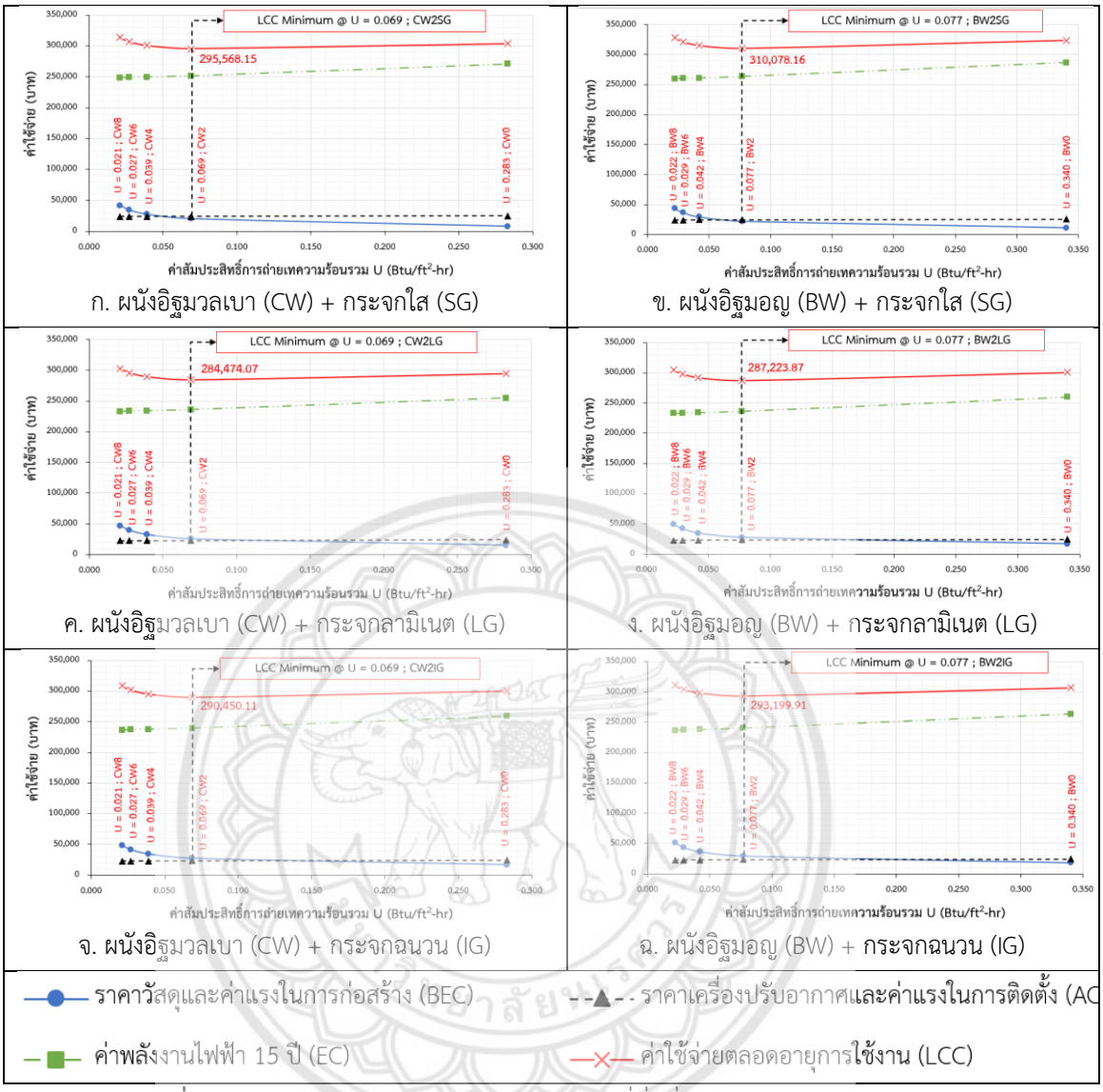
ค. ผนังอิฐมวลเบา (CW) + กระจกลามิเนต (LG)

ง. ผนังอิฐมอญ (BW) + กระจกลามิเนต (LG)

จ. ผนังอิฐมวลเบา (CW) + กระจกฉนวน (IG)

ฉ. ผนังอิฐมอญ (BW) + กระจกฉนวน (IG)

รูปที่ ฉ.4 กราฟค่าใช้จ่ายตลอดอายุการใช้งานที่ต่ำที่สุดของผนังภายนอกอาคาร ประเภทอาคาร 24 ชั่วโมง ที่ WWR= 20% ทางด้านทิศตะวันออก (E)



ก. ผนังอิฐมวลเบา (CW) + กระจกใส (SG)

ข. ผนังอิฐมอญ (BW) + กระจกใส (SG)

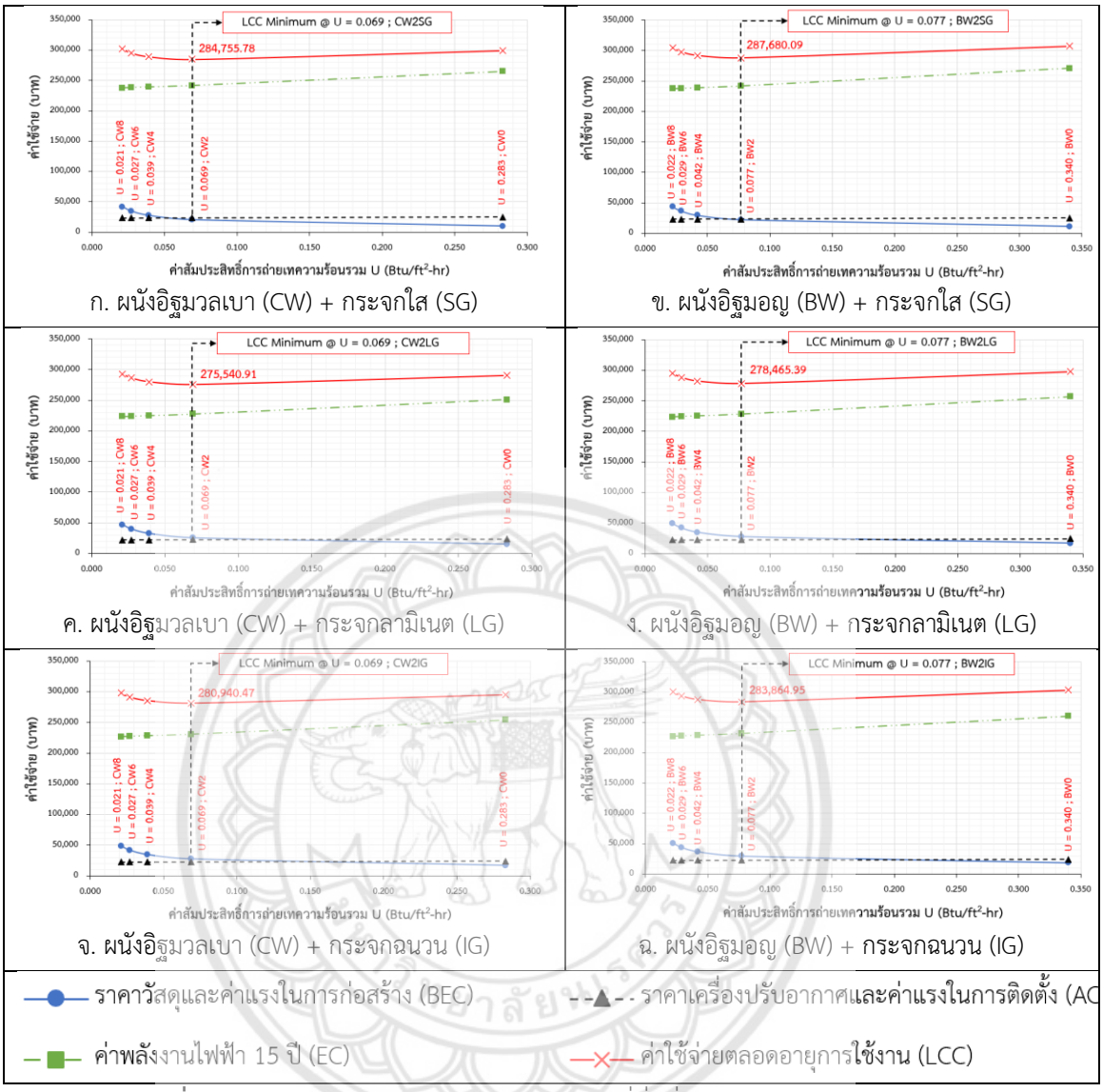
ค. ผนังอิฐมวลเบา (CW) + กระจกลามิเนต (LG)

ง. ผนังอิฐมอญ (BW) + กระจกลามิเนต (LG)

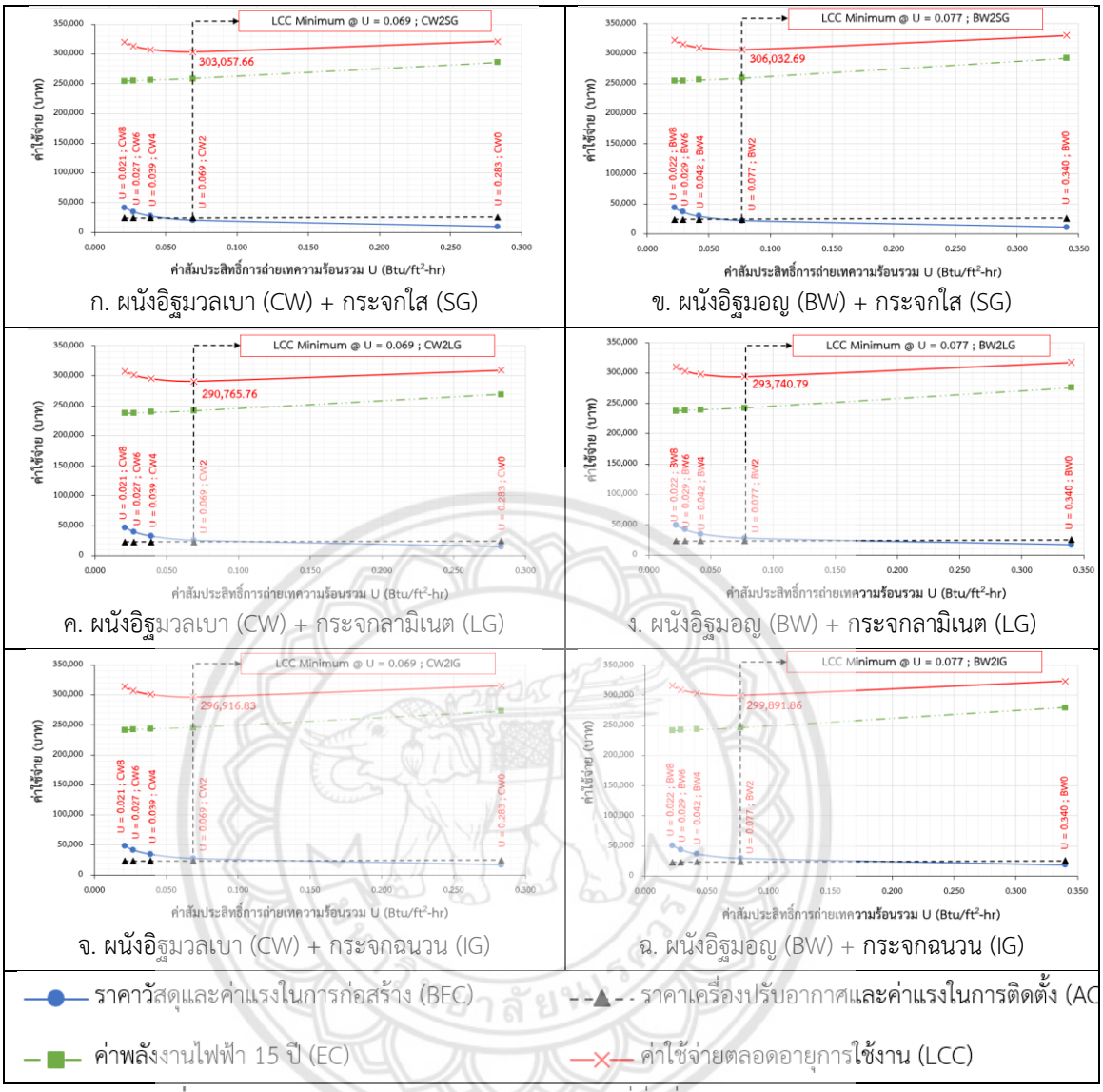
จ. ผนังอิฐมวลเบา (CW) + กระจกฉนวน (IG)

ฉ. ผนังอิฐมอญ (BW) + กระจกฉนวน (IG)

รูปที่ ฉ.5 กราฟค่าใช้จ่ายตลอดอายุการใช้งานที่ต่ำที่สุดของผนังภายนอกอาคาร ประเภทอาคาร 24 ชั่วโมง ที่ WWR= 20% ทางด้านทิศตะวันออกเฉียงใต้ (SE)



รูปที่ ฉ.6 กราฟค่าใช้จ่ายตลอดอายุการใช้งานที่ต่ำที่สุดของผนังภายนอกอาคาร ประเภทอาคาร 24 ชั่วโมง ที่ WWR= 20% ทางด้านทิศใต้ (S)



ก. ผนังอิฐมวลเบา (CW) + กระจกใส (SG)

ข. ผนังอิฐมอญ (BW) + กระจกใส (SG)

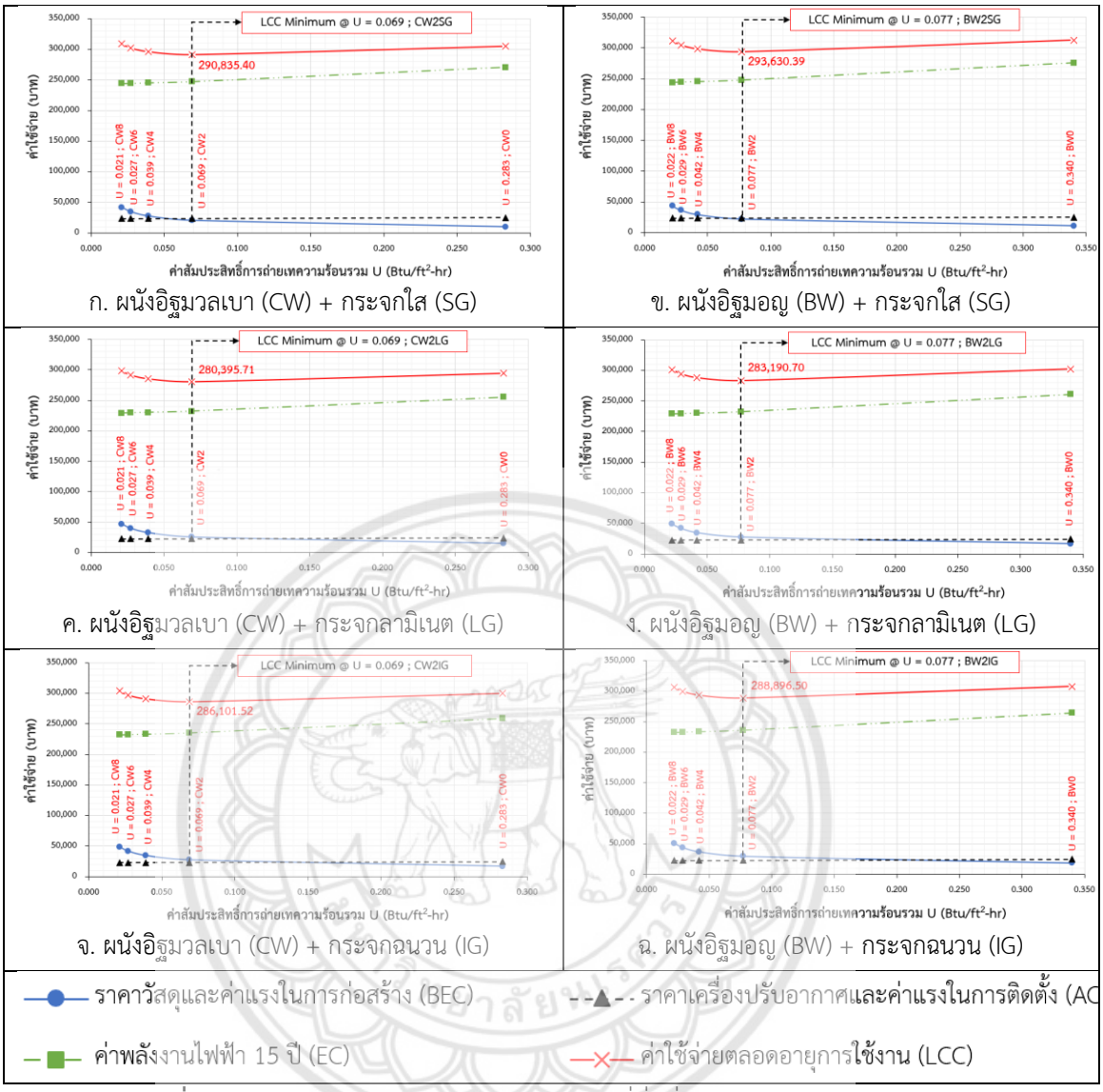
ค. ผนังอิฐมวลเบา (CW) + กระจกลามิเนต (LG)

ง. ผนังอิฐมอญ (BW) + กระจกลามิเนต (LG)

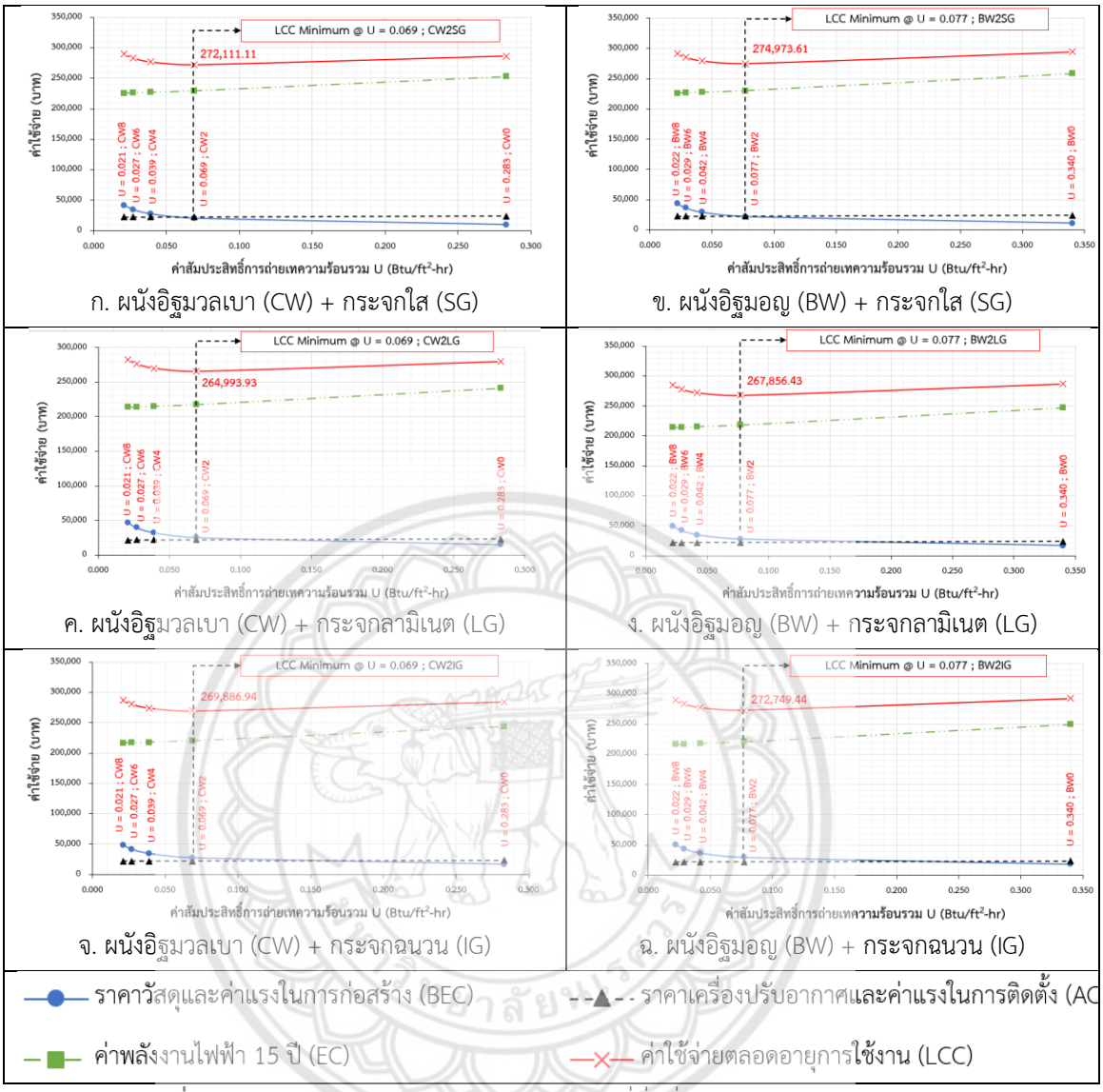
จ. ผนังอิฐมวลเบา (CW) + กระจกฉนวน (IG)

ฉ. ผนังอิฐมอญ (BW) + กระจกฉนวน (IG)

รูปที่ ฉ.7 กราฟค่าใช้จ่ายตลอดอายุการใช้งานที่ต่ำที่สุดของผนังภายนอกอาคาร ประเภทอาคาร 24 ชั่วโมง ที่ WWR= 20% ทางด้านทิศตะวันตกเฉียงใต้ (SW)



รูปที่ ฉ.8 กราฟค่าใช้จ่ายตลอดอายุการใช้งานที่ต่ำที่สุดของผนังภายนอกอาคาร ประเภทอาคาร 24 ชั่วโมง ที่ WWR= 20% ทางด้านทิศตะวันตก (W)



ก. ผนังอิฐมวลเบา (CW) + กระจกใส (SG)

ข. ผนังอิฐมอญ (BW) + กระจกใส (SG)

ค. ผนังอิฐมวลเบา (CW) + กระจกลามิเนต (LG)

ง. ผนังอิฐมอญ (BW) + กระจกลามิเนต (LG)

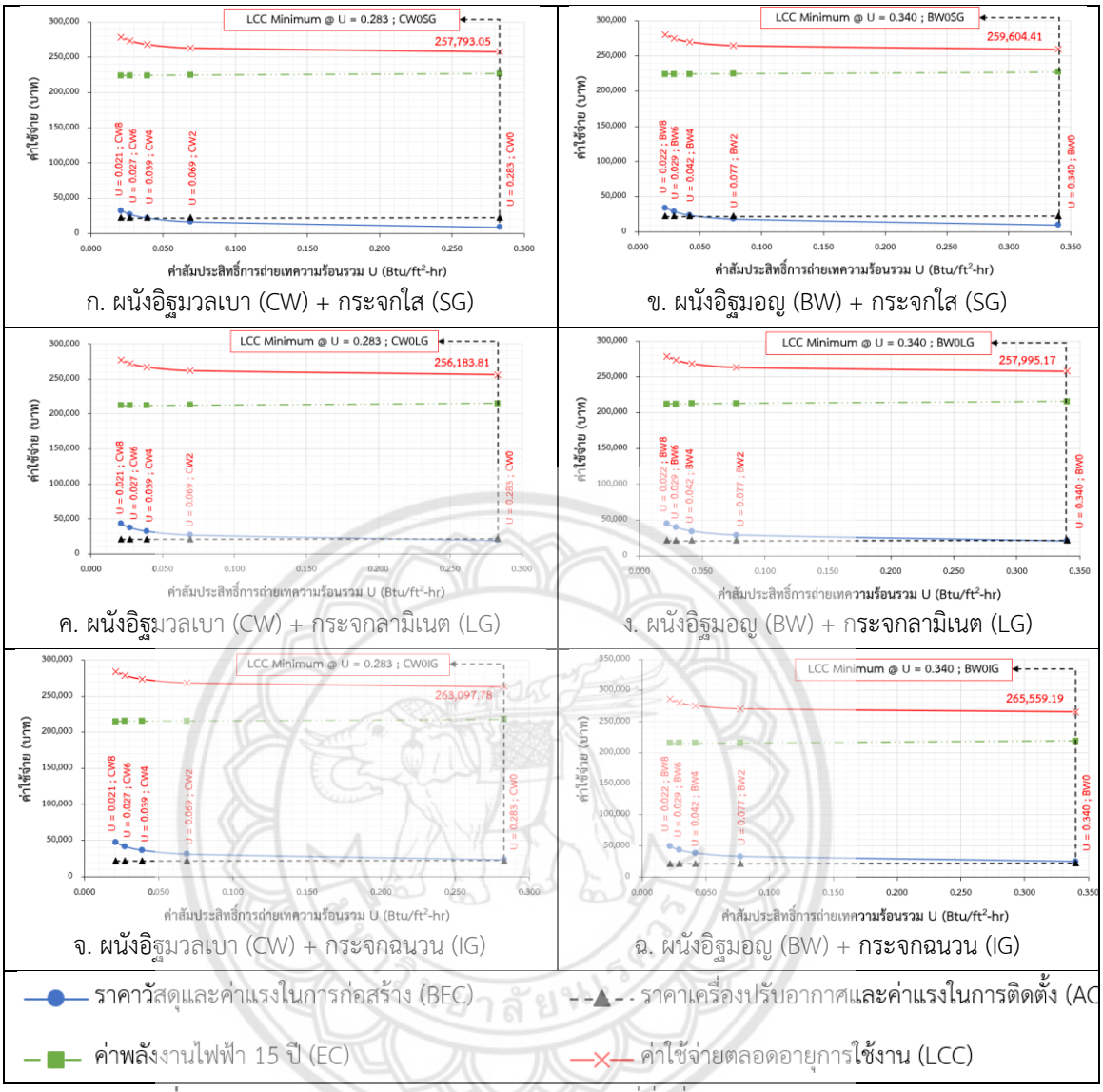
จ. ผนังอิฐมวลเบา (CW) + กระจกฉนวน (IG)

ฉ. ผนังอิฐมอญ (BW) + กระจกฉนวน (IG)

รูปที่ ฉ.9 กราฟค่าใช้จ่ายตลอดอายุการใช้งานที่ต่ำที่สุดของผนังภายนอกอาคาร ประเภทอาคาร 24 ชั่วโมง ที่ WWR= 20% ทางด้านทิศตะวันตกเฉียงเหนือ (NW)

อัตราส่วนพื้นที่กระจกต่อพื้นที่ผนังร้อยละ 40

(WWR = 40%)



ก. ผนังอิฐมวลเบา (CW) + กระจกใส (SG)

ข. ผนังอิฐมอญ (BW) + กระจกใส (SG)

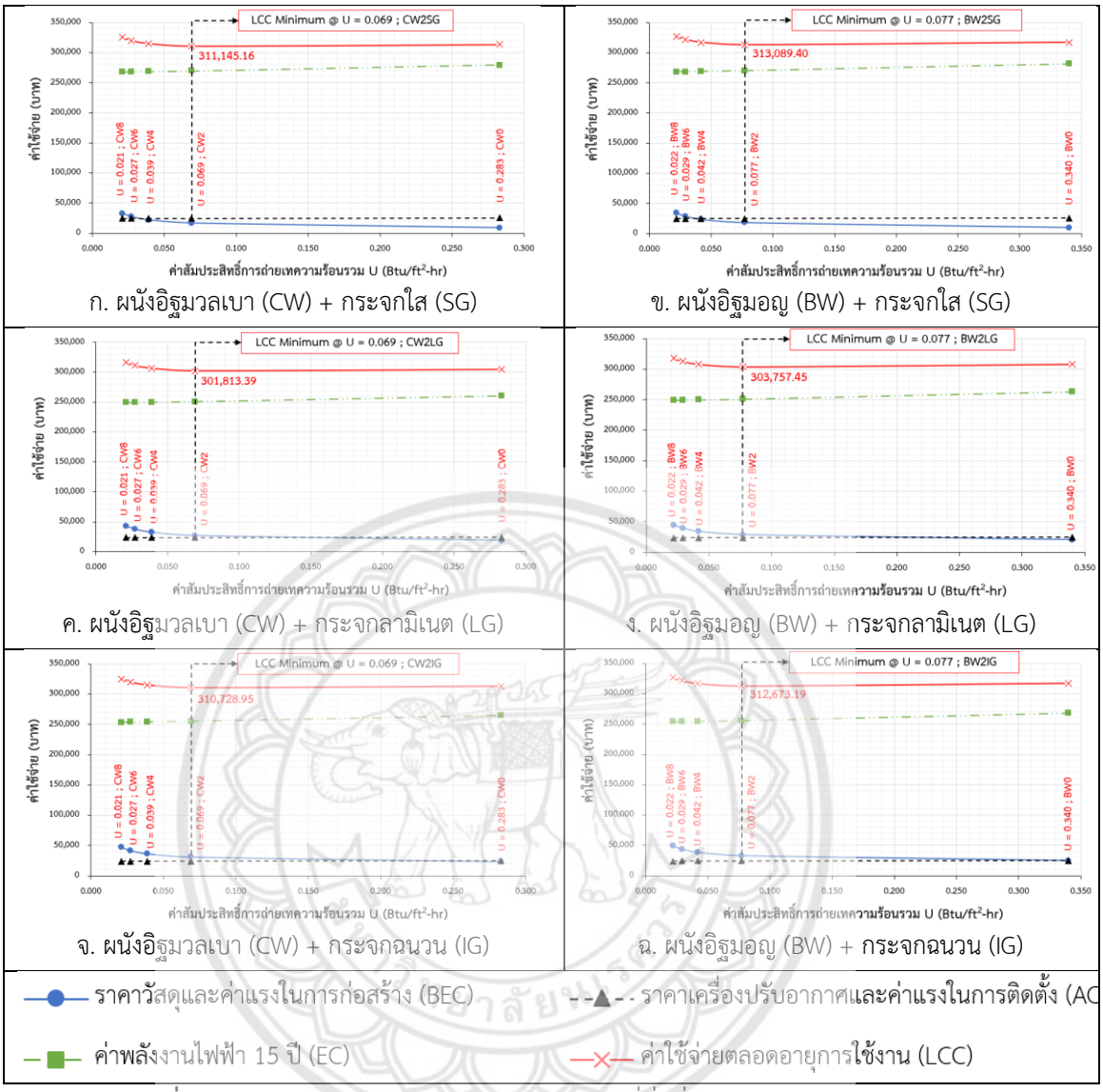
ค. ผนังอิฐมวลเบา (CW) + กระจกลามิเนต (LG)

ง. ผนังอิฐมอญ (BW) + กระจกลามิเนต (LG)

จ. ผนังอิฐมวลเบา (CW) + กระจกฉนวน (IG)

ฉ. ผนังอิฐมอญ (BW) + กระจกฉนวน (IG)

รูปที่ ฉ.10 กราฟค่าใช้จ่ายตลอดอายุการใช้งานที่ต่ำที่สุดของผนังภายนอกอาคาร ประเภทอาคาร 24 ชั่วโมง ที่ WWR= 40% ทางด้านทิศเหนือ (N)



ก. ผนังอิฐมวลเบา (CW) + กระจกใส (SG)

ข. ผนังอิฐมอญ (BW) + กระจกใส (SG)

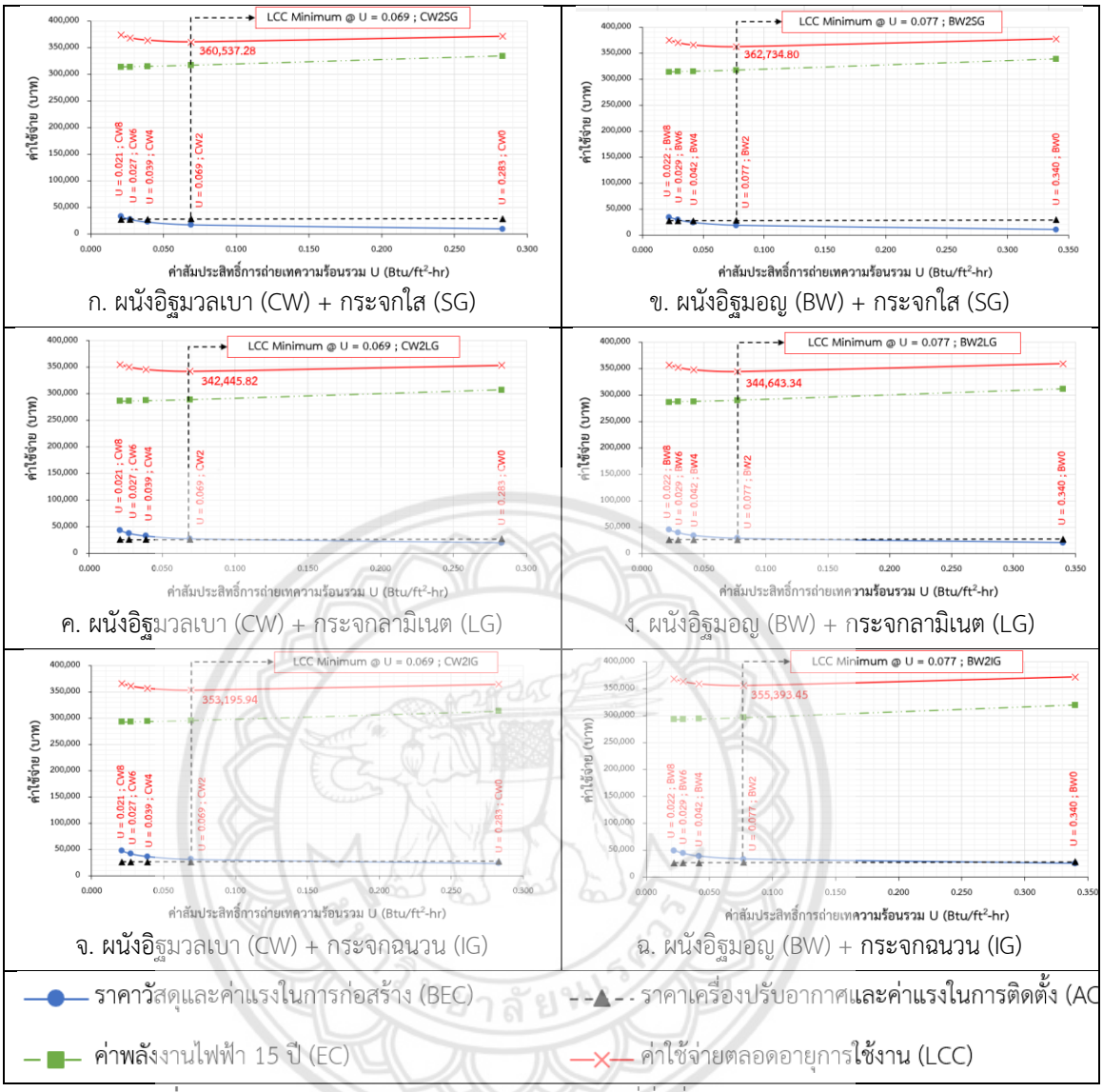
ค. ผนังอิฐมวลเบา (CW) + กระจกลามิเนต (LG)

ง. ผนังอิฐมอญ (BW) + กระจกลามิเนต (LG)

จ. ผนังอิฐมวลเบา (CW) + กระจกฉนวน (IG)

ฉ. ผนังอิฐมอญ (BW) + กระจกฉนวน (IG)

รูปที่ ฉ.11 กราฟค่าใช้จ่ายตลอดอายุการใช้งานที่ต่ำที่สุดของผนังภายนอกอาคาร ประเภทอาคาร 24 ชั่วโมง ที่ WWR= 40% ทางด้านทิศตะวันออกเฉียงเหนือ (NE)



ก. ผนังอิฐมวลเบา (CW) + กระจกใส (SG)

ข. ผนังอิฐมอญ (BW) + กระจกใส (SG)

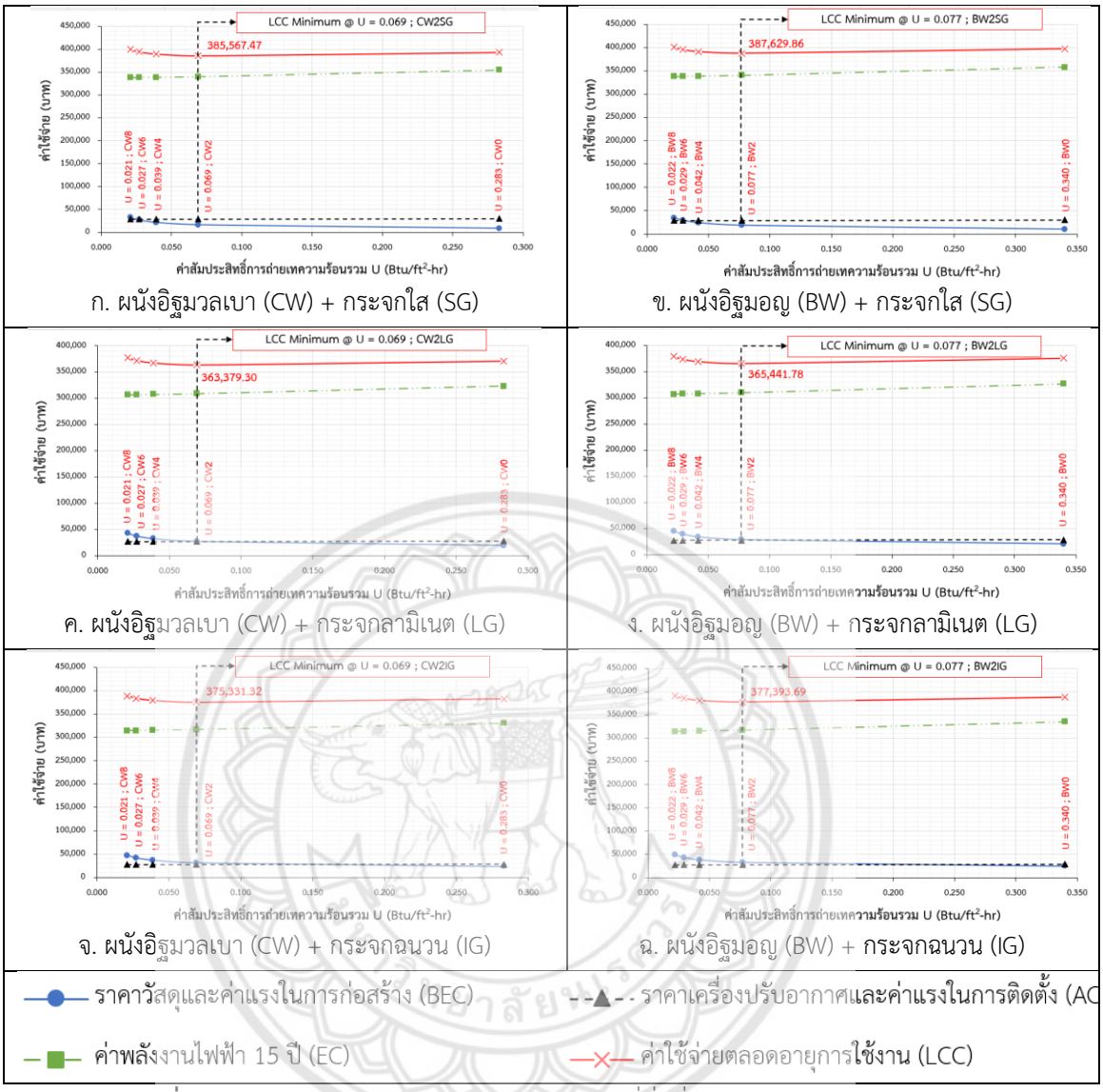
ค. ผนังอิฐมวลเบา (CW) + กระจกลามิเนต (LG)

ง. ผนังอิฐมอญ (BW) + กระจกลามิเนต (LG)

จ. ผนังอิฐมวลเบา (CW) + กระจกฉนวน (IG)

ฉ. ผนังอิฐมอญ (BW) + กระจกฉนวน (IG)

รูปที่ ฉ.12 กราฟค่าใช้จ่ายตลอดอายุการใช้งานที่ต่ำที่สุดของผนังภายนอกอาคาร ประเภทอาคาร 24 ชั่วโมง ที่ WWR= 40% ทางด้านทิศตะวันออก (E)



ก. ผนังอิฐมวลเบา (CW) + กระจกใส (SG)

ข. ผนังอิฐมอญ (BW) + กระจกใส (SG)

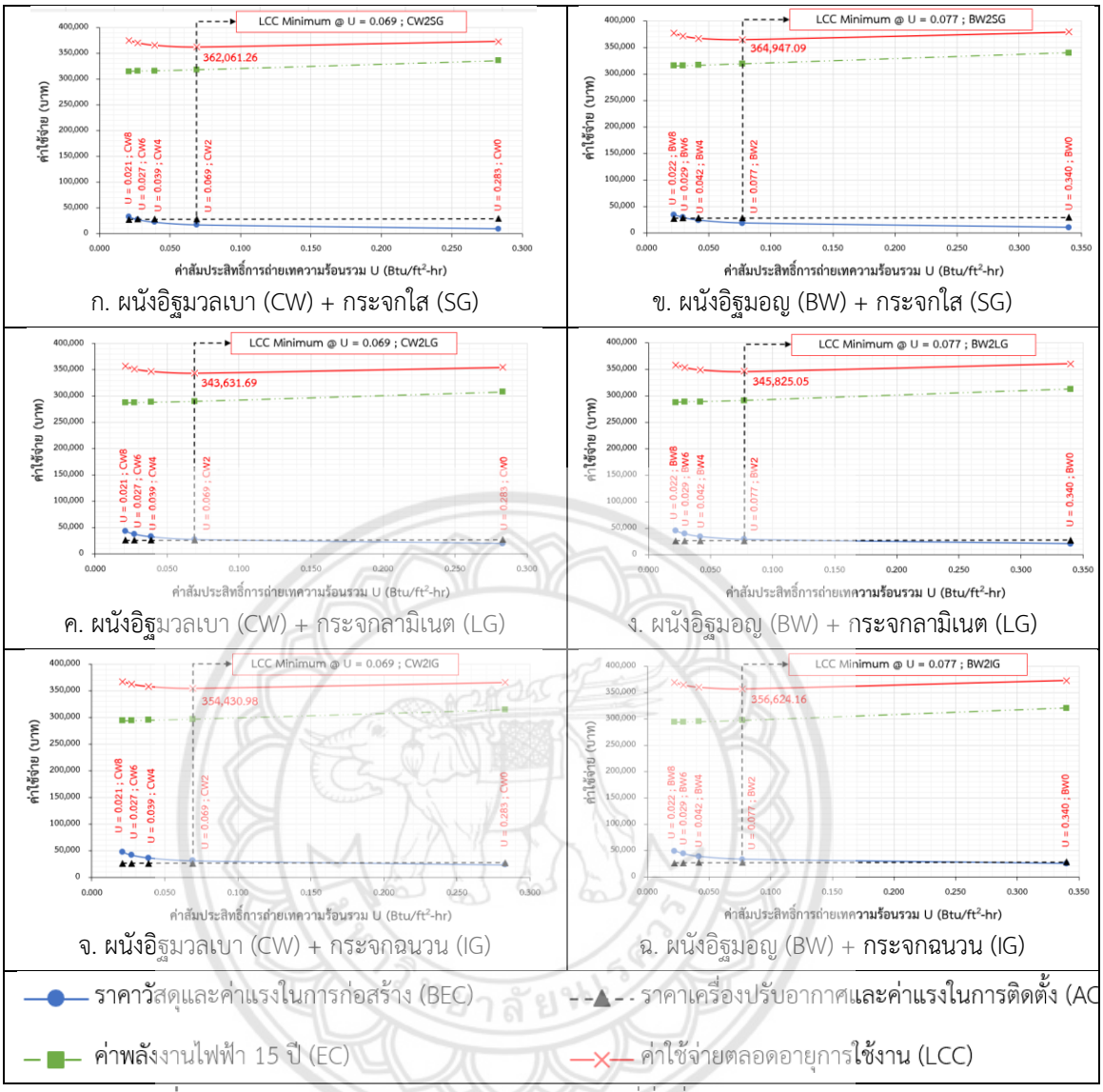
ค. ผนังอิฐมวลเบา (CW) + กระจกลามิเนต (LG)

ง. ผนังอิฐมอญ (BW) + กระจกลามิเนต (LG)

จ. ผนังอิฐมวลเบา (CW) + กระจกฉนวน (IG)

ฉ. ผนังอิฐมอญ (BW) + กระจกฉนวน (IG)

รูปที่ ฉ.13 กราฟค่าใช้จ่ายตลอดอายุการใช้งานที่ต่ำที่สุดของผนังภายนอกอาคาร ประเภทอาคาร 24 ชั่วโมง ที่ WWR= 40% ทางด้านทิศตะวันออกเฉียงใต้ (SE)



ก. ผนังอิฐมวลเบา (CW) + กระจกใส (SG)

ข. ผนังอิฐมอญ (BW) + กระจกใส (SG)

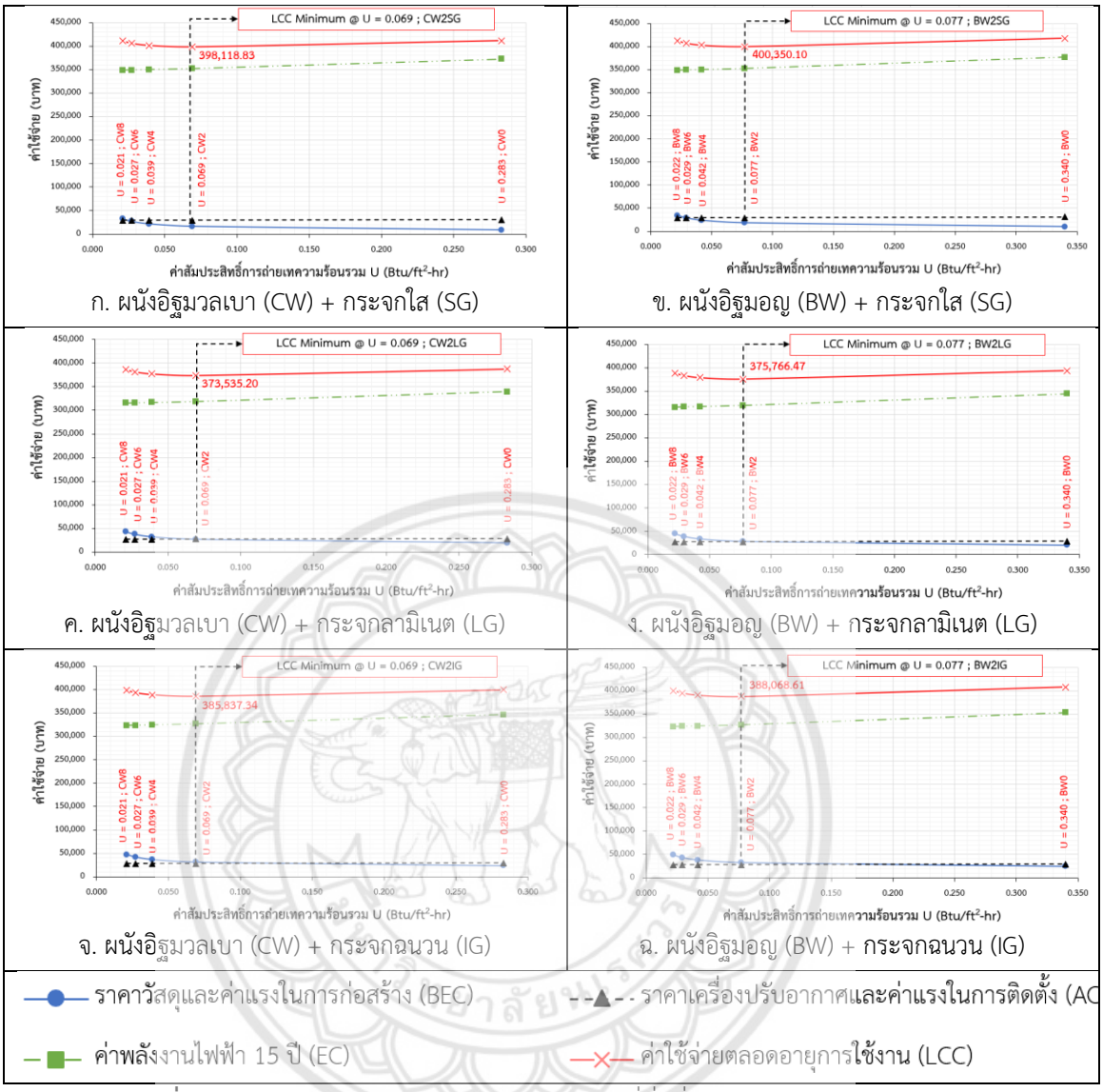
ค. ผนังอิฐมวลเบา (CW) + กระจกลามิเนต (LG)

ง. ผนังอิฐมอญ (BW) + กระจกลามิเนต (LG)

จ. ผนังอิฐมวลเบา (CW) + กระจกฉนวน (IG)

ฉ. ผนังอิฐมอญ (BW) + กระจกฉนวน (IG)

รูปที่ ฉ.14 กราฟค่าใช้จ่ายตลอดอายุการใช้งานที่ต่ำที่สุดของผนังภายนอกอาคาร ประเภทอาคาร 24 ชั่วโมง ที่ WWR= 40% ทางด้านทิศใต้ (S)



ก. ผนังอิฐมวลเบา (CW) + กระจกใส (SG)

ข. ผนังอิฐมอญ (BW) + กระจกใส (SG)

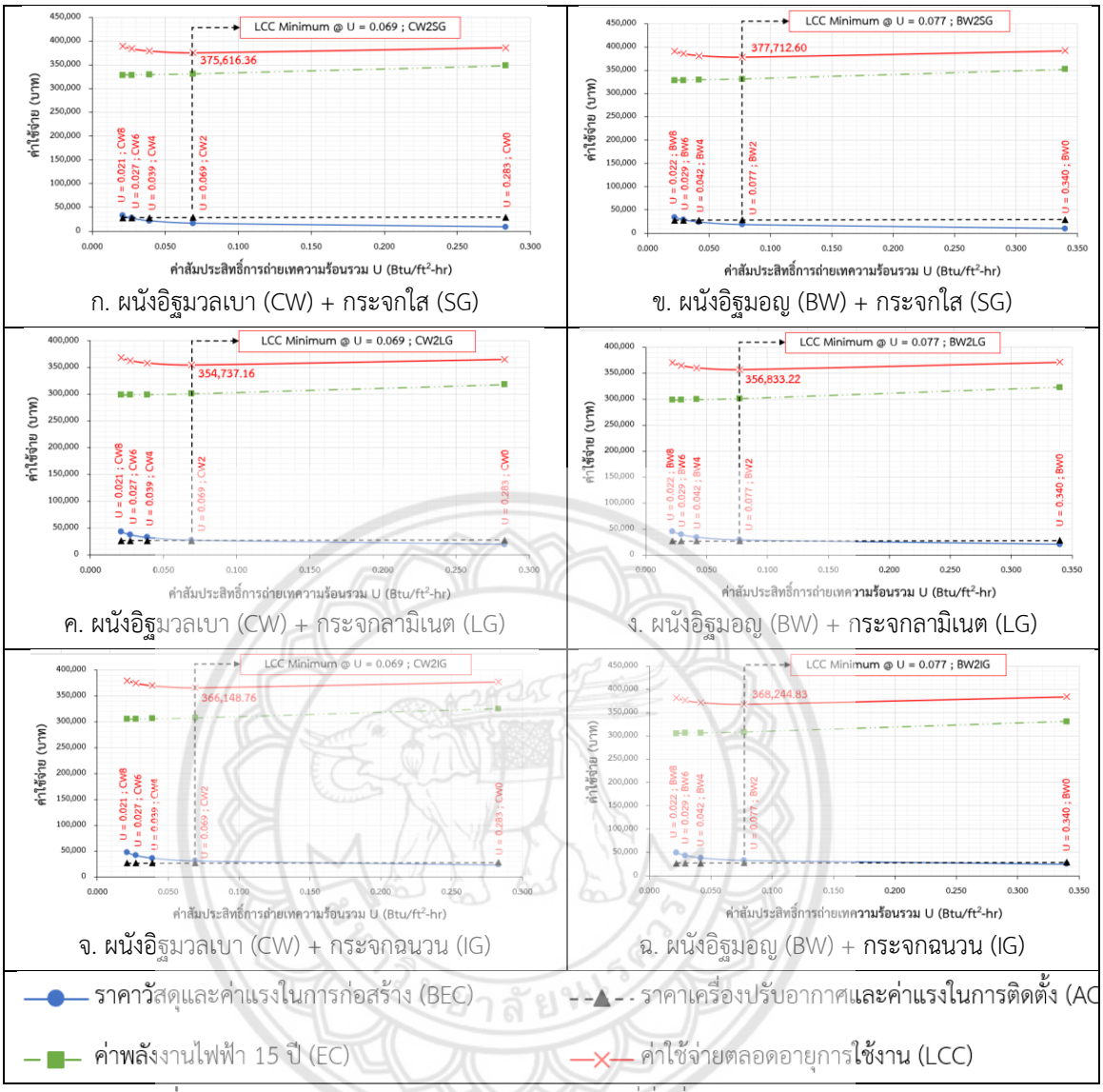
ค. ผนังอิฐมวลเบา (CW) + กระจกลามิเนต (LG)

ง. ผนังอิฐมอญ (BW) + กระจกลามิเนต (LG)

จ. ผนังอิฐมวลเบา (CW) + กระจกฉนวน (IG)

ฉ. ผนังอิฐมอญ (BW) + กระจกฉนวน (IG)

รูปที่ ฉ.15 กราฟค่าใช้จ่ายตลอดอายุการใช้งานที่ต่ำที่สุดของผนังภายนอกอาคาร ประเภทอาคาร 24 ชั่วโมง ที่ WWR= 40% ทางด้านทิศตะวันตกเฉียงใต้ (SW)



ก. ผนังอิฐมวลเบา (CW) + กระจกใส (SG)

ข. ผนังอิฐมอญ (BW) + กระจกใส (SG)

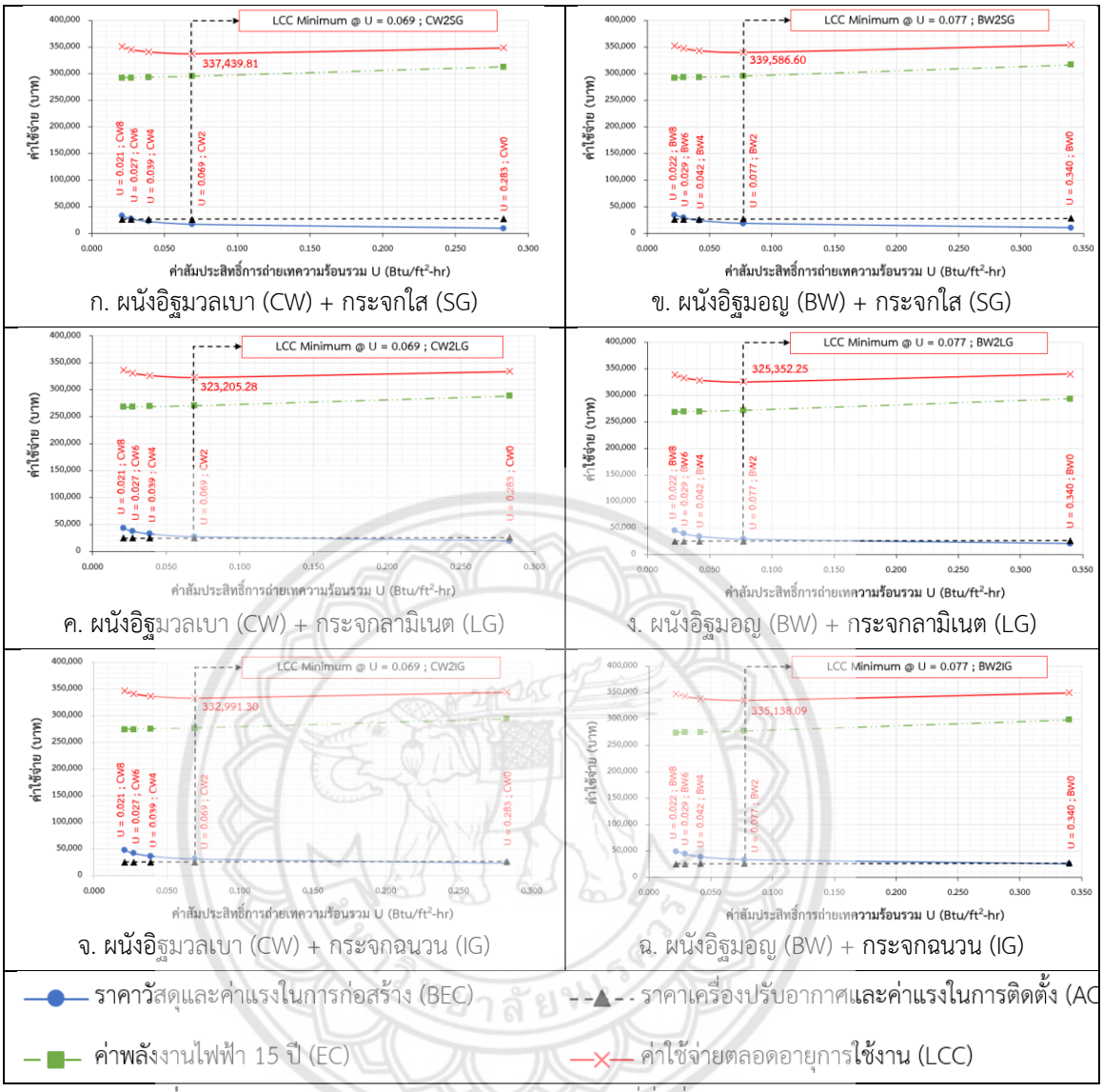
ค. ผนังอิฐมวลเบา (CW) + กระจกลามิเนต (LG)

ง. ผนังอิฐมอญ (BW) + กระจกลามิเนต (LG)

จ. ผนังอิฐมวลเบา (CW) + กระจกฉนวน (IG)

ฉ. ผนังอิฐมอญ (BW) + กระจกฉนวน (IG)

รูปที่ ฉ.16 กราฟค่าใช้จ่ายตลอดอายุการใช้งานที่ต่ำที่สุดของผนังภายนอกอาคาร ประเภทอาคาร 24 ชั่วโมง ที่ WWR= 40% ทางด้านทิศตะวันตก (W)



ก. ผนังอิฐมวลเบา (CW) + กระจกใส (SG)

ข. ผนังอิฐมอญ (BW) + กระจกใส (SG)

ค. ผนังอิฐมวลเบา (CW) + กระจกลามิเนต (LG)

ง. ผนังอิฐมอญ (BW) + กระจกลามิเนต (LG)

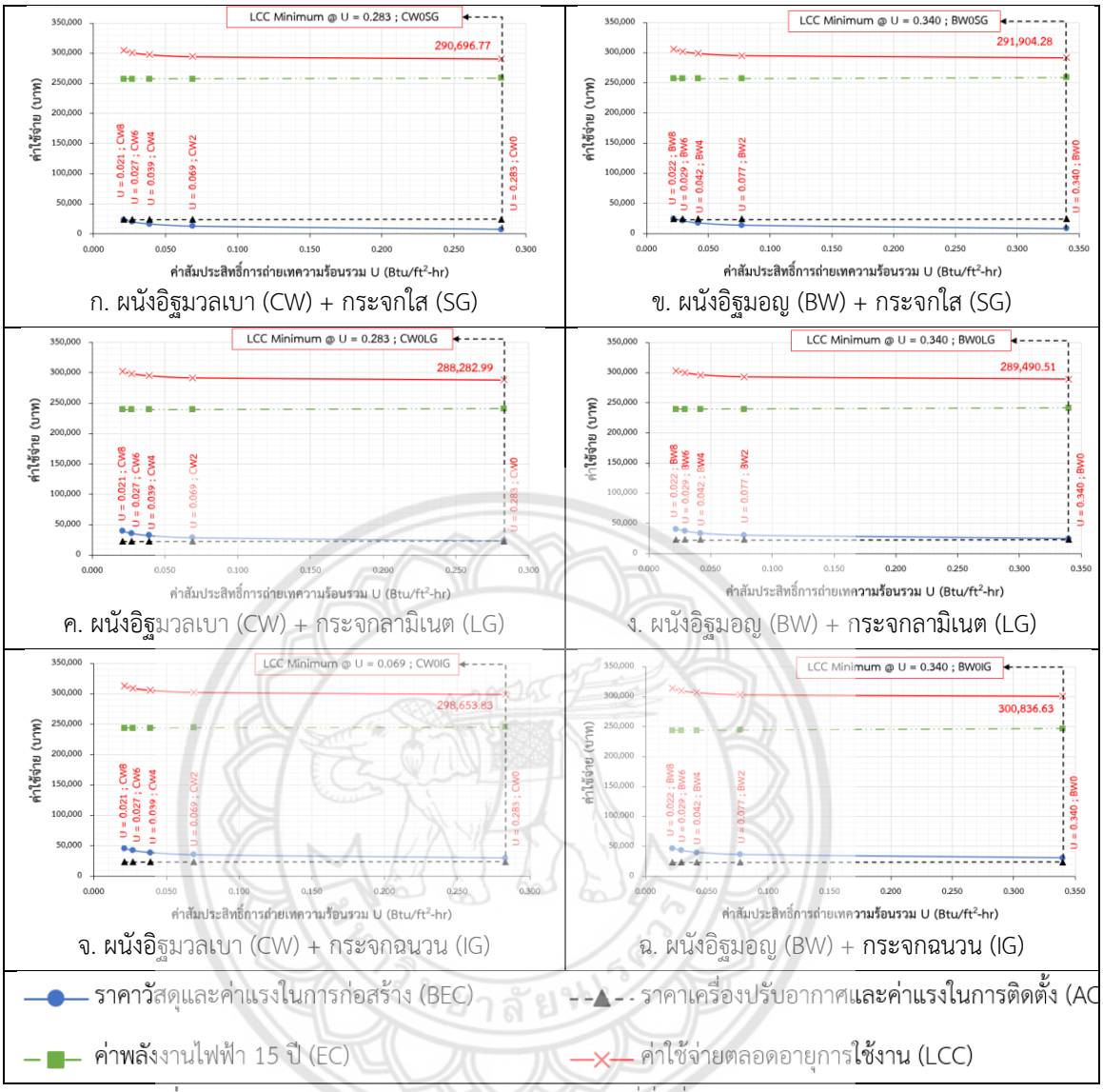
จ. ผนังอิฐมวลเบา (CW) + กระจกฉนวน (IG)

ฉ. ผนังอิฐมอญ (BW) + กระจกฉนวน (IG)

รูปที่ ฉ.17 กราฟค่าใช้จ่ายตลอดอายุการใช้งานที่ต่ำที่สุดของผนังภายนอกอาคาร ประเภทอาคาร 24 ชั่วโมง ที่ WWR= 40% ทางด้านทิศตะวันตกเฉียงเหนือ (NW)

อัตราส่วนพื้นที่กระจกต่อพื้นที่ผนังร้อยละ 60

(WWR = 60%)



ก. ผนังอิฐมวลเบา (CW) + กระจกใส (SG)

ข. ผนังอิฐมอญ (BW) + กระจกใส (SG)

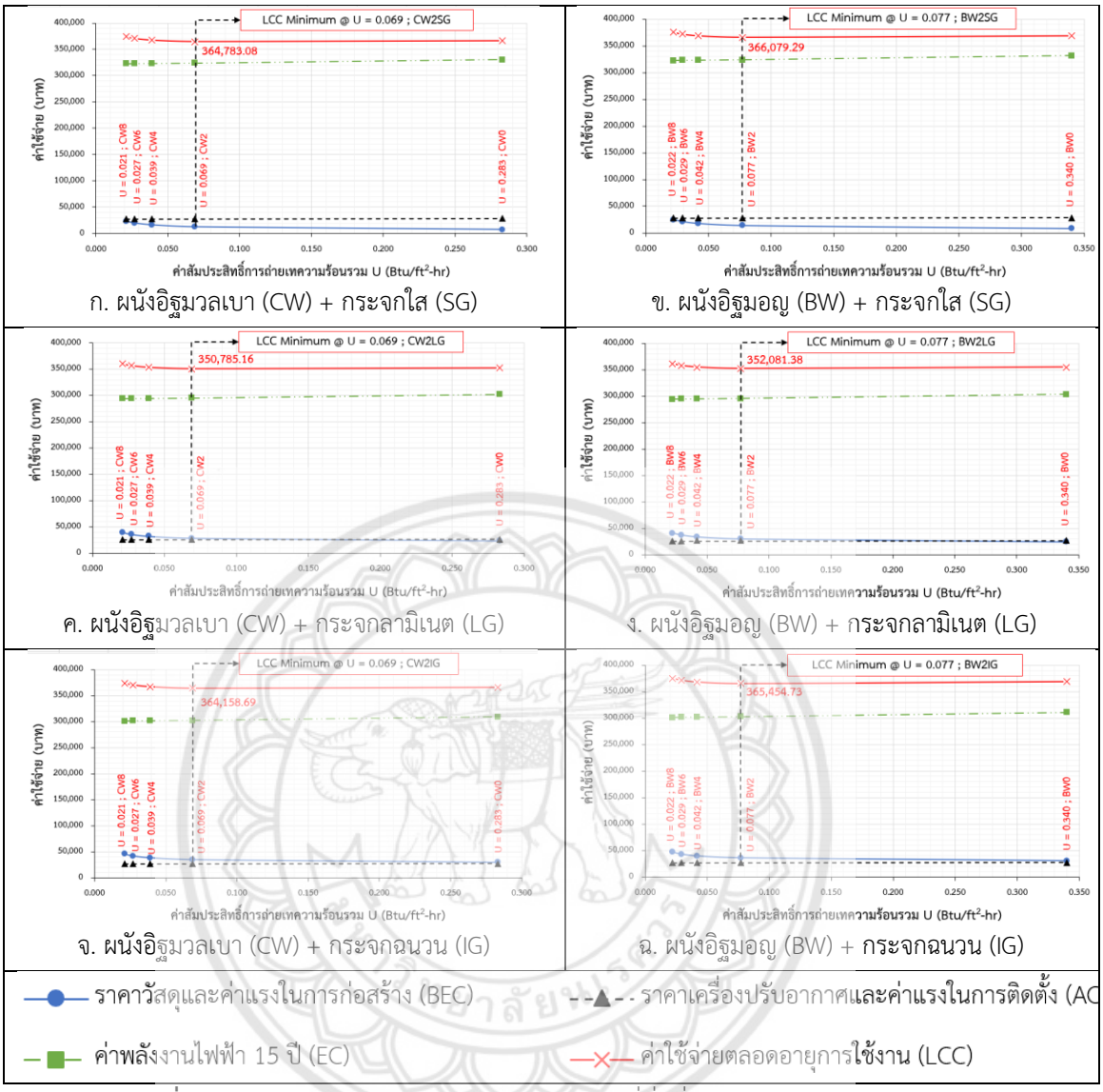
ค. ผนังอิฐมวลเบา (CW) + กระจกลามิเนต (LG)

ง. ผนังอิฐมอญ (BW) + กระจกลามิเนต (LG)

จ. ผนังอิฐมวลเบา (CW) + กระจกฉนวน (IG)

ฉ. ผนังอิฐมอญ (BW) + กระจกฉนวน (IG)

รูปที่ ฉ.18 กราฟค่าใช้จ่ายตลอดอายุการใช้งานที่ต่ำที่สุดของผนังภายนอกอาคาร ประเภทอาคาร 24 ชั่วโมง ที่ WWR= 60% ทางด้านทิศเหนือ (N)



ก. ผนังอิฐมวลเบา (CW) + กระจกใส (SG)

ข. ผนังอิฐมอญ (BW) + กระจกใส (SG)

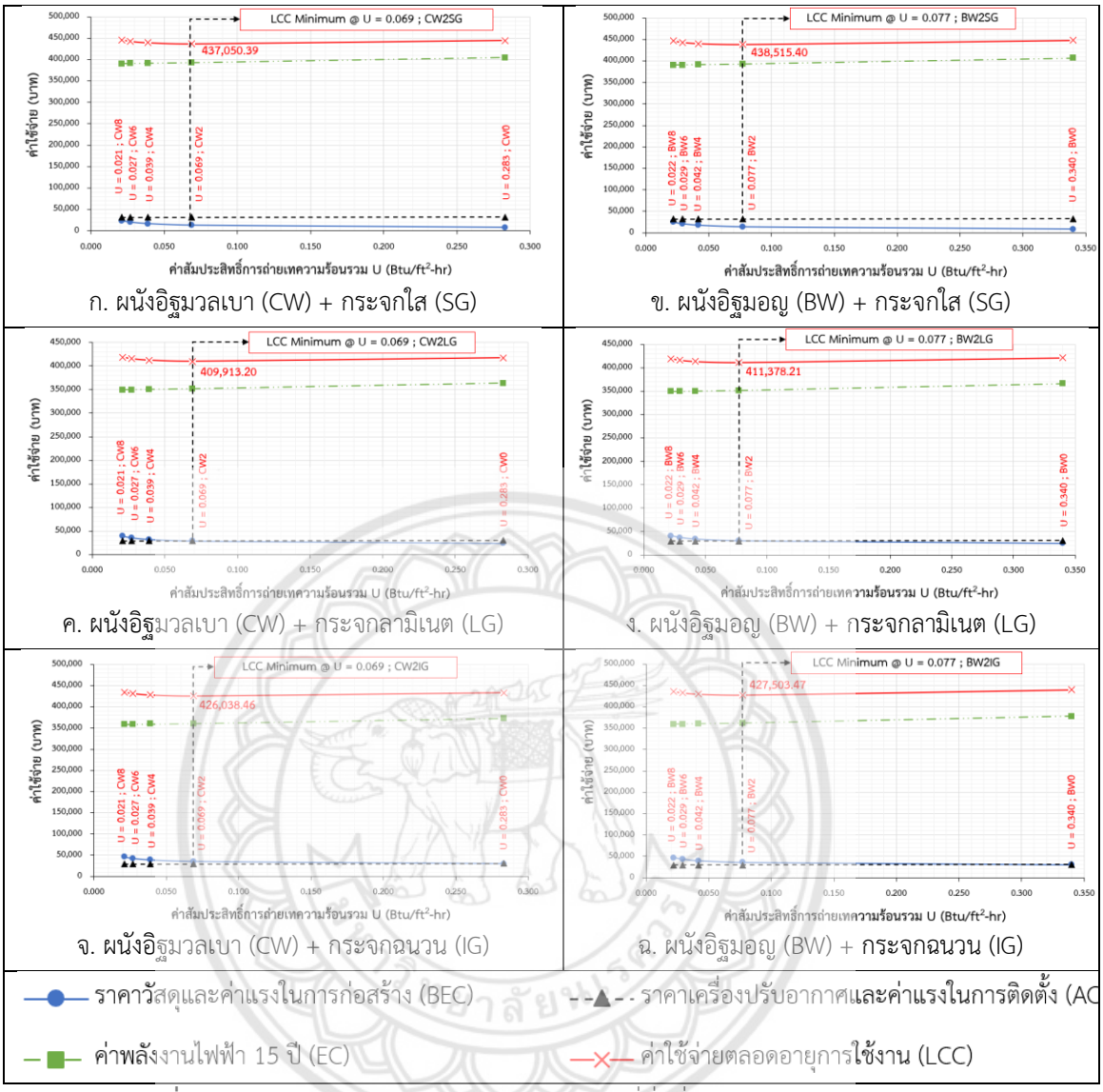
ค. ผนังอิฐมวลเบา (CW) + กระจกลามิเนต (LG)

ง. ผนังอิฐมอญ (BW) + กระจกลามิเนต (LG)

จ. ผนังอิฐมวลเบา (CW) + กระจกฉนวน (IG)

ฉ. ผนังอิฐมอญ (BW) + กระจกฉนวน (IG)

รูปที่ ฉ.19 กราฟค่าใช้จ่ายตลอดอายุการใช้งานที่ต่ำที่สุดของผนังภายนอกอาคาร ประเภทอาคาร 24 ชั่วโมง ที่ WWR= 60% ทางด้านทิศตะวันออกเฉียงเหนือ (NE)



ก. ผนังอิฐมวลเบา (CW) + กระจกใส (SG)

ข. ผนังอิฐมอญ (BW) + กระจกใส (SG)

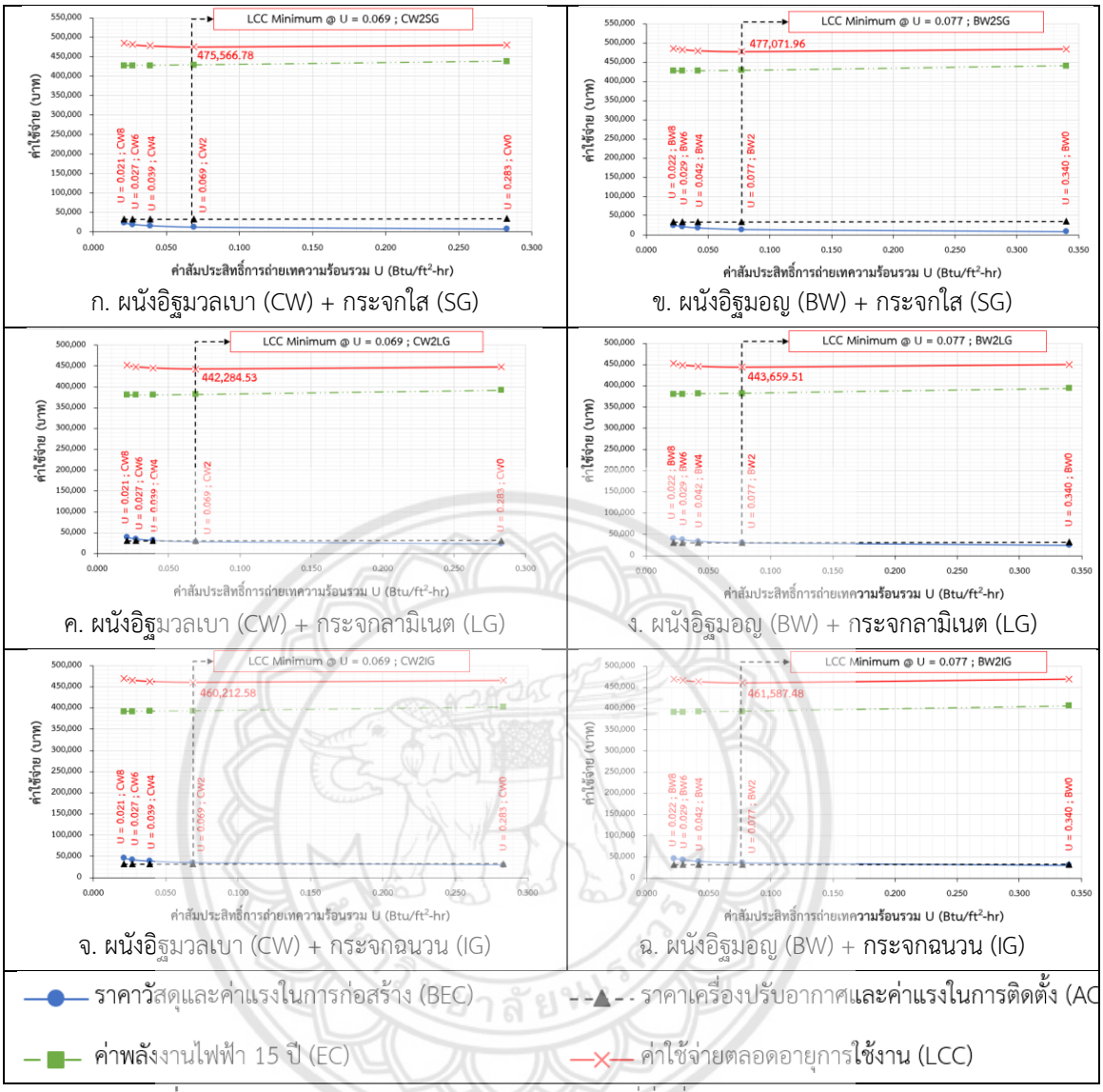
ค. ผนังอิฐมวลเบา (CW) + กระจกลามิเนต (LG)

ง. ผนังอิฐมอญ (BW) + กระจกลามิเนต (LG)

จ. ผนังอิฐมวลเบา (CW) + กระจกฉนวน (IG)

ฉ. ผนังอิฐมอญ (BW) + กระจกฉนวน (IG)

รูปที่ ฉ.20 กราฟค่าใช้จ่ายตลอดอายุการใช้งานที่ต่ำที่สุดของผนังภายนอกอาคาร ประเภทอาคาร 24 ชั่วโมง ที่ WWR= 60% ทางด้านทิศตะวันออก (E)



ก. ผนังอิฐมวลเบา (CW) + กระจกใส (SG)

ข. ผนังอิฐมอญ (BW) + กระจกใส (SG)

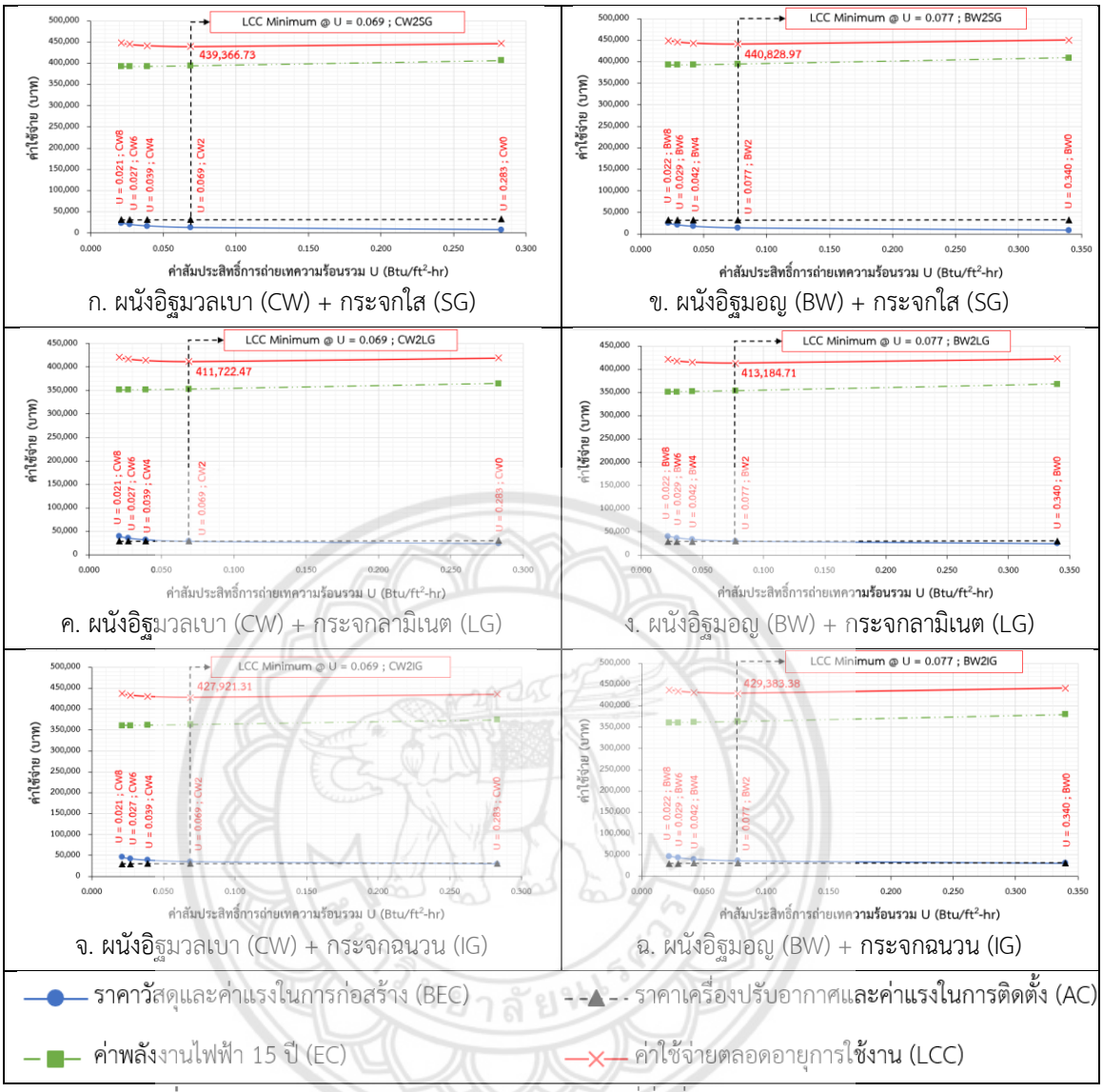
ค. ผนังอิฐมวลเบา (CW) + กระจกลามิเนต (LG)

ง. ผนังอิฐมอญ (BW) + กระจกลามิเนต (LG)

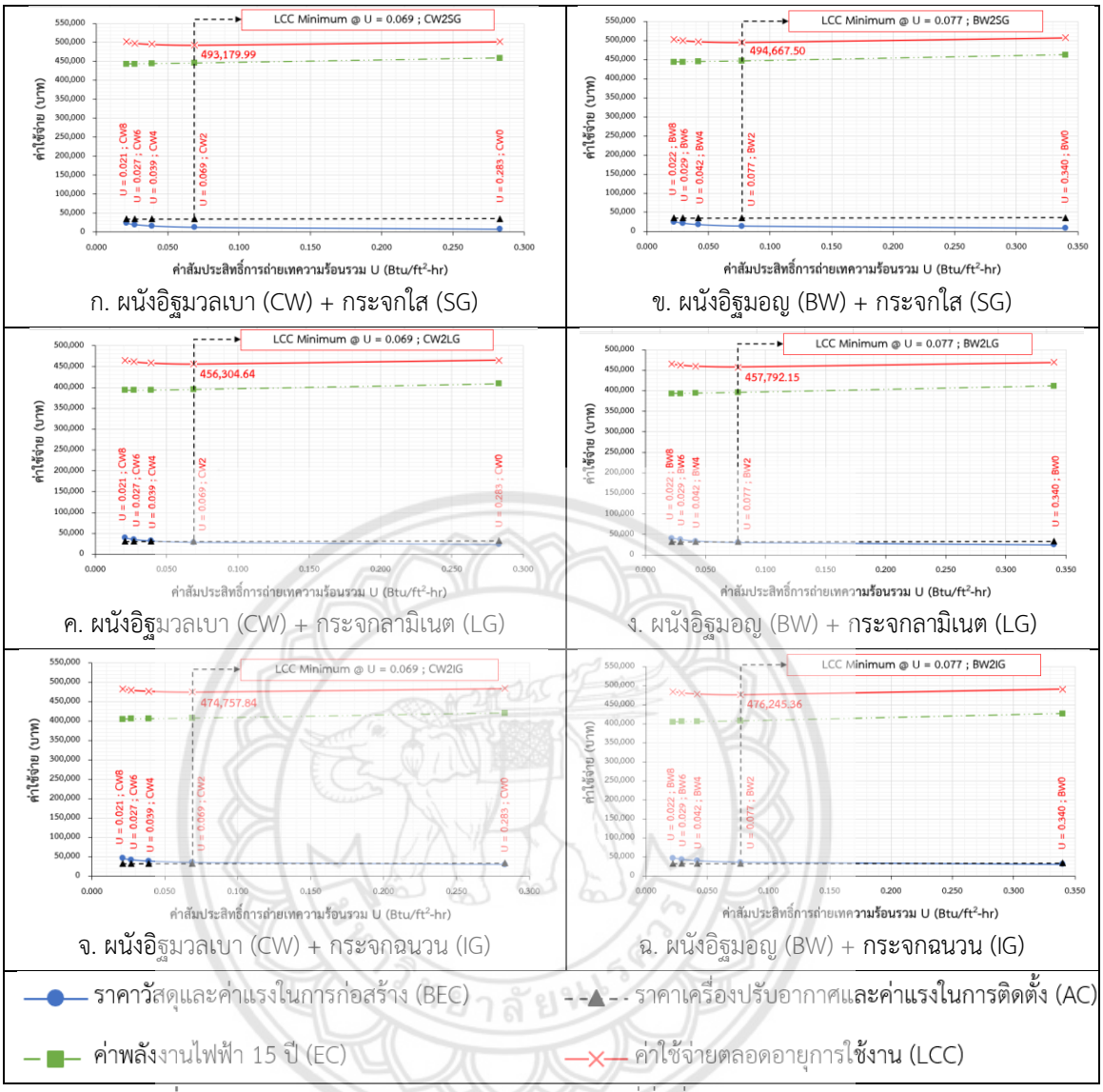
จ. ผนังอิฐมวลเบา (CW) + กระจกฉนวน (IG)

ฉ. ผนังอิฐมอญ (BW) + กระจกฉนวน (IG)

รูปที่ ฉ.21 กราฟค่าใช้จ่ายตลอดอายุการใช้งานที่ต่ำที่สุดของผนังภายนอกอาคาร ประเภทอาคาร 24 ชั่วโมง ที่ WWR= 60% ทางด้านทิศตะวันออกเฉียงใต้ (SE)



รูปที่ ฉ.22 กราฟค่าใช้จ่ายตลอดอายุการใช้งานที่ต่ำที่สุดของผนังภายนอกอาคาร ประเภทอาคาร 24 ชั่วโมง ที่ WWR= 60% ทางด้านทิศใต้ (S)



ก. ผนังอิฐมวลเบา (CW) + กระจกใส (SG)

ข. ผนังอิฐมอญ (BW) + กระจกใส (SG)

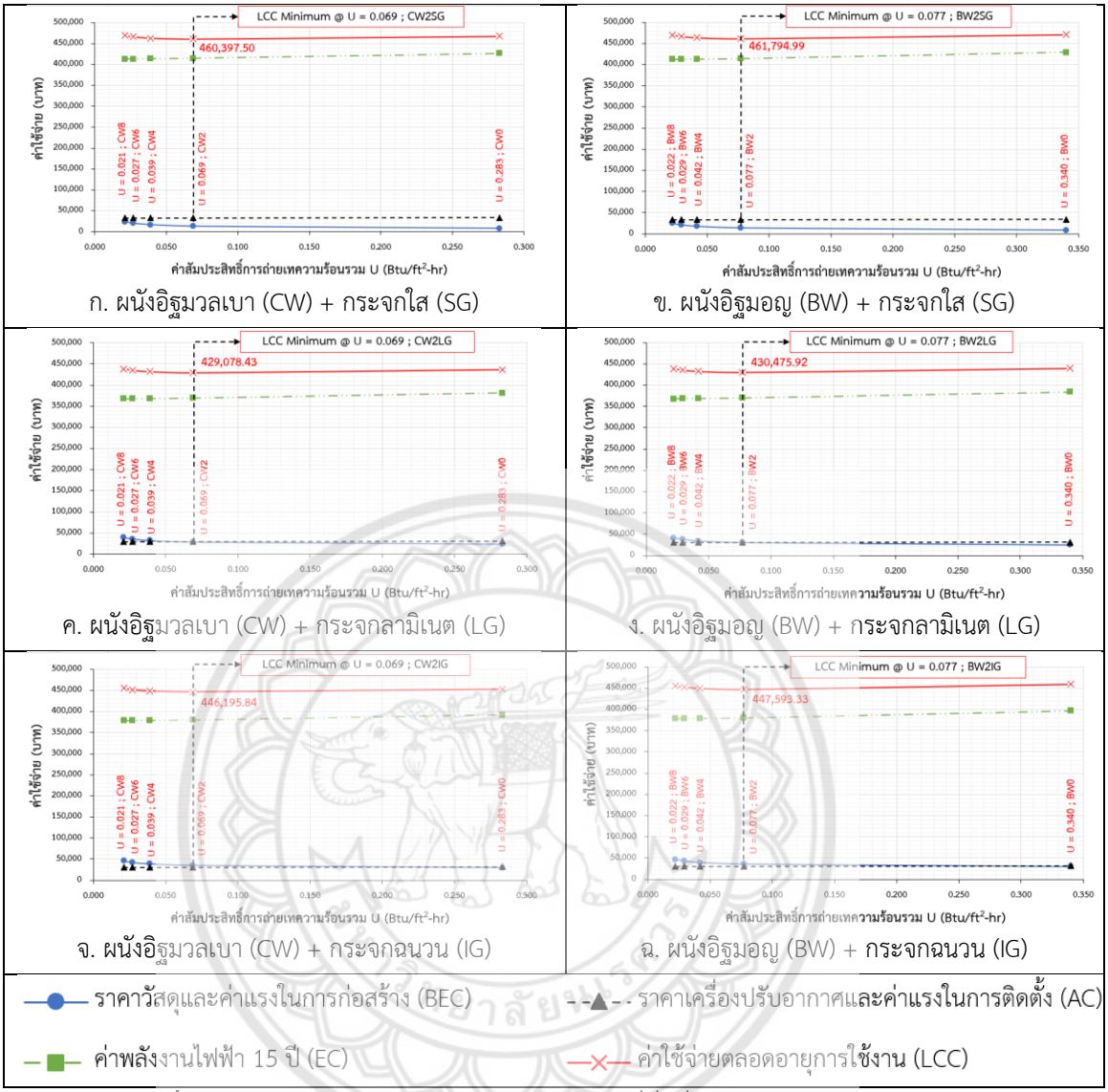
ค. ผนังอิฐมวลเบา (CW) + กระจกลามิเนต (LG)

ง. ผนังอิฐมอญ (BW) + กระจกลามิเนต (LG)

จ. ผนังอิฐมวลเบา (CW) + กระจกฉนวน (IG)

ฉ. ผนังอิฐมอญ (BW) + กระจกฉนวน (IG)

รูปที่ ฉ.23 กราฟค่าใช้จ่ายตลอดอายุการใช้งานที่ต่ำที่สุดของผนังภายนอกอาคาร ประเภทอาคาร 24 ชั่วโมง ที่ WWR= 60% ทางด้านทิศตะวันตกเฉียงใต้ (SW)



ก. ผนังอิฐมวลเบา (CW) + กระจกใส (SG)

ข. ผนังอิฐมอญ (BW) + กระจกใส (SG)

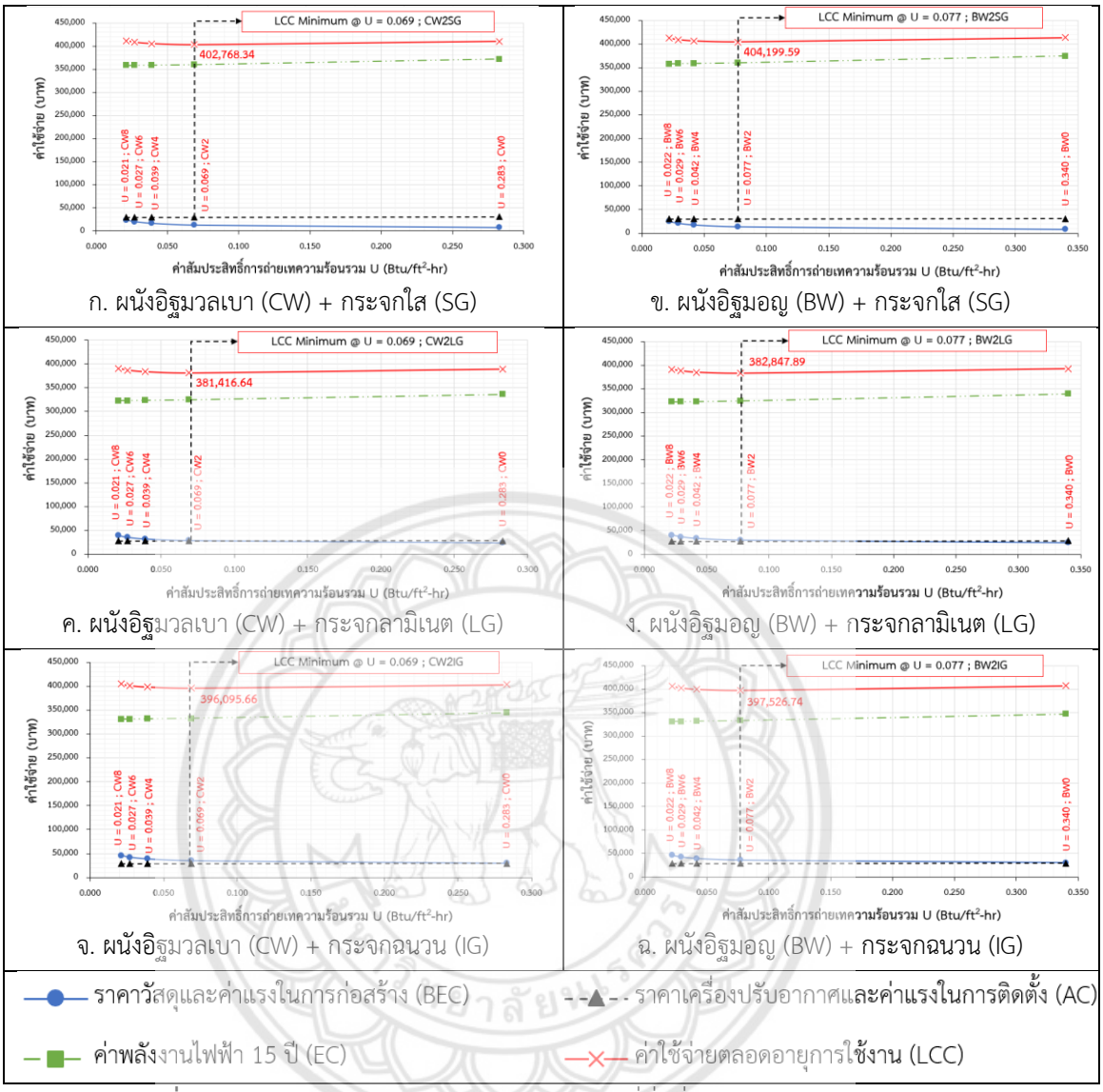
ค. ผนังอิฐมวลเบา (CW) + กระจกลามิเนต (LG)

ง. ผนังอิฐมอญ (BW) + กระจกลามิเนต (LG)

จ. ผนังอิฐมวลเบา (CW) + กระจกฉนวน (IG)

ฉ. ผนังอิฐมอญ (BW) + กระจกฉนวน (IG)

รูปที่ ฉ.24 กราฟค่าใช้จ่ายตลอดอายุการใช้งานที่ต่ำที่สุดของผนังภายนอกอาคาร ประเภทอาคาร 24 ชั่วโมง ที่ WWR= 60% ทางด้านทิศตะวันตก (W)



ก. ผนังอิฐมวลเบา (CW) + กระจกใส (SG)

ข. ผนังอิฐมอญ (BW) + กระจกใส (SG)

ค. ผนังอิฐมวลเบา (CW) + กระจกลามิเนต (LG)

ง. ผนังอิฐมอญ (BW) + กระจกลามิเนต (LG)

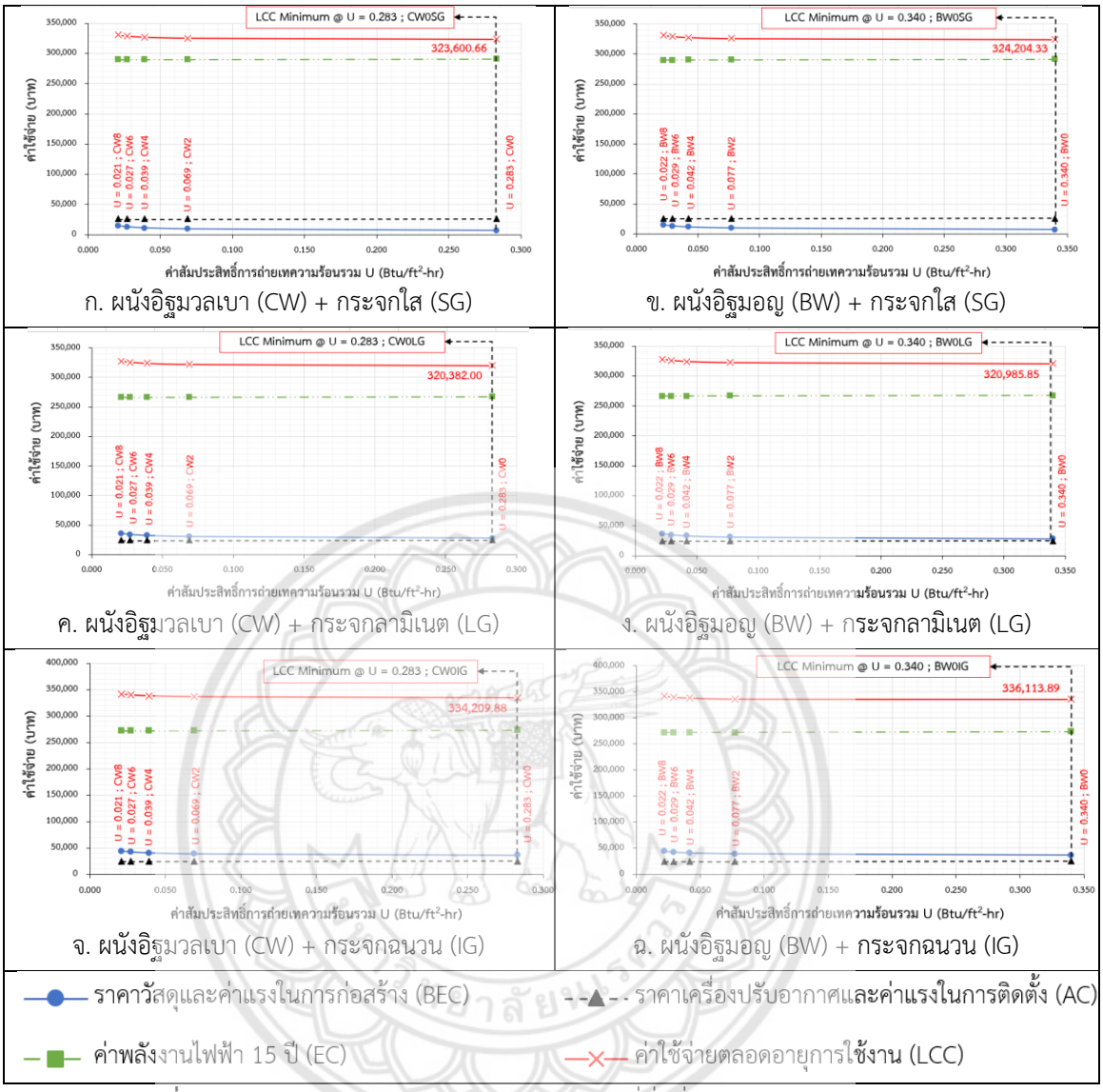
จ. ผนังอิฐมวลเบา (CW) + กระจกฉนวน (IG)

ฉ. ผนังอิฐมอญ (BW) + กระจกฉนวน (IG)

รูปที่ ฉ.25 กราฟค่าใช้จ่ายตลอดอายุการใช้งานที่ต่ำที่สุดของผนังภายนอกอาคาร ประเภทอาคาร 24 ชั่วโมง ที่ WWR= 60% ทางด้านทิศตะวันตกเฉียงเหนือ (NW)

อัตราส่วนพื้นที่กระจกต่อพื้นที่ผนังร้อยละ 80

(WWR = 80%)



ก. ผนังอิฐมวลเบา (CW) + กระจกใส (SG)

ข. ผนังอิฐมอญ (BW) + กระจกใส (SG)

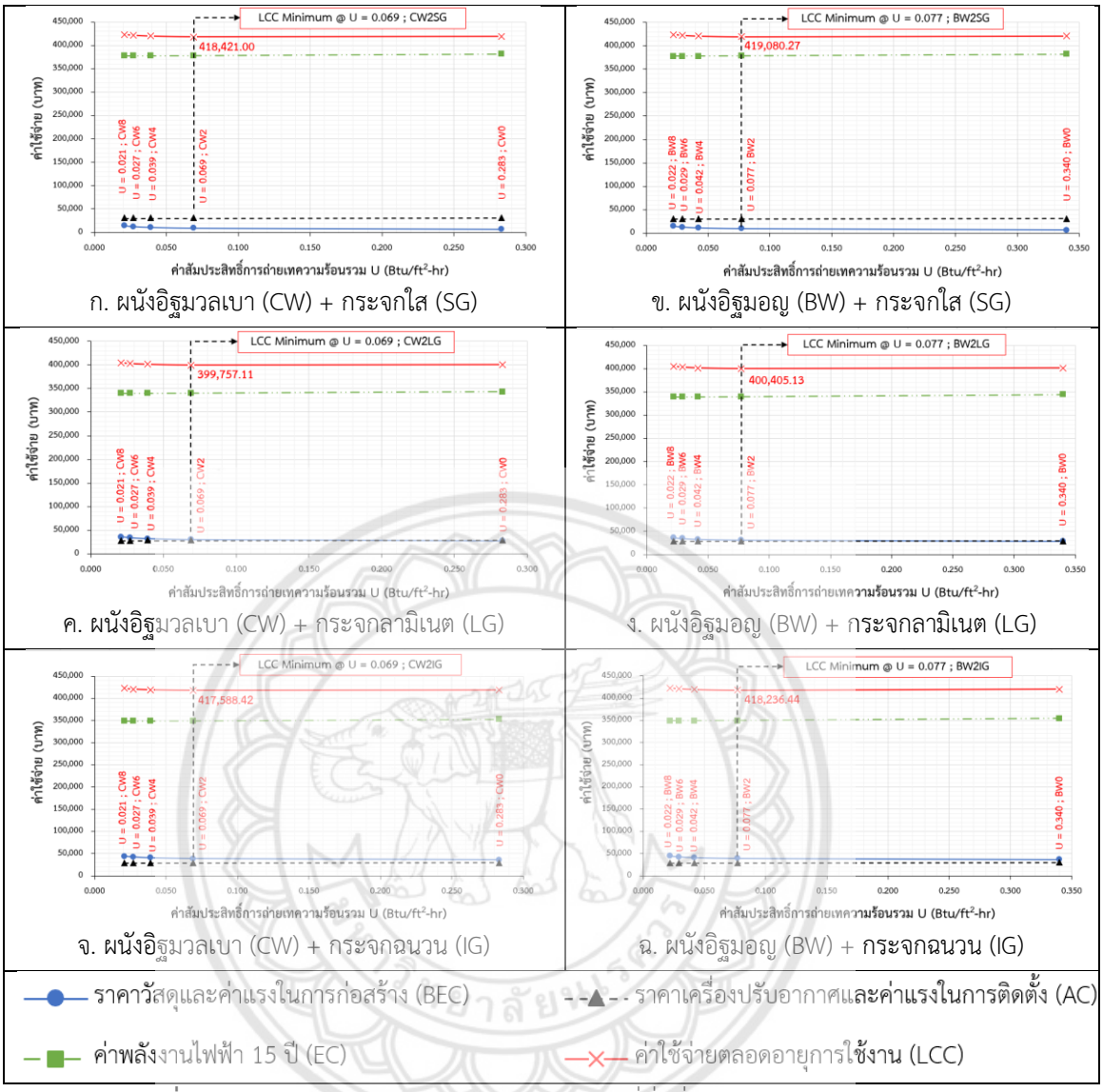
ค. ผนังอิฐมวลเบา (CW) + กระจกลามิเนต (LG)

ง. ผนังอิฐมอญ (BW) + กระจกลามิเนต (LG)

จ. ผนังอิฐมวลเบา (CW) + กระจกฉนวน (IG)

ฉ. ผนังอิฐมอญ (BW) + กระจกฉนวน (IG)

รูปที่ ฉ.26 กราฟค่าใช้จ่ายตลอดอายุการใช้งานที่ต่ำที่สุดของผนังภายนอกอาคาร ประเภทอาคาร 24 ชั่วโมง ที่ WWR= 80% ทางด้านทิศเหนือ (N)



ก. ผนังอิฐมวลเบา (CW) + กระจกใส (SG)

ข. ผนังอิฐมอญ (BW) + กระจกใส (SG)

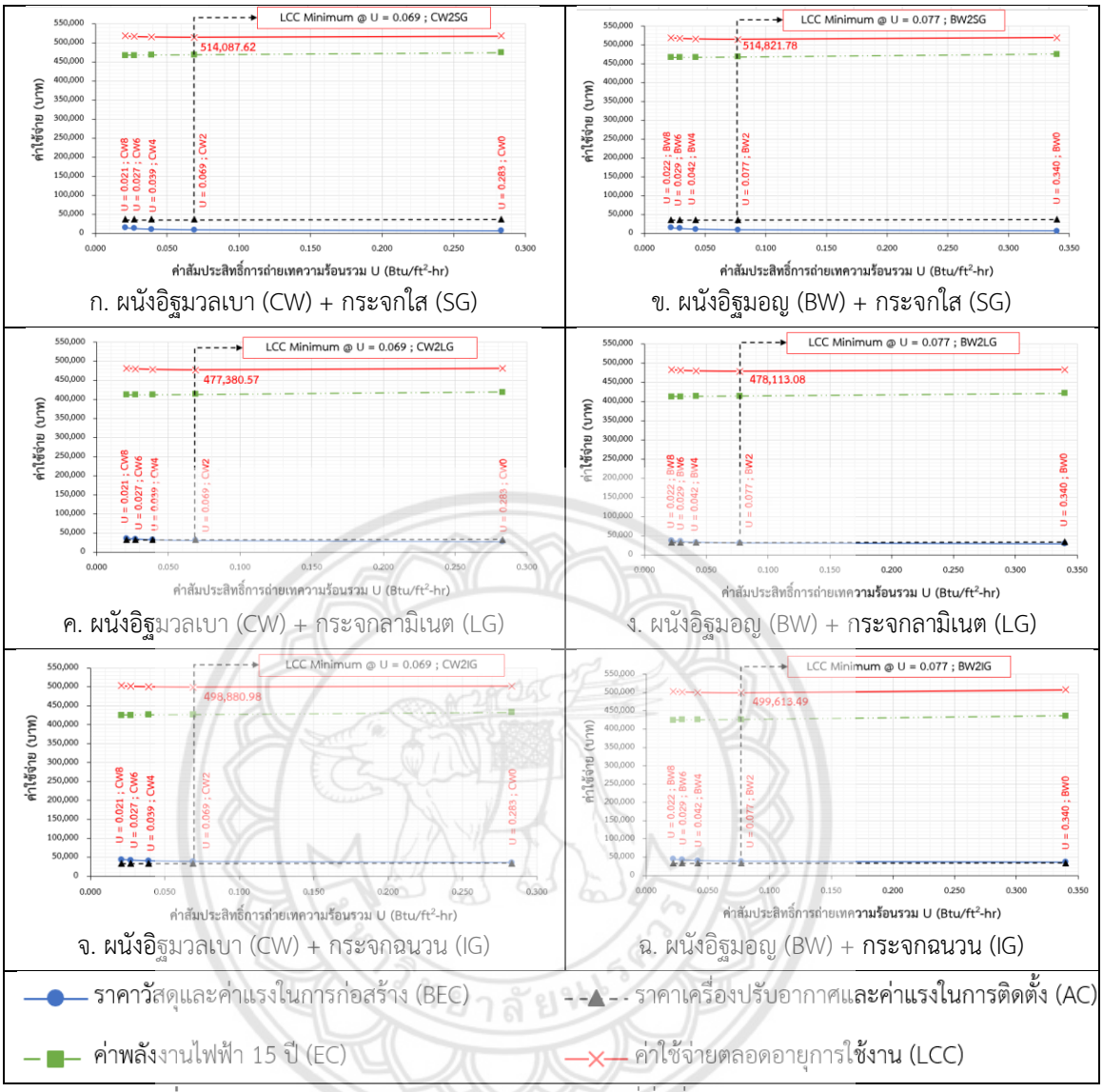
ค. ผนังอิฐมวลเบา (CW) + กระจกลามิเนต (LG)

ง. ผนังอิฐมอญ (BW) + กระจกลามิเนต (LG)

จ. ผนังอิฐมวลเบา (CW) + กระจกฉนวน (IG)

ฉ. ผนังอิฐมอญ (BW) + กระจกฉนวน (IG)

รูปที่ ฉ.27 กราฟค่าใช้จ่ายตลอดอายุการใช้งานที่ต่ำที่สุดของผนังภายนอกอาคาร ประเภทอาคาร 24 ชั่วโมง ที่ WWR= 80% ทางด้านทิศตะวันออกเฉียงเหนือ (NE)



ก. ผนังอิฐมวลเบา (CW) + กระจกใส (SG)

ข. ผนังอิฐมอญ (BW) + กระจกใส (SG)

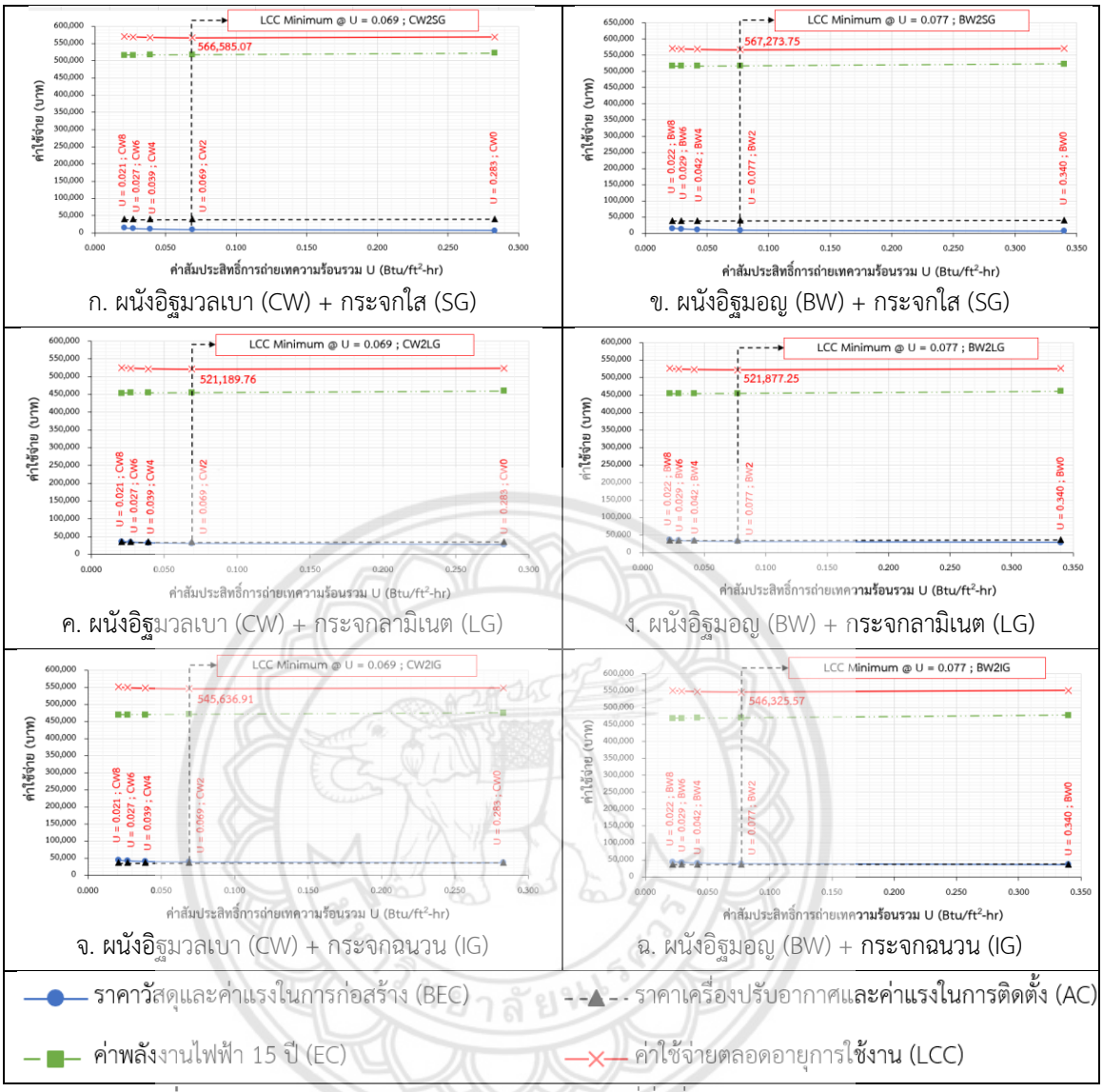
ค. ผนังอิฐมวลเบา (CW) + กระจกลามิเนต (LG)

ง. ผนังอิฐมอญ (BW) + กระจกลามิเนต (LG)

จ. ผนังอิฐมวลเบา (CW) + กระจกฉนวน (IG)

ฉ. ผนังอิฐมอญ (BW) + กระจกฉนวน (IG)

รูปที่ ฉ.28 กราฟค่าใช้จ่ายตลอดอายุการใช้งานที่ต่ำที่สุดของผนังภายนอกอาคาร ประเภทอาคาร 24 ชั่วโมง ที่ WWR= 80% ทางด้านทิศตะวันออก (E)



ก. ผนังอิฐมวลเบา (CW) + กระจกใส (SG)

ข. ผนังอิฐมอญ (BW) + กระจกใส (SG)

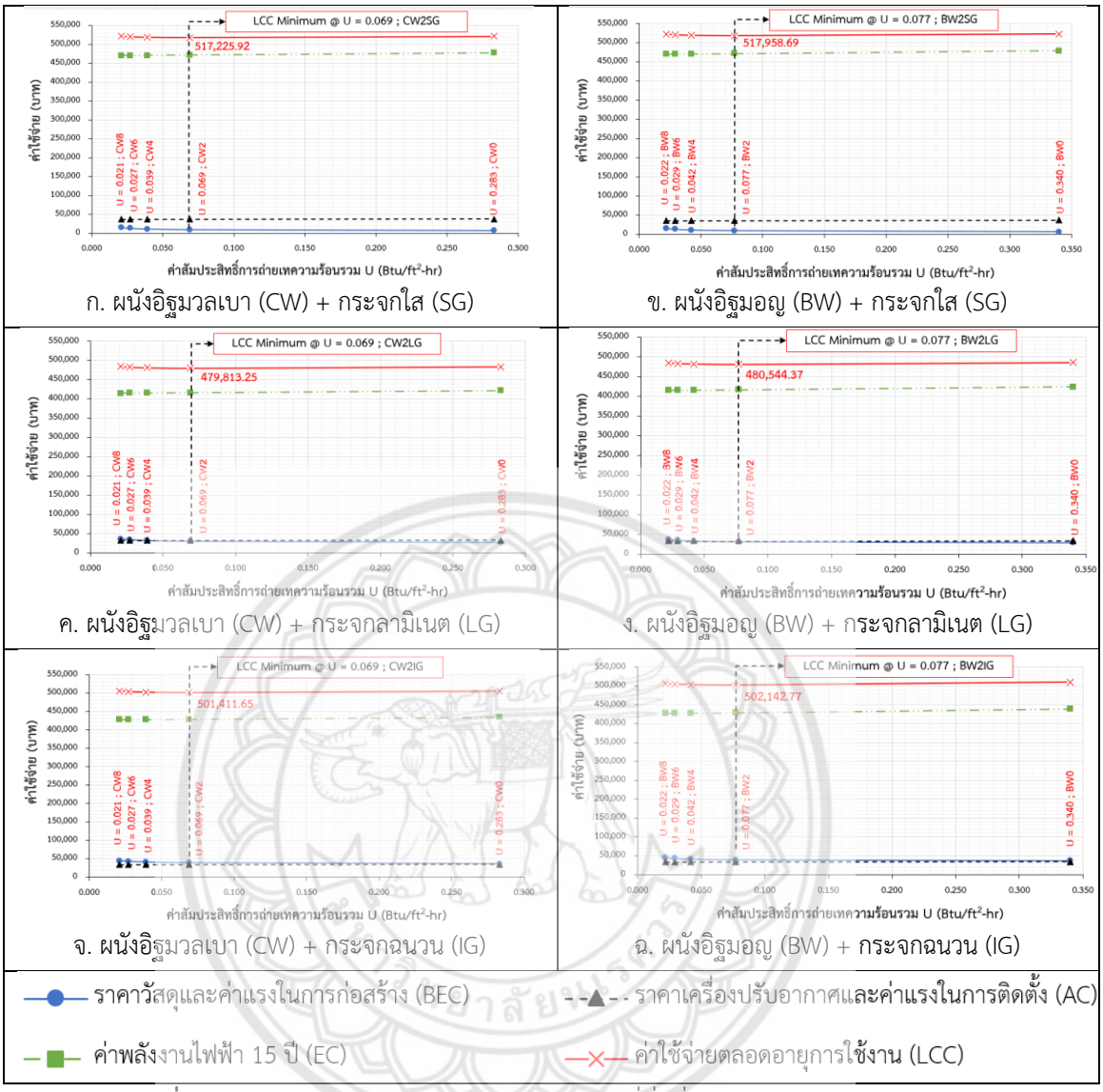
ค. ผนังอิฐมวลเบา (CW) + กระจกลามิเนต (LG)

ง. ผนังอิฐมอญ (BW) + กระจกลามิเนต (LG)

จ. ผนังอิฐมวลเบา (CW) + กระจกฉนวน (IG)

ฉ. ผนังอิฐมอญ (BW) + กระจกฉนวน (IG)

รูปที่ ฉ.29 กราฟค่าใช้จ่ายตลอดอายุการใช้งานที่ต่ำที่สุดของผนังภายนอกอาคาร ประเภทอาคาร 24 ชั่วโมง ที่ WWR= 80% ทางด้านทิศตะวันออกเฉียงใต้ (SE)



ก. ผนังอิฐมวลเบา (CW) + กระจกใส (SG)

ข. ผนังอิฐมอญ (BW) + กระจกใส (SG)

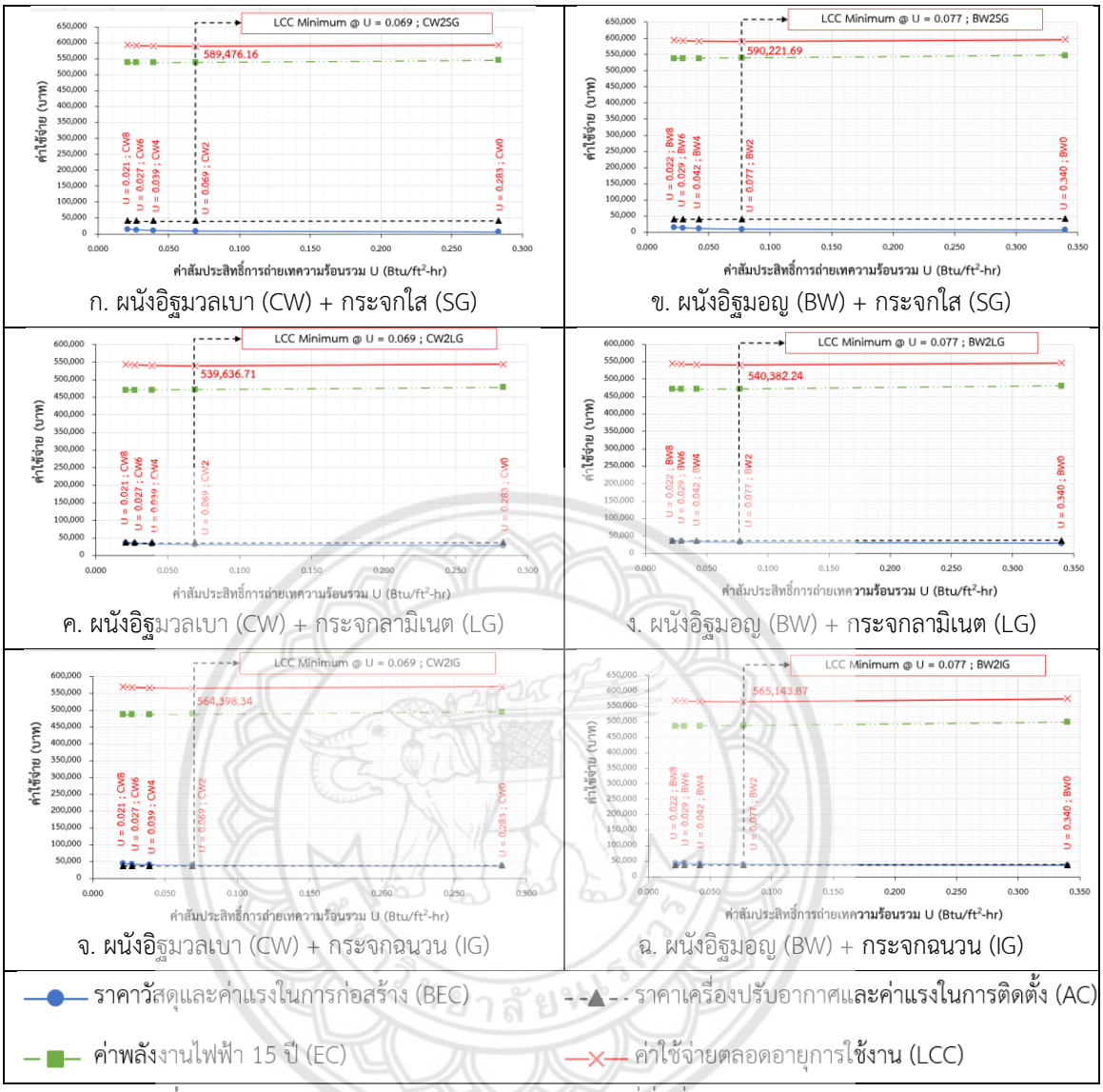
ค. ผนังอิฐมวลเบา (CW) + กระจกลามิเนต (LG)

ง. ผนังอิฐมอญ (BW) + กระจกลามิเนต (LG)

จ. ผนังอิฐมวลเบา (CW) + กระจกฉนวน (IG)

ฉ. ผนังอิฐมอญ (BW) + กระจกฉนวน (IG)

รูปที่ ฉ.30 กราฟค่าใช้จ่ายตลอดอายุการใช้งานที่ต่ำที่สุดของผนังภายนอกอาคาร ประเภทอาคาร 24 ชั่วโมง ที่ WWR= 80% ทางด้านทิศใต้ (S)



ก. ผนังอิฐมวลเบา (CW) + กระจกใส (SG)

ข. ผนังอิฐมอญ (BW) + กระจกใส (SG)

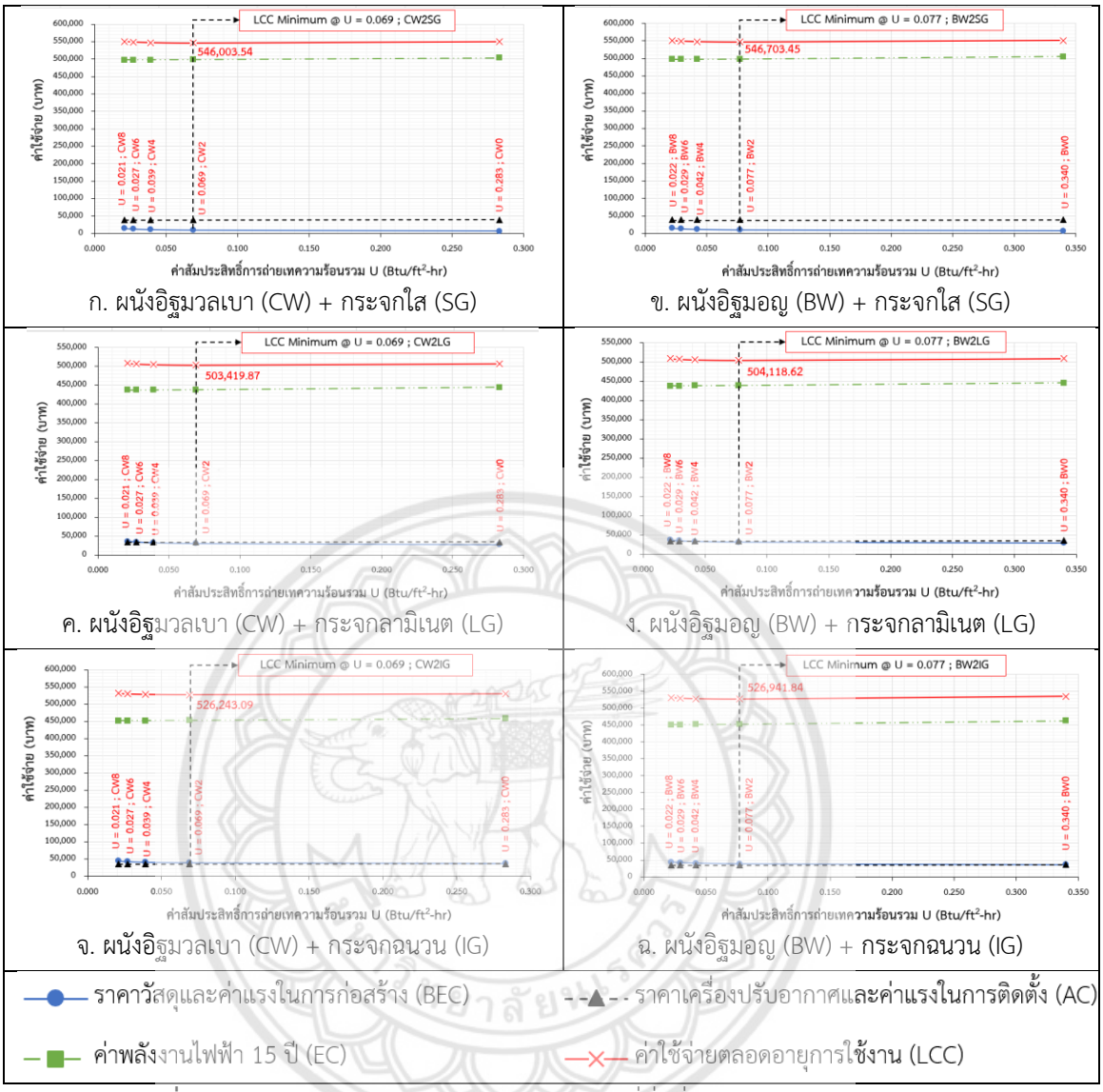
ค. ผนังอิฐมวลเบา (CW) + กระจกลามิเนต (LG)

ง. ผนังอิฐมอญ (BW) + กระจกลามิเนต (LG)

จ. ผนังอิฐมวลเบา (CW) + กระจกฉนวน (IG)

ฉ. ผนังอิฐมอญ (BW) + กระจกฉนวน (IG)

รูปที่ ฉ.31 กราฟค่าใช้จ่ายตลอดอายุการใช้งานที่ต่ำที่สุดของผนังภายนอกอาคาร ประเภทอาคาร 24 ชั่วโมง ที่ WWR= 80% ทางด้านทิศตะวันตกเฉียงใต้ (SW)



ก. ผนังอิฐมวลเบา (CW) + กระจกใส (SG)

ข. ผนังอิฐมอญ (BW) + กระจกใส (SG)

ค. ผนังอิฐมวลเบา (CW) + กระจกลามิเนต (LG)

ง. ผนังอิฐมอญ (BW) + กระจกลามิเนต (LG)

จ. ผนังอิฐมวลเบา (CW) + กระจกฉนวน (IG)

ฉ. ผนังอิฐมอญ (BW) + กระจกฉนวน (IG)

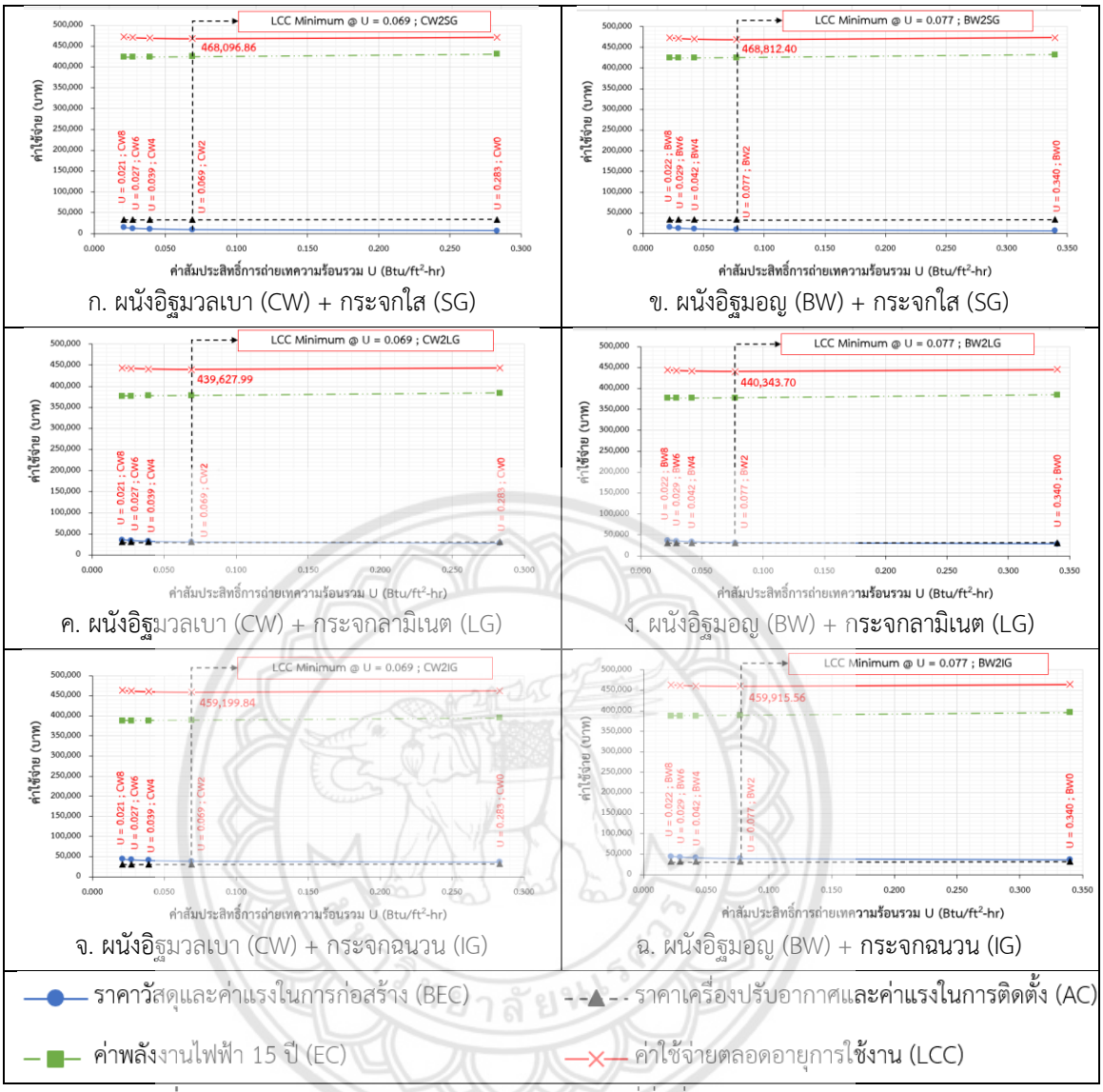
ราคาวัสดุและค่าแรงในการก่อสร้าง (BEC)

ราคาเครื่องปรับอากาศและค่าแรงในการติดตั้ง (AC)

ค่าพลังงานไฟฟ้า 15 ปี (EC)

ค่าใช้จ่ายตลอดอายุการใช้งาน (LCC)

รูปที่ ฉ.32 กราฟค่าใช้จ่ายตลอดอายุการใช้งานที่ต่ำที่สุดของผนังภายนอกอาคาร ประเภทอาคาร 24 ชั่วโมง ที่ WWR= 80% ทางด้านทิศตะวันตก (W)



รูปที่ ฉ.33 กราฟค่าใช้จ่ายตลอดอายุการใช้งานที่ต่ำที่สุดของผนังภายนอกอาคาร ประเภทอาคาร 24 ชั่วโมง ที่ WWR= 80% ทางด้านทิศตะวันตกเฉียงเหนือ (NW)