โดย

นายนิรันดร ชนะวิเศษ

การค้นคว้าอิสระนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรสถาปัตยกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาสถาปัตยกรรม แผน ข การอนุรักษ์พลังงานและสิ่งแวดล้อม ระดับปริญญามหาบัณฑิต
ภาควิชาสถาปัตยกรรม
มหาวิทยาลัยศิลปากร
ปีการศึกษา 2566
ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยศิลปากร

แนวทางการออกแบบอาคารเรียนพลังงานสุทธิเป็นศูนย์กรณีศึกษา:โรงเรียนในกำกับของ สพฐ.(สปช105/29 10ห้อง) ประเทศไทย

โดย
นายนิรันดร ชนะวิเศษ

การค้นคว้าอิสระนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรสถาปัตยกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาสถาปัตยกรรม แผน ข การอนุรักษ์พลังงานและสิ่งแวดล้อม ระดับปริญญามหาบัณฑิต
ภาควิชาสถาปัตยกรรม
มหาวิทยาลัยศิลปากร
ปีการศึกษา 2566
ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยศิลปากร

DESIGN GUIDELINE FOR NET ZERO ENERGY SCHOOL,CASE STUDY: PRIMARY SCHOOL FOR OFFICE OF THE BASIC EDUCATION COMMISSION,IN THAILAND.

By

MR. Nirundorn CHANAWISES

An Independent Study Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements

for Master of Architecture Architecture

Department of Architecture

Academic Year 2023

Copyright of Silpakorn University

หัวข้อ	แนวทางการออกแบบอาคารเรียนพลังงานสุทธิเป็นศูนย์ กรณีศึกษา:โรงเรียนในกำกับของ สพฐ.(สปช105/29 10 ห้อง) ประเทศไทย
โดย	นายนิรันดร ชนะวิเศษ
สาขาวิชา	สถาปัตยกรรม แผน ข การอนุรักษ์พลังงานและสิ่งแวดล้อม ระดับปริญญามหาบัณฑิต
อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก	อาจารย์ ดร. สัทธา ปัญญาแก้ว

คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร ได้รับพิจารณาอนุมัติให้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา ตามหลักสูตรสถาปัตยกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

.....คณบดีคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์

(รองศาสตราจารย์ ดร. อภิรดี เกษมศุข)

พิจารณาเห็นชอบโดย

.....ประธานกรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ธาริณี รามสูต)

.....อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก

(อาจารย์ ดร. สัทธา ปัญญาแก้ว)

.....ผู้ทรงคุณวุฒิภายนอก

(รองศาสตราจารย์ ดร. นวลวรรณ ทวยเจริญ)

620220064 : สถาปัตยกรรม แผน ข การอนุรักษ์พลังงานและสิ่งแวดล้อม ระดับปริญญามหาบัณฑิต
คำสำคัญ : คณะกรรมการนโยบายพลังงานแห่งชาติ, ลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสุทธิเป็นศูนย์, พลังงานสุทธิเป็นศูนย์

นาย นิรันดร ชนะวิเศษ: แนวทางการออกแบบอาคารเรียนพลังงานสุทธิเป็นศูนย์ กรณีศึกษา:โรงเรียนในกำกับของ สพฐ.(สปช105/29 10ห้อง) ประเทศไทย อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก : อาจารย์ ดร. สัทธา ปัญญาแก้ว

การศึกษาค้นคว้าอิสระนี้มุ่งเน้นการออกแบบอาคารเรียนพลังงานสุทธิเป็นศูนย์ **(Net Zero Energy)** โดยใช้กรณีศึกษาโรงเรียนในสังกัดสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน **(สพฐ.)** ประเทศไทย วัตถุประสงค์หลักคือการเสนอแนวทางการปรับปรุงเปลือกอาคารเรียนให้สามารถลดการใช้พลังงานและมีพลังงานสุทธิเป็นศูนย์ โดยเน้นการใช้วัสดุท้องถิ่นและวัสดุรีไซเคิลที่หาได้ง่ายในพื้นที่ เพื่อให้สอดคล้องกับสภาพภูมิอากาศและบริบทท้องถิ่น การศึกษานี้เริ่มต้นด้วยการคัดเลือกอาคารเรียนในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย ซึ่งมีอุณหภูมิที่ร้อนและแห้งแล้งเป็นส่วนใหญ่ โดยเฉพาะในจังหวัดบุรีรัมย์ จากนั้นทำการวิเคราะห์และปรับปรุงเปลือกอาคารโดยใช้โปรแกรมคำนวณพลังงาน เพื่อหาค่าการใช้พลังงานที่เหมาะสมที่สุด ผลการศึกษาพบว่าการปรับปรุงเปลือกอาคารด้วยการติดตั้งฉนวน **PU foam** ใต้หลังคาที่มีค่า **U-Value** เท่ากับ **2.84 W/m2K** กระจกอาคารที่มีค่า **SHGC (Solar Heat Gain Coefficient)**เท่ากับ **0.25** ติดตั้งฉนวน **EPS foam** ที่ผนังอาคารที่มีค่า **U-Value 0.1 W/m2K** และติดตั้งแผงบังแดดแนวตั้งและแนวนอน โดยมีระยะยื่น **0.60** ม.และ **1.80** ม.ตามลำดับ ทำให้สามารถลดการใช้พลังงานของอาคารได้ถึง **17.2%** และเมื่อมีการติดตั้งแผงโซล่าเซลขนาด **400 W** บนหลังคาจำนวน **154** แผง ทำให้อาคารมีพลังงานสุทธิเป็นศูนย์ได้ การใช้วัสดุท้องถิ่นและการปรับปรุงอาคารที่มีอยู่แล้วไม่เพียงแต่ช่วยลดการใช้พลังงาน แต่ยังส่งเสริมการเรียนรู้และการมีส่วนร่วมของชุมชนในกระบวนการพัฒนาอาคารเรียน การศึกษานี้สรุปได้ว่าการปรับปรุงเปลือกอาคารและการใช้พลังงานสะอาดสามารถทำให้อาคารเรียนมีพลังงานสุทธิเป็นศูนย์ได้จริง และเป็นแนวทางที่สามารถนำไปปรับใช้ในโรงเรียนอื่นๆ ในสังกัดสพฐ. เพื่อส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงานและสิ่งแวดล้อมในอนาคต

620220064 : Major Architecture

Keyword : National Energy Plan, Net Zero Emisson, Net Zero Energy

MR. Nirundorn CHANAWISES : Design guideline for Net Zero energy school,case study: primary school for office of the Basic Education Commission,in Thailand. Thesis advisor : Satta Panyakaew, Ph.D.

This independent study focuses on the design of Net Zero Energy school buildings using a case study of schools under the Office of the Basic Education Commission (OBEC) in Thailand. The main objective is to propose the guidelines for improving the building envelope to reduce energy consumption and achieve net zero energy, emphasizing the use of locally avilable and recycled materials to align with the local climate and context. The study began by selecting school building in the Northeastern region of Thailand, characterized by hot and dry conditions, particularly in Buriram province. The results indicate that improving the building envelope by installing PU foam insulation under the roof with a U-Value of 2.84 W/m²K, using building glass with a Solar Heat Gain Coefficient (SHGC) of 0.25, installing EPS foam insulation on building walls with a U-Value of 0.1 W/m²K, and installing vertical and horizontal shading devices with projections of 0.60 m and 1.80 m respectively, can reduce the building's energy consumption by 17.2%. Furthermore, the installation of 154 solar panels with a capacity of 400 W each on the roof enables the building to achieve net zero energy status. The building envelope were analyzed and improved using energy calculation software to determine the optimal energy usage. The use of local materials and the improvement of existing buildings not only helps reduce energy consumption but also promotes learning and community involvement in the development process. This study concludes that improving the building envelope and using clean energy can effectively achive net zero energy in school buildings. This approach can be applied to other schools under OBEC to promote energy conservation and environmental sustainability in the future.

มหาวิทยาลัยศิลปากร

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ

มารดาผู้สนับสนุนในทุกๆด้าน

อ.ดร.สัทธา ปัญญาแก้ว อ.ที่ปรึกษาหลัก

ศ.ดร.พันธุดา พุฒิไพโรจน์ เอื้อเฟื้อหนังสือที่ท่าเขียนมาให้ศึกษา2เล่ม

รศ.มาลิณี ศรีสุวรรณ เอื้อเฟื้อหนังสือที่ท่านเขียนมาให้ศึกษา 2 เล่ม

ผศ.ดร.ชำนาญ บุญญาพุทธิพงศ์ พาชมอาคาร **Net zero Building** กองสื่อสาร มหาวิทยาลัยขอนแก่น และโรงเรียนศรีแสงธรรม จ.อุบลราชธาณี ที่ท่านออกแบบ

ผอ.สราวุธ ดำริห์ อำนวยความสะดวกในการเข้าศึกษาข้อมูลของโรงเรียนถึงสองโรงเรียน

และที่สำคัญคือคณาจารสาขาอนุรักษ์พลังงานและสิ่งแวดล้อมทุกท่าที่ประสิทธประสาทวิชาความรู้ พลักงาน บุคคลกรทุกท่านในคณะสถาปัตยกรรม ม.ศิลปากรมา ณ.ที่นี้

นิรันดร ชนะวิเศษ

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... จ

กิตติกรรมประกาศ ..... ช

สารบัญ ..... ซ

ตาราง ..... ฎ

รูปภาพ ..... ฐ

บทที่ 1 1

บทนำ 1

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา 1

1.2 ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ของการศึกษา 2

1.3 สมมติฐานของการศึกษา 2

1.4 ขอบเขตการศึกษา 3

1.5 ขั้นตอนของการศึกษา 3

1.6 นิยามคำศัพท์ 3

1.6.1 Net-Zero 3

1.6.2 สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน (สพฐ.) Office of the Basic Education Commission (OBEC) 4

1.6.3 Energy Use Intensity (EUI) 4

1.7 ปัญหาที่พบ 4

1.7.1 ด้านพลังงาน 4

1.7.2 ด้านการออกแบบ 4

1.7.3 สภาพแวดล้อม....4
1.8 วิธีการดำเนินการศึกษาวิจัย....5
1.8.1 เลือกแบบอาคาร....5
1.8.2 รูปแบบจำลองอาคาร....6
1.8.3 หาค่า EUI....6
1.9 ผลที่คาดว่าจะได้รับ....6
บทที่2....6
แนวคิด ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง....6
2.1 ศึกษาแนวคิด และ ทฤษฎีจากอาคารตัวอย่าง....7
1.กลุ่มอาคารสถานศึกษาที่ใช้พลังงานสุทธิเป็นศูนย์....7
2.กลุ่มที่ใช้วัสดุท้องถิ่นมาประยุกต์ใช้....7
กลุ่มที่ 1. อาคารสถานศึกษาที่ใช้พลังงานสุทธิเป็นศูนย์....7
2.1.1.1 อาคารเรียน School of Design and Environment ของมหาวิทยาลัย National University of Singapore....7
2.1.1.2 Discovery Elementary ใน Arlington....9
2.1.1.3 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีนานยาง NANYANG TECHNOLOGICAL UNIVERSITY (NTU) SCHOOL OF ART, DESIGN AND MEDIA (ADM)....15
2.1.1.4 อาคาร Net Zero Energy Building กองสื่อสาร องค์กร มหาวิทยาลัยขอนแก่น....17
2.1.1.5 โรงเรียนศรีแสงธรรม....19
2.1.2.1 Gando Primary School....22
2.1.2.2 Panyaden International School....25
2.2 ศึกษาวัสดุเปลือกอาคารที่มีขายและหาได้ง่ายตามท้องถิ่น....33
2.2.1 ผนังซีเมนต์โฟมสำเร็จรูป....33

2.2.2 ฉนวนกันความร้อน 34
2.2.3 วัสดุทางเลือก 37
2.2.3.1 เหล็กรูปพรรณ 37
2.2.3.2 ผนังกระเบื้องลอน 38
2.2.3.3 ไม้ไผ่ 39
2.3 พลังงานทางเลือกต่างๆ 44
2.3.1.พลังงานแสงอาทิตย์ 44
2.3.2.พลังงานลม 46
2.3.3.พลังงานชิวภาพ 47
2.3.4.พลังงานน้ำ 48
2.3.5.พลังงานจากขยะ 49
2.3.6.พลังงานชีวมวล 50
บทที่ 3 51
การวิเคราะห์โปรแกรมที่เหมาะสม เพื่อนำมาใช้ปรับปรุงอาคาร สปช.105/29 10 ห้อง 51
3.1 โปรแกรมที่ใช้ในการคำนวน 51
3.1.1 Sefaira 51
3.1.2 Insight 57
3.1.3 Cove tool 59
3.2 สรุปข้อดีข้อเสีย และ โปรแกรมที่เลือกมาใช้ 62
3.3 วิเคราะห์ที่ตั้งโครงการ 63
3.4 วิเคราะห์แบบอาคาร สปช.105/29 10 ห้อง 79
บทที่ 4 91
วิธีการดำเนินการ และผลการวิเคราะห์ข้อมูล 91
4.1 วิธีการดำเนินการ 92

4.1.1 Local Materials 105
4.1.2 PV (Photovoltaic).....108
4.1.3 Shading.....110
4.2 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล.....122
4.2.1 วัสดุ (Materials).....122
4.2.2 แผงกันแดด (Shadding).....122
4.2.3 โซล่าเซลล์ (Solar Cell).....123
4.3 รูปแบบแนวทางการติดตั้งพลังงานสะอาด.....123
4.3.1 รูปแบบการติดตั้งแผงโซล่าเซลล์.....123
4.3.2 วิธีติดตั้งแผงโซล่าเซลล์.....126
บทที่ 5 128
สรุป อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ.....128
รายการอ้างอิง.....133
ประวัติผู้เขียน.....136

มหาวิทยาลัยศิลปากร

ตาราง

หน้า

ตารางที่ 1 เปรียบเทียบค่า k-Value ของฉนวนกันความร้อน.....35

ตารางที่ 2 Graph แสดงการเปรียบเทียบ ค่า U-Value ของฉนวนกันความร้อน 36

ตารางที่ 3 ตารางแสดงผลเฉลี่ย อุณหภูมิ ปริมาณน้ำฝน และแสงแดด.....66

ตารางที่ 4 กราฟแสดง Climate Weather ต่อเดือน 66

ตารางที่ 5 กราฟแสดงค่าเฉลี่ยชม.แสงแดดรายวัน.....67

ตารางที่ 6 กราฟแสดงช่วงเวลารับแสงแดดโดยรวมต่อเดือน 67

มหาวิทยาลัยศิลปากร

รูปภาพ

หน้า

รูปภาพที่ 1 ข้อมูลพื้นฐานด้านการศึกษา.....5

รูปภาพที่ 2 School of Design and Environment ของมหาวิทยาลัย National University of Singapore 8

รูปภาพที่ 3 Discovery Elementary ใน Arlington.....9

รูปภาพที่ 4 ปฏิทินสุริยะขนาดใหญ่.....12

รูปภาพที่ 5 Discovery Elementary School.....12

รูปภาพที่ 6 ผังพื้น และ ภาพภายในอาคาร.....13

รูปภาพที่ 7 ลานด้านนอก และรูปตัด.....13

รูปภาพที่ 8 ผังบริเวณอาคาร.....14

รูปภาพที่ 9 NANYANG TECHNOLOGICAL UNIVERSITY (NTU) SCHOOL OF ART, DESIGN AND MEDIA (ADM).....15

รูปภาพที่ 10 อาคาร Net Zero Energy Building กองสื่อสาร องค์กร มหาวิทยาลัยขอนแก่น.....17

รูปภาพที่ 11 ค่า EUI อาคาร Net Zero Energy Building กองสื่อสาร องค์กร มหาวิทยาลัยขอนแก่น 18

รูปภาพที่ 12 โรงเรียนศรีแสงธรรม.....19

รูปภาพที่ 13 รถพลังงานแสงอาทิตย์.....20

รูปภาพที่ 14 ชุดนอนนา.....20

รูปภาพที่ 15 แผงวงจร แหล่งความรู้ให้กับชาวบ้าน.....21

รูปภาพที่ 16 Gando Primary School.....22

รูปภาพที่ 17 Axonometry and Plan.....23

รูปภาพที่ 18 Gando Primary School.....24

รูปภาพที่ 19 Panyaden International School.....25

รูปภาพที่ 20 purified air system 28
รูปภาพที่ 21 Exhibition Hall 29
รูปภาพที่ 22 Section and Elevation 30
รูปภาพที่ 23 Layout Plan 31
รูปภาพที่ 24 Bamboo Structure 31
รูปภาพที่ 25 Bamboo Structure 32
รูปภาพที่ 26 ผนังซีเมนต์โฟมสำเร็จรูป 34
รูปภาพที่ 27 ค่า R ของฉนวนกันความร้อน 36
รูปภาพที่ 28 Gando Primary School, photo courtesy of Erik-Jan Owerkerk 37
รูปภาพที่ 29 แผงกันสาดด้านนอกอาคารเรียนของ Discovery Elementary School 38
รูปภาพที่ 30 อาคาร Net Zero Energy Building กองสื่อสาร องค์กร มหาวิทยาลัยขอนแก่น 38
รูปภาพที่ 31 Model โครงสร้างไม้ไผ่ Panyaden International School, photo by ArchDaily 40
รูปภาพที่ 32 Model โครงสร้างไม้ไผ่ Panyaden International School, photo by ArchDaily 40
รูปภาพที่ 33 Model โครงสร้างไม้ไผ่ Panyaden International School, photo by ArchDaily 41
รูปภาพที่ 34 Model โครงสร้างไม้ไผ่ Panyaden International School, photo by ArchDaily 41
รูปภาพที่ 35 องศาโครงสร้างไม้ไผ่ Panyaden International School, photo by ArchDaily 41
รูปภาพที่ 36 การขึ้นโครงไม้ไผ่ Panyaden International School, photo by ArchDaily 42
รูปภาพที่ 37 โครงหลังคา Panyaden International School, photo by ArchDaily 42
รูปภาพที่ 38 มุงหลังคา Hall of Panyaden International School, photo by ArchDaily 43
รูปภาพที่ 39 Lycée Schorge Secondary School, photo courtesy of Francis Kéré 43
รูปภาพที่ 40 PV Stand-alone system 44
รูปภาพที่ 41 PV Grid connected System 45
รูปภาพที่ 42 PV Hybrid System 45
รูปภาพที่ 43 กังหันลมแนวแกนตั้ง (Vertical Axis Turbine (VAWT)) 46

รูปภาพที่ 44 กังหันลมแนวแกนนอน (Horizontal Axis Turbine (HAWT)) 47
รูปภาพที่ 45 พลังงานชีวภาพ 47
รูปภาพที่ 46 โครงการไฟฟ้าพลังน้ำขนาดเล็ก 48
รูปภาพที่ 47 โรงไฟฟ้าบ้านขุนกลาง ตั้งอยู่บนดอยอินทนนท์ 49
รูปภาพที่ 48 ภาพตัวอย่าง โรงไฟฟ้าพลังงานขยะ 49
รูปภาพที่ 49 ภาพตัวอย่าง พลังงานชีวิมวล 50
รูปภาพที่ 50 ภาพกราฟแสดงผลการคำนวน Co2 และ พลังงานทั้งปี 52
รูปภาพที่ 51 ภาพแสดงการเปรียบเทียบการใช้พลังงานของแต่ละรูปทรงอาคาร 53
รูปภาพที่ 52 ภาพแสดงผลการคำนวนของอาคารรวม 54
รูปภาพที่ 53 ภาพแสดงผลการคำนวนเป็นแบบ 3 มิติ 55
รูปภาพที่ 54 ผลสรุปการคำนวนพลังงานที่ใช้ของอาคารทั้งปี 57
รูปภาพที่ 55 ภาพแสดงผลการคำนวนด้วยโปรแกรม Insight 59
รูปภาพที่ 56 ภาพรวมของโปรแกรม cove.tools 60
รูปภาพที่ 57 ภาพแสดงผลบนพื้นผิว cove.tools 61
รูปภาพที่ 58 การแสดงผลเป็นแบบกราฟ 61
รูปภาพที่ 59 การแสดงผลด้วยเฉดสี 62
รูปภาพที่ 60 โรงเรียนวัดบ้านกระชาย 63
รูปภาพที่ 61 ที่ตั้งโรงเรียนวัดบ้านกระชาย ผังการเดินทาง 64
รูปภาพที่ 62 เส้นทางโคจรดวงอาทิต และ มลภาวะโดยรอบ 64
รูปภาพที่ 63 บริบทโดยรอบของโรงเรียน 65
รูปภาพที่ 64 เส้นทางโคจรของดวงอาทิตย์ช่วงฤดูหนาว 68
รูปภาพที่ 65 เส้นทางโคจรของดวงอาทิตย์ในฤดูร้อน 68
รูปภาพที่ 66 อาคารเรียนตามแบบ สปช.105/29 ดั้งเดิม 69
รูปภาพที่ 67 อาคารเรียนตามแบบ สปช.105/29 แบบต่อเติม 69

รูปภาพที่ 68 อาคาร สปช 105/29 ดั้งเดิม รองบปรับปรุง 70
รูปภาพที่ 69 อาคารและห้องเรียนที่ได้รับการปรับปรุงแล้ว 71
รูปภาพที่ 70 ห้องสมุด 72
รูปภาพที่ 71 ห้องเรียนศิลปะ 72
รูปภาพที่ 72 ห้องอินเตอร์เน็ตเซเวอร์ 73
รูปภาพที่ 73 ห้องอินเตอร์เน็ตเซเวอร์ 74
รูปภาพที่ 74 ห้องเรียนดนตรี 75
รูปภาพที่ 75 ถังเก็บน้ำฝนเดิม 75
รูปภาพที่ 76 ระบบน้ำดื่ม 76
รูปภาพที่ 77 ถังเก็บน้ำดื่ม 77
รูปภาพที่ 78 ระบบน้ำดีและรางระบายน้ำ 77
รูปภาพที่ 79 ระบบน้ำดีและรางระบายน้ำ 78
รูปภาพที่ 80 แสดงแปลนพื้นชั้นล่าง 80
รูปภาพที่ 81 แสดงพื้นชั้นบน 81
รูปภาพที่ 82 รูปด้าน 1, รูปด้านที่ 4 82
รูปภาพที่ 83 รูปด้าน 2-3 , รูปตัด ก-ข 83
รูปภาพที่ 84 รูปตัด ค 84
รูปภาพที่ 85 แบบแปลนหลังคา 85
รูปภาพที่ 86 ผังไฟฟ้าชั้นล่าง 86
รูปภาพที่ 87 ผังไฟฟ้าชั้นบน 87
รูปภาพที่ 88 แบบขยายประตูหน้าต่าง 1 88
รูปภาพที่ 89 แบบขยายประตูหน้าต่าง 2 88
รูปภาพที่ 90 แบบขยายช่องแสง 89
รูปภาพที่ 91 แบบขยายกระดานดำแบบ 1 89

รูปภาพที่ 92 แบบขยายกระดานดำ 2 90
รูปภาพที่ 93 แบบขยายบันได 90
รูปภาพที่ 94 ผังวิธีการดำเนินการ 92
รูปภาพที่ 95 หุ่นจำลองต้นแบบ 92
รูปภาพที่ 96 การตั้งค่าหุ่นจำลองในโปรแกรม 93
รูปภาพที่ 97 การตั้งค่าหุ่นจำลองในโปรแกรม 94
รูปภาพที่ 98 ผลการคำนวนพลังงานด้วยโปรแกรม SketchUp 95
รูปภาพที่ 99 แสดงพื้นที่แสงสว่างตลอดทั้งปี 95
รูปภาพที่ 100 แสดงปริมาณสงสว่าง 96
รูปภาพที่ 101 daylight Factor 96
รูปภาพที่ 102 ผลการคำนวนบนเวปไซต์ของโปรแกรม Sefaira 97
รูปภาพที่ 103 ใส่ค่า Weather Location 97
รูปภาพที่ 104 Site Context Guideline 98
รูปภาพที่ 105 Season Guideline 98
รูปภาพที่ 106 Season Guideline 99
รูปภาพที่ 107 Architectural Response 100
รูปภาพที่ 108 Shedding Strategies 101
รูปภาพที่ 109 Eggcrate Shedding 102
รูปภาพที่ 110 Brise Solei 102
รูปภาพที่ 111 Automated Blinds 102
รูปภาพที่ 112 Double Overhang 103
รูปภาพที่ 113 Hood 103
รูปภาพที่ 114 Overhang 103
รูปภาพที่ 115 Offset Panel 104

รูปภาพที่ 116 Fins 104
รูปภาพที่ 117 No Shadding 104
รูปภาพที่ 118 Top-lighting Strategies 105
รูปภาพที่ 119 Setting Local Materials 106
รูปภาพที่ 120 ผลคำนวนพลังงานหลังจากตั้งค่าวัสดุท้องถิ่น....107
รูปภาพที่ 121 PV Panel 400m2 108
รูปภาพที่ 122 ผลคำนวนพลังงานอาคารโดยรวม 108
รูปภาพที่ 123 ผลคำนวนการใช้พลังงานตลอดทั้งปี 109
รูปภาพที่ 124 ผลคำนวนการใช้พลังงานตลอดทั้งปี 109
รูปภาพที่ 125 แผงบังแดดแนวนอน 0.60 ม. 110
รูปภาพที่ 126 แสดงผลการคำนวนพลังงานเบื้องต้น 110
รูปภาพที่ 127 แสดงผลการคำนวนบนเวปไซต์ของโปรแกรม 111
รูปภาพที่ 128 แสดงหุ่นจำลองยื่นแผงบังแดด 1.20 ม. 112
รูปภาพที่ 129 แสดงผลการคำนวนบนเวปไซต์ 112
รูปภาพที่ 130 แสดงแผงบังแดดยื่น 1.80 ม. 113
รูปภาพที่ 131 แสดงผลการคำนวนบนเวปไซต์ 113
รูปภาพที่ 132 แสดงแผงบังแดดแนวนอนยื่น 2.40 ม. 114
รูปภาพที่ 133 แสดงผลการคำนวนบนเวปไซต์ 114
รูปภาพที่ 134 แสดงแผงบังแดดแนวนอน 0.60ม. แนวตั้ง 0.60 ม....115
รูปภาพที่ 135 แสดงผลคำนวนจากบนเวปไซต์แผงบังแดดแนวตั้งและแนวนอน 0.60ม. 115
รูปภาพที่ 136 แสดงแผงบังแดดแนวนอน1.20ม. แนวตั้ง 0.60 ม....116
รูปภาพที่ 137 แสดงผลการคำนวนบนเวปไซต์ 116
รูปภาพที่ 138 แสดงแผงแนวนอนยื่น 1.80ม. แนวตั้ง 0.60ม. 117
รูปภาพที่ 139 แสดงผลการคำนวนบนเวปไซต์ 117

รูปภาพที่ 140 แสดงแผงบังแดดแนวนอนยื่น 1.20ม. แนวตั้งยื่น 1.20 ม. 118
รูปภาพที่ 141 ผลการคำนวนบนเวปไซต์ 118
รูปภาพที่ 142 แสดงแผงบังแดดแนวนอนยื่น1.80ม. แนวนอนยื่น 1.20ม. 119
รูปภาพที่ 143 ผลการคำนวนบนเวปไซต์ 119
รูปภาพที่ 144 ผลการคำนวนค่าพลังงานจากบนเวปไซต์ 120
รูปภาพที่ 145 แสดงผลการคำนวน EUI บนเวปไซต์ 121
รูปภาพที่ 146 แสดงผลการคำนวน EUI บนเวปไซต์ PV 308 ตร.ม. 121
รูปภาพที่ 147 On-Grid system 124
รูปภาพที่ 148 PV Option 1 124
รูปภาพที่ 149 PV Option 2 125
รูปภาพที่ 150 PV Option 3 125
รูปภาพที่ 151 PV Option 4 126
รูปภาพที่ 152 แสดงวิธีดึงแสงธรรมชาติ 127
รูปภาพที่ 153 แสดงวิธีดึงแสงธรรมชาติ 127
รูปภาพที่ 154 รูปตัดอธิบายคำแนะนำ 130
รูปภาพที่ 155 แผงบังแดดขณะปิด 131
รูปภาพที่ 156 แผงบังแดดขณะเปิด 131
รูปภาพที่ 157 ผลกระทบจากสภาพภูมอากาศกับตัวอาคาร 132

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

การพัฒนาอาคารของภาครัฐในประเทศไทยมีความสำคัญอย่างยิ่งต่อการส่งเสริมการใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพและการอนุรักษ์สิ่งแวดล้อม อย่างไรก็ตาม การออกแบบอาคารของภาครัฐในอดีตมักจะมีการออกแบบจากส่วนกลางและใช้เป็นมาตรฐานในการก่อสร้างตามภูมิภาคต่างๆ ซึ่งอาจไม่สอดคล้องกับบริบทท้องถิ่นและความต้องการของผู้ใช้อาคารในพื้นที่นั้นๆ การศึกษานี้จึงมุ่งเน้นไปที่การปรับปรุงและการใช้งานอาคารที่มีอยู่แล้วในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย โดยเฉพาะในพื้นที่จังหวัดบุรีรัมย์ เพื่อสำรวจวิธีการที่อาคารเหล่านี้สามารถปรับปรุงให้เหมาะสมกับการใช้พลังงานและสภาพแวดล้อมท้องถิ่นได้

ดังนั้น พลังงานจึงเป็นตัวกลางสำคัญในการขับเคลื่อนประเทศในแต่ละประเทศให้ก้าวล้ำขึ้นไปอยู่แนวหน้าของการแข่งขันด้านพลังงานกันในยุคนี้ ซึ่งเปรียบเสมือนกับการทำสงครามในยุคเก่าก่อน แต่ติดตรงที่ว่า ในยุคสมัยนี้ พลังงานที่เรามีนั้น ใกล้ที่จะหมดลง เนื่องจากยุคก่อนหน้านี้ เราได้ใช้พลังงานจาก ถ่านหินและน้ำมัน ซึ่งเกิดจากการทับถมกันของซากพืชซากสัตว์ (Fossil Fuel) ซึ่งเป็นพลังงานที่ไม่สามารถสร้างขึ้นมาทดแทนใหม่ได้ ทำให้พลังงานเหล่านั้นใกล้จะหมดลงเต็มทีภายในอีกไม่กี่ปีข้างหน้าดังข้อมูลบทความของคุณกษิดิศ เสนะวงศ์ ได้กล่าวไว้ว่า

พลังงานหลักทั่วโลกมีแนวโน้มลดลงเรื่อยๆ ซึ่งสวนทางกับการใช้พลังงานของทั่วโลกที่มีอัตราเพิ่มขึ้น กระทรวงพลังงาน ประเทศสหรัฐอเมริกา ในปี พ.ศ. 2563 ทั่วโลกจะมีสัดส่วนการใช้น้ำมันอยู่ที่ร้อยละ 37 ก๊าซธรรมชาติร้อยละ 27 ถ่านหินร้อยละ 25 พลังงานหมุนเวียนร้อยละ 8 และพลังงานนิวเคลียร์ร้อยละ 3 ซึ่งหากว่าเรายังคงใช้พลังงานในลักษณเช่นนี้อยู่ เราจะมีน้ำมันใช้ได้อีกประมาณ 30 ปี ก๊าซธรรมชาติ 50ปี ถ่านหินประมาณ 200 ปี [1]

ด้วยเหตุดังกล่าวจึงได้มีการเจรจาภายใต้ “กรอบอนุสัญญาสหประชาชาติว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ” (United Nations Framework Convention on Climate Change; UNFCCC) ครั้งล่าสุด ที่ประชุมสมัชชาภาคีครั้งที่ 21 (The 21st Conference of the

Parties; COP21) ที่ประชุมได้มีผลการสรุปให้กำหนดเป้าหมายในการลดก๊าซเรือนกระจกร่วมกันของประชาคมโลก ช่วงหลังจากปี ค.ศ. 2020 “ข้อตกลงปารีส” (Paris Agreement)

โดย“ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสุทธิเป็นศูนย์” หรือ “Net Zero Emissions”) ในช่วงครึ่งหลังของศตวรรษนี้ (ซึ่งก็คือ ภายในช่วงปี ค.ศ. 2050 – 2100) [2, 3]หรือก็คือ ลดการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO2 emission)

จากเหตุผลข้างต้นจึงนำเข้าไปสู่การศึกษาหาข้อมูลว่าเราสามารถที่จะนำกระบวนการนี้เข้าไปประยุกต์ใช้กับการออกแบบอาคารเพื่อที่จะช่วยลดการใช้พลังงานและสร้างพลังงานทดแทนที่ยั่งยืนขึ้นมาได้ โดยการศึกษาจะกลับไปมองการออกแบบอาคารในอดีต เช่น งานสถาปัตยกรรมพื้นถิ่น ซึ่งเป็นที่ทราบกันดีอยู่แล้วว่า สถาปัตยกรรมลักษณะนี้จะใช้พลังงานน้อยเพราะมีการออกแบบที่สอดคล้องกับสภาพภูมิอากาศตามภูมิประเทศนั้นๆ

งานวิจัยนี้มุ่งเน้นศึกษาถึงการออกแบบสถาปัตยกรรมเพื่อลดการใช้พลังงานและการประยุกต์ใช้พลังงานทดแทน โดยการออกแบบจะอยู่ภายใต้บริบทของภูมิอากาศในเขตร้อนชื้นทางภาคอีสานของประเทศไทย โดยมีความแตกต่างทางด้านภูมิอากาศค่อนข้างสูง หน้าหนาว หนาวจัดหน้าร้อน ร้อนจัดและยังแห้งแล้งสลับกันไปตลอดทั้งปี[4]

การศึกษาข้างต้นจะนำอาคารเรียนเก่า ซึ่งเป็นอาคารต้นแบบภายใต้กำกับของ สพฐ. ในจังหวัดบุรีรุมย์ ซึ่งตั้งอยู่ในภูมิภาคอีสาน ของประเทศไทยมาใช้เป็นต้นแบบของการออกแบบปรับปรุงอาคารเพื่อการลดใช้พลังงานและการประยุกต์ใช้พลังงานทดแทน และนำเสนอแนวทางปรับปรุงที่เป็นไปได้จริงและมีประสิทธิภาพสูงสุด

1.2 ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ของการศึกษา

เพื่อเสนอแนวทางการออกแบบปรับปรุงเปลือกอาคารเรียนภายใต้กำกับของ สพฐ. ให้ตอบรับกับการลดการใช้พลังงานในอาคารและมีพลังงานรวมสุทธิเป็นศูนย์ (Net Zero Energy)

เพื่อศึกษาการนำวัสดุ recycle มาปรับใช้ หรือวัสดุที่หาซื้อได้ตามท้องถิ่น (Local materials) ที่มีคุณสมบัติในการลดการใช้พลังงานให้กับอาคาร

1.3 สมมติฐานของการศึกษา

การปรับปรุงอาคารเก่าเรียนเก่าให้เป็นอาคารเรียนที่ใช้พลังงานสุทธิเป็นศูนย์ (Net Zero Energy) สามารถช่วยลดการใช้พลังงานและการปลดปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์ได้มากน้อยเพียงได

1.4 ขอบเขตการศึกษา

ศึกษาแนวทางการออกแบบปรับปรุงเปลือกอาคารเรียนให้ตอบรับกับการลดการใช้พลังงานในอาคารและมีพลังงานรวมสุทธิเป็นศูนย์ (Net Zero Energy) โดยใช้วัสดุ recycle หรือวัสดุที่หาซื้อได้ตามท้องถิ่น (Local materials) โดยไม่ให้กระทบกับมาตรฐานอาคารเรียนตามข้อกำหนดของสพฐ. และยังสามารถปรับใช้ได้ตามแต่ละภูมิภาคของแต่ละจังหวัด โดยในกรณีนี้ได้ใช้ โรงเรียนวัดบ้านกะชาย จังหวัดบุรีรัมย์เป็นโรงเรียนต้นแบบในการศึกษาวิจัยนี้

ระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานหมุนเวียนที่เลือกใช้คือ ระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ (Photovoltaic solar system) เนื่องจากอาคารเรียนเปิดใช้ช่วงเวลากลางวัน พลังงานที่ผลิตจากระบบฯสามารถใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพ

1.5 ขั้นตอนของการศึกษา

ลงพื้นที่สำรวจและเก็บข้อมูลอาคารเรียนเพื่อเลือกโรงเรียนต้นแบบในการทดลองเรื่องวัสดุเปลือกอาคารเดิมและวัสดุทดแทน

ทำการขึ้นแบบจำลองทางคอมพิวเตอร์เพื่อคำนวนหาค่าการใช้พลังงานของชนิดและวัสดุเปลือกอาคารในรูปแบบต่างๆเพื่อทำให้อาคารต้นแบบใช้พลังงานสุทธิให้เป็นศูนย์

วิเคราะห์ข้อมูลจากผลที่ได้และทำบทสรุปของเปลือกอาคารต้นแบบที่ได้

1.6 นิยามคำศัพท์

1.6.1 Net-Zero

Net-Zero หมายถึง อาคารที่ใช้พลังงานรวมเป็นศูนย์ โดยการออกแบบเริ่มจากการคำนึงถึงทำเลที่ตั้งของอาคาร ทิศทาง บริบทโดยรอบ วัสดุที่ใช้ (passive design) รวมไปถึงผู้รับเหมาตั้งแต่เริ่มต้นที่จะสร้างอาคารขึ้นมา เพื่อทำความเข้าใจร่วมกันก่อนที่จะลงมือสร้าง การวางแผนดังกล่าวมานี้ทำเพื่อลดการใช้พลังงานภายในอาคารให้ได้มากที่สุดก่อน แล้วจึงนำวิทยาการการผลิตไฟฟ้าพลังงานสะอาด เข้ามาช่วยเติมพลังงานที่ขาดหายเข้าไปเติมเต็มทีหลัง ตามหลักการของ Victor Olgyay[5]แล้ว ควรจะวางแผนร่วมกันกับทุกภาคส่วนที่มีส่วนรวมในการก่อสร้าง เพื่อที่จะทำความเข้าใจในการเลือก ทำเลที่ตั้ง การเลือกใช้วัสดุที่เหมาะสมตามมา

1.6.2 สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน (สพฐ.) Office of the Basic Education Commission (OBEC)

ประวัติความเป็นมา สำนักงานคณะการการศึกษาขั้นพื้นฐาน จัดตั้งขึ้นตั้งแต่ปีพุทธศักราช 2546 ซึ่งเป็นผลจากการที่กระทรวงศึกษาธิการได้ปรับโครงสร้างการบริหารราชการเป็นไปตามพระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ. 2542 และที่แก้ไขเพิ่มเติม (ฉบับที่ 2) พ.ศ. 2545 และพระราชบัญญัติระเบียบบริหารราชการกระทรวงศึกษาธิการ พ.ศ. 2546[6]

1.6.3 Energy Use Intensity (EUI)

ความเข้มการใช้พลังงาน (EUI) เป็นตัวบ่งชี้ประสิทธิภาพการใช้พลังงานของการออกแบบและหรือการดำเนินงานของอาคาร EUI มีหน่วยวัด (metric) เป็นกิโลวัตต์ชั่วโมงต่อตารางเมตรต่อปี (kWh/m^2-y)[7]

1.7 ปัญหาที่พบ

หลังจากการลงพื้นที่สำรวจจากโรงเรียนตัวอย่าง 3 โรงเรียนโดยแยกออกเป็น 3 หัวข้อดังนี้

1.7.1 ด้านพลังงาน

รายจ่ายค่าไฟฟ้าเฉลี่ยต่อปี(ทั้งโรงเรียน) ตกที่ประมาณ 6,500-7,000 บาทต่อเดือน ซึ่งทางผู้อำนวยการกล่าวว่า ถ้าสามารถลดค่าใช้จ่ายในส่วนนี้ได้ ทางโรงเรียนสามารถที่จะนำไปใช้ในการจ้างบุคลากร (นักการภารโรง) เพิ่มได้ เนื่องจากทางโรงเรียนไม่มีงบเพียงพอในการจ้างงาน

1.7.2 ด้านการออกแบบ

รูปแบบอาคารเป็นรูปแบบเก่า ล้าสมัย ไม่ดึงดูดใจและไม่เหมาะสมกับการเรียนการสอนในยุคปัจจุบัน ทางครูผู้สอนต้องการที่จะมีส่วนร่วมในการออกแบบอาคารเพื่อให้เหมาะสมกับความต้องการในการใช้งานของแต่ละพื้นที่

1.7.3 สภาพแวดล้อม

ช่วงเดือน ธ.ค.-มี.ค. จะมีการเผาไร่อ้อย ซางข้าว ทำให้เกิด กลิ่น ควัน และ เขม่า

หน้าร้อน ร้อนมาก หน้าหนาว หนาวมาก อากาศไม่ถ่ายเท แสงสว่างไม่เพียงพอ

1.8 วิธีการดำเนินการศึกษาวิจัย

1.8.1 เลือกแบบอาคาร

นำแบบอาคารของการศึกษาขั้นพื้นฐานชั้นประถม วัดบ้านกะชาย เนื่องจากทางผู้อำนวยการโรงเรียน นายสราวุธ ดำริห์ ได้ตอบรับหนังสือคำขอเข้าศึกษาวิจัยอาคารเรียนในเครือ สพฐ. ซึ่งทางโรงเรียนได้มีแผนที่จะปรับปรุงอาคารเรียนเดิมที่ใช้แบบอาคาร สปช.105/29 10ห้อง อยู่ก่อนหน้าและเพื่อเป็นการตอบรับนโยบายยุธศาสตร์ชาติไปพร้อมกัน ดังนั้นจึงเป็นที่มาของการนำแบบ สปช 105/29 10 ห้องนี้ มาขึ้นแบบจำลองคำนวนหาค่าการใช้พลังงานรวมของอาคาร แสดงด้วยค่าความเข้มข้นของการใช้พลังงาน (Energy Use Intensity, EUI) มีหน่วยวัด (metric) ต่อไป

ข้อมูลพื้นฐานด้านการศึกษา

1. ข้อมูลพื้นฐานด้านการศึกษา

ตารางที่ 1 จำนวนโรงเรียน นักเรียน และครู จำแนกรายสังกัด ปีการศึกษา 2560

สังกัด	จำนวนโรงเรียน	นร./นศ.	ครู
สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน			
- สพป.	151	24,192	1,504
- สพม.	13	8,904	540
สำนักบริหารการศึกษาพิเศษ	3	834	82
สำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมการศึกษาเอกชน	16	6,522	412
สำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา	4	2,777	276
กรมส่งเสริมการปกครองส่วนท้องถิ่น - โรงเรียน - ศูนย์พัฒนาเด็กเล็ก	 14 76	 6,375 4,031	 248 130
สำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา	2	1,187	152
สนง.ส่งเสริมการศึกษานอกระบบฯ	8	2,416	73
รวมทั้งสิ้น	**287**	**57,238**	**3,418**

ตารางที่ 2 จำนวนสถานศึกษา จำแนกตามขนาด และสังกัด

ขนาด	จำนวนนักเรียน	จำนวนโรงเรียน							
		สพฐ.	สช.	สศศ.	อปท.	สอศ.	สกอ.	รวม	ร้อยละ
1	0 – 120	89	4	1	4			98	48.28
2	121 – 200	33	1		1			35	17.24
3	201 – 300	18	4	1	3			26	12.81
4	301 – 499	11	2		3	2	1	19	9.36
5	500 – 1,499	11	5	1	2	2	1	22	10.84
6	1,500 – 2,499	2			1			3	1.47
7	2,500 ขึ้นไป								-
รวมทั้งสิ้น		**164**	**16**	**3**	**14**	**4**	**2**	**203**	**100**

หมายเหตุ : ไม่รวมศูนย์พัฒนาเด็กเล็ก และ กศน.

รูปภาพที่ 1 ข้อมูลพื้นฐานด้านการศึกษา

ที่มา: สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน. (2564)

1.8.2 รูปแบบจำลองอาคาร

ขึ้นรูปแบบจำลองแผงยื่นอาคารในรูปแบบต่างๆ โดยใช้โปรแกรม Sefaira เป็นโปรแกรม adds-on สามารถใช้ร่วมกับโปรแกรมออกแบบอื่นได้ ในส่วนนี้จะใช้โปรแกรม ShetchUp เป็นโปรแกรมพื้นฐานสำหรับขึ้นหุ่นจำลองอย่างง่าย เพื่อเป็นแนวทางในการศึกษาวิธีลดการใช้พลังงานของอาคารด้วยการออกแบบเปลือกอาคารเพื่อตรวจสอบค่า EUI ของอาคารให้ได้น้อยที่สุด

1.8.3 หาค่า EUI

การหาค่า EUI มาจากผลการวิเคราห์ด้วยโปรแกรม Sefaira ผ่านการคำนวนปรับแต่งจากหุ่นจำลองในรูปแบบต่างๆด้วยโปรแกรม SketchUp เมื่อได้ค่า EUI ที่ได้จากการปรับแต่งหุ่นจำลองจนไม่มีการลดลงของค่า EUI ต่ำที่สุดแล้ว ก็เริ่มคำนวณจำนวนแผ่นแผงเซลล์แสงอาทิตย์ หรือ แผง PV ในเวลาหนึ่งปี เพื่อหาตำแหน่งที่ติดตั้งต่อไป

1.9 ผลที่คาดว่าจะได้รับ

การผลิตพลังงานทดแทนเข้ามามีส่วนร่วมในการศึกษาขั้นพื้นฐานของระบบการใช้ในสถานศึกษาขั้นพื้นฐาน สพฐ. จะช่วยปลูกฝังจิตสำนำนึก สร้างความรู้ความเข้าใจในระบบการจัดการการอนุรักษ์พลังงานและการจัดการกับสภาพแวดล้อมตั้งแต่ขั้นพื้นฐาน เพื่อเป็นการสร้างรากฐานของการใช้พลังงานอย่างคุ้มค่าและการผลิตพลังงานใช้เองอย่างเหมาะสม ช่วยลดการทำลายทรัพยากรและสิ่งแวดล้อมที่กำลังจะหมดลงไปอีกในไม่ช้า และสามารถนำไปพัฒนาต่อเป็น Building Energy Plus School (BEPS) ต่อไปในภายภาคหน้า

บทที่2

แนวคิด ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การศึกษานี้มุ่งเน้นไปที่การสำรวจและวิเคราะห์การออกแบบอาคารของภาครัฐในประเทศไทย โดยเฉพาะอย่างยิ่งในภูมิภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ซึ่งมีอุณหภูมิที่ร้อนและแห้งแล้งเป็นส่วนใหญ่ การออกแบบอาคารของภาครัฐในอดีตมักจะมีการออกแบบจากส่วนกลางและใช้เป็นมาตรฐานในการก่อสร้างตามภูมิภาคต่างๆ ซึ่งอาจไม่สอดคล้องกับบริบทท้องถิ่นและความต้องการของผู้ใช้อาคารในพื้นที่นั้นๆ การออกแบบอาคารจากส่วนกลางที่ไม่คำนึงถึงความแตกต่างทางด้านภูมิอากาศและบริบทท้องถิ่น ทำให้หลายๆ ท้องที่ในชนบทเกิดปัญหาจากการใช้งานที่ไม่เหมาะสมตามความต้องการของผู้ใช้อาคารในท้องที่นั้นๆ ส่งผลให้มีการดัดแปลงและต่อเติมอาคารโดยบุคลากรในท้องที่ ซึ่งบางแห่งก็

ประสบผลสำเร็จ แต่บางแห่งก็ไม่สัมฤทธิ์ผล งานค้นคว้าอิสระชิ้นนี้จึงมุ่งเน้นไปที่การศึกษาอาคารที่ได้มีการก่อสร้างและเปิดใช้งานแล้ว โดยเน้นไปที่โรงเรียนในเครือของสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน (สพฐ.) ในพื้นที่จังหวัดบุรีรัมย์ เพื่อเป็นการเรียนรู้และศึกษาไปพร้อมๆ กันกับนักเรียน ครู อาจารย์ และคนในท้องที่ โดยใช้อาคารเป็นเครื่องมือในการสอนและเรียนรู้ในเรื่องของการใช้พลังงาน ตามแนวคิดของ Johannes Widodo ที่กล่าวว่า "Building will teach and chair knowledge, how to people learn about consume energy”[8] ใช้อาคารเป็นเครื่องมือในการสอนและเรียนรู้ในเรื่องของการใช้พลังงาน

โดยมีขั้นตอนการทำงานดังนี้

2.1 ศึกษาแนวคิด และทฤษฎีจากอาคารตัวอย่าง

2.2 ศึกษาวัสดุเปลือกอาคารที่มีขายและหาได้ง่ายตามท้องถิ่น

2.3 พลังงานทางเลือกต่างๆ

2.1 ศึกษาแนวคิด และ ทฤษฎีจากอาคารตัวอย่าง

การศึกษาจะแยกออกเป็น 2 กลุ่มคือ

1.กลุ่มอาคารสถานศึกษาที่ใช้พลังงานสุทธิเป็นศูนย์

2.กลุ่มที่ใช้วัสดุท้องถิ่นมาประยุกต์ใช้

กลุ่มที่ 1. อาคารสถานศึกษาที่ใช้พลังงานสุทธิเป็นศูนย์

2.1.1.1 อาคารเรียน School of Design and Environment ของมหาวิทยาลัย National University of Singapore

อาคารเรียน School of Design and Environment ซึ่งถือเป็นอาคารที่มีพลังงานสุทธิเป็นศูนย์ (net zero energy building) แห่งแรกของประเทศสิงคโปร์ (เน้นการใช้พลังงานทดแทนและใช้พลังงานน้อยลง ในขณะเดียวกันตัวอาคารก็สามารถผลิตพลังงานด้วยตัวเองได้ด้วย) อาคาร 6 ชั้น ขนาด 8,500 ตารางเมตรที่ออกแบบโดยบริษัทสถาปนิก Serie Architects จากลอนดอน, บริษัทสถาปนิก Multiply และ Surbana Jurong นี้มาพร้อมกับลักษณะเฉพาะ (feature) ที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม อย่างโซลาร์เซลล์บนหลังคาและโครงสร้างแบบสถาปัตยกรรมพื้นถิ่นของเอเชียที่เปิดให้ลมพัดผ่านอาคารได้สะดวก ทำให้พื้นที่ในอาคารเย็นลงโดยธรรมชาติ นอกจากนี้ การออกแบบแบบเปิดที่ไม่มีการแบ่งพื้นที่เป็นยูนิต (units) ยังช่วยเสริมสร้างบรรยากาศการเรียนแบบใหม่ๆ ด้วย ดู

เหมือนว่าอาคารแห่งนี้จะไม่ได้มีฟังก์ชั่น (function) แค่เป็นสถานศึกษาเท่านั้น แต่ยังเป็นอีกหนึ่งเครื่องมือทางการเรียนการสอนเรื่องการอนุรักษ์สิ่งแวดล้อมไปในตัว[3]

รูปภาพที่ 2 **School of Design and Environment** ของมหาวิทยาลัย **National University of Singapore**

ที่มา:www.Archdaily.com

อาคารนี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อเป็นที่รวมกันของเทคโนโลยีอาคารสีเขียว โดยจะนำข้อได้เปรียบของการระบายอากาศตามธรรมชาติ และแสงมีวัตถุประสงค์ดังต่อไปนี้

1. เพื่อทำหน้าที่เป็นการรวมกลุ่มของเทคโนโลยีอาคารเขียวในอาคารดัดแปลง

2. เพื่อให้เป็นศูนย์กลางสำหรับผู้ปฏิบัติงานและนักศึกษาในการศึกษาประสิทธิภาพการใช้พลังงานและอาคารสีเขียว

หลักการออกแบบอาคาร

1. กรอบอาคาร มีการออกแบบกรอบอาคารให้สามารถป้องกันความร้อนจากภายนอกโดยใช้กระจก Low-E

2. ระบบแสงสว่าง มีการนำเทคนิคหลายรูปแบบมาใช้ในอาคารนี้ เพื่อทำให้แสงธรรมชาติ

สามารถถูกนำมาใช้ประโยชน์ได้สูงสุด

3. ระบบปรับอากาศและระบายอากาศ แนวคิดเรื่องระบบปรับอากาศ โดยระบบระบายอากาศด้วยอากาศร้อนที่ไม่ใช้เครื่องกล

4. พลังงานทดแทน สาเหตุหลักที่ทำให้อาคารหลังนี้สามารถเป็นอาคารพลังงานศูนย์เนื่องจากมีระบบสร้างพลังงานทดแทนด้วยตัวเอง

5. การปรับภูมิทัศน์ โดยอุณหภูมิของอากาศต่ำกว่าอากาศโดยรอบๆ นั้นมาจาก โครงการจะมีพื้นที่เปิดโล่งมาก

2.1.1.2 Discovery Elementary ใน Arlington

อาคารไม่ได้เป็นเพียงแค่สถานที่เรียน แต่เป็นสิ่งที่พวกเขาสามารถเรียนรู้ Discovery เปิดในปี 2015 เป็นโรงเรียนที่เรียกว่า "net-zero" นั่นหมายความว่าอาคารได้รับการออกแบบและสร้างขึ้นเพื่อผลิตพลังงานให้ได้มากที่สุดเท่าที่จะใช้ได้ตลอดทั้งปี “ เราไม่ต้องการเป็นอาคารสีเขียวเราต้องการเป็นโรงเรียนสีเขียวอาจารย์ใหญ่ Erin Russo กล่าว “[9]

รูปภาพที่ 3 Discovery Elementary ใน Arlington

ที่มา: www.aiadc.com

Discovery Elementary School คือ Arlington Public Schools โรงเรียนประถมแห่งแรกที่ออกแบบในศตวรรษที่ 21 สร้างขึ้นเพื่อตอบสนองการลงทะเบียนของนักเรียนที่เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว Arlington เป็นโรงเรียนได้รับการออกแบบเพื่อให้บรรลุเป้าหมายที่ใหญ่ขึ้น เพื่อพิสูจน์สิ่งที่สามารถทำได้จริง สิ่งอำนวยความสะดวกของโรงเรียนตลอดการวางแผนชุมชน การประชุม ความสนใจอย่างรอบคอบ มุ่งเน้นไปที่การออกแบบ และสร้างโรงเรียนที่สามารถให้นักเรียนได้เรียนรู้ไปกับ

ทุกๆส่วนของโรงเรียน การจัดวางทำให้เกิดการผสมผสานระหว่าง ความยั่งยืนและการเรียนรู้ พร้อมทั้งยังตระหนักว่านักเรียนเป็นผู้สร้างอนาคตของชาติ

Discovery Elementary กำหนดเวทีสำหรับการพัฒนาทักษะที่จำเป็น เด็กประมาณ 75 คนในระดับอนุบาลถึงเกรดห้าเข้าร่วมการประชุมรายเดือนไม่เพียงแต่เกี่ยวกับการประหยัดพลังงาน แต่เกี่ยวกับการรีไซเคิล การทำสวน การใช้ชีวิตอย่างมีสุขภาพดีและการบริโภคน้อยลง “ ฉันชอบที่โรงเรียนของเราช่วยเหลือสิ่งแวดล้อมมาโดยตลอด” Maya Umerov-Todoroki สมาชิกในทีมคนที่ห้ากล่าว “ มันเป็นเหมือนงานอดิเรก” หรือแม้กระทั่งเกม Maddy Mangi เพื่อนร่วมชั้นก็เพิ่มสมาชิกของ Eco-Action “ เรามีวันที่มืดมนที่เราพยายามใช้ไฟฟ้าให้น้อยที่สุด” เธอกล่าว

ในมื้อกลางวันนักเรียนจะนำวัสดุเหลือใช้ไปรีไซเคิล (recycle) ซึ่งไม่มีให้เห็นในโรงเรียนส่วนใหญ่ ระหว่างแถวของตารางใน Dining Commons มีถังขยะแยกถึง 7 ชนิด สำหรับการคัดแยกขยะอาหารขยะและการรีไซเคิลรวมถึงถังขยะสำหรับผลไม้และโยเกิร์ตที่บีบได้ “มันค่อนข้างสับสนเล็กน้อยสำหรับการแยกขยะ แต่หลังจากที่ฉันเห็นรูปภาพประกอบที่ตัวถังขยะ ฉันจึงเข้าใจ” Harper Spotts คนที่สามพูดถึงฉลากถังขยะโดยเฉพาะอย่างยิ่งมีประโยชน์สำหรับนักเรียนที่เพิ่งหัดอ่าน โรงเรียนยังบริจาคอาหารที่ไม่ได้กินไปยังศูนย์ช่วยเหลือด้านอาหารของ Arlington เพื่อเป็นอาหารกลางวันให้กับคนในชุมชน “ในชั้นเรียนของเรา เราปลูกผักกาดและผักกาดหอม” เลียมแคมป์เบลซึ่งเป็นนักเรียนชั้นปีที่สามกล่าว ความพยายามยังเป็นบทเรียนวิทยาศาสตร์เกี่ยวกับวิธีที่พืชสามารถเติบโตได้โดยไม่ต้องใช้ดินในสิ่งที่เรียกว่าสวนไฮโดรโพนิก (hydroponic) [9]

โรงเรียนได้รับการออกแบบให้เป็นอาคารที่ใช้พลังงานเป็นศูนย์ หมายความว่าปริมาณพลังงานที่ผลิตได้ทุกปี โดยแหล่งพลังงานหมุนเวียนในโรงเรียน เท่ากับจำนวนของพลังงานที่ใช้ในแต่ละปี โรงเรียนนำเสนอตัวอย่างที่ดีของการแก้ปัญหาวิกฤติทั่วโลก และคาดหวังว่าจะเป็นผู้มีส่วนร่วมที่สร้างสรรค์ในสิ่งเหล่านั้น จากผลที่ได้จากการศึกษาของอาคารเรียนนี้[10]

คุณลักษณะที่ยั่งยืนของโรงเรียน ประกอบด้วย:

- แผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบติดตั้งบนหลังคา 1,706 แผง
- บ่อน้ำร้อนใต้ดิน

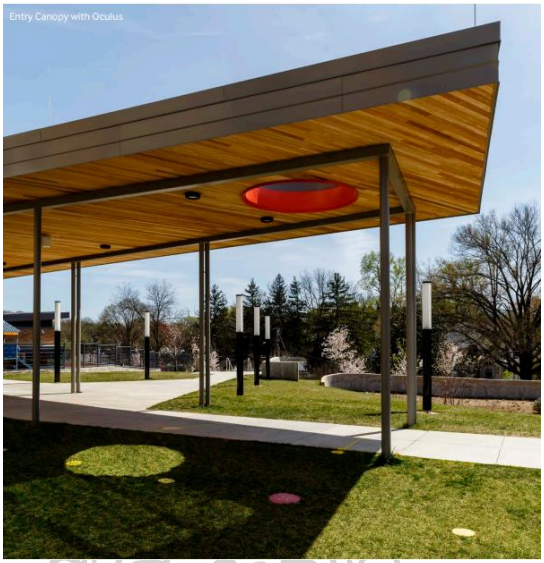
- การทำน้ำอุ่นจากพลังงานแสงอาทิตย์
- ไฟ **LED** 100%
- มีแผงบังแดดที่ออกแบบได้ดี ตามทฤษฎี
- ผนังภายนอกคอนกรีตฉนวนที่มีมวลความร้อนสูง
- การจัดการบำบัดน้ำเสียด้วยระบบชีวภาพ ก่อนปล่อยออกจากพื้นที่
- ระบบแผงควบคุมอาคารที่ติดตามข้อมูลพลังงานในแบบเรียลไทม์และทำให้พร้อมใช้งานบนอุปกรณ์ทุกเครื่องของโรงเรียน
- แสงมีการส่องผ่านทั่วทั้งโครงการ

ปิดท้ายด้วยห้องทดลองพลังงานแสงอาทิตย์บนชั้นดาดฟ้าที่เปิดโอกาสให้นักศึกษาได้ทำการทดลองตามเวลาจริงและต่อเนื่อง ข้อมูลจากการทดลองเหล่านี้สามารถติดตามและสร้างกราฟได้โดยใช้ระบบแผงควบคุมอาคารเรียนซึ่งสามารถเข้าถึงได้บนอุปกรณ์ใด ๆ ในโรงเรียนที่เชื่อมต่อกับอินเทอร์เน็ต

ผลตอบแทนการลงทุน

โรงเรียน Arlington Public School (APS) ขนาดเท่ากันมีงบประมาณ 100,000 ดอลลาร์สำหรับค่าพลังงานต่อปี โดยการชดเชยพลังงานอย่างเต็มที่ ใช้งานผ่านการสร้างเซลล์แสงอาทิตย์ โรงเรียนได้ช่วยเปลี่ยนเส้นทางกองทุนที่จะทุ่มเทให้กับค่าใช้จ่ายด้านพลังงาน กลับไปที่งบประมาณการดำเนินงานของ APS ในขณะเดียวกัน ชุมชนและโรงเรียนยังได้รับผลประโยชน์ด้านสิ่งแวดล้อมจากการชดเชย carbon footprint อย่างเต็มที่ การใช้จ่ายเงินของทางโรงเรียนเป็นสิ่งที่มีค่าที่สุด ของเงินภาษีของประชาชนทั้งหมด การประหยัดจากการอนุรักษ์เพียงอย่างเดียวคาดว่าจะเป็น 52,000 ดอลลาร์ในปีที่หนึ่ง และ 1,400,000 ดอลลาร์ในระยะเวลา 20 ปี รายได้จากแผงเซลล์แสงอาทิตย์จะครอบคลุมส่วนของค่าแผงเซลล์แสงอาทิตย์ และจะคืนทุนทั้งหมดประมาณปีที่ 6 และมีอายุการใช้งานที่ 20 ปี

การออกแบบของโรงเรียน ใช้ประโยชน์จากภูมิประเทศของพื้นที่ เพื่อสร้างเขตการศึกษาที่แตกต่างกันเป็นชั้น และแยกพื้นที่เล่นภายนอกสำหรับเด็กปฐมวัย ประถมศึกษา และระดับประถมศึกษา พื้นที่สาธารณะของ Discovery คือกำหนดด้วยหลังคากันสาดขนาดใหญ่มุงด้วยไม้ซีดาร์ soffit ที่ทอดยาวไปตามความยาวของโรงเรียน และทำหน้าที่เป็น “เฉลียงหน้าบ้าน” นอกจากจะบังแดดแล้วยังเป็นการเปิดมุมมองไปยังที่โล่งแจ้งให้กับทางโรงเรียนอีกด้วย



รูปภาพที่ 4 ปฏิทินสุริยะขนาดใหญ่

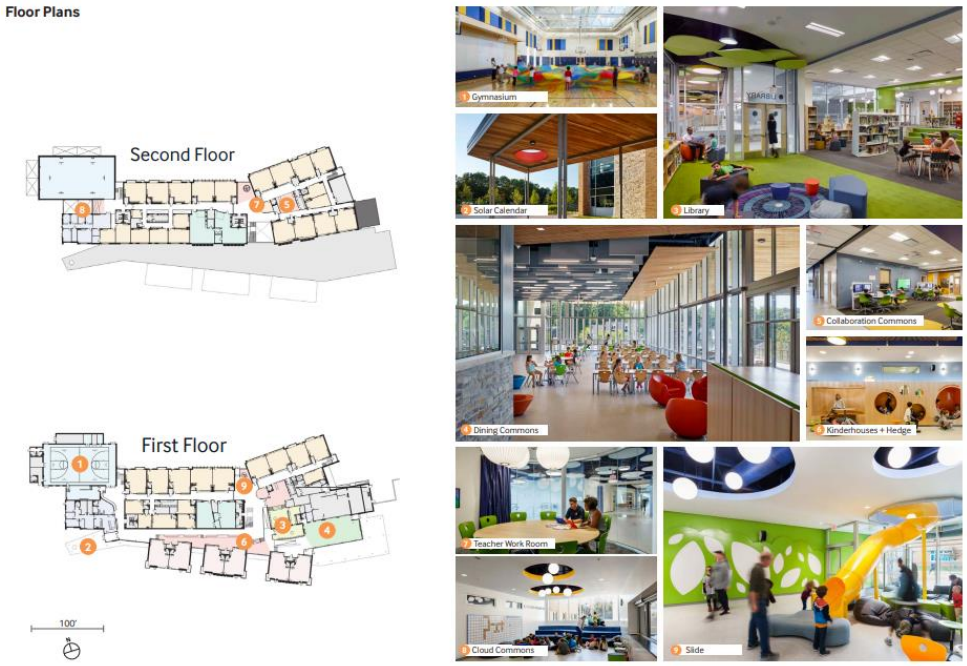
ที่มา: www.aiadc.com

ส่วนยื่นของหลังคาเป็นพื้นที่รับประทานอาหารกลางแจ้ง และยังเป็นพื้นที่ใช้สำหรับการเล่นในที่ร่ม ช่องวงกลม ที่ทางเข้าหลักในหลังคายื่นออกมาเป็น oculus ซึ่งช่วยให้ทางเข้าพลาซ่าทำหน้าที่เป็นปฏิทินสุริยะขนาดใหญ่

รูปภาพที่ 5 Discovery Elementary School

ที่มา: www.aiadc.com

โรงเรียนถูกเน้นด้วยโทนสีอบอุ่น สีเขียว ของโรงเรียนคือทีม Eco-Action ด้านข้างโรงเรียนใช้สีโทนเย็นเป็นลูกเล่น เช่น สีเขียวและสีน้ำเงิน สะท้อนการแสดงออกตามธรรมชาติของสิ่งแวดล้อมภายนอก



รูปภาพที่ 6 ผังพื้น และ ภาพภายในอาคาร

ที่มา: www.aiadc.com

รูปภาพที่ 7 ลานด้านนอก และรูปตัด

ที่มา: www.aiadc.com

รูปภาพที่ 8 ผังบริเวณอาคาร

ที่มา: www.aiadc.com

ผลที่ได้จากการศึกษาของอาคารเรียนนี้

1. ที่สำคัญที่สุดเลยคือการร่วมมือกันระหว่างทีมออกแบบและทีมงานด้านต่าง ๆ
2. ทิศทางและสถานที่ตั้งอาคาร
3. เปลือกอาคาร สีที่อ่อน ช่วยลดการดูดซับความร้อนและเพิ่มความสดใสให้กับโรงเรียน
4. ลดใช้พลังงานภายในอาคาร โดยการเพิ่มแสงสว่างในเวลากลางวันให้สูงสุด

   ไฟ LED ช่วยลดภาระการทำความเย็น
5. การนำพลังงานจากใต้พิภพมาใช้
6. อาคารเรียนเป็นอุปกรณ์การสอน
7. ผลิตพลังงาน 18,500 kWh มากกว่าที่ใช้
8. เรียนรู้วิธีการทำงานของแผงโซลาร์เซลล์และปริมาณพลังงานที่ผลิตได้
9. ทำประติมากรรมจากวัสดุเหลือใช้ช่วยระบบนิเวศด้วยการรีไซเคิลแถมยังเป็นการช่วยสร้างจินตนาการ ในการตกแต่งโรงเรียนไปในตัว

2.1.1.3 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีนานยาง NANYANG TECHNOLOGICAL UNIVERSITY (NTU) SCHOOL OF ART, DESIGN AND MEDIA (ADM)

รูปภาพที่ 9 NANYANG TECHNOLOGICAL UNIVERSITY (NTU) SCHOOL OF ART, DESIGN AND MEDIA (ADM)
ที่มา:www.Archdaily.com

ออกแบบโดย บริษัท CPG CONSULTANTS PTE LTD มีพื้นที่ 10,000 m2 (107,639 ft2) มีตั้งแต่ 2-5 ชั้น จุดเด่นของการออกแบบอาคารคือหลังคาสีเขียวที่ลาดเอียงเกือบ 45 องศา หลังคาของ School of Art, Design and Media สร้างขึ้นจากส่วนโค้งเรียวลาดสองอันที่เชื่อมต่อกันกับส่วนโค้ง ซึ่งมีขนาดเล็กกว่า หลังคาของ School of Art, Design and Media ถูกหล่อขึ้นด้วยคอนกรีตเสริมเหล็กที่มียางหนา ลานรูปทรงอัลมอนด์ที่ยุบตัวลงนั้นเกิดจากช่องว่างระหว่างแขนหลักทั้งสองของอาคาร และสะท้อนให้เห็นอย่างสวยงามจากผนังม่านกระจกสองชั้นที่มีประสิทธิภาพสูงภายในอาคาร เสริมด้วยน้ำพุและเกาะลอยน้ำ สระน้ำสะท้อนแสงช่วยเพิ่มบรรยากาศของชุมชนในขณะที่ช่วยให้พื้นที่ตรงกลางเย็นลง ส่วนหน้าอาคารที่เป็นกระจกช่วยให้มองเห็นวิวภายนอกได้อย่างเต็มที่ และยังเป็นส่วนเชื่อมโยงกับภูมิทัศน์อันเขียวขจีโดยรอบ มีการติดตั้งเสาไฟไว้บนหลังคาเพื่อให้นักเรียนได้พบปะกันในตอนเย็น ในตอนกลางคืนตัวอาคารจะเรืองแสงเหมือนโคมไฟ ทำให้สามารถสังเกตกิจกรรมต่างๆ ของโรงเรียนได้จากภายนอก ลักษณะที่เปลี่ยนไปของด้านหน้าช่วยให้อาคารมีชีวิตชีวาและน่าสนใจเมื่อเปลี่ยนเป็นเวลากลางคืน

สนามหญ้าบนหลังคาประกอบด้วยหญ้า 2 ชนิด ได้แก่ Zoysia matrella และ Ophiopogon หลังคาโค้งสามารถเข้าถึงได้โดยบันไดที่ไล่ขึ้นตามขอบหลังคาโค้ง แม้ว่าจะมีเพียงหนึ่งในหกส่วนของหลังคาสีเขียวที่เหมาะสำหรับเป็นที่นั่งเนื่องจากมีความลาดชันต่ำก็ตาม ใต้หลังคาหญ้ามีสี่ชั้น ซึ่งประกอบไปด้วยหินภูเขาไฟที่บดละเอียด หินภูเขาไฟ และทรายล้าง (เพื่อให้หญ้าหยั่งราก) รวมทั้งเสื่อกักเก็บความชื้น หญ้ายังคงเขียวขจีตลอดทั้งปีด้วยระบบสปริงเกอร์อัตโนมัติโดยใช้น้ำฝนที่เก็บไว้ในระบบกักเก็บน้ำ

อาคารเรียน 5 ชั้นนี้ครอบคลุมไปถึงป่าของมหาวิทยาลัยด้วยรูปแบบพืชออร์แกนิกที่ผสมผสานภูมิทัศน์และโครงสร้าง ธรรมชาติและเทคโนโลยีขั้นสูง หลังคาโค้งสีเขียวทำให้อาคารแตกต่างจากโครงสร้างอื่นๆ ในวิทยาเขต แต่เส้นแบ่งระหว่างภูมิทัศน์กับอาคารนั้นเบลอ หลังคาทำหน้าที่เป็นพื้นที่รวบรวมอย่างไม่เป็นทางการ ที่ท้าทายความคิดเชิงเส้นและกระตุ้นการรับรู้ หลังคาสร้างพื้นที่เปิดโล่ง ฉนวนอาคารทำให้อากาศโดยรอบเย็นลง และเก็บน้ำฝนเพื่อนำกลับมาใช้ในการรดหญ้าบนหลังคา

หลังคาสีเขียวและกระจกประสิทธิภาพสูง รวมถึงการใช้เซ็นเซอร์วัดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในหน่วยจัดการอากาศช่วยลดการใช้พลังงานและรักษาคุณภาพอากาศภายในอาคารให้ดีต่อสุขภาพ นอกจากนี้ บ่อน้ำสะท้อนแสงที่ลานกลาง ยังช่วยให้สายตาเย็นลงสำหรับผู้ที่มองออกไปนอกห้องเรียน ห้องปฏิบัติการ และสำนักงานที่มองเห็น[4]

Nanyang Technological University ได้รับรางวัล Green Mark Platinum Award จาก Singapore Building and Construction Authority (BCA) สำหรับการนำแนวทางปฏิบัติที่ดีที่สุดในด้านความยั่งยืนทางสิ่งแวดล้อมในเดือนพฤษภาคม 2554 ความสำเร็จที่สำคัญสำหรับอาคาร ADM คือการประหยัดพลังงานได้เกือบ 120,000 kWh ต่อปี (เพียงพอสำหรับจ่ายไฟให้กับแฟลต HDB แบบ 4 ห้องจำนวน 27 ห้องต่อปี) และประหยัดน้ำได้มากกว่า 1,170 ลูกบาศก์เมตรต่อปี (เทียบเท่ากับการใช้น้ำโดยเฉลี่ยของแฟลต HDB แบบ 4 ห้องจำนวน 5 ห้องต่อปี) ทำให้ต้นทุนการดำเนินงานและการบำรุงรักษาลดลง การประหยัดเกิดจากคุณสมบัติประหยัดพลังงานและน้ำของอาคาร ซึ่งรวมถึงไฟที่มีประสิทธิภาพสูงพร้อมเซ็นเซอร์จับการเคลื่อนไหวและโฟโตเซลล์ ระบบปรับอากาศที่ดัดแปลงใหม่ตลอดจนการรวบรวมน้ำฝนด้วยเซ็นเซอร์วัดปริมาณน้ำฝนและระบบชลประทาน

ผลที่ได้จากการศึกษาของอาคารเรียนนี้

1. หลังคาเขียวช่วยลดทั้งอุณหภูมิหลังคาและอุณหภูมิโดยรอบ จึงช่วยลดความร้อนที่เข้าสู่อาคารปรับอากาศ
2. ตัวอาคารหันหน้าไปทางทิศเหนือและใต้เพื่อลดการรับแสงอาทิตย์
3. ใช้ไฟแสงสว่างประสิทธิภาพสูงทั่วทั้งอาคาร
4. ติดตั้งระบบรวบรวมน้ำฝนบนหลังคาเขียวเพื่อการชลประทาน
5. เซ็นเซอร์วัดปริมาณน้ำฝนติดตั้งบนหลังคาเขียวเพื่อทำให้กระบวนการให้น้ำเป็นไปโดยอัตโนมัติ โดยที่ระบบให้น้ำจะหยุดเมื่อฝนตก
6. อาคารโค้งล้อมรอบลานที่มีน้ำและต้นไม้ สามารถมองเห็นเงาสะท้อนของต้นไม้และธรรมชาติได้จากภายนอกอาคารที่เป็นกระจกทั้งหมด

2.1.1.4 อาคาร Net Zero Energy Building กองสื่อสาร องค์กร มหาวิทยาลัยขอนแก่น

รูปภาพที่ 10 อาคาร **Net Zero Energy Building** กองสื่อสาร องค์กร มหาวิทยาลัยขอนแก่น

อาคารสำนักงานกองสื่อสารองค์กร มหาวิทยาลัย ขอนแก่น เป็นอาคารเก่า 2 ชั้น มีพื้นที่ใช้งาน 315 ตารางเมตร มีการใช้ไฟฟ้าประมาณ 35,000 หน่วยต่อปี งบประมาณปรับปรุงอาคารทั้งสิ้น

18 ล้านบาท ออกแบบโดย ผศ.ดร.ชำนาญ บุญญาพุทธิพงศ์ คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

ได้มีการปรับเปลี่ยน อุปกรณ์สำนักงานเป็นอุปกรณ์ประหยัดพลังงาน และปรับปรุงผนังอาคารเนื่องจากผนังอาคารส่งผ่านความร้อนมากที่สุด แถมยังมีหน้าต่างที่มีพื้นที่มากกว่า 40% ของผนังทั้งหมด โดยการลดพื้นที่ของผนังกระจก เป็นผนังทึบไฟเบอร์ซีเมนท์บุฉนวนใยแก้วหนา 3 นิ้ว อยู่ด้านใน ส่วนผนังกระจกที่ไม่ได้ปรับปรุง ได้ทำการติดตั้งฟิล์มลดความร้อนประสิทธิภาพสูงเข้าไปเสริม ในส่วนของหลังคาอาคารได้มีการยกสูงขึ้นจากพื้นประมาณ 12-15 องศาจากพื้นเพื่อไว้รองรับพื้นที่ติดตั้งแผงโซล่าเซล ผนังโซล่าเซลจะต้องมีประสิทธิภาพสูงเนื่องจากพื้นที่จำกัด โดยแผงโซล่าเซลจะต้องมีอายุการใช้งานไม่น้อยกว่า 25 ปี และมีประกันอย่างน้อย 10 ปี โดยมีการรับประกันหลังจากอายุการใช้งานผ่านไปแล้ว 25 ปี แผงจะต้องมีประสิทธิภาพผลิตไฟฟ้าได้ไม่น้อยกว่า 80% ของกำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้ในปีแรกที่ติดตั้ง และเปลี่ยนวัสดุมุงหลังคาเป็นเมทัลชีทสีอ่อนแทน พร้อมทั้งติดตั้งฉนวนใยแก้วหนา 4 นิ้ว ใต้หลังคาเพื่อลดการถ่ายเทความร้อน

ในส่วนของระบบผลิตไฟฟ้าแสงอาทิตย์ ใช้ระบบ Grid Connected คือไฟฟ้าที่ผลิตได้จากแผง Solar Cell จะจ่ายตรงไปยังโหลด ในกรณีที่แผง Solar Cell จ่ายโหลดไม่พอ ระบบไฟฟ้าจาก Grid จะเป็นตัวเสริมในการจ่ายไฟแทนโดยอัตโนมัติ โดยเลือกใช้แผง PV Module-Polycrystalline มีประสิทธิภาพสูง 16.05 % เต็มพื้นที่หลังคา เพียงพอต่อการใช้พลังงานรวมทั้งปีตามข้อมูลบันทึกผลที่ปรากฏ

ที่มา: ผศ.ดร.ชำนาญ บุญญาพุทธิพงศ์

รูปภาพที่ 11 ค่า EUI อาคาร Net Zero Energy Building กองสื่อสาร องค์กร มหาวิทยาลัยขอนแก่น

อาคารมีค่าการถ่ายเทความร้อนรวม (thermal transfer value: OTTV) [11]เท่ากับ 18.95 วัตต์ต่อตารางเมตร และมีค่าสัดส่วน พื้นที่หน้าต่างกระจกต่อพื้นที่ผนังทั้งหมด (Window to Wall Ratio: WWR) เท่ากับ 0.21 การติดตั้งอุปกรณ์นำแสงธรรมชาติเข้ามาใช้ในอาคาร ในส่วนนี้ยังพบปัญหาเรื่องการรั่วซึมมาจากการติดตั้งอุปกรณ์นำแสงนี้อยู่ การปรับปรุงระบบปรับอากาศ โดยใช้ระบบ variable refrigerant volume (VRF) มีคอมเพรสเซอร์ DC มอเตอร์ที่ใช้พลังงานไฟฟ้าจากระบบ ผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์โดยตรง และมีอินเวอร์เตอร์ ควบคุมความเร็วรอบให้สัมพันธ์กับภาระการทำความเย็น มีการติดตั้งแผงรังผึ้งระบายความร้อน (cooling pad) เพื่อ เพิ่มประสิทธิภาพการระบายความร้อนของระบบปรับอากาศ การใช้หลอด LED โดยมีค่าพลังไฟฟ้าแสงสว่าง ต่อพื้นที่ (Lighting Power Density: LPD) เท่ากับ 3.36 วัตต์ต่อตาราง [12]

ผลที่ได้จากการศึกษาของอาคารสำนักงานนี้

1. อาคารเก่า สามารถที่จะปรับเปลี่ยนให้เป็นอาคาร **Net-Zero** ได้สำเร็จ
2. การเลือกใช้วัสดุที่เหมาะสม
3. ระบบการปรับปรุงด้านการใช้พลังงานภายในอาคาร
4. การแก้ปัญหาจากต้นต่อของสาเหตุ
5. ผลชี้วัดจากอุปกรณ์ที่ติดตั้งเสริม เป็นตัวยืนยันได้อย่างเป็นรูปธรรม

2.1.1.5 โรงเรียนศรีแสงธรรม

โรงเรียนศรีแสงธรรม ออกแบบโดย ผศ.ดร.ชำนาญ บุญญาพุทธิพงศ์ คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น มีพระครูวิมลปัญญาคุณ เจ้าอาวาสวัดป่าศรีแสงธรรม เป็นผู้ก่อตั้ง ตั้งอยู่ที่วัดป่าศรีแสงธรรม หมู่ 5 บ้านดงดิบ ต.ห้วยยาง อ.โขงเจียม จ.อุบลราชธานี

รูปภาพที่ 12 โรงเรียนศรีแสงธรรม

ได้มีการออกแบบเพิ่มเติมจากรูปแบบอาคารเรียนมาตรฐานในส่วนของการขยายทางเดินระเบียงด้านหน้าอาคารจาก 2 ม. เป็น 3 ม. พร้อมทั้งติดหลังคากันสาดยื่นออกไป 1.5 ม. ในส่วนของหลังคาได้มีการออกแบบมาเพื่อรองรับการติดตั้งแผง Solar Cell และติดตั้งโซลาเซลล์ขนาด 6 กิโลวัตต์ เพื่อใช้ผลิตไฟฟ้าทั้งหมด ทำให้ค่าไฟทั้งโรงเรียนลดลงอย่างมากจากเดือนละ 6,000 บาท เหลือเพียง 40 บาท ต่อเดือน ทั้งนี้ทางเจ้าอาวาสได้นำกระบวนการติดตั้งระบบ Solar Cell ไปพัฒนาต่อยอด เป็นรถไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ และชุดนอนนา และยังเป็นแหล่งให้ความรู้ฝึกสอน และส่งต่อไปยังคนในชมชนได้นำไปใช้และพัฒนาต่อไปอีกหลายโครงการ

รูปภาพที่ 13 รถพลังงานแสงอาทิตย์

รูปภาพที่ 14 ชุดนอนนา

รูปภาพที่ 15 แผงวงจร แหล่งความรู้ให้กับชาวบ้าน

ผลที่ได้จากการศึกษาของอาคารเรียนนี้

1. มีการนำวิธีการใช้งานไปศึกษาต่อยอด
2. มีการกระจายความรู้ไปสู่คนในชุมชนท้องถิ่น
3. เป็นแหล่งศึกษาดูงานของนักเรียน นักศึกษา และผู้ที่สนใจเข้ามาอบรม
4. ได้รับการสนับสนุนจากทางภาครัฐ

กลุ่มที่ 2 กลุ่มที่ใช้วัสดุท้องถิ่นมาประยุกต์ใช้

2.1.2.1 Gando Primary School

ที่มา: www.kerearchitecture.com/work/building/gando-primary-school-3

รูปภาพที่ 16 Gando Primary School

สถานะ: แล้วเสร็จ

ปี: 2001

สถานที่: **Gando, Burkina Faso**

ขนาด: 520 **sqm**

ลูกค้า: **Community of Gando / Kéré Foundation e.V.**

ผู้มีส่วนร่วมs: **Community of Gando**

รางวัล: **Aga Khan Award for Architecture** 2004**, Global Award for Sustainbale Architecture** 2009

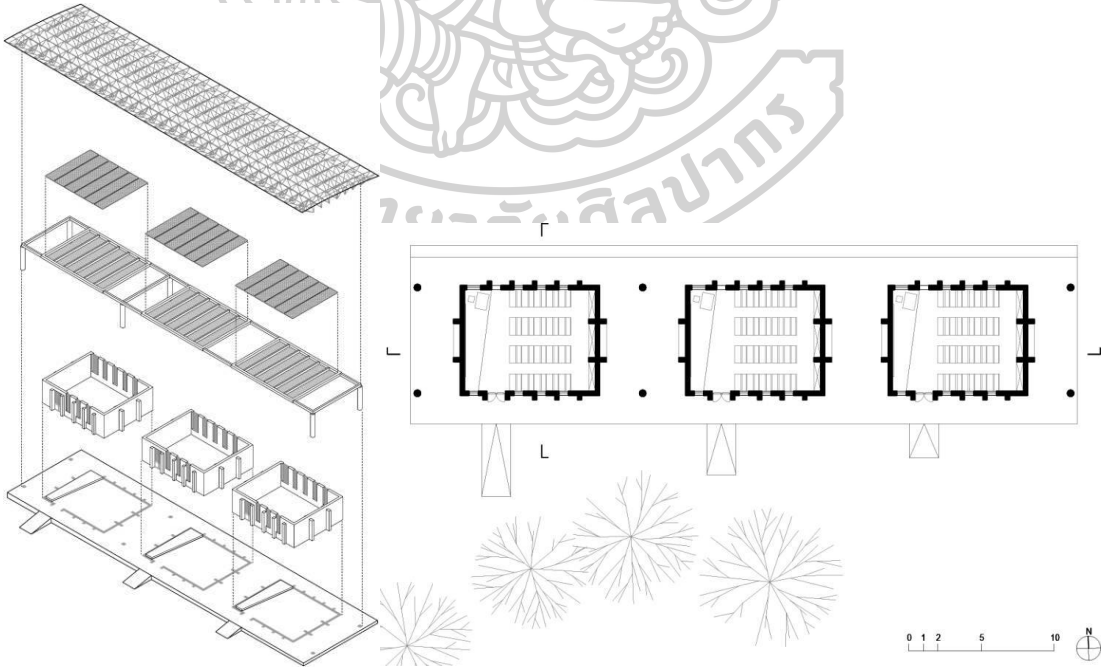
โรงเรียนประถม **Gando** สร้างขึ้นเพื่อขยายเครือข่ายโรงเรียนในจังหวัด **Boulgou** ทางตะวันออกของบูร์กินาฟาโซ และแก้ไขปัญหาลักษณะเฉพาะสองประการของอาคารเรียนหลายแห่งในพื้นที่ ได้แก่ แสงสว่างและการระบายอากาศไม่ดี

Francis Kéré ได้ออกแบบการแก้ไขปัญหาเหล่านี้โดยตรง ภายใต้ข้อบังคับที่กำหนดโดยต้นทุน สภาพอากาศ ความพร้อมของทรัพยากร และความเป็นไปได้ในการก่อสร้าง ที่มีดินเหนียวอยู่มากมายในภูมิภาคนี้และมักนำมาใช้ในการสร้างบ้าน ดังนั้นจึงใช้ดินเหนียวกับซีเมนต์ผสมกันเพื่อสร้าง

อิฐที่มีโครงสร้างแข็งแรง ไม่เพียงแต่ผลิตได้ง่ายเท่านั้น แต่ยังให้การป้องกันความร้อนจากสภาพอากาศที่ร้อนอีกด้วย แม้จะมีความทนทาน แต่ผนังก็ต้องได้รับการปกป้องจากฝนที่สร้างความเสียหาย ด้วยหลังคาที่ยื่นออกมา

ในบูร์กินาฟาโซ หลังคาเหล็กลูกฟูกเป็นวิธีการแก้ปัญหาที่ได้รับความนิยม แม้ว่า หลังคาดังกล่าวจะดูดซับแสงแดดโดยตรง และทำให้ภายในอาคารร้อนเกินไป การออกแบบของ Kéré แก้ปัญหานี้ด้วยการดึงหลังคาของโรงเรียนประถม Gando ออกจากตัวอาคาร มีการใช้เพดานอิฐแบบเรียงซ้อนกันเพื่อให้มีการระบายอากาศสูงสุด อากาศเย็นถูกดึงเข้ามาจากหน้าต่างภายใน ในขณะที่อากาศร้อนถูกระบายออกทางรูในหลังคาดินเหนียว นอกจากนี้ยังช่วยลด The Ecological Footprint ของโรงเรียนได้อย่างมาก โดยลดความจำเป็นในการใช้เครื่องปรับอากาศ[13]

“อย่าเลียนแบบตะวันตกโดยเน้นสร้างด้วยคอนกรีตอย่างที่เคยปฏิบัติมา คอนกรีตอาจใช้ได้ผลในตะวันตก แต่ไม่ใช่วัสดุก่อสร้างที่ดีในประเทศร้อนชื้น เช่นบูร์กินาฟาโซ มันเก็บความร้อนไว้ข้างในและไม่หายใจ” **Kéré** กล่าวไว้ในการให้สัมภาษณ์ลงนิตยสาร **DAMn° magazine #** *29* พร้อมทั้งยังแนะนำวัสดุก่อสร้างทางเลือกที่จะลดอุณหภูมิ แรงบันดาลใจของเค้ามาจากการสร้างด้วยโคลนแบบดั้งเดิม ที่ผู้คนใช้ก่อนที่จะเปลี่ยนเป็นคอนกรีต ผลที่ได้คืออาคารที่ทำจากบล็อกของดินอัดรวมกับระบบระบายอากาศบนหลังคาแบบพิเศษที่ **Kéré** พัฒนาขึ้น ซึ่งทนทานต่อปลวกที่มีอยู่ทั่วไปทุกหนทุกแห่ง[14]



ที่มา: www.kerearchitecture.com/work/building/gando-primary-school-3

รูปภาพที่ 17 Axonometry and Plan

รูปภาพที่ 18 Gando Primary School

ที่มา:www.Archdaily.com

ผลที่ได้จากการศึกษาของอาคารเรียนนี้

1. ความเข้าใจในบริบท และวิธีชีวิตของคนในท้องถิ่น
2. การใช้วัสดุที่หาได้จากท้องถิ่น นำมาปรับใช้ให้เหมาะสมกับอาคารเรียน
3. ระบบระบายอากาศ **Passive Design**
4. การร่วมมือกันของคนในชุมชน ให้ได้มีส่วนร่วมในการสร้างโรงเรียนของพวกเค้า
5. การปลูกฝัง และ การเรียนรู้ไปพร้อมๆกัน ระหว่าง ผู้ออกแบบ และคนในชมชุน
6. เป็นศูนย์รวมในการพักผ่อนหย่อนใจให้กับเด็กๆและคนในชุมชน

2.1.2.2 Panyaden International School

รูปภาพที่ 19 Panyaden International School
ที่มา:www.Archdaily.com

บริษัทสถาปนิก: Chiangmai Life Construction

พื้นที่ : 782 m²

ปี : 2017

รูปภาพ :Alberto Cosi, Markus Roselieb

ผู้ผลิต : Borax, PSC Commercial, Yang Ma Sports Tech

หัวหน้าผู้ออกแบบ: Markus Roselieb, Tosapon Sittiwong

โรงเรียนนานาชาติปัญญาเด่น ผสมผสานการออกแบบ organic สมัยใหม่ ด้วยวิศวกรรมในศตวรรษที่ 21 และวัสดุธรรมชาติอย่างไม้ไผ่ ตั้งอยู่ในประเทศไทย อำเภอหางดง จังหวัดเชียงใหม่

โรงเรียนปัญญาเด่น มีเป้าหมายคือการมอบประสบการณ์โรงเรียนที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมให้กับนักเรียน ให้ความรู้แก่นักเรียนเกี่ยวกับความสำคัญของการใช้ชีวิตที่คำนึงถึงสิ่งแวดล้อมและอาจมีผลกระทบต่อโลกที่ช่วยลดการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์

โรงเรียนได้รับการออกแบบและสร้างจากวัสดุธรรมชาติเท่านั้น วิธีการที่ตั้งใจนี้ทำให้เด็กๆ ได้ใกล้ชิดกับธรรมชาติมากขึ้นและช่วยให้พวกเขาได้สัมผัสกับประโยชน์ที่ได้รับจากการใช้วัสดุจากธรรมชาติโดยตรง ในระหว่างการก่อสร้าง ได้ลดการปล่อยสารคาร์บอนลง 90% (Carbon Footprint) เมื่อเทียบกับเทคนิคการก่อสร้างมาตรฐาน

อาคารที่โดดเด่นซึ่งประกอบเป็นโรงเรียน สร้างจากดินและไม้ไผ่และเลียนแบบใบเขากวาง มีห้องเรียนที่เย็นและมีอากาศถ่ายเทสะดวก ไม่จำเป็นต้องใช้เครื่องปรับอากาศมากนัก ห้องเรียนจะเป็นแบบเปิดโล่งที่มีปฏิสัมพันธ์กับธรรมชาติ และการจัดการกับมลพิษทางอากาศและความเสี่ยงต่อสุขภาพ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในช่วงฤดูหมอกควันในภาคเหนือของประเทศไทย ผ่านระบบอากาศบริสุทธิ์ ปราศจากหมอกควันและ PM2.5 (อนุภาคมลพิษในชั้นบรรยากาศ) สภาพแวดล้อมภายในอาคารแก่นักเรียน

ระบบระบายอากาศบริสุทธ์ (purified air system)

ปัญญาเด่นเป็นระบบอากาศบริสุทธิ์ โดยใช้วิศวกรรมสิ่งแวดล้อมที่ยั่งยืน (sustainable environmental engineering) ซึ่งเป็นระบบแรกในภูมิภาคนี้ ริเริ่มโดย Prof. Erich Erber ในปี 2019 โดยมีเป้าหมายในการสร้างสภาพห้องเรียนที่ปราศจากหมอกควัน

ระบบอากาศบริสุทธิ์ปัญญาเด่นได้รับการติดตั้งแล้วเร็จและเริ่มดำเนินการในอาคารวิทยาเขตรองของโรงเรียนตั้งแต่เดือนสิงหาคม 2563 เพื่อทำให้อากาศภายในอาคารเย็นและบริสุทธิ์ ทำให้ค่าดัชนีคุณภาพอากาศ (Air Quality Index, AQI) ลดลงสู่ระดับสีเขียว (AQI 0-50 = สีเขียว) แม้ว่า AQI ภายนอกจะสูงกว่า 200 ระบบ Fresh Air ให้อากาศบริสุทธิ์คงที่อย่างมีประสิทธิภาพ เนื่องจากดัชนี CO2 ภายในห้องยังคงต่ำกว่ามากเมื่อเทียบกับห้องปรับอากาศมาตรฐาน ประโยชน์ของระบบนี้ทำให้ห้องเรียนที่ปัญญาเด่นมีสภาพแวดล้อมที่ปลอดภัยสำหรับนักเรียน

นวัตกรรมระบบอากาศบริสุทธิ์ปัญญาเด่นริเริ่มขึ้นเพื่อปรับปรุงคุณภาพชีวิตสำหรับสมาชิกในชุมชนของโรงเรียน โดยเฉพาะอย่างยิ่งในช่วงเดือนของฤดูหมอกควันในภาคเหนือของประเทศไทย ระบบนี้ได้ให้สภาพแวดล้อมในห้องเรียนที่ปราศจากหมอกควันและ PM2.5 (อนุภาคที่ก่อมลพิษในชั้นบรรยากาศ) เป็นศูนย์ให้กับนักเรียน แม้ว่าเครื่องฟอกอากาศทั่วไปจะช่วยลด PM 2.5 ได้ แต่ระดับของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในห้องที่ปิดสนิทสามารถเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว นำไปสู่อาการปวดหัว ง่วงนอน และความสามารถในการเรียนรู้ลดลง ระบบอากาศที่เป็นนวัตกรรมใหม่นี้ให้อากาศที่เย็น สดชื่นและสะอาดภายในห้อง ในขณะที่ลดการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ออกมา ระบบยังสร้างแรงดัน

บวกภายในห้อง ซึ่งหมายความว่าอากาศภายนอกจะไม่เข้ามาในห้องและอากาศภายในห้อง[15] (ที่มี CO2 หรือบางครั้งอาจมีสารปนเปื้อนหรือไวรัส) สามารถไหลออกได้เมื่อเปิดประตู ดังนั้นเราจึงมั่นใจได้ว่าห้องเรียนปลอดภัยต่อสุขภาพของนักเรียน เป็นการพัฒนาชีวิตอย่างแท้จริง โดยใช้พลังงานทดแทนที่ยั่งยืน และเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมแทนเครื่องปรับอากาศมาตรฐาน และเครื่องฟอกอากาศแรกในภูมิภาคนี้ที่นำนวัตกรรมระบบอากาศบริสุทธิ์มาใช้

ด้วยวิสัยทัศน์และการสนับสนุนอย่างต่อเนื่องของ Prof. Erich Erber โรงเรียนนานาชาติปัญญาเด่นจึงประสบความสำเร็จในการติดตั้งระบบอากาศบริสุทธิ์ในห้องเรียนทั้งหมดในวิทยาเขต ต้องยกความดีความงามนี้ให้กับ Prof. Erich Erber ผู้ก่อตั้ง SAN Group สำหรับความมุ่งมั่นของเขาในการสร้างชีวิตและอนาคตที่ดีขึ้นสำหรับโลกใบนี้

ประโยชน์ของระบบอากาศบริสุทธิ์ปัญญาเด่น

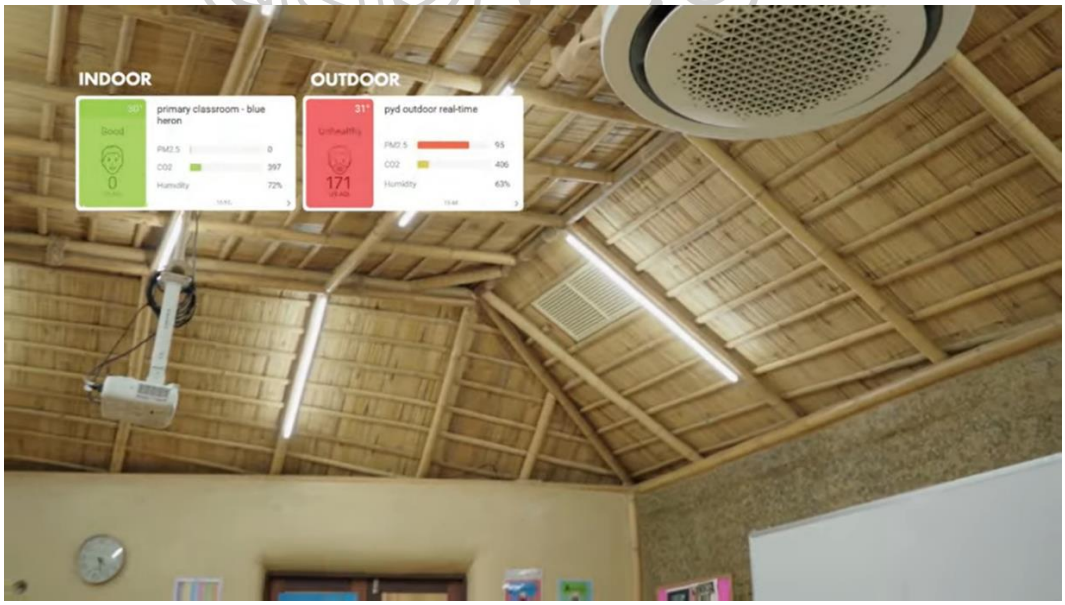
ข้อดีของการใช้ระบบอากาศบริสุทธิ์ปัญญาเด่นแทนเครื่องปรับอากาศมาตรฐานและเครื่องฟอกอากาศมีข้อดีหลายประการ:

- อากาศเย็นภายในห้องเรียนในช่วงฤดูร้อน อุณหภูมิภายในอาคารยังคงอยู่ในระดับสบายๆ 27-28 องศาเซลเซียส
- อากาศภายในห้องเรียนสะอาดขึ้นด้วยอัตรา CO2 และ PM2.5 ที่ต่ำกว่ามาก ซึ่งหมายความว่ามีปริมาณออกซิเจนมากขึ้นและอนุภาคที่ก่อให้เกิดมลพิษน้อยลงในชั้นบรรยากาศ ใช้พลังงานน้อยลง 30% เมื่อเทียบกับเครื่องปรับอากาศมาตรฐาน จึงเป็นทางเลือกที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมมากขึ้น
- ความกดอากาศภายในห้องเรียนที่ติดตั้งระบบอากาศบริสุทธิ์ยังคงสูงกว่าอากาศภายนอก (ทำให้เป็นห้องที่มีแรงดันบวก) ซึ่งหมายความว่าเมื่อเปิดประตูหรือหน้าต่าง อากาศภายในจะถูกผลักออกจากห้องเรียน และอากาศที่ไม่ผ่านการกรองจะไม่สามารถเข้ามาในห้องได้
- ระบบอากาศบริสุทธิ์ปัญญาเด่นจะเป็นศูนย์การเรียนรู้แห่งแรกในเอเชีย เพื่อให้นักศึกษาและประชาชนทั่วไปได้เรียนรู้วิธีการใช้วิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อมเพื่อสร้างนวัตกรรมระบบวิศวกรรมที่ยั่งยืน

วิธีการทำงานของระบบอากาศบริสุทธิ์ปัญญาเด่น

ระบบอากาศบริสุทธิ์ช่วยประหยัดพลังงานโดยใช้กระบวนการแลกเปลี่ยนความร้อนโดยใช้อุณหภูมิที่เย็นกว่าใต้ดิน ขั้นตอนที่ระบบดังต่อไปนี้คือ:

- อากาศภายนอกที่มีอุณหภูมิโดยรอบจะถูกสูบเข้าไปในระบบท่อใต้ดินโดยใช้พัดลมที่มีกำลังสูง จากนั้นอากาศจะถูกทำความสะอาดโดยใช้แผ่นกรองเฮปาถ่านกัมมันตรังสีซึ่งกำจัดเชื้อโรค กลิ่น และ **PM**2.5 ออกจากอากาศ
- อากาศจะถูกทำให้เย็นลงล่วงหน้าโดยใช้ระบบทำความเย็นลงดินซึ่งประกอบด้วยท่อยาว 10 เมตรยาว 15 เมตรที่อยู่ใต้ดิน จากนั้นจึงกรองอีกครั้งก่อนส่งไปยังห้องเรียน ปริมาตรของอากาศที่ต้องใช้เพื่อให้อากาศบริสุทธิ์และสะอาดเพียงพอภายในห้องเรียนคำนวณจากความแตกต่างทางความร้อนระหว่างห้องเรียนกับระบบทำความเย็นของโลก และจำนวนคนทั้งหมดในอาคาร
- การจ่ายอากาศบริสุทธิ์สร้างแรงดันบวก (5 ปาสคาล) ในห้อง ลดระดับ **CO**2 และ **PM**2.5 และเพิ่มปริมาณออกซิเจน
- อาคารเรียนใช้ระบบ **VRF (Variable Refrigerant Flow)** เพื่อรักษาความเย็นกระจายภายในห้อง ซึ่งเป็นระบบปรับอากาศที่ดีที่สุดในตลาดปัจจุบัน



รูปภาพที่ 20 purified air system

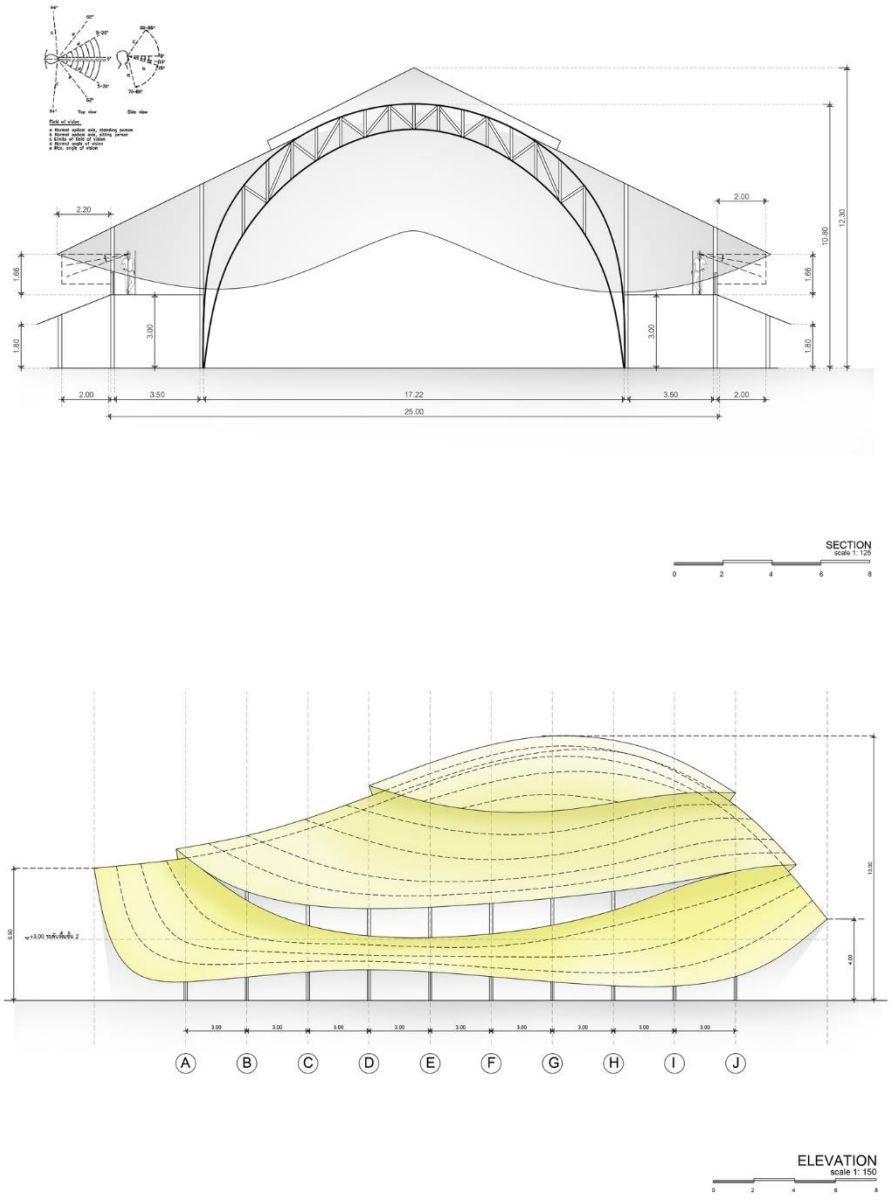
ที่มา : Panyaden International School

ในด้านห้องโถงการออกแบบได้รับแรงบันดาลใจมาจากดอกบัว ครอบคลุมพื้นที่ 782 ตร.ม. และจัดสนามฟุตซอล บาสเกตบอล วอลเลย์บอล และแบดมินตัน รวมถึงเวทีที่สามารถยกขึ้นได้โดยอัตโนมัติ ฉากหลังของเวทีคือผนังด้านหน้าของห้องเก็บอุปกรณ์กีฬาและละคร ระเบียงด้านยาวทั้งสองด้านมีพื้นที่สำหรับผู้ปกครองและผู้มาเยี่ยมเยียนคนอื่น ๆ เพื่อชมการแข่งขันกีฬาหรือการแสดง

รูปภาพที่ 21 Exhibition Hall

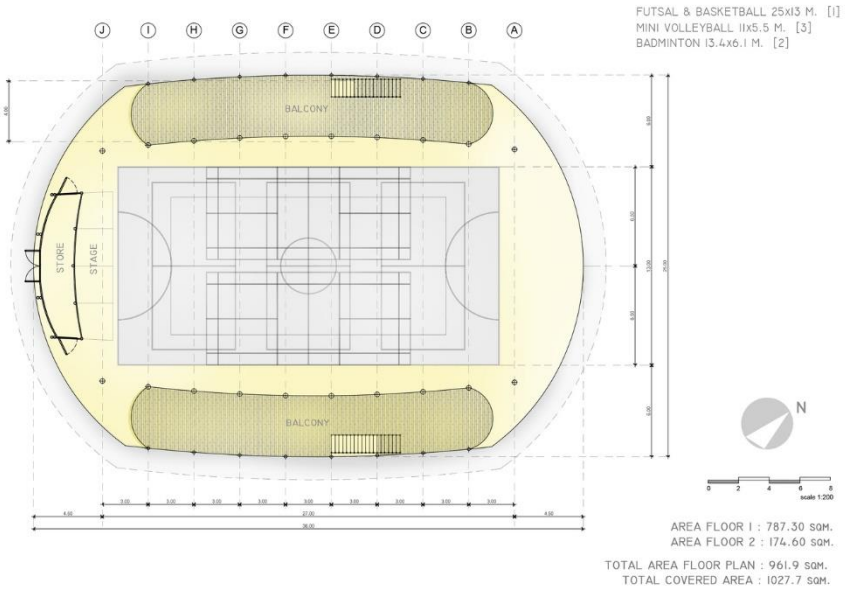
ที่มา : www.ArchDaily.com

มหาวิทยาลัยศิลปากร



รูปภาพที่ 22 Section and Elevation

ที่มา : www.ArchDaily.com



รูปภาพที่ 23 Layout Plan

ที่มา : www.ArchDaily.com

ส่วนในด้านการออกแบบและวัสดุ ช่วยให้อากาศเย็นสบายตลอดทั้งปีผ่านการระบายอากาศตามธรรมชาติและฉนวน ในขณะเดียวกัน โครงไม้ไผ่ที่เปลือยเปล่าก็เป็นงานที่ดึงดูดสายตาและเป็นการงานแสดงฝีมือระดับปรมาจารย์ในการใช้วัสดุธรรมชาติจากท้องถิ่นอย่างมีประสิทธิภาพ

รูปภาพที่ 24 Bamboo Structure

ที่มา : www.ArchDaily.com

รูปภาพที่ 25 Bamboo Structure
ที่มา : www.ArchDaily.com

ห้องโถงได้รับการออกแบบจากวิศวกรอิสระ 2 คน ตามมาตรฐานความปลอดภัยสมัยใหม่ของน้ำหนักบรรทุก แรงเฉือน ฯลฯ เพื่อให้ทนทานต่อลมความเร็วสูงในท้องถิ่น แผ่นดินไหว และพลังธรรมชาติอื่นๆ ทั้งหมด

การออกแบบโครงสร้างที่เป็นนวัตกรรมใหม่ ขึ้นอยู่กับโครงถักไม้ไผ่สำเร็จรูปที่พัฒนาขึ้นใหม่ ซึ่งมีช่วงยาวกว่า 17 เมตรโดยไม่มีการเสริมเหล็กหรือการเชื่อมต่อ โครงถักเหล่านี้สร้างหน้างานและยกเข้าที่ด้วยปั้นจั่น

โครงสร้างไม้ไผ่นี้ ยังมีความสามารถกักเก็บคาร์บ่อน และ ช่วยลดการใช้คาร์บอนจากการก่อสร้างงและการขนส่งอีกด้วย

ไม้ไผ่ทั้งหมดถูกคัดเลือกอย่างดีและไผ่ต้องอายุอยู่ในช่วง 4-6 ปี และผ่านการบำบัดด้วยการแช่ เกลือบอแรกซ์ (borax salt) เป็นระยะเวลานานถึง 1 สัปดาห์ แล้วนำไปตากแดดจนแห้งเป็นสีเหลือง ไม่มีสารเคมีที่เป็นพิษเข้ามาเกี่ยวข้องในกระบวนการบำบัด สารบอแรกซ์นี้เป็นส่วนผสมที่ใช้ในน้ำยาดับเพลิง จึงช่วยเสริมให้ไม้ไผ่มีความคงคนต่อไฟได้อีกด้วย อายุขัยของโถงไม้ไผ่นั้นคาดว่าจะมีอย่างน้อย 50 ปี และนี่คือประโยชน์จากการได้นำวัสดุจากท้องถิ่นมาประยุกต์ใช้กับงานออกแบบอาคารในท้องถิ่นของไทยอย่างเป็นรูปธรรม

ผลการศึกษาข้อมูลในกรณีศึกษาทั้งหมดสรุปได้ว่า ทุกอาคารมีหลักการคิดคำนวณก่อนเริ่มกระบวนการก่อสร้าง โดยอิงจากหลักการพื้นฐานของ Victor Olgyay ซึ่งเน้นการคำนึงถึงบริบทโดยรอบและการสร้างสภาวะสบาย (comfort zone) เป็นตัวแปรสำคัญในการออกแบบ รวมถึงการใช้วัสดุที่หาได้ในท้องถิ่น ซึ่งเป็นส่วนสำคัญในการลดค่าใช้จ่ายในการก่อสร้างและช่วยลดการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (Carbon Footprint) โดยเน้นการศึกษาสภาพภูมิอากาศโดยรอบ ทิศทางในการวางอาคาร ลักษณะพื้นฐานของทำเลที่ตั้ง และบริบทแวดล้อมทั้งใกล้และไกลที่อาจมีผลกระทบต่ออาคาร ตัวอย่างเช่น โรงเรียนนานาชาติปัญญาเด่นที่เน้นการใช้วัสดุท้องถิ่นและการจัดการปัญหาฝุ่นควัน PM2.5 ซึ่งเป็นปัญหาใหญ่ของประเทศไทยในปัจจุบัน เนื่องจากส่งผลกระทบต่อการเจริญเติบโตของเยาวชนและสุขภาพ ในหัวข้อถัดไป จะเป็นการศึกษาเรื่องการเลือกใช้วัสดุที่สามารถหาซื้อได้หรือผลิตและดัดแปลงเองได้ตามความสามารถของโรงเรียน โดยพิจารณางบประมาณที่สามารถจัดสรรได้และอาจต้องขอความร่วมมือจากชุมชนเพื่อช่วยกันสร้างสรรค์และพัฒนาโรงเรียนที่เป็นของชุมชนอย่างแท้จริง จากการสังเกตการณ์พบว่า แม้โรงเรียนจะหยุดเรียนในช่วงการระบาดของเชื้อ Covid-19 และเปิดการเรียนการสอนในระบบออนไลน์ แต่เนื่องจากสัญญาณอินเทอร์เน็ตไม่ทั่วถึง และโรงเรียนเป็นศูนย์กลางหลักในการปล่อยสัญญาณอินเทอร์เน็ต ทำให้นักเรียนต้องมารวมตัวกันใช้บริการอินเทอร์เน็ตที่โรงเรียนอยู่ดี ในช่วงวันหยุดเสาร์-อาทิตย์ นักเรียนบางกลุ่มยังคงเข้ามาใช้งานอินเทอร์เน็ตที่โรงเรียน และชาวบ้านในชุมชนยังเข้ามาพักอาศัยหลบแดดร้อนยามกลางวันและใช้เป็นที่พักผ่อนและออกกำลังกายในยามเย็น ดังนั้น การหยุดเรียนเพื่อป้องกันการแพร่ระบาดของโรคดังกล่าวจึงไม่เป็นผลสำเร็จเท่าที่ควรสำหรับโรงเรียนในต่างอำเภอที่อยู่ห่างไกลจากความเจริญ

2.2 ศึกษาวัสดุเปลือกอาคารที่มีขายและหาได้ง่ายตามท้องถิ่น

2.2.1 ผนังซีเมนต์โฟมสำเร็จรูป

ประกอบด้วย แผ่นซีเมนต์ทั้งสองด้าน ซีเมนต์ ทราย EPS Form เกรดไม่ลามไฟผสมผสานเพิ่มการยึดเกาะพิเศษ ทำให้เกิดความทนทาน

ที่มา : www.onestockhome.com

รูปภาพที่ 26 ผนังซีเมนต์โฟมสำเร็จรูป

2.2.2 ฉนวนกันความร้อน

3 ค่า ควรรู้ ก่อนตัดสินใจซื้อแผ่นฉนวนกันความร้อน

I. ฉนวนกันความร้อนที่ดี ต้องมีค่าการนำความร้อน (k-value) ต่ำ[11]

- ค่าการนำความร้อน หมายถึง ฉนวนชนิดนั้นๆ ยอมให้ความร้อนผ่านตัววัสดุได้ง่ายแค่ไหน
- มีหน่วยวัดเป็น **W/mK**
- หากวัสดุมีคุณสมบัติความเป็นฉนวนดี จะมีค่าการนำความร้อน (**k-Value)** ต่ำ ทำให้สามารถใช้ความหนาของฉนวนบางลงได้ ค่าการนำความร้อนเป็นคุณสมบัติเฉพาะตัววัสดุ ไม่ขึ้นกับความหนา

ตารางที่ 1 เปรียบเทียบค่า k-Value ของฉนวนกันความร้อน

Insulation	Thermal Conductivity
Rockwool	0.034 W/mK
EPS	0.033 W/mK
PUR	0.023 W/mK
PIR	0.021 W/mK

* ค่า k-Value ค่ายิ่งต่ำยิ่งเป็นฉนวนที่ดี
* The Lower k-Value, the better insulation

ที่มา: https://wtg.co.th

มหาวิทยาลัยศิลปากร

2. ฉนวนกันความร้อนที่ดี ต้องมีค่าการต้านทานความร้อน (R-value) สูง[11]

- ค่าการต้านทานความร้อน หมายถึง ความสามารถของวัสดุที่จะยับยั้งการไหลหรือถ่ายเทความร้อน
- มีหน่วยวัดเป็น **m2K/W**
- ค่าการต้านทานความร้อน (**R-Value)** ยิ่งสูง ความเป็นฉนวนยิ่งดี (สำหรับฉนวน)
- คำนวณเป็นส่วนกลับของค่าการนำความร้อนขึ้นอยู่กับความหนาของวัสดุด้วย แต่ละความหนาก็จะมีค่าการนำความร้อนที่แตกต่างกันไป ดังนั้นหากต้องการเปรียบเทียบค่าการต้านทานความร้อนของวัสดุหลายๆชนิด อย่าลืมเทียบที่ความหนาที่มีขนาดเท่าๆกัน

$$\text{หาได้จาก } R = \frac{\text{Insulation Thickness}}{\text{Thermal Conductivity}}$$

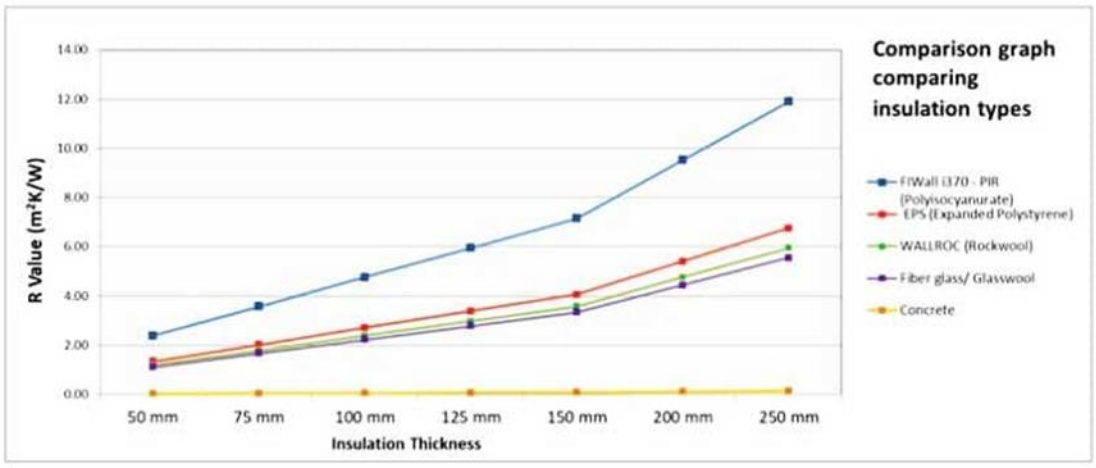
รูปภาพที่ 27 ค่า R ของฉนวนกันความร้อน

ที่มา: https://wtg.co.th

3. ฉนวนกันความร้อนที่ดี ต้องมีค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน (**U-value)** ต่ำ[11]

- ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน หมายถึง ปริมาณความร้อนที่ไหลผ่านเข้ามาในส่วนหนึ่งของอาคารมีความคงที่ โดยที่อุณหภูมิอากาศของทั้งสองด้านแตกต่างกัน (ส่วนกลับของค่าความต้านทานความร้อน) ขึ้นกับความหนาและค่า **k** ของวัสดุนั้นๆ ด้วย
- มีหน่วยวัดเป็น **W/m2K**
- ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน **(U-Value)** ยิ่งต่ำ ความเป็นฉนวนยิ่งดี (สำหรับฉนวน)

ตารางที่ 2 Graph แสดงการเปรียบเทียบ ค่า U-Value ของฉนวนกันความร้อน



$$\text{หาได้จาก } U = \frac{1}{\text{Thermal Resistance ; R value}}$$

2.2.3 วัสดุทางเลือก

จากกรณีศึกษา ได้พบว่า มีวัสดุทาเลือกที่สามารถนำมาดัดแปลงมาใช้ประโยชน์ทางการก่อสร้าง ที่สามารถหาได้ตามภูมิภาคได้อยู่หลายชนิด แต่ในที่นี้ จะยกตัวอย่างออกมาเพียง 3 ชนิด เบื้องต้น เพื่อความเหมาะสมของ และสะดวกต่อการหาซื้อหรือดัดแปลงนำไปใช้สำหรับชุมชนได้สะดวกและรวดเร็ว

2.2.3.1 เหล็กรูปพรรณ

รูปภาพที่ 28 Gando Primary School, photo courtesy of Erik-Jan Owerkerk

จากการกรณีศึกษา Kéré ได้นำวัสดุที่หาได้จากท้องถิ่น นำมาดัดแปลงทำเป็นแผงกันแดดและยังสามารถระบายอากาศ โดยการตัดต่อประกอบขึ้นเป็นลักษณะคล้ายหน้าต่างบานเกล็ด และสามารถพับได้ตามประโยชน์ใช้สอย ในส่วยนี้อาจสามารถนำมาดัดแปลงใช้กับเหล็กพับขึ้นรูปในบ้านเราเพื่อช่วยในการบังแสงทำให้เกิด เงา (Shade and Shadow) เกิดขึ้น เป็นส่วนนึงในการกันความร้อนที่จะแผ่รังศีเข้ามาในตัวอาคารเรียนได้เป็นอย่างดี และยังคงปล่อยให้ลมไหลผ่านเข้าไปในห้องเรียน สามารถสร้างภาวะสภายขึ้นในอีกทางนึงได้เช่นกัน แถมยังเพิ่มลูกเล่นโดยการใส่สีสรรที่

หลากหลาย เพื่อดึงดูดความสนใจ และทำให้ตัวอาคารมีสีสันที่สดใส เพิ่มบรรยากาศให้ห้องเรียนนั้นดูน่าตื่นเต้น และเพิ่มความกระตือรือร้นให้กับนักเรียนไปในตัว

รูปภาพที่ 29 แผงกันสาดด้านนอกอาคารเรียนของ Discovery Elementary School

2.2.3.2 ผนังกระเบื้องลอน

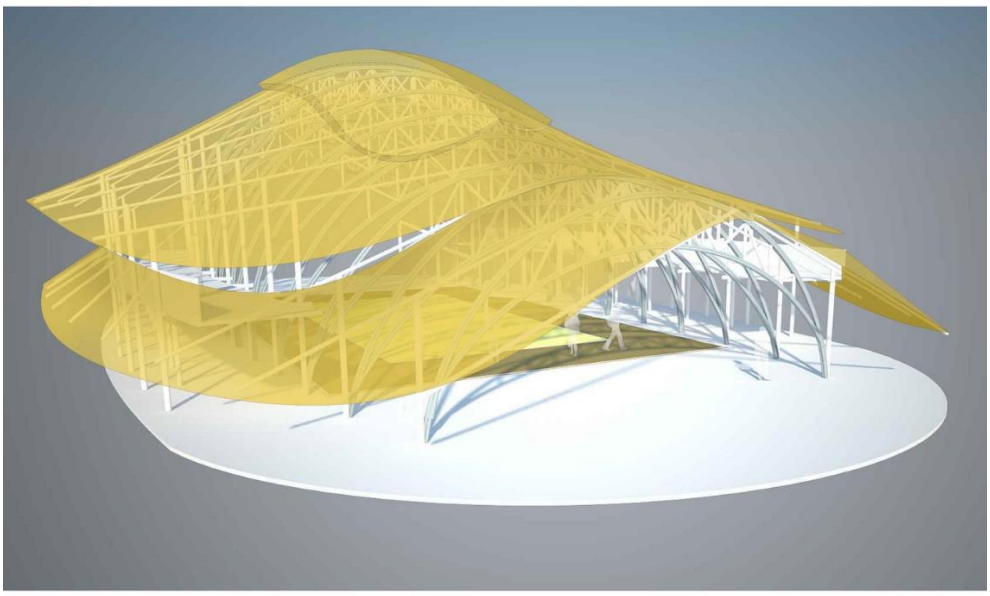
รูปภาพที่ 30 อาคาร Net Zero Energy Building กองสื่อสาร องค์กร มหาวิทยาลัยขอนแก่น

วัสดุนี้เป็นตัวอย่างที่ทาง ผศ.ดร.ชำนาญ บุญญาพุทธิพงศ์ ยังคงเก็บไว้ เนื่องจากสามารถกันความร้อน โดยการสร้างเงา (Shade and Shadow) ให้กับผนังอาคาร และยังปล่อยให้มีลมผ่านเข้า

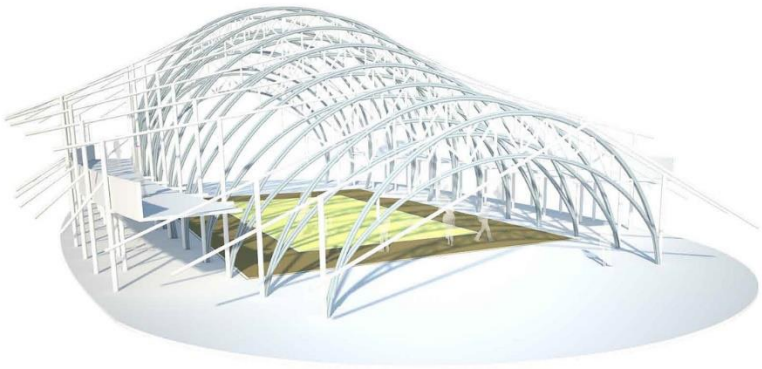
มาได้ ทำให้เกิดการหมุนเวียน และถ่ายเทความร้อนที่มาจากแสงอาทิตย์ ก่อนที่จะส่งผ่านไปยังผนังอาคารได้อีกทางนึง ซึ่งเป็นตัวช่วยลดค่า OTTV ของตัวอาคาร แต่ปัจจุบันนี้รูปลักษณอาจมีการปรับเปลี่ยนไปบ้าง แต่ก็ยังคงสามารถนำมาดัดแปลงและใช้ประโยชน์ได้พอสมควร

2.2.3.3 ไม้ไผ่

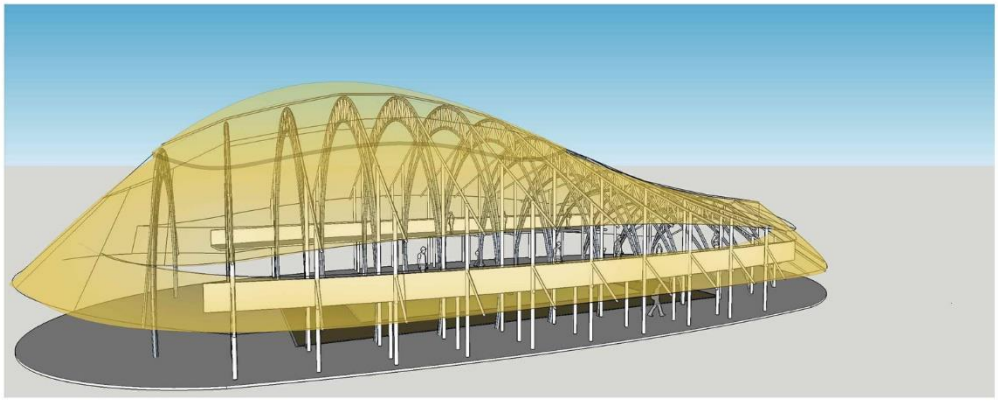
ไม้ไผ่เป็นวัสดุที่ใช้ในการก่อสร้างในท้องถิ่นมาอย่างยาวนาน โดยสามารถนำมาใช้ทำเป็นนั่งร้าน บ้าน ศาลา อุปกรณ์ และเฟอร์นิเจอร์ต่างๆ ที่มีจำหน่ายทั่วไปในตลาด วัสดุนี้มีหลากหลายรูปแบบและประโยชน์ใช้สอยมากมาย นอกจากนี้ ไม้ไผ่ยังเป็นพืชที่เติบโตเร็ว สามารถนำมาใช้งานได้ง่าย ใช้เวลาปลูกไม่นาน และสามารถปลูกทดแทนต้นที่ถูกตัดไปได้ อีกทั้งยังมีหน่อที่สามารถเก็บมาใช้เป็นอาหารได้อีกด้วย จากการศึกษากรณีตัวอย่าง พบว่าไม้ไผ่มีประโยชน์สำคัญอีกประการหนึ่งคือสามารถกักเก็บก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (**CO2**) ซึ่งเป็นปัญหาใหญ่ของโลกในปัจจุบันได้อย่างมีประสิทธิภาพ ไม้ไผ่ยังมีความยืดหยุ่นสูงและมีความคงทนแข็งแรง หากผ่านกระบวนการผลิตอย่างถูกวิธี ข้อมูลเบื้องต้นนี้มาจากบริษัท **Chiangmai Life Construction (CLC)** โดย **Markus Roselieb** ผู้ก่อตั้งบริษัท ซึ่งได้รับรางวัลมากมายจากสถาบันที่มีชื่อเสียงหลายแห่ง และได้นำไม้ไผ่มาใช้ในการก่อสร้างโรงเรียน **Panyaden International School** เนื่องจากมีความสนใจในงานสถาปัตยกรรมและคลั่งไคล้ในการใช้ไม้ไผ่เป็นอย่างมาก ในด้านโครงสร้าง ได้มีวิศวกรท้องถิ่นทำการคำนวณและรับรองเรื่องความปลอดภัยในทางโครงสร้างไว้เป็นที่เรียบร้อยแล้ว ส่วนกรรมวิธีการผลิตนั้น ได้กล่าวไว้เบื้องต้นในกรณีศึกษาแล้ว หากต้องการข้อมูลเพิ่มเติมสามารถหาได้จากแหล่งข้อมูลต่างๆ ที่มีอยู่ทั่วไป



รูปภาพที่ 31 Model โครงสร้างไม้ไผ่ Panyaden International School, photo by ArchDaily

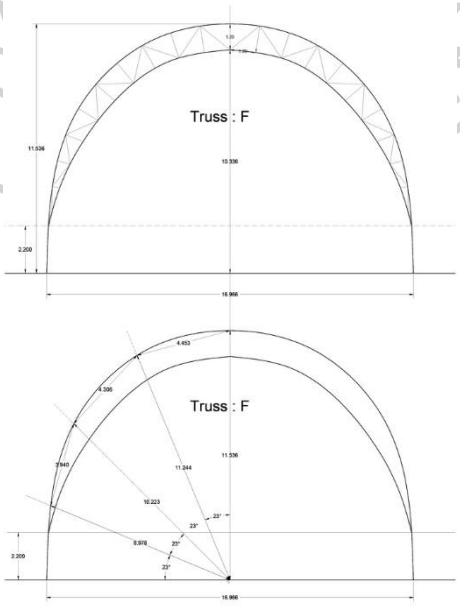


รูปภาพที่ 32 Model โครงสร้างไม้ไผ่ Panyaden International School, photo by ArchDaily



รูปภาพที่ 33 Model โครงสร้างไม้ไผ่ Panyaden International School, photo by ArchDaily

รูปภาพที่ 34 Model โครงสร้างไม้ไผ่ Panyaden International School, photo by ArchDaily



รูปภาพที่ 35 องศาโครงสร้างไม้ไผ่ Panyaden International School, photo by ArchDaily

รูปภาพที่ 36 การขึ้นโครงไม้ไผ่ Panyaden International School, photo by ArchDaily

รูปภาพที่ 37 โครงหลังคา Panyaden International School, photo by ArchDaily

รูปภาพที่ 38 มุงหลังคา Hall of Panyaden International School, photo by ArchDaily

รูปภาพที่ 39 Lycée Schorge Secondary School, photo courtesy of Francis Kéré

นี่เป็นผลงานอีกชิ้นนึงของ Kéré ที่สามารถนำไม้ไผ่มาดัดแปลง แทนต้นไม้ได้ ทำให้เกิดแสงเงา และยังเพิ่มลูกเล่นให้ดูน่าสนใจเพิ่มมากขึ้น

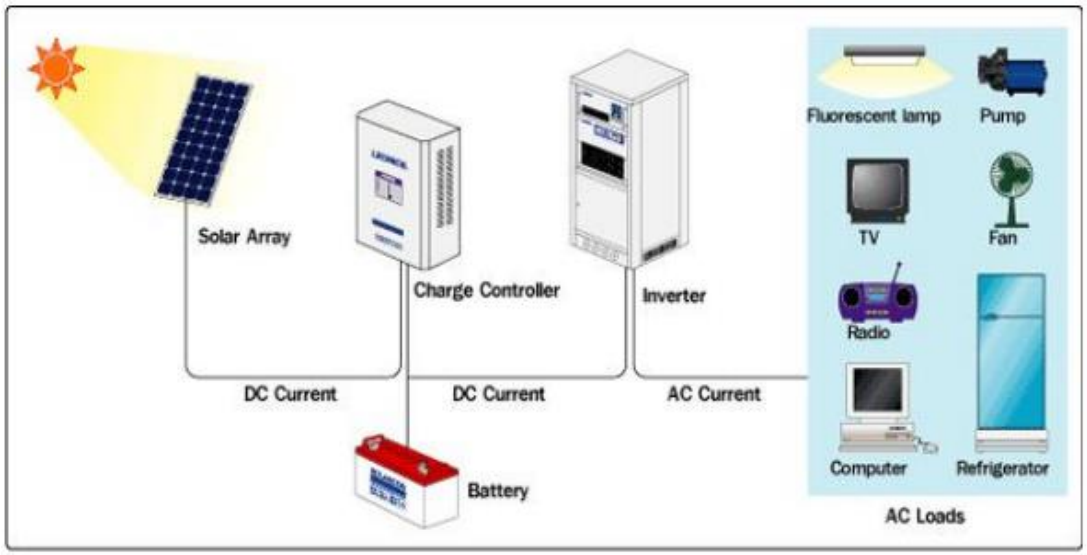
2.3 พลังงานทางเลือกต่างๆ

ณ.ปัจจุบันนี้ ได้มีการค้นหาแหล่งพลังงานสะอาดใหม่ ในรูปแบบต่างๆ ลองมาดูกันสิว่าพอจะมีพลังงานใดบ้าง ที่สามารถนำมาใช้เพื่อเป็นการทดแทนการใช้พลังงานฟอสซิล และสามารถเป็นตัวอย่างการสอนในโรงเรียนได้บ้าง

2.3.1.พลังงานแสงอาทิตย์

จากการติดตั้งโซล่าเซลล์ตามอาคารเรียน หรือพื้นที่ที่เหมาะสมในแต่ละสถานที่ ซึ่งแยกย่อยออกได้เป็นอีก 3 ระบบ

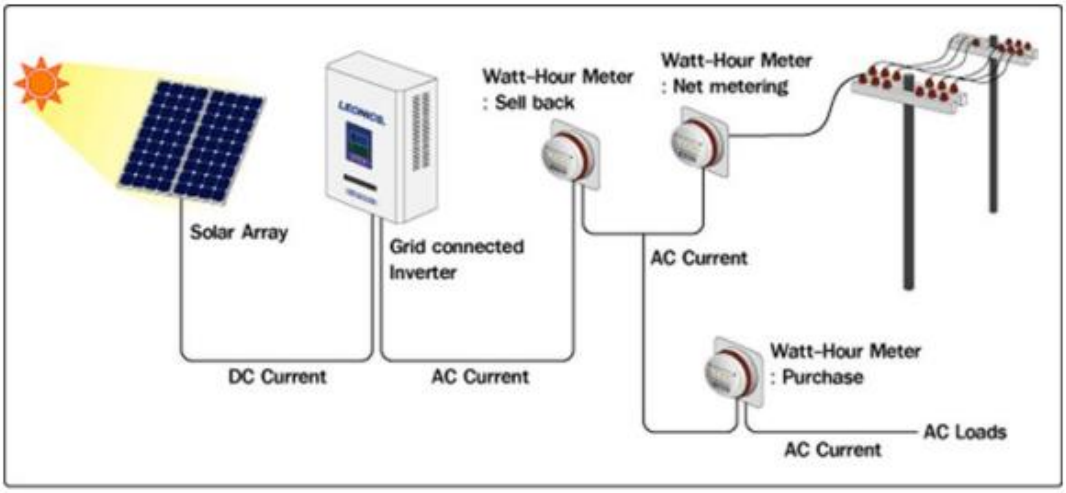
- เซลล์แสงอาทิตย์แบบอิสระ (**PV Stand-alone system)**



รูปภาพที่ 40 PV Stand-alone system
ที่มา : คู่มือการผลิตไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์

เป็นระบบที่ไม่ต้องพึ่งพากระแสไฟฟ้าจากการไฟฟ้าหรือระบบจ่ายไฟฟ้าพื้นฐาน[16] ผ่าน Inverter เพื่อแปลงไฟฟ้าจากไฟฟ้ากระแสตรง เป็นกระแสสลับเพื่อปรับใช้กับอุปกรณ์ไฟฟ้าทั่วไป

- เซลล์แสงอาทิตย์แบบต่อกับระบบจำหน่าย (**PV Grid connected System)**

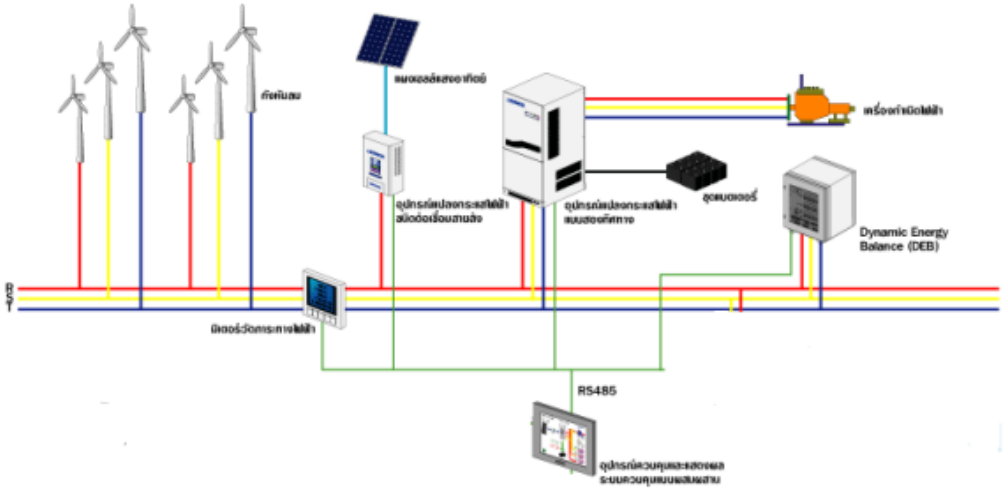


รูปภาพที่ 41 PV Grid connected System

ที่มา : คู่มือการผลิตไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์

เป็นระบบที่เชื่อมต่อกับทางการไฟฟ้า ส่วนเกินที่ผลิตได้ จะส่งกลับไปขายคืนให้กับทางการไฟฟ้าผ่าน Inverter เพื่อแปลงจากไฟฟ้ากระแสตรง เป็นกระแสสลับ ส่วนเวลากลางคืน ระบบจะกลับมาใช้ไฟฟ้าตามระบบการจ่ายไฟฟ้าตามปกติ[16]

- เซลล์แสงอาทิตย์แบบผสมผสาน (**PV Hybrid System)**



รูปภาพที่ 42 PV Hybrid System

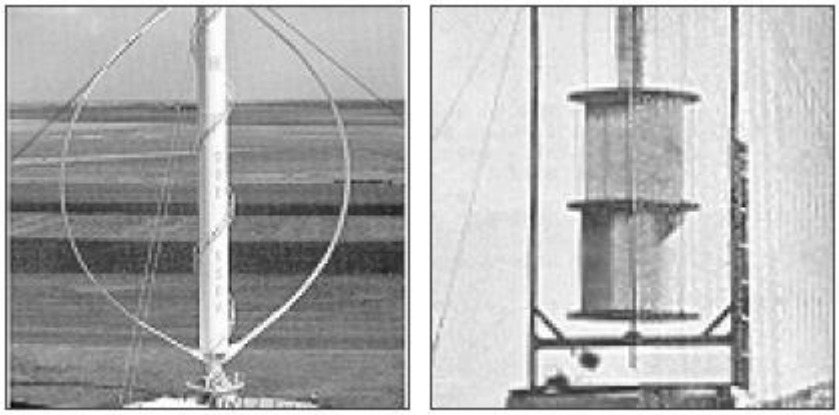
ที่มา : คู่มือการผลิตไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์

เป็นระบบผสมผสาน ที่สามารถรับพลังงานจากแหล่งพลังอื่นหลายระบบร่วมกัน[16]

2.3.2.พลังงานลม

ในบางพื้นที่อาจมีการติดตั้งกังหันลมได้ กังหันลมแยกออกไปได้อีก 2 ระบบ

1. กังหันลมแนวแกนตั้ง (**Vertical Axis Turbine (VAWT)**)



รูปภาพที่ 43 กังหันลมแนวแกนตั้ง (Vertical Axis Turbine (VAWT))
ที่มา : https://กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงานกระทรวงพลังงาน

เป็นกังหันลมที่มีแกนหมุนและใบพัดตั้งฉากกับการเคลื่อนที่ของลมในแนวราบ ซึ่งทำให้สามารถรับลมในแนวราบได้ทุกทิศทาง มีเพียง 2 แบบ คือ กังหันลมแดร์เรียส (Darrieus) ซึ่งประดิษฐ์ขึ้นครั้งแรกในประเทศฝรั่งเศส และกังหันลมซาโวเนียส (Savonius) ซึ่งประดิษฐ์ขึ้นครั้งแรกในประเทศฟินแลนด์ กังหันลมแบบแกนตั้งมีประสิทธิภาพในการเปลี่ยนพลังงานต่ำ มีข้อจำกัดในการขยายให้มีขนาดใหญ่และการยกชุดใบพัดเพื่อรับแรงลม การพัฒนาจึงอยู่ในวงจำกัดและมีความไม่ต่อเนื่อง ปัจจุบันมีการใช้งานกังหันลมแบบแกนตั้งน้อยมาก[17]

2. กังหันลมแนวแกนนอน (**Horizontal Axis Turbine (HAWT)**)

เป็นกังหันลมที่มีแกนหมุนขนานกับทิศทางของลมโดยมีใบพัดเป็นตัวตั้งฉากรับแรงลม ได้แก่ กังหันลมวินด์มิลล์ (Windmills) กังหันลมใบเสื่อลำแพน กังหันลมชนิดหลายใบพัดสำหรับสูบน้ำ กังหันลมชนิด 1, 2, 3, 4 หรือ 6 ใบพัดสำหรับผลิตกระแสไฟฟ้า ซึ่งกังหันลมผลิตไฟฟ้าชนิด 3 ใบพัดได้รับการพัฒนาอย่างต่อเนื่องและมีการใช้งานมากที่สุดในปัจจุบันเนื่องจากมีประสิทธิภาพในการเปลี่ยนพลังงานสูง[17]

รูปภาพที่ 44 กังหันลมแนวแกนนอน (Horizontal Axis Turbine (HAWT))
https://กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงานกระทรวงพลังงาน

2.3.3.พลังงานชีวภาพ

รูปภาพที่ 45 พลังงานชีวภาพ
ที่มา : https://กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงานกระทรวงพลังงาน

ก๊าซชีวภาพ เกิดขึ้นจากกระบวนการย่อยสลายสารอินทรีย์แบบไร้ออกซิเจน (anaerobic process) โดยที่ก๊าซชีวภาพจะมีก๊าซมีเทน (CH_4) เป็นองค์ประกอบหลักอยู่ประมาณ 50 – 80 % นอกนั้นเป็นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) และมีก๊าซ H_2S, N_2, H_2 อีก เล็กน้อย ดังนั้นจึงสามารถนำมาใช้เป็นพลังงานทดแทนได้ ปัจจุบันสารอินทรีย์ที่นิยมนำมาผ่านกระบวนการนี้แล้วให้ก๊าซชีวภาพ คือ น้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรม เช่น โรงงานแป้งมันสำปะหลัง โรงงานเบียร์ โรงงานผลไม้กระป๋อง เป็นต้น รวมทั้งน้ำเสียจากฟาร์มเลี้ยงสัตว์ จากกระบวนการดังกล่าวมีค่า COD ลดลงมากกว่า 80 %

และได้ก๊าซชีวภาพ 0.3 – 0.5 ลบ.ม./กิโลกรัม COD ที่ถูกกำจัด ทั้งนี้ขึ้นกับคุณลักษณะของน้ำเสียแต่ละประเภท ก๊าซมีเทนมีค่าความร้อน 39.4 เมกะจูล/ลบ.ม. สามารถใช้ทดแทนน้ำมันเตาได้ 0.67 ลิตร ซึ่งเทียบเท่าพลังงานไฟฟ้า 9.7 kWh[17]

2.3.4.พลังงานน้ำ

น้ำจะสามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้ต้องมีการกักเก็บน้ำไว้ เพื่อเป็นการสะสมกำลัง โดยการก่อสร้างเขื่อนหรือฝายปิดลำน้ำที่มีระดับความสูงเป็นพลังงานศักย์ และผันน้ำเข้าท่อไปยังเครื่องกังหันน้ำขับเครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังน้ำ

กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน ได้ดำเนินงานเพื่อลดการนำเข้าน้ำมันซึ่งเป็นเชื้อเพลิงหลักในการผลิตไฟฟ้า โดยได้ดำเนินการผลิตพลังงานทดแทนจากโครงการไฟฟ้าพลังน้ำ ดังนี้

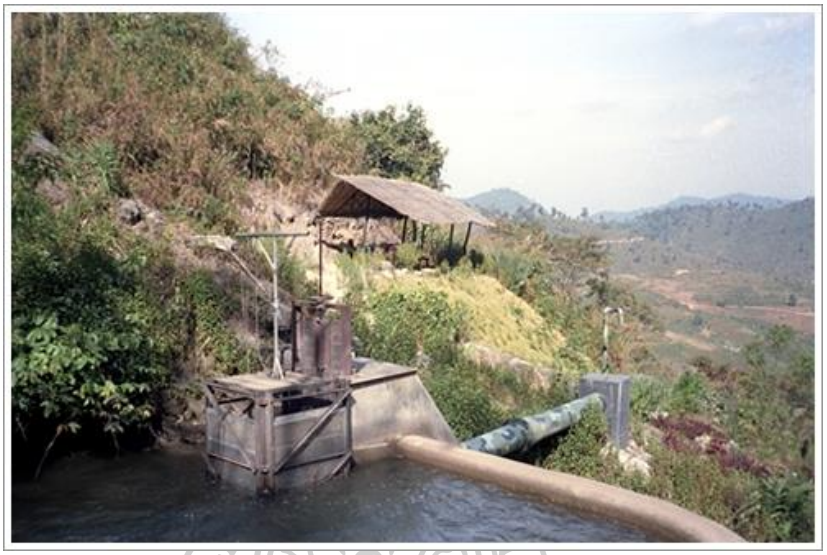
3. โครงการไฟฟ้าพลังน้ำขนาดเล็ก

รูปภาพที่ 46 โครงการไฟฟ้าพลังน้ำขนาดเล็ก

ที่มา : https://กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงานกระทรวงพลังงาน

โครงการพัฒนาไฟฟ้าพลังน้ำ ขนาดเล็ก เป็นการสร้างเขื่อนขนาดเล็กหรือฝายทดน้ำกั้นลำน้ำ ที่จะพัฒนาโดยการผันน้ำจากฝายทดน้ำ หรือเขื่อนไปยังโรงไฟฟ้าด้วยระบบส่งน้ำ เพื่อผลิตกระแสไฟฟ้าขนาดตั้งแต่ 200 กิโลวัตต์ขึ้นไป พพ. สามารถผลิตพลังงานไฟฟ้าได้รวมทั้งสิ้น 97.25 ล้านกิโลวัตต์-ชั่วโมง โดยมีรายได้จากการจำหน่ายกระแสไฟฟ้ารวมทั้งสิ้น 114.785 ล้าน[17]

4. โครงการไฟฟ้าพลังน้ำระดับหมู่บ้าน



รูปภาพที่ 47 โรงไฟฟ้าบ้านขุนกลาง ตั้งอยู่บนดอยอินทนนท์

ที่มา : https://กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงานกระทรวงพลังงาน

พลังน้ำระดับหมู่บ้านโดยดำเนินการในรูปแบบความร่วมมือกับคนในชุมชน ปัจจุบันมีจำนวนโครงการไฟฟ้าพลังน้ำระดับหมู่บ้านที่ยังสามารถเดินเครื่อง ผลิตพลังงานไฟฟ้าอยู่จำนวน 39 โครงการ มีกำลังผลิตรวม 1,155 กิโลวัตต์ จำนวนครัวเรือนที่ได้รับประโยชน์จำนวน 3,779 ครัวเรือน[17]

2.3.5.พลังงานจากขยะ

รูปภาพที่ 48 ภาพตัวอย่าง โรงไฟฟ้าพลังงานขยะ

ที่มา : https://กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงานกระทรวงพลังงาน

จากการแยกขยะมาเผาบนตะแกรง ความร้อนที่เกิดขึ้นใช้ต้มน้ำในหม้อน้ำจนกลายเป็นไอน้ำเดือด ซึ่งจะไปเพิ่มแรงดันของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ขยะได้รับการจัดลำดับให้ได้รับโอกาสในการนำมาผลิตเป็นพลังงานทดแทนลำดับแรก เนื่องจากมีต้นทุนการผลิตไฟฟ้าและมูลค่าผลประโยชน์เชิงสังคมและสิ่งแวดล้อมดีที่สุด โดยเป้าหมายของการผลิตไฟฟ้าตามแผน AEDP 2015 เมื่อสิ้นสุดปีพ.ศ. 2579 ต้องผลิตไฟฟ้าจากขยะชุมชนให้ได้ 500 MW และขยะอุตสาหกรรม 50 MW จากปัจจุบัน พ.ศ.2557 ที่มีกำลังการผลิตที่ 65.72 MW[17]

2.3.6.พลังงานชีวมวล

รูปภาพที่ 49 ภาพตัวอย่าง พลังงานชีวิมวล

ที่มา : https://กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงานกระทรวงพลังงาน

พลังงานชีวมวลใช้การสันดาปเป็นปฏิกิริยา การรวมตัวกันของเชื้อเพลิงกับออกซิเจนอย่างรวดเร็วพร้อมเกิดการลุกไหม้และ คายความร้อน ในการเผาไหม้ส่วนใหญ่จะไม่ใช้ออกซิเจนล้วนๆ แต่จะใช้อากาศแทนเนื่องจากอากาศมีออกซิเจนอยู่ 21% โดยปริมาณ หรือ 23% โดยน้ำหนัก

เตาแก๊สชีวมวลเป็นเตาที่จัดสร้างขึ้นเพื่อใช้สำหรับการหุงต้มอาหารในครัว เรือน โดยใช้เศษไม้และเศษวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรเป็นเชื้อเพลิง โดยมีหลักการทำงานแบบการผลิตแก๊สเชื้อเพลิงจากชีวมวล (Gasifier) แบบอากาศไหลขึ้น (Updraf Gasifier) เป็นการเผาไหม้เชื้อเพลิงในที่ที่จำกัดปริมาณอากาศให้เกิดความร้อนบางส่วน แล้วไปเร่งปฏิกริยาต่อเนื่องอื่นๆ เพื่อเปลี่ยนเชื้อเพลิงแข็งให้กลายเป็นแก๊สเชื้อเพลิง ที่สามารถติดไฟได้ ได้แก่ แก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) แก๊สไฮโดรเจน (H2) และแก๊สมีเธน (CH2) เป็นต้น[17]

บทที่ 3

การวิเคราะห์โปรแกรมที่เหมาะสม เพื่อนำมาใช้ปรับปรุงอาคาร สปช.105/29 10 ห้อง

ปัจจุบันนี้ มีโปรแกรมคอมพิวเตอร์ ที่สามารถนำมาช่วยในการคำนวนหาค่าพลังงานที่มากมาย เช่น โปรแกรม Sefaira, Insight, Cove.tool เป็นต้น ทำให้งานออกแบบอาคารมีความชัดเจนและเป็นรูปธรรมในแง่ของการศึกษาเรื่องการใช้พลังงานภายในอาคารเป็นอย่างมาก และแต่ละโปรแกรมก็มีข้อเด่น ข้อด้อย แตกต่างกันออกไป จึงควรที่จะทำการศึกษาตัวโปรแกรม และ ทำความเข้าใจ เพื่อที่จะนำมาปรับใช้ให้เหมาะสมกับแต่ละโครงการให้ดีเสียก่อน ก่อนที่จะเลือกนำมาใช้

3.1 รายละเอียดโปรแกรมที่เลือกมาศึกษาเปรียบเทียบ

3.2 สรุปข้อดีข้อเสีย และ โปรแกรมที่เลือกมาใช้

3.3 วิเคราะห์ที่ตั้งโครงการ

3.4 วิเคราะห์ แบบอาคาร สปช.105/29 10 ห้อง

3.1 โปรแกรมที่ใช้ในการคำนวน

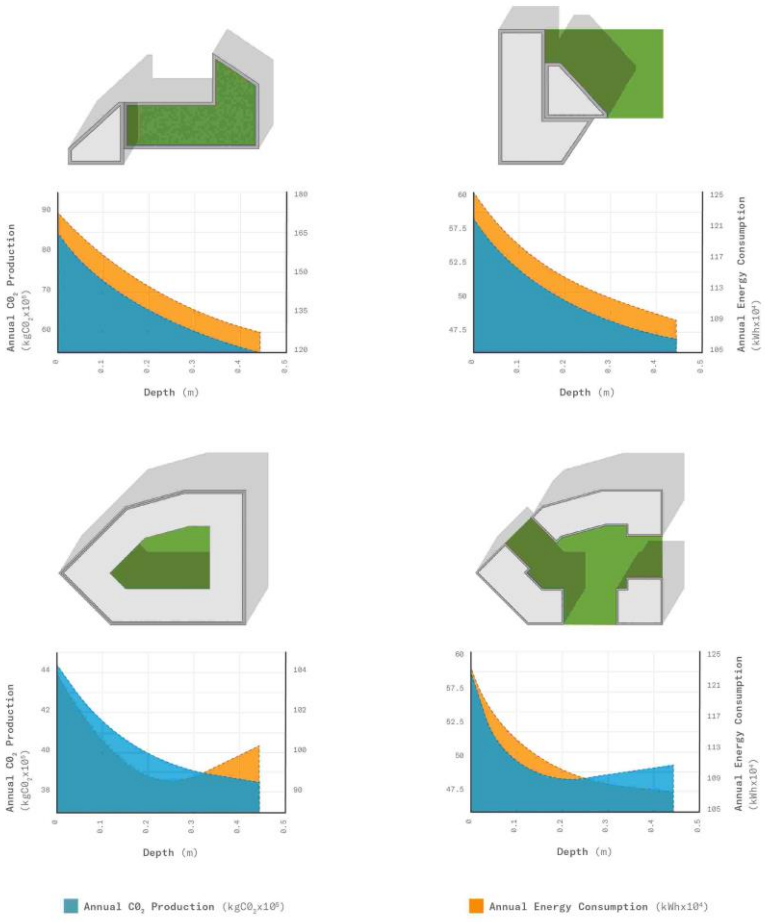
3.1.1 Sefaira

Sefaira เป็นโปรแกรมการออกแบบที่ย่นระยะเวลาการทำงานของสถาปนิกที่จะใช้ในการคำนวนหาค่าพลังงานที่ใช้ภายในอาคาร ซึ่งใช้เป็นเครื่องมือวิเคราะห์ที่สะดวกและรวดเร็ว แก่สถาปนิกเพื่อให้ทันกับการออกแบบแนวคิดและการวางแผนในการออกแบบด้านการคำนวนพลังงาน ได้รับการขนานนามว่าเป็นโปรแกรมสถาปัตยกรรมอันดับ 1 ของโลก โดยอ้างอิงจาก G2's Grid® Report for Architecture

การวิเคราะห์การจำลองการใช้พลังงานของ Sefaira สามารถดำเนินการได้โดยใช้มาตรฐานวัสดุ ASHRAE 90.1-20192[18] แสดงผลออกมาในรูปแบบ EUI เป็นเกณฑ์มาตรฐานที่ใช้หน่วยวัด (metric) เป็นกิโลวัตต์ชั่วโมงต่อตารางเมตรต่อปี (kWh/m^2-y) ในการแสดงความเหมาะสมด้านพลังงานของอาคาร

- การเลือกกลยุทธ์ที่เหมาะสม

เป็นโปรแกรมที่เปรียบเทียบรูปทรงอาคารเบื้องต้น เพื่อคัดเลือกแนวคิดที่เหมาะสมเพื่อศึกษาระบบระบายอากาศตามธรรมชาติและระบบ HVAC สำหรับโครงการทุกประเภท

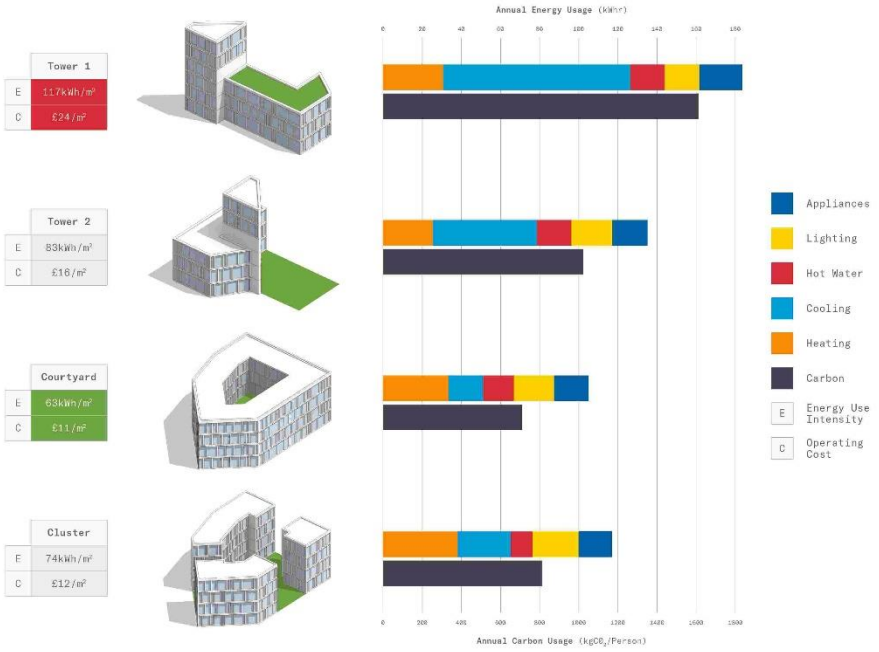


รูปภาพที่ 50 ภาพกราฟแสดงผลการคำนวน Co2 และ พลังงานทั้งปี

ที่มา: https://www.sketchup.com/products/sefaira

- การเปรียบเทียบผลของรูปแบบอาคาร

แสดงผลการคำนวนการใช้พลังงานอาคารในแต่ละรูปทรงเพื่อช่วยในการตัดสินใจของลูกค้าระหว่างการออกแบบนำเสนองาน

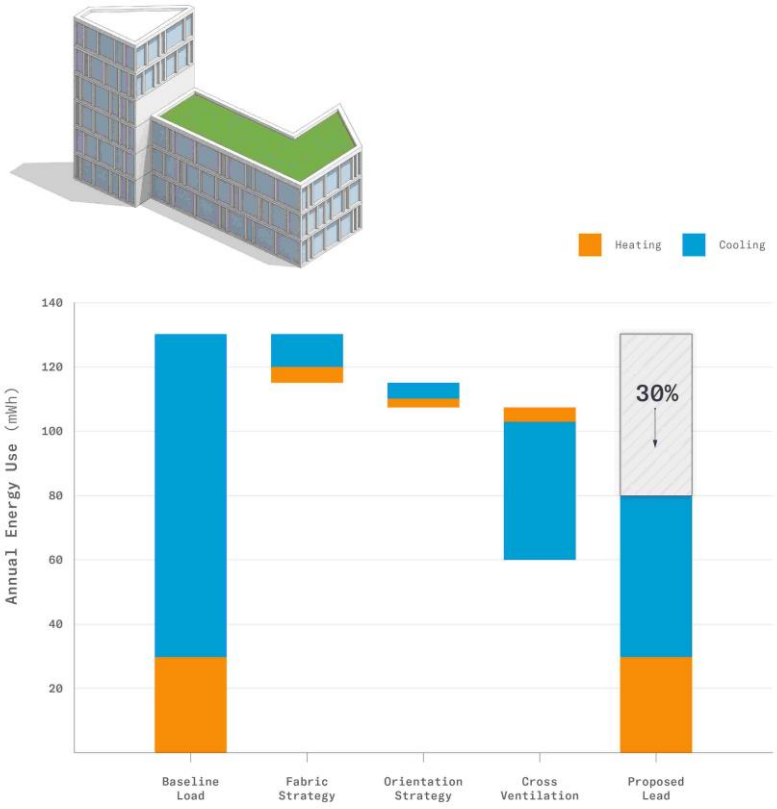


รูปภาพที่ 51 ภาพแสดงการเปรียบเทียบการใช้พลังงานของแต่ละรูปทรงอาคาร

ที่มา: https://www.sketchup.com/products/sefaira

- การสร้างความมั่นใจให้กับตัวโครงการด้วยการใช้ค่ามาตรฐานในการคำนวน

แสดงผลการคำนวนค่าการใช้พลังงานของอาคาร ว่าตรงตามเป้าหมายด้านพลังงาน แสงธรรมชาติ และความสะดวกสบายอย่างไร โดยใช้ ASHRAE และมาตรฐานอุตสาหกรรมอื่นๆ เป็นแนวทางในการคำนวน



รูปภาพที่ 52 ภาพแสดงผลการคำนวนของอาคารรวม

ที่มา: https://www.sketchup.com/products/sefaira

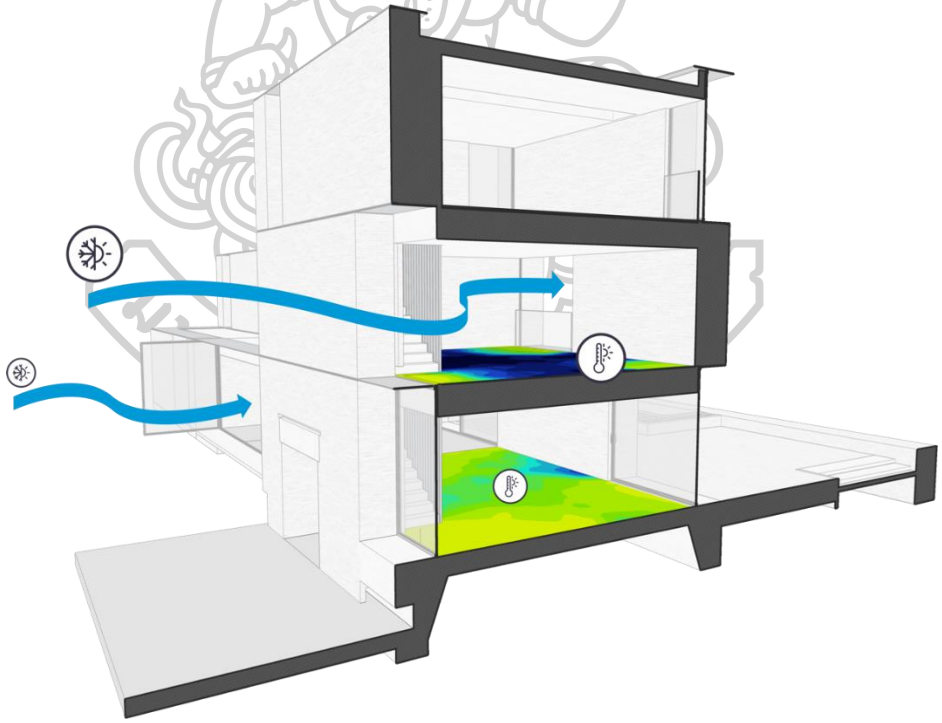
- ใช้งานง่ายและรวดเร็ว

สร้างโมเดลเรขาคณิตอย่างง่ายใน SketchUp ทำการวิเคราะห์เพื่อให้ได้ผลลัพธ์ใช้การคำนวนผ่าน คลาวด์ (Cloud) ของตัวโปรแกรมบนอินเตอร์เน็ต และสามารถนำเสนอโดยใช้กราฟิกที่เข้าใจง่ายน่าเชื่อถือ

เรียกใช้การจำลองแบบชั่วโมงต่อชั่วโมงโดยใช้ EnergyPlus และ Radiance ที่ได้รับการรับรองในอุตสาหกรรม โดยการกรอกข้อมูลที่ทางโปรแกรมได้ใส่ไว้ตามมาตรฐานสากล

การทำงานร่วมกัน

ทำงานเป็นทีม และนำส่งข้อมูลข้ามระหว่างทีมงานในโครงการที่ใช้ร่วมกันโดยใช้ประโยชน์จากพื้นฐานบนคลาวด์ของ Sefaira



รูปภาพที่ 53 ภาพแสดงผลการคำนวนเป็นแบบ 3 มิติ

ที่มา: https://www.sketchup.com/products/sefaira

- มีวิเคราะห์การใช้พลังงานและการปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์

ทำความเข้าใจผลกระทบจากการออกแบบของคุณต่อต้นทุนด้านพลังงานและการปล่อย CO2 ในขณะเดียวกันก็วัดผลกระทบที่อาจเกิดขึ้นจากระบบที่นำกลับมาใช้ใหม่ได้

สภาวะน่าสบาย (Thermal Comfort)

ดูว่าการบังแดดช่วยเพิ่มอุณหภูมิในการทำงานและวัดผลกระทบของการเปิดหน้าต่าง ที่มีผลต่ออุณหภูมิอากาศได้อย่างไร

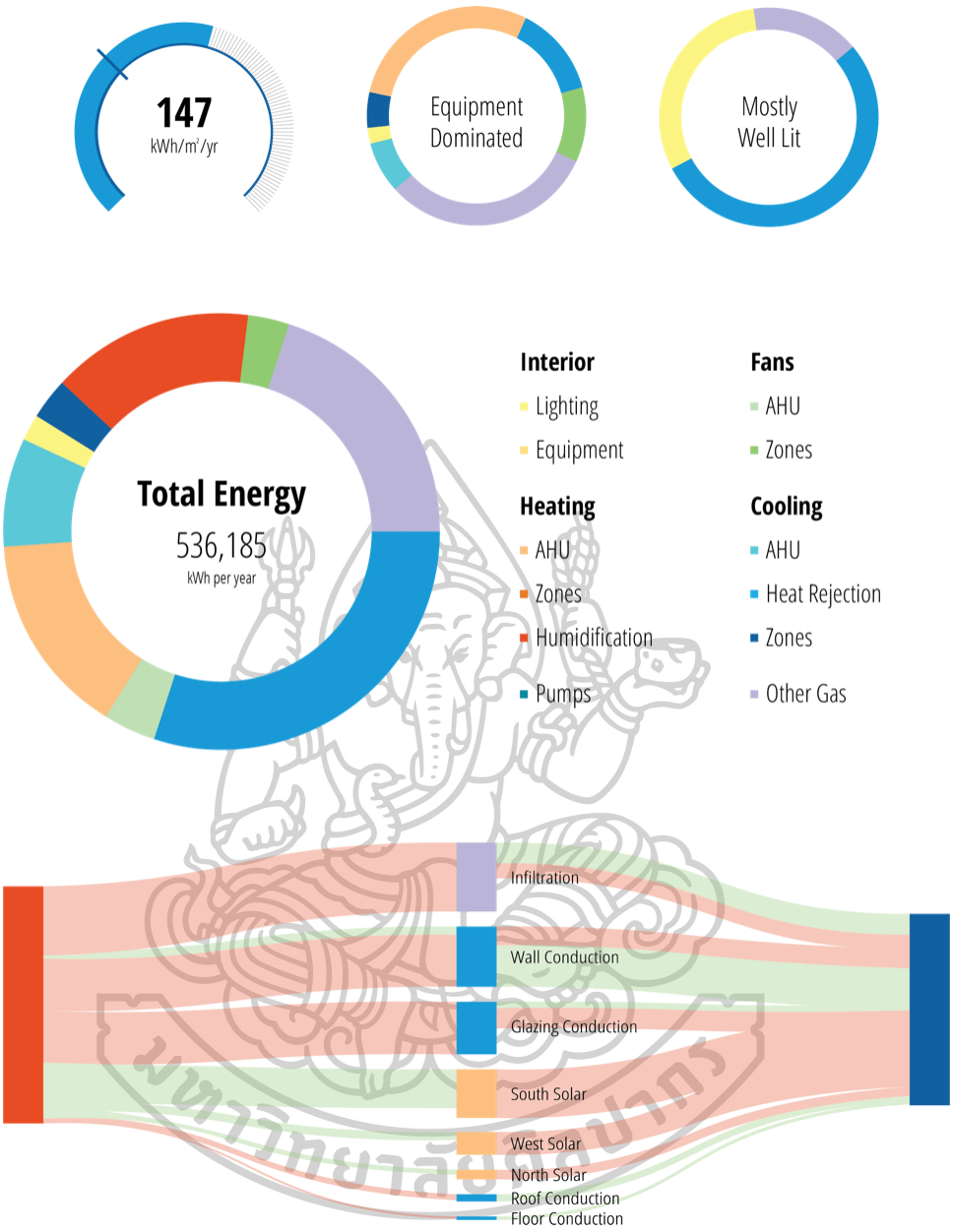
- การวิเคราะห์แสงธรรมชาติเข้าสู่ตัวอาคาร

เลือกระหว่าง Daylight Factor, Direct Sun Exposure และ Annual Daylight outputs (รวมถึง Spatial Daylight Autonomy sDA)

- การวิเคราะห์ระบบปรับอากาศ **(HVAC)**

ประเมินผลกระทบทางคุณลักษณะทางสถาปัตยกรรมอย่างรวดเร็วต่อขนาดของ HVAC และประมวลผลเบื้องต้นเพื่อปรับปรุงการประมาณต้นทุนของโครงการ

มหาวิทยาลัยศิลปากร



รูปภาพที่ 54 ผลสรุปการคำนวนพลังงานที่ใช้ของอาคารทั้งปี

ที่มา: https://www.sketchup.com/products/sefaira

3.1.2 Insight

Autodesk Insight 360 เป็นโปรแกรมวิเคราะห์ประสิทธิภาพอาคารที่ช่วยให้สถาปนิกและวิศวกรออกแบบอาคารที่ประหยัดพลังงานได้มากขึ้นด้วยเครื่องมือจำลองขั้นสูงและข้อมูลการวิเคราะห์ประสิทธิภาพอาคารที่รวมอยู่ใน Revit

Insight ให้ข้อมูลเชิงลึกแก่สถาปนิกเกี่ยวกับผลกระทบของ embodied carbon ในเบื้อต้น Autodesk Insight 360 ใช้สำหรับเครื่องคำนวณพลังงาน EUI สำหรับอาคารสถาปัตยกรรมในยุคสมัยนี้ การแสดงผลเป็นแบบตัวเลขในรูปแบบของโมเดล ไล่เป็นเฉดสี แสดงบนพื้นผิวของหุ่นจำลอง มีทั้ง heating loads, cooling loads, และ PV (Photovoltaic)

เครื่องมือ Generate ของ Insight สร้างแบบจำลองการวิเคราะห์พลังงานสำหรับการออกแบบอาคารขนาดใหญ่ และส่งแบบจำลองนั้นไปยังบริการคลาวด์ (Cloud) Insight ซึ่งมีการสร้างและประเมินตัวเลือกการออกแบบและทางเลือกที่หลากหลายเพื่อรายงานผลลัพธ์ด้านประสิทธิภาพที่เป็นไปได้

- **Insight Solar**

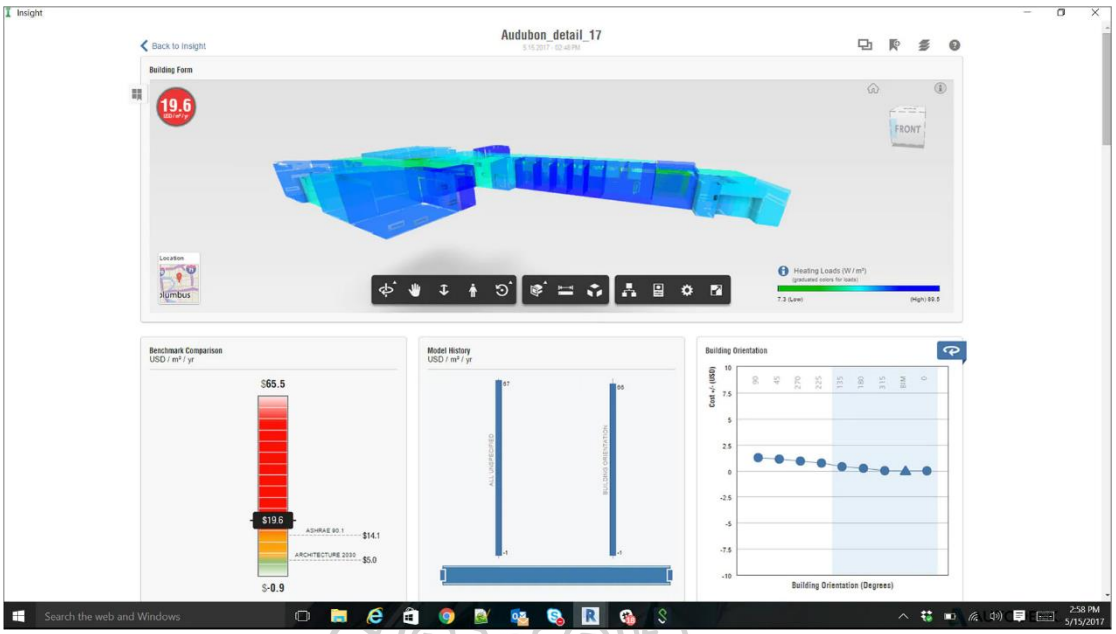
เครื่องมือ Insight Solar สามารถทำการวิเคราะห์พลังงานแสงอาทิตย์ได้หลายประเภทในแบบจำลอง ผลลัพธ์ของการวิเคราะห์ที่เลือกเหล่านี้จะแสดงในหน้าต่างการวิเคราะห์พลังงานแสงอาทิตย์ เช่นเดียวกับการแสดงภาพเป็นการไล่ระดับเป็นเฉดสีบนพื้นผิวแบบจำลอง โดยพิจารณาจากผลกระทบของแสงเงาและการเปลี่ยนแปลงตามฤดูกาลของรังสีดวงอาทิตย์

- **Insight Lighting**

เครื่องมือ Insight Lighting ช่วยให้ทำการศึกษาวิเคราะห์แสงสว่างสำหรับอาคาร สามารถทำการศึกษาอาคารประเภทต่างๆ รวมถึง LEED Daylighting[18] และ Illuminance

- **Insight Heating and Cooling**

เครื่องมือ Insight Heating and Cooling ทำการวิเคราะห์การออกแบบ โดยใช้ EnergyPlus เพื่อกำหนดภาระในการทำความร้อนและการทำความเย็น โหลดความร้อนและความเย็นในแบบจำลองพื้นฐานคำนวณโดยใช้เครื่องมือจำลองรายชั่วโมง EnergyPlus สำหรับวันที่ออกแบบ



รูปภาพที่ 55 ภาพแสดงผลการคำนวนด้วยโปรแกรม Insight

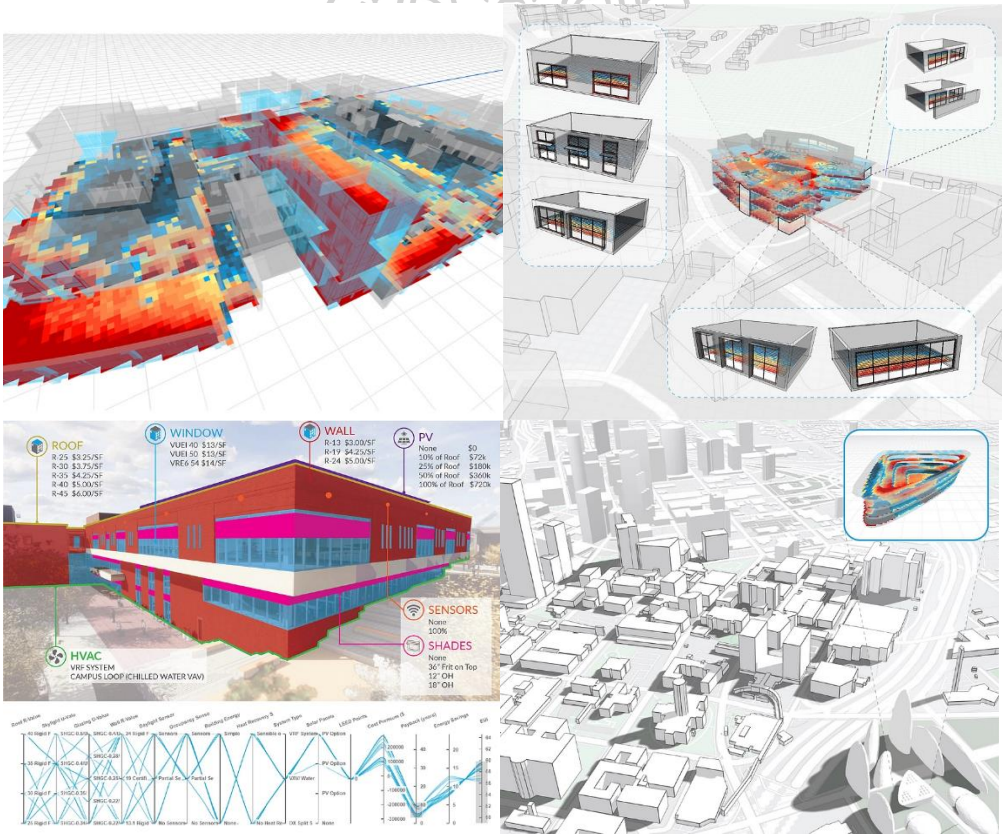
ที่มา: https://www.insight360.autodesk.com

3.1.3 Cove tool

Cove.tool เป็นการออกแบบอัตโนมัติสำหรับประสิทธิภาพของอาคารอัจฉริยะ การสร้างภาพ 3 มิติ และการเพิ่มประสิทธิภาพพารามิเตอร์ สร้างหุ่นจำลองที่ฉลาดขึ้นและแม่นยำขึ้นภายใน 1 ใน 10 ของเวลา เพื่อลดขั้นตอนการออกแบบ การใช้ระบบอัตโนมัติสำหรับ cove.tool ช่วยลดเวลาและค่าใช้จ่าย ด้วยขั้นตอนการทำงานในรูปแบบปลั๊กอิน (adds-on) ที่ใช้งานง่ายสำหรับ Revit, SketchUp, Rhinoceros และอื่นๆ cove.tool ช่วยให้สถาปนิก วิศวกร และนักพัฒนาทุกคนสามารถวิเคราะห์โครงการของตนได้

cove.tool ยังสามารถเทียบกันกับการปรับพลังงานให้เหมาะสมกับ parametric cost และยังสามารถป้อนข้อมูลอัตโนมัติสำหรับ Energy codes ที่มีใช้ในตอนนี้ทั้งหมด ขึ้นรูปอาคารแบบง่าย แสดงผลผ่านทางพื้นผิวของหุ่นจำลองอาคารแบบเฉดสี มีคำแนะนำส่วน façade อาคารอย่างรวดเร็ว และการเปรียบเทียบกลยุทธ์ และอื่นๆ อีกมากมาย ส่งงานผ่านทางโปรแกรมที่ใช้ระบบ BIM ได้ มีรุ่นทดลองใช้ฟรี

ในขณะที่การออกแบบกำลังดำเนินอยู่ สถาปนิกและวิศวกรต้องการการวิเคราะห์เชิงลึกที่รวมถึงรูปทรงเรขาคณิตโดยละเอียด ตัวเลือกระบบ HVAC ที่แตกต่างกัน และกลยุทธ์การควบคุม ผู้ปฏิบัติงานเหล่านี้ต้องการนำข้อมูลที่รวบรวมและป้อนไว้ใน cove.tool และหุ่นจำลองที่สร้างไว้แล้วในเครื่องมืออย่าง Revit, Rhino หรือ SketchUp มาใช้ซ้ำ แทนที่จะสร้างหุ่นจำลองใหม่ตั้งแต่ต้นด้วยเครื่องมืออื่น เพื่อลดช่องว่างในการออกแบบรายละเอียด cove.tool จึงหันมาใช้ OpenStudio ทีมงานจับคู่กับการลงข้อมูลในหุ่นจำลองที่มีลำดับลดลงทั้งหมดกับ OpenStudio articulation (เช่น การสร้างหุ่นจำลอง) การวัด ช่วยให้ผู้ใช้สร้างหุ่นจำลอง OpenStudio โดยไม่ต้องป้อนข้อมูลเพิ่มเติมด้วยหุ่นจำลองนี้ ผู้ใช้สามารถเรียกใช้การวิเคราะห์โดยละเอียดโดยใช้ EnergyPlus และใช้ประโยชน์จาก OpenStudio Measures เพื่อทำการวิเคราะห์พารามิเตอร์เพิ่มเติมหรือการคำนวณการปฏิบัติตามข้อกำหนดของเส้นทางประสิทธิภาพโดยอัตโนมัติ

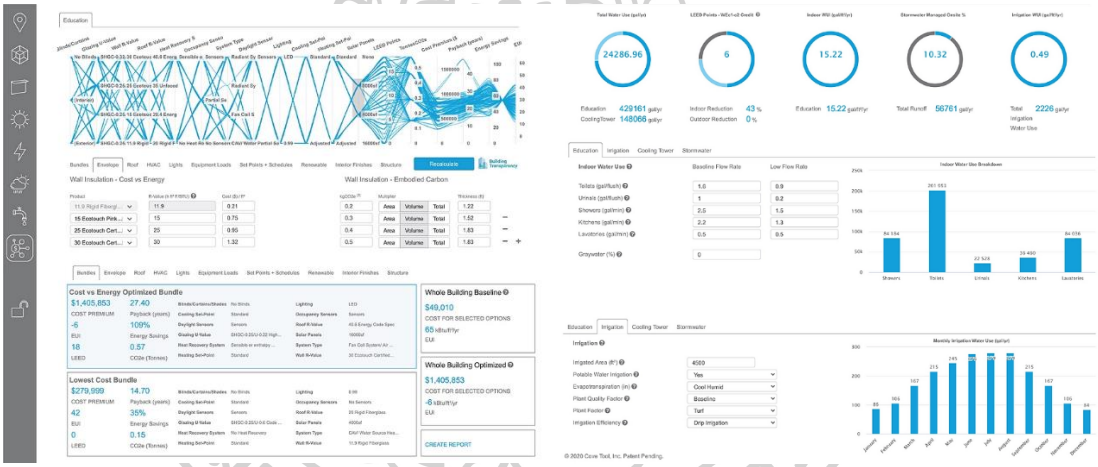


รูปภาพที่ 56 ภาพรวมของโปรแกรม cove.tools

ที่มา: https://www.cove.tools./

รูปภาพที่ 57 ภาพแสดงผลบนพื้นผิว cove.tools

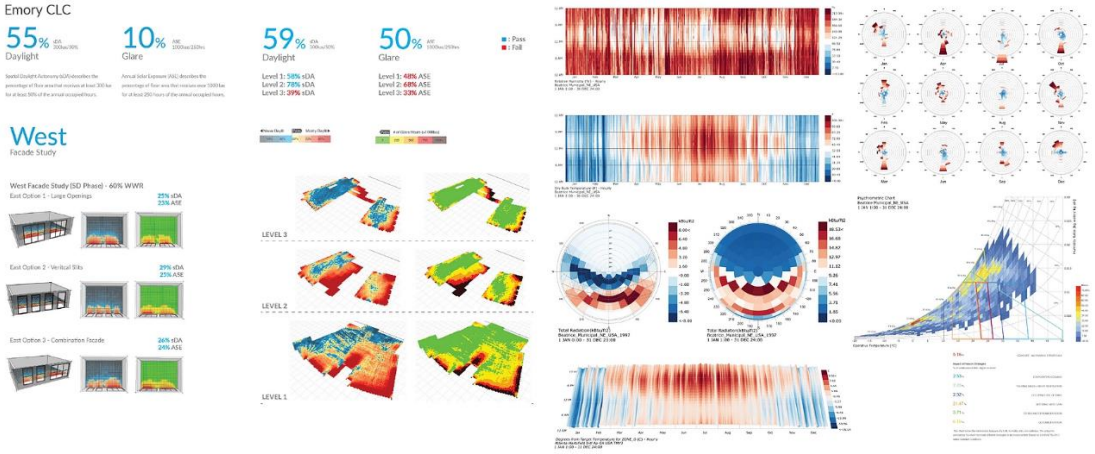
ที่มา: https://www.cove.tools./



รูปภาพที่ 58 การแสดงผลเป็นแบบกราฟ

ที่มา: https://www.cove.tools./

“ด้วยการเพิ่มการส่งออก OpenStudio ตอนนี้ cove.tool ช่วยให้สถาปนิก วิศวกรเครื่องกล และที่ปรึกษาด้านความยั่งยืน (sustainability consultants) มีกระบวนการแบบครบวงจรตั้งแต่การสร้างแบบจำลองประสิทธิภาพขั้นต้นไปจนถึงการสร้างแบบจำลองที่มีรายละเอียดและเป็นไปตามข้อกำหนดสำหรับสหรัฐอเมริกา แคนาดา สหราชอาณาจักร และออสเตรเลีย” Sandeep Ahuja ซีอีโอและผู้ร่วมก่อตั้ง cove.tool กล่าว “ปลายฤดูร้อนนี้ cove.tool จะอนุญาตให้ผู้ใช้เรียกใช้การวัด OpenStudio และการจำลอง EnergyPlus ได้โดยตรงภายในแพลตฟอร์ม”



รูปภาพที่ 59 การแสดงผลด้วยเฉดสี

ที่มา: https://www.cove.tools./

3.2 สรุปข้อดีข้อเสีย และ โปรแกรมที่เลือกมาใช้

จากผลการศึกษาเบื้องต้น Sefaira ช่วยให้ลูกค้าสร้างผลลัพธ์ได้อย่างรวดเร็วและเป็นระบบมากขึ้น นอกจากนี้ยังมีให้ฟังค์ชั่นสำหรับคำนวณเวลาในช่วงเวลากลางวันและส่งเสริมการทำงานร่วมกันเป็นทีม ข้อดีที่สำคัญที่เลือกใช้โปรแกรมนี้ เนื่องจากเป็นโปรแกรมที่ใช้เพื่อขึ้นหุ่นจำลองพื้นฐานในการออกแบบงานสถาปัตยกรรมเบื้องต้นที่ใช้งานง่ายโดยมีการอ้างอิงฐานข้อมูลจากการใส่ค่า ASHRAE และ EnergyPlus ในการคำนวน เหมาะสำหรับนำมาเป็น guideline ในการออกแบบเบื้องต้นสำหรับงานวิจัยนี้

Autodesk Insight เป็นเครื่องมือที่ทำการวิเคราะห์การออกแบบโดยใช้ EnergyPlus เพื่อกำหนดโหลดความร้อนและความเย็น โหลดความร้อนและความเย็นในแบบจำลองพื้นฐานคำนวณโดยใช้เครื่องมือจำลองรายชั่วโมง EnergyPlus เนื่องจากโปรแกรมนี้มีค่าใช้จ่ายในการคำนวนค่อนข้างสูง จึงไม่เหมาะสมในงานวิจัยในครั้งนี้ เนื่องจากจำเป็นจะต้องมีการทดลองและแก้ไขเป็นจำนวนต่อครั้งสูง ซึ่งทางโปรแกรมนี้จะคิดค่าใช้จ่ายเป็นการคำนวนต่อครั้งในการคำนวน

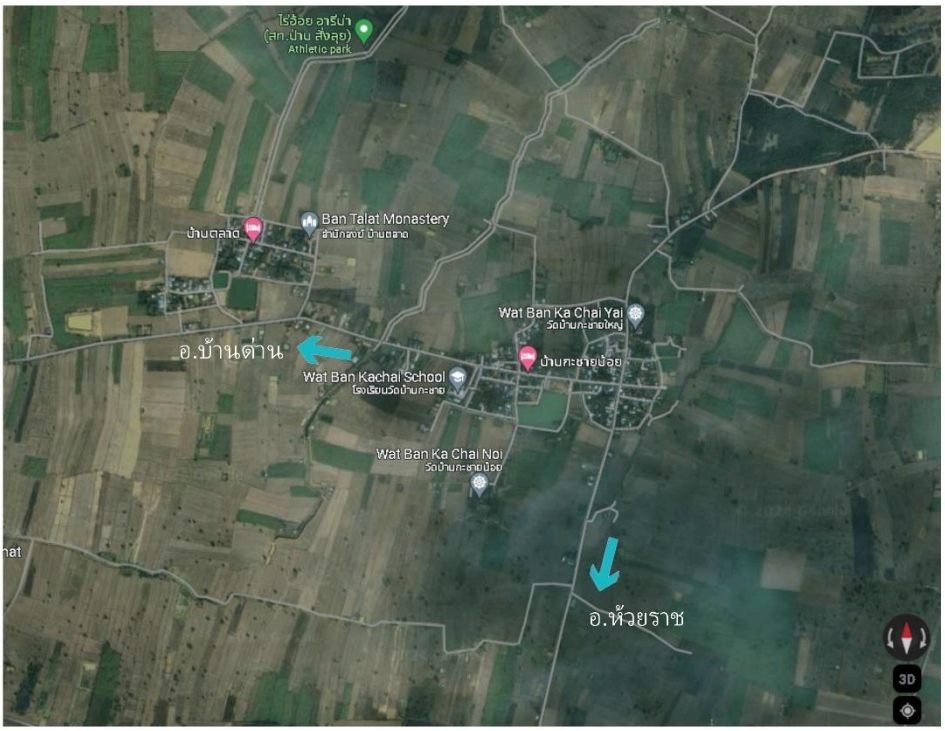
Cove.tool มีรูปแบบที่ใช้งานง่ายซึ่งช่วยให้สถาปนิก วิศวกร และผู้รับเหมาเพิ่มประสิทธิภาพในการคำนวน optimize sustainability และ energy efficiency พร้อมทั้งยังประหยัดต้นทุนและเวลาในการออกแบบโครงการ ด้วยการทำให้ขั้นตอนการสร้าง

แบบจำลองพลังงานเป็นไปโดยอัตโนมัติ cove.tool ขจัดความจำเป็นในการใช้แรงงานคน โดยลดสิ่งที่เคยใช้เวลาหลายชั่วโมงของของการทำงาน ลงเหลือเพียง 1 นาที เนื่องจากเป็นโปรแกรมที่ใหม่ จึงยังไม่เป็นที่รู้จักแพร่หลายในประเทศไทย

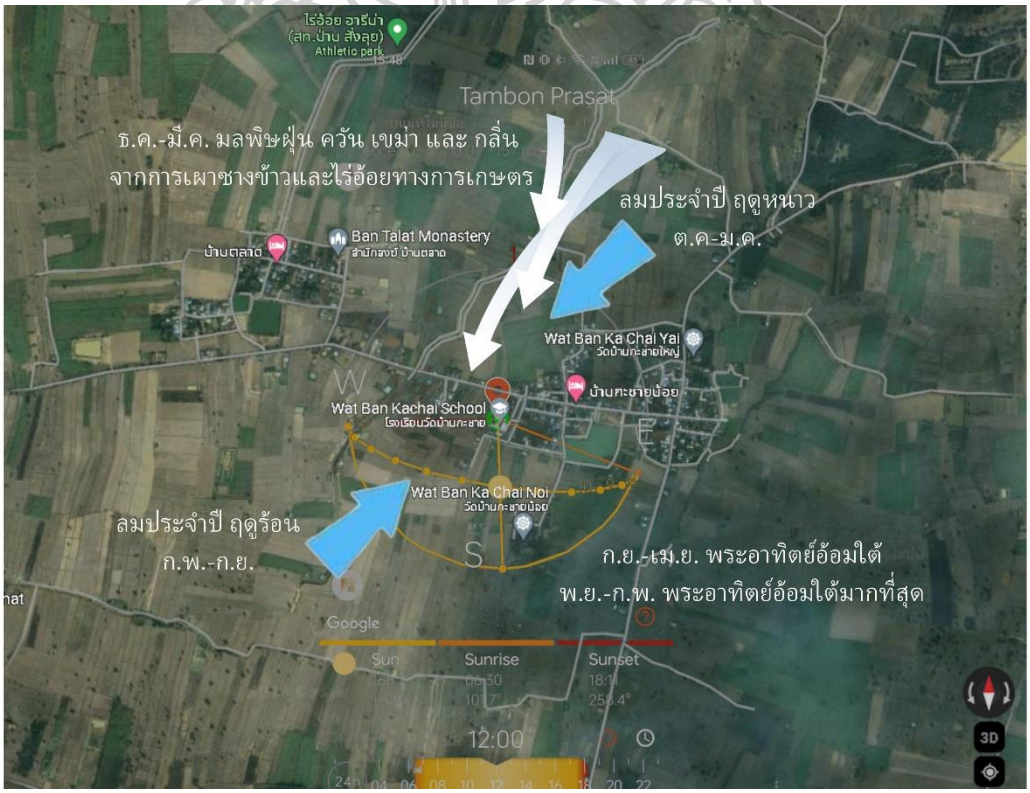
3.3 วิเคราะห์ที่ตั้งโครงการ

จากการลงพื้นที่สำรวจ และพูดคุยกับทางผู้อำนวยการโรงเรียนของแต่ละโรงเรียน ได้ข้อสรุปว่า ทางโรงเรียนวัดบ้านกระชาย ยินยอมที่จะให้ทำการเก็บ สำรวจข้อมูล และยังให้ความร่วมมือในการทำงานวิจัยชิ้นนี้เป็นอย่างดี

รูปภาพที่ 60 โรงเรียนวัดบ้านกระชาย



รูปภาพที่ 61 ที่ตั้งโรงเรียนวัดบ้านกระชาย ผังการเดินทาง



รูปภาพที่ 62 เส้นทางโคจรดวงอาทิต และ มลภาวะโดยรอบ

รูปภาพที่ 63 บริบทโดยรอบของโรงเรียน

จากแผนที่ทางอากาศจะเห็นได้ว่า พื้นที่โดยรอบ ส่วนใหญ่จะเป็นพื้นที่ทำการเกษตรเกือบทั้งหมด มีทั้ง การปลูกข้าว และอ้อย เป็นส่วนใหญ่ เมื่อถึงเวลาก่อนการเก็บเกี่ยวอ้อย และหลังจากการเกี่ยวข้าวเสร็จ จะมีการเผา ไร่อ้อย และชางข้าง ทำให้เกิดมลภาวะทาง ฝุ่น ควัน เขม่า มาทุกทิศทุกทาง ในช่วงเดือน ธ.ค.-มี.ค. ซึ่งเป็นเวลาเรียนเทมอสุดท้ายและสอบปลายภาคของทางโรงเรียน

ที่ตั้งของโรงเรียน จะมีชุมชนใกล้เคียง อยู่ 3กลุ่มคือ ใหญ่ กลาง เล็ก โรงเรียนอยู่ติดกับชุมชนขนาดกลาง และอยู่ระหว่าง 2หมู่บ้าน ระหว่างบ้านกระชายน้อย และบ้านตลาด ทางโรงเรียนจึงเป็นศูนย์กลางการศึกษาแห่งเดียวของ 2หมู่บ้านนี้

ตารางข้างล่างนี้เป็นการเก็บข้อมูลตั้งแต่ 1991-2021 สภาพภูมิอากาศของบุรีรัมย์มีลักษณะเป็นแบบเขตร้อน อุณหภูมิเฉลี่ยทั้งปีอยู่ที่ 26.7 องศาเซลเซียส หรือ 80 องศาฟาเรนไฮต์ ปริมาณน้ำฝนประมาณ 1,259 มม., 49.6 นิ้วต่อปี ตั้งอยู่ใกล้กับเส้นศูนย์สูตร ทำให้ฤดูร้อนยากที่จะคาดเดาได้ เดือนที่มีแสงแดดมากที่สุดในแต่ละวันคือเดือนกรกฎาคม โดยมีระยะเวลาเฉลี่ย 10.36 ชม. รวม

321.2 ชม. และช่วงที่มีแสงแดดต่อชม.ต่อวันน้อยที่สุดคือช่วงเดือนมกราคม เฉลี่ย 8.03 ชม. รวม 240.83 ชม. ตลอดทั้งปี จะได้รับแสงแดดประมาณ 3,400.14 ชม. เฉลี่ยต่อเดือนเป็น 111.8 ชม.

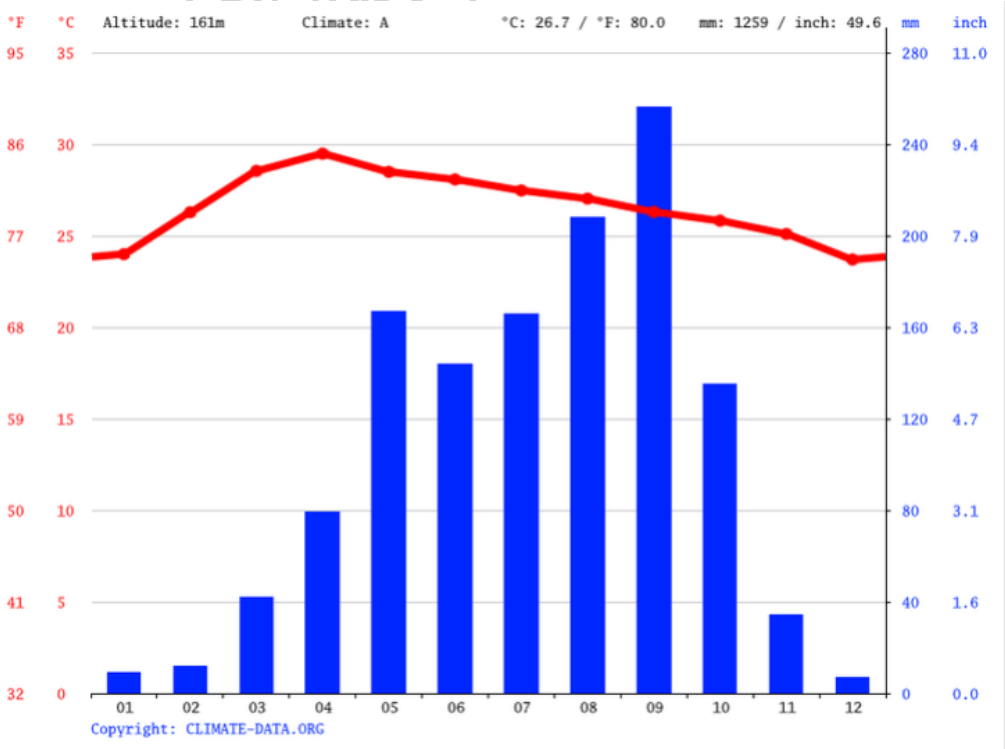
ตารางที่ 3 ตารางแสดงผลเฉลี่ย อุณหภูมิ ปริมาณน้ำฝน และแสงแดด

	January	February	March	April	May	June	July	August	September	October	November	December
Avg. Temperature °C (°F)	24 °C (75.2) °F	26.3 °C (79.3) °F	28.5 °C (83.4) °F	29.5 °C (85.1) °F	28.5 °C (83.3) °F	28.1 °C (82.5) °F	27.5 °C (81.4) °F	27 °C (80.6) °F	26.3 °C (79.3) °F	25.8 °C (78.5) °F	25.1 °C (77.2) °F	23.7 °C (74.7) °F
Min. Temperature °C (°F)	18.4 °C (65.1) °F	20.4 °C (68.7) °F	23.3 °C (73.9) °F	25.1 °C (77.1) °F	25.2 °C (77.3) °F	25.1 °C (77.2) °F	24.7 °C (76.4) °F	24.4 °C (75.9) °F	23.7 °C (74.6) °F	22.7 °C (72.8) °F	21 °C (69.8) °F	18.7 °C (65.6) °F
Max. Temperature °C (°F)	29.6 °C (85.2) °F	32 °C (89.5) °F	34 °C (93.2) °F	34.7 °C (94.4) °F	33.1 °C (91.6) °F	32.3 °C (90.2) °F	31.6 °C (88.9) °F	30.9 °C (87.7) °F	30 °C (86.1) °F	29.7 °C (85.5) °F	29.5 °C (85.2) °F	28.9 °C (84) °F
Precipitation / Rainfall mm (in)	9 (0)	12 (0)	42 (1)	79 (3)	167 (6)	144 (5)	166 (6)	208 (8)	256 (10)	135 (5)	34 (1)	7 (0)
Humidity(%)	58%	55%	56%	61%	72%	73%	75%	78%	83%	78%	68%	60%
Rainy days (d)	2	2	6	9	16	15	17	18	17	12	4	1
avg. Sun hours (hours)	9.0	9.7	9.8	9.9	9.6	10.2	10.4	9.9	8.7	8.2	8.0	8.4

Data: 1991 - 2021 Min. Temperature °C (°F), Max. Temperature °C (°F), Precipitation / Rainfall mm (in), Humidity, Rainy days. Data: 1999 - 2019: avg. Sun hours

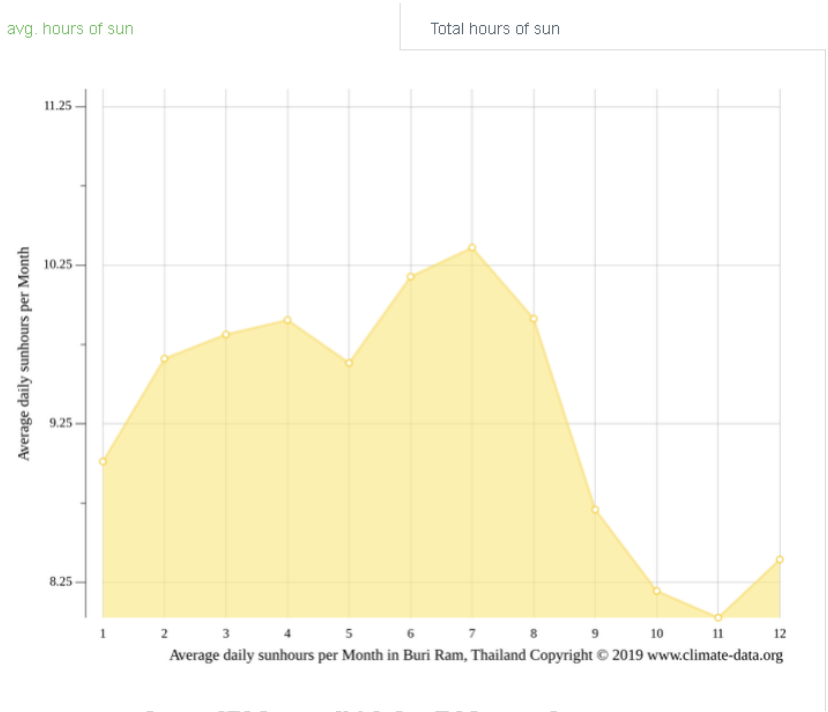
ที่มา : https://en.climate-data.org

ตารางที่ 4 กราฟแสดง Climate Weather ต่อเดือน



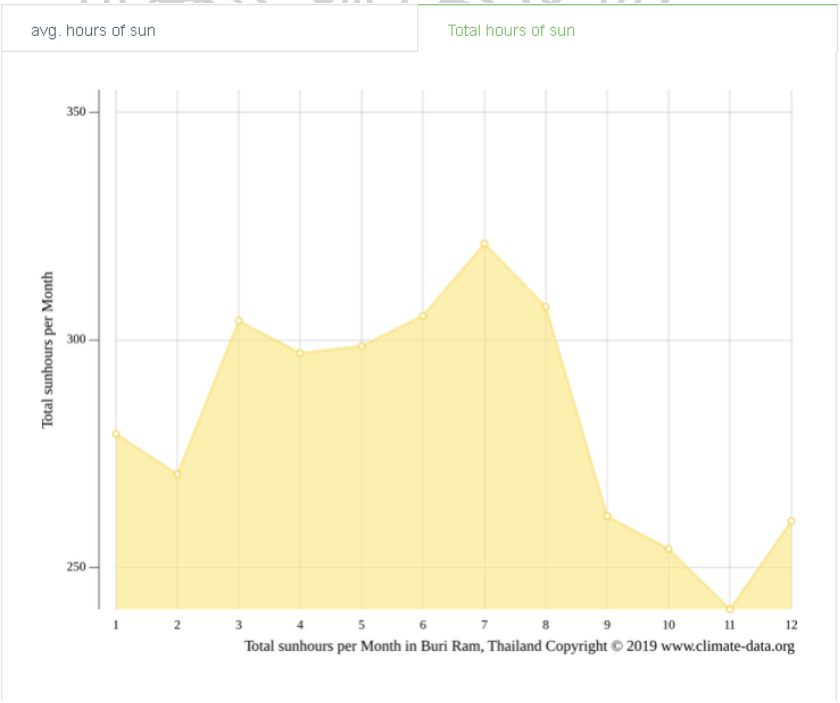
ที่มา : https://en.climate-data.org

ตารางที่ 5 กราฟแสดงค่าเฉลี่ยชม.แสงแดดรายวัน



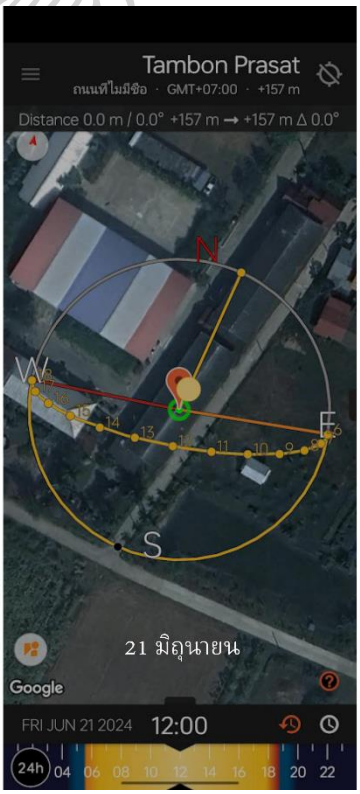
ที่มา : https://en.climate-data.org

ตารางที่ 6 กราฟแสดงช่วงเวลารับแสงแดดโดยรวมต่อเดือน



ที่มา : https://en.climate-data.org

รูปภาพที่ 64 เส้นทางโคจรของดวงอาทิตย์ช่วงฤดูหนาว

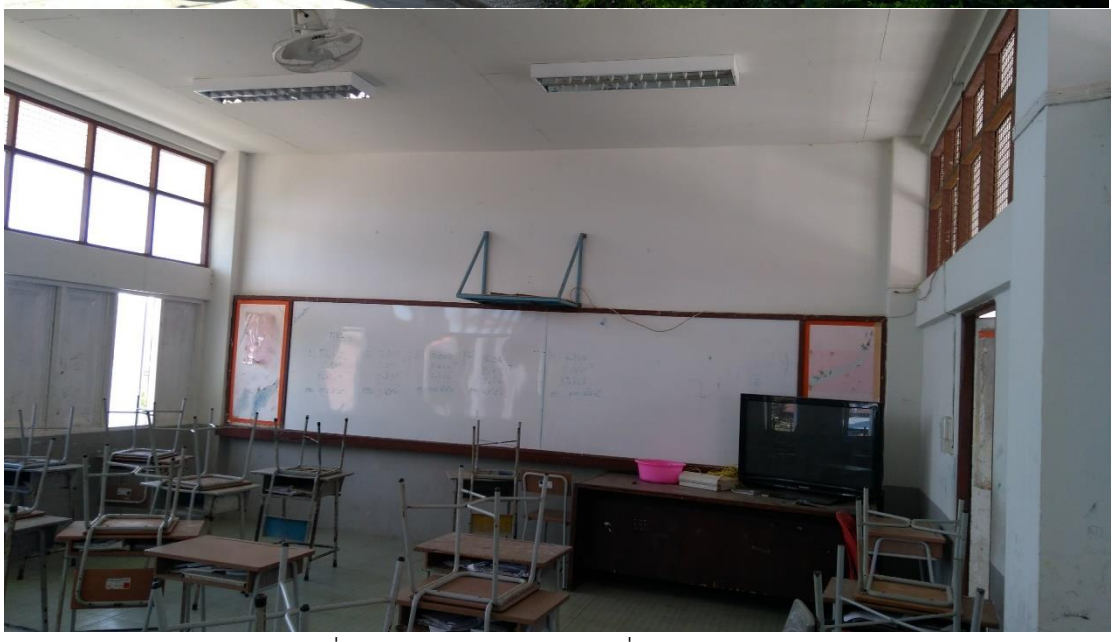


รูปภาพที่ 65 เส้นทางโคจรของดวงอาทิตย์ในฤดูร้อน

รูปภาพที่ 66 อาคารเรียนตามแบบ สปช.105/29 ดั้งเดิม

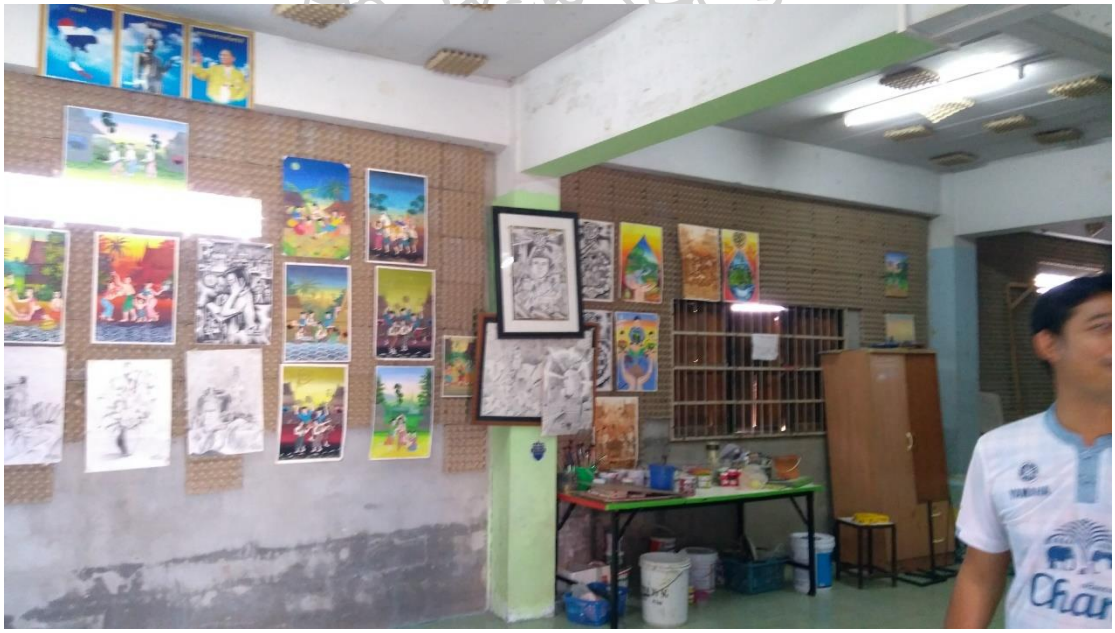
รูปภาพที่ 67 อาคารเรียนตามแบบ สปช.105/29 แบบต่อเติม

รูปภาพที่ 68 อาคาร สปช 105/29 ดั้งเดิม รองบปรับปรุง



รูปภาพที่ 69 อาคารและห้องเรียนที่ได้รับการปรับปรุงแล้ว

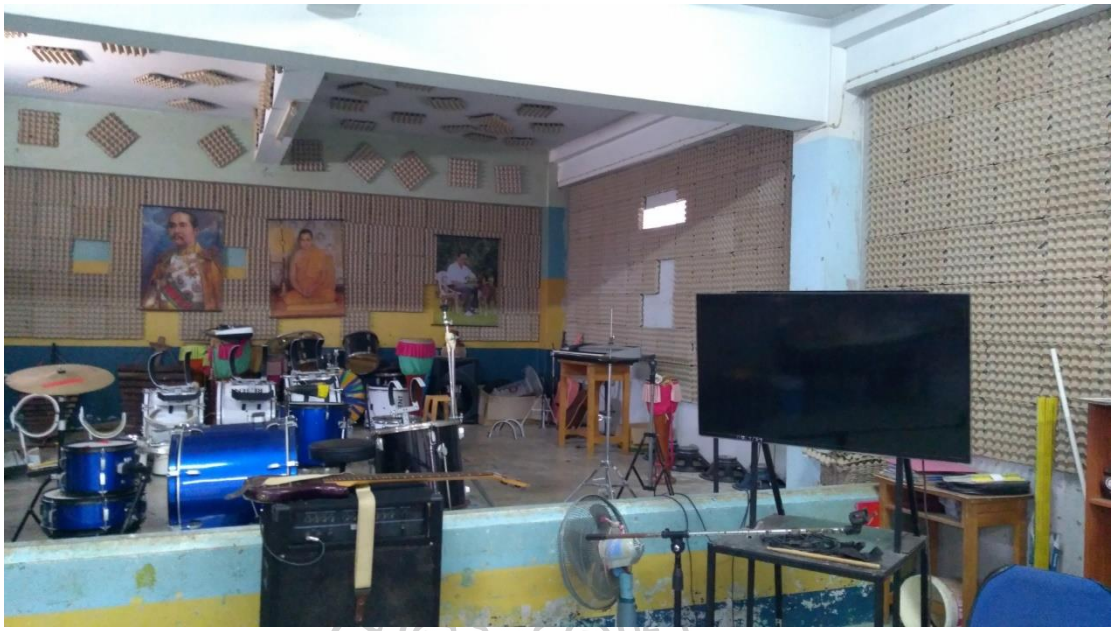
รูปภาพที่ 70 ห้องสมุด



รูปภาพที่ 71 ห้องเรียนศิลปะ

รูปภาพที่ 72 ห้องอินเตอร์เน็ตเซเวอร์

รูปภาพที่ 73 ห้องอินเตอร์เน็ตเซเวอร์



รูปภาพที่ 74 ห้องเรียนดนตรี

รูปภาพที่ 75 ถังเก็บน้ำฝนเดิม

รูปภาพที่ 76 ระบบน้ำดื่ม

รูปภาพที่ 77 ถังเก็บน้ำดื่ม

รูปภาพที่ 78 ระบบน้ำดีและรางระบายน้ำ

รูปภาพที่ 79 ระบบน้ำดีและรางระบายน้ำ

หลังจากลงพื้นที่สำรวจแล้ว พบว่าในรูปแบบของอาคารต้นแบบนั้น ไม่สามารถตอบสนองการใช้งานจริงในยุคปัจจุบัน ตัวอาคารต้องมีการต่อเติม ดัดแปลงกันเองโดยบุคคลากรในโรงเรียน โดยทำการว่าจ้างช่างท้องถิ่น ในการแก้ไขต่อเติม อาจจะไม่ตรงตามหลักการการออกแบบบ้าง แต่ก็เป็นการแก้ไขสถานณการณ์เฉพาะหน้าไปก่อน ตามงบประมาณที่สามารถจัดหามาได้ บางส่วนก็ไม่สามารถตอบสนองต่อการใช้งานได้อย่างสะดวก ปลอดภัย และถูกสุขลักษณะเท่าไรหนัก ส่วนในเรื่องการใช้พลังงาน มีการติดตั้งเครื่องปรับอากาศเข้ามาใช้ร่วมด้วยในบางห้อง ห้องเรียนมีการติดตั้งพัดลมเพดานเข้ามาเพิ่มเติมในแต่ละห้องอีกด้วย

ในบทต่อไปจะเป็นการแสดงวิธี และขั้นตอนการเก็บข้อมูลจากการประมวลผลด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์เบื้องต้น เพื่อเป็นแนวทางในการพัฒนาและแก้ไขปัญหาตามวัตถุประสงค์ของงานค้นคว้าอิสระชิ้นนี้ต่อไป

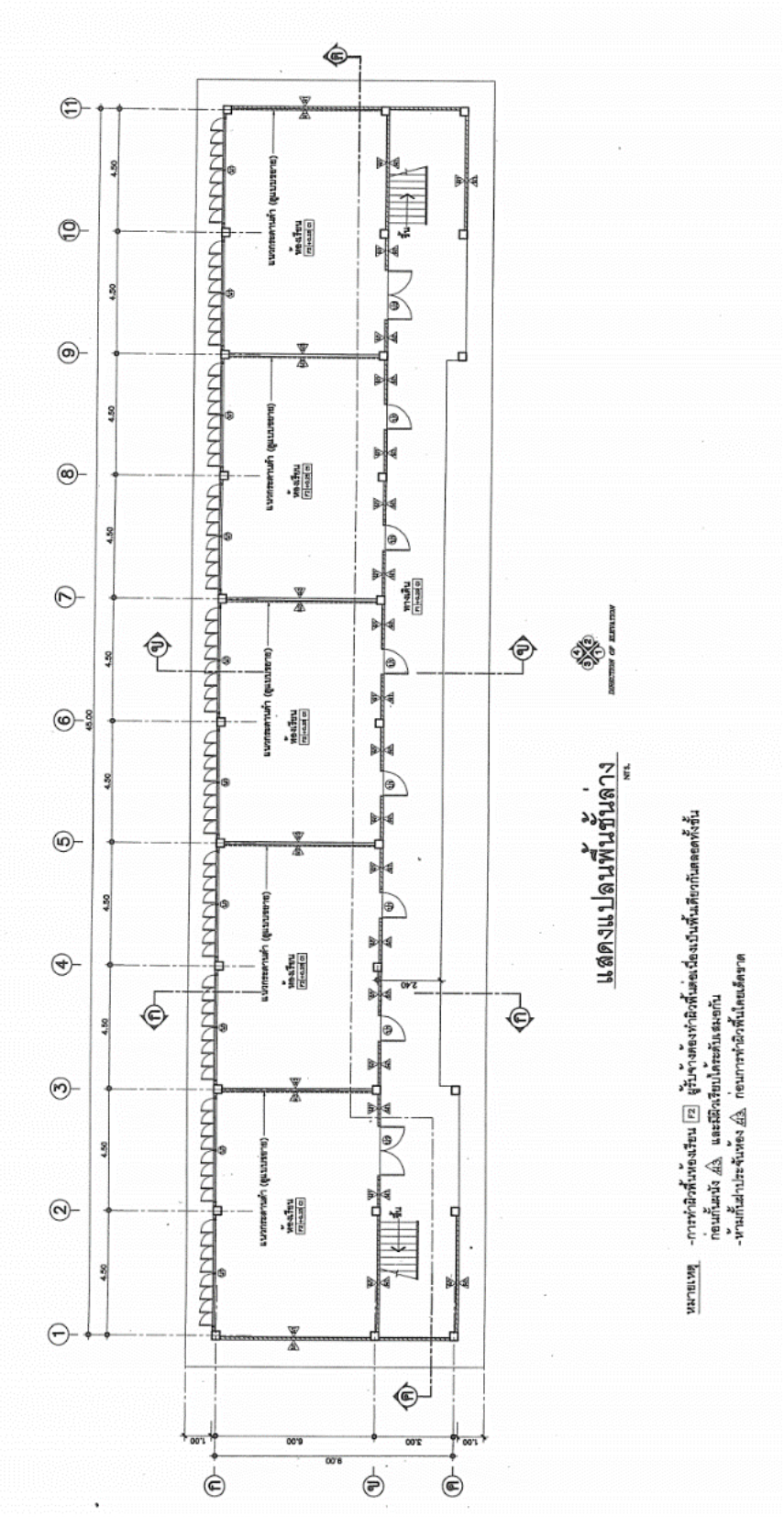
3.4 วิเคราะห์แบบอาคาร สปช.105/29 10 ห้อง

ประโยชน์ของอาคาร สปช.105/29 10 ห้องนี้ ห้องชั้นล่างสามารถที่จะใช้เป็นห้องพื้นฐานสำหรับโรงเรียนได้ เช่น ห้องสมุด ห้องดนตรี ห้องศิลปะ ห้องธุระการ ห้องผอ. และห้องกิจกรรมอื่นๆ เป็นต้น

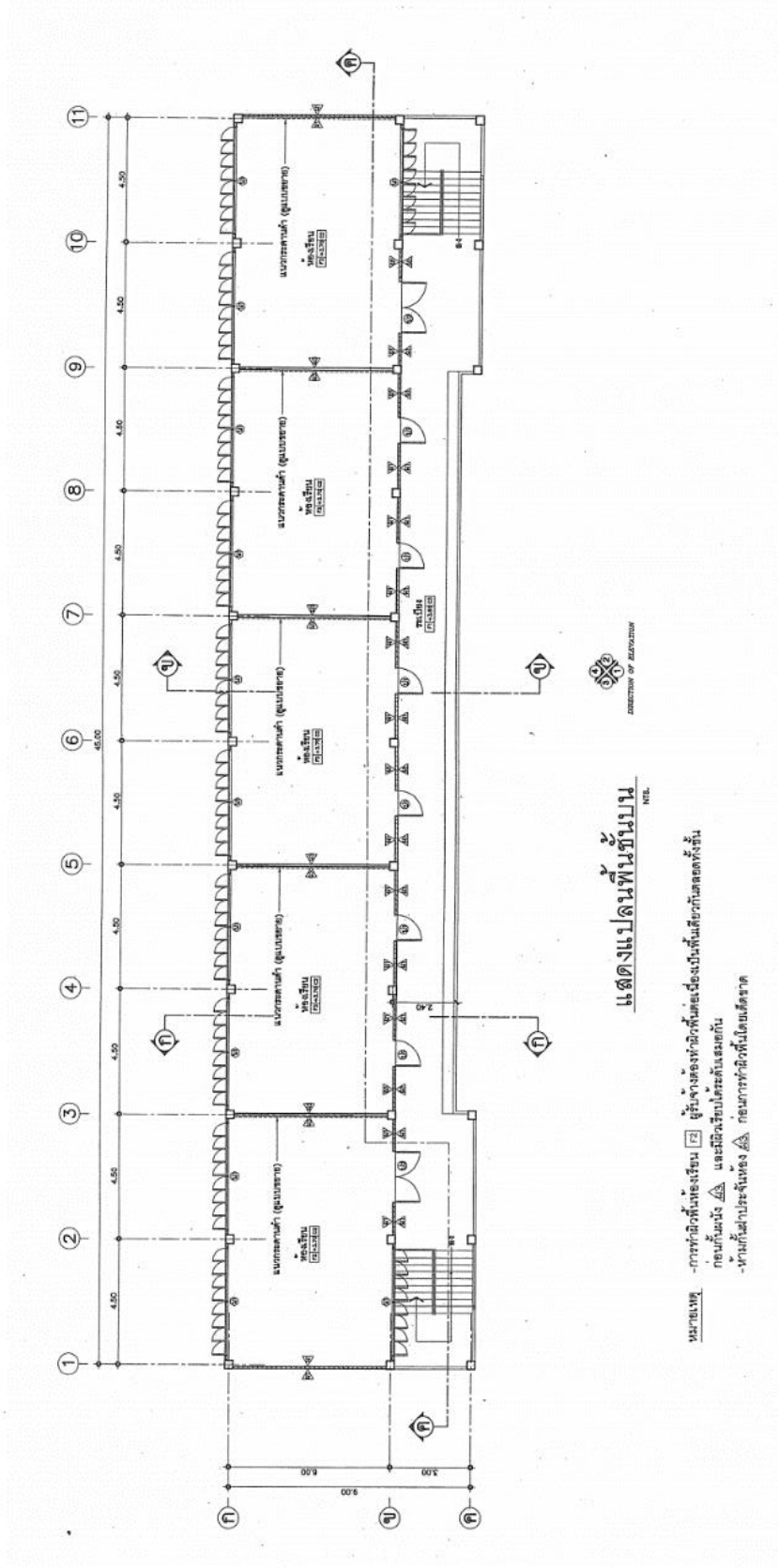
แบบอาคาร สปช.105/29 เป็นอาคารเรียน 2 ชั้น มีห้องเรียน 10 ห้อง แบ่งเป็นชั้นล่าง 5ห้อง ชั้นบน 5ห้อง ในแต่ละห้องมีความกว้าง 5 เมตร ยาว 9 เมตร มีระเบียงทางเดินเปิดโล่ง มีความกว้าง 2.40 เมตร ด้านหน้าห้องเรียนมีหลังคาคลุมยื่นออกมา 1 เมตร อาคารมีลักษณะเป็นแท่ง สี่เหลี่ยมผืนผ้า วางแนวยาว หลังคาหน้าจั่วมุงกระเบื้อง ผนังก่ออิฐฉาบปูน หนา 10 เซนติเมตร มีช่องแสง และช่องระบายอากาศอยู่ด้านบน วงกบเหล็กพับขึ้นรูป ขนาด 1 ½”x 3”หนา 1.5 มิลลิเมตร ช่องลอมลวดตาข่ายขนาด 3 มิลลิเมตร ชุบสังกะสี ขึ้นรูปเป็นช่องสีเหลี่ยมจัตุรัส ขนาดช่อง 1 5/8” x 1 5/8” วงกบหน้าต่างใช้เหล็กพับขึ้นรูป ขนาด 1 ½”x 3”หนา 1.5 มิลลิเมตร ลูกฟักกระจกใส หนา 6 มิลลิเมตร วงกบประตูใช้เหล็กพับขึ้นรูป ขนาด 2”x 4”หนา 1.5 มิลลิเมตร บานไม้อัดยาง มอก.

ผนังภายในใช้โครงคร่าวเหล็กตัว C 75 x 45 x 15 x 1.6 มิลลิเมตร กรุผนังแผ่นชิ้นไม้อัดซีเมนต์ความหนาแน่นสูง หรือ กระเบื้องซีเมนต์เส้นใยแผ่นเรียบ หนา 12 มิลลิเมตร เว้นร่อง 3-5 มิลลิเมตร

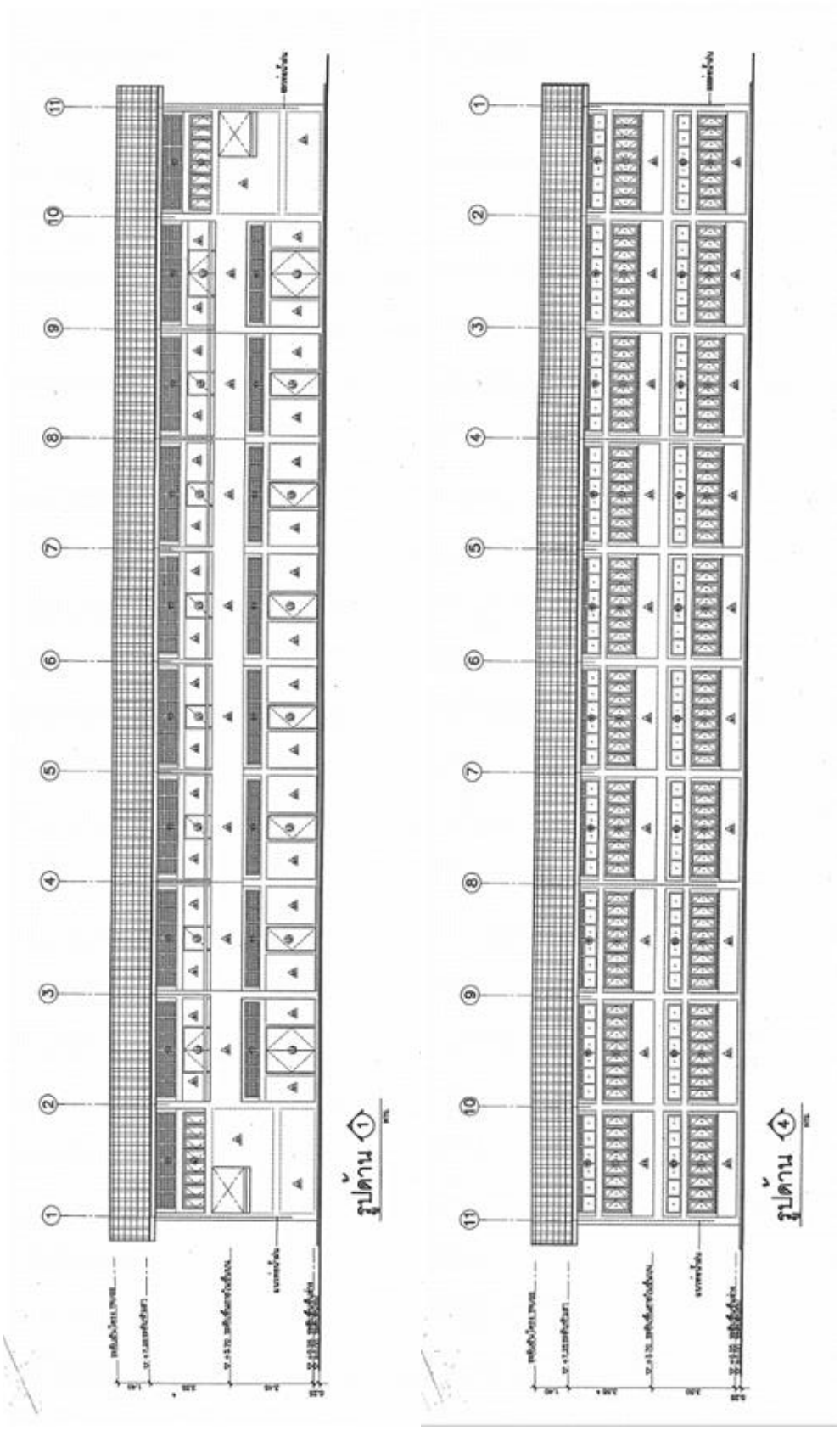
มหาวิทยาลัยศิลปากร



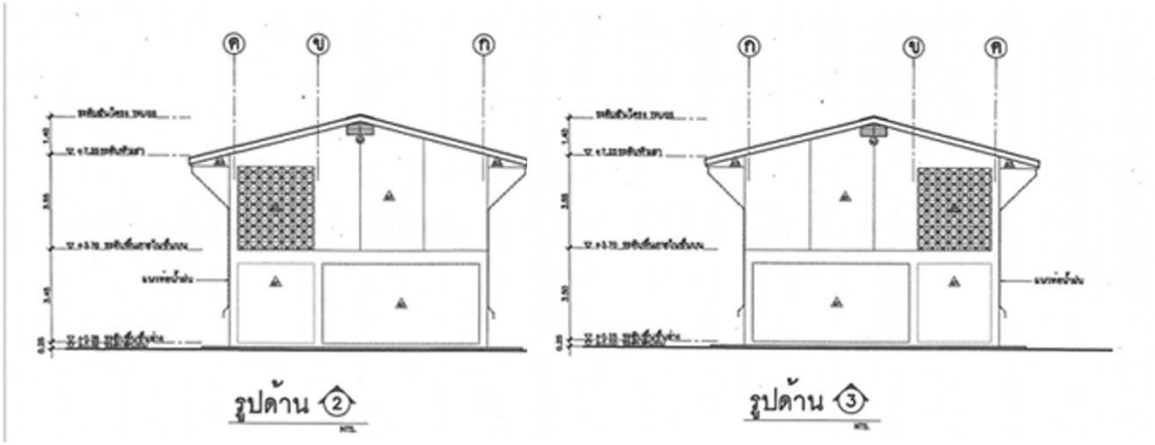
รูปภาพที่ 80 แสดงแปลนพื้นชั้นล่าง

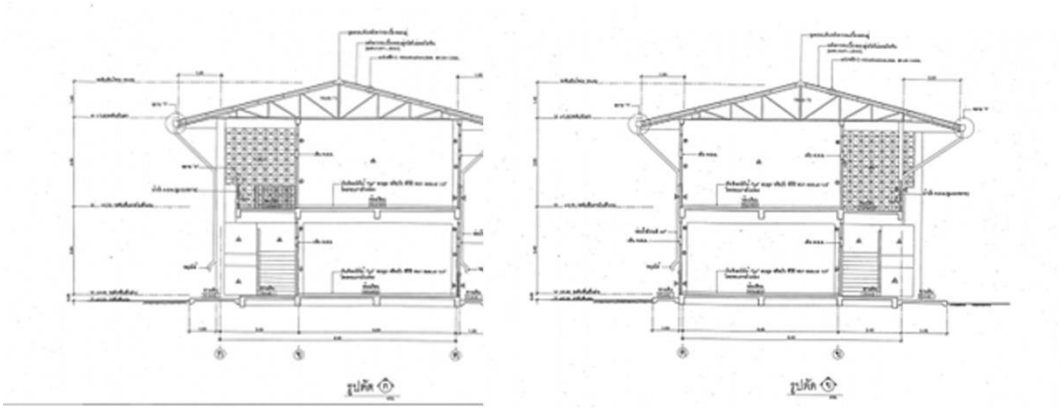


รูปภาพที่ 81 แสดงพื้นชั้นบน

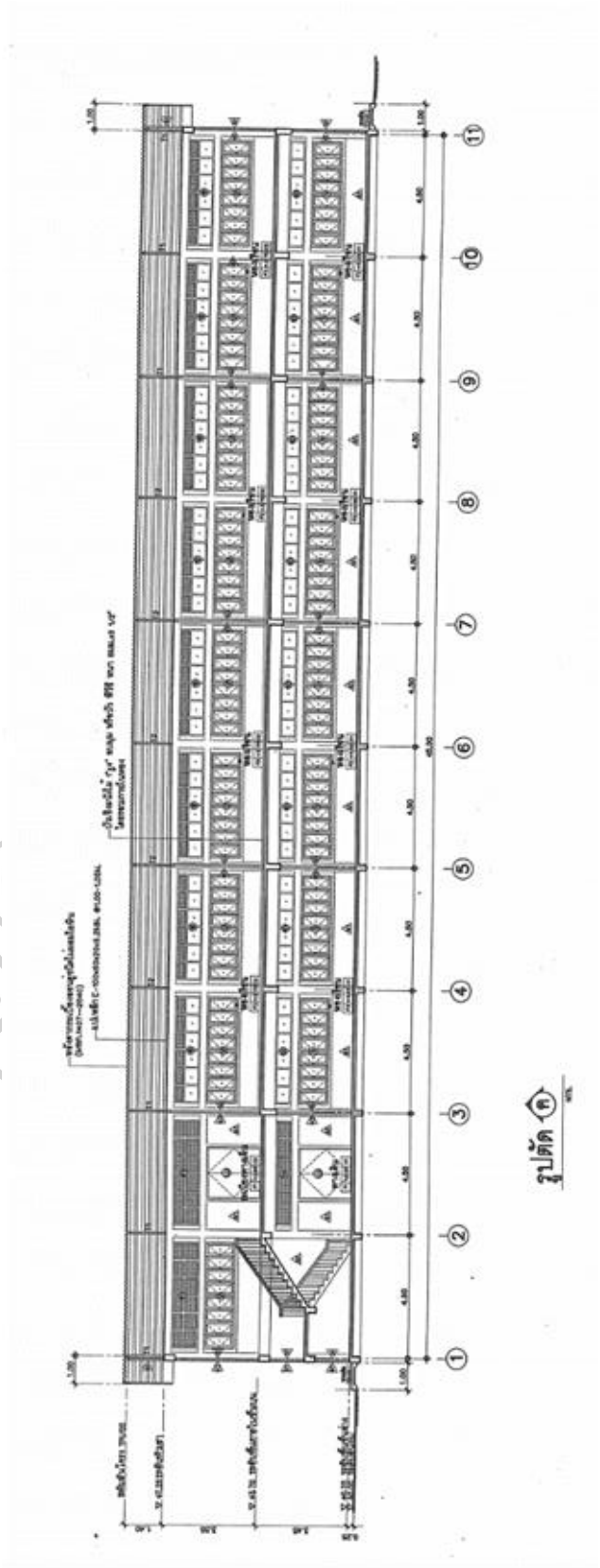


รูปภาพที่ 82 รูปด้าน 1, รูปด้านที่ 4

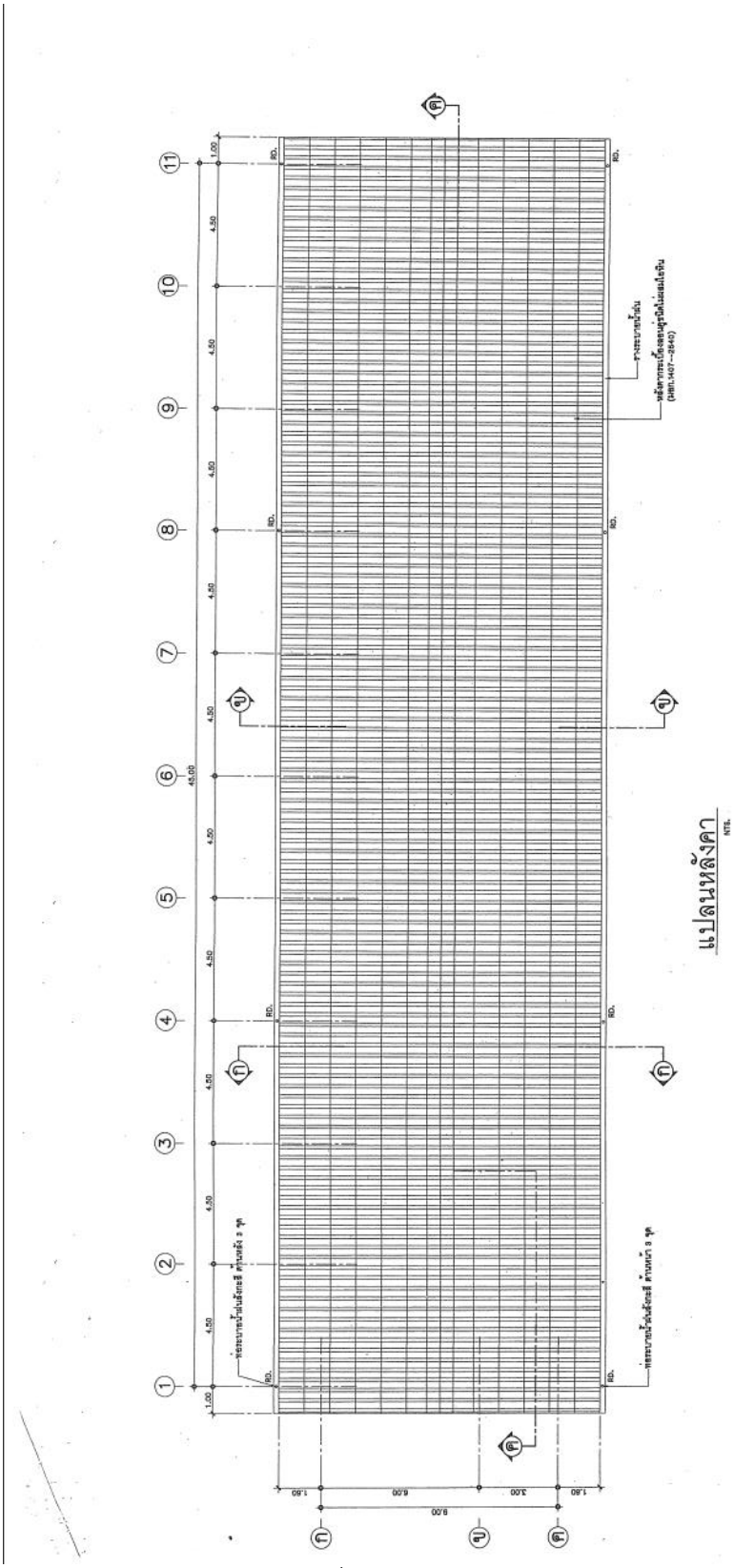




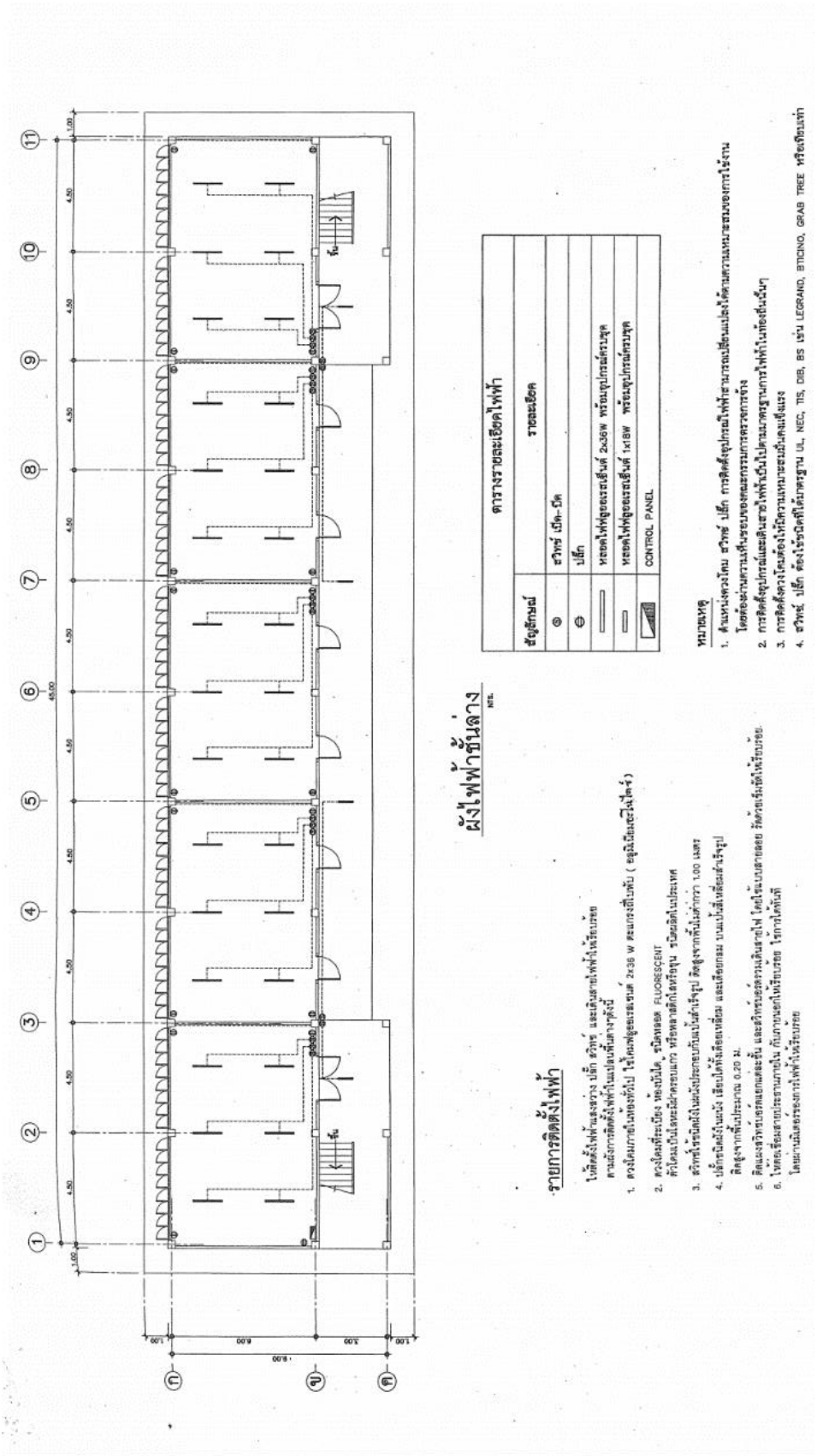
รูปภาพที่ 83 รูปด้าน 2-3 , รูปตัด ก-ข



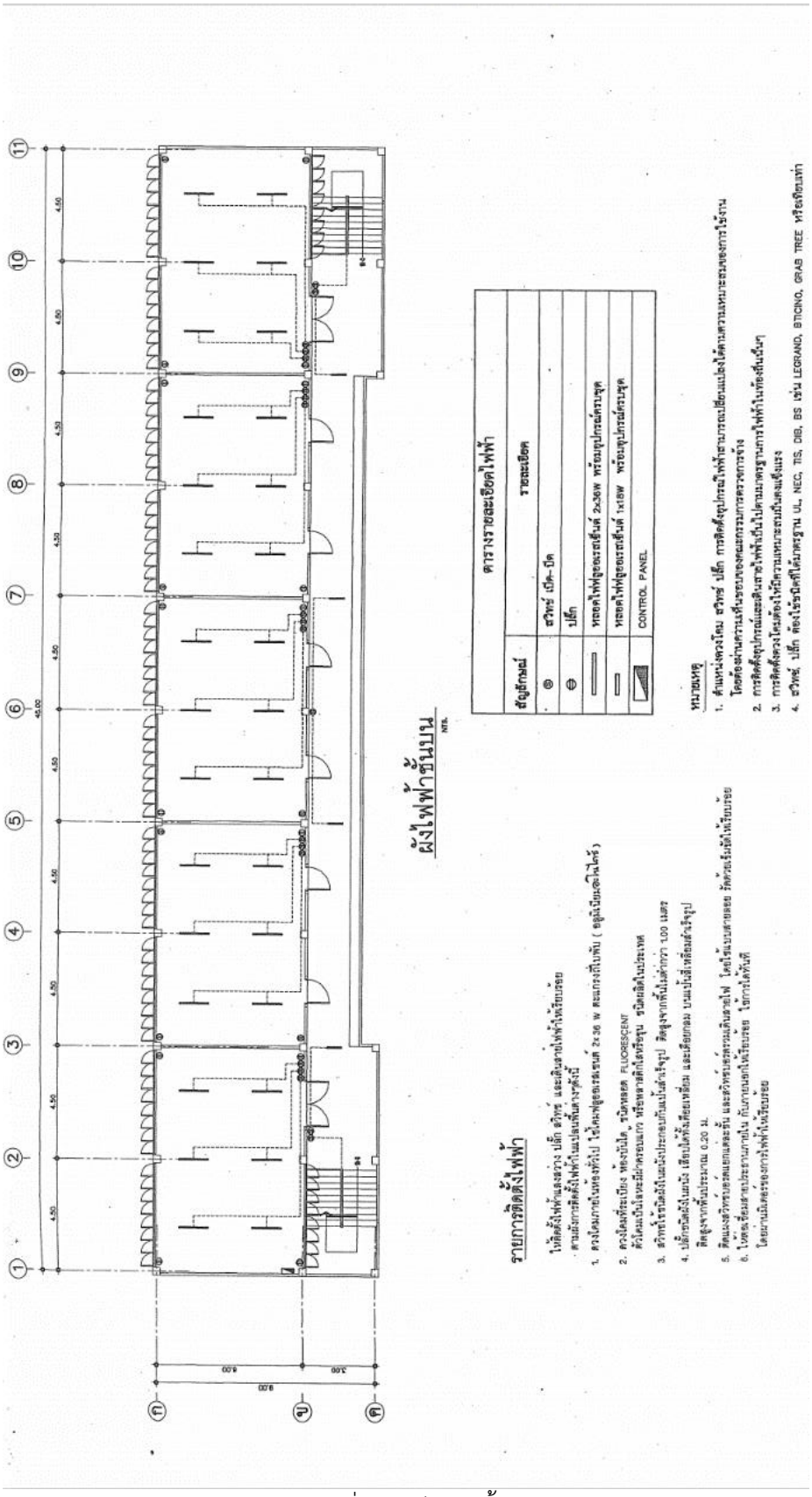
รูปภาพที่ 84 รูปตัด ค



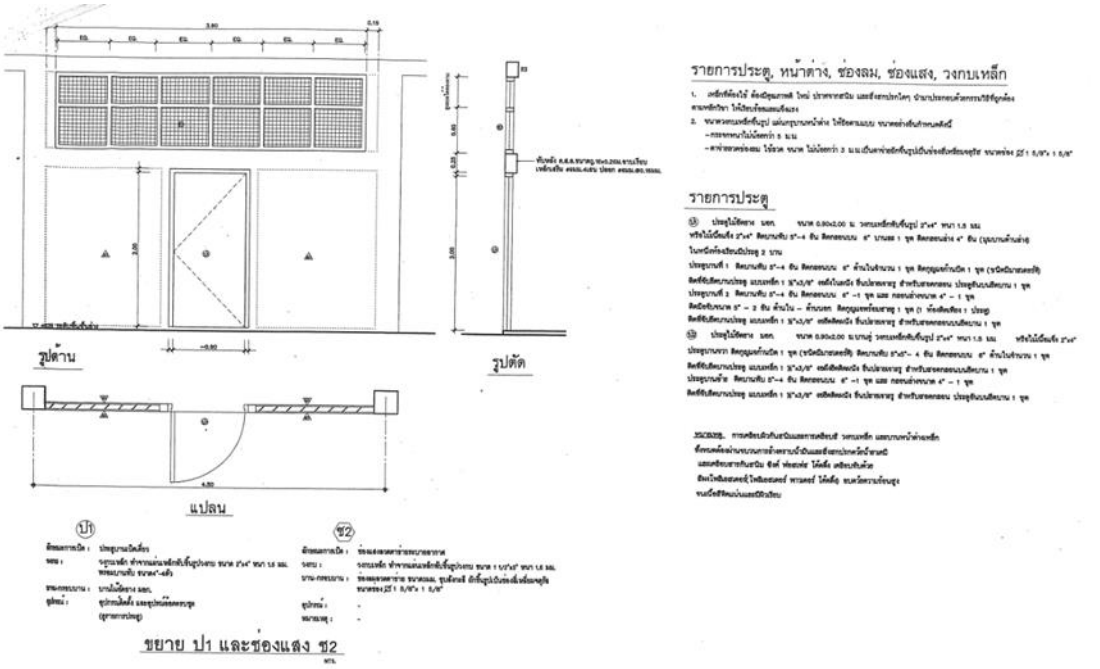
รูปภาพที่ 85 แบบแปลนหลังคา



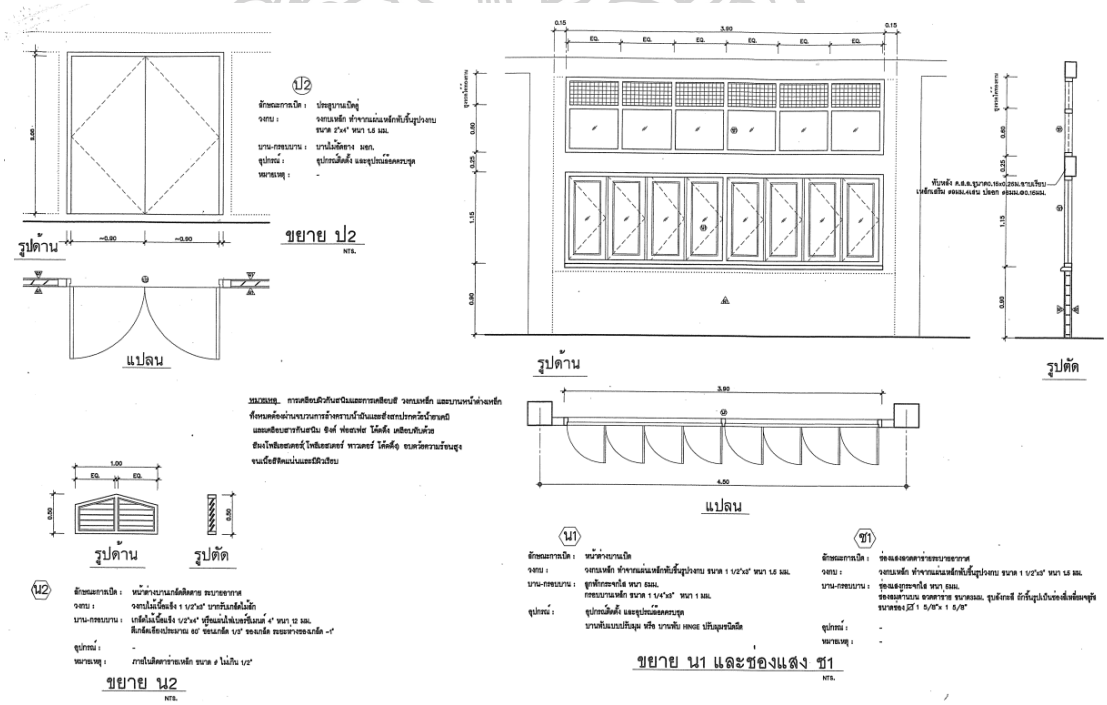
รูปภาพที่ 86 ผังไฟฟ้าชั้นล่าง



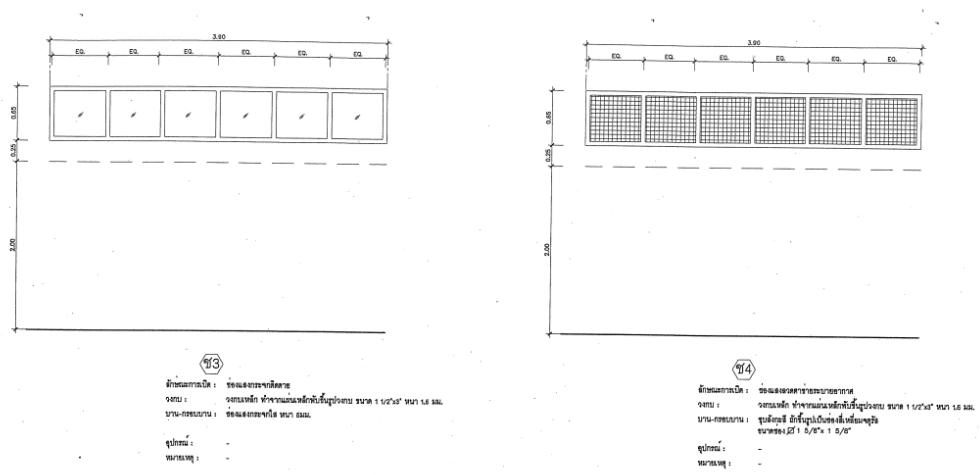
รูปภาพที่ 87 ผังไฟฟ้าชั้นบน



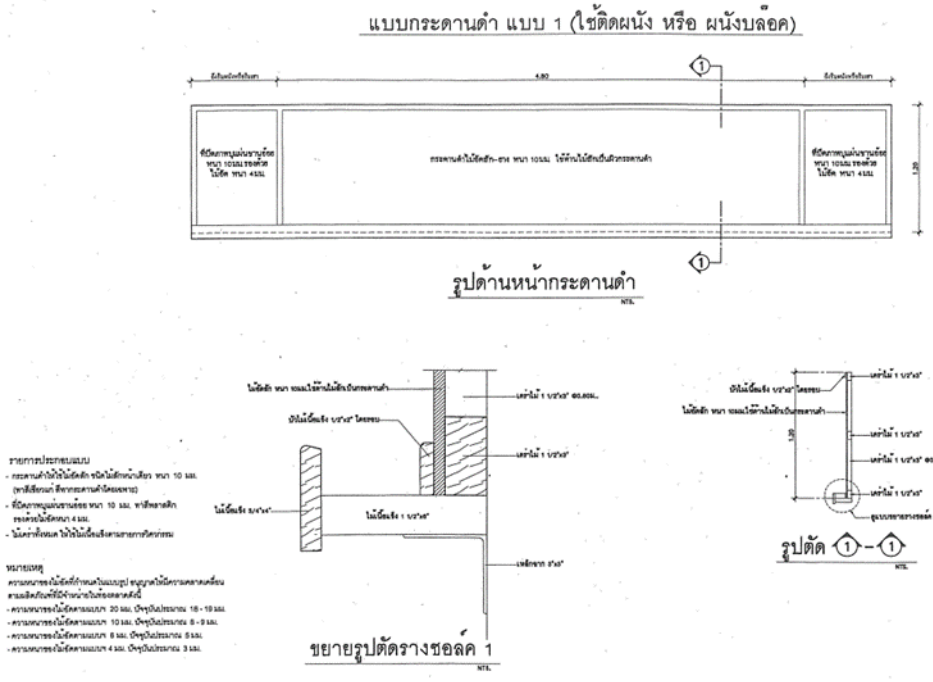
รูปภาพที่ 88 แบบขยายประตูหน้าต่าง 1



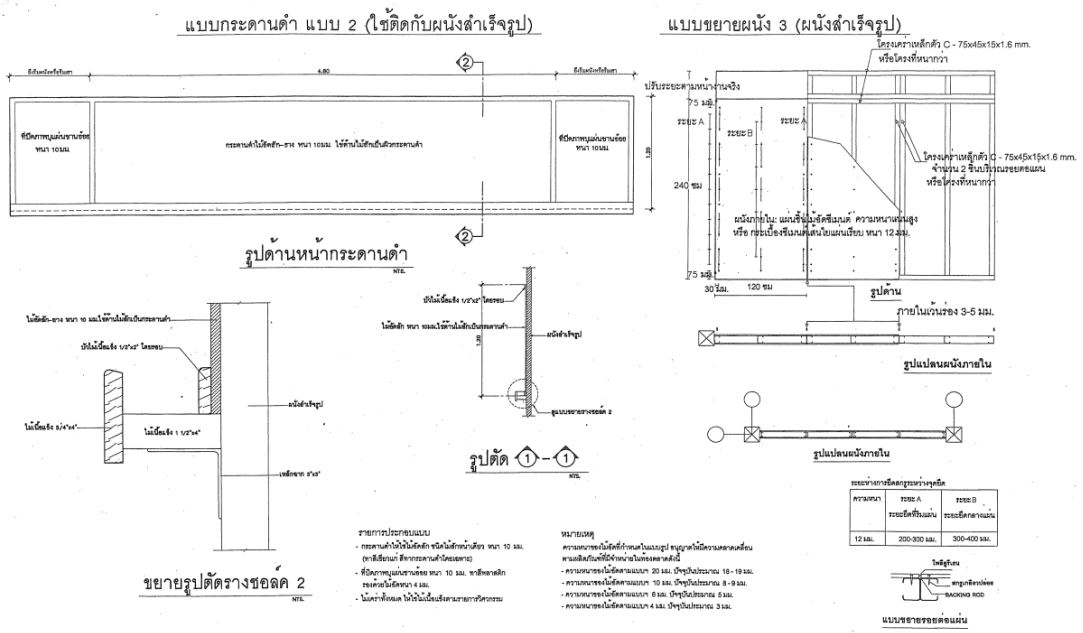
รูปภาพที่ 89 แบบขยายประตูหน้าต่าง 2



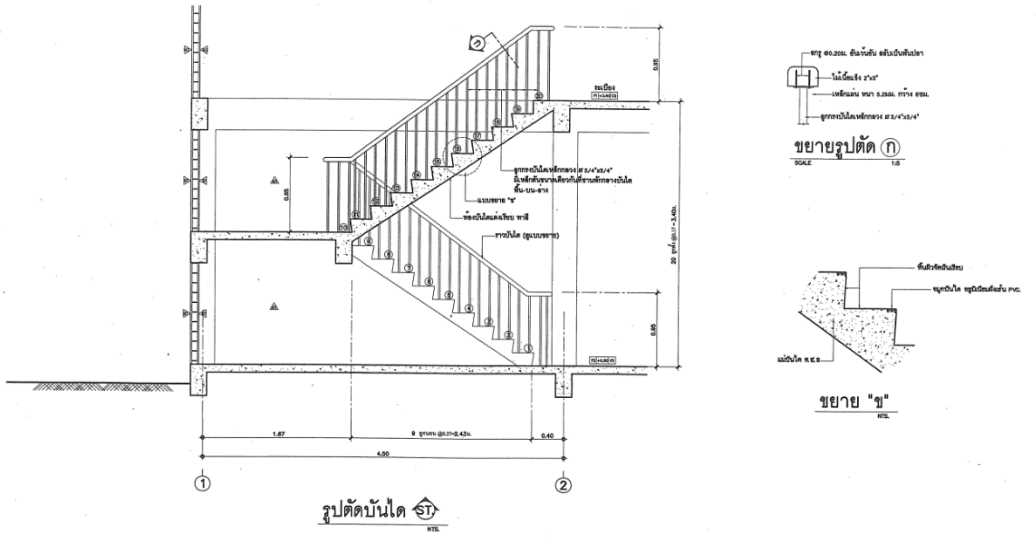
รูปภาพที่ 90 แบบขยายช่องแสง



รูปภาพที่ 91 แบบขยายกระดานดำแบบ 1



รูปภาพที่ 92 แบบขยายกระดานดำ 2



รูปภาพที่ 93 แบบขยายบันได

จะเห็นได้ว่า ตัวรูปแบบอาคารพื้นฐานนั้น ไม่ได้มีฉนวนกันความร้อนแต่อย่างใด แบบแปลนฝ้าเพดานก็ไม่มีเช่นกัน ดังนั้น ในส่วนของผนังและฝ้าเพดาน จึงไม่สามารถที่จะกันความร้อนในเวลากลางวันได้ดีนัก ซึ่งอาคารเรียนนี้ เปิดใช้เฉพาะเวลากลางวัน ในบริเวณพื้นที่แถบโซนภาคอิสานนั้น ช่วงเวลากลางวันจะเป็นช่วงเวลาที่ร้อนที่สุดของวัน เนื่องจากรับแสงจากดวงอาทิตย์โดยตรง ผนังหนา 10 เซนติเมตร สามารถปรับแก้ไขเพิ่มเติมในส่วนนี้ได้ พร้อมทั้งเสริมฝ้าช่วยเรื่องแก้ความร้อนได้ในอีกทางนึง ประตูหน้าต่าง ช่องระบายอากาศก็เช่นเดียวกัน ซึ่งถ้าเราสามารถใช้ซอฟแวร์เข้ามามีส่วนร่วมในการทดลองประมวลผล ปรับเปลี่ยนวัสดุ และรูปลักษณ์ในส่วนเปลือกอาคารให้สภาพภายในอาคารใกล้เคียงกับ สภาวะน่าสบาย (comfort zone)[5] ให้ได้มากที่สุดแล้วค่อยเสริมด้วย พลังงานทางเลือก เพื่อปรับการใช้พลังงานอาคารใช้พลังงานเป็นศูนย์ (Zero Energy Building)[12] ได้ง่ายยิ่งขึ้น

บทที่ 4

วิธีการดำเนินการ และผลการวิเคราะห์ข้อมูล

การศึกษาค้นคว้าอิสระนี้จะมุ่งเน้นไปที่การปรับปรุงเปลือกอาคารเรียนแบบมาตรฐานในเครือ สพฐ. ในการลดการใช้พลังงานภายในอาคารให้ได้เป็นศูนย์ โดยการใช้โปรแกรมในการคำนวน หาค่าพลังงานรวมให้ได้น้อยที่สุด แล้วจึงจะเสริมการผลิตพลังงานสะอาดเข้ามาช่วยเติมอีกที โดยมีวิธีการดังต่อไปนี้

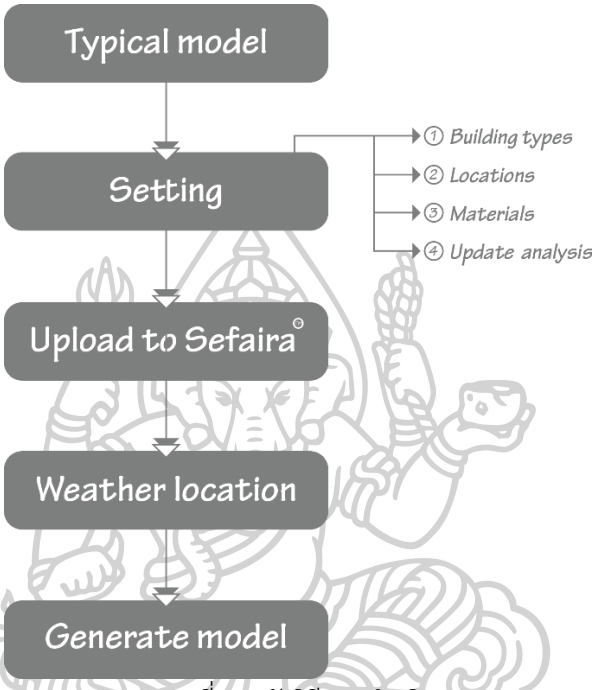
4.1 วิธีการดำเนินการ

4.2 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

4.3 แนวทางการปรับปรุงอาคารเพื่อประหยัดพลังงานและการนำพลังงานทางเลือกมาใช้

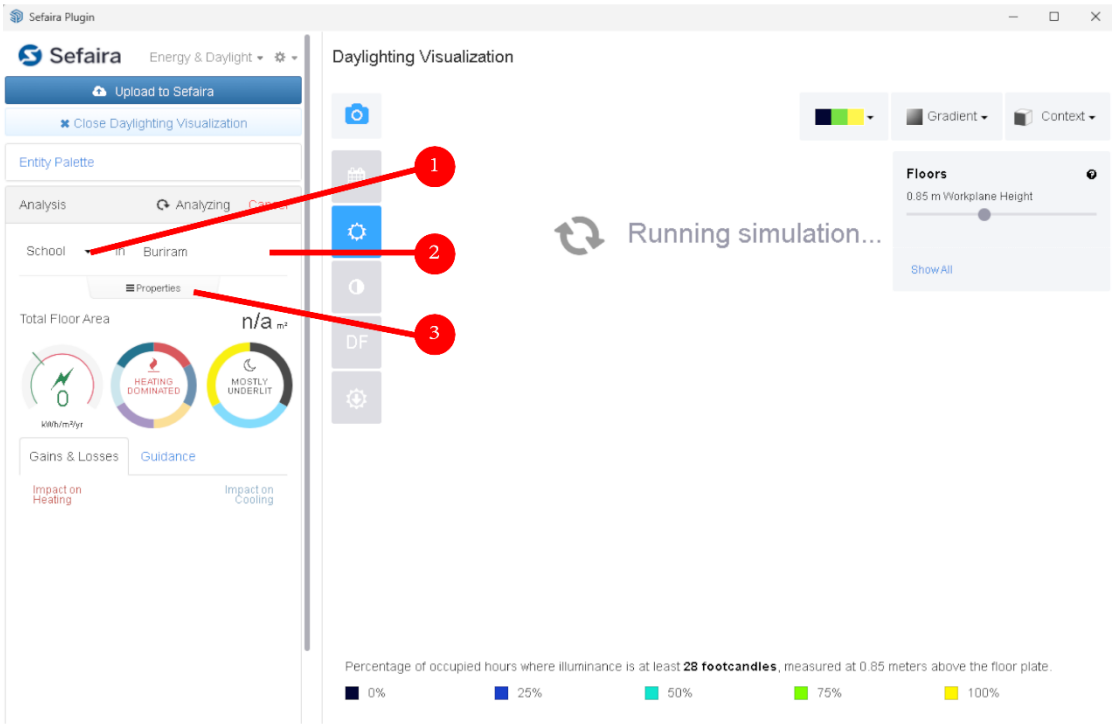
4.1 วิธีการดำเนินการ

การดำเนินการขั้นแรก จะนำรูปแบบอาคารมาตรมาสร้างเป็นหุ่นจำลอง แล้วกำหนดค่าวัสดุตามรายการประกอบแบบ กำหนดทิศทางอาคารหันไปตามตำแหน่งของอาคารที่ได้ทำการสำรวจมาแล้ว หลังจากนั้นใช้โปรแกรมคำนวนพลังงาน นำผลที่ได้ ตั้งไว้เป็นตัวแปรตั้งต้น



รูปภาพที่ 94 ผังวิธีการดำเนินการ

รูปภาพที่ 95 หุ่นจำลองต้นแบบ

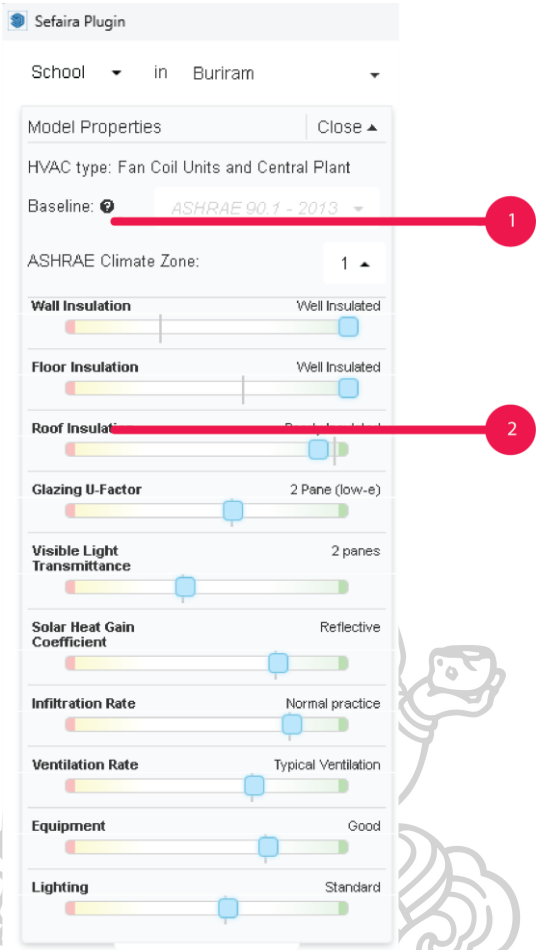


รูปภาพที่ 96 การตั้งค่าหุ่นจำลองในโปรแกรม

1.เลือกชนิดของอาคาร

2.เลือกตำแหน่งที่ตั้ง

3.ตั้งค่า baseline

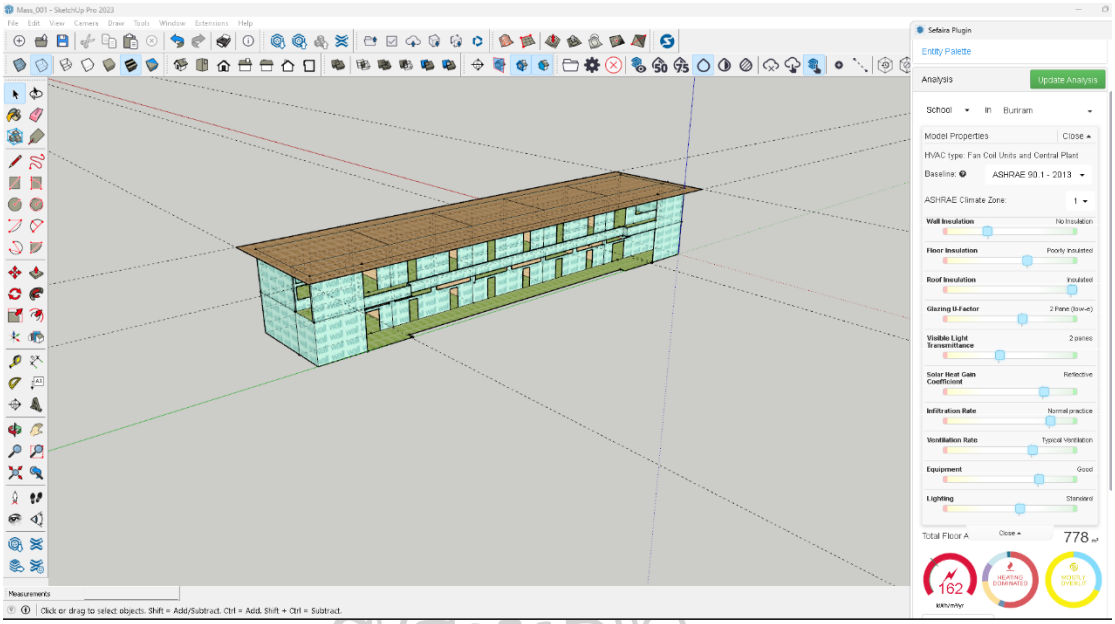


รูปภาพที่ 97 การตั้งค่าหุ่นจำลองในโปรแกรม

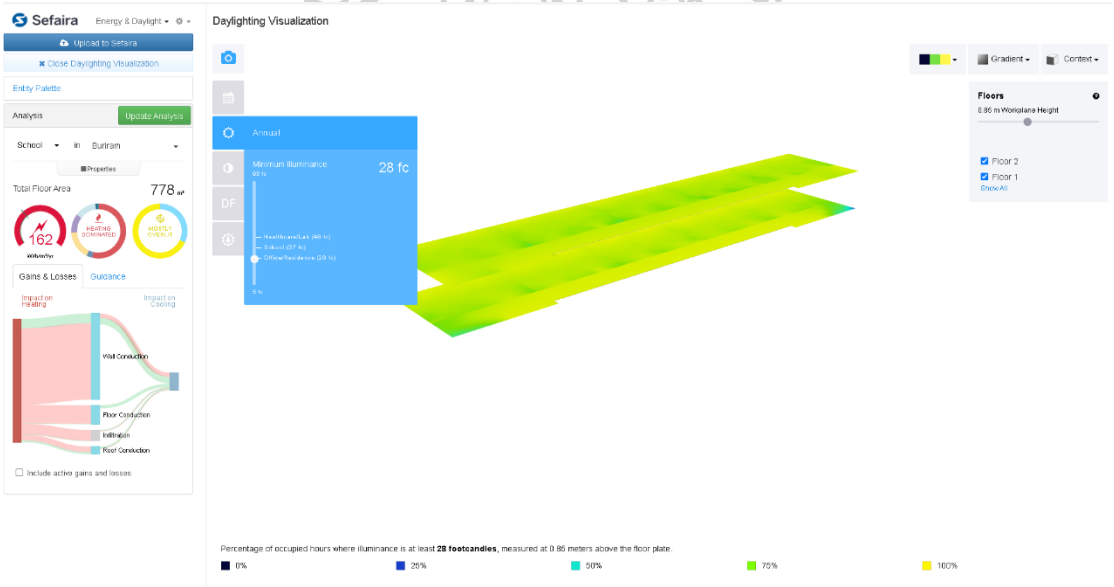
1.ตั้งค่า Baseline

2.ตั้งค่าเปลือกอาคารตามแบบมาตรฐาน

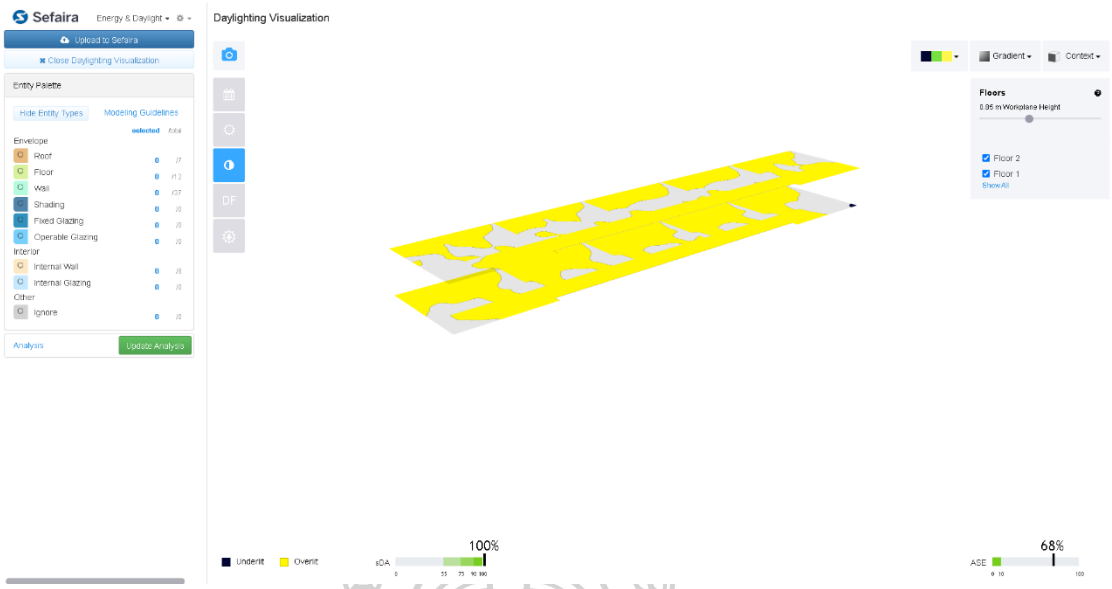
หลังจาก ตั้งค่าเสร็จเรียบร้อย จึงเริ่มดำเนินการคำนวน Analysis model ด้วยโปรแกรม SketchUp ก็จะได้ผลดังนี้



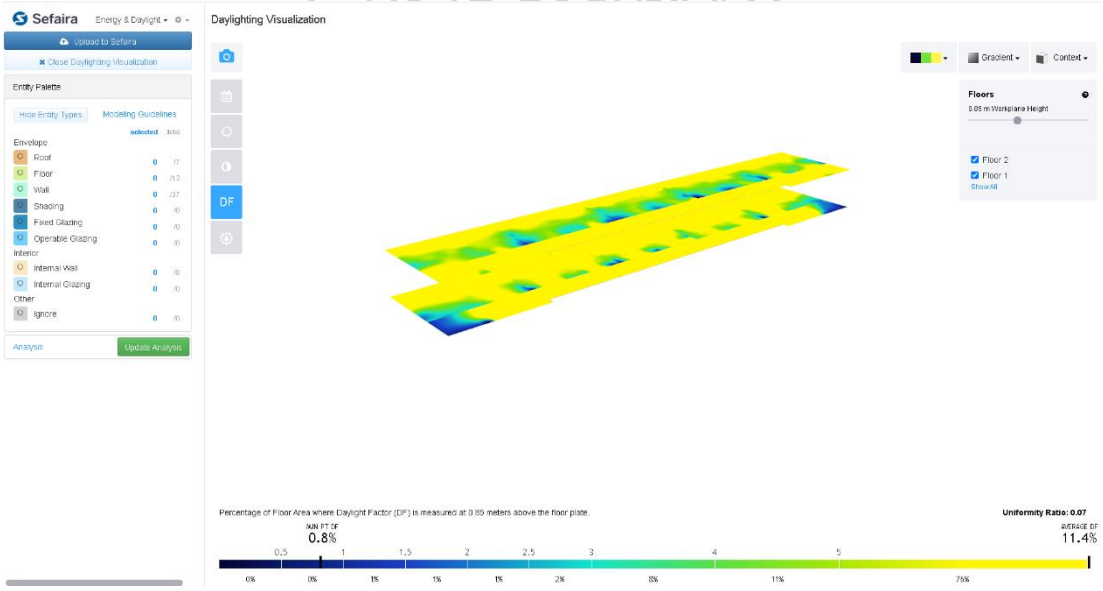
รูปภาพที่ 98 ผลการคำนวนพลังงานด้วยโปรแกรม SketchUp



รูปภาพที่ 99 แสดงพื้นที่แสงสว่างตลอดทั้งปี

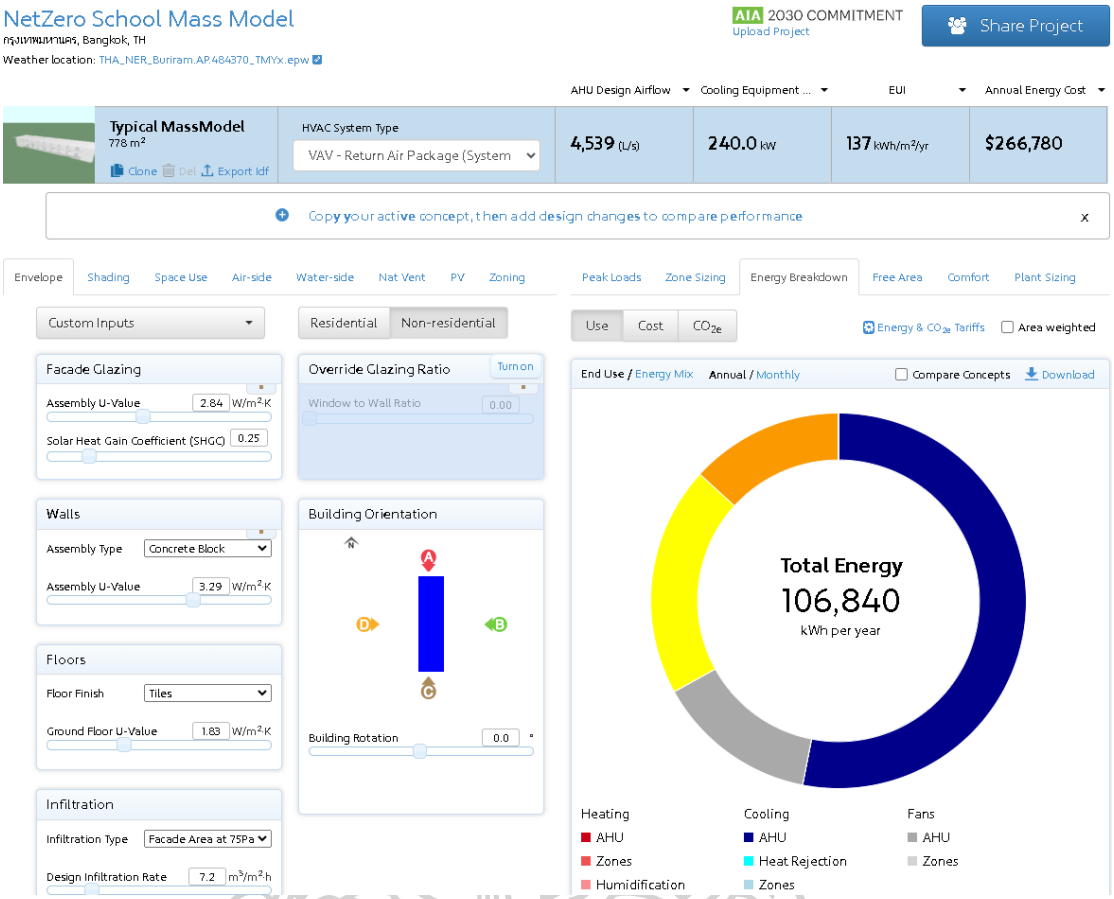


รูปภาพที่ 100 แสดงปริมาณสงสว่าง

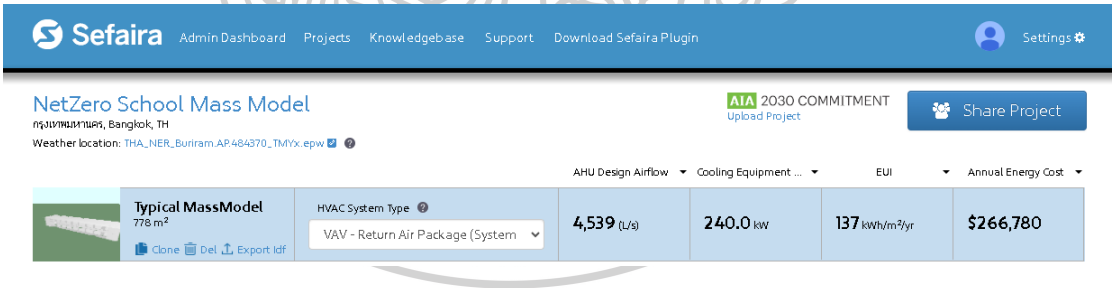


รูปภาพที่ 101 daylight Factor

หลังจากนั้นทำการ upload ไปที่โปรแกรม Sefaira เป็นการคำนวนพลังงานที่ใช้ภายในอาคารทางเวปไซต์ของโปรแกรม เนื่องจากตัวโปรแกรม SketchUp เป็นโปรแกรมสร้างหุ่นจำลอง จึงจำเป็นต้องใช้โปรแกรมคำนวนพลังงานโดยเฉพาะเพื่อความแม่นยำยิ่งขึ้น



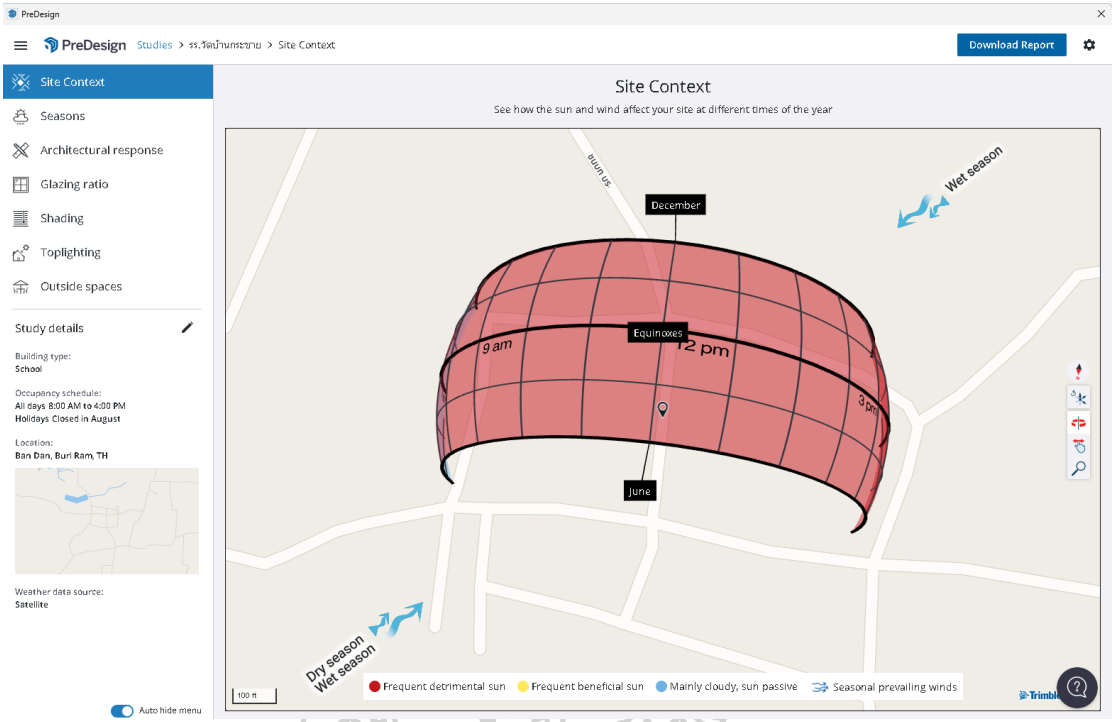
รูปภาพที่ 102 ผลการคำนวนบนเวปไซต์ของโปรแกรม Sefaira



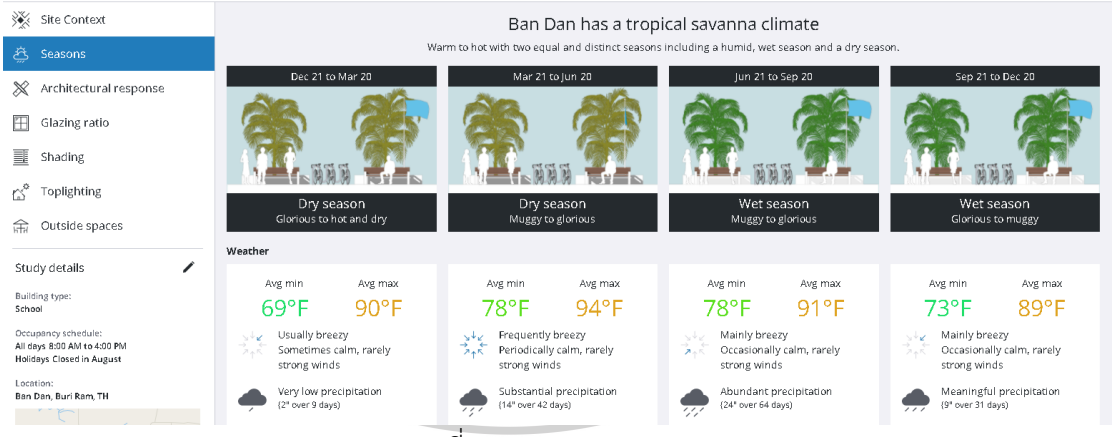
รูปภาพที่ 103 ใส่ค่า Weather Location

จะเห็นได้ว่าผลการคำนวนจะแตกต่างกัน หลังจากนี้ จะเริ่มทำการปรับแต่งเปลือกอาคารในลักษณะต่างๆบนเวปไซต์ของโปรแกรม Sefaira ทำการ download Weather Location มาใช้ซะก่อน เพิ่มความแม่นยำมากยิ่งขึ้น แล้วจึงเริ่มคำนวนพลังงานในหุ่นต้นแบบ จากแบบมาตรฐาน พอได้ผลการคำนวนมาแล้วก็จะเริ่มต้นขั้นตอนการปรับแต่งเปลือกอาคารตามที่โปรแกรมได้ตั้งไว้

ในตัวโปรแกรม เมื่อเราได้ทำการ download Weather ลงไปแล้ว จะมีรายละเอียดภูมิอากาศของพื้นที่นั้นขึ้นมาไว้ให้เป็นแนวทางในการออกแบบอีกด้วย

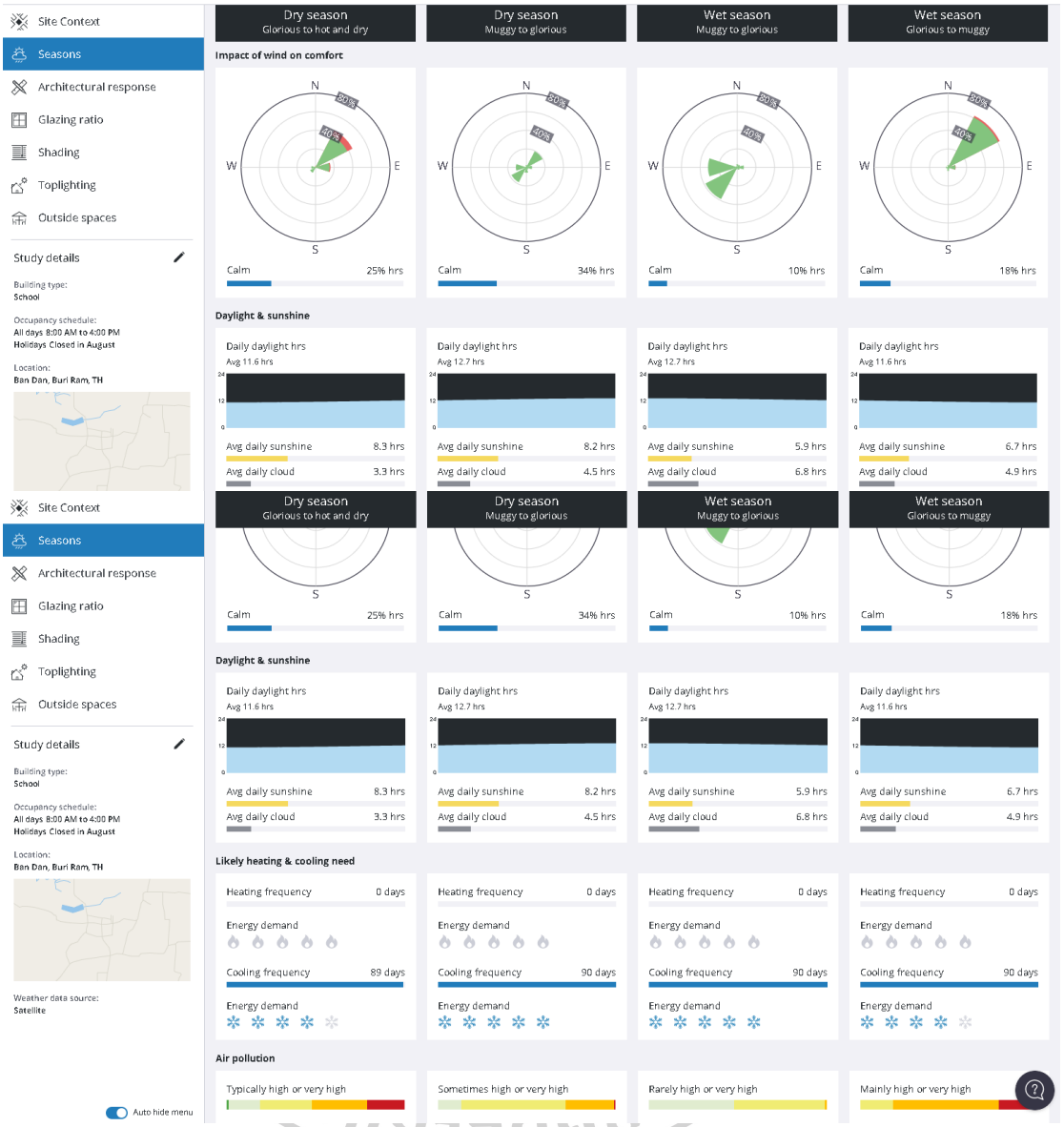


รูปภาพที่ 104 Site Context Guideline

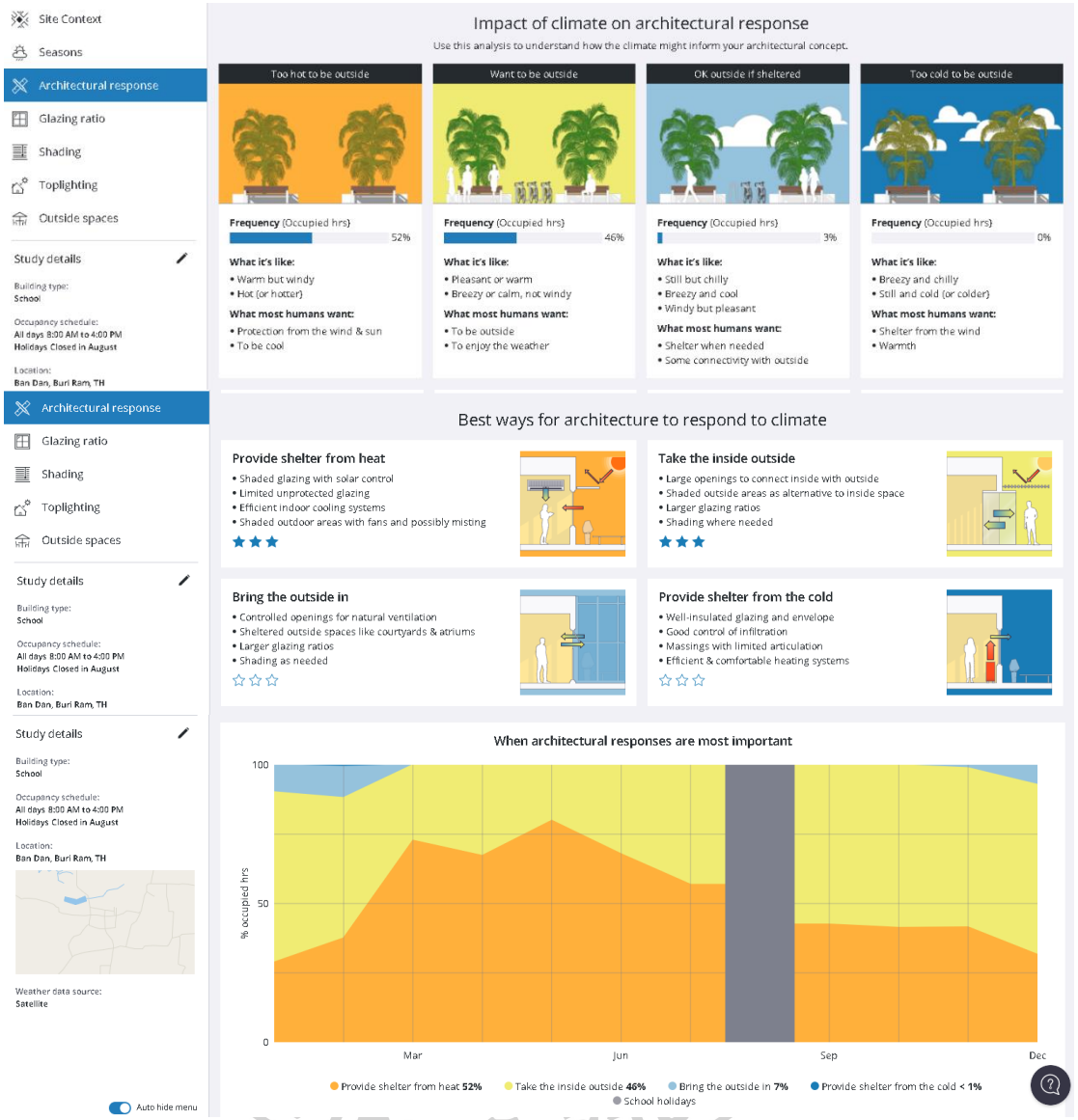


รูปภาพที่ 105 Season Guideline

ตัวโปรแกรมจะมีการแนะนำทั้งเรื่องตำแหน่งที่ตั้ง ฤดูกาลต่างๆตาม Weather Location ที่เราได้ทำการ download เข้ามาใช้

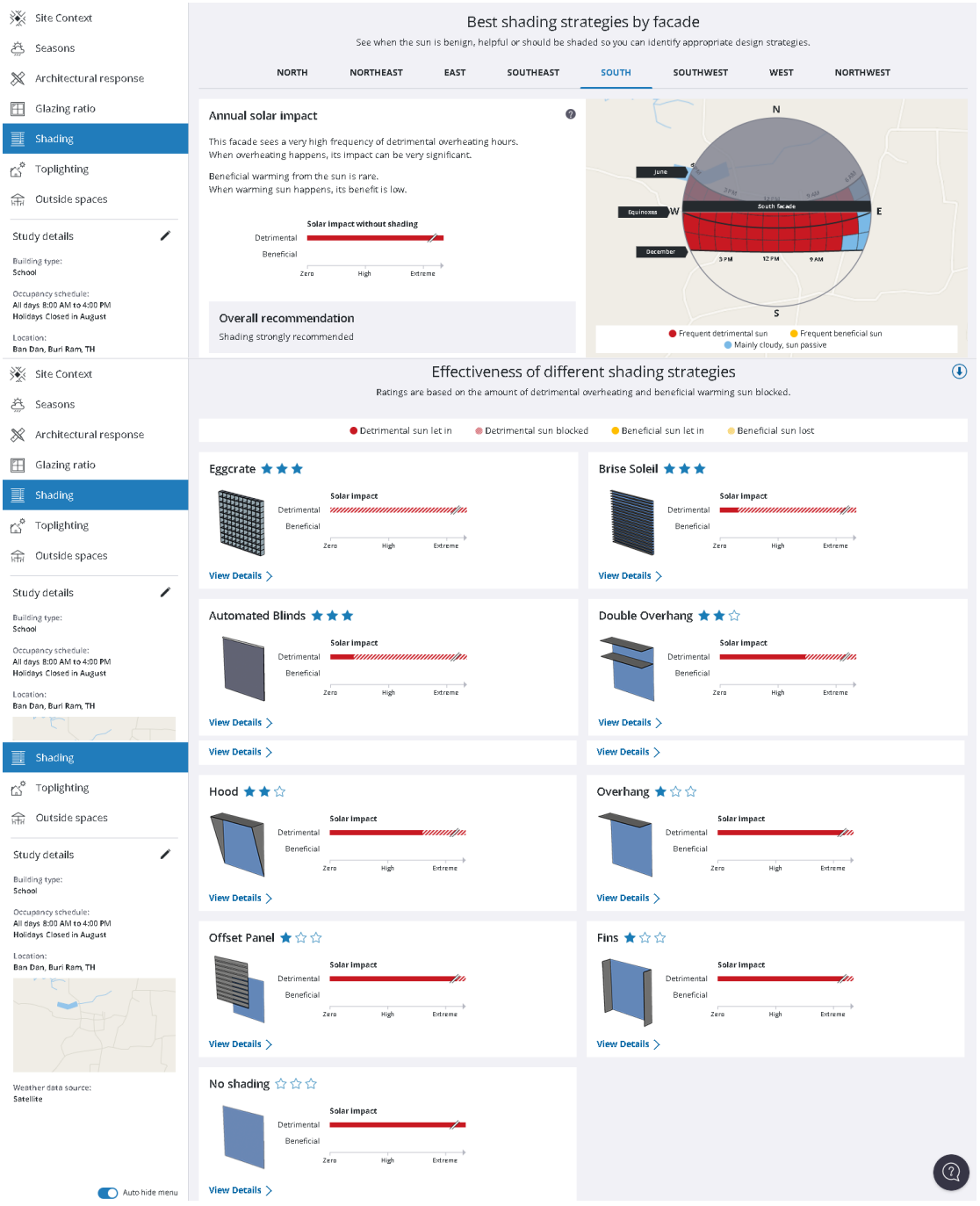


รูปภาพที่ 106 Season Guideline



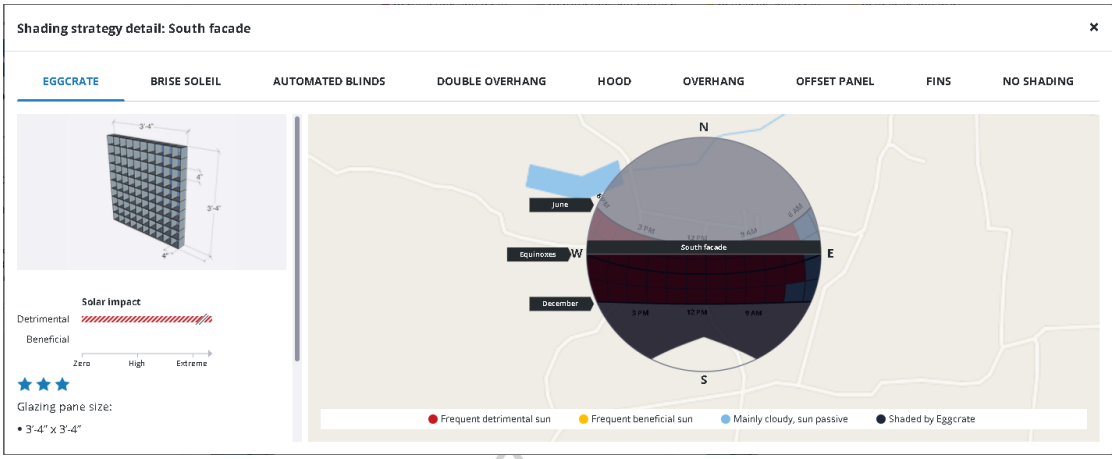
รูปภาพที่ 107 Architectural Response

แนะนำในส่วนของอาคารว่า พื้นที่บริเวณนี้มีผลกระทบอย่างไรกับอาคารได้บ้าง จะต้องทำกันสาดยื่นเพื่อมาบังแสงแดดในทิศทางไหน ช่วงเวลาไหน ควรจะมีอะไรมาป้องกันแสงแดด หรือลมร้อน ต้องการที่หลบแดดหลบฝนสรุปออกมาเป็นเปอร์เซนต์ กราฟฟิค และกราฟ

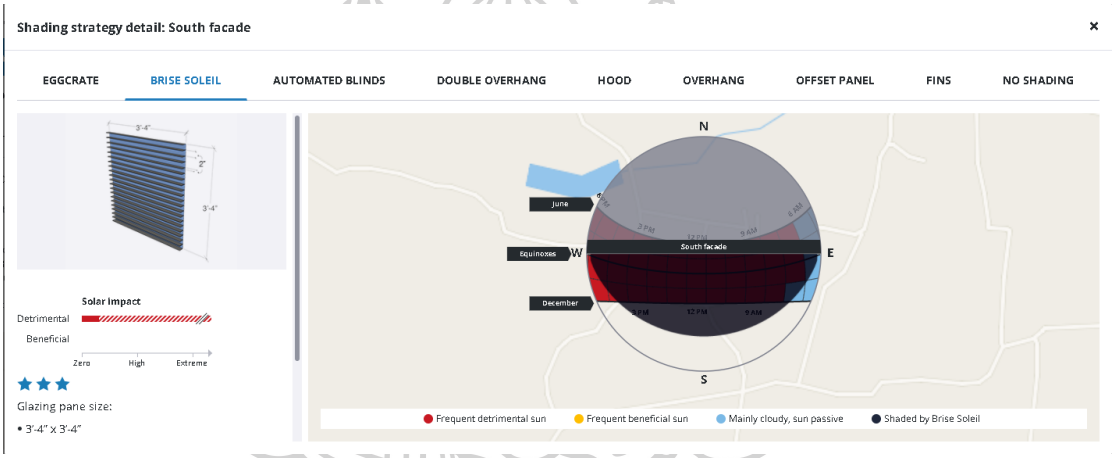


รูปภาพที่ 108 Shedding Strategies

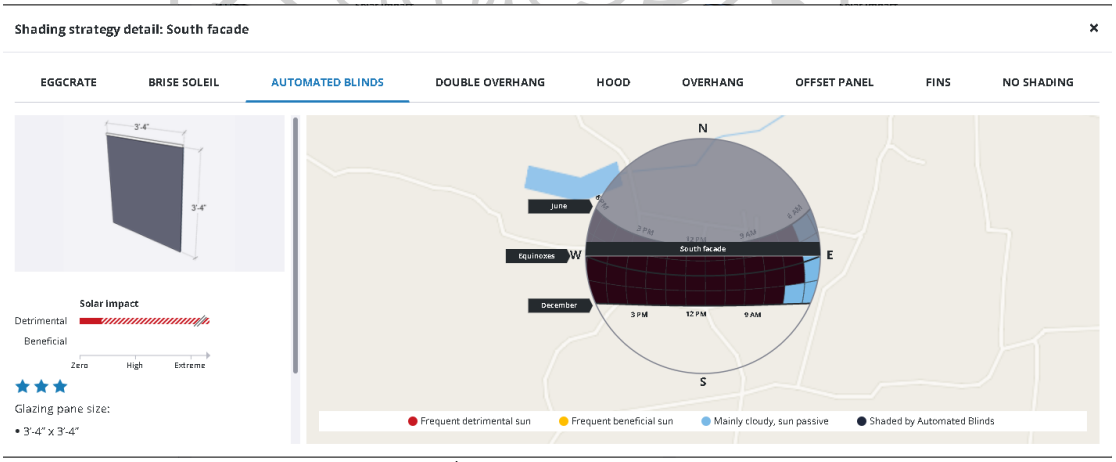
แนะนำกลวิธีในการออกแบบกันสาดในรูปแบบต่างๆ



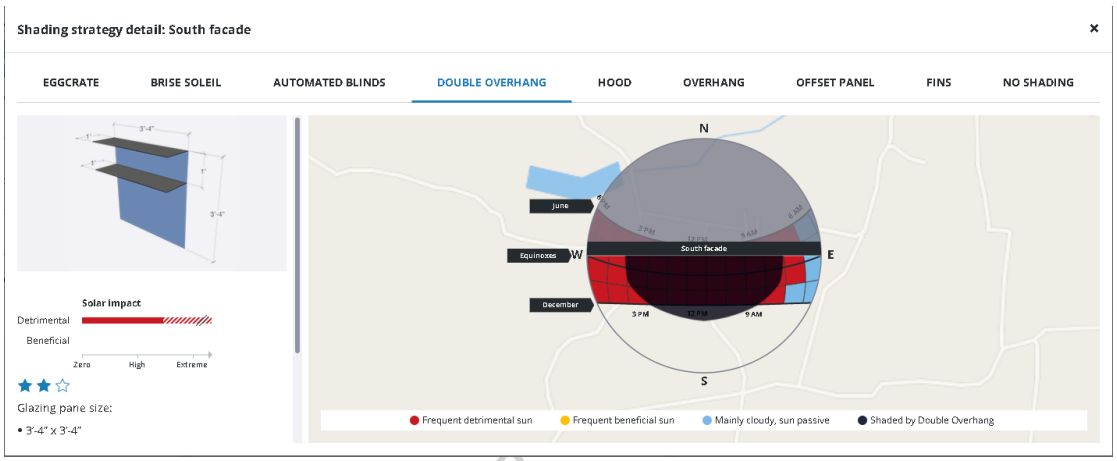
รูปภาพที่ 109 Eggcrate Shedding



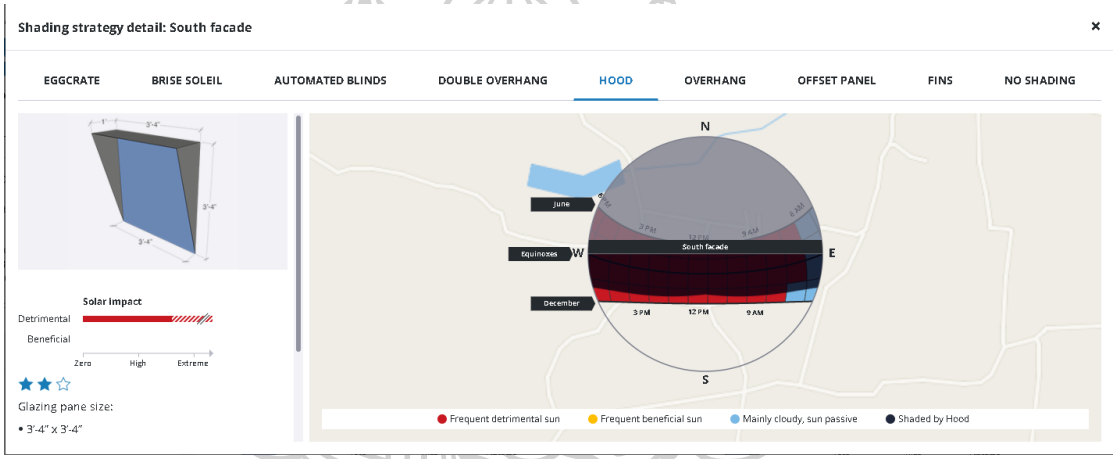
รูปภาพที่ 110 Brise Solei



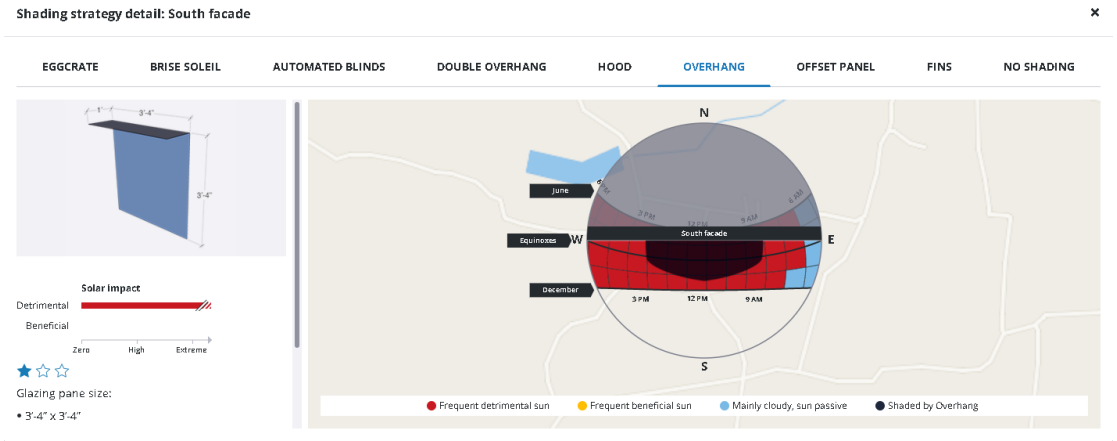
รูปภาพที่ 111 Automated Blinds



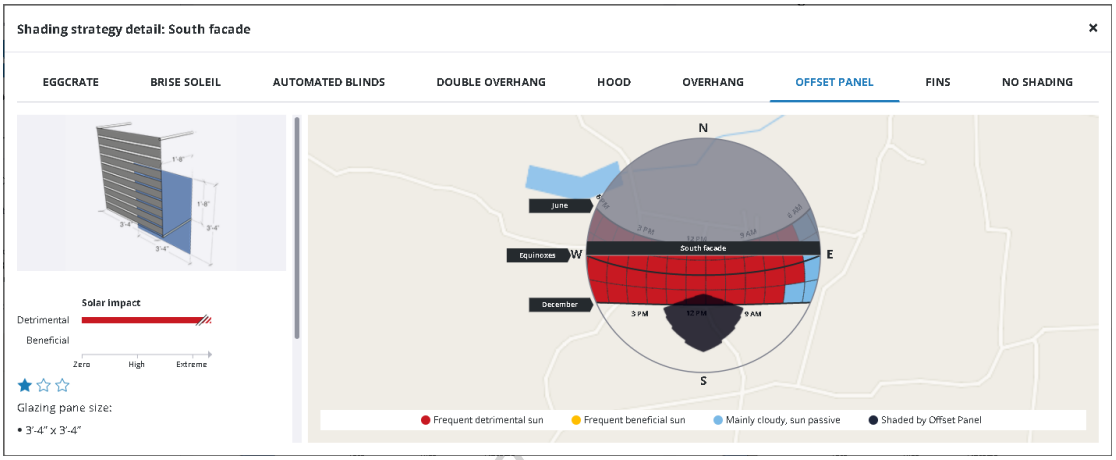
รูปภาพที่ 112 Double Overhang



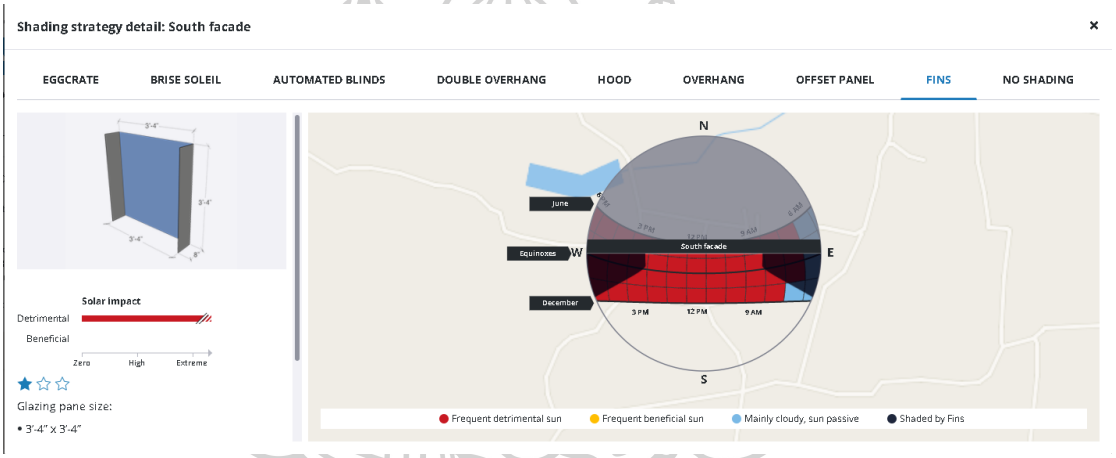
รูปภาพที่ 113 Hood



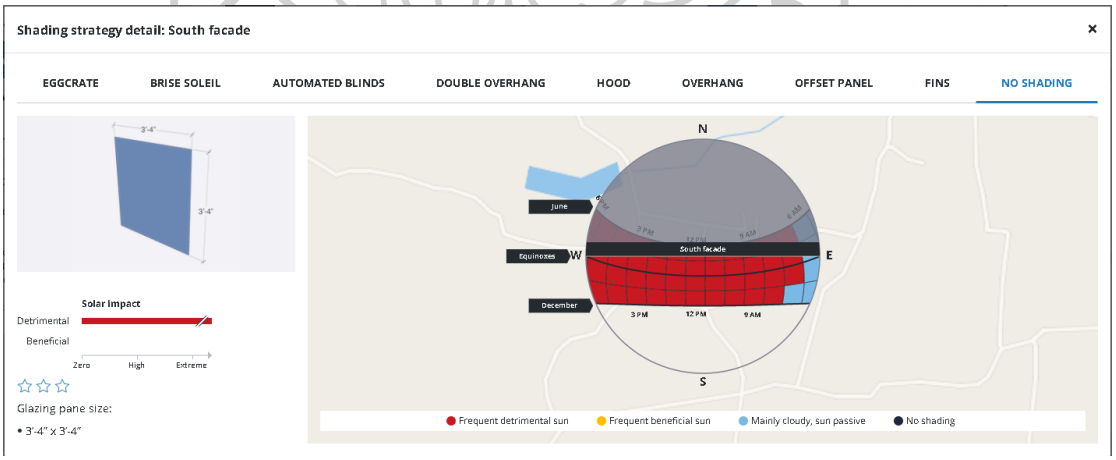
รูปภาพที่ 114 Overhang



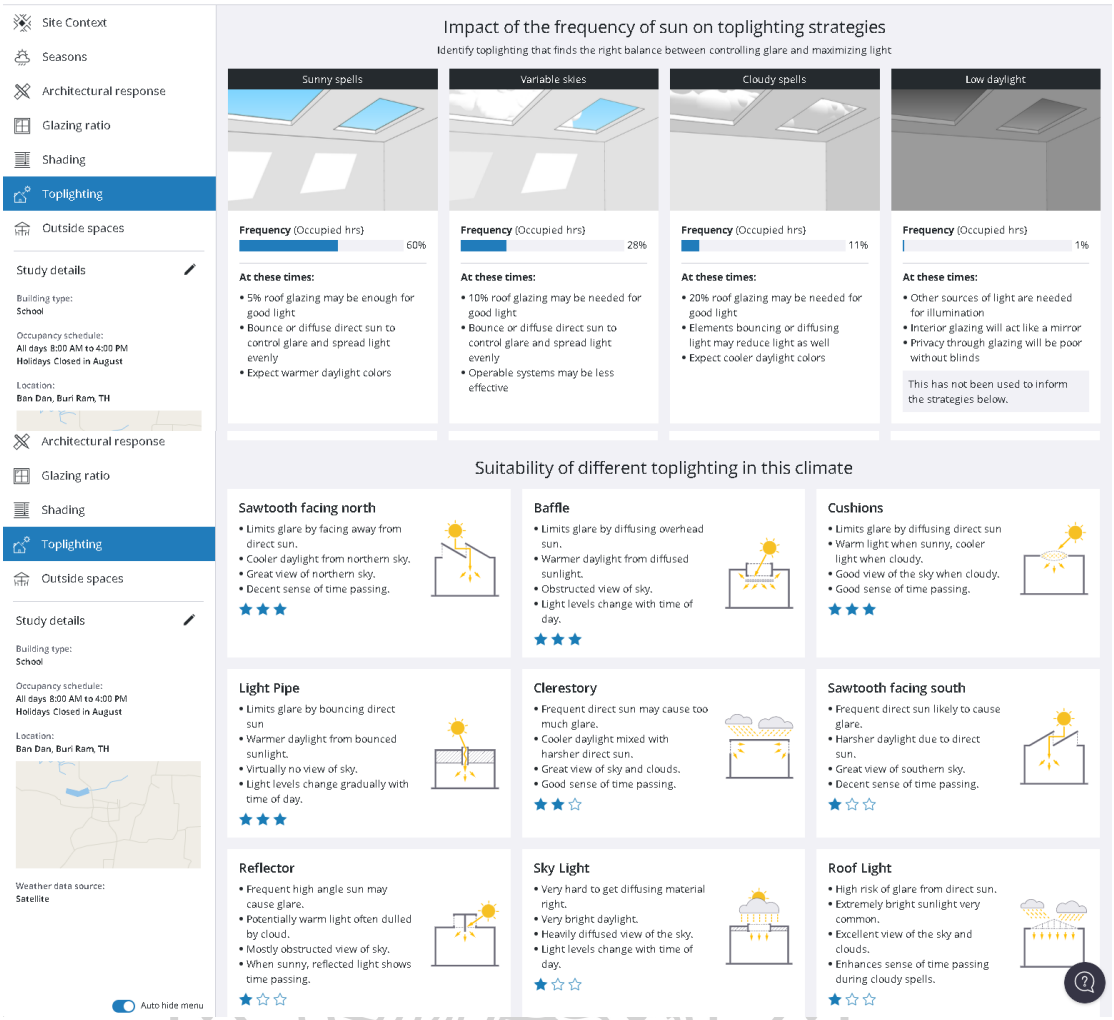
รูปภาพที่ 115 Offset Panel



รูปภาพที่ 116 Fins



รูปภาพที่ 117 No Shadding



รูปภาพที่ 118 Top-lighting Strategies

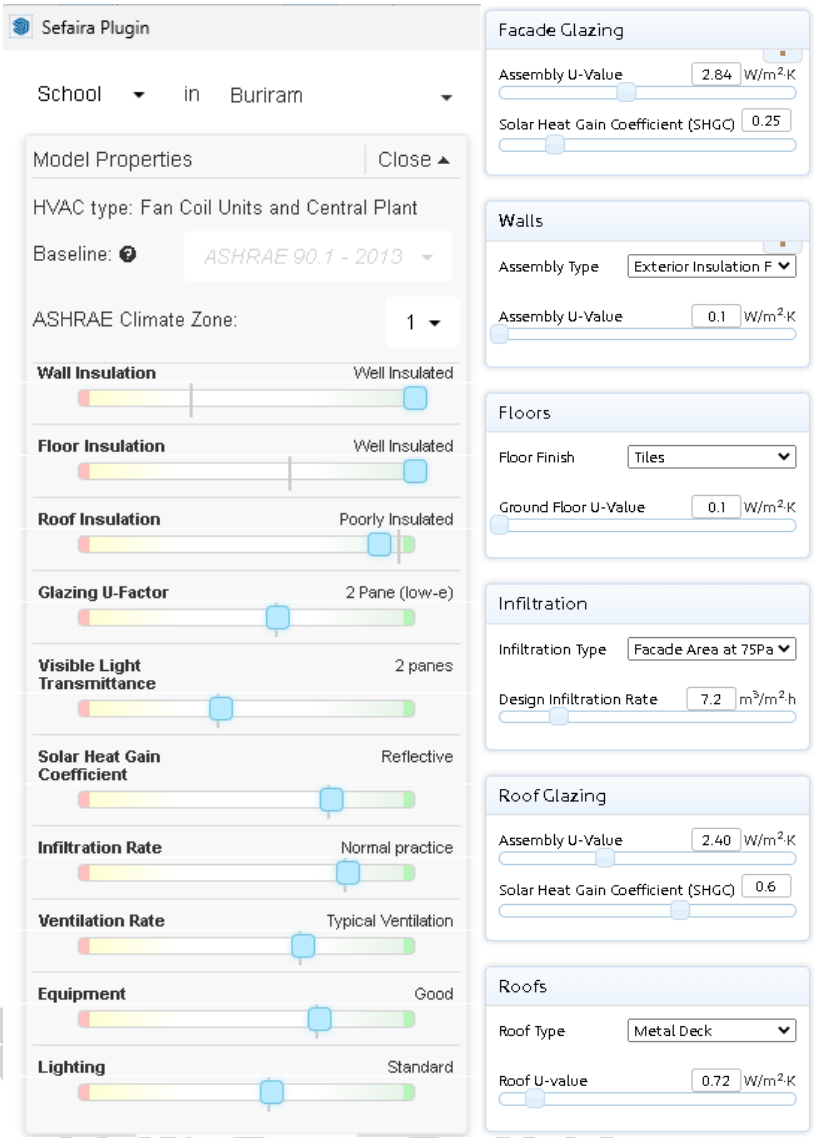
มีข้อเสนอแนะในการออกแบบหลังคาสำหรับพื้นที่นี้ ในรูปแบบภาพเพื่อความเข้าใจในการเลือกใช้ ซึ่งข้อมูลเหล่านี้สอดคล้องกับหลายๆกรณีจากในกรณีศึกษาในบทก่อนหน้านี้ ซึ่งจะเป็นส่วนช่วยในการทดลองในขั้นตอนต่อไป

4.1.1 Local Materials

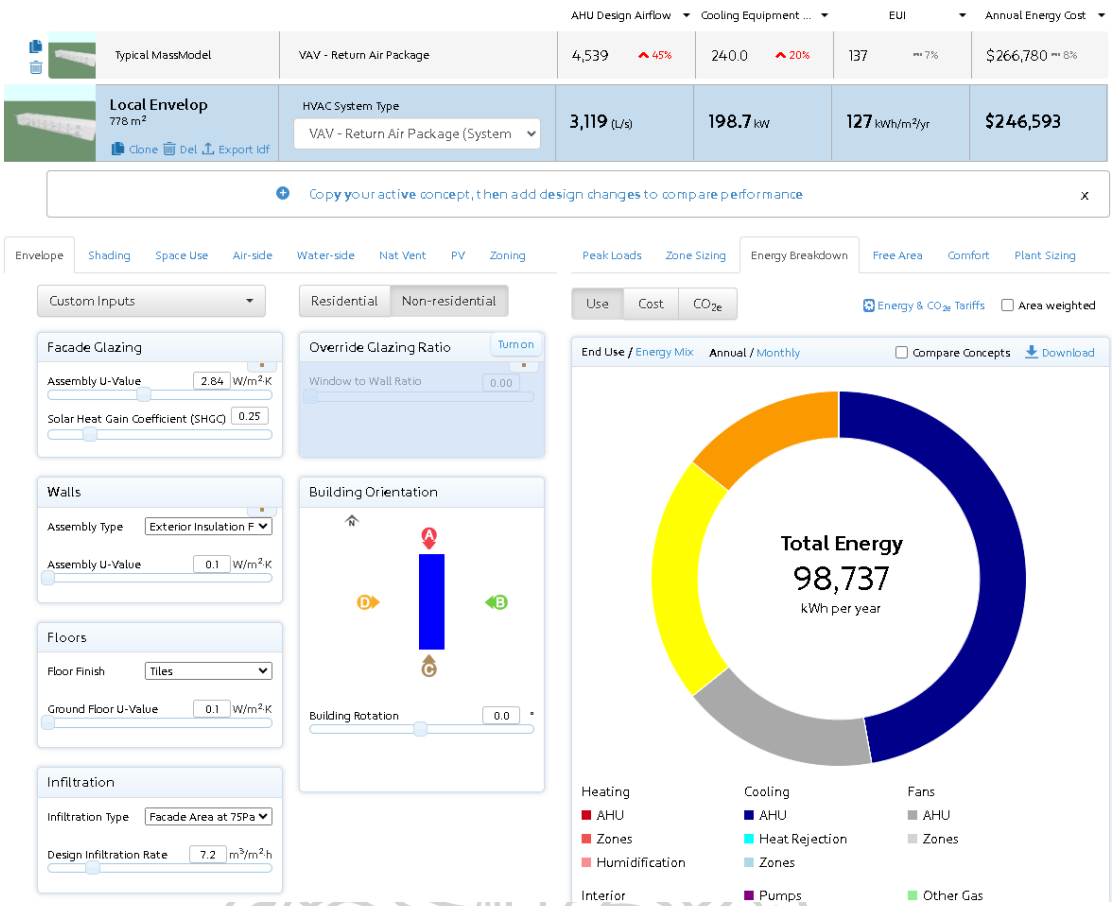
- ตั้งค่าเปลือกอาคารตามวัสดุที่สามารถหาซื้อได้ตามท้องถิ่น

1.เปลี่ยนวัสดุหลังคากระเบื้องลอนคู่ เป็นหลังคาเหล็ก พร้อมทั้งติดตั้งฉนวน pu foam ใต้หลังคา ค่า U-Value 2.84 W/m2K ค่ากระจกของอาคาร SHGC (Solar Heat Gain Coefficient) 0.25

2.ติดตั้งฉนวน EPS foam ที่ผนังอาคาร ค่า U-Value 0.1 W/m2K



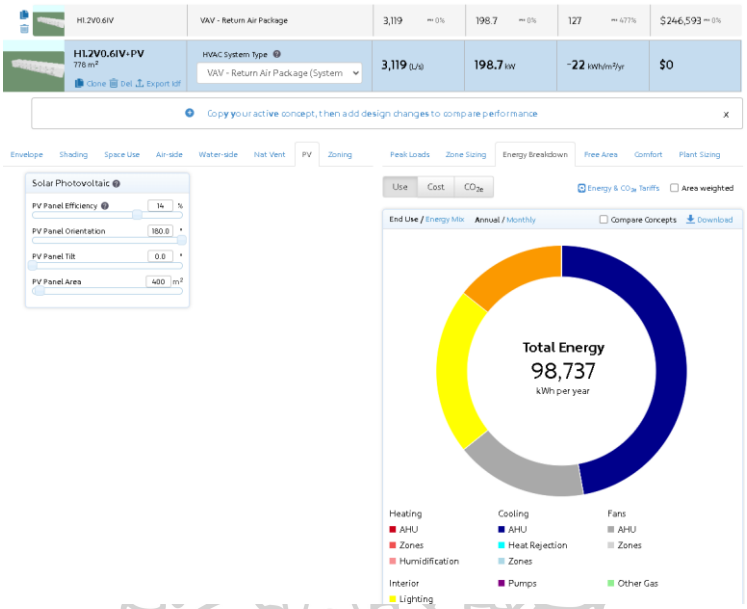
รูปภาพที่ 119 Setting Local Materials



รูปภาพที่ 120 ผลคำนวนพลังงานหลังจากตั้งค่าวัสดุท้องถิ่น

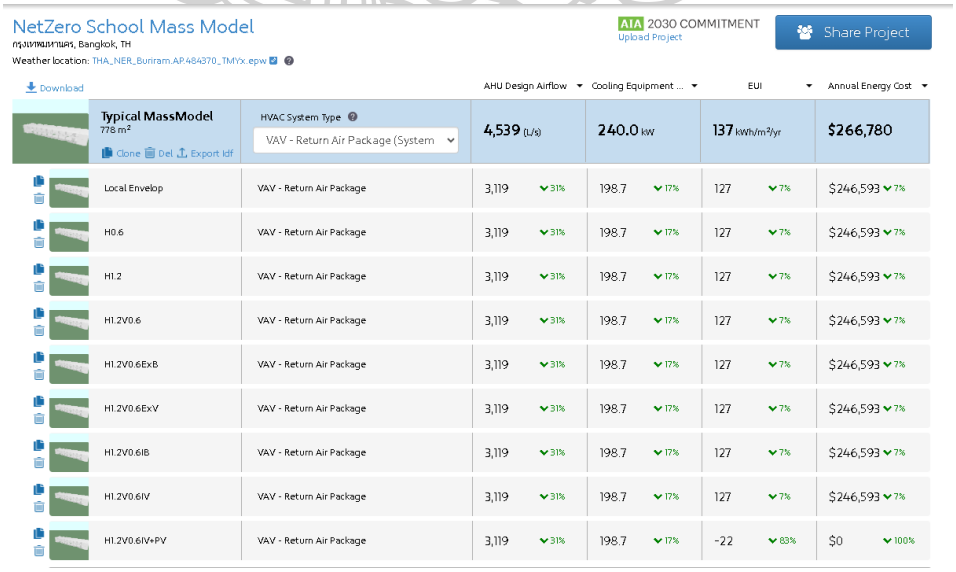
ผลของการคำนวนแสดงให้เห็นได้ว่า การใช้พลังงานภายในอาคารลดลงจาก 106,840 kWh per year (137 kwh/m2/yr) เป็น 98,737 kWh per year (127 kwh/m2/yr) ลดลงไป 8,103 kWh per year คิดเป็นอัตราส่วนร้อยละ 7.59 หลังจากเปลี่ยนค่าวัสดุเปลือกอาคารเป็นที่เรียบร้อยแล้ว ขั้นตอนต่อไปจะเริ่มทำการปรับแต่งเปลือกอาคารภายนอกอาคาร ตามกรณีศึกษา และคำแนะนำจากทางตัวโปรแกรมเองในการต่อไป

4.1.2 PV (Photovoltaic)

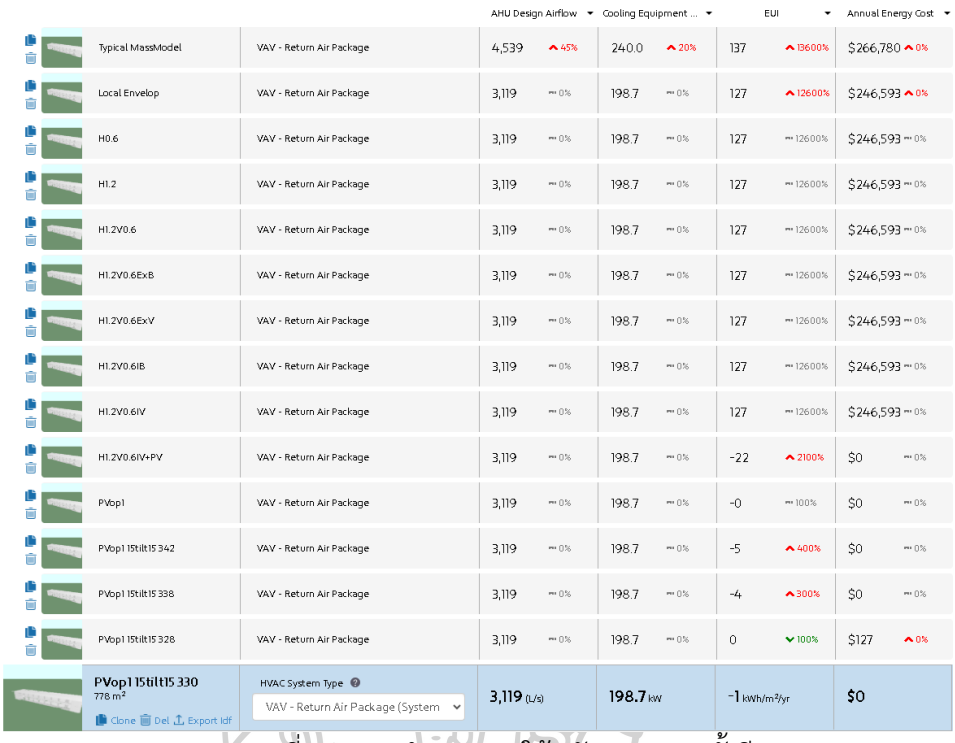


รูปภาพที่ 121 PV Panel 400m2

หลังจากใส่แผงโซล่าเซลล์เข้าไปแล้ว ผลปรากฏว่า มีค่าการใช้พลังงานภายในอาคารมีค่าเป็น -22 kWh/m2/yr หมายความว่า มีการผลิตพลังงานต่อปีเป็นบวกขึ้นมาเกินกว่าสมมุติฐานที่ตั้งไว้ที่ 0 ขั้นต่อไปได้ทำการลดพื้นที่ติดตั้งแผงโซล่าเซลล์ลงไปทีละนิดไปเรื่อยๆ

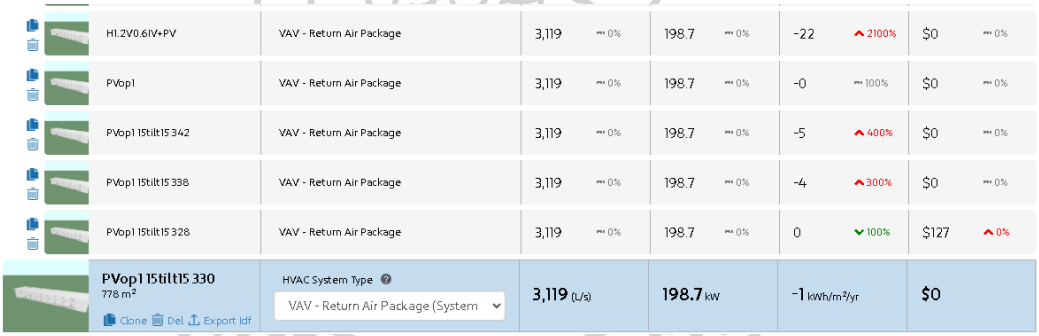


รูปภาพที่ 122 ผลคำนวนพลังงานอาคารโดยรวม



	AHU Design Airflow	Cooling Equipment ...	EUI	Annual Energy Cost
Typical MassModel	VAV - Return Air Package	4,539 ▲45%	240.0 ▲20%	137 ▲13600%	$266,780 ▲0%
Local Envelop	VAV - Return Air Package	3,119 ▬0%	198.7 ▬0%	127 ▲12600%	$246,593 ▲0%
H0.6	VAV - Return Air Package	3,119 ▬0%	198.7 ▬0%	127 ▬12600%	$246,593 ▬0%
H1.2	VAV - Return Air Package	3,119 ▬0%	198.7 ▬0%	127 ▬12600%	$246,593 ▬0%
H1.2V0.6	VAV - Return Air Package	3,119 ▬0%	198.7 ▬0%	127 ▬12600%	$246,593 ▬0%
H1.2V0.6ExB	VAV - Return Air Package	3,119 ▬0%	198.7 ▬0%	127 ▬12600%	$246,593 ▬0%
H1.2V0.6ExV	VAV - Return Air Package	3,119 ▬0%	198.7 ▬0%	127 ▬12600%	$246,593 ▬0%
H1.2V0.6IB	VAV - Return Air Package	3,119 ▬0%	198.7 ▬0%	127 ▬12600%	$246,593 ▬0%
H1.2V0.6IV	VAV - Return Air Package	3,119 ▬0%	198.7 ▬0%	127 ▬12600%	$246,593 ▬0%
H1.2V0.6IV+PV	VAV - Return Air Package	3,119 ▬0%	198.7 ▬0%	-22 ▲2100%	$0 ▬0%
PVop1	VAV - Return Air Package	3,119 ▬0%	198.7 ▬0%	-0 ▬100%	$0 ▬0%
PVop1 15tilt15 342	VAV - Return Air Package	3,119 ▬0%	198.7 ▬0%	-5 ▲400%	$0 ▬0%
PVop1 15tilt15 338	VAV - Return Air Package	3,119 ▬0%	198.7 ▬0%	-4 ▲300%	$0 ▬0%
PVop1 15tilt15 328	VAV - Return Air Package	3,119 ▬0%	198.7 ▬0%	0 ▼100%	$127 ▲0%
PVop1 15tilt15 330 778 m² Clone Del Export Idf	HVAC System Type: VAV - Return Air Package (System	**3,119** (L/s)	**198.7** kW	-1 kWh/m²/yr	**$0**

รูปภาพที่ 123 ผลคำนวนการใช้พลังงานตลอดทั้งปี



H1.2V0.6IV+PV	VAV - Return Air Package	3,119 ▬0%	198.7 ▬0%	-22 ▲2100%	$0 ▬0%
PVop1	VAV - Return Air Package	3,119 ▬0%	198.7 ▬0%	-0 ▬100%	$0 ▬0%
PVop1 15tilt15 342	VAV - Return Air Package	3,119 ▬0%	198.7 ▬0%	-5 ▲400%	$0 ▬0%
PVop1 15tilt15 338	VAV - Return Air Package	3,119 ▬0%	198.7 ▬0%	-4 ▲300%	$0 ▬0%
PVop1 15tilt15 328	VAV - Return Air Package	3,119 ▬0%	198.7 ▬0%	0 ▼100%	$127 ▲0%
PVop1 15tilt15 330 778 m² Clone Del Export Idf	HVAC System Type: VAV - Return Air Package (System	**3,119** (L/s)	**198.7** kW	-1 kWh/m²/yr	**$0**

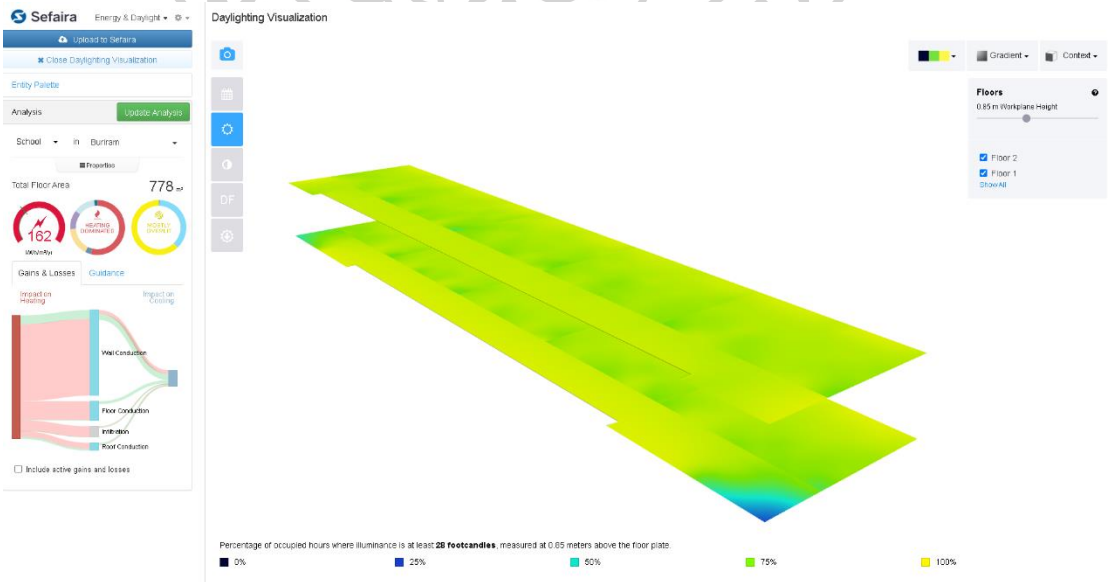
รูปภาพที่ 124 ผลคำนวนการใช้พลังงานตลอดทั้งปี

ผลรวมสุดท้ายหยุดที่ -1 kWh/m2/yr และมีค่าใช้จ่ายต่อปีเป็น 0 เนื่องจากที่ไม่หยุดที่ค่าการใช้พลังงานเป็น 0 เพราะยังคงมีค่าใช้จ่ายอยู่ อาจจะเป็นค่าของการใช้พลังงานที่เป็นเศษหลงเหลือซ่อนอยู่ จึงยังคงคำนวนต่อไป สรุปได้ที่ พื้นที่ที่ติดแผงโซล่าเซลล์อยู่ที่ 330ตารางเมตร หรือ เฉลี่ยนเป็นแผง แผงละ 2 ตารางเมตร เป็นจำนวน 165 แผง เหตุผลที่เลือกใช้แผงโซล่าเซลล์เป็นทางเลือกแรกนั้น เนื่องจากพื้นที่จังหวัดบุรีรัมย์นั้นมีปริมาณความเข้มข้นของแสงอาทิตย์สูงตลอดทั้งวัน และยังมีบริษัทผลิตไฟฟ้าจากแสงอาทิตย์ และ โรงงานผลิตไฟฟ้าจากชีวมวลอีกด้วย ทั้งยังเป็นตัวชี้วัดอีกทางนึงด้วยว่า พื้นที่นี้มีศักยภาพเพียงพอที่จะผลิตพลังงานสะอาดได้อย่างแน่นอน

4.1.3 Shading

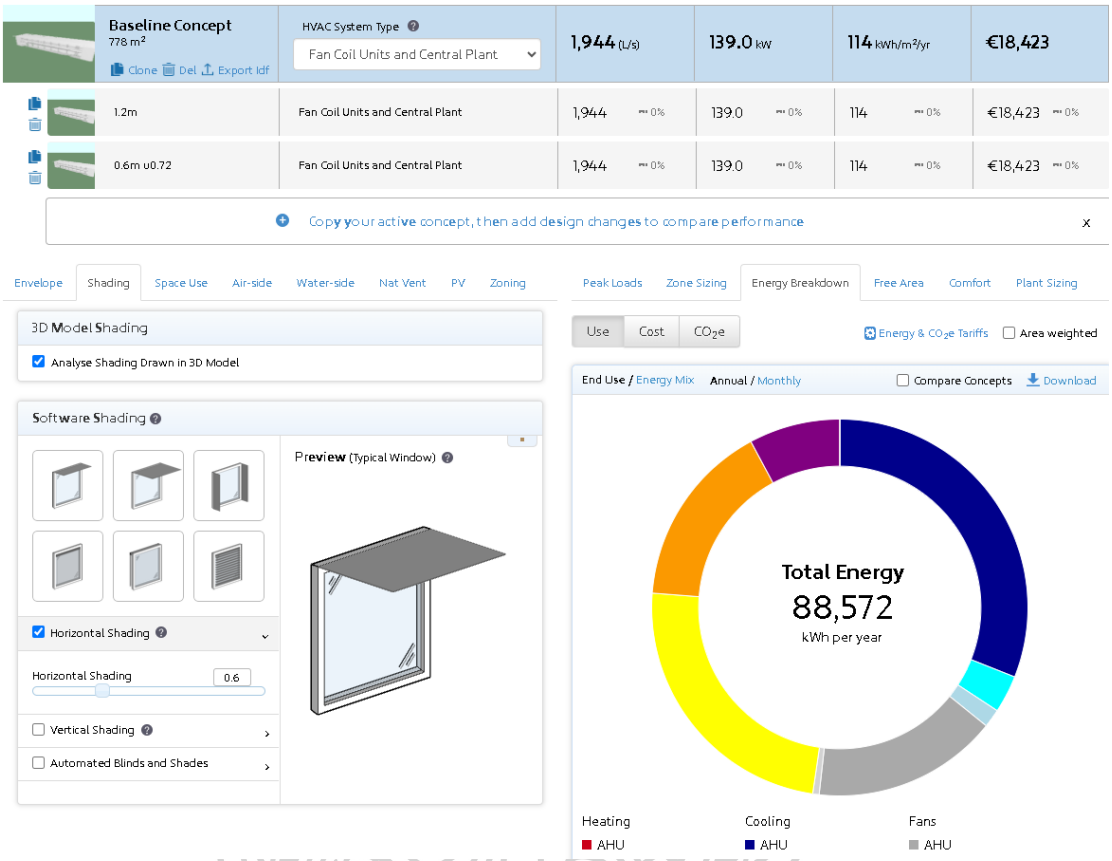
ขั้นตอนต่อไปจะทำการทดลองในส่วนของการปรับรูปแบบการคำนวนโดยติดตั้งแผงบังแดดในหุ่นจำลองตั้งแต่เริ่มต้นก่อนที่จะนำขึ้นไปคำนวนบนเวปไซต์ของตัวโปรแกรมแทน โดยเริ่มยื่นจาก 0.60 ม. โดยตัวเลขนี้มาจากมาตรฐานแผ่นผนังสำเร็จรูปที่มีขนาด 1.20ม.*2.40ม. เพื่อสะดวกต่อการจัดหาและลดการตัดเศษเหลือเป็นวัสดุในกระบวนการก่อสร้าง

รูปภาพที่ 125 แผงบังแดดแนวนอน 0.60 ม.



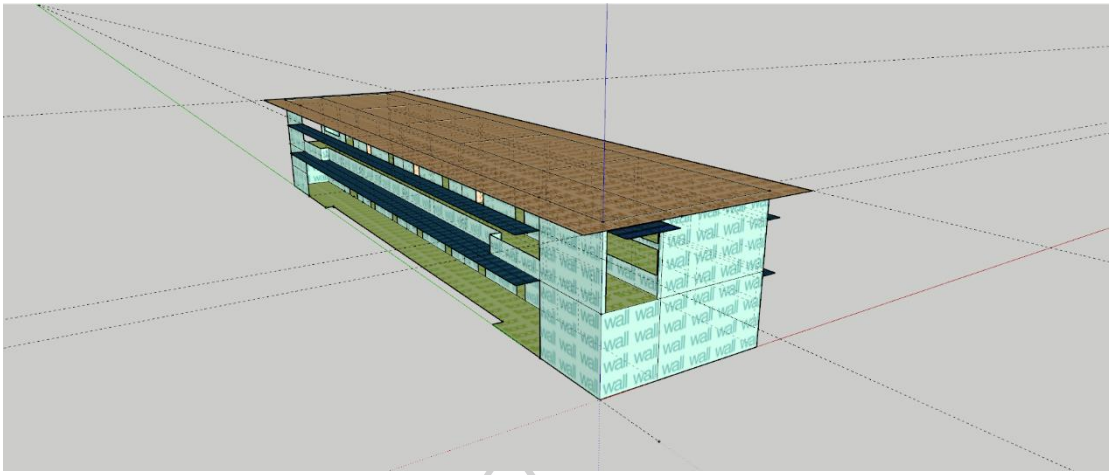
รูปภาพที่ 126 แสดงผลการคำนวนพลังงานเบื้องต้น

ค่าพลังงานเบื้องต้นยังคงเดิม ตามหุ่นจำลองแรกที่ 162 kWh/m2/yr

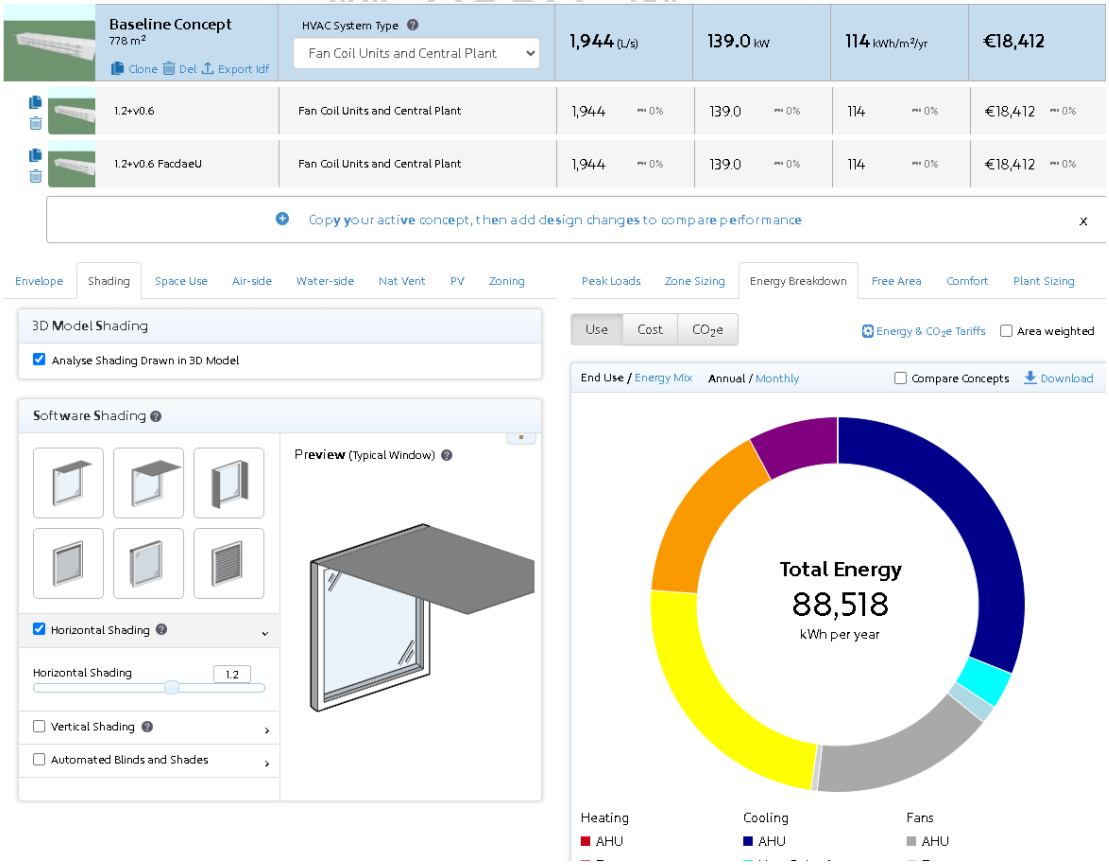


รูปภาพที่ 127 แสดงผลการคำนวนบนเวปไซต์ของโปรแกรม

หลังจากกรอกข้อมูลเบื้องต้นตามขั้นตอนของหุ่นจำลองแรกแล้ว ผลปรากฏว่า มีค่าผลรวมของพลังงานโดยรวมจาก 98,737 kWh per year เป็น 88,572 kWh per year ต่างกันถึง 10,165 kWh per year จึงทดลองปรับยื่นความยาวของแผงบังแดดออกไปอีก 0.60ม. รวมเป็น 1.20 ม.

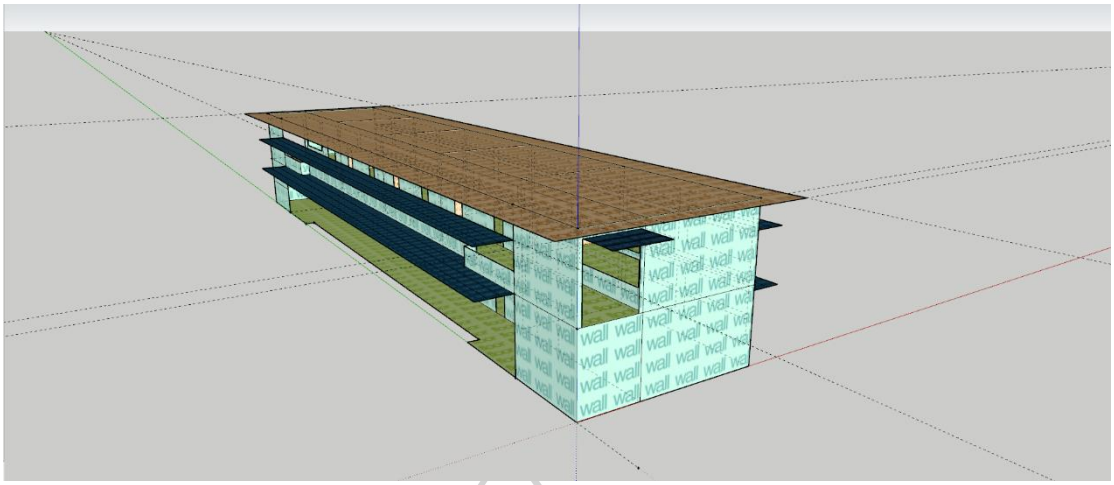


รูปภาพที่ 128 แสดงหุ่นจำลองยื่นแผงบังแดด 1.20 ม.

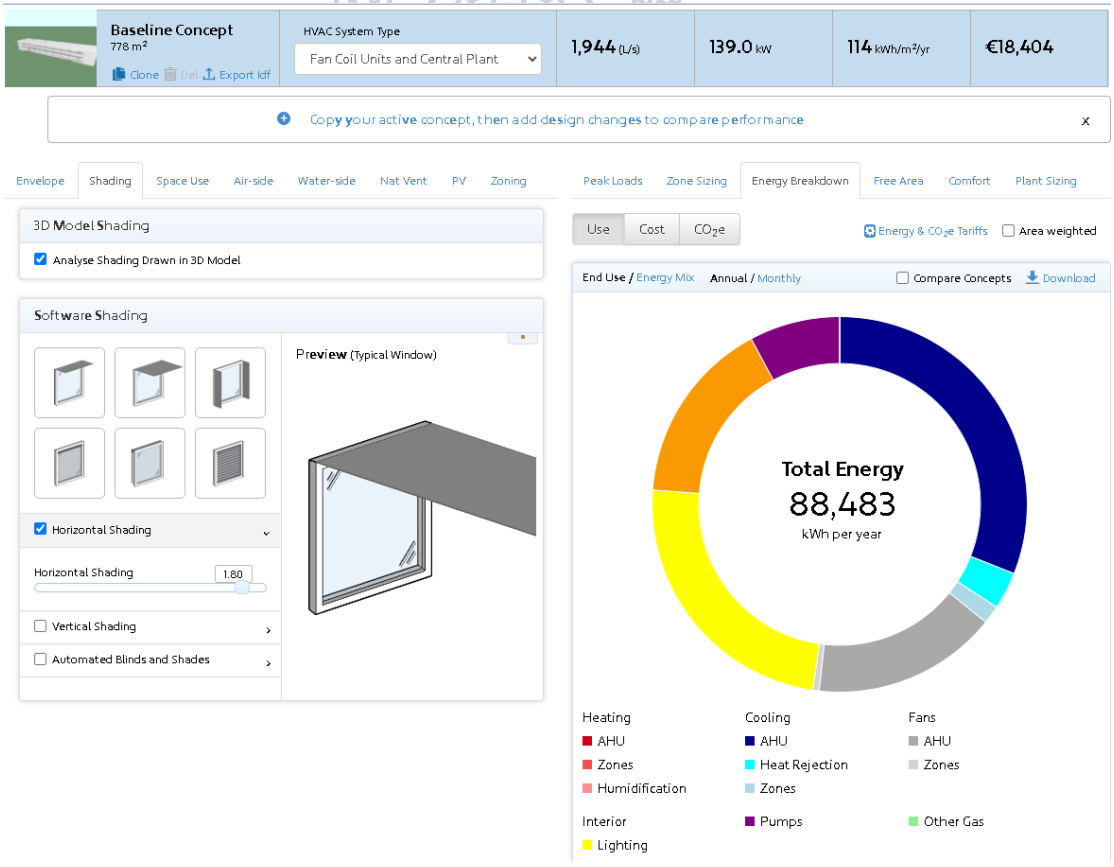


รูปภาพที่ 129 แสดงผลการคำนวนบนเวปไซต์

ผลปรากฏว่าค่าพลังงานรวมมีค่าลดลง จึงทดลองต่อไป

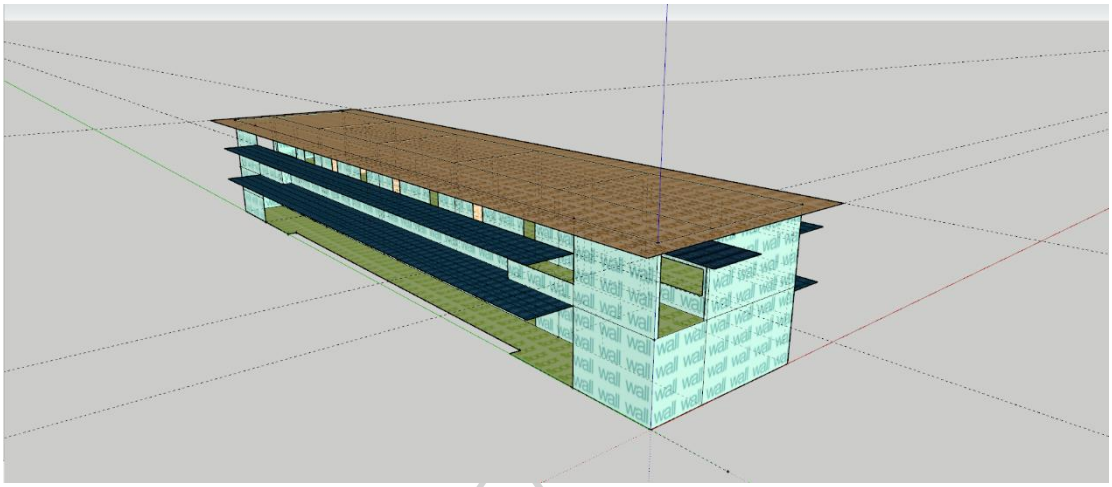


รูปภาพที่ 130 แสดงแผงบังแดดยื่น 1.80 ม.

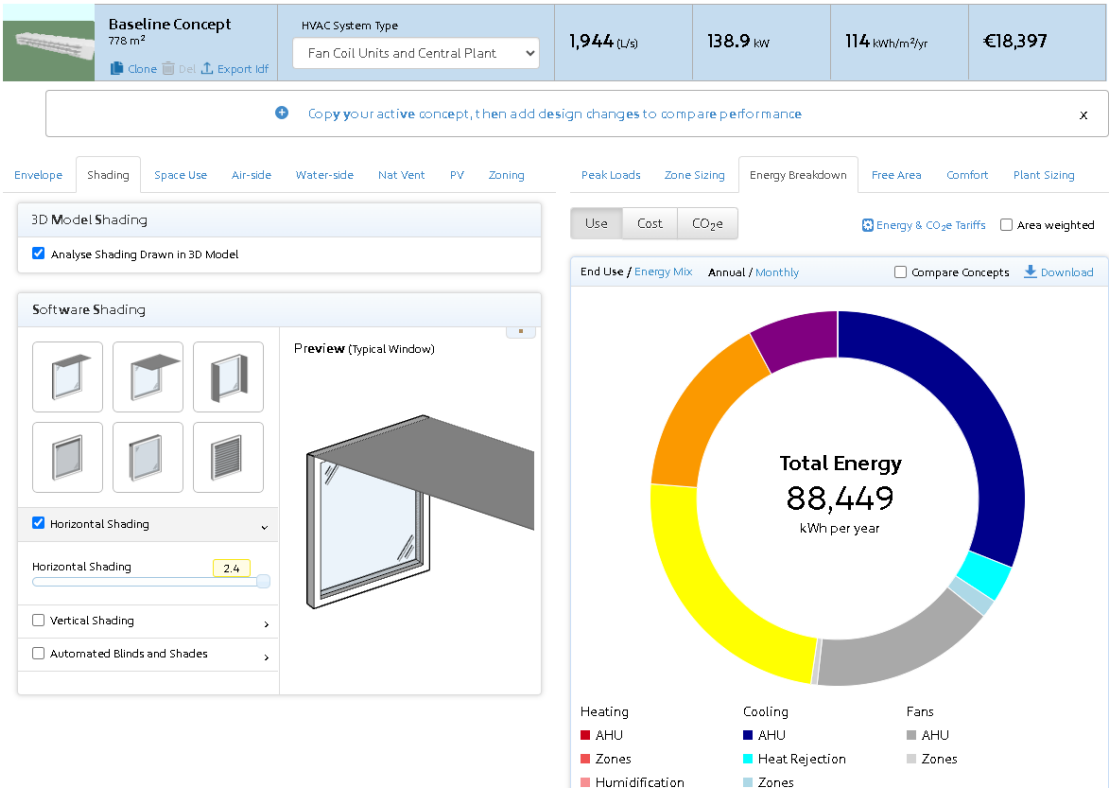


รูปภาพที่ 131 แสดงผลการคำนวนบนเวปไซต์

ค่าพลังงานยังคงลดลงได้อีก จึงทดลองปรับแต่งต่อไป

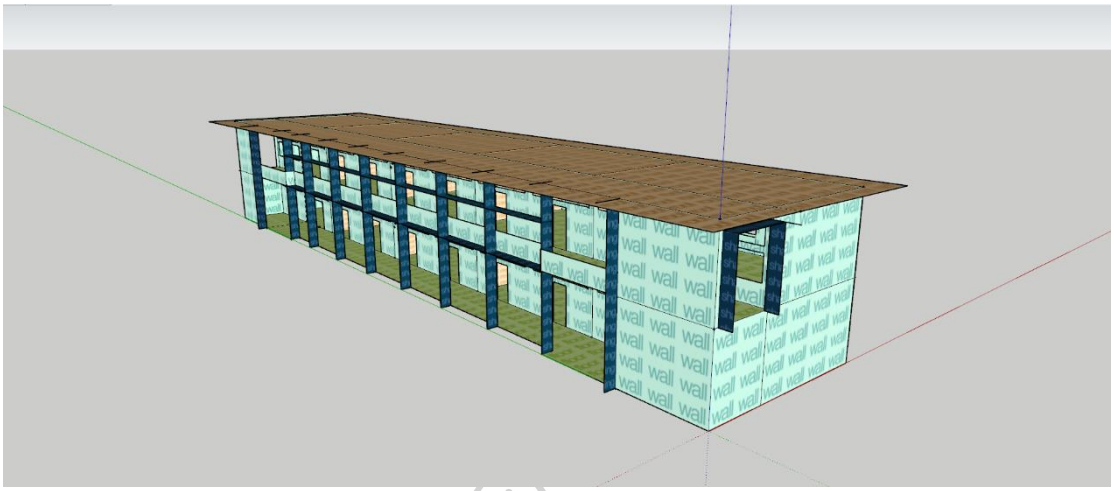


รูปภาพที่ 132 แสดงแผงบังแดดแนวนอนยื่น 2.40 ม.

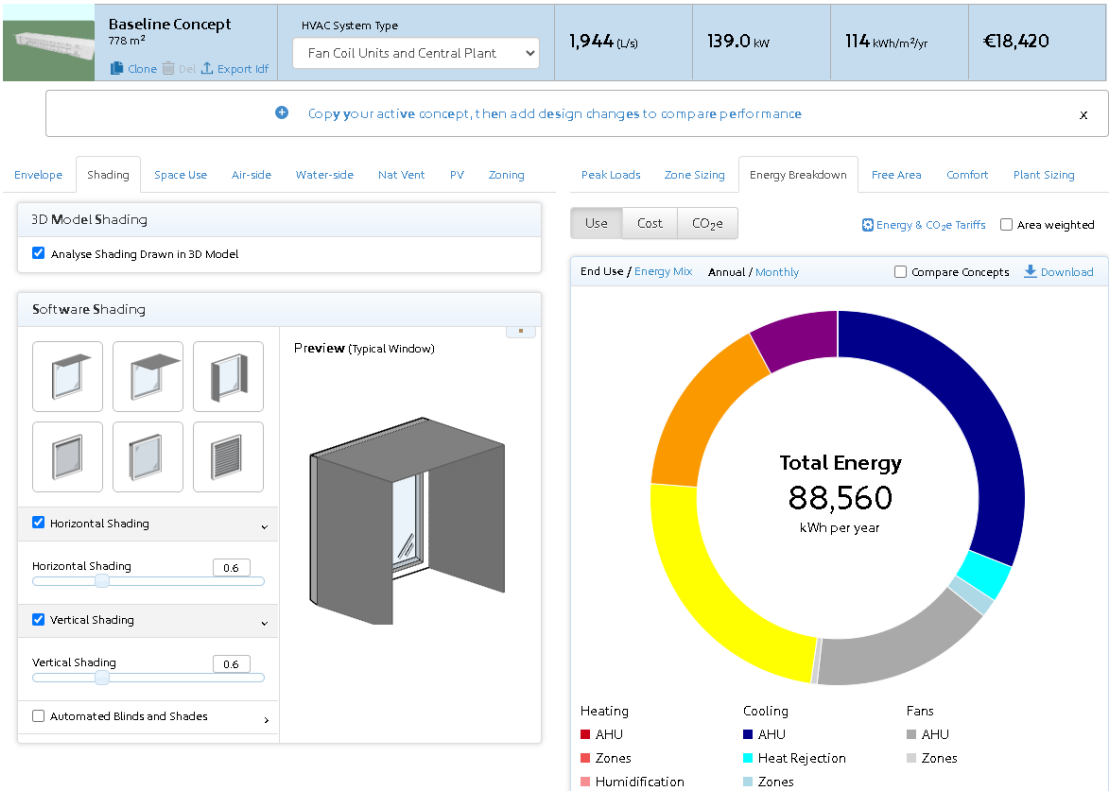


รูปภาพที่ 133 แสดงผลการคำนวนบนเวปไซต์

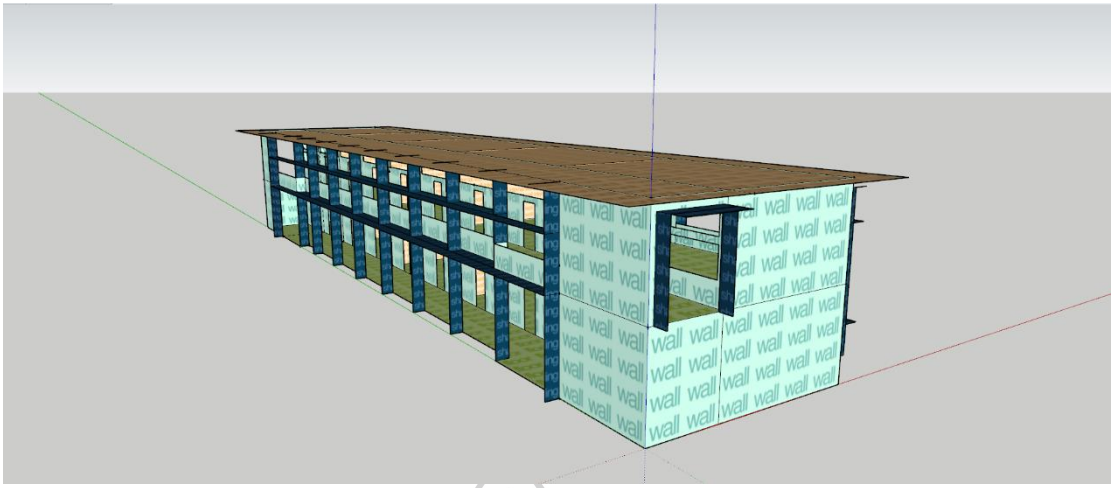
ผลของค่าพลังงานก็ยังคงลดลงไปอีก แต่เนื่องจากความยาวของแผงบังแดดยื่นยาวมากเกินความจำเป็นแล้ว จึงกลับไปทดลองเติมแผงบังแดดในแนวตั้งแทน



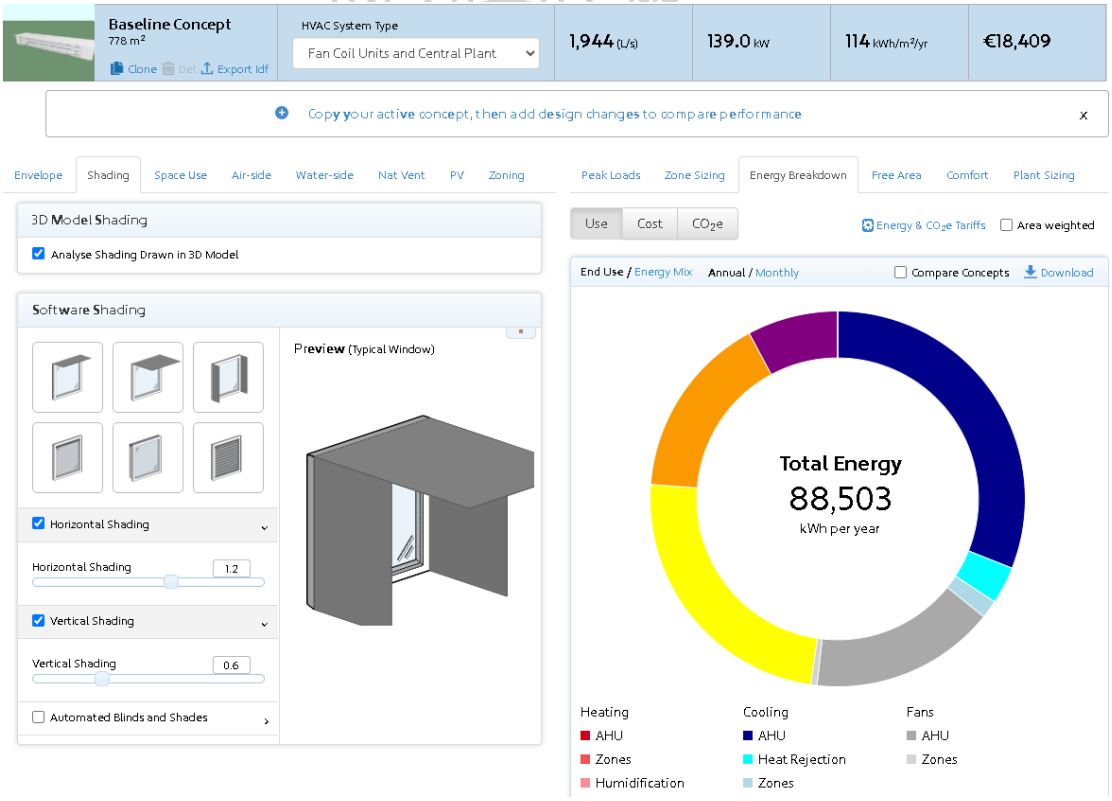
รูปภาพที่ 134 แสดงแผงบังแดดแนวนอน 0.60ม. แนวตั้ง 0.60 ม.



รูปภาพที่ 135 แสดงผลคำนวนจากบนเวปไซต์แผงบังแดดแนวตั้งและแนวนอน 0.60ม. ผลปรากฏว่า มีค่าพลังงานรวมลดลง แต่ยังสูงกว่าแผงบังแดดแนวนอนที่ยื่นออกไปอยู่ จึงทำการทดลองต่อไป



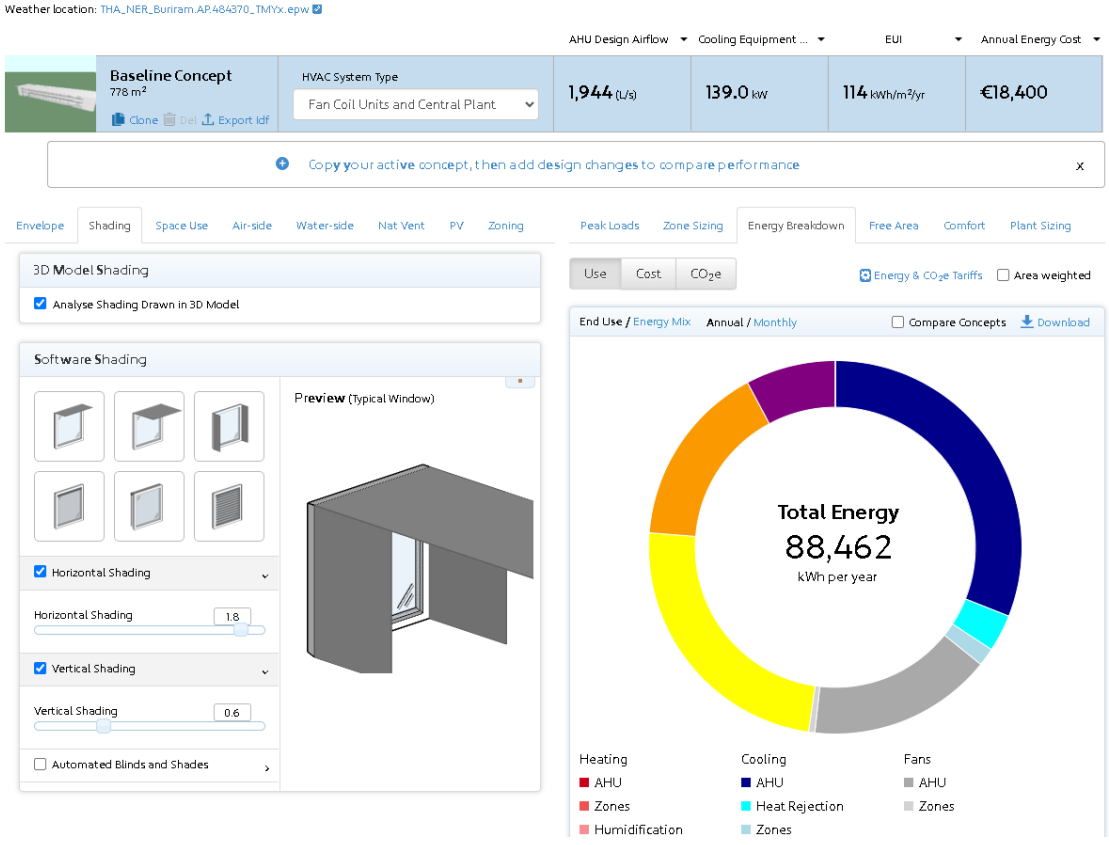
รูปภาพที่ 136 แสดงแผงบังแดดแนวนอน1.20ม. แนวตั้ง 0.60 ม.



รูปภาพที่ 137 แสดงผลการคำนวนบนเวปไซต์

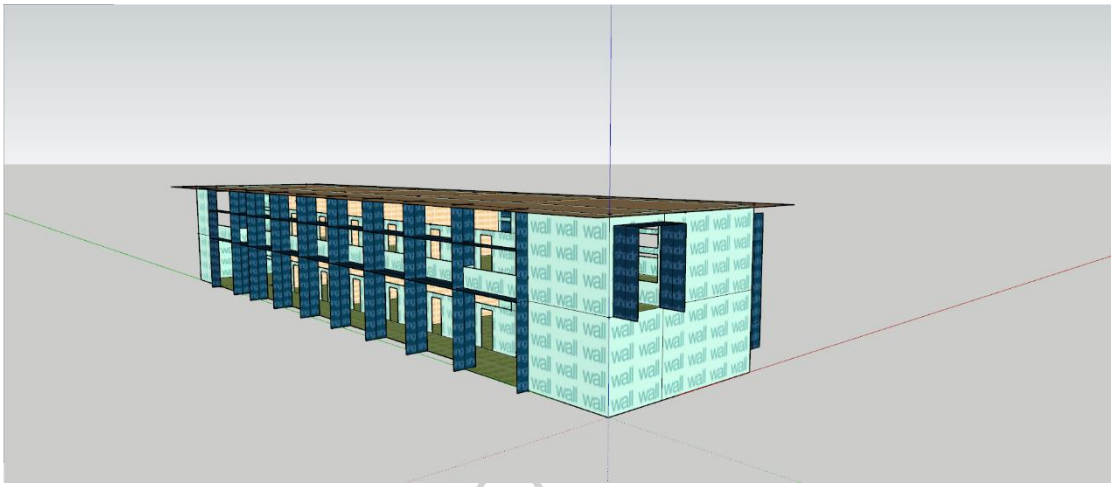
ค่าพลังงานรวมยังคงสูงกว่าค่าแผงบังแดดแนวนอนเพียงอย่างเดียวอยู่ จึงทำการทดลองต่อไป

รูปภาพที่ 138 แสดงแผงแนวนอนยื่น 1.80ม. แนวตั้ง 0.60ม.

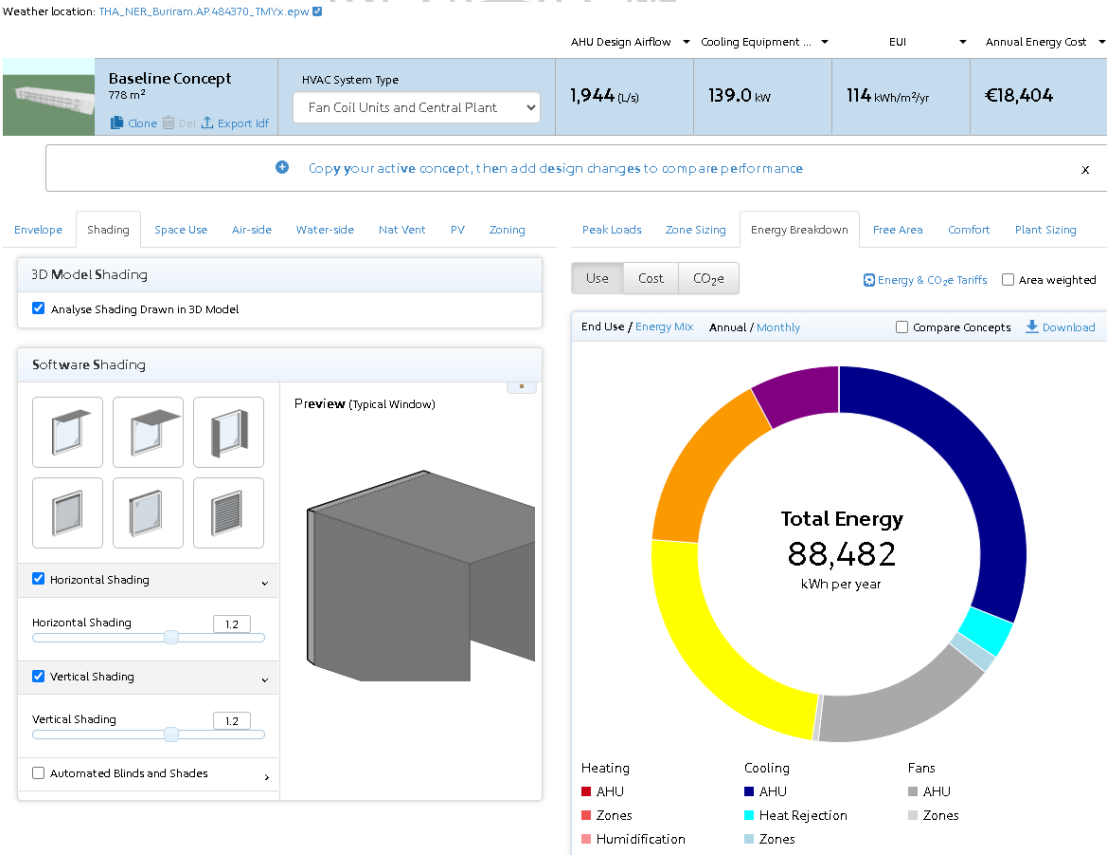


รูปภาพที่ 139 แสดงผลการคำนวนบนเวปไซต์

ผลการคำนวนยังคง แต่ยังมากกว่าแผงบังแดดแนวนอนอยู่ จึงทำการทดลองต่อไป

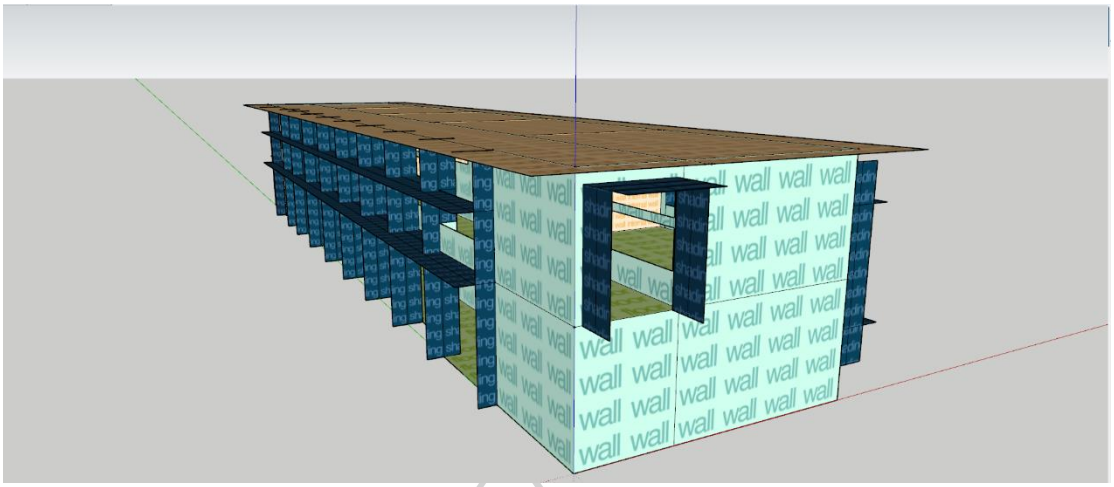


รูปภาพที่ 140 แสดงแผงบังแดดแนวนอนยื่น 1.20ม. แนวตั้งยื่น 1.20 ม.

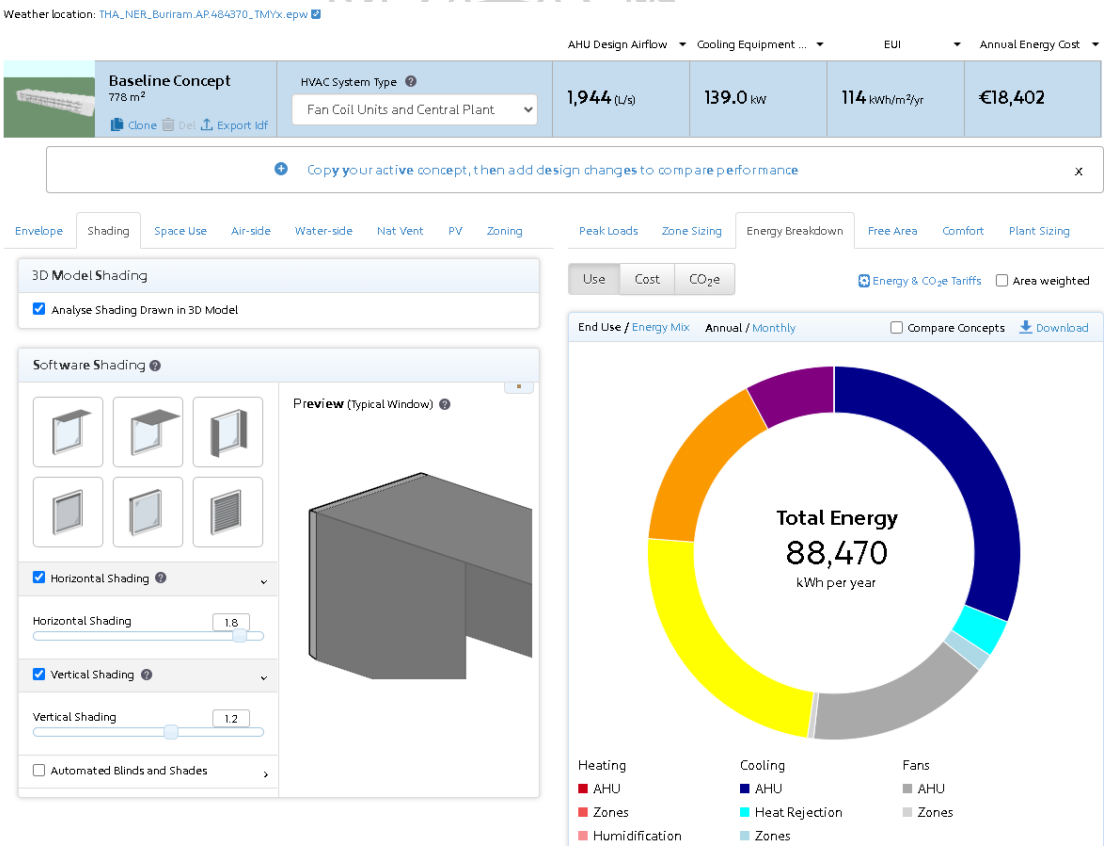


รูปภาพที่ 141 ผลการคำนวนบนเวปไซต์

ผลการคำนวนมีค่าการใช้เพิ่มสูงขึ้น ผลที่สูงขึ้น อาจจะเกิดจากการที่แผงยื่นแนวตั้งยาวเกินไป ทำให้ห้องเรียนมืดลง การใช้พลังงานจึงเพิ่มขึ้น จึงทดลองยื่นแนวนอนออกไปแทน

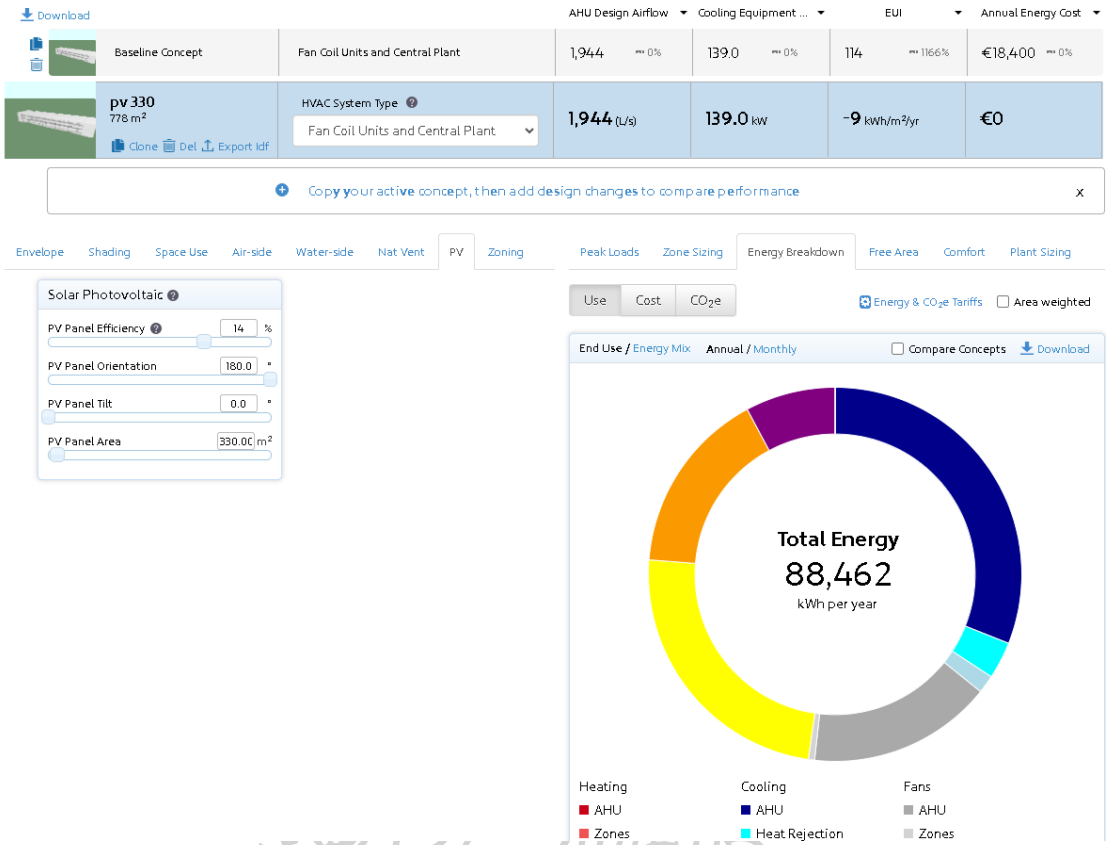


รูปภาพที่ 142 แสดงแผงบังแดดแนวนอนยื่น1.80ม. แนวนอนยื่น 1.20ม.



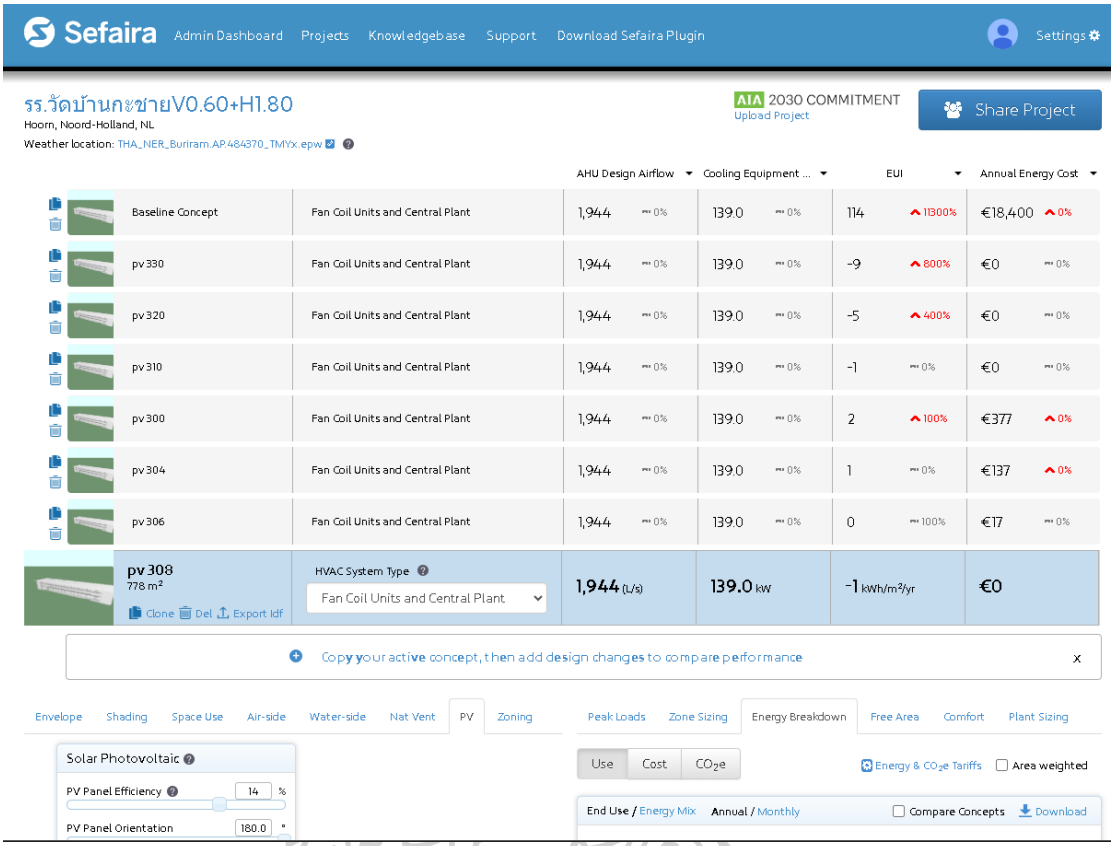
รูปภาพที่ 143 ผลการคำนวนบนเวปไซต์

ผลจากการคำนวน ปรากฏว่ามีค่าลดลง แต่เนื่องจากความเหมาะสมในการใช้งาน และความสวยงามของรูปลักษณอาคารแล้ว จึงเลือกสัดสวนแผงบังแดดที่ยื่นออกมาเหมาะสมกับการใช้งาน และค่าการใช้พลังงานที่ต่ำที่สุดในการคำนวนขั้นต่อไปแทนจะเหมาะสมกว่า โดยกลับไปปรับแต่งที่แผงบังแดด แนวนอน 1.80 ม. แนวตั้ง 0.60 ม. โดยเริ่มทดลองกรอกค่า PV ต่อจากหุ่นจำลองเดิมที่ 330 ตร.ม.

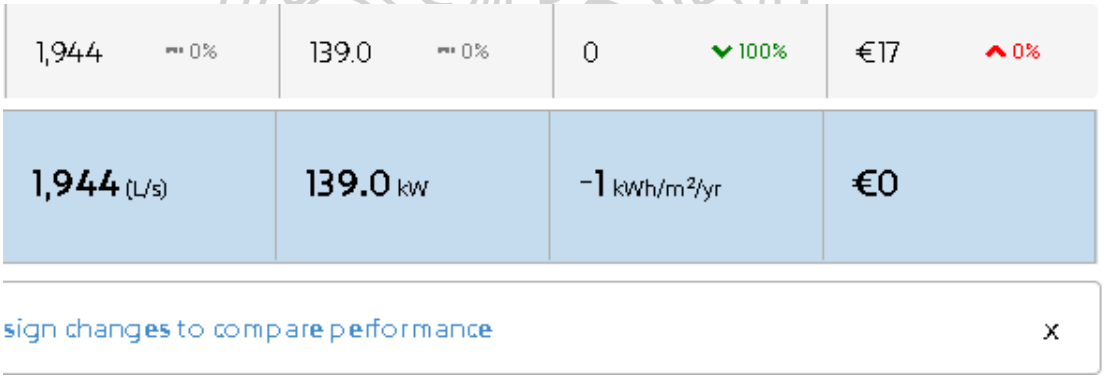


รูปภาพที่ 144 ผลการคำนวนค่าพลังงานจากบนเวปไซต์

ผการคำนวนหลังจากกรอกพื้นที่ติดตั้ง PV พื้นที่เท่ากับหุ่นจำลองแรกแสดงให้เห็นว่า มีค่าพลังงานรวมของค่า EUI ติดลบที่ 9 kWh/m2/yr หรือมีค่าเป็นบวก เพื่อเป็นการลดต้นทุนในการติดตั้งแผง PV ให้น้อยที่สุด จึงทำการปรับลดพื้นที่ต่อไปจนได้ค่าที่เหมาะสมที่สุด



รูปภาพที่ 145 แสดงผลการคำนวน EUI บนเวปไซต์



รูปภาพที่ 146 แสดงผลการคำนวน EUI บนเวปไซต์ PV 308 ตร.ม.

ผลสรุปจากการทดลอง ค่าการใช้พลังงานโดยรวมของอาคารเรียน สปช 105/29 10 ห้อง อยู่ที่ 88,462 kWh per year (114 kWh/m2/yr) ใช้พื้นที่ติดตั้ง PV อยู่ที่ 308 ตร.ม. จำนวน 154 แผง

4.2 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

หลังจากทำการคำนวนพลังงานด้วยโปรแกรมเป็นที่เรียบร้อยแล้ว สามารถแยกข้อสังเกตุในการศึกษาครั้งนี้ออกได้เป็น 3 ประเด็นดังนี้

1. วัสดุ **(Materials)**
2. แผงกันแดด **(Shadding)**
3. โซล่าเซลล์

ซึ่งแต่ละประเด็น มีข้อสังเกตุที่แตกต่างกันออกไปตามผลของการคำนวนพลังงานด้วยโปรแกรม Plug-in Sefaira ในครั้งนี้

4.2.1 วัสดุ (Materials)

วัสดุมีผลกระทบในการเปลี่ยนแปลงค่าการใช้พลังงานอย่างเห็นได้ชัด จากผลของการคำนวนแสดงให้เห็นได้ว่า การใช้พลังงานภายในอาคารลดลงจาก

106,840 kWh ต่อปี (137 kWh/m²/yr) เป็น 98,737 kWh ต่อปี (127 kWh/m²/yr) ซึ่งลดลงไป 8,103 kWh ต่อปี หรือคิดเป็นอัตราส่วนร้อยละ 7.59 ด้วยการติดฉนวน PU foam ใต้หลังคาที่มีค่า U-Value 2.84 W/m2K ค่า SHGC (Solar Heat Gain Coefficient 0.25 ติดตั้งฉนวน EPS foam ที่ผนังอาคาร ค่า U-Value 0.1 W/m2K

4.2.2 แผงกันแดด (Shadding)

ผลจากการคำนวนของโปรแกรม พลังงานมีการเปลี่ยนแปลงลดลงไปจนถึงระยะ1.80ม. พลังงานเริ่มจะมีการผันผวนของค่าการใช้พลังงาน ผลสรุปจากการทดลอง ค่าการใช้พลังงานโดยรวมของอาคารเรียน สปช 105/29 10 ห้องลดลงจาก

106,840 kWh ต่อปี (137 kWh/m²/yr) อยู่ที่ 88,462 kWh per year (114 kWh/m2/yr) ลดลงไป 18,378 kWh per year คิดเป็นอัตราส่วนร้อยละ 17.2 โดยมีระยะยื่น 0.60 ม.และ 1.80 ม. ตามลำดับ

ข้อสังเกตุ อาจจะเกี่ยวพันกับเรื่องแสงสว่างที่ถูกปิดกั้นจากแผงบังแดดที่ยื่นยาวเกินไปอาจทำให้ต้องมีการใช้พลังงานแสงสว่างภายในตัวอาคารเข้ามาชดเชย และควรที่จะต้องศึกษาผลกระทบ

จากบริบทโดยรอบว่ามีผลต่อการเพิ่ม ลด ต่อการใช้พลังงานภายในอาคารหรือไม่ มากน้อย อย่างไร ในงานศึกษาชิ้นต่อไป เพราะจากกรณีศึกษา มีการขยายพื้นที่และแผงกันแดดออกมาจากโครงสร้างเพิ่มมาอีกเป็นระยะ 1 เมตร ข้อมูลจากการออกแบบอาคารของวัดป่าศรีแสงธรรม และอาคารเรียนวัดบ้านกะชายที่ต่อเติมใหม่ก็ยื่นออกมาก็เช่นกัน

4.2.3 โซล่าเซลล์ (Solar Cell)

จากพื้นที่อาคารโดยรวม 778 ตารางเมตร มีพื้นที่ติดตั้งเฉพาะบนหลังอาคารประมาณ 400 ตารางเมตร ถ้าติดเต็มพื้นที่ จะทำให้อาคารมีพลังงานเป็นบวก เนื่องด้วยงานศึกษาในครั้งนี้เพียงต้องการค่าพลังงานรวมสุทธิของอาคารเป็นศูนย์ เพื่อลดต้นทุนในการติดตั้งแผงโซล่าเซลล์ จึงทำการปรับลดพื้นที่ติดตั้งลงมา ได้ข้อสรุปที่พื้นที่ 308 ตารางเมตร เฉลี่ยนเป็น 154 แผง 1แผงมีขนาดความยาว 2 เมตร กว้าง 1เมตร ให้กำลังผลิตไฟฟ้า 400W ต่อแผง มีน้ำหนักรวมต่อแผ่น ตกแผ่นละประมาณ 20 กิโลกรัม ซึ่งในปัจจุบัน ประเทศไทยสามารถ ผลิตแผงโซล่าเซลล์ ไปได้ถึง 550W ต่อแผ่งได้แล้ว ขึ้นอยู่กับราคาและคุณภาพของตัวสินค้าเอง ในตัวโปรแกรมได้ตั้งชม.ต่อการรับแสงแดดไว้ที่ 5 ชม. ต่อวัน จากข้อมูลพื้นที่จังหวัดบุรีรัมย์ มีชม.รับแสงแดดโดยเฉลี่ยต่ำสุดอยู่ที่ 8.03 ชม. ต่อวัน และทางโปรแกรมได้คำนวนการสูญเสียพลังงานระหว่างทางไว้ที่ 40เปอร์เซนต์ ทำให้เหลือพลังงานที่นำมาคำนวนอยู่ที่ 60 เปอร์เซ็นต์

4.3 รูปแบบแนวทางการติดตั้งพลังงานสะอาด

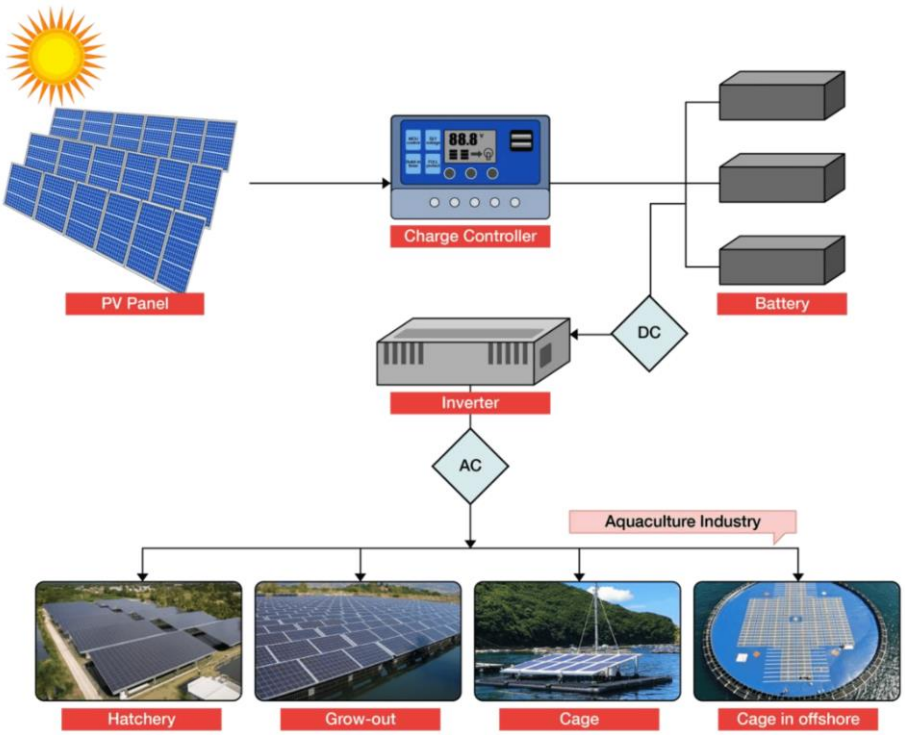
ในหัวข้อนี้จะนำเสนอวิธีวางรูปแบบแผงโซล่าเซลล์ และรูปแบบการดึงแสงธรรมชาติจากตัวโปรแกรม เข้ามาใช้ในช่วงเวลาที่จำเป็นจะต้องมีความจำเป็นจะต้องปิดประตูหน้าต่าง ในช่วงเวลาที่เกิดฝุ่นควันเข้ารบกวนช่วงเวลาการเรียนการสอนของนักเรียนในเบื้องต้นก่อน มีหัวข้อย่อยดังต่อไปนี้

4.3.1 รูปแบบการติดตั้งแผงโซล่าเซลล์

4.3.2 วิธีติดตั้งแผงโซล่าเซลล์

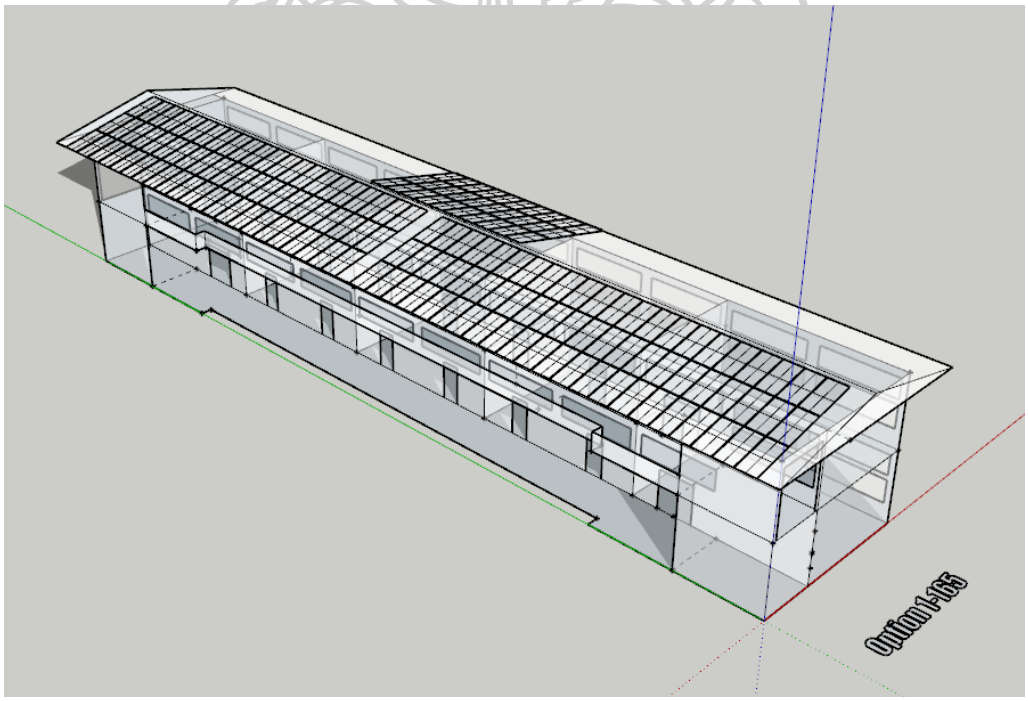
4.3.1 รูปแบบการติดตั้งแผงโซล่าเซลล์

เริ่มจากการเลือกระบบที่แนะนำให้ใช้ควรจะเป็นแบบ on-grid หรือ อาจจะใช้ระบบ Hybrid โดยผสมพลังงานจากชีวมวลเข้าไปร่วมด้วยก็ย่อมได้ในอนาคต



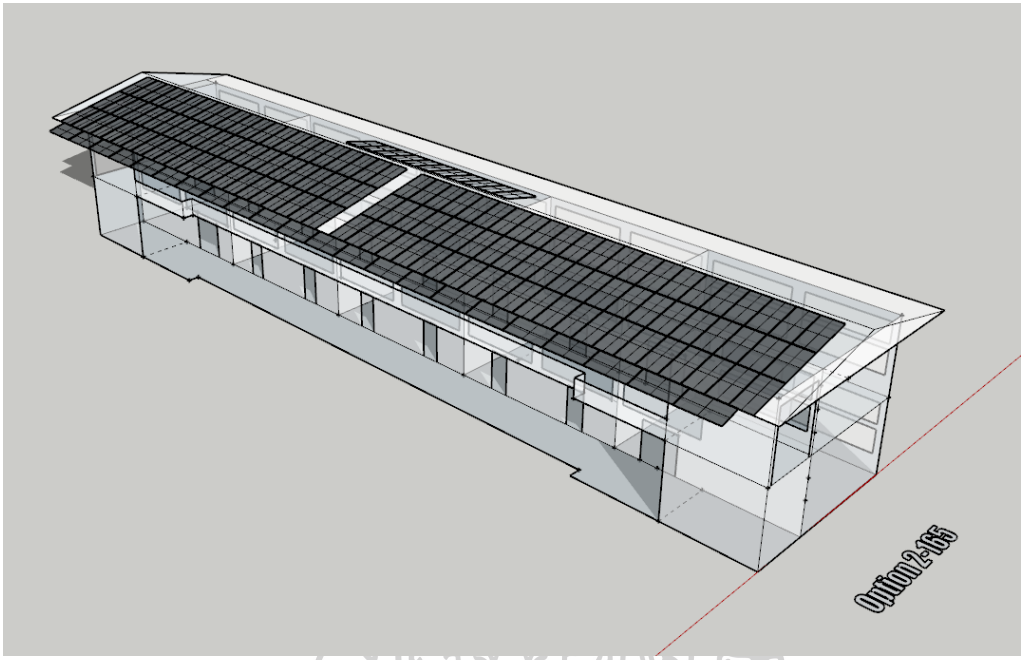
รูปภาพที่ 147 On-Grid system

ที่มา : www.wha-up.com



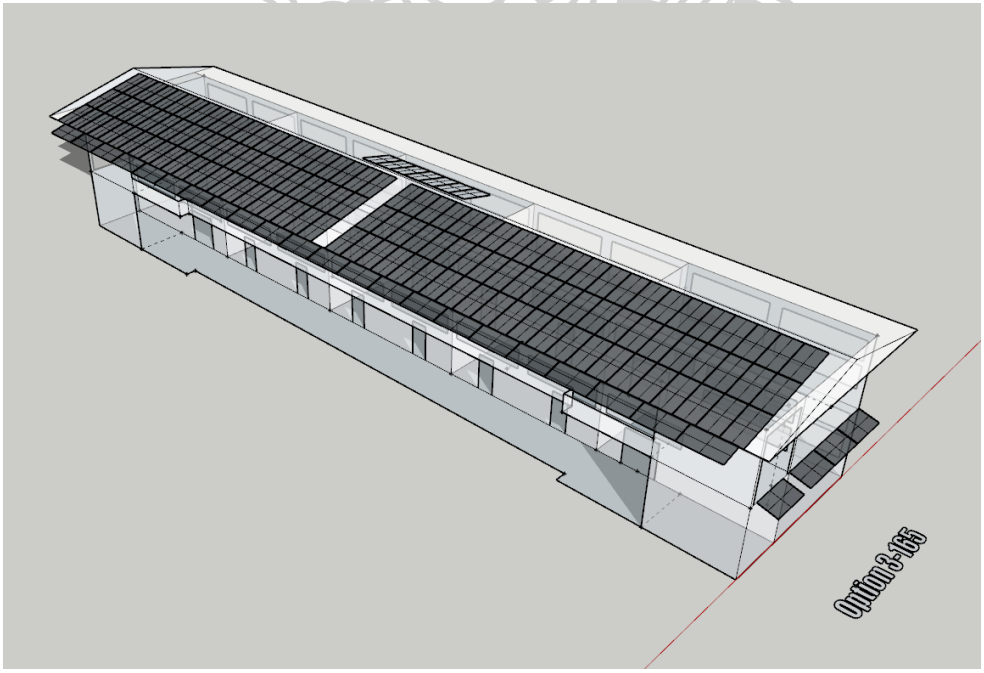
รูปภาพที่ 148 PV Option 1

ทางเลือกที่ 1 คิดคั้งแผงเน้นไปทางด้านฝั่งทิศตะวันตกเสียก่อน ส่วนที่เหลือติดตั้งทางทิศตะวันออก



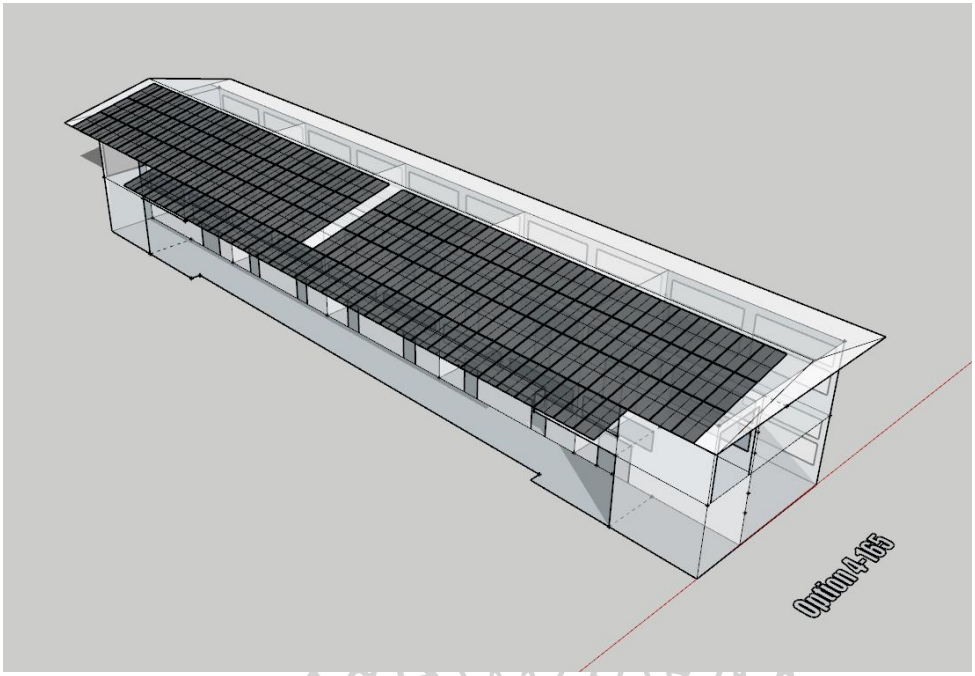
รูปภาพที่ 149 PV Option 2

ทางเลือกที่ 2 เสริมเหล็กหลังคายื่นมาเพิ่ม 1 เมตร เพื่อขยายแผงบังแดดตามกรณีศึกษา แล้วปิดทับด้วยแผงโซลล่าเซลล์



รูปภาพที่ 150 PV Option 3

ทางเลือกที่ 3 ใช้แบบผสม โดย ย้ายจากฝั่งทางทิศตะวันออก มาติดผนังอาคารเรียนด้านฝั่งทิศใต้ของอาคาร เป็นการสร้างร่มเงาให้ตัวอาคารด้านฝั่งทิศใต้ไปในตัว



รูปภาพที่ 151 PV Option 4

ทางเลือกที่ 4 เสริมโครงหลังคาออกมา 2 เมตร ตามแนวยาวของแผ่นแผงโซลล่าเซลล์ และ ยังเป็นแผงบังแดดช่วงบ่ายไปจนถึงหลังเลิกเรียนไปอีกทางนึงด้วย

4.3.2 วิธีติดตั้งแผงโซล่าเซลล์

กระบวนการติดตั้งแผงโซล่าเซลล์

1. ระบุศักยภาพของการติดตั้งระบบพลังงานแสงอาทิตย์ในโรงเรียน

2. ติดต่อผู้พัฒนาพลังงานแสงอาทิตย์หรือผู้รับเหมา EPC (วิศวกรรม การจัดซื้อ และการก่อสร้าง) เพื่อดำเนินการสำรวจพื้นที่และเตรียมการออกแบบและข้อเสนอทางเทคนิค

3. ส่งคำขอเชื่อมต่อโครงข่ายไฟฟ้าไปยังการไฟฟ้านครหลวง (กฟน.) หรือการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค (กฟภ.) ในที่นี้คือการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค

4. หลังจากได้รับคำขอเชื่อมต่อโครงข่ายไฟฟ้าแล้ว การไฟฟ้าที่เกี่ยวข้องจะคัดกรองความสมบูรณ์ของเอกสารที่ส่งมาและดำเนินการประเมินทางเทคนิค

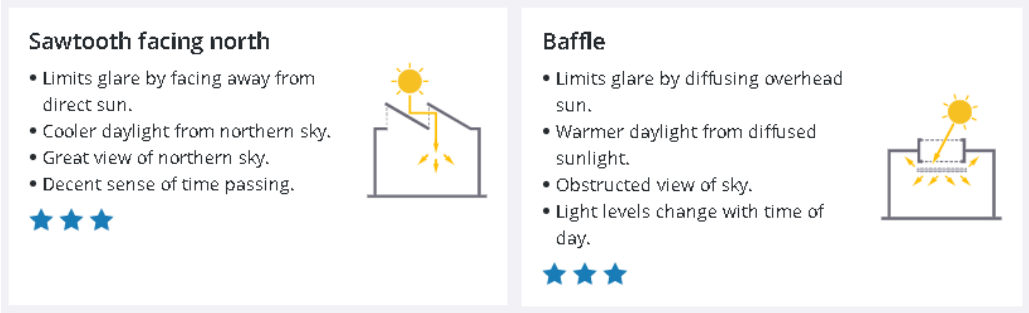
5. หากทุกอย่างเป็นที่น่าพอใจ ขั้นตอนต่อไปคือการตรวจสอบสถานที่

6. ผู้รับเหมาแบบ EPC ที่ติดตั้งระบบอำนวยความสะดวกในการตรวจสอบโดยเจ้าหน้าที่สาธารณูปโภค

7. ตรวจสอบให้แน่ใจว่าการสำรวจสถานที่ได้รับการดำเนินการอย่างมีประสิทธิผล ซึ่งจะนำไปสู่ข้อเสนอจากผู้รับเหมาแบบ EPC ผู้ให้บริการพลังงานแสงอาทิตย์ในที่สุด

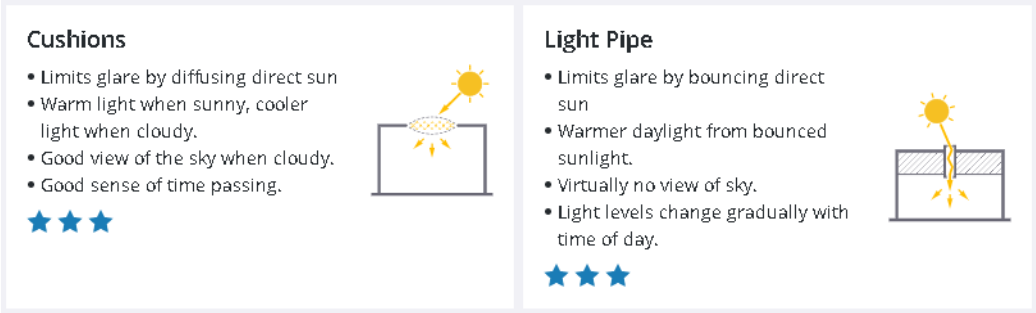
8. ปฏิบัติตามข้อกำหนดสำหรับการเชื่อมต่อโครงข่ายตามที่ระบุไว้ในรหัสเชื่อมต่อระบบโครงข่ายไฟฟ้า กฟภ. 2559 (ไทย / อังกฤษ) และรหัสเชื่อมต่อระบบโครงข่ายไฟฟ้า กฟภ. 2558 (ไทย)

- แนวทางการนำแสงสว่างเข้ามาใช้ภายในอาคาร



รูปภาพที่ 152 แสดงวิธีดึงแสงธรรมชาติ

- ออกแบบฝ้ากันแสงโดยตรงจากดวงอาทิตย์ ให้กระจายแสงไปให้ทั่วห้อง ปริมาณของแสงจะเปลี่ยนไปตามองศาของดวงอาทิตย์เมื่อเวลาเปลี่ยนไป โดยการดึงแสงทางทิศเหนือเข้ามา ลดการรับแสงแดดโดยตรงเพื่อลดแสงแยงตาเวลาเรียน



รูปภาพที่ 153 แสดงวิธีดึงแสงธรรมชาติ

- ออกแบบวัสดุทรงโค้งคล้ายเลนซ์นูน ลดแสงที่แยงตา ช่วยกระจายแสงไปในตัว หรือจะออกแบบท่อนำแสง เพื่อดึงมาเฉพาะแสงที่ต้องการเข้ามาใช้แทนไฟแสงสว่างได้

บทที่ 5

สรุป อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

สรุปและอภิปรายผล

การศึกษานี้มุ่งเน้นการปรับปรุงอาคารเรียนแบบ สปช.105/29 10 ห้อง ให้เป็นอาคารที่มีพลังงานสุทธิเป็นศูนย์ (Net Zero Energy) โดยใช้กรณีศึกษาโรงเรียนวัดบ้านกระชาย จังหวัดบุรีรัมย์ ผลการศึกษาสามารถสรุปได้ดังนี้:

กระบวนการปรับปรุงอาคาร

การปรับปรุงเปลือกอาคารเป็นขั้นตอนสำคัญในการลดการใช้พลังงานของอาคารเรียนในกรณีศึกษานี้ โดยมีการดำเนินการปรับปรุงหลายส่วนเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการป้องกันความร้อนและลดการใช้พลังงานประการแรก มีการติดตั้งฉนวน **PU foam** ใต้หลังคา ซึ่งมีคุณสมบัติในการป้องกันความร้อนที่ดี โดยมีค่า **U-Value** เท่ากับ **2.84 W/m2K** การติดตั้งฉนวนนี้ช่วยลดการถ่ายเทความร้อนผ่านหลังคาได้อย่างมีประสิทธิภาพ ทำให้อุณหภูมิภายในอาคารลดลงและลดภาระการทำความเย็นประการที่สอง มีการติดตั้งฉนวน **EPS foam** ที่ผนังอาคาร โดยมีค่า **U-Value** เท่ากับ **0.1 W/m2K** ซึ่งเป็นค่าที่ต่ำมาก และค่าของกระจกอาคาร **SHGC (Solar Heat Gain Coefficient)** เท่ากับ **0.25** แสดงถึงประสิทธิภาพสูงในการป้องกันความร้อนจากภายนอก การเพิ่มฉนวนที่ผนังนี้ช่วยลดการถ่ายเทความร้อนผ่านผนังอาคาร ทำให้อุณหภูมิภายในอาคารคงที่มากขึ้นประการที่สาม มีการติดตั้งแผงบังแดดทั้งในแนวนอนและแนวตั้ง โดยแผงบังแดดแนวนอนยื่นออกมา **1.80** เมตร และแผงบังแดดแนวตั้งยื่นออกมา **0.60** เมตร การติดตั้งแผงบังแดดนี้ช่วยลดปริมาณแสงแดดที่ส่องเข้าสู่อาคารโดยตรง ลดความร้อนที่เข้าสู่อาคาร และช่วยควบคุมแสงธรรมชาติที่เข้าสู่อาคารนอกจากการปรับปรุงเปลือกอาคารแล้ว ยังมีการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ โดยติดตั้งแผงโซล่าเซลล์บนหลังคาอาคาร มีพื้นที่รวม **308** ตารางเมตร จำนวน **154** แผง ระบบนี้ช่วยผลิตพลังงานทดแทนให้กับอาคาร ลดการพึ่งพาพลังงานจากภายนอกผลจากการปรับปรุงอาคารพบว่า สามารถลดการใช้พลังงานได้ โดยลดลงถึง **17.2%** เมื่อเทียบกับอาคารเดิมก่อนการปรับปรุง ซึ่งเป็นผลมาจากการปรับปรุงเปลือกอาคารที่มีประสิทธิภาพ ทั้งการเพิ่มฉนวน การติดตั้งแผงบังแดด และการปรับปรุงอื่นๆที่สำคัญ ระบบโซล่าเซลล์ที่ติดตั้งสามารถผลิตพลังงานได้เพียงพอต่อการใช้งานของอาคาร ส่งผลให้อาคารมีพลังงานสุทธิเป็นศูนย์ (**Net Zero Energy)** ตามเป้าหมายที่วางไว้ ซึ่งหมายความว่าอาคารสามารถผลิตพลังงานได้เท่ากับหรือมากกว่าพลังงานที่ใช้ในรอบปีการปรับปรุงนี้แสดงให้เห็นถึง

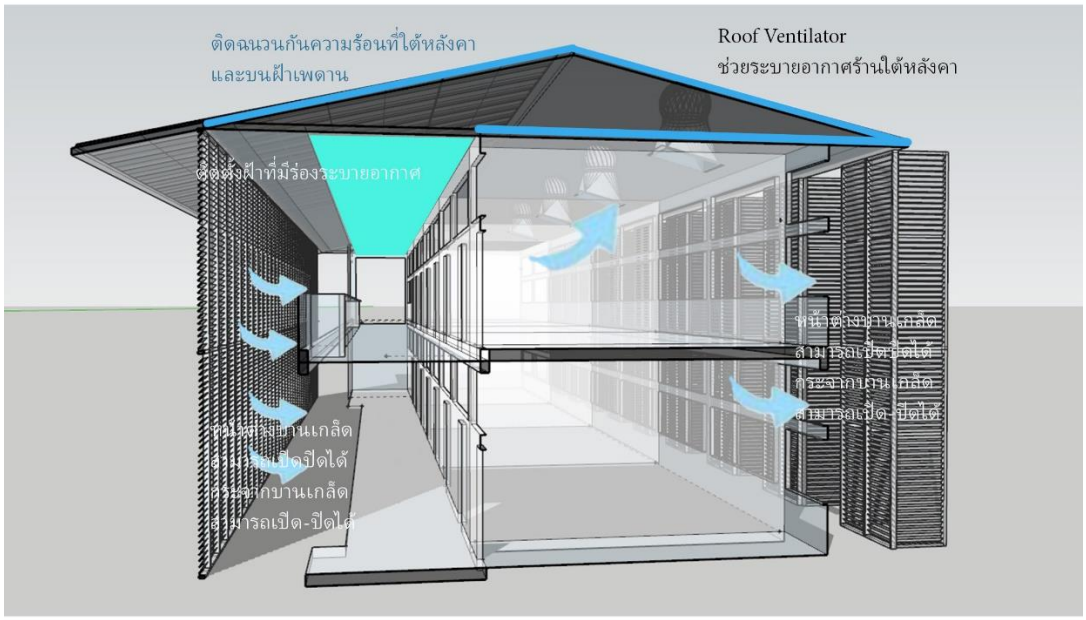
ความเป็นไปได้ในการปรับปรุงอาคารเรียนที่มีอยู่เดิมให้มีประสิทธิภาพด้านพลังงานสูงขึ้น และสามารถบรรลุเป้าหมายการเป็นอาคารพลังงานสุทธิเป็นศูนย์ได้ ซึ่งเป็นแนวทางที่สามารถนำไปประยุกต์ใช้กับอาคารเรียนอื่นๆ ในอนาคต

การอภิปรายผล

1. ประสิทธิภาพของการปรับปรุงเปลือกอาคาร:
   การปรับปรุงเปลือกอาคารด้วยการเพิ่มฉนวนและติดตั้งแผงบังแดดแสดงให้เห็นถึงประสิทธิภาพในการลดการใช้พลังงานอย่างมีนัยสำคัญ สอดคล้องกับหลักการออกแบบอาคารเขตร้อนชื้นที่เน้นการป้องกันความร้อนจากภายนอก
2. ความเหมาะสมของระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์:
   การเลือกใช้ระบบโซล่าเซลล์มีความเหมาะสมกับบริบทของอาคารเรียนที่ใช้งานในเวลากลางวัน ซึ่งสอดคล้องกับช่วงเวลาที่ระบบสามารถผลิตไฟฟ้าได้อย่างมีประสิทธิภาพ
3. การใช้วัสดุท้องถิ่นและการมีส่วนร่วมของชุมชน:
   แนวทางการปรับปรุงที่เน้นการใช้วัสดุท้องถิ่นและวัสดุรีไซเคิลไม่เพียงช่วยลดต้นทุน แต่ยังส่งเสริมการมีส่วนร่วมของชุมชนในกระบวนการพัฒนาอาคารเรียน ซึ่งเป็นแนวทางที่ยั่งยืนในระยะยาว
4. ความเป็นไปได้ในการขยายผล:
   ผลการศึกษานี้แสดงให้เห็นว่าการปรับปรุงอาคารเรียนที่มีอยู่เดิมให้เป็นอาคารพลังงานสุทธิเป็นศูนย์สามารถทำได้จริง และมีศักยภาพในการขยายผลไปยังโรงเรียนอื่นๆ ในสังกัด สพฐ. ทั่วประเทศ
5. ข้อจำกัดและข้อเสนอแนะ:
   - ควรมีการศึกษาเพิ่มเติมเกี่ยวกับความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ในระยะยาว
   - ควรพิจารณาการใช้เทคโนโลยีอื่นๆ ร่วมด้วย เช่น ระบบจัดการพลังงานอัจฉริยะเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงาน
   - ควรมีการติดตามผลในระยะยาวเพื่อประเมินประสิทธิภาพและความยั่งยืนของระบบ

โดยสรุป การศึกษานี้แสดงให้เห็นถึงความเป็นไปได้และประสิทธิภาพของการปรับปรุงอาคารเรียนให้เป็นอาคารพลังงานสุทธิเป็นศูนย์ ซึ่งไม่เพียงช่วยลดการใช้พลังงานและการปล่อยก๊าซเรือนกระจก แต่ยังสามารถเป็นต้นแบบสำหรับการพัฒนาอาคารการศึกษาที่ยั่งยืนในอนาคต

ข้อเสนอแนะทั่วไปต่อการออกแบบอาคารเพื่อลดการใช้พลังงาน



รูปภาพที่ 154 รูปตัดอธิบายคำแนะนำ

1.ติดฉนวนกันความร้อนบริเวณใต้หลังคา บนฝ้าเพดาน และเปลือกอาคารเพื่อลดค่า OTTV,RTTV

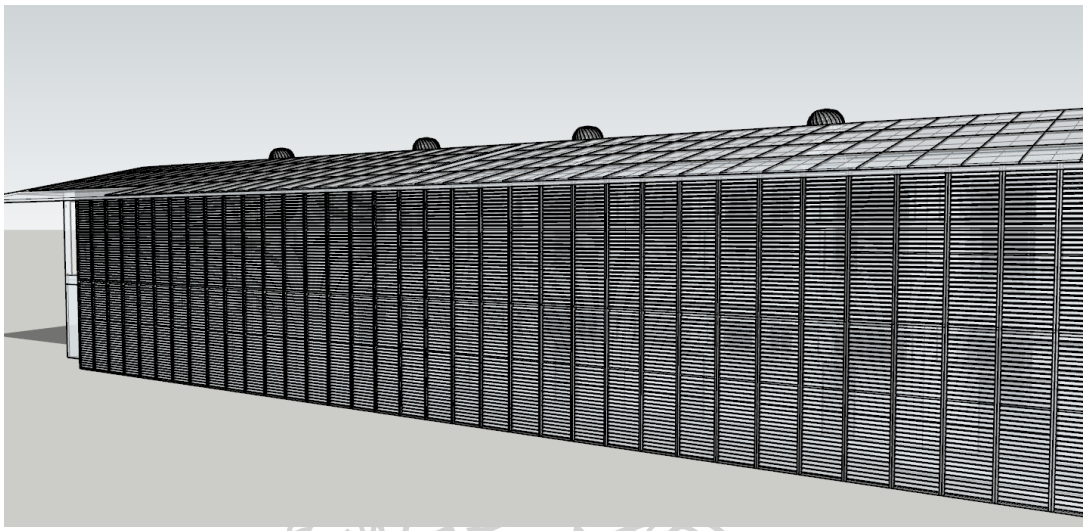
2.ฝ้าทางเดินอาคารใช้แบบมีรูระบายอากาศ เพื่อระบายอากาศร้อนขึ้นข้างบนได้สะดวก

3.ติดพัดลมระบายอากาศบนหลังคา (Roof Ventilator) ช่วยระบายความร้อนจากใต้หลังคา

4.ติดตั้งแผงบังแดด (facade) หน้าหลังพร้อมทั้งติดตั้งหน้าต่างกระจกบานเกล็ด ชิดแบบเปิด-ปิดได้ นำมาดัดแปลงให้สามารถเปิดปิดได้ในคราวเดียว เพื่อใช้ปิดในช่วงเวลาฝุ่นควันแต่ยังคงได้รับแสงอยู่ และยังสามารถเปิด-ปิด สลับด้าน ทำให้ช่วยในการควบคุมกระแสลมแรงดันบวก ลบ ไปในตัว แถมยังเพิ่มเงาให้กับตัวอาคารในอีกทางนึง

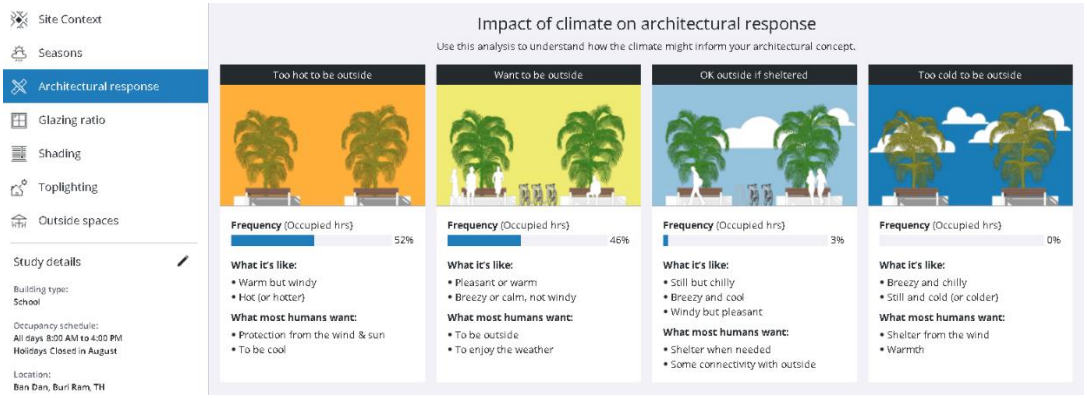
5.ใช้สีสันโทนอ่อน และสดใส เช่น สีเขียวอ่อน สีฟ้าอ่อน ส้มอ่อน เหลืองอ่อน เพื่อลดการดูดซับความร้อน แถมยังเพิ่มลูกเล่นในอาคารเป็นที่น่าดึงดูดใจ

6.ปรับภูมิทัศน์โดยรอบอาคาร เช่น ปลูกต้นไม้ ทำบ่อน้ำเพื่อช่วยลดความร้อนรอบบริเวณอาคาร



รูปภาพที่ 155 แผงบังแดดขณะปิด

รูปภาพที่ 156 แผงบังแดดขณะเปิด



รูปภาพที่ 157 ผลกระทบจากสภาพภูมอากาศกับตัวอาคาร

มหาวิทยาลัยศิลปากร

รายการอ้างอิง

1. กษิดิศ เสนะวงศ์, ฤาถึงกาลพลังงานหมดโลก. 2014: www.pea-encom.com.
2. ชโลทร แก่นสันติสุขมงคล, ภาคพลังงาน: จุดเปลี่ยนผ่านสู่ยุคเศรษฐกิจสีเขียว. 2017, KOMSAK SWANGSWAI: PROGREEN.
3. architecturaldigest.in, a.o., *Net Zero Energy Building* แห่งแรกของสิงคโปร์. 13 พฤษภาคม 2562.
4. Cairns Regional Council (CRC), *Sustainable Tropical Building Design Guidline for Commercial Buildings*. 2011: Cairns Regional Council (CRC). 48.
5. Victor Olgyay (Author, C., Donlyn Lyndon (Contributor), John Reynolds (Contributor), Ken Yeang (Contributor), *Design with Climate: Bioclimatic Approach to Architectural Regionalism*. Revised edition ed. 2015: Princeton University Press. 224.
6. กระทรวงศึกษาธิการ, ส. ประวิติความเป็นมา. 2018; Available from: https://www.obec.go.th/.
7. CALIFORNIA, A., *Energy Use Intensity (EUI)*, in *CLIMATE ACTION, WHAT YOU CAN DO RIGHT NOW*. 2020.
8. Johannes Widodo. *Beyond Net-Zero, Local Wisdom and Sustainable Architecture at National University of Singapore*. 2023. มหาวิทยาลัยศิลปากร, คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์.
9. Barron, C., *At 'net-zero' school Discovery Elementary, the building has become a teaching tool*, in *The Washington Post*. 2020: washingtonpost.com.
10. aiadc. *Discovery Elementary School*

Arlington Public Schools, VA. [cited 2023; Available from: https://www.aiadc.com/sites/default/files/031%20-%20DiscoveryElementarySchool.pdf.

11. พันธุดา พุฒิไพโรจน์, การออกแบบอาคารเพื่อการประหยัดพลังงาน (*Energy Conscious Building Design*). 2563, บริษัท อีเล็ฟแว่นคัลเลอร์ จำกัด 718/5-8,20-23 ซอยพญานาค ถนนเพชรบุรี เขตราชเทวี กรุงเทพฯ 10400: มหาวิทยาลัยศิลปากร คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ 31 ถนนหน้าพระลาน แขวงพระบรมราชวัง เขตพระนคร กรุงเทพฯ 10200. 346.
12. ยิ้มประยูร, ช., อาคารใช้พลังงานเป็นศูนย์ *Zero Energy Building*. 2016. Vol. 13(Vol. 13 No. 2 (2016)): p. 1-30.
13. kerearchitecture. *Gando Primary School*. [cited 2023; Available from:

www.kerearchitecture.com/work/building/gando-primary-school-3.

14. magazine, D., *Brick by Brick*, in *DAMn° magazine*. p. 3.
15. ศรีสุวรรณ, ม., การศึกษาความสัมพันธ์ของทิศทางกระแสลม กับการเจาะช่องเปิดที่ผนังอาคาร สำหรับภูมิอากาศร้อนชื้นในประเทศไทย. หน้าจั่ว 2544(17).
16. สถาบันพัฒนาเศรษฐกิจและเทคโนโลยีชุมชนแห่งเอเชียมหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่, คู่มือการผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์.
17. กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงานกระทรวงพลังงาน. พลังงานทดแทน. 2557 [cited 2023 March 28]; Available from: https://www.dede.go.th/.
18. พันธุดา พุฒิไพโรจน์, อาคารเขียว (*Green Building)*. 2563, บริษัท อีเล็ฟแว่นคัลเลอร์ จำกัด 718/5-8,20-23 ซอยพญานาค ถนนเพชรบุรี เขตราชเทวี กรุงเทพฯ 10400: มหาวิทยาลัยศิลปากร คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ 31 ถนนหน้าพระลาน แขวงพระบรมราชวัง เขตพระนคร กรุงเทพฯ 10200. 256.
19. คำนวนค่าไฟฟ้า. 2023 [cited 2024 14/06]; Available from: https://www.mea.or.th/our-services/mea-service/e-service/electric-monthly-calculate.
20. Hin, S.S.H. *Solar Investment Calculator*. 2022 [cited 2024 14/06]; Available from: https://solarshop-huahin.com/solar-investment-calculator/.
21. Network, G. *Net Zero Energy Building Khon Kaen University*. 2019 [cited 2024 14/06]; Available from: https://www.greennetworkthailand.com/net-zero-energy-building-%E0%B8%AD%E0%B8%99%E0%B8%B8%E0%B8%A3%E0%B8%B1%E0%B8%81%E0%B8%A9%E0%B9%8C%E0%B8%9E%E0%B8%A5%E0%B8%B1%E0%B8%87%E0%B8%87%E0%B8%B2%E0%B8%99/net-zero-energy-building-khon-kaen-university/.
22. *WolframAlpha*. [cited 2024 14/06]; Available from: https://www.wolframalpha.com/input?input=88%2C462+kWh+per+year+to+kW.

มหาวิทยาลัยศิลปากร

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-สกุล	นายนิรันดร ชนะวิเศษ
วัน เดือน ปี เกิด	03 เมษายน 2525
สถานที่เกิด	บุรีรัมย์