



Empowered lives.
Resilient nations.



Department of Alternative
Energy Development and Efficiency
MINISTRY OF ENERGY

Promoting Energy Efficiency in Commercial Buildings (PEECB)

PROGRESS REPORT #4

Submitted to :
Department of Alternative Energy Development and Efficiency

Prepared by :
Bright Management Consulting Co.,Ltd.



BRIGHT
management consulting
company limited

March 2014

INDEX

1. Project Summary	1
2. Project Objectives	2
3. Key Results	2
3.1 Project Management	3
3.2 Component -1	9
C1-1 Activity 1.1.1a: Conduct of Situation Analysis for CBEEC.....	9
C1-2 Activity 1.1.1b: Design & Development of CBEEC.....	9
C1-3 Activity 1.2.1a: Design effective promotional scheme.....	15
C1-4 Activity 1.3.1a : Assess the two (2) most popular simulation model....	16
C1-5 Activity 1.3.2a: Select and Modification of BESM.....	25
C1-6 Activity 1.4.1 a & b : Study and identify the overall training courses for EE technologies and practices and financial arrangement in commercial buildings.....	27
C1-7 Activity 1.4.1 c : Development of the overall training program.....	32
C1-8 Activity 1.4.2 a : Design of Technical Training Courses.....	54
C1-9 Activity 1.5 a : Design of Non-Technical Training Courses.....	56
3.3 Component -2	57
C2-1 Activity 2.2.1a : Review BEC Software Database.....	57
C2-2 Activity 2.2.2a : Review the Existing Specific Energy Consumption Index (SEC).....	58
C2-3 Activity 2.2.2b : Update the SEC for Commercial Building Sector in Thailand	85
C2-4 Activity 2.2.3a : Review Existing M&V Scheme for Completed Projects in Thailand.....	87
3.4 Component -3	92
4. Expected Outputs for the Next Period.....	93

ANNEXES

❖	Annex 1	Minutes of Meeting 1.1 Project Board Meeting No.1/2557 (No.3) – 4 February 2014 1.2 Project Meeting – 26 February 2014 (follow up meeting on policy framework)
❖	Annex 2	DRAFT Sequences of Proposed Building Energy Simulation Model (BESM)
❖	Annex 3	Draft Training Courses Annex 3-1 : Draft Technical Training Course Annex 3-2 : Draft Non-Technical Training Course
❖	Annex 4	Master Plan (4Years)_Work Plan and Progress
❖	Annex 5	Examples of Promotional Concept

Progress Report#4

Promoting Energy Efficiency in Commercial Buildings, PEECB

1. Project Summary

Bright Management Consulting Co.,Ltd. (BMC) has been contracted by DEDE on April 2013 as the project consultant on component 1, partly of component 2&3 and project management. **Currently, BMC has completed the work according to the term of reference with the overall percentage of actual completion at 37.22%. Details of completed works of each task are as follows,**

Table 1.1 Completed Works as of 4th March 2014

Task	Work on progress	% Completed			Remark
		Previous Period	This Period	Total	
PM : Project Management		5.92	1.19	7.11	
	1.Project Management and Coordinating Activities*				
	2.Organize Project Board Meeting No.1/2557 (No.3)*				
C-1 : Component 1		19.04	9.18	28.22	
	1. Conduct situation analysis on Commercial Building EE Information				Activity 1.1.1a
	2. Design & Development of CBEEC*				Activity 1.1.1b
	3. Design effective promotional scheme*				Activity 1.2.1a
	4. Assess the two(2) simulation model				Activity 1.3.1a
	5. Select and modification of BESM*				Activity 1.3.2a
	6. Study and identify the overall training courses for EE technologies and practices and financial arrangement in commercial buildings				Activity 1.4.1 a&b
	7. Develop the overall training programme and Conduct Capacity Building for DEDE' staffs				Activity 1.4.1 c
	8. Design of Technical Training Courses*				Activity 1.4.2 a
	9. Design of Non-Technical Training Courses*				Activity 1.5 a
C-2 : Component 2		0.72	1.17	1.89	
	1. Review of BEC software database*				Activity 2.2.1a
	2. Review existing specific energy consumption index*				Activity 2.2.2a
	3. Update the SEC for Commercial Building Sector in Thailand				Activity 2.2.2b
	4. Review existing M&V scheme for completed projects in Thailand				Activity 2.2.3a
C-3 : Component 3 : No activities in this period		0	0	0	
Overall completion		25.68	11.54	37.22	

Note: * Work progress during the period of Progress Report No. 4.

(Details of completed works have been provided in item 3: Key results and Annexes)

2. Project Objectives

1. To raise awareness on energy efficiency in commercial buildings in Thailand including the establishment of Commercial Buildings Energy Efficiency Information Center, the development of training programme and related activities and the development of Energy Simulation Software for Commercial Buildings in Thailand
2. To study and prepare policy frameworks, short and long term action plan to promote energy efficiency in commercial buildings including evaluation and revision of related policy on energy efficiency in commercial buildings
3. To demonstrate the application of energy efficiency technologies in commercial buildings and disseminate the successful results to other building

3. Key Results

Currently, the total of **37.22%** of actual work is completed for the Project Management (PM), Component 1 (C1), Component 2 (C2) and Component 3 (C3) as summarized in Table 3.1:

Table 3.1 : The summary of work as of Progress Report No. 4 (Q1/2014)

Item	%Plan Y2013	%Plan Q1/2014	%Total	%Actual Y2013	%Actual Q1/2014	%Total
PM	5.92	1.19	7.11	5.92	1.19	7.11
Component 1	22.54	11.25	33.79	19.04	9.18	28.22
Component 2	0.59	1.41	2.00	0.72	1.17	1.89
Component 3	0.00	0.13	0.13	0.00	0.00	0.00
Total	29.05%	13.98%	43.03%	25.68%	11.54%	37.22%

*Note: % Actual is accumulated as of February 2014. (Details of Work Plan & Progress are provided in ANNEX 4)

Details of key results according to TOR 4.7-4.10 for the Project Management (PM), Component 1 (C1), Component 2 (C2) and Component 3 (C3) are as follows:

(TOR4.7) Task 7: The Consultant shall manage and facilitate all project activities according to the approved plan in Task 2 under the supervision of DEDE. The regular meeting with the DEDE's committee shall be set up to ensure the success of the project.

3.1 Project Management (PM) :

% Completed Works: Previous Period = 5.92%, this period = 1.19%: Total = 7.11%,

Details of completed works:

PM-1 Project Management and Coordination Activities

Completed works on Previous Period – Project Management

1. **BMC has coordinated with DEDE & UNDP** to clarify task details through several meetings and email communications. The coordinating meetings were organized on Friday 16th August 2013 and on Monday 16th September 2013 at DEDE respectively.
2. **The Project Board (PB)** of the PEECB Project has been formulated to supervise and monitor the project to ensure cooperative and effective implementation of the project. The structure of PB consists of representative from key agencies namely;
 1. Department of Alternative Energy Development and Efficiency –DEDE
 2. United Nations Development Programme –UNDP
 3. Office of Natural Resources and Environmental Policy and Planning – ONEP
 4. Energy Policy and Planning Office, Ministry of Energy – EPPO
 5. Department of Public Works and Town & Country Planning-DPT
 6. Pollution Control Department -PCD , Ministry of Natural Resources and Environment
 7. The Revenue Department-RD
 8. Department of City Planning, Bangkok Metropolitan Administrator-BMA-CPD
 9. Thailand Greenhouse Gas Management Organization (Public Organization) – TGO
 10. Thai Green Building Institute – TGBI

The first Project Board (PB) Meeting was held on 22nd May 2013 at Boonrod-Nitipat Meeting Room, 11th Floor, Building 7, DEDE. The objective of the first meeting is to introduce the PEECB project and seeks the approval on the master plan and yearly plan from the board.

The second Project Board Meeting was held on Thursday 19th September 2013 to follow up the progress of the project and to finalize project target and criteria to select demonstration sites. The Meeting agreed that the scope of “Commercial Buildings” included in the PEECB has to be comply with the ENCON Act B.E. 2535 or the building types that have working space starting from 2,000 m² onward. Moreover, the meeting gave approval of the criteria of project demonstration buildings and project indicators.

The full reports of the two Project Board Meetings appear in the Progress Report No 2.

Completed Works in this period (Progress report No.4 (Q1/2014)) – Project Management

1. **BMC has organized the coordinating meeting between DEDE, UNDP and ENSOP** to prepare for the Project Board Meeting No.3 and to follow up on project development of each component. Summary of each meeting is as follows;

1. **Thursday 23rd January 2014**

The coordinating meeting between DEDE, UNDP, BMC and ENSOP was held at BMC's office to prepare for the Project Board Meeting and to follow up progress of the overall project development.

2. **Tuesday 4th February 2014: Project Board Meeting No.1/2557 (No.3)**

The Project Board (PB) Meeting No.1/2557 (No.3) was held at Energy Conservation Building (Khleng 5, Patumthani). The objective of the meeting is to inform the progress of the project to the board and to present the project yearly plan and budget of Y2014 for approval.

The board has approved the project yearly plan and budget of Y2014 as follows;

1. **Component-1 (Total work = 31.92% of overall project work)**

% Completed work in Y2013 = 9.50%

% Target of completed work in Y2014 = 10.42%

% Target of total completed work at the end of Y2014 = **19.92%**

Approved budget of component - 1 for Y2014 = 11,112,777 baht

2. **Component-2 (Total work = 19.03% of overall project work)**

% Completed work in Y2013 = 2.25%

% Target of completed work in Y2014 = 6.31%

% Target of total completed work at the end of Y2014 = **8.56%**

Approved budget of component - 2 for Y2014 = 5,757,707 baht

3. **Component-3 (Total work = 40.53% of overall project work)**

% Completed work in Y2013 = 0.5%

% Target of completed work in Y2014 = 14.56%

% Target of total completed work at the end of Y2014 = **15.06%**

Approved budget of component - 3 for Y2014 = 7,401,769 baht

4. **Project Management (Total work = 8.53% of overall project work)**

% Completed work in Y2013 = 2.98%

% Target of completed work in Y2014 = 2.00%

% Target of total completed work at the end of Y2014 = **4.98%**

Approved budget of the project management for Y2014 = 11,112,777 baht

Overall project completion and target for Y2014

% Completed work in Y2013 = 15.23%

% Target of completed work in Y2014 = 33.29%

% Target of total completed work at the end of Y2014 = **48.52%**

Approved budget of overall project for Y2014 = 26,836,740 baht

The board also provided suggestion to the project team on the development of work details of each component as noted in the minutes of meeting provided in [Annex 1.1](#)

3. **Wednesday 26th February 2014**

The coordinating meeting between DEDE, BMC and ENSOP was held at BMC's office to follow up the work progress on development of policy framework (component-2) the results of which is summarized as follows;

1. The structure of EE building policy framework comprising update and more effective measures on EE in commercial buildings, and revision and up-to-date database for construction materials and equipment were presented by ENSOP. After a broad discussion, the meeting advised ENSOP to provide the clear time frame for each activity plan indicating that what will be achieved at each quarter. This will be useful for following up and more result-oriented.
2. The recommendations from the 3rd Project Board Meeting (No.1/2014) on the study of policy framework and its process which were to be made clear and precise while implementing were discussed in order to ensure its viable and practical results.
3. The comments of UNDP's representative on PEECB's policy work regarding the revision of the Ministerial Order on EE and on focusing the scope of work on policy framework were also brought for discussion.
4. Approaches to work on PEECB Policy Framework by setting up advisory members among stakeholders concerned were proposed. The meeting discussed in detail how to work on setting up the advisory members.

Minutes of meeting for the coordinating meeting on Wednesday 26th February 2014 is provided in **Annex 1.2** of this Progress Report.

PM-2 Target setting for the project (**Finished Work**)

BMC has prepared the project implementation strategies and planning in order to meet the project target. The project target aims to support the implementation of 20 Year Energy Efficiency Development Plan (EEDP 2011 – 2030). There are 8 building types that have been defined in the EEDP as follows;

1. Office Building
2. Department store
3. Retail & wholesale business facility
4. Hotel
5. Condominium
6. Medical Center
7. Educational Institution
8. Other general buildings

Each building type has been categorized in to 5 levels of energy saving capability as shown in Table 3.2

Table 3.2 : Net Energy Consumption Derived from Modeling Each Building Type under Each Level of Energy Saving Capability

Building Type	Energy Consumption under Each Level of Energy Saving Capability (kWh/m ² /y)				
	Reference	BEC	HEPS	Econ	ZEB
Office building	219	171	141	82	57
Department store	308	231	194	146	112
Retail & wholesale business facility	370	298	266	161	126
Hotel	271	199	160	116	97
Condominium	256	211	198	132	95
Medical center	244	195	168	115	81
Educational institution	102	85	72	58	39
Other general buildings	182	134	110	66	53

Reference : 20 Year Energy Efficiency Development Plan (EEDP), DEDE

The assessment of electricity saving potential is based on the comparison between the average energy consumption rate/space unit/year of individual building types at present, called the “Reference Case”, and such a rate in the case where the minimum energy consumption efficiency standard of buildings, or “Building Energy Code (BEC)”, is enforced, including the case where a higher standard in the future is enforced. The average energy consumption rate under the Reference Case is derived from the energy consumption modeling representing each building type, based on the official data from energy consumption inspection. Energy efficiency standards which are higher than the BEC comprise the following three levels;

- (1) **HEPS (High Energy Performance Standard)** – the high energy efficiency standard of various systems which can be achievable by using current technologies;*
- (2) **Econ (Economic Building)** – the target in the near future when the technologies of equipment and various systems are developed to be more energy efficient, but are still cost-effective; and*
- (3) **ZEB (Zero Energy Building)** – the long-term target when the need for external energy supply to the buildings is near zero because the energy demand of such buildings is very low and there is also on-site energy generation from renewable energy*

PEECB Project will stimulate the implementation of energy efficiency measures in the commercial buildings in order to move each type of buildings in Thailand toward higher level of Energy Saving Capability. According to the 20Y EEDP, the target to reduce energy use of 34,493 GWh has been set in Y2030. In order to achieve this challenge target, more than 85% of each type of building needs to be in Econ level and approximately 3-5% of each type of building should be achieved at ZEB level. In this regard, PEECB target should be set to support and enhance this 20Y EEDP target. Achievement detail of each level of Energy Saving Capability has been identified. Target setting has also been prepared for each component.

Progress Report#4

Promoting Energy Efficiency in Commercial Buildings, PEECB

Table 3.3 : Estimated percentage of commercial buildings' achievement on each level of Energy Saving Capability according to the 20Y EEDP

Level of Building Saving Capability	Estimated percentage of commercial buildings' achievement		
	Short term (2011-2016)	Medium term (2017-2022)	Long term (2023-2030)
Reference	38%	10%	5%
BEC	30%	5%	2%
HEPS	30%	33%	3%
ECON	2%	50%	85%
ZEB	0%	2%	5%
Total	100%	100%	100%

PM-3 Preparation of the 1st Project Public Seminar (Finished Work)

The 1st Project Public Seminar was organized on 30th October 2013. The objectives of the seminar are;

1. To inform all stakeholders regarding the details of PEECB Project
2. To coordinate with all stakeholders and promote the development concept to set up "Commercial Building EE Information Center (CBEEC)"
3. To inform all stakeholders regarding the development concept of energy efficiency policy for commercial building

The invitation was extended to participants from representatives of related government agencies, Architects and Engineering Professional Organizations, Building Developers, Building Designers and other related organizations.

PM-4 Conduct 1st Project Public Seminar (Finished Work)

The 1st Project Public Seminar was organized on 30th October 2013 at the Twin Tower Hotel. The Participants attended in the seminar were representatives from related government agencies and government buildings = 56 persons, Management and Operational level from Private sectors = 56 persons. The total numbers of participants were **112 persons**.

Participants came from the following various types of buildings:

❖ Office	=	22	Buildings
❖ Hotel	=	11	Buildings
❖ Educational	=	8	Buildings
❖ Hospital	=	7	Buildings
❖ Department Store	=	6	Buildings
❖ Others	=	8	Buildings

The Seminar was aimed to provide project information for all stakeholders related to the implementation of Energy Efficiency in Commercial Buildings and also to create the networking with each target group. The initial information regarding the current situation on the implementation of energy efficiency in each participated building was also gathered using preliminary questionnaires.

Progress Report#4

Promoting Energy Efficiency in Commercial Buildings, PEECB

The seminar was successful in bringing together more project target groups than ever expected. The project gave to the audiences more information on how energy efficiency in buildings are important and what benefits can be obtained in the project as well as how to participate in the project as building demonstrations.

Participants' feedback received from the questionnaires distributed during the seminar was also well responded.

Detail information, the seminar materials, photo and results received from the questionnaires was provided in the 2nd Progress Report.

(TOR4.8) Task 8 : The Consultant shall implement all activities as stated in TOR item 4.3. A yearly plan could also be revised as necessary but it shall be approved by DEDE's committee prior proceeding.

BMC has implemented and managed all activities in each component according to the Yearly Work Plan proposed in the Inception Report and approved by the Project Board. Yearly work plan for Y2014 was approved in the 3rd Project Board Meeting No.1/2557 which was held on 4th February 2014. Progress of each activity in each component can be summarized as follows;

3.2 Component 1 (C-1)

% Completed Works: Previous Period = 19.04%, this period = 9.18%: Total = 28.22%,

C1-1 Activity 1.1.1a: Conduct Situation Analysis on Commercial Building EE Information – CBEEC (Finished Work)

Current Situation on Commercial Building EE Information

There are several types of data and information on energy efficiency in commercial building available in the market. Sources of these data and information are from Department of Alternative Energy Development and Efficiency (DEDE), Professional Association of Engineering, Professional Association of Architect, Consultants, Experts, Product Suppliers, etc. However, there is no proper management system to centralize all these related data and information. DEDE has two contact centers that are responsible for providing information on energy efficiency to the public. These two centers are 2E-Building Center and DEDE's One Stop Service. 2E-Building Center provides services on building design recommendation to comply with compulsory building energy code while DEDE's One Stop Service provides broad services on the issues regarding energy conversation on commercial buildings and factories.

For private sectors, normally, data and information on Energy Efficiency in commercial building can be found through their organization websites, therefore, the details of information are still quite limited since the purpose of this information channel is for marketing their products or services. There is no specific organization or website that provides detailed data and information on energy efficiency in commercial buildings.

Completed work on the review of current situation on commercial building EE information provided in the Progress Report #1 included the review of case study on promoting energy efficiency in commercial buildings in Japan prepared by Nikken Seiki Research Institution (NSRI).

C1-2 Activity 1.1.1b: Design & Development of Commercial Building EE Information Center (CBEEC)

Completed works on previous period: activity 1.1.1b

Initial Concept on the Development of CBEEC

The establishment of Commercial Building EE Information Center, CBEEC could be designed into three phases as follows;

Progress Report#4

Promoting Energy Efficiency in Commercial Buildings, PEECB

- Phase I : Data and Information Preparation (October 2013 – December 2013)
 Phase II : Establishment of CBEEC (January 2014)
 Phase III: Operation and Maintaining of CBEEC (From February 2014)

Details of each phase are provided as follows;

Phase I: Data and Information Preparation

Existing Data and information related to Energy Efficiency in Commercial Buildings that are available in the market is to be gathered and collected during the first phase. Collection method is implemented through DEDE database and direct survey. Types of collected data and information are also to be identified. Estimated time frame for this phase is during October – December 2013.

Phase II: Establishment of CBEEC

CBEEC could be established firstly as a virtual center through web based concept. The website of www.cbeec.co.th or others as appropriate will be registered. In parallel with the development of CBEEC website, the actual contact center will also be identified and established whether using an existing contact center, 2E Building Center, or newly established contact center. The CBEEC website will be developed in parallel with the data collection works of phase I. Therefore, all collected data and information gathered in phase I will be made available for the public on CBEEC website. The actual CBEEC contact center could be set up at Bright Management Consulting Co.,Ltd.'s office as a temporary office till the end of the project (April 2017) or at DEDE workspace as appropriate.

Phase III: Operation and Maintaining of CBEEC (From February 2014)

After the actual establishment of CBEEC contact center, the operation and maintaining of the center will be responsible by Bright Management Consulting Co.,Ltd. through the end of the project. The operation and maintaining of CBEEC will cover both the operation of contact center and CBEEC website.

The initial concept of Commercial Building EE Information Center can be summarized as shown in Table 3.4.

Table 3.4: Initial Concept of CBEEC Establishment

Sources of Information	Types of Information	Collection Method	Operational Concept	Tools to be developed
1. DEDE 1.1 Existing database 1.2 Completed project	1. Energy consumption of each type of commercial building 2. Data to analyze specific energy consumption (SEC) 3. EE technologies information 4. Programming software 5. Successful case studies	Direct interview and review	1. Web based 2. Contact Center attached to DEDE	1. Networking 2. Application for user interface

Progress Report#4

Promoting Energy Efficiency in Commercial Buildings, PEECB

Sources of Information	Types of Information	Collection Method	Operational Concept	Tools to be developed
2. Professional Association	1. Standard and criteria on energy efficiency 2. List of potential professionals	Focus group meeting and direct survey		
3. Consultants & Experts	1. List of potential technologies 2. List of potential consultants and experts	Focus group meeting and direct survey		
4. Equipment Suppliers	1. List of potential technologies 2. List of equipment suppliers of each potential technologies	Focus group meeting and direct survey		

Activity 1.1.1 b (Continued) : Design & Development of CBEEC :

The PEECB website has been developed to be an initial information channel for key stakeholders. Energy Efficiency Data will be actively revised on regular basis e.g. SECs, Simulation software, Building technologies and suppliers, Training Courses, Demonstration Buildings, Knowledge/Statistics. Project data such as background, methodology, current activities, FAQ, contact are also included.

Structure of the PEECB website :

The structure of the PEECB website will cover 6 major areas as follows.

2. Specific Energy Consumption Index (SEC)
3. Simulation Models
4. Building Technologies/Suppliers
5. Demonstration Buildings
6. Training Courses
7. Knowledge/Statistics

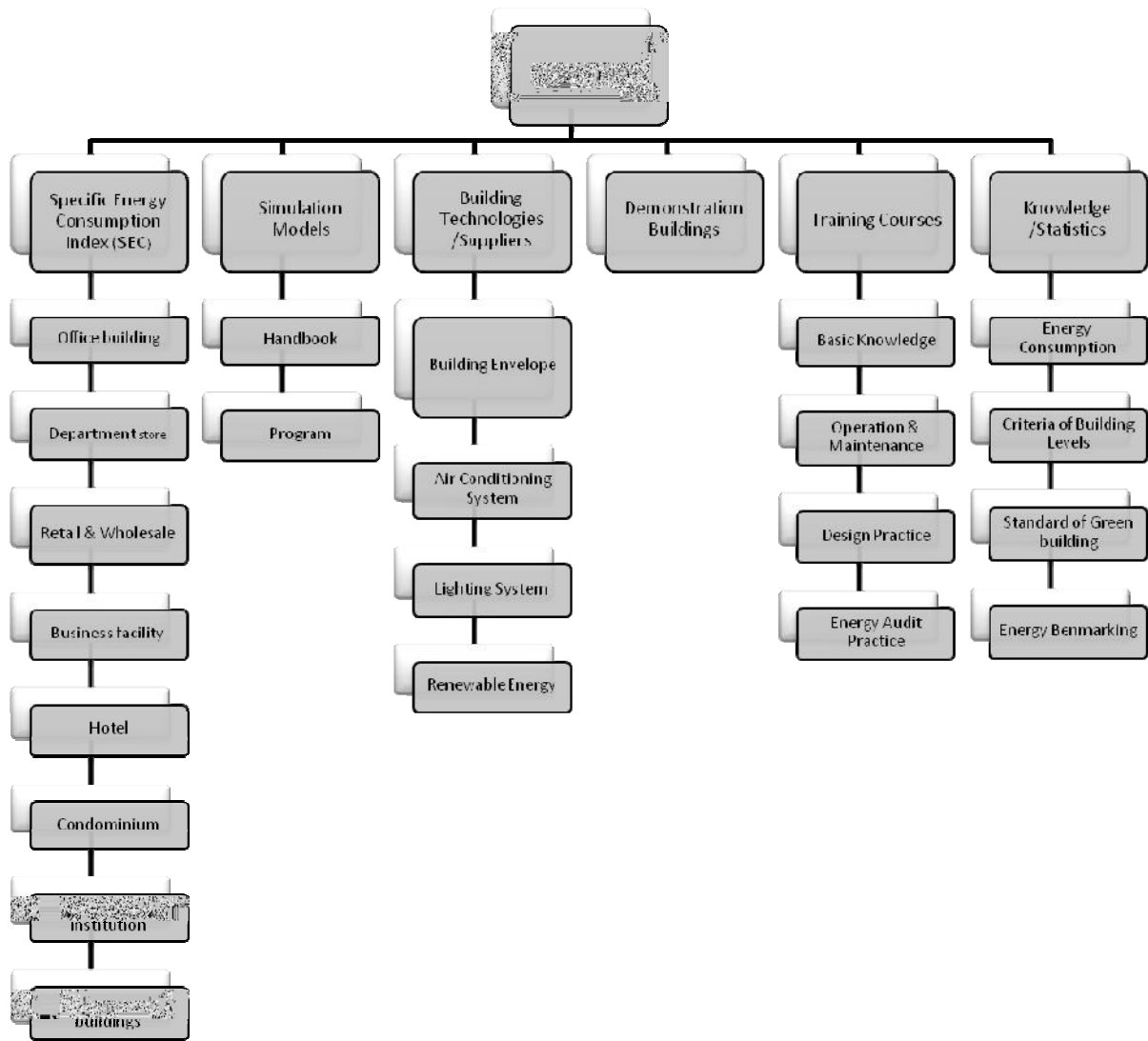


Figure C1-2.1 Proposed structure of PEECB website

Progress Report#4

Promoting Energy Efficiency in Commercial Buildings, PEECB

Table 3.5 : Proposed contents on each area of PEECB Website

Contents	Objective	Source of data
1. Specific Energy Consumption Index (SEC)	To provide updated information of SEC in various building types in Thailand	<ul style="list-style-type: none"> - DEDE database - Available research papers - Reviewing and study outcomes from component 2&3 of PEECB project
2. Simulation models	To provide free download energy simulation programme and handbook developed under PEECB project	<ul style="list-style-type: none"> - Development outcome from component-1 of PEECB project
3. Building Technologies /Suppliers	To provide information on energy efficiency technologies for commercial buildings together with initial information of available suppliers (for reference) of each selected technology	<ul style="list-style-type: none"> - Available research papers - Website - DEDE Database - Demonstration results from component-3 of PEECB project
4. Training Courses	To provide information on available training courses for EE Technologies in commercial buildings	<ul style="list-style-type: none"> - BHRD (Bureau of Human Resource Development), DEDE - Development outcomes from component-1 of PEECB project
5. Demonstration Buildings	To provide information of the demonstration buildings that are successfully implemented energy efficiency technologies	<ul style="list-style-type: none"> - Development outcomes from component-3 of PEECB project - Available research papers
6. Knowledge/Statistics	<p>To provide general information and statistics that related to energy efficiency in commercial buildings.</p> <p>To provide initial outcomes from component-1,2 & 3 of PEECB project</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Available research papers - DEDE database - Development outcomes from component 1,2 & 3 of PEECB project

Progress Report#4

Promoting Energy Efficiency in Commercial Buildings, PEECB

Completed work in this period (Progress Report No.4 (Q1/2014) : activities 1.1.1b

BMC has developed the PEECB website to be an initial CBEEC of the project. The website has been developed according to the approved structure as proposed in Figure C1-2.1 . The website can be reached through the banner link from DEDE website.

The image of the PEECB website and the link on DEDE website is shown in figure C1-2.2 .

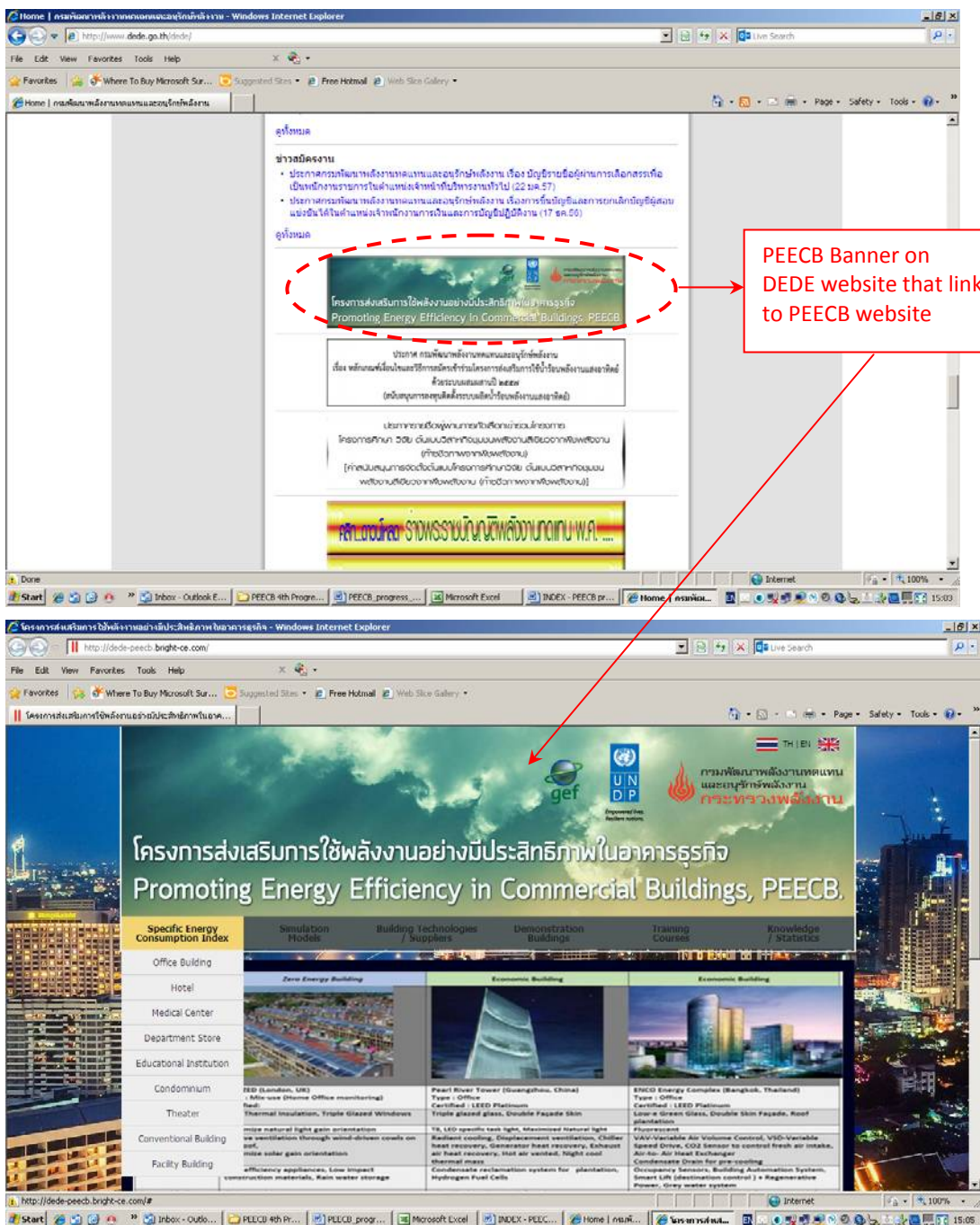


Figure C1-2.2 Image of PEECB Banner and PEECB Website

Progress Report#4

Promoting Energy Efficiency in Commercial Buildings, PEECB

The PEECB website is provided in dual language (Thai and English). As an initial phase, only the general information such as the overview of the project concept and objectives, previous activities in Y2013 has been uploaded to the PEECB website. However, BMC will continuously update the information regarding the project development and the results from each component and will upload to the website every month.

C1-3 Activity 1.2.1a: Design effective promotional scheme

Completed work in this period (Progress Report No.4 (Q1/2014) - Activities 1.2.1a

BMC invited Panorama Worldwide Co., Ltd., a professional PR and event organizer, to propose the promotional concept and scheme for PEECB project. An initial proposed idea on the effective scheme and activities to promote EE in buildings for the year 2014 has been designed, but not limited nor finalized as the followings;

1. The theme of the events was proposed but not limited to as “Adapt-Strong-Survive-Sustain” under the Symbolic Icon of Sparrow Bird which has its nature as themed, or “URBAN FORWARD” with Sparrow Bird Symbolic Icon
2. In order to make the event most achievable one, continuing public relations was proposed on the following issues;
 - 2.1 Preparation of all activities
 - 2.2 Three issues of E-News Letters: aim at promoting PEECB and informing about the latest development of the projects to building owners, developers and government officials
 - 2.3 EE guide books: aims at providing those who need a guide for making their buildings more energy efficient. The guide books are also useful in terms of EE knowledge distribution
 - 2.4 Innovation Fair: aims at exhibiting new innovation of EE technologies for building design and structure and will hopefully be organized side by side with the Executive Seminar where most outstanding hi-ended EE technology companies, building owners, executives, building designers, high level government officials can be gathered and share knowledge, experiences and ideas on how to optimize the benefit from the PEECB project. It would also be a platform for the Innovation Showcase, ideas market etc.
 - 2.5 Series Webisode under the concept of “Green Your Life”: aims to create awareness of EE building benefits, concepts and importance through VDO Clip to be broadcasted in the internet. Each clip which would be continued as a series would last about 1 min. The clip content means to convince the audience through the concept of real energy consumption reduction by comparing before and after use of energy.
 - 2.6 Share Green Idea and Get Green Credit is the activity bringing the people in the social media to share and create their ideas on excellent energy use i.e. which building is the most energy efficient one and how to etc. They can post, add their photos and explain thereon the Facebook page: Share Green Idea Get Green Credit. For those who activate in the Facebook will get the point or the green credit which can be compiled and brought it for the gift reward or the like in the Fair/events when organized by the project.

BMC will finalize with the scheme as soon as possible and is expected to report further progress in the next Progress Report.

Example of the EE promotional concept is provided in the **ANNEX 5** of this Progress Report.

C1-4 Activity 1.3.1a: Assess the Two (2) Most Popular Simulation Models (Finished Work)

Complying with the new building energy code could save building energy use by 10%-20% annually (Chirarattananon, Chaiwiwatworakul et al. 2010). However, energy conservation effort for commercial buildings in Thailand has been considered to have achieved limited success. Over the past 15 years of on going energy efficiency programmes, commercial building stakeholders are aware of energy conservation opportunities in their buildings. However, only simple and low cost measures have usually been implemented. In the building design phase where energy efficient strategies could be effectively incorporated into the building, energy simulation tools could be used to investigate energy efficient design options and support decision making in selecting suitable strategies.

Building Energy Simulation Models (BESM)

The performance of a building is a result of complex processes. A better building design can reduce energy use by 30% compared to a conventional building design, while still provide an equal or better environment for its occupants. Barriers to achieve this goals are not usually technology constraints, but poor data to make informed decisions (Clarke 2001). Building simulation tools are created to help provide real world replication and predict how buildings and systems will perform once they are constructed and implemented, thus providing information for decision making. Building energy performance prediction tools are a series of complex mathematical models that address the dynamic interaction of building and system performances with building geometry, plans, components, system choices, climate conditions and occupant use patterns.

In early days, simple single-zone buildings used degree-hour or degree-day based calculations to predict energy use. These methods are based on steady heat flow concept and only applicable with residential and small commercial buildings. With the availability of computers, simulation programme with transient heat calculation methods has then been introduced to predict energy used in more complex buildings. The first programme developed by the Automated Procedures for Engineering Consultants, Inc. (APEC) was the Heating and Cooling Peak Load Calculation (HCC) programme (APEC 1967), which was used for calculating hourly peak and annual heating-cooling loads for heating, ventilating, and air-conditioning (HVAC) systems in buildings. The APEC members were later formed into the ASHRAE Task Group on Energy Requirements (TGER), and then developed the procedures for simulating the dynamic heat transfer through building envelopes, procedures for calculating psychrometric properties, and the algorithms for simulating the primary and secondary HVAC system components for determining heating and cooling loads for computerizing energy calculations (ASHRAE 1975).

The need for BESM is primarily driven by building energy laws and standards in 1990s and sustainable building rating systems in 2000s which usually rely on ASHRAE Standard 90.1 Appendix G – Performance Rating Method, that buildings desire to elevate their performances beyond ASHRAE standard code have to use energy simulation software to calculate their energy performance compared with base case buildings. ASHRAE 90.1 listed eight criteria as requirements for acceptable BESM. These models must be able to handle 10 or more thermal zones which are, generate hourly data for 8,760 hours/year, account for thermal mass effects, model part load performance curve, model capacity and efficiency correction curve for mechanical heating and cooling, model air-side economizers with integrated control, and accommodate hourly variation in occupancy, lighting

Progress Report#4

Promoting Energy Efficiency in Commercial Buildings, PEECB

power, equipment power, thermostat set points, and HVAC system operation defined separately for each zone (American Society of Heating Refrigerating and Air-Conditioning Engineers Inc. 2007). ASHRAE 90.1 appendix G Performance Rating Method section G2.2.4 also states that the simulation tool must be tested in accordance with ASHRAE standard 140 by the software provider. Example of programmes listed in the standard are DOE-2, BLAST, and EnergyPlus. Qualified software for calculating U.S. commercial building tax deductions are Autodesk Green Building Studio, DesignBuilder, DOE-2.2, EnergyGauge, EnergyPlus, EnergyPro, EnerSim, eQUEST, Hourly Analysis Programme (HAP), IES, Tas, TRACE700, and TRNSys (U.S. Department of Energy 2013). In addition to this list, Leadership in Energy & Environmental Design (LEED) rating system indicates some qualified tools for their rating systems which are DOE-2, eQUEST, Visual DOE, EnergyPlus, EnergyPro, HAP, TRACE700 and IES.

Green Building XML schema, developed by Green Building Studio, Inc. with funding provided by the California Energy Commission PIER Programme and Pacific Gas and Electric, is an open schema to facilitate the transfer of building properties from building information modeling (BIM) programmes to building energy analysis tools. The first version of Green Building XML schema or gbXML was released in 2000 (gbXML.org 2013). An example of tools that use gbXML is Autodesk's Green Building Studio, a web-based energy modelling tool that uses a gbXML format and runs a DOE-2.2 engine. Conceptual Energy Analysis and Project Vasari, also offered by Autodesk, are the first BIM tools to directly export to DOE-2 and EnergyPlus.

In Thailand, BESM has been used in academics to equip students with simulation skill and in building technology research in the past 20 years. In practice, buildings that use BESM in the design phase are very rare. Few design firms have their own in-house energy simulators. BEC is one of the models being used widely because of the building code requirement that apply to some building groups. Apart from BEC, other BESM being used in academics or energy consultant firms mostly depend on programmes that simulator has encounter when in their own higher education period and the software prices. Examples of BESM used in Thailand are VisualDOE, eQUEST, TRNSYS, Tas, Ecotect, EnergyPlus, and Ener-Win. Details of each model (Crawley, Hand et al. 2008) including BEC are as follows:

1. **BEC V1.0.5** <http://www.2e-building.com/detail.php?id=14>

BEC is an OTTV-based energy estimation model for commercial buildings in Thailand (Chirarattananon and Taveekun 2004) provided by DEDE. Parametric results used in BEC to estimate building energy use were derived by using DOE-2.1E and then validated with metered energy use collected by DEDE from designated buildings in the country. BEC provides a database for building envelope materials and building systems. It can calculate building energy use according to building envelope systems, lighting density, air-conditioning system size and efficiency, other building equipment and the total building energy use in accordance with Thailand building energy code.

2. **VisualDOE 4.0** <http://www.archenergy.com/products/visualdoe>

VisualDOE is a window interface of DOE2.1E simulation engine. The U.S. DOE consistently supported development of the DOE programme until the mid-1990s. VisualDOE takes care of writing the input file, running the simulation and extracting the results from the output file. No experience with DOE2.1E is necessary, but advanced users have the flexibility to modify the input files directly and still run the simulations from within VisualDOE. VisualDOE covers all major building systems including lighting, daylighting, HVAC, water heating, and the building envelope. Among the wide range of simulation results are electricity and gas consumption, electric demand, and utility cost.

Progress Report#4

Promoting Energy Efficiency in Commercial Buildings, PEECB

Through the graphical interface, users construct a model of the building's geometry using standard block shapes, using a built-in drawing tool, or importing DXF files. Building systems are defined through a point-and-click interface. A library of constructions, fenestrations, systems and operating schedules is included, and the user can add custom elements. VisualDOE is especially useful for the studies of envelope and HVAC design alternatives. Up to 99 alternatives can be defined for a single project. Summary reports and graphs may be printed directly from the programme. Hourly results are available for detailed analysis.

3. eQUEST 3.64, August 2010, <http://www.doe2.com/equest/>

eQUEST[®] is a whole-building energy analysis software that uses the latest version of DOE-2 as a simulation engine. The DOE-2 building energy simulation and cost calculation programme was initially released by the Lawrence Berkeley National Laboratory (LBNL) in 1978. The programme has been updated continuously by LBNL in collaboration with James J. Hirsch and Associates, mostly under funding from the U.S. DOE until version 2.1E in 2003. Since then, James J. Hirsch and Associates has been continuing the development of DOE-2; the latest version is DOE-2.2. In DOE-2, the transient heat transfer calculation methods are used to simulate the dynamic heat transfer through building envelopes. From the literature, results from DOE-2 simulations were shown to vary from 10% to 26% from measured data (Haberl and Cho 2004). eQUEST was tested in accordance with ANSI/ASHRAE Standard 140-2007 Standard Method of Test for the Evaluation of Building Energy Analysis Computer Programmes, and it is qualified for use to evaluate building energy performance for government subsidy programmes and building rating systems (U.S. Department of Energy 2013). It also meets all requirements for energy simulation software indicated in ASHRAE 90.1 Appendix G Performance Rating Method's guidelines for acceptable energy simulation software mentioned in section คัดพลาด! ไม่พบแหล่งอ้างอิง. eQUEST[®] is available for free from <http://doe2.com/eQUEST/>. Within eQUEST[®] graphic user interface, DOE-2.2 performs an hourly simulation of input buildings for 8,760 hours or one full year. It calculates hourly cooling load, heating load, and other energy loads such as lighting, domestic hot water, or other equipment. Users can model their buildings using "Building Creation Wizard" which quickly generates detailed building input files from simple building envelope and systems input.

4. TRNSYS 17.1, June 2012 <http://www.trnsys.com/>

Developed and released in 1975 by Sandy Klein as part of his PhD thesis, the TRAnSient SYStems Simulation Programme (TRNSYS) is a simulation programme with a modular structure that implements a component-based approach. TRNSYS components may be as simple as a pump or pipe, or as complex as a multi-zone building model. The components are configured and assembled using a fully integrated visual interface known as the TRNSYS Simulation Studio, while building input data is entered through a dedicated visual interface (TRNBuild). The simulation engine then solves the system of algebraic and differential equations that represent the whole energy system. In building simulations, all HVAC-system components are solved simultaneously with the building envelope thermal balance and the air network at each time step. In addition to a detailed multizone building model, the TRNSYS library includes components for solar thermal and photovoltaic systems, low energy buildings and HVAC systems, renewable energy systems, cogeneration, fuel cells, etc. The modular nature of TRNSYS facilitates the addition of new mathematical models to the programme. New components can be developed in any programming language and modules implemented using other software (e.g. Matlab/Simulink, Excel/VBA, and EES) can also be directly embedded in a simulation. TRNSYS can generate redistributable applications that allow non-expert users to run simulations and parametric studies.

5. Tas 9.2.1.5 <http://www.edsl.net>

Tas is a suite of software products, which simulates the dynamic thermal performance of buildings and their systems. The main module is Tas Building Designer, which performs dynamic building simulation with integrated natural and forced airflow. It has a 3D graphic-based geometry input, including a CAD link. Tas can import gbXML, INP and IDF files from 3rd party programme. Tas System is a HVAC system/control simulator, which may be directly coupled with the building simulator. It performs automatic airflow and plant sizing and total energy demand. The third module, Tas Ambiens, is a robust and simple to use 2D CFD package which produces a cross section of micro climate variation in a space. Tas combines dynamic thermal simulation of the building structure with natural ventilation calculations, which include advanced control functions on aperture opening and the ability to simulate complex mixed mode systems. The software has heating and cooling plant sizing procedures, which include optimum start. Tas has 20 years of commercial use in the UK and around the world.

6. EnergyPlus Version 8.0, April 2005 www.energyplus.gov

EnergyPlus is a modular, structured code based on the most popular features and capabilities of BLAST and DOE-2.1E developed by NREL. It is a simulation engine with input and output of text files. Loads calculated (by a heat balance engine) at a user-specified time step (15-min default) are passed to the building systems simulation module at the same time step. The EnergyPlus building system simulation module, with a variable time step, calculates heating and cooling system and plant and electrical system response. This integrated solution provides more accurate space temperature prediction crucial for system and plant sizing, occupant comfort and occupant health calculations. Integrated simulation also allows users to evaluate realistic system controls, moisture adsorption and desorption in building elements, radiant heating and cooling systems, and inter-zone air flow. Many graphical user interfaces for EnergyPlus are available or under development, including Simergy, CYPE CAD MEP, DesignBuilder, EFEN, AECOsim Energy Simulator, Hevacomp, MC4 Suite, SMART ENERGY, EPlusInterface, COMFEN, Solar Shoe Box, and N++.

NREL is also developing OpenStudio which is an open source programme to facilitate community development, extension, and private sector adoption. OpenStudio includes graphical applications which have the updated SketchUp Plug-in, the stand alone OpenStudio application, the ParametricAnalysisTool, RunManager, and ResultsViewer. The SketchUp Plug-in is an extension to the popular 3D modeling tool that adds OpenStudio context to the SketchUp programme. The Plug-in allows users to quickly create geometry and assign space attributes using the built-in functionality of SketchUp including existing drawing tools, integration with Google Earth, Building Maker, and Photo Match. The OpenStudio application is a graphical energy-modeling tool. It includes visualization and editing of schedules, editing of loads constructions and materials, a drag and drop interface to apply resources to spaces and zones, a visual HVAC and service water heating design tool, and high level results visualization. Radiance can also be integrated into the simulation workflow. This is accomplished by using an annual Radiance simulation to measure daylighting, and then creating an electric lighting usage schedule for EnergyPlus. OpenStudio also gives the modeler integrated access to data from the Building Component Library. The ParametricAnalysisTool lets users modify a baseline OpenStudio model using OpenStudio measures to produce design alternatives. OpenStudio measures are specially formatted Ruby scripts and accompanying files for modifying energy models in OpenStudio or EnergyPlus format. RunManager facilitates queuing and running simultaneous EnergyPlus simulations, and ResultsViewer enables browsing, plotting, and comparing EnergyPlus output time series data.

7. Ener-Win Version EC, June 2005 members.cox.net/enerwin

Ener-Win, originally developed at Texas A&M University, simulates hourly energy consumption in buildings, including annual and monthly energy consumption, peak demand charges, peak heating and cooling loads, solar heating fraction through glazing, daylighting contribution, and a life-cycle cost analysis. Design data, tabulated by zones, also show duct sizes and electric power requirements. The Ener-Win software is composed of several modules— an interface module, a weather data retrieval module, a sketching module, and an energy simulation module. The interface module includes a rudimentary building-sketching interface. Ener-Win requires only three basic inputs: (1) the building type, (2) the building's location, and (3) the building's geometrical data.

BESM Validation Methods

Typical building energy simulation programme contains hundreds of variables and parameters. The number of possible cases that can be simulated by varying each of these parameters in combination is astronomical and cannot practically be fully tested. For this reason the NREL validation methodology required three different kinds of tests:

- Empirical Validation—in which calculated results from a programme, subroutine, or algorithm are compared to monitored data from a real building, test cell, or laboratory experiment.
- Analytical Verification—in which outputs from a programme, subroutine, or algorithm are compared to results from a known analytical solution or generally accepted numerical method for isolated heat transfer mechanisms under very simple and highly defined boundary conditions
- Comparative Testing—in which a programme is compared to itself, or to other programmes that may be considered better validated or more detailed and, presumably, more physically correct.

The US Department of Energy (DOE), through the National Renewable Energy Laboratory (NREL), worked with the International Energy Agency Solar Cooling and Heating Programme Implementing Agreement (IEA SHC) and the American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers (ASHRAE) to develop standard methods of test for building energy analysis computer software. The Building Energy Simulation Tests (BESTEST) were developed under IEA SHC Tasks 8,12 and 22 (Task 12 was a collaborative effort with the IEA Buildings and Community Systems Programme). ASHRAE recently published ANSI/ASHRAE Standard 140 now version 2007 Standard Method of Test for the Evaluation of Building Energy Analysis Computer Programmes, which parallels many of tests in the first IEA SHC BESTEST (Judkoff and Neymark 2006).

The details of assessment comparison of these simulation models were provided in the Progress Report No. 1.

Activity 1.3.1 a (Continued) : Assessment of the two (2) Most Popular Simulation Models :

The most two energy efficient perspectives of Building Energy Simulation Models (BESM) will be determined by the status of the utilization of BESM in the design, retrofitting and energy performance evaluation of commercial buildings in Thailand. The following issues will be addressed in the summarization of results:

- Survey of popular simulation models being used in Thailand.
- Evaluation pros and cons of features of each model
- The utilization patterns survey of the two most popular simulation models: How the model are used and for what purpose, major use groups, most frequently use functions
- Detail assessment of features and functions of the two most popular simulation models to understand their applicability to the Thai context
- Evaluation of capacity of users and their needs on extra features and functions to understand to which extend these models are utilized and ought to be improved.

Sub-Activities as of November 2013 :

In the Progress Report No 2, sub-activities were explore more on detail assessment as follows:

1. Follow up and Review BEC program development progress
2. Distribute, collect and analyze questionnaire for most popular simulation models being used in Thailand.
3. Preparation for the focus group meeting

1. BEC Program Development Progress

The on-going activities related to improving BEC program, the only available program eligible to be used to calculate building energy performances according to Thai's building energy code, were explored. The Department of Alternative Energy Development and Efficiency (DEDE) has a project to improve BEC program. As this project is at the period of conclusion, the list of new version, BEC v.1.0.6 changes are as follows:

- Lighting power density results are assessed so that the numbers "equal" to the standard number set by the energy law is considered "pass" rather than fail as in the previous version.
- For split type >12 kWh, there is no efficiency requirement available in the energy code, the program will show "n/a".
- 0 - 0.5 cm width air gap will have "R" value equal to "0".
- Add "Rotary" to the air conditioning system type list and use the same calculation method with "Screw Driven" or "Scroll" types.
- Transparent component of wall and roof cannot have the same name.
- Delete "air gap" from material list. "Air gap" can be entered manually for each condition in "Custom" section.
- Change the default value of "Shading Coefficient" from "0" to "1"
- Change how to enter glazing information. If the "U-value" is entered, the program will use this number in the calculation. If other values are entered, the program will

automatically calculate the U-Value from this information. When SHGC value is entered without glazing thickness, entered SHGC will be used.

- Changes how to display "central air conditioning systems" such that users know which system they are currently working with.
- Change performance report sequence such that the "overall performances" are reported first. Detail reports are shown in the following pages.
- Materials in BEC can be exported into "วัสดุ.xls". However, to change default material value, details must be sent to the program developers.
- Material names can be changed to give more clarification. More information about material can be entered in the "description" section".
- "Fail" result is emphasized more for clarity.
- New functions are being worked on in order to import "bec file" between versions. If this function is working, other benefits such as working with multiple files for each part of the same building could be possible.
- Change "Save As" to "Backup Project".
- Add program capability to identify "roof inner surface with high or low emissivity" according to energy code. The default value will be "high emissivity".
- The program will give warning message if two projects are opened at the same time.
- Add a function to include "frequently used materials" in the database.
- Add "Duplicate" function to duplicate input data. However, this is not available in every section to prevent errors that might occur.
- Correct how the program treats "SHGC" and "Visible Transmittance".
- Correct the calculation method for Roof U-value in each slope.

2. Distribute, collect and analyse questionnaires for most popular simulation models being used in Thailand.

Online questionnaire is used to collect professional users' basic information. SurveyMonkey, a web survey development cloud based (SaaS) company was selected as a platform for the questionnaire. SurveyMonkey is the world's largest survey company with more than 1.5 million online survey responses per day. It provides easy accessibility to respondents and also tools to help collect and analyze data for users.

The survey address for these questionnaires is <https://www.surveymonkey.com/s/PEECB1>

Therefore, the questionnaires have been developed into Questionnaire#1 and Questionnaire#2 as illustrated in the following details:

Questionnaire #1

<https://www.surveymonkey.com/s/PEECB1>

The survey includes participants who attended the OTTV training course by DEDE, Software users from institutional or consulting firms.

Questionnaires #2

<https://www.surveymonkey.com/s/PEECB2>

The survey includes participants who have experienced in using the most 2 popular software.

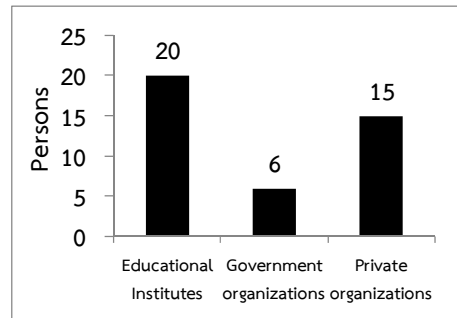
Progress Report#4

Promoting Energy Efficiency in Commercial Buildings, PEECB

As of November, 2013, 41 respondents have been collected which could be summarized as details below:

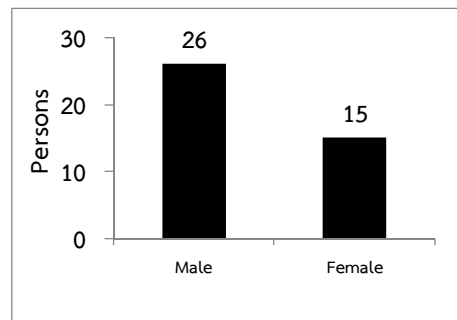
1. Working status

	Counts	%
Educational Institutes	20	49%
Government organizations	6	15%
Private organizations	15	37%
Total	41	100%



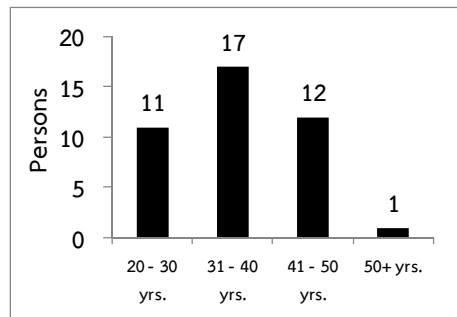
2. Sex

	Counts	%
Male	26	63%
Female	15	37%
Total	41	100%



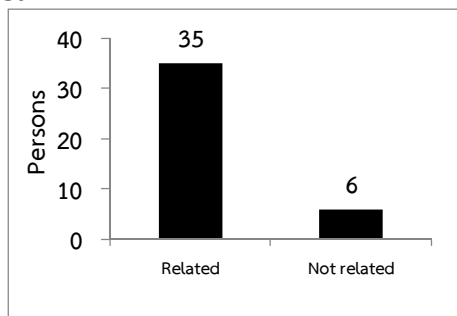
3. Ages

	Counts	%
20 - 30 yrs.	11	27%
31 - 40 yrs.	17	41%
41 - 50 yrs.	12	29%
50+ yrs.	1	2%
Total	41	100%



4. Current works related to building energy use evaluation.

	Counts	%
Related	35	85%
Not related	6	15%
Total	41	100%

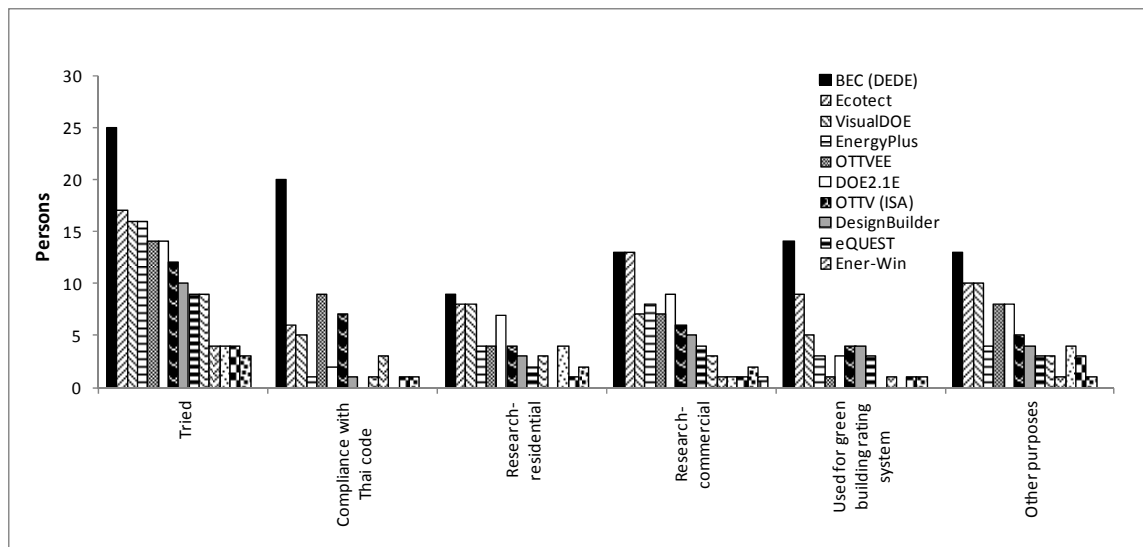


Progress Report#4

Promoting Energy Efficiency in Commercial Buildings, PEECB

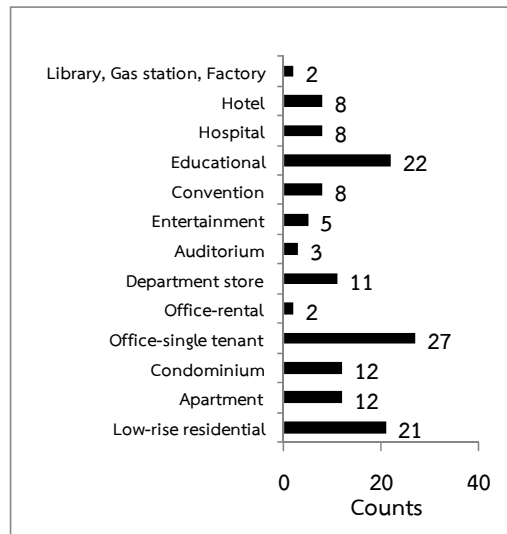
5. Energy simulation programme use patterns

Program	Tried	Compliance with Thai code	Research - residential	Research-commercial	Used for green building rating system	Other purposes	Never use
BEC (DEDE)	25	20	9	13	14	13	9
Ecotect	17	6	8	13	9	10	16
VisualDOE	16	5	8	7	5	10	15
EnergyPlus	16	1	4	8	3	4	15
OTTV EE	14	9	4	7	1	8	20
DOE2.1E	14	2	7	9	3	8	16
OTTV (ISA)	12	7	4	6	4	5	24
Design Builder	10	1	3	5	4	4	23
eQUEST	9	0	2	4	3	3	20
Ener-Win	9	1	3	3	0	3	20
OTTV (Siam Fiberglass)	4	3	0	1	1	1	29
Tas	4	0	4	1	0	4	25
IES	4	1	1	1	1	3	28
TRNSYS	3	1	2	2	1	1	28
Trace-700	0	0	0	1	0	0	31



6. Building types in energy use evaluation.

	Counts	%
Low-rise residential	21	15%
Apartment	12	9%
Condominium	12	9%
Office-single tenant	27	19%
Office-rental	2	1%
Department store	11	8%
Auditorium	3	2%
Entertainment	5	4%
Convention	8	6%
Educational	22	16%
Hospital	8	6%
Hotel	8	6%
Others	2	1%
Total	141	28%



98% of respondents stated that they will continuously participate in the next phase of this project.

C1-5 Activity 1.3.2a: Select and modification of BESM

Completed works in this period (Progress Report No.4 (Q1/2014)) – Activities 1.3.2a

According to the survey results of activities 1.3.1a, one of the most popular software that has been used by target group is the existing Building Energy Code (BEC) software. The main objective of this software is to analyze the whole building energy consumption compare to Building Energy Code. The survey results also provided us with the comments and problem when using this software. Therefore, BMC has organized the specific meeting with DEDE officers who are responsible for developing and maintaining BEC software to inform the survey results and seeking for requirement to further develop BEC software. The development or modification concept of Building Energy Simulation Model (BESM) has been prepared according to the comments from the users and also from DEDE officers. The new created BESM has been proposed to avoid complexity from modification of existing software. The concept of new BESM will address type of buildings with higher energy efficiency than existing Building Energy Code. Graphic user interface will also be considered where applicable to make the new BESM more friendly used than the existing BEC software. The proposed draft sequences of new BESM are provided in **Annex 2** of the Progress Report No 4. Summary of proposed programme workflow is shown in figure C1-5.1

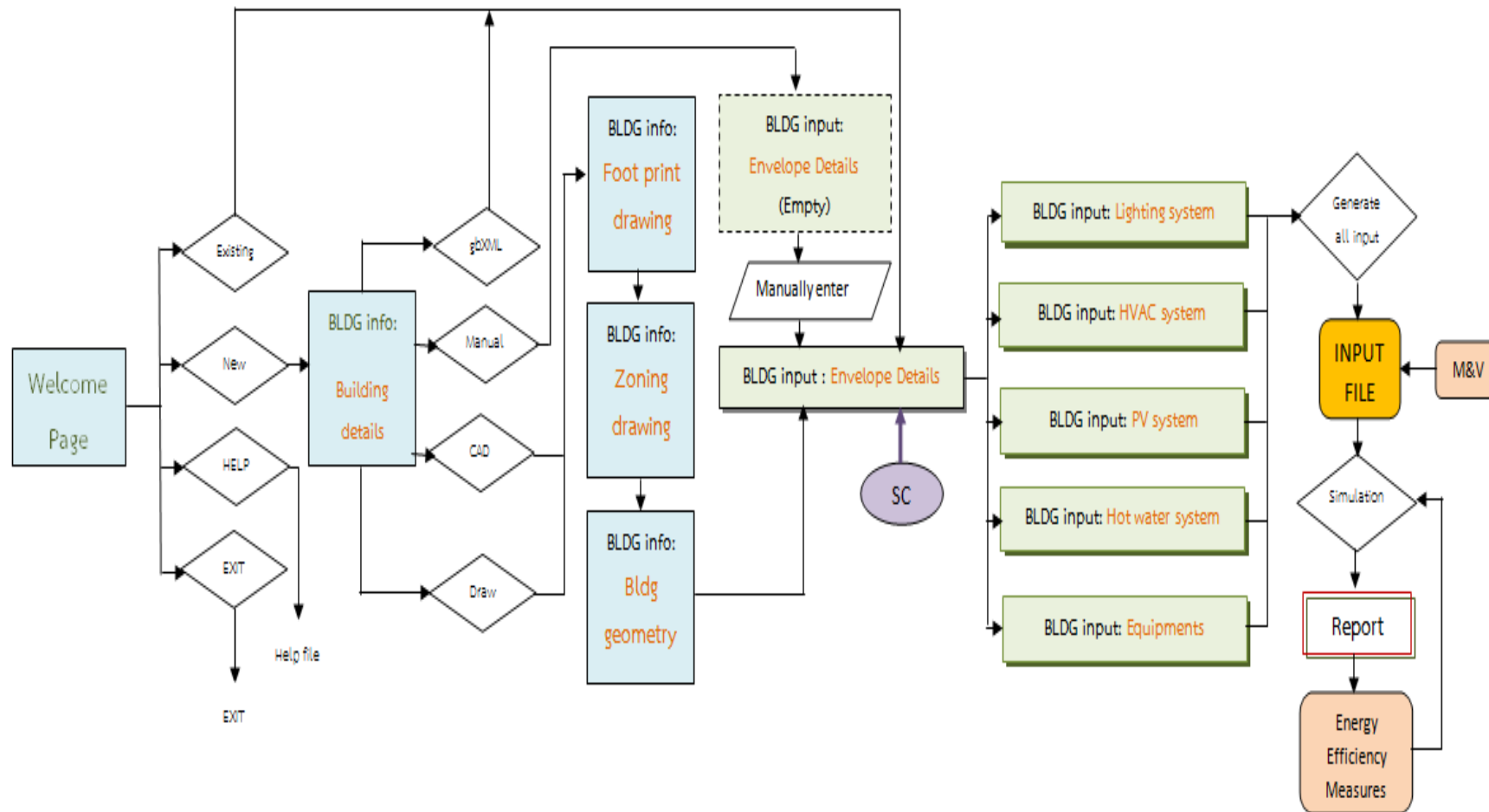


Figure C1-5.1 Programme Workflow of Proposed Building Energy Simulation Model (BESM)

Progress Report#4

Promoting Energy Efficiency in Commercial Buildings, PEECB

C1-6 Activity 1.4.1 a & b: Study and Identify the Overall Training Courses for EE Technologies and Practices and Financial Arrangement in Commercial Buildings (Finished Work)

BHRD (Bureau of Human Resource Development), DEDE is the main division for developing and conducting all energy efficiency and renewable energy training activities in Thailand. The training courses divided into 5 groups as follows :

Existing Training Courses:

Group 1: Training courses on Energy Management for Energy Conservation in Factories & Buildings

Group 2: Training courses on Energy Saving Technologies (By Technology)

Group 3: Training courses on Energy Saving in Industrial Sectors (By sub-sector)

Group 4: Training courses on Energy Saving in Building Sectors (By sub-sector)

Group 5: Training courses on Energy Saving for Academic

The Analysis of all existing training courses can be summarized as follows;

Advantage	Recommendation
1. Training courses have been developed and delivered for target groups covering all major targets by sectors and sub-sectors.	<p>1. All training courses should be reviewed to avoid the duplication in the contents.</p> <p>2. According to the approved budget of each fiscal year, there are several training courses have been launched in the same period. In this regard, level of competency for each training course should be clearly identified to assist participants in selection of the training courses to attend.</p> <p>3. Clear training path for each target group should be clearly identified.</p>
2. Compulsory training courses have been developed and delivered covering both commercial buildings and factories	There are only compulsory training courses which have been designed for technical persons only (PRE: Person Responsible for Energy). Compulsory training courses for energy manager on energy management system should be considered.
3. Training courses have been developed and delivered to the target groups covering technology application courses for specific energy consumed system.	Existing training courses have been designed focusing on individual technologies or individual equipment. Designing technical courses using system or overall facility approach could be considered.
4. Training courses have been developed for major energy users and academics.	There are no training courses for professional engineers and architects.

Recommended on Training Courses for Commercial Building Sector:

The training courses for commercial building sector are recommended in collaboration with the 20 Year Energy Efficiency Development Plan as follows:

- ⇒ **Short term action (Y2011-Y2016)**
The training courses shall be developed to enhance knowledge management for all stakeholders and preparing for the coming AEC in Y2015. Key success of demonstrated projects shall be developed for training courses and get involved with professional consultants, lecturers, institutes, associations. A target-based approach is then recommended for the systematic development.
- ⇒ **Medium term action (Y2017-Y2022)**
The training courses shall be developed to leverage the professional ability or competency of educational institutes/consultants/Associations. These key stakeholders will drive all participants towards the low carbon society in the long term action.
- ⇒ **Long term action (Y2023-Y2030)**
The training courses shall be high-lighted for the integration among government agencies and entrepreneurs or Non-profit organizations. Better understanding and perception in Net Zero Energy Buildings : NZEBs will be the market driven activities associated for long term achievements.

The 20Y Energy Efficiency Development Plan aims to promote the level of energy saving capability of commercial buildings by encouraging each commercial building to move from existing low efficiency level toward Building Energy Code- BEC level, High Energy Performance Standard- HEPS level, Economic Building- Econ Level and Zero Energy Building, ZEB. The training courses for commercial building sector should be designed and developed using the same approach as 20Y Plan. Table 3.6 summarizes the training concept recommended for each level of energy saving capability.

Table 3.6 : Training Approach for Commercial Buildings based on Level of Energy Saving Capability

Type of Building based on Level of Energy Saving Capability	Building Characteristics	Training Approach
BEC (Building Energy Code)	Buildings which are designed with equipment/system operation to comply with the Minimum Performance Specified by Thai Law/Standard. ⇒ ENCON Act B.E.2535 (1992) ⇒ Ministerial Regulations on New Building Energy Conservation Design B.E.2552 (2009)	A. Review Existing Training Courses <ul style="list-style-type: none"> - Integrate the design concept of BEC Building into Conventional and Senior PRE Training courses - Integrate the design

Progress Report#4

Promoting Energy Efficiency in Commercial Buildings, PEECB

Type of Building based on Level of Energy Saving Capability	Building Characteristics	Training Approach
		<p>concept of BEC Building into training courses on energy saving in Building Sectors group</p> <p>B. Develop new training courses</p> <ul style="list-style-type: none"> - Develop specific training courses for professional engineer and architect on BEC Building - Develop training course on Building Energy Simulation Model Software - Develop training course On Measuring of Actual Building Performance - Develop guidelines and training courses on M&V/MRV Practices
<p>HEPS (High Energy Performance Standards)</p>	<p>Buildings which are designed and operated and operated under the high energy efficiency standards of various systems can be achievable by using current technologies.</p>	<p>A. Review Existing Training Courses</p> <ul style="list-style-type: none"> - Integrate energy performance standards of each major equipment or system into existing training courses on energy saving technology group and energy saving in building sector group. <p>B. Develop New Training Courses</p> <ul style="list-style-type: none"> - Develop advanced energy saving technologies in Commercial Building Training Courses
<p>ECON (Economic Buildings)</p>	<p>Buildings which are designed & operated with the technologies of equipment and</p>	<p>A. Review Existing Training Courses</p>

Progress Report#4

Promoting Energy Efficiency in Commercial Buildings, PEECB

Type of Building based on Level of Energy Saving Capability	Building Characteristics	Training Approach
	<p>various systems are developed to be more energy efficient, but are still cost-effective.</p> <p>or</p> <p>Green buildings which concern specially about energy & water consumption and material usage during design/installation/operation/maintenance phases according to LEED and/or TREES standard.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Integrate Econ Building Concept into existing training courses on energy saving in building sector group - Integrate Econ Building Concept into existing Conventional and Senior PRE Training Courses <p>B. Develop New Training Courses</p> <ul style="list-style-type: none"> - Develop training courses on related green building certification standard such as LEED, TREES
<p>ZEB (Zero Energy Building)</p>	<p>Buildings which are designed and operated with the need for external energy supply to the buildings are near zero because the energy demand of such buildings is very low and there is also on-site energy generation from renewable energy.</p>	<p>A. Review Existing Training Courses</p> <ul style="list-style-type: none"> - Integrate ZEB Building Concept into existing training courses on energy saving in Building Sectors group - Integrate ZEB Building Concept into existing Conventional and Senior PRE Training Courses <p>B. Develop New Training Courses</p> <ul style="list-style-type: none"> - Develop training courses on application of renewable energy technologies for commercial buildings

Progress Report#4

Promoting Energy Efficiency in Commercial Buildings, PEECB

The recommendation on development of training courses should comply with the target to promote the level of energy saving capability for commercial buildings in short, medium and long term achievements. Target groups for each training course should be analyzed in order to provide the appropriate level of training for each target group.

Table 3.7 : Initial Analysis on Current Availability of Required Training Courses for Each Target Group – Commercial Building Sector

Training Course	Developer	Owner & Executive	Building Staffs Engineer & Technician	Designer Engineer & Architect & Consultants	Government Officer
Level of competency	1	1	3	4	2
BASIC Knowledge					
Concept and approach of Energy Conservation in Commercial Buildings	NA	NA	A	NA	A
Operation & Maintenance					
Energy Management System in Commercial Buildings	NR	NR	A	NR	A
Specialized Training on Energy Saving Technologies	NA	NA	A	NA	A
Specialized Training on Energy Saving in Commercial Buildings	NA	NA	A	NA	A
DESIGN Practice					
Specialized on Building Standard	NA	NA	NA	NA	NA
Specialized Training on Energy Efficient Building Design	NR	NR	NA	NA	NA
ENERGY AUDIT Practice					
Energy Audit for identifying Energy Saving Measures	NR	NR	A	NR	A
Measurement & Verification	NR	NR	NA	NR	NA

Note : A = Training Courses are available but need to be reviewed

NA = Training Courses are not available and need to be developed

NR = Training Courses are not required

Meaning of level of competency

Level 1 = Non technical content is required

Level 2 = Non technical content is required and basic concept of technical content is required

Level 3 = Technical content is required but not to design level

Level 4 = Technical content is required up to design level

C1-7 Activity 1.4.1 c: Development of the Overall Training Programme (Finished Work)

According to the analysis on current availability of required training courses for each target group in C1-6, the overall training programmes to support the current curricula available have been defined and proposed as summarized in Figure C1-7.1 and Table 3.8;

PROPOSED TRAINING DEVELOPMENT



Figure C1-7.1 Proposed Training Development on Promoting Energy Efficiency in Commercial Buildings

Progress Report#4

Promoting Energy Efficiency in Commercial Buildings, PEECB

Table 3.8 : Proposed Training Courses for Each Target Group – Commercial Buildings Sector

Training Courses	Target Groups/Required Training Courses				
	Developer	Owner & Executive	Bldg Staff/ Eng/Tech	Designer	Government Officer
BASIC Knowledge	Non-technical	Non-technical	Technical	Technical (design)	Non-technical + Basic concept
B1- Concept and Approach of Energy Conservation in Commercial Buildings					
B-1.1 Development Concept for Energy Efficiency in Commercial Buildings					
B-1.1 – M1 Introduction to Energy Efficiency in Commercial Buildings	B-1.1-M1	B-1.1-M1	B-1.1-M1	B-1.1-M1	B-1.1-M1
B-1.1 – M2 Energy Efficiency Index for Commercial Buildings	B-1.1-M2	B-1.1-M2	B-1.1-M2	B-1.1-M2	B-1.1-M2
B-1.1 – M3 Case Studies on Energy Efficiency Measures in Commercial Buildings	B-1.1-M3	B-1.1-M3	B-1.1-M3	B-1.1-M3	B-1.1-M3
B1.2 Financial Analysis for Energy Efficiency Measures					
B-1.2 – M1 Cost Benefit Analysis for Energy Efficiency Measures in Commercial Buildings	B-1.2-M1	B-1.2-M1	B-1.2-M1	B-1.2-M1	B-1.2-M1
B-1.2 – M2 Life Cycle Cost Benefit Analysis for Energy Efficiency Measures in Commercial Buildings including Financial Sources Availability			B-1.2-M2	B-1.2-M2	
Operation & Maintenance	Non-technical	Non-technical	Technical	Technical (design)	Non-technical + Basic concept
O1- Energy Management System in Commercial Buildings <i>(Existing DEDE's Training Courses)</i>	NR	NR	A	NR	A

Progress Report#4

Promoting Energy Efficiency in Commercial Buildings, PEECB

Training Courses	Target Groups/Required Training Courses				
	Developer	Owner &Executive	Bldg Staff/ Eng/Tech	Designer	Government Officer
O2.-Specialized training on Energy Saving Technologies OM-2.1 Air Conditioning System OM-2.1 - M1 Technology Assessment for Improvement OM-2.1 –M2 Best Practices on Air conditioning System Operation in Commercial Buildings OM-2.2 Lighting System OM-2.2 –M1 Technology Assessment for Improvement OM-2.2 –M2 Best Practices on lighting System Operation in Commercial Building OM-2.3 Renewable Energy for Commercial Buildings OM-2.3 –M1 Technology Assessment OM-2.4 Building Automation System (BAS) OM-2.5 Commissioning requirement for building energy systems	OM-2.1-M1	OM-2.1-M1	A	OM-2.1-M1 OM-2.1-M2	A
O3.-Specialized Training on Energy Saving in Commercial Buildings OM-3.1 Case Studies on Energy Saving from Operation in Commercial Buildings OM-3.1 – M1 Energy Saving in Hotel OM-3.1 – M2 Energy Saving in Hospital OM-3.1 – M3 Energy Saving in Condominium OM-3.1 – M4 Energy Saving in Department Store OM-3.1 – M5 Energy Saving in Office Buildings	OM-3.1-M1 OM-3.1-M2 OM-3.1-M3 OM-3.1-M4 OM-3.1-M5	OM-3.1-M1 OM-3.1-M2 OM-3.1-M3 OM-3.1-M4 OM-3.1-M5	A	OM-3.1-M1 OM-3.1-M2 OM-3.1-M3 OM-3.1-M4 OM-3.1-M5	A

Progress Report#4

Promoting Energy Efficiency in Commercial Buildings, PEECB

Training Courses	Target Groups/Required Training Courses				
	Developer	Owner & Executive	Bldg Staff/ Eng/Tech	Designer	Government Officer
DESIGN Practice	Non-technical	Non-technical	Technical	Technical (design)	Non-technical + Basic concept
D1.-Specialized training on building standard					
D1.1 Certified Standard for Energy Efficient Buildings					
D1.1 - M1 : Trends of Energy Efficient Buildings Standard and Certification in Thailand	D1.1-M1	D1.1-M1	D1.1-M1	D1.1-M1	D1.1-M1
D1.1 - M2 : Energy Efficient Buildings Certification	D1.1-M2	D1.1-M2	D1.1-M2	D1.1-M2	D1.1-M2
D2.-Specialized Training on Energy Efficient Building Design					
D2.1 Guidelines for Energy Efficient Building Design					
D2.1-M 1 : Introduction to Building Energy Code	NR	NR	D2.1-M1	D2.1-M1	D2.1-M1
D2.1-M 2 : Energy Efficient Design for Commercial Buildings			D2.1-M2	D2.1-M2	D2.1-M2
D.2.2 Training on Building Energy Simulation Model (BESM)			D2.2	D2.2	
ENERGY AUDIT Practice	Non-technical	Non-technical	Technical	Technical (design)	Non-technical + Basic concept
E1.-Energy Audit for identifying Energy Saving Measures <i>(Existing DEDE's Training Courses)</i>	NR	NR	A	NR	A
E2.-Measurement & Verification					
E2.1 Benefit of Measurement & Verification System			E2.1		E2.1
E2.2 Measurement & Verification for Energy Saving Project	NR	NR		NR	
E2.2 M1 : Measurement and Verification Protocol			E2.2 M1		E2.2 M1
E2.2 M2 : Measurement and Verification Plan and Reporting			E2.2 M2		E2.2 M2
E2.2 M3: Case studies on the implementation of Measurement & Verification System in Commercial Buildings			E2.2 M3		E2.2 M3

Progress Report#4

Promoting Energy Efficiency in Commercial Buildings, PEECB

Note : A = Training Courses are available but need to be reviewed
 NA = Training Courses are not available and need to be developed
 NR = Training Courses are not required
 Meaning of level of competency
 Level 1 = Non technical content is required
 Level 2 = Non technical content is required and basic concept of technical content is required
 Level 3 = Technical content is required but not to design level
 Level 4 = Technical content is required up to design level

For next steps, the contents of each proposed training course will be developed by highlighting the application of technologies to improve building energy efficiency from BEC towards HEPS, ECON and ZEB. The initial contents of energy efficient buildings have been provided in the followings part C1-7-1 .

C1-7-1 The initial contents of the energy efficient buildings

The potential of energy saving in commercial sector increasingly becomes more important as energy consumption in this sector continues to grow and increase its share in the national total energy consumption. The national Energy Efficiency Development Plan has predicted the growth of share in this sector from 8% to 10% by 2030.

The potential of energy saving assessment is done by comparing energy usage of the individual building and reference building. In order to achieve higher energy saving potential, these reference buildings have to be improved. The level of reference building standard identified in the 20Y EEDP can be categorized into 4 levels namely, BEC, HEPS, ECON and ZEB

	Reference	BEC	HEPS	Econ	ZEB
Expected Percentage of Saving	0	20 – 25 %	30 – 35 %	60 %	70 %

Building Energy Code (BEC)

According to the Ministerial Regulation, the BEC specifies building specification in 6 areas which are

1. Building Envelope

Building envelope or building façade design improves building passive properties. This has greatly effected on heat transfer through the building. Overall Thermal Transfer Value (OTTV) and Roof Thermal Transfer Value (RTTV) are the indicators used to evaluate the building's envelope system.

Building Types	OTTV (Watts/m ²)
School, Office	50
Theatre, Plaza, Department Store	40
Hotel, Hospital, Condominium	30

Progress Report#4

Promoting Energy Efficiency in Commercial Buildings, PEECB

2. Lighting Equipment

Lighting equipment is defined by Light Power Density (LPD). The LDP is a proportion between energy use by the lighting system and the occupied area.

<i>Building Types</i>	<i>LPD (Watts/m2)</i>
School, Office	14
Theatre, Plaza, Department Store	18
Hotel, Hospital, Condominium	12

3. Air Conditioning System

Air conditioning unit used in the building needs to achieve minimum COP as required by the regulation, other types of A/C units excluding in the table are not restricted.

<i>A/C Unit Size</i>	<i>COP</i>
Less than 8000	3.22 – 4.10
8000 to 12000	3.22 – 4.10

4. Steam Boiler Equipment

Steam boiler equipment refers to large utility scale boiler and requires minimum efficiency.

<i>Type</i>	<i>Efficiency (%)</i>
Oil fired steam boiler	85
Oil fired hot water boiler	80
Gas fired steam boiler	80
Gas fired hot water boiler	80

For air source heat pump water heater

<i>Design</i>	<i>Inlet Temperature</i>	<i>Outlet Temperature</i>	<i>Air Temperature</i>	<i>Minimum COP</i>
	Celsius			
<i>Type 1</i>	30	50	30	3.5
<i>Type 2</i>	30	60	30	3.0

5. Energy Performance

The building constructed according to BEC regulation will be determined by BEC (2e-building) energy simulation programme. The programme uses building envelope information (OTTV,RTTV) to determine energy from A/C unit, the lighting system at the building site atmosphere.

6. Renewable Energy

The BEC standard allows building to be installed with onsite renewable energy generation system. These systems may refer to solar PV, wind turbine or biomass boiler with fuel coming from renewable energy source. Electricity generated from the system will be used to subtract energy demand from the building.

Daylight design is also considered in this topic. Lighting system situated in the area where sufficient daylight is presented can be deducted from lighting energy usage.

Example of Technologies Cooperated on BEC

Autoclaved Aerated Concrete

Commercially known as “Lightweight Concrete Block” in Thailand, autoclaved concrete improves thermal efficiency and reduces heating and cooling load in buildings. It also benefits construction process due to its light weight and workability. It also provides better sound insulation and resists to fire hazard more than traditional brick block.



Figure C1-7-1.1 : Cross sectional of AAC concrete (Greenbang.2012)

Low Thermal Emissivity Glass (Low-e)

Low-e coating improves windows thermal efficiency without major changing in glass structure or greatly increasing material cost. The method is to reflect the unwanted solar radiance while allowing visible light to get through as much as possible.

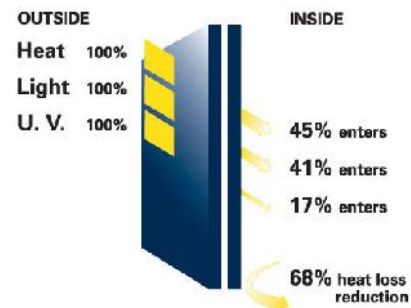


Figure C1-7-1.2 : Low-e glass emissivity (Althem)



Figure C1-7-1.3 : No.5 efficiency label in air conditioning unit

Air Conditioning Unit with EGAT No.5 High Efficiency Label

Thailand weather is hot almost a whole year. Air conditioning unit has critical part for heat load in the building. Electricity Generation Authority of Thailand (EGAT) has realized this problem and issued energy label programme for electrical appliances. Air conditioning unit is one of the appliances in this programme. Typically, A/C unit selling in the market is related with No.5 to ensure energy efficiency for the user. The No.5 rate in A/C unit requires the minimum COP of 3.4 or 11.6 EER which can be readily accomplished by current manufacturer technology.

Fluorescent Lamp

In the 1970s, fluorescent lamp was introduced as an energy saving tube in Europe. It was designed with a tube filled with gas that will be electro-stimulated by electricity. Increased efficiency meant that the tube produced only 9% lumen reduction for a 20% power reduction. Fluorescent lamp is the dominant lighting equipment nowadays due to its efficiency and cost competitiveness. It has easily replaced traditional incandescent lamp and become a main product for the lighting system in the building.

High Energy Performance Standard (HEPS)

HEPS is a higher standard which can be achieved by current technology. HEPS can be achieved through a promotion and demonstration programme of new technologies. The promotion and incentive could stimulate the acceptance of the private sector. Once the demonstration shows the successfulness, the technologies would be easier to get adopted voluntarily.

Example of Technologies Cooperated on HEPS

Green Roofs and Green Walls

In urban environment, the present of building surface and concrete pavement causes heat island effect to surrounding environment. High ratio of reflectivity in the area occurs overall heat increase in specific area around urban environment, called "heat island". By using green walls and green roofs, where the plants are used to cover a whole of partial building surface, Individual OTTV of building surface and surrounding temperature will be reduced. This resulted in reducing energy loss through the façade and lower atmospheric temperature. The plants used on green surface may cooperate with grey water system in purifying polluted water.



Figure C1-7-1.4 : Example of exterior green wall (Sexton,2013)

Glazing Glasses

Glazing glass or insulated glazing is a composite construction of two panes (double glazing) divided by hallowed space. This space can be filled with air or gas to reduce heat transfer between window panes. The glass panes are separated by spacer that conceal outside air and cavity air. Traditionally, spacer was made from metal for the favor in its durability.

However, it has weakness as a metal has high heat conductivity. Therefore, recent spacer is made from less conductivity such as foam. The other benefits apart from heat insulation is acoustic insulation. The large air space improves

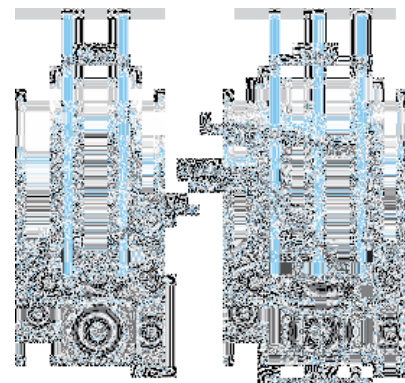


Figure C1-7-1.5 : Cross-sectional of double glazing and triple glazing (G2S group,2008)

noise insulation as sound travels poor in less density medium. Using double glazing window is found in cold climate.

Light Emitting Diodes (LEDs)

When compared with fluorescent, LEDs has higher energy efficiency, produces less heat and longer lifetime. Unlike incandescent bulb and fluorescent bulb which uses gas contained in fragile glass structure for the operation, LEDs has solid semiconductor as a light source that can operate at atmospheric condition. Without failing electronic equipment such as ballast and starter, LEDs is likely to be fail-proved through its lifetime and can be made into many forms.



Figure C1-7-1.6 : LEDs in T8 tube light (XiangDa,2011)

Improved Energy Efficient System

In HEPS, improving efficiency of air-condition system requires an effort beyond A/C unit power efficiency. Higher efficiency of a whole system can be done by optimizing the process.

Energy Recovery Ventilation (ERV) is the energy recovery process of exchanging the energy contained in normally exhausted building or space air and using it to treat (precondition) the incoming outdoor ventilation air in residential and commercial HVAC systems. During the warmer season, the system pre-cools and dehumidifies while humidifying and pre-heating in the cooler seasons. The benefit of using energy recovery is the ability to meet desire ventilation & energy standards, while improving indoor air quality and reducing total HVAC equipment capacity.

This technology has not only been effective in reducing energy cost and heating and cooling loads, but it has allowed for the scaling down of equipment. Additionally, this system will allow for the indoor environment to maintain a relative humidity of an appealing 40% to 50% range. This range can be essentially maintained under all conditions. The only energy penalty is the power needed for the blower to overcome the pressure drop in the system.

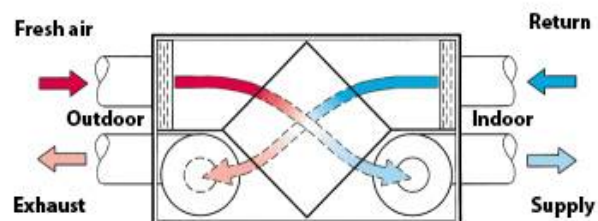


Figure C1-7-1.7 : Air-to-Air Heat Recovery in ventilation system (Schild,2004)

Variable Speed Drive Chiller (VSD). In most buildings, cooling load is varying with the day and year. The chiller sizing has to cover the peak load of the system. The chiller that operates at full load regularly will result in inefficient energy consumption. Variable Speed Drive (VSD) Chiller is equipment that uses the principle of variable frequency drive in regulating motor speed to respond with system load. By this method, it allows chiller to respond with partial load that consumes energy equal to actual load requirement. VSD system should be benefited in the building which has high variation of load. Buildings with constant usage will require constant cooling load resulted in unutilized of VSD equipment. Therefore, for the buildings with constant cooling load, High Efficiency Chiller would be recommended.

Economic Building (Econ)

ECON is an expected standard which can be fulfilled with the development of technology and system but still worth for investment. The technologies might become already available today or being used in a restricted area. However, through the trend of technology development and energy efficiency promotion, these technologies will become available competitively in the future.

Example of Technologies Cooperated on Econ

Cavity Insulation Wall

Comparing to traditional wall, cavital wall not only has gap layer between inside and outside surface but also contains insulation layer in wall composites to maximize thermal insulation in the wall. Air gap in the wall obstruct heat transfer between indoor and outdoor environment. Air gap layer can also be filled with insulation material such as styryne foam for superative insulation.



Figure C1-7-1.8 : PU foam in cavity wall insulation (Dino Green,2012)

Triple Glazing

As similar to double glazing, triple glazing contains additional window pane and gap. Although it obviously provides greater insulation than double glazing, there are many factors to take into consideration. The high cost of triple glazing window is the main factor.

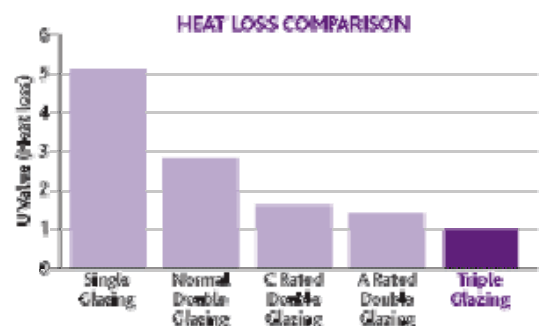


Figure C1-7-1.9 : Heat loss comparison in each glazing technology (G2S group,2008)

Variable Refrigerant Flow (VRF)

VRF allows the system to regulate expected zone cooling, permitting accurate and personalised air conditioning energy consumption in a single room boundary. It also optimizes room comfort and reduces energy and maintenance costs. VRF provides system simplicity and operating flexibility. It benefits from the advantages of direct expansion linked to inverter control and the most sophisticated electronic control. This technology has many advantages, from the system design to the installation and operation phase. The wide range of indoor cooling load makes VRF the most flexible choice to satisfy any building requirement.



Figure C1-7-1.10 : Illustration of VRF system in the building (Johnson Controls,2013)

Radiant Cooling

Radiant cooling energy offset comes from less energy-consumed compartments and effectiveness of radiant cooling method compared to air based cooling system. Radiant energy saving performance depends on climate in each area. Hot and dry climate are the best condition for radiant cooling performance due to the advantages in thermodynamic properties. The system performs less effective in humid climate due to the increased load from latent heat.

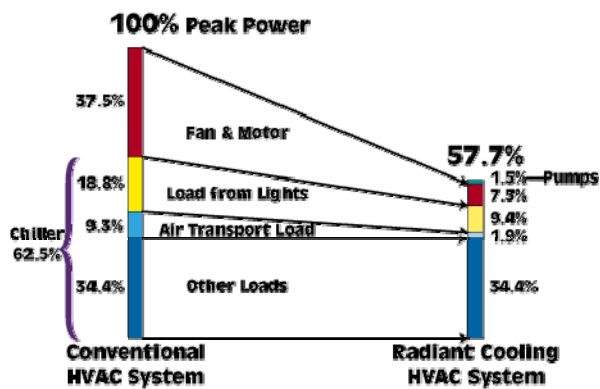


Figure C1-7-1.11: Peak Loads of Conventional HVAC and Radiant Cooling System (Berkeley Lab, 1994)



Figure C1-7-1.12 : Radiant ceiling cooling and heating system (S&P,2013)

Solar Tube

In order to reduce light power density in the building, passive lighting must be integrated into the design. Solar tube is a device that harnesses natural light from outside into the building. The collector allows light transporting through the reflector surface. Natural light can be sent to intermediate floor without interfering with building enclosure. By blending natural light with ultra-efficiency LEDs, the system can operate throughout day and night with significantly cutting energy use. It is also widely known that using daylight will increase working productivity of the occupants.



Figure C1-7-1.13 : Solatube tubular daylight devices (Solartube,2013)

Zero Energy Building (ZEB)

ZEB is the future achievement for the building external energy requirement to be near zero. This can be done by improving high standard building façade, utilizing high efficiency equipment and onsite renewable energy generation.

Scope of Definition

Zero Energy Building, by its term in general is a building with no need of electricity. Despite the wide use of the phrase “Zero Energy Building”, there is no accurate definition to define the element of ZEB. In fact, zero energy building requires energy at the certain level which will be supplied by renewable energy.

Considering standalone ZEB without electricity grid connection (offsite), offsite ZEB has to be self-sufficient in balancing between energy demand and generation. By realizing that building energy demand is fluctuated through the time, renewable energy generation has to be oversized to cover peak demand. Energy storage would be necessary if energy from grid is not available.

In the urban environment, where the grid connection is always available, ZEB’s energy offsetting can be done in various methods. Energy demand and generation can be done independently regardless of time of using. When the generation is greater than the demand, excess energy can be sent to the grid. Likewise, when building energy generation is insufficient, the grid can supply unfulfilled energy balance.

Progress Report#4

Promoting Energy Efficiency in Commercial Buildings, PEECB

The National Renewable Energy Laboratory (NREL), United States’ Department of Energy, has given a decent boundary of ZEB definition. ZEB is a building which can greatly reduce energy need by energy efficiency measures and be able to offset building energy requirement by its own energy generation. The supplied to the building should be affordable, locally available, nonpolluting and renewable source.

Renewable Energy Supply Priority

Although there are many renewable energy options available for ZEB depends on regulator allowance. The most favorable option is renewable energies that are available onsite of ZEB. Offsite renewable energy could be used to offset energy demand but it also causes carbon footprint from transportation and land use at the same time.

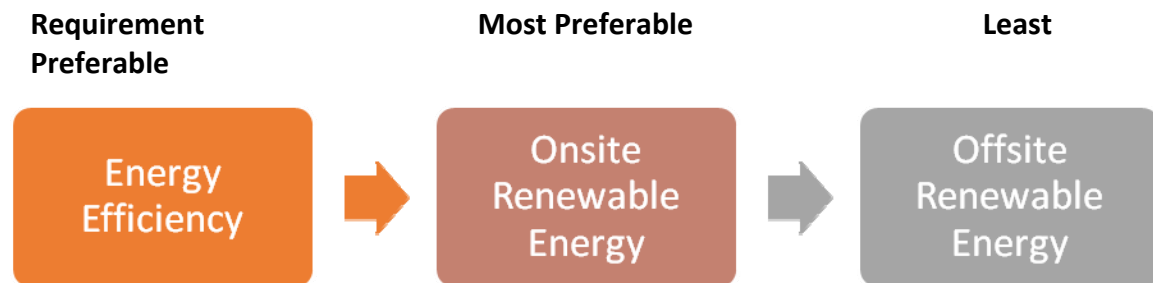


Table 3.9 : ZEB renewable Energy Supply Option Ranking (NREL,2006)

Option Number	ZEB Supply Side Options	Examples
0	Reduce site energy use through low-energy building technologies	Day lighting, high-efficiency HVAC equipment, natural ventilation, evaporative cooling, etc.
Onsite Supply Option		
1	Use renewable energy sources available within the building’s footprint	PV, solar hot water, and wind located at the building.
2	Use renewable energy sources available at the site	PV, solar hot water, low-impact hydro power, and wind located on-site, but not on the building.
Offsite Supply Option		
3	Use renewable energy sources available off site to generate energy onsite	Biomass, wood pellets, ethanol, or bio diesel that can be imported from offsite, or waste streams from on-site processes that can be used onsite to generate electricity and heat.
4	Purchase offsite renewable energy sources	Utility-based wind, PV, emission credits, or other “green” purchasing options . Hydroelectric is sometimes considered.

The criteria of consideration on this ranking are;

- Reduce environmental Impact by reducing energy use from a building design
- Onsite renewable energy is preferable due to reduction in transportation and conversion losses
- Energy sources have to be available over the lifetime of the building
- Must be widely available and replicable to use for future ZEBs

Zero Energy Building Metric Classification

Due to the difficulty in supplying energy in each building site, i.e. limitation of building site and condition, or perspective of government policy, zero energy building can be classified by various terms of achievement depending on each government targets. Several metrics can be used to measure ZEB definition, which are;

Net Zero Site Energy: A site ZEB produces at least as much energy as it uses in a year, when accounted for at the site. This is the most measurable and consistent definition since the unit of energy use can be measured directly for every building.

Net Zero Source Energy : A source ZEB produces at least as much energy as it uses in a year, when accounted for at the source .Source energy refers to the primary energy used to generate and deliver the energy to the site .To calculate a building's total source energy, imported and exported energy is multiplied by the appropriate site-to-source conversion multipliers .Source energy for energy used a life cycle approach to determine site-to-source factors. In the study of Deru and Torcellini (2006), has suggested the factors for national electricity and natural gas of 3.37 and 1.12 respectively. That means, in order to achieve ZEB by this definition one unit of exported electricity can be used to offset 3.37 units of gas use or 1.12 of electricity use.

Net Zero Energy Costs :In a cost ZEB, the amount of money the utility pays the building owner for the energy the building exports to the grid is at least equal to the amount the owner pays the utility for the energy services and energy used over the year. The energy cost that has to be offset may include distribution, peak demand, taxes and metering charges for electricity. However, it must be realized that the cost of utility (electric price, gas price) can be changed from year to year. Thus, the energy generation has to be increased respectively in this case.

Net Zero Energy Emissions :A net-zero emissions building produces at least as much emissions-free renewable energy as it uses from emissions-producing energy sources .It uses the same principle of source energy to define the factor of emission for a unit of energy use. In the extreme case that energy produced from national grid is produced from zero emission sources i.e. nuclear power, hydro, wind and solar farm, there is no need for a building to generate its renewable energy.

Example of Technologies Cooperated on ZEB

Light Louvers and Sunshade Overhangs

Shading Coefficient has a critical role in building fabric analysis. The section of wall completely exposed to the sun light can obtain SC as high as one. The few walls expose to the sun the less heat gain through the wall. Installing permanent shading structure will reduce OTTV of the building, resulting in better building performance and rating.

Transparent material is usually considered as energy leakage. The typical lower heat insulation than opaque material made it become the vulnerable area in building fabric. Installing sunshade overhangs and louvers can reduce energy gain through the area while allowing daylight through the window.

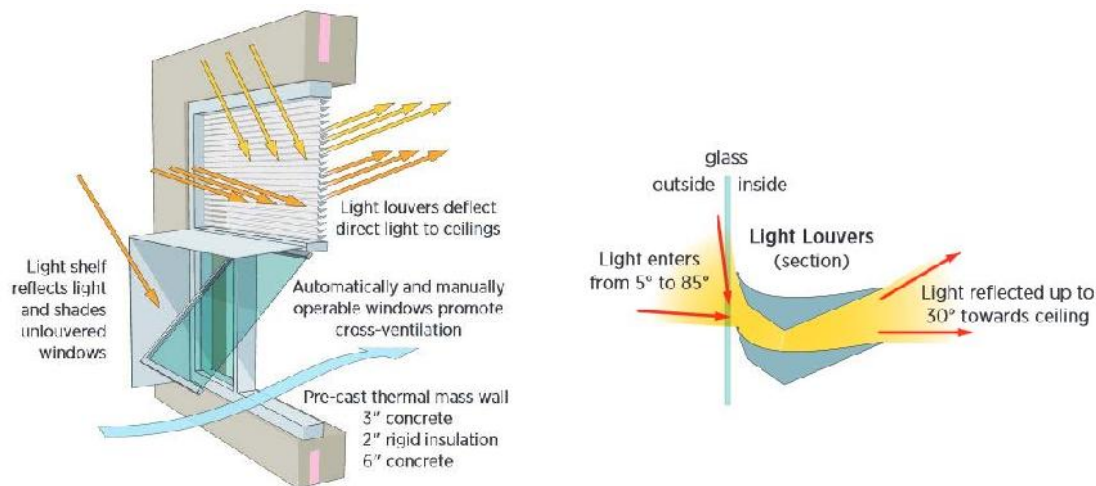


Figure C1-7-1.14 : A light louver daylighting system reflects sunlight to the ceiling, creating an indirect lighting effect. Fixed sunshades limit excess light and glare (NREL,2012)

Solar Stack Ventilation

The concept of the solar assisted stack ventilation system is to remove the heat from solar panels to induce passive ventilation in open space indoor environment (buoyancy effect).

Heat is built up below the solar panels when it is working. A narrow gap is allowed between the solar panels and the metal roof to allow ventilation which is essential to ensure efficiency of the solar panels. Heat in the gap is also a good source to produce induce effect which is the principle for natural ventilation in the rooms.

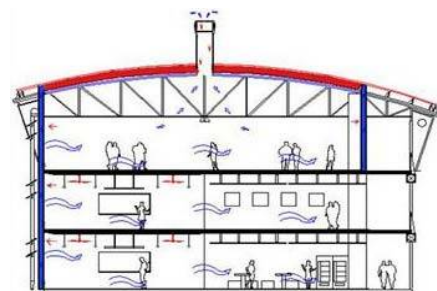


Figure C1-7-1.15 : Solar stack ventilation system at ZER building , Singapore (BCA,2010)

Fiber Optic Solar Lighting

In urban environment, the favor of multiple stories building may prohibit solar tube technology for infiltrating into building structure. In this case, fiber optic can be used instead of solar tube. Fiber optic system is smaller and can be embedded within the wall or wiring along with other utility systems. Therefore, it allows fiber optic to penetrate into the lower level of the building. Unlike hollow tube, where light is transferred through air as outdoor atmospheric condition, fiber optic can transfer light with higher intensity. To increase higher intensity, the collector technology has to be improved from solar dome which is generally used for solar tube. The collector will intensify solar light to adequate demand in the building

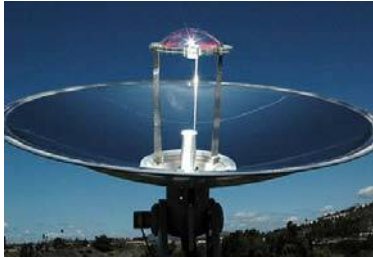


Figure C1-7-1.16 : (Left) Solar concentration device, (right top) solar fiber optic system in the building, (right bottom) solar fiber optic illuminator (Proefrock,2006)

Integrated Double Façade Buffer Space

Double façade is a passive design method to create buffer space in high rise buildings. By the synergy of passive design, the space can be used to aid natural ventilation. In hot climate, using double façade with passive ventilation design will potentially reduce the need of mechanical cooling in the system.

Buffer space can be designed to cooperate with various systems such as shading system or passive ventilation system enabling night cooling ability. Traditional design of buffer space requires the area to be sacrificed as unused space. In a modern design, buffer space can be used as irregularly occupied area such as auxiliary pathway.

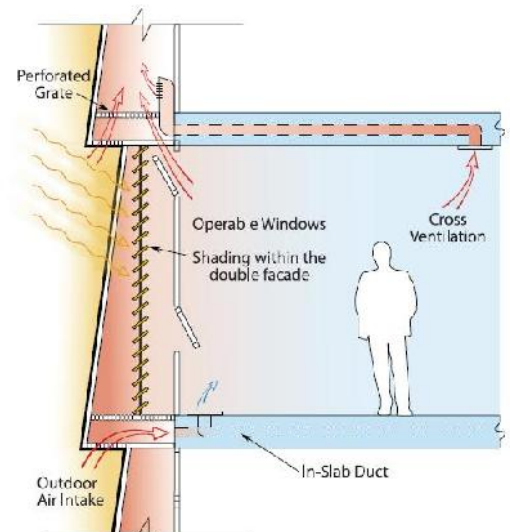


Figure C1-7-1.17 : Example of double façade as buffer space (City of Vancouver, 2009)

Many synergies are possible with buffer spaces such as double ventilated facades. Buffer spaces in south facing double ventilated facades can be used to aid natural ventilation for example. Other passive building strategies can also work well with these types of facades such as night cooling and solar shading.

Renewable Energy Generation

Zero Energy Building requires energy generation to offset energy demand by the building. In urban environment, generations at the building site are limited by many factors such as area, urban planning regulation or logistic issues. In this case, 2 technologies are selected as the most convenient methods.

1. Solar Photo Voltaic(PV) and Solar Thermal Collector

For the buildings or facilities with adequate open space, solar power generation can be used for renewable energy generation. Solar PV is used to generate electricity directly. In the flat surfaces such as rooftop or parking lots, poly-crystalline panel can be used due to its high efficiency. Thin film panel is favored for bending surface due to its flexibility. Solar thermal collector is used for heating application. Water in collectors absorbs heat from the sunlight. Heated water can be used for hot water supply in the building or cooling/heating application such as absorption chiller.

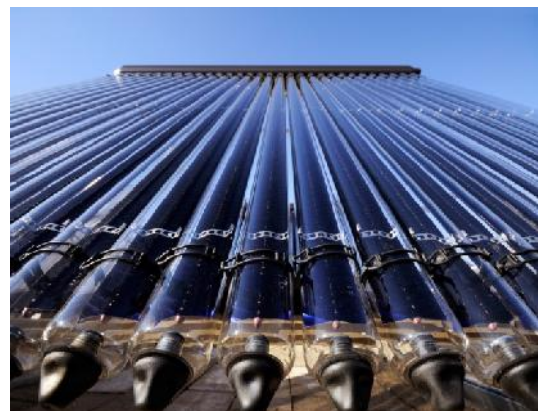


Figure C1-7-1.18: Solar thin film and solar water heater (Solar Renewable, 2012)

2. Micro Wind Turbine

In the location with sufficient wind speed, wind turbine is another solution for electricity generation. There are two types of small wind turbines that are suitable for urban environment. Horizontal axis wind turbine, this turbine is visually similar to typical wind turbine in smaller scale. It can harness wind energy from single direction with tracking system. This type of turbine is best for open area with definable wind direction. In the urban area where high rise buildings are situated will provide turbulence flow. In this case, horizontal wind turbine is a solution. Regardless of wind direction, this type of turbine can operate in omni-direction of wind flow.

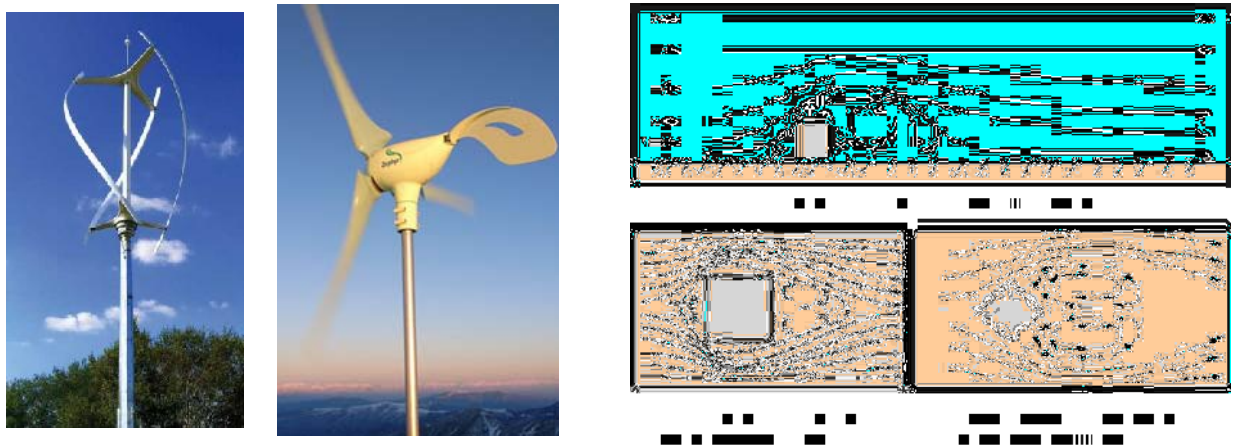


Figure C1-7-1.19: Vertical axis turbine, horizontal axis turbine, wind profile in urban environment (Williams, 1997).

Allowable Solution

According to the study of the UK government to pass zero carbon dwelling regulation in 2016, *Zero Carbon Hierarchy Triangle* was introduced to be a part of zero carbon solution. By realizing that whether building energy efficiency is done by improving building fabric or renewable energy generation is present in the building, it is still difficult for a house builder and developer to achieve total zero emission. Allowable solution is a cost-effective measure to help a house builder and developer to reach zero carbon targets with affordable price. The allowable solutions could be in the form of

- Any additional energy efficiency.
- Energy efficient appliances.
- Exports of low or zero carbon heat to other developments.
- Investment in low and zero carbon community heat infrastructure.
- Paying into a carbon abatement fund.

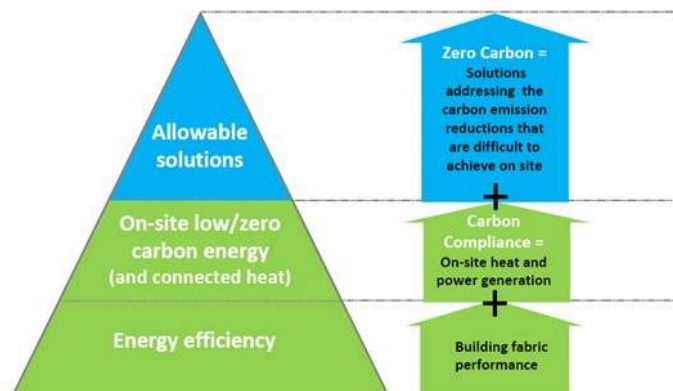


Figure C1-7-1.20 : Zero Carbon Hierarchy (Zero Carbon Hub,2013)

C1-7 (Continued) Activity 1.4.1 c -1 : Preparation of DEDE's Staff Capacity Building

In order to strengthen the effective implementation of the project, the Project Team has organized the study trip to visit the country that has best practices and successful case studies in implementing energy efficiency in commercial buildings. Japan, as one of the most advanced countries in energy efficiency programme, has been identified for this study trip. DEDE' staffs were invited to attend this trip as part of the capacity building programme.

The study trip covered various topics related to the implementation of the project such as the discussion with Japanese design professional team on energy efficiency in the building, Japanese's experiences on using building energy simulation software etc. The meeting with the Ministry of Land, Infrastructure, Transport and Tourism (MLIT), Japan was organized to share experiences on promoting energy efficiency in commercial buildings. Site visit to SMART Buildings and SMART Cities was organized to understand the implementation of energy efficiency in the actual buildings and also for the city. The study trip programme and the results from the study trip have been summarized as follows;

1. Programme for the study trip to Japan (5-9 November 2013)

Date	Activities	Places
Tue 5 th Nov'13	Depart BKK to Japan	
Wed 6 th Nov'13	09:00 – 12:00 Meeting with Energy Efficiency Design Firm, Nikken Seikei Co.,Ltd ¹⁾ 14:00 – 16:00 Meeting with Ministry of Land, Infrastructure, Transport and Tourism, Japan ²⁾	1. Nikken Seikei Co.,Ltd. 2. Ministry of Land, Infrastructure, Transport and Tourism (MLIT)
Thu 7 th Nov'13	SMART Buildings & SMART City 9:30 – 12:00 Visiting Hitachi Collaboration Square Kyobashi (HITACHI) ³⁾ 13:00 - 14:30 Visiting Smart Building (Hulic HQ Building) ⁴⁾ 15:30 - 17:00 Visiting Smart Building (Harumi Triton Square) ⁵⁾	1. Hitachi Collaboration Square (Kyobashi) 2. Hulic HQ Building 3. Harumi Triton Square
Fri 8 th Nov'13	SMART City 09:30 – 17:00 Visiting Kashiwanoha Smart City ⁶⁾	1. Kashiwanoha Smart City
Sat 9 th Nov'13	Return to Bangkok	

2. Locations of Visiting Sites

[Wednesday 6th Nov, 2013]

- 1) Nikken Sekkei Building : Iidabashi 2-18-3, Chiyoda-ku, Tokyo
- 2) Housing Bureau, Ministry of Land, Infrastructure, Transport and Tourism
: The 3rd Building of Tyuou-goudou-tyosya, Kasumigaseki 2-1-3, Chiyoda-ku, Tokyo

[Thursday 7th Nov, 2013]

- 3) Hitachi Collaboration Square Kyobashi
: Tokyo square garden 6F, Kyobashi3-1-1, Tyuo-ku, Tokyo
- 4) HULIC HQ Building : Nihonbashi-ootenma-cho 7-3, Tyuuo-ku, Tokyo Nihonbashi
- 5) Harumi Triton Square : Harumi 1-8-16, Tyuuo-ku, Tokyo, 104-0053

[Friday 8th Nov, 2013]

- 6) Kashiwanoha Smart City : Wakamiya 174, Kashiwa City, Chiba prefecture

3. Meeting Topics with MLIT

Topic 1. Compulsory requirement on implementing of Energy Efficiency in Commercial Buildings in Japan

- 1.1 Are there any compulsory building energy code to enforce on the implementation of Energy Efficiency in Commercial Buildings (around 2,000 m²) in Japan?
- 1.2 What are the processes to enforce the building energy code or any related regulation in Japan?
- 1.3 How many government bureau or department involved in the implementation of the building energy code or any related regulation?
- 1.4 Are there any regulation or code to enforce on the improvement of existing buildings or old buildings to renovate their building to comply with the regulation or code?
- 1.5 What are the major barriers in implementing Energy Efficiency in Commercial Buildings in Japan?

Topic 2. Promoting scheme on implementing of Energy Efficiency in Commercial Buildings in Japan

- 2.1 Are there any promotional scheme to support or to encourage the developers or building owners to implement the energy efficiency in their buildings such as green building certification, marketing promotional scheme?
- 2.2 What are the relationship or any link between the government promotional scheme to the green building standard Index such as CASBEE or LEED?

Topic 3. Supporting scheme to promote the implementation of Energy Efficiency in Commercial Buildings in Japan - Financial Supporting Scheme or other incentive schemes

- 3.1 Are there any financial support from the government to stimulate the implementation of Energy Efficiency in Commercial Buildings? such as the subsidy, tax incentive or any other financial incentive schemes
- 3.2 How to encourage the users (buyers) to buy or rent or use the Energy Efficiency Buildings?

4. Knowledge and experiences gained from the study trip

The objective of the study trip to Japan is to exchange experiences on implementing energy efficiency in commercial buildings with Japanese experts and related government agencies. Several meetings and site visits were conducted during the study trip with Japanese experts in designing energy efficient buildings (Nikken Seikei), developers (Hulic and Harumi Triton Square), smart building and smart city suppliers (Hitachi) and also related government agency (Ministry of Land, Infrastructure, Transport and Tourism, MLIT). Knowledge and information exchange gained from this study trip can be summarized as follows;

1. Several promoting measures including both mandatory and voluntary measures have been implemented to support the implementation of energy efficiency in commercial buildings in Japan
2. There are several certified energy simulation software for commercial buildings have been utilized by designers and accepted by related government agencies as an analysis tool to submit the energy simulation results according to the building regulations in Japan
3. The energy simulation software, namely, “BEST” which is equipped with Graphic User Interface (GUI) was displayed and discussed during the meeting with Nikken Seikei’ s team. This software has been certified by the Japanese government agency as one of the simulation software that can be used for analyzing energy consumption for the buildings in Japan. BEST concept can be used as a platform for improving the existing Building Energy Code (BEC) software in Thailand
4. One of the effective measures to support the implementation of energy efficiency in commercial buildings in Japan is the promoting of assessment tool call “CASBEE (Comprehensive Assessment System of Building Environment Efficiency)” (compare as TREES of Thailand).
 - 4.1 24 local governments in Japan use CASBEE for mandatory reporting and publication of assessment results
 - 4.2 Buildings are evaluated by the system (FY2010) ~ 1,700 buildings
 - 4.3 Assessment concept of CASBEE is based on the appropriate ratio of Environmental Quality and Performance (**Q**) / Environmental Load (**L**)
 - 4.3.1 **Quality and Performance (Q)** consists of three components;
 - 4.3.1.1 Indoor environment
 - 4.3.1.2 Quality of Service
 - 4.3.1.3 Outdoor environment on site
 - 4.3.2 **Environmental Load (L)** consists of three components;
 - 4.3.2.1 Energy
 - 4.3.2.2 Resources and materials
 - 4.3.2.3 Off-site environment
5. Various energy efficiency technologies have been implemented in visited buildings, Hulic & Harumi Triton Square Buildings, such as high efficient use of day lighting system, high efficient natural ventilation system, building automation system, heat pump system, solar PV, etc.
6. SMART City concept by utilization of smart technologies to enhance smart living has been planned and is implementing at Kashiwanoha SMART City. SMART technologies that will be implemented at Kashiwanoha City are Area Energy Management System (AEMS), SMART Grid, Renewable Energy with Battery Storage etc.

C1-8 Activity 1.4.2 a : Design of Technical Training Courses

According to the proposed overall training programmes on energy efficiency in commercial buildings in C1-7 (activity 1.4.1 c), there are **11 technical training modules** being proposed to be developed under PEECB project as follows.

O2 - Specialized training on Energy Saving Technologies

1. Module OM2.1 Air conditioning system
2. Module OM2.2 Lighting system
3. Module OM2.3 Renewable energy for commercial buildings
4. Module OM2.4 Building Automation System (BAS)
5. Module OM2.5 Commissioning requirement for building energy systems

O3 - Specialized training on Energy Saving in Commercial Buildings

6. Module OM3.1 Case studies on energy saving from operation in commercial buildings

D1 - Specialized training on Building Standard

7. Module D1.1 Certification standard for Energy Efficient Buildings

D2 - Specialized training on Energy Efficient Building Design

8. Module D2.1 Guidelines for Energy Efficient Building Design
9. Module D2.2 Training on Building Energy Simulation Model (BESM)

E2 - Measurement & Verification

10. Module E2.1 Benefit of Measurement & Verification System
11. Module E2.2 Measurement & Verification for Energy Saving Project

Completed works on previous period – Activity 1.4.2a

O3 - Specialized Training on Energy Saving in Commercial Buildings

- OM-3.1 Case Studies on Energy Saving from Operation in Commercial Buildings
 - OM-3.1 – M2 Energy Saving in Hospital

Summary of the progress:

Contents on the initial information regarding the energy performance analysis and implementation of energy efficiency technologies in hospital have been prepared as in the following topics;

- Definition and categories of hospital building
- Areas and function zones of hospital building
- Energy efficiency index
- Energy breakdown of hospital building
- Energy conservation measures and case studies.

Development progress of module OM-3.1 ≈5%

Completed works in this period (Progress Report No.4 (Q1/2014)) – Activity 1.4.2a

The following training module is currently being developed.

O3 - Specialized Training on Energy Saving in Commercial Buildings

- OM-3.1 Case Studies on Energy Saving from Operation in Commercial Buildings
 - OM-3.1 – M2 Energy Saving in Hospital

Summary of the progress:

Contents on the case studies on energy saving from operational practices in commercial buildings cover the following topics;

- | | |
|-----------|---|
| Chapter 1 | Concept of Energy Efficiency in Hospital Buildings <ul style="list-style-type: none">- Related Laws for Hospital Buildings- Related Standard & Code of Practice for Hospital Buildings |
| Chapter 2 | Building Characteristics of Hospital Buildings <ul style="list-style-type: none">- General Information of Hospital Buildings- Categories of Hospital Buildings- Energy Used Equipments By Area- Energy Use Characteristics of Hospital Buildings |
| Chapter 3 | Energy Efficiency Index of Hospital Buildings <ul style="list-style-type: none">- Energy Efficiency Index for Hospital Buildings- Normalization of Energy Efficiency Index |
| Chapter 4 | Guidelines for Energy Efficiency in Hospital Buildings & Case Studies on Energy Efficiency Improvement <ul style="list-style-type: none">- Guideline Checklist on Energy Efficiency Improvement- Case Studies on Energy Efficiency Improvement |

Development progress of module OM-3.1 ≈90%

E2 - Measurement and Verification

E-2.2 Measurement and Verification for Energy Saving Project

E-2.2 - M2 : Measurement and Verification Plan and Reporting

Summary of the progress:

Contents on the introduction to measurement and verification protocol covers the principles and frameworks have been prepared as following topics;

- | | |
|-----------|--|
| Chapter 1 | Introduction to Measurement and Verification Protocol <ul style="list-style-type: none">- Objectives and scope of Measurement and Verification- Benefit of Measurement and Verification- Measurement and Verification Protocol |
| Chapter 2 | Principles of Measurement and Verification <ul style="list-style-type: none">- Measurement of energy saving project- Basic principles of Measurement and Verification |

Development progress of module E-2.2 ≈30%

Detailed development progress in this period (Q1/2014) of each module is provided in **Annex 3-1** of this Progress Report No. 4.

C1-9 Activity 1.5 a Design of Non-Technical Training Courses

According to the proposed overall training programme on energy efficiency in commercial buildings in C1-7 (activity 1.4.1 c), there are **2 non technical training modules** have been proposed to be developed under PEECB project as followings.

B1 – Concept and Approach of Energy Conservation in Commercial Buildings

1. Module B-1.1 Development concept for Energy Efficiency in Commercial Buildings
2. Module B-1.2 Financial Analysis for Energy Efficiency Measures

Completed works on previous period – Activity 1.5a

B1 - Concept and Approach of Energy Conservation in Commercial Buildings

B-1.1 Development Concept for Energy Efficiency in Commercial Buildings

Summary of the progress:

Contents on the basic concept of energy efficiency buildings have been developed including,

- Introduction to Energy Efficiency in Commercial Buildings
- Business approach on Energy Efficiency in Commercial Buildings

Development progress of module B-1.1 ≈20%

Completed works in this period (Progress Report No.4 (Q1/2014)) – Activity 1.5a

The following training module is currently being developed.

B1 - Concept and Approach of Energy Conservation in Commercial Buildings

B-1.1 Development Concept for Energy Efficiency in Commercial Buildings

Summary of the progress:

Contents on the development concept for energy efficiency in commercial buildings cover the following topics;

- | | |
|-----------|--|
| Chapter 1 | Introduction to Energy Efficiency in Commercial Buildings <ul style="list-style-type: none">- Energy Efficiency Perspective for Building Properties Development- Building Characteristics of Hospital Buildings- Building Characteristics of Hotel Buildings- Building Characteristics of Department Store Buildings- Building Characteristics of Office Buildings |
| Chapter 2 | Energy Efficiency Index for Commercial Buildings <ul style="list-style-type: none">- Energy Efficiency Index for Commercial Buildings- Normalization of Energy Efficiency Index |
| Chapter 3 | Case Studies on Energy Efficiency Measures in Commercial Buildings <ul style="list-style-type: none">- Case Studies in Office Buildings- Case Studies in Hospital Buildings- Case Studies in Hotel Buildings- Case Studies in Department Store Buildings |

Development progress of module B-1.1 ≈90%

Details development progress of non-technical training module is provided in **Annex 3-2** of this Progress Report No. 4.

3.3 Component 2 (C-2)

% Completed Works: Previous Period = 0.72%, this period = 1.17%: Total = 1.89%,

Proposed Definition of “Commercial Buildings” for the PEECB Project (Finished Work)

Commercial Buildings in the PEECB project:

Based on the target setting from the 20yr Energy Efficiency Development Plan, the large buildings include existing buildings and new buildings under the ENCON Act B.E.2535 (1992) (Designated Buildings >1MW over 5,000 buildings). Moreover, the buildings which related to common activities in the society will ultimately affect the energy consumption in the country. Therefore, the commercial buildings in the PEECB project will cover 9 major types of building under ENCON Act B.E 2535 (1992) with utilization area more than 2,000 m² as follows;

1. Office Building
2. Hotel
3. Hospital
4. Department Store
5. Educational Institute
6. Condominium
7. Theater
8. Conventional Center
9. Entertainment Complex

Other types of building may be considered to be included in the project if there is significant energy consumption compared to the 9 major types of building.

C2-1 Activity 2.2.1a Review of BEC software database

Completed works in this period (Progress Report No.4 (Q1/2014))

BMC has studied and reviewed the structure and database of BEC software in order to identify and validate the existing data and information in the database of BEC software. Overview of the structure of BEC software is provided in figure C2-1.1.

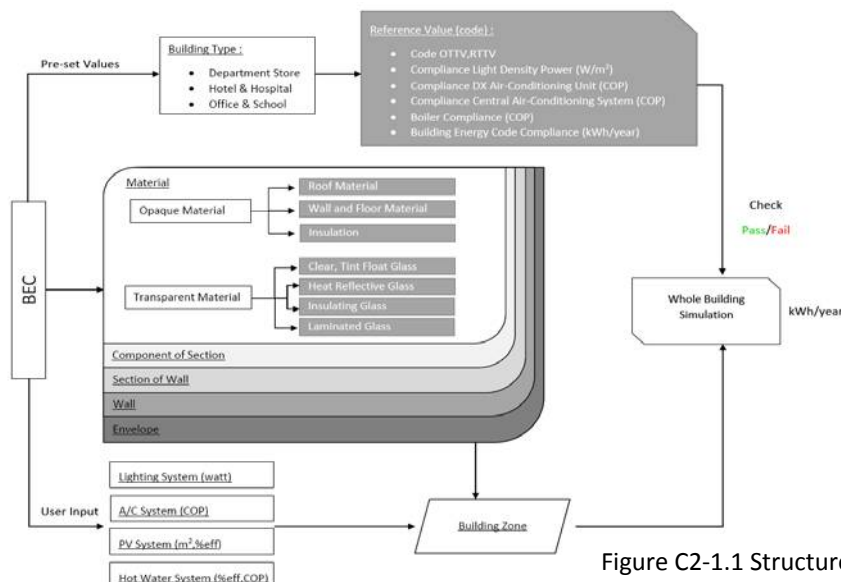


Figure C2-1.1 Structure of BEC software

Progress Report#4

Promoting Energy Efficiency in Commercial Buildings, PEECB

According to the structure of BEC software shown in Figure C2-1.1, the database of BEC software consist of two major types of construction material namely, Opaque Material and Transparent Material. This database will be used to formulate the component of section, section of wall, wall and envelope of the building. Lighting and Air Conditioning System would need to be user input.

The structure of the construction material database can be summarized as follows;

Construction Material

- Opaque Material
 - o Roof Material
 - o Wall and Floor Material
 - o Insulation
- Transparent Material
 - o Clear, Tint Float Glass
 - o Heat Reflective Glass
 - o Insulating Glass
 - o Laminated Glass

C2-2 Activity 2.2.2a Review the Existing Specific Energy Consumption Index (SEC)

The Specific Energy Consumption (SEC) of each building type will be defined in the PEECB project as a standard approach for collecting building energy efficiency data.

There are 2 sub-activities for this task as follows:

- Activity 2.2.2a** Review the Existing Specific Energy Consumption Index (SEC) **Q2/2013-Q2/2014**
Activity 2.2.2b Update the SEC for Commercial Building Sector in Thailand **Q1/2014-Q1/2015**

Details of each sub activity can be explained as follows:

- Activity 2.2.2a** Review the Existing Specific Energy Consumption Index (SEC) **Q2/2013-Q2/2014**
 Review all existing information relevant to SEC studied by DEDE and other organizations on a commercial building sector in Thailand and other countries which have data available.

Working Schedule for sub-activity 2.2.2 (a) :

Tasks	2013			2014				2015				2016				2017
	Q2	Q3	Q4	Q1	Q2	Q3	Q4	Q1	Q2	Q3	Q4	Q1	Q2	Q3	Q4	Q1
1. Data collection																
2. Data Analysis																
3. Finalize existing SEC on commercial sector in Thailand																

Note : = plan , = actual progress

Progress Report#4

Promoting Energy Efficiency in Commercial Buildings, PEECB

Currently, BMC is working on task 1 on data collection of relevant SEC in various countries with **95%** completion of total data collection work. Data analysis work is starting and will be expected to be finished by Q2/2014. Finalization of existing SEC on commercial sector in Thailand is expected to be finished by June 2014. However, this part of the work would need to be incorporated with the outcomes of component-2.

Activity 2.2.2b Update the SEC for Commercial Building Sector in Thailand **Q1/2014-Q1/2015**

Update the SEC using the annual energy management reports during the past 3 years of designated buildings in Thailand. However, the information might need the statistical analysis to define and interpret uncertainty among each of building categories such as hotels and service apartments etc. The comparative performance indication of high EE or low EE buildings of each building type will be analyzed. The mechanism for periodical updates of the necessary information through different channel such as annual energy management report, annual survey, etc. will also be assessed and analyzed.

Working Schedule for sub-activity 2.2.2 (b):

Tasks	2013			2014				2015				2016				2017
	Q2	Q3	Q4	Q1	Q2	Q3	Q4	Q1	Q2	Q3	Q4	Q1	Q2	Q3	Q4	Q1
1.Data Collection																
2.Update SEC of Designated Commercial Buildings																

Work Progress of Activity 2.2.2a:

Review the Existing Specific Energy Consumption Index (SEC)

Task-1: Data Collection of SEC in Various Sources

Work progress of this activity up to the Progress Report No. 4 is accounted for 55% including the review of;

1. Specific Energy Consumption in Various Building Types in Thailand
2. Specific Energy Consumption in Various Building Types in various countries (This part is under progress. The reviewed results provided in this report are only part of the reviewing works. Further results will be provided in the next Progress Report #5).

Completed works on previous period

1. Specific Energy Consumption in Various Building Types in Thailand

DEDE has undertaken several Specific Energy Consumption (SEC) studies. SEC values are generally presented as an average value for each type of buildings and reflected by the energy policy or economic situation both in Thailand and the globe.

Progress Report#4

Promoting Energy Efficiency in Commercial Buildings, PEECB

One of the official studies on SEC was conducted by DEDE & DANIDA & AIT for developing energy building code in Thailand. SEC is one of the energy indicators high-lighted in the study (From 113 sampling buildings spread over 4 regional areas and Bangkok).

SEC could also be represented as various intensity of energy usage by the system e.g. air-conditioning system and lighting system where the specific figures will be able to analyze, keep tracking and also can be used as reference for government officers or policy makers.

Table A1.1 The summary Result of SECs from the Study

In general, SEC₁ shall be used as an indicator for the whole building performance where other SECs could be used as a normative reference for the system or equipment performance. However, the energy consumption ratio and utilized characteristics of each system in typical buildings e.g. office, hotel, hospital, Department store etc. are also given useful information through the SEC figures. For example, the average of SEC₃ for a hotel building is 163.0 kWh/m²/yr which is lower than an office building (170.8 kWh/m²/yr) while the air-conditioning system of the hotel consumed about 66% compared to the 52% of the office. This is probably because the hotel has 24 hours of operation which building envelop could maintain their cooling capacity better than heat gain into the building in case of office building during non-working hours at night and weekend.

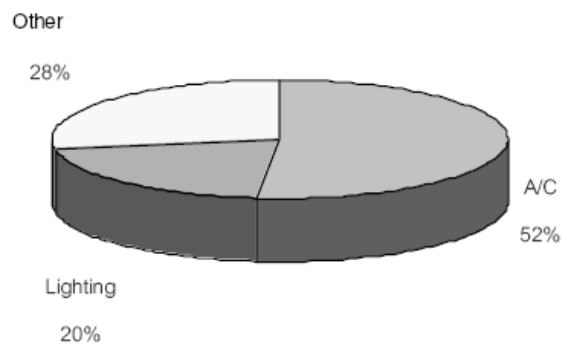


Figure C2-2.1 : Energy Breakdown of Office Building

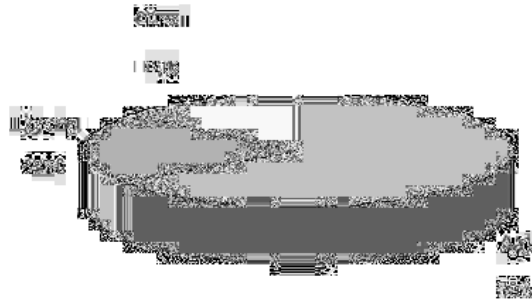


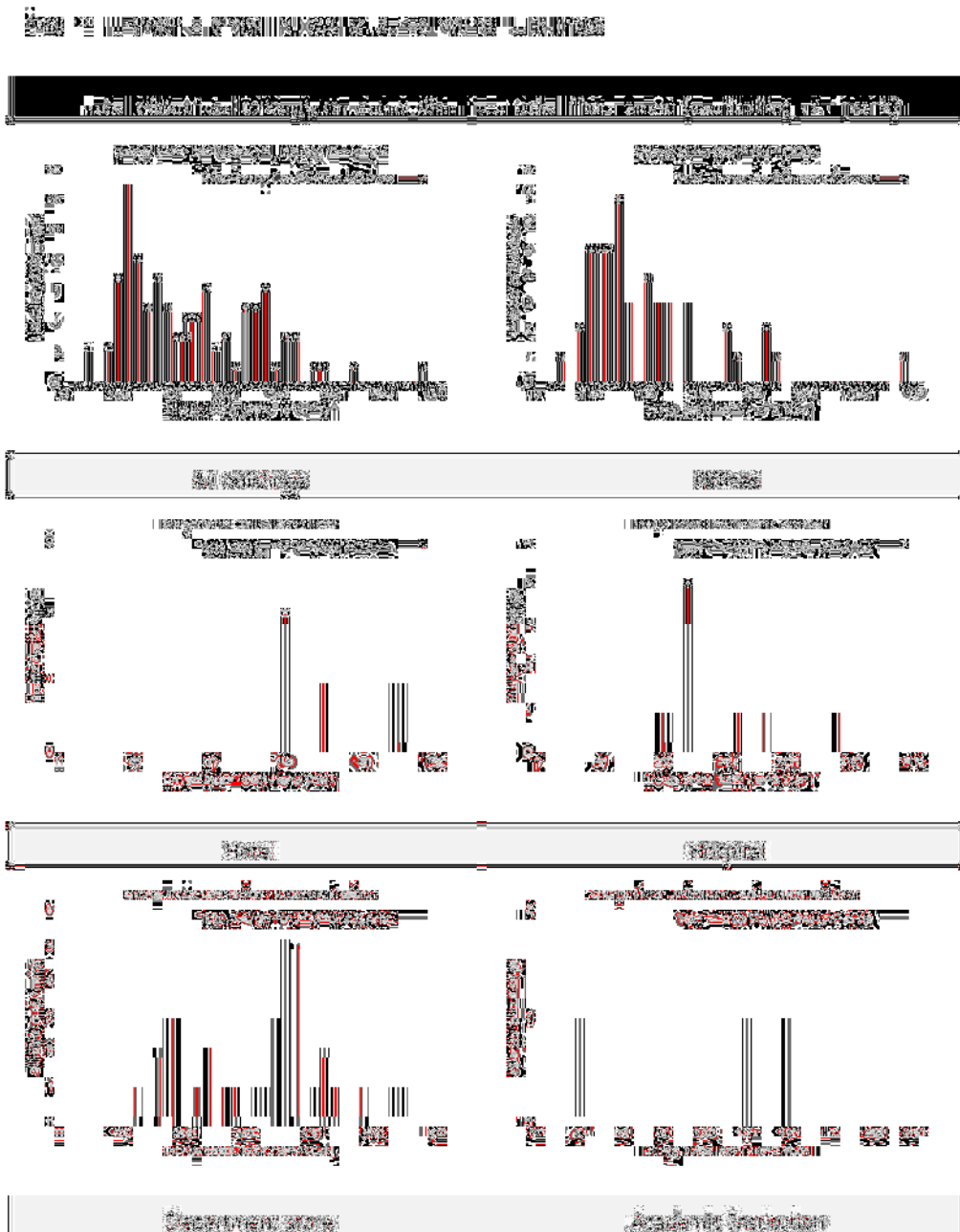
Figure C2-2.2 : Energy Breakdown of Hotel

For this reason, SEC shall be used as an indicator for design consideration of new buildings and operational consideration for existing buildings. The benchmarking of these figures shall be internally used by building engineers of their own building and/or externally used by all key stakeholders e.g. consultants, professional institutes, government agencies and policy makers to monitor the progress of the energy efficiency measures implementation.

The distribution of SEC for each type of buildings has shown in the following bar charts:

Progress Report#4

Promoting Energy Efficiency in Commercial Buildings, PEECB



Any task required for the progression of SECs in different types of buildings (REF,BEC,HEPS,ECON,ZEB) above will be strongly highlighted in the target setting methodologies and action plan for component 1, 2 and 3.

Since the energy management report has been enforced by ENCON Act B.E.2535 (1992) and its amendment in B.E.2550 (2007), the numbers of SEC from each type of commercial buildings shall be interpreted and updated into building stock data as governed by BER section, DEDE (Energy Regulation and Conservation Bureau).

2. Specific Energy Consumption in Various Building Types in Various Countries

(This part is under progress. The reviewed results provided in this report are only part of the reviewing works. Further results will be provided in the next Progress Report #3)

SEC in the US

Specific Energy Consumption (SEC) is an indicator used in building energy analysis. One of the most common SEC used to represent overall energy-use in the building is energy per building floor area (kWh/m²). This value indicates energy use intensity (EUI) for the building. Though it does not reflect the effectiveness of energy-use in the building, EUI is a convenient indicator to describe characteristic of building in the same and across categories.

EUI in the building is differentiated by the intensive services provided in the building. Among the various building types, building energy-use is designed for specific building service. For example, a building with less people density in an area requires lower energy-use for the area or the percentages of air-conditioned area are affect energy use in the specific area. This causes the difference in energy-use within the same and across building type.

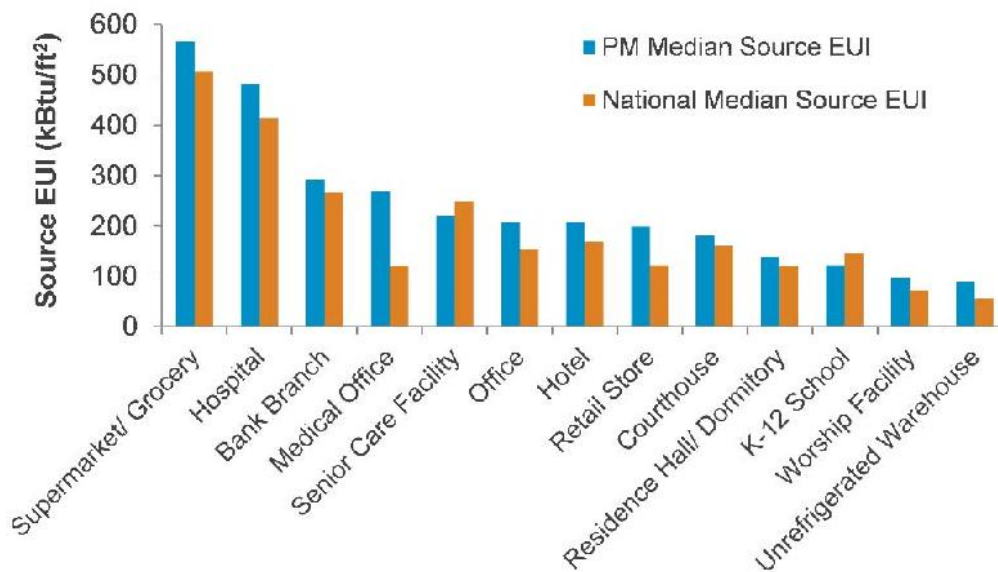


Figure C2-2.3 : Energy Use Intensity by Each Building Type (Energy Star, 2012)

Similarly to building types, variation of EUI within the same building type is caused by a requirement on the level of service. The diversity in level of service causes a large gap in energy-use intensity. For example, school has low level of diversion in terms of service, this causes a narrow gap in EUI. In the contrary, hospitals have a wide range of service and quality. Small hospitals might have limited treatment ability, such as general illness, while large hospitals might have wider range of capability which requires equipment and operation rooms resulted in higher EUI.

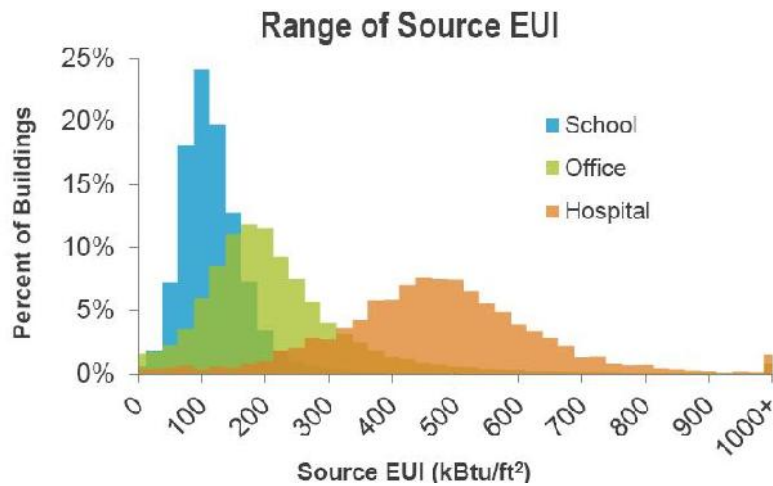


Figure C2-2.4 : Range of Energy Use Intensity in Each Building Type (Energy Star,2012)

SEC in EU Countries

In a comparison of energy use intensity across the world, there are also international factors that affect EUI. The factors such as climate can affect energy-use required for building climate control or regulation which diverse from country to country that sets the standard for building construction and operational.

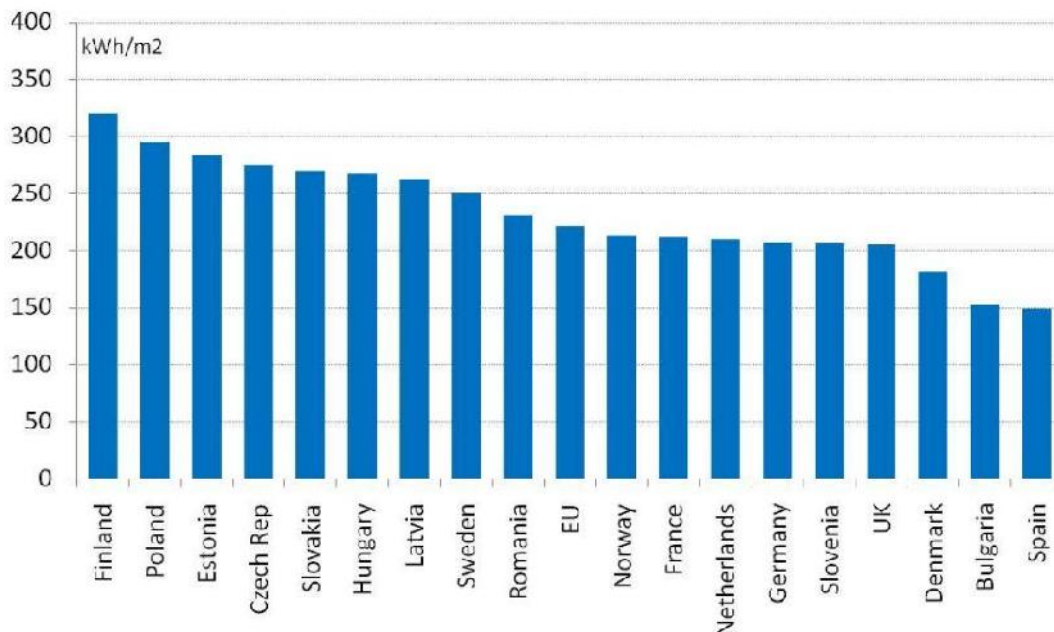


Figure C2-2.5 : Building Energy Intensity in EU 2009, (Odyssey, 2012)

In EU, where the intergovernmental cooperation in energy policy is outstanding, there is still a large difference in energy consumption between the highest and the lowest energy intensity. Finland energy intensity is as high as twice in Spain. This resulted from climatic variation in the region. Warmer climate countries tend to use lower energy in buildings than those in cold countries.

SEC from IEA (International Energy Agency)

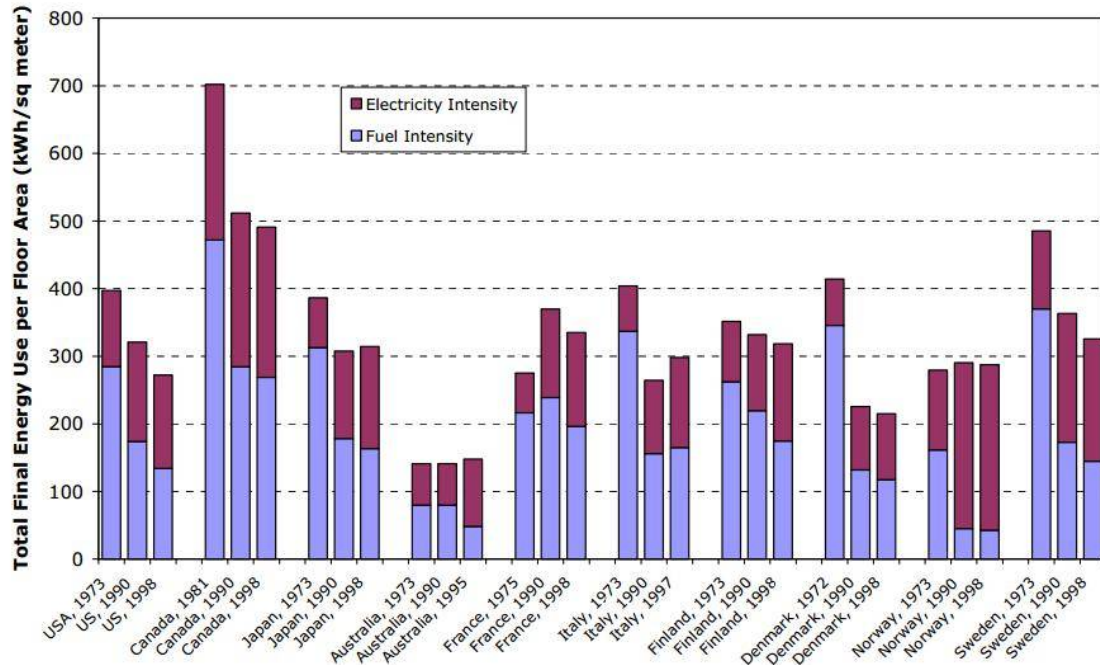


Figure C2-2.6 : Development of Energy Intensity in Commercial Building by Countries.

The figure C2-2.6 shows the transition in energy intensity. Most countries have been successful in reducing energy intensity continuously from 1973. The gap can be seen clearly from 1973 to 1990 but hardly noticed in 1998. Fuel intensity, in this case refers to natural gas, has reduced rapidly as a consequence of rising oil price. On the contrary, electricity intensity has increased overtime, double in some case. This change might occur from the electrification of technology overtime.

The Limitation of Energy-Use Indicator

There are many building performance index adopted by many organizations and being used in many purposes. The common problem is that there are no such indicators that can justify building energy efficiency at any circumstance. In this case, two types of indicators should be considered.

Assessment type, LEED for instance, contains set of building evaluation. The process aims for the design method. The procedure would take a few times before comparable rank score is available. LEED understand the fact that the variation of building design for any purpose may have impact on design factors. Therefore, LEED has classified building into several types which have different assessment factors. Therefore, certified buildings would be able to be comparable. However, due to the assessment focuses only for design aspect, there is no linkage between designing and commission period. The commissioning per period determines how the building going is to be used.

The occupant modification has dramatic effect to building performance. For example, the study on LEED certification showed that building energy use factors excluding from a design period has greatly effected on energy use intensity and much likely to overcome design-based analysis.

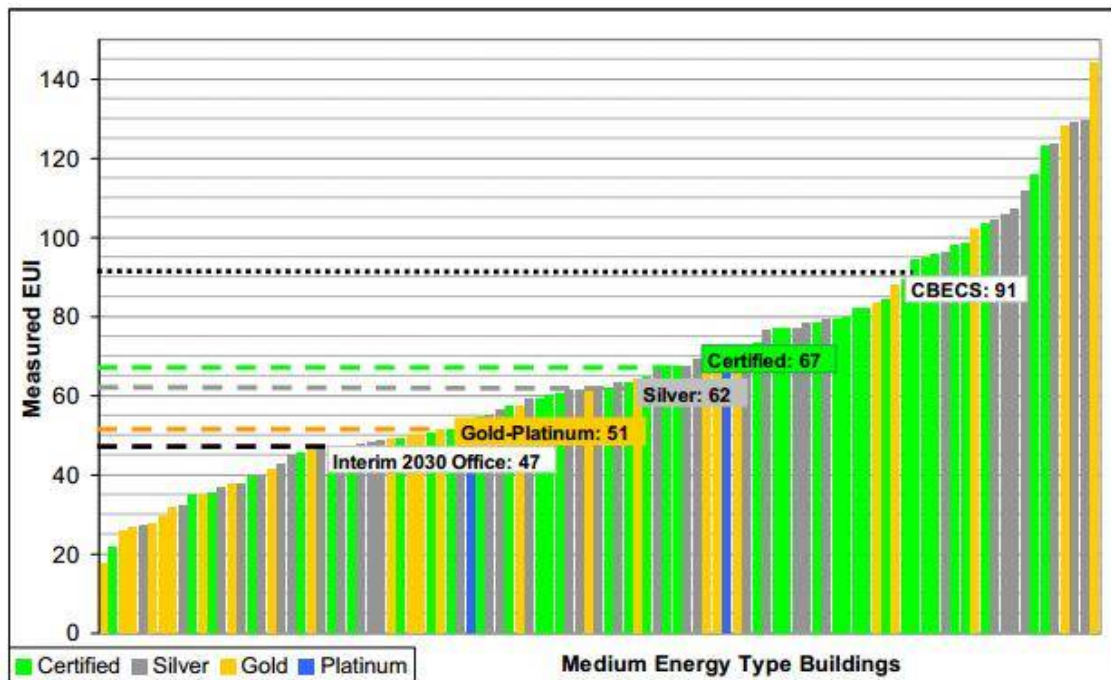


Figure C2-2.7 : EUIs for Medium Energy Building, with Median by Rating Level (NBI, 2008)

Measured EUI represents energy use during actual commissioning period. The result shows that building's EUI and LEED certification ranks (platinum, gold, silver and certified) are relevant in average order. However, the scattering in individual buildings is highly noticeable. This can be concluded in the limitation of EUI in comparing building performance.

Specific Value, From the energy point of view, specific energy consumption is a valued unit of energy required to do a work. Energy use per floor area, or energy intensity, is one of the most used specific values to compare buildings. Since all buildings have areas as common properties. By knowing the proportion of energy use in the area of the building, the building can be compared regardless of size. This evaluation method can be done instantly if the information is available. However, building floor configuration also affects energy intensity in the building. To compare a building performance, this value, it has to be compared with the same building type to minimize the effect from floor configuration.

Review of Building Energy Benchmark

In this section, criteria or guidelines on preparation of energy benchmark in commercial buildings will be reviewed to identify proper benchmark criteria for commercial buildings in Thailand. The purpose of this study is to determine the factors which will be included in benchmarking of energy consumption in the building and methodology in normalization relevant factors.

1. Energy Benchmarking

When comparing energy use in the building, energy consumption per floor area is widely used in both domestic and international level. However, initial indicator is more appropriate to be used in comparing building before and after retrofit progress or building group properties than individual

comparison because of variable factors which might mislead the efficiency interpretation of the building. The sub-factors which cause a variation of energy comparison may include:

- High intensity tenant energy use
- Annual vacancy
- Occupant density
- Operating hours
- Location
- Weather
- Etc.

It is necessary to normalize these factors before being used in building energy calculation. Unlike design-based assessment (e.g. LEED, BREEAM), the energy benchmark discussed in this topic is operational assessment (performance-based) since the information input are measured at point of use. The outcome indicator (normalized energy use per floor area) is also convenient for comparing building operational performance.

However, the factors such as location and weather are insignificant to domestic comparison because Thailand, unlike in Europe or the United State, has fairly identifiable climate throughout the region. Nevertheless, other factors need to be normalized as it varies depending on individual building. The following study will focus on sub-factors which affect building performance in Thailand.

In each country has adopted different building standard which is concerned in different parameters. Therefore, the using of specific energy consumption for each building standard contains different method of measurement, verification and normalization.

2. Case Studies of SEC

Case 1 : UK Display Energy Certificate (DEC)

In the UK, where Display Energy Certificates and Advisory Reports are used for benchmarking from energy consumption, has assigned carbon dioxide(CO₂) to be common unit because it is the main indicator in its energy policy. It has concerned the fact that some buildings contain longer hour of operation than the standard, thus they decide to include a numerical factor for a correction. The benchmark information includes

- Benchmark (standard) hours per year (SH)
- Maximum allowed hours per year (MH)
- Percentage increase in electrical benchmark at maximum allowed hours per year (PE)

Where “AH” is actual building using hours in a year. Energy density could be calculated by

$$E = E \times \left[1 + \frac{(AH - SH)}{(MH - SH)} \times \left(\frac{PE}{100} \right) \right] \quad (\text{kWh/m}^2/\text{yr})$$

It must be realized that in order to obtain annual occupancy hours, the measurement system has to be introduced to standardize energy assessor operation. There are two systems that define annual occupancy hours in this case, which are

- The number of hours per year that the number of recorded occupants exceeds 25 percent of nominal maximum occupancy.

Or

- The number of hours per year that the premises are fully opens to the public according to published opening hours.

Evaluation on Case 1 : UK Display Energy Certificate (DEC)

This benchmark is to classify building by environmental impact assessment using carbon emission ratio. Normalized energy consumption is used to convert into carbon dioxide emission. There are three inputs required, annual degree-days for a location of choice, actual annual hours of operation and actual annual energy consumption for the site in kWh/m²/y based on metered or billed data.

The calculation method in this benchmark is considered to be most accurate because the data used in each parameter calculation is cooperated with many statistics. Those statistics are not present in Thailand. While it is not possible to account for all differences, using the DEC methodology of normalization for weather and occupancy dependant variables provides a reasonable basis for comparison.

Case 2 : National Renewable Energy Laboratory (NREL) Restaurant Benchmark

In the restaurant energy benchmarking published by NREL (2011) is referred to the work of national restaurant subcommittee and Fisher-Nickel, Inc. to find a metric for building energy consumption in ENERGY STAR Portfolio Manager. The study found that the energy use per floor area could be different due to those factors mentioned above. It also mentioned that only floor area is not enough to express characteristic of energy consumption in the building. The trend shows that the restaurant area is gradually reduced while more meal is served. The others include operational hours, operational practice and number and type of appliance which also affect energy use in the building.

$$kWh = a + b \times \text{Transactions} + c \times \text{Weekly Operating Hours} + d \times \text{HDD50} + e \times \text{Floor Area}$$

Where

a = constant

b = transactions slope

c = weekly operating hours slope

d = HDD50 slope

e = floor area slope

HDD50 = heating day degree at 50 °F

Transactions = number of meal plate equivalent

Evaluation on Case 2 : NREL Restaurant Benchmark

This benchmark is intentional for restaurant but the method is interesting, credible and flexible. However, this method requires preliminary data collection. The data is then being used to analyze the relevant factors which have an effect on energy consumption. The final equation is formed accordingly to relevant factors. The preliminary study is also used for finding slope from linear function for relevant factor. This might cause difficulties for adaptation for using in Thailand since such information is not widely available yet.

Case 3 : The Real Property Association of Canada (REALpac)

REALpac aimed to promote the interaction between real estate investors, governments and public to stabilize and benefit a real estate market. One of its missions is to fulfil the achievement in reducing energy use in the building of 20 kWh/ft² by 2015.

Progress Report#4

Promoting Energy Efficiency in Commercial Buildings, PEECB

In order to determine the metric for energy consumption, they have prioritized on normalization methodology for energy consumption. For any building to be fairly able to compare with the others, the parameters used in REALpac calculation contain the following information.

Area

In this section, the area is measured according to BOMA (Building Owner and Manager Association of Canada) method to determine gross floor area (GFA, ft²) of the building.

REALpac has raised an awareness of high intensity energy use or exceptional energy use in the building such as call-center, data center and retail area. The energy consumption in this area will be adjusted to the level of average office energy use. For example, in the building with data center will show the higher level of energy consumption. Adjustment value can be calculated by;

Exterior Gross Area (EGA): Total building floor area, including parking space

Gross Floor Area (GFA): Total exterior gross area minus parking space

For example;

X = Data Center Energy Use Intensity – Average Office (lightings & plug load): EUI

Adjustment value = X * Area of Data Center/ GFA

High Intensity or Exceptional Energy Use Data

Building Name:

Annual Year of Utility Data:

Gross Floor Area (ft²):

Space Type	Area (ft ²)	Annual Electricity Consumption (kWh)	Individual Space Type Intensity, Electricity (kWh/ft ²)	Annual Natural Gas Consumption (m ³) *	Individual Space Type Intensity, Natural Gas (ekWh/ft ²)	Total Building Adjustment (ekWh/ft ²)
Enclosed Parking:	82,780	30,000	0.36	10,000	1.25	0.05
Retail:	0	0	0.00	0	0.00	0.00
Data Centre:	66,013	21,900,000	331.75	0	0.00	31.31
Call Centre:	0	0	0.00	0	0.00	0.00
Other: <input type="text"/>	0	0	0.00	0	0.00	0.00
Other: <input type="text"/>	0	0	0.00	0	0.00	0.00

* Sub-metered Natural Gas consumption data in high intensity or exceptional energy use space types is being collected for internal analyses only. Energy normalization calculations do not include or account for this energy use.

Total Adjustment:

Figure C2-2.8 : Example of adjusted energy consumption for exceptional area.

Annual Vacancy

This factor is aimed at reducing unfair advantage in energy efficiency calculation. It is users' responsibility to record their building vacancy rate. The rate is ranged from 0% to 100% of occupied area. The input data can be measured periodically or annually. The leased area required to have 75% of tenant employee during normal working day.

Occupant Density

Office occupant density could affect energy density use in the building. The effects of occupancy density may vary in each component. For example, energy for computer use will have 100% correlation with occupant density while it may result in 50% for others office equipment and no effect on HVAC system. The value of density factor is calculated by the percentage of users' input density and default density of 2.3 occupants/1000 ft².

Operating Hour

The operating hour is defined by the number of hours in the week that the building is occupied at least 75% of the tenant employee. The default value in this calculation is 65 hours of operation per week. If calculated number is equal or lower than default value, no normalization is needed. If the operating hour is different in each building area and it is measurable, weighted average approach can be used for the calculation.

Finally, normalized building energy consumption can be expressed in

(Actual Energy Use Intensity – Total Space Type Adjustments) × Vacancy Factor × Density Factor × Operating Hours Factor = X

Evaluation on Case 3: The Real Property Association of Canada (REALpac)

This benchmark was developed by a society of industrial real-estates in Canada in a concerning of sustainability in real-estate market. Without concerning of fuel mix (Building energy consumption can be considered as 100% electricity), its normalization calculation is simple, yet credible for comparison. It also provides supportive methodology and approach. This made its transparency and simplicity like no others. The whole process can be completed by building owner and operator without a requirement of professional assessor.

In conclusion, every case study above shows a validate method in normalizing SEC for comparison purpose. The main difference in each method is a boundary of consideration and complexity in calculation methods. While NREL and DEC require audition from professional assessor, other allows building operator to do self-input information. The methods which have various separable components are more flexible for further modification. However, only REALpac's method provides self-complete measurement and verification and checklist. Therefore, for Thailand, where energy use in building database is not adequate, REALpac can be used in the early stage of building energy database development. It has a potential in drawing a participation of building stakeholders to take part in the Benchmark. Once the database is set, more accurate analysis, such as UKDEC, can be adopted in this stage for advance analysis.

Energy Benchmark Comparison

- In each method contains slightly difference in M&V and normalizing calculation.
- The component of the benchmark might be considered on the goal of building energy efficiency policy.
- The standard parameter or default value used in normalizing calculation area is based on each country's relevant policy and regulation.
- Some benchmarks require advance mathematic procedure (regression analysis) while other benchmarks use only fundamental calculation.

Case studies	Advantage	Limitation
NREL x Energy Star	<ul style="list-style-type: none"> - Already in used - Measurement & Methodology available 	<ul style="list-style-type: none"> - The study is restricted to restaurant - Need regression analysis
UK DEC	<ul style="list-style-type: none"> - Simplified calculation - Already in used 	<ul style="list-style-type: none"> - Standard parameters are based on British regulation.
REALpac	<ul style="list-style-type: none"> - Simplified calculation - Fine-tuning independent parameters - Designed to facilitate for building operator to do self-input information. - Already in used 	<ul style="list-style-type: none"> - Intentionally designed for office benchmarking - No definition of non-air-conditioned space

Completed works in this period (Progress Report No.4 (Q1/2014)) – Activity 2.2.2a

3. Recommendation on SEC for Commercial Buildings in Thailand

Energy development plan requires energy consumption in commercial sector to be reduced accordingly within the time frame. It is a challenge to establish milestone for building to achieve energy efficiency target in each level. The standardized SEC can be used for comparing building performance. The purpose of setting specific energy standard has two requirements

- To reflect and comply with national energy efficiency target.
- To be adopted and used by any commercial building with standardize measurement methods and result presentation.

Energy use intensity is widely used as indicator and internationally recognized. However, energy use intensity itself cannot be compared nor reflect actual building performance and efficiency. Energy use intensity is a quantitative interpretation of how much energy is used in the area. The area is a boundary which contains energy consuming activity. Energy efficiency can be determined by the amount of energy use in specific activity. Since each building has diverse activity and function, it is unable to compare energy consumption in the building. Nevertheless, energy consumption can be used to compare by defining measurement methods and information interpretation, this energy consuming result is able to compare. This process is called "Normalization".

3.1 Eligible Building

1. The building must be legally developed.
2. The building's structure, envelope and internal environment system must be constructed in full compliance with Thailand's building control act.
3. The Building must be occupied by at least 75% of total area and the building must be operated for at least 1 year.

3.2 The concept of normalization

The concept of normalization being used in this method is to reduce the advantages/disadvantages of each building parameter that effect energy use in the building. Unlike the completely new calculation, where the SEC is calculated by the summation of each energy-use parameter, this normalization method is based on actual value of measured SEC, then normalization factors is used to reduce/increase initial value of SEC. Thus the result from this method is directly comparable to baseline of energy use in the building which only relies upon area of the building.

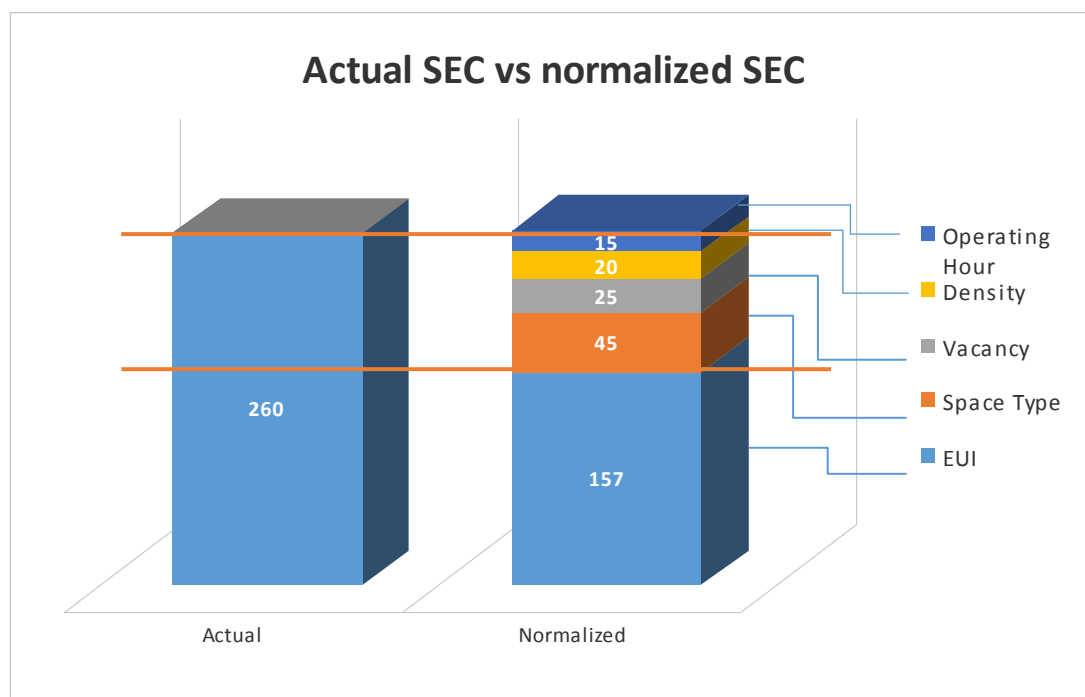


Figure C2-2.9: Comparison of actual SEC and normalized SEC

3.3 Normalization Process and Normalization Equation

Normalization is a process for balancing specific energy consumption by adjusting energy consumption that affected from related factors via the calculation process. The actual energy consumption is normalized to eliminate the unfairness in energy consumption in the building.

In the process of normalization, it is essential to design rational methodology which is used in information computation. The process should leverage energy used in different manners to be in a comparable form.

3.3.1 Normalization Equation

Normalized Specific Energy Consumption or Final Specific Energy Consumption can be calculated through this equation:

$$SEC_{\text{Normalized}} = (SEC_{\text{actual}} - \text{Total Space Type Adjustment}) \times N_{\text{vacancy}} \times N_{\text{occupant}} \times N_{\text{operating}}$$

Where:

- N_{vacancy} = Annual Vacancy factor
- N_{occupant} = Occupancy density factor
- $N_{\text{operating}}$ = Operating hour factor

There are 4 significant normalization factors which will be considered to calculate the final specific energy consumption or normalized specific energy consumption. The 4 normalization factors are;

1. **Space Type Adjustment:** The area of the building where energy is used by normal and specific system such as data centre area. It is necessary to adjust energy intensity of this area by excluding specific energy use of specific system or equipment in this area.

Space Type Adjustment equation;

$$= (SEC_{\text{specific space}} - SEC_{\text{building (lighting \& plug load)}}) \times \text{Specific Space Area/Total Area}$$

2. **Vacancy Factor:** The variation of vacancy rate can affect to energy consumption of the building. The building with high vacancy rate will cause the absence of energy use intensity per floor area. This amount of energy is to be added up.

Vacancy Factor equation;

$$\text{Vacancy Factor} = \frac{1}{1 - (\% \text{Vacancy} \times \% \text{Energy Effect}(V))}$$

Where :

- % Vacancy = % Vacancy of the building
- % Energy Effect (V) = Effect of vacancy variation to actual energy consumption

3. **Occupancy Density Factor:** The variation of occupancy density can affect to energy consumption of the building. Building with higher occupant density will greatly result in higher energy use. The building is needed to be compared with the same density.

Occupancy Density Factor equation;

$$\text{Occupant Density Factor} = \frac{1}{1 - \% \text{Energy Effect}(O)(1 - \text{Density Ratio})}$$

Where

- Density Ration = Actual density/Base density
- % Energy Effect (O) = Effect of occupancy density variation to actual energy consumption

4. **Operating Hour Factor:** The variation of operation hours can significantly affect to energy consumption of the building. The building with longer operating hour will has higher energy consumption.

Operating Hour Factor equation

$$\text{Operating Hour Factor} = \frac{1}{1 + (\text{Operating Hour Ratio} \times \% \text{Energy Effect}(H))}$$

Where

Operating Hour Ratio = (Actual Operating Hour – Base Operating Hour)/Base Operation Hour
 % Energy Effect (H) = Effect of operating hour variation to actual energy consumption

The normalization process is needed to compare building by base space type, base vacancy rate, base occupancy density and base operation hour.

3.3.2 Calculation of % Energy Effect for Normalization Factors

To calculate the normalized specific energy consumption, we need to firstly calculate normalization factors. In the equation of normalization factors, there is a parameter called “% Energy Effect”. This parameter indicated the percentage that each factor affects to overall specific energy consumption of the building. % Energy Effect of each factor to each energy consumption system in the building should be analyzed.

Table C1.8-1 shows energy consumption required with a response to variation of normalization factor. For example, increasing in occupant density will affect only 10% on air conditioning (A/C) and lighting system. Because air conditioning and lighting load are much determined in building design process, such as lighting power density is designed proportional to the area and it won't increase much relate to occupants in the area. However, increasing number of building user (in case of office building, it means increasing number of employee) is much related to energy consumption from the plug load. Typically, the office will provide a computer for each employee. Therefore, the energy use in this system is more likely to have significant effect.

Table C1.8-1 : The effect of normalization factors to energy consumption of each system in office building.

	% of energy consumption affected by normalization factors					
	A/C	Lighting	Elevator	Pump	Computer	Office Equipment
Vacancy	75%	90%	50%	0%	100%	100%
Occupant Density	10%	10%	0%	0%	100%	50%
Operating Hour	75%	90%	50%	0%	100%	100%

After knowing the % of energy consumption affected by normalization factors to each system in the building, then, % Energy Effect of each normalization factor to whole energy consumption of the building can be calculated as follows;

Progress Report#4

Promoting Energy Efficiency in Commercial Buildings, PEECB

Thailand Model Energy Breakdown								
Office Building Type	Base Electricity Consumption (ekWh/m ²)						Total Energy	
	A/C	Lighting	Elevator	Pump	Computer	Office Equipment		
Office	43.33%	11.80%	1.21%	0.43%	34.60%	3.63%	100%	
	125.25	30.58	3.14	1.11	89.68	9.71	259.15	
Normalization							ekWh/m ²	%
Vacancy	75%	90%	50%	0%	100%	100%	222.13	85.70%
Occupant Density	10%	10%	0%	0%	100%	50%	109.57	42.43%
Operating Hour	75%	90%	50%	0%	100%	100%	222.13	85.70%

1. Energy breakdown in percentage.
2. Specific Energy Consumption in each system regarding total Specific Energy Consumption of the building
3. Actual Specific Energy Consumption.
4. Effect of normalization factors to energy consumption of each system in the building.
5. % Base Energy of each normalization factor.

Figure C2-2.10 : Calculation of % Base Energy for Normalization Factors

According to Figure C2-2.10, the first section is the energy breakdown model of the building. The energy breakdown of each building can be analysed by conducting actual measurement or referring to the building with similar operation.

The second section is a specific energy consumption of each system according to energy breakdown portion. The third section (last column) is the actual specific energy consumption of the building.

The fourth section indicated the effect of normalization factors variation to energy consumption of each system in the building. The fifth section is the percentage of energy effect due to variation of normalization factors to energy consumption of the whole building.

3.3.3 Base Parameters and Information

The following parameters and information are required for calculation analysis of specific energy consumption and normalization process.

1. Energy Use (kWh)

Energy use for the building is total annual energy consumption of the building. Annual energy consumption can be obtain from

- 1.1 Electricity bills: Electricity bill provide by MEA or PEA which will report monthly energy consumption of the facilities within the meter. The amount of monthly energy consumption must be summed up in to annual energy consumption. Generally, the date report in the bill is not started from the first date of the month and end with the last date. It is the operator responsibility to do the correction in annual energy consumption to report the total energy consumption of 365 days.
- 1.2 Otherwise, if energy bill for the building is not available or the building shares meter with other building within the facilities. The building can use electricity consumption information from individual sub-metered electricity meter.

2. Total Area (m²)

- 2.1 Total Area is a measuring of total building area within single electricity meter, including parking space and non-air conditioned area.
- 2.2 The area must be enclosed and mainly being used accordingly to specific building purpose.

3. Vacancy Rate (%)

Vacancy Rate is the percentage of unused space in the building of reported total gross floor area.

- 3.1 In the case that building has regularly change in rental contract in a year, vacancy rate could be determined by using the bar at 75% of the year that the area is occupied.
- 3.2 The ratio in the ration of unused space divided by gross floor area.

4 Occupant Density

Occupant Density refers to the number of permanent occupants in the building.

- 4.1 The number of occupant should determine from credible source such as total registered employee in the office, staff in the hospital and the number of student enrolled to class in each year.
- 4.2 In each different building type, it can be interpreted into different manners.
 - 4.2.1 Office: Number of permanent employee
 - 4.2.2 Department Store: retail staff
 - 4.2.3 Supermarket: cash cheer, warehouse employee
 - 4.2.4 Hotel: reception, restaurant staff, halls
 - 4.2.5 Condominium: registered house hold resident in the building
 - 4.2.6 Hospital: Number of doctor, nurse
 - 4.2.7 School: teacher, student, facility staff

Note that for Department Store, Supermarket, Hotel and Hospital are using number of permanent of the employee and neglecting the number of irregular customer. The number of employee in the building is not being used directly to calculate energy consumption directly. One must be realized that vacancy is used to adjust the density of people in the area. In many cases, the number of employee proportionally reflects the number of visitor/services in the building because the effect of visitor is hardly to determine in many cases.

- **Base Occupant Density**

By realizing that building occupant density is varied by building type, base building density value in this normalization refer to the default values of occupant density in ASHRAE 62.1 minimum ventilation rate.

Building Types:	Occupant Density (#/100m ²)
Office Building	5
Department Store	40
Supermarket	8
Hotel	10
Condominium	10
Hospital	10
School	35

Reference: Occupant density in occupied area, ASHRAE 62.1

5. Operating Hour (hours)

Operating Hour is the number of hour in the year that the building is being used regularly. This number is not open-close time of the building but a normal operation hour of the building.

5.1 For each type of building, the base value is assumed as follows;

5.1.1 Office Building: The normal working hour for employee at the office. In case of rental office building, the normal working hour of 75% of tenant will be used.

5.1.2 Department Store: Total annual opening hour as announced.

5.1.3 Supermarket: Total annual opening hour as announced.

5.1.4 Hotel: 24/7 (8,760 hrs).

5.1.5 Condominium: 24/7 (8,760 hrs).

5.1.6 Hospital: 24/7 (8,760 hrs).

5.1.7 School: Annual operating class period, including summer school opening.

- **Base Operating Hour**

Operating hour in each building type is different. For buildings which have normal operating hour, annual base operation hour of 2,876 will be used. For constantly operated building, an operating hour of 8,760 will be used.

6. Parking Space (m²)

6.1 If the parking space has installed with separated electricity meter, the parking space must be treated as individual building.

6.2 If parking space and building space use the same electricity meter, the operator must enter the area of parking space in the provided area.

7. Non-Air Conditioned Area

7.1 If non-air conditioned area has been installed with separated electricity meter and the area is separable, this area are suggested to be excluded from the process.

7.2 If the area is embedded within the building, the area should be included in total area. This area refers to hallway, mid-building open space and area with natural ventilation.

8. High Intensity or Exceptional Energy Use

High Intensity Area and Exceptional Energy Use Area is an area within Gross Floor Area where the energy use profile is different from the main proposes of the building.

8.1 These areas are referred to

- Data Centre
- Retail
- Call Centre
- Other
- Enclosed Parking
- Non-Air Conditioned Space

If separate meter is not available and the energy consumption data in these are unavailable, the operator is required to estimate the energy consumption in the particular area.

8.2 The area (m²) of the eligible area should be entered here.

- 8.3 The eligible area should be sub-metered for electricity use. The method of recording energy could adopt the same principle as total building energy consumption.

9. Model Energy Breakdown

The percentage variance in energy breakdown is customized to suit with building energy profile in each building categories.

3.4 Specific Energy Consumption Calculation & Methodology

In this section, the factors which cause diversity in building energy consumption will be determined. The determination will be based on actual operational circumstance. Since the result is reported in energy use per unit of area, the factors studied in this section will be analysed within the boundary of building area.

Main Parameter Measurements

The main parameters refer to floor area and energy consumption as it is used to represent building performance. The measurement method is important in the process of information input. It is necessary for building owner and operator to understand the measurement method of the parameters for correctness of the information.

Energy Consumption

Typically, building energy consumption is noticed by energy billing at the end of each month. Through there are many simulation programme that could perform energy use in the building for the whole year, the real energy use is preferred because it contain energy demand from others source that is not included in simulation. The objective of this evaluation is aiming for operational-based assessment, not by design-based.

The value used in calculation can be obtained from the sum of energy use in the building within a year (i.e. energy billing). The variation of energy demand in each year is not to be concerned in this benchmark since the objective of this evaluation is to evaluate building performance which will lead for better improvement.

Area

Area is another crucial parameter in specific energy consumption. In this case, calculated area may refer to building floor area. Although an area can be obviously observed, it requires an effort to justify floor area according to energy using criteria. Sub-metering for energy usage is also important in irregular space.

Floor Area Measurement

Generally, building floor area information is provided in project proposal, design and construction plan or sale and leasing process. However, floor area being used for calculation should base on energy consumption profile.

In some case, floor area is measured for air-conditioning area due to the dominant of air-conditioning energy usage in the building. However, the criteria should account all energy consumption areas. Modern passive building design contains significant natural ventilation space. These areas may contain significant energy usage such as lighting equipment or plug load. Another debatable area is parking space. Building in Thailand usually consists of

considerable large area for parking space to facilitate intensively driving tenants. Therefore, energy consumption in this area should be included but can be normalized for its irregular energy profile.

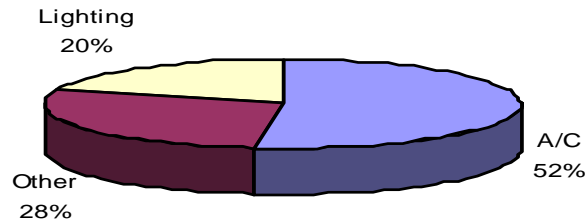


Figure C2-2.11 : Energy consumption in Commercial Building (DEDE)

The other criteria which can be used for floor area determination may refer to total indoor area, energy consumable area, utilize area, or sellable area.

3.5 Example of Specific Energy Consumption Calculation and Analysis

This example will explain method's process using in the calculation of Specific Energy Consumption.

3.5.1 Basic information of the building

In this example, the building is commissioned as office building. The building includes of parking area and non-air conditioned space are metered within single electricity meter. The building has vacancy rate at 5%. The occupant density is higher than the base level at 5.35 persons per 100 square meters and has annual operating hour of 3,000 hours. The energy use, total area, vacancy rate, occupant density and operating hour information have to be collected and reported according to the guideline. In exceptional energy use area, the building must be able to identify the area and energy consumption from sub-meter. The basic information of example building is provided in figure C2-2.12.

Progress Report#4

Promoting Energy Efficiency in Commercial Buildings, PEECB

Building Type : Office Building Year of Operation : 5 Years		
	Value	Unit
Energy Use	5,500,000	kWh
Total Area	20,000	m ²
Vacancy Rate	5%	%
Occupant Density	5.35	pp/100m ²
Operating Hour	2,850	hrs
Parking Space	1000	m ²
Non-air conditioned space	1000	m ²
Space Type	Area (m2)	Annual Consumption (kWh)
Data Centre	500	138,000
Retail	800	150,000
Call Centre	650	112,000
Other	0	0
Enclosed Parking	2,000	56,064
Non-air conditioned area	1,000	75,000

Figure C2-2.12 : The list of basic information for example building.

3.5.2 Calculation of Actual SEC

The actual SEC is a report of measured energy consumption divided by qualified space. The qualified space is expressed as Gross Floor Area (GFA). The GFA is the total area of the building subtracted by parking space and non-air conditioned space.

$$\text{Gross Floor Area} = \text{Total Area} - \text{Parking Space} - \text{Non air conditioned Space}$$

$$\text{Gross Floor Area} = 20,000 - 1000 - 1000 = 18,000 \text{ m}^2$$

Then, the actual SEC will be calculated from the proportion between energy use and gross floor area

$$SEC_{\text{actual}} = \frac{\text{Annual Energy Consumption}}{\text{Gross Floor Area}}$$

$$SEC_{\text{actual}} = \frac{5,500,000}{18,000}$$

$$SEC_{\text{actual}} = 305.56 \text{ kWh/m}^2$$

Therefore, the actual specific energy consumption of the building is 305.56 kWh/m². This value will be used in the final equation of finding normalized energy consumption.

3.5.3 Calculation of Normalized SEC

To calculate normalized SEC, we need to identify and calculate the normalization factors and space type adjustment.

To proceed normalization factors calculation, the energy breakdown model is introduced as basic energy information for further calculation process. The percentage of energy variation in each building system is built in accordance with the building type. The actual specific energy consumption of 305.56 kWh/m² is allocated into each system as shown in figure C2-2.13.

Office Building Type	Base Electricity Consumption (ekWh/m ²)						Total Energy	
	A/C	Lighting	Elevator	Pump	Computer	Office Equipment		
Office	50.48%	24.87%	1.50%	0.45%	9.36%	13.34%	100%	
	154.26	75.98	4.58	1.38	28.61	40.75	305.56	
Percentage of Energy Use Variation							ekWh/m ²	%
Vacancy	70%	90%	50%	80%	100%	100%	249.11	81.53%
Occupant Density	15%	10%	30%	35%	100%	50%	81.58	26.70%
Operating Hour	75%	90%	50%	80%	100%	100%	256.83	84.05%

Figure C2-2.13 : Energy Breakdown Model of the example case.

3.5.3.1 Calculation of Space Type Adjustment

This process will adjust the excessive energy use in particular area to match with normal energy consumption of office building. The building has to report their exceptional energy use area as shown in figure C2-2.14 below.

Space Type	Area (m ²)	Annual Consumption (kWh)	Individual Space Type kWh/m ²	Total Building Adjustment (kWh/m ²)
Data Centre	500	138000	276	3.6
Retail	800	150000	187.5	1.9
Call Centre	650	112000	172.30769	0.97
Other	0	0	0	0.00
Enclosed Parking	2000	56064	28.032	3.11
Unairconditioned space	1000	75000	75	4.17
Sum: GFA	18,000		Total Adjustment	9.59

Figure C2-2.14 : Information of space type normalization.

For Data Center, Retail and Call Center, the present of intensively energy use will be replaced by normal office energy use, in this case is lighting and plug load. The base lighting and plug load values are referring to energy use in the breakdown model.

For example, the adjustment of Data Center area can be calculated as follows;

$$\text{Data Center Adjustment} = (SEC_{\text{datacenter}} - SEC_{\text{lighting\&plugload}}) \times \frac{\text{Datacenter Area}}{\text{Total Area}}$$

$$\text{Data Center Adjustment} = (276 - 145.34) \times \frac{500}{18,000} = 3.6 \text{ kWh / m}^2$$

Progress Report#4

Promoting Energy Efficiency in Commercial Buildings, PEECB

Where:

SEC_{datacenter} is measured by sub-meter and reported as 276 kWh/m²

SEC_{lighting&plugload} is calculated from energy breakdown model (lighting+computer+office equipment) = 145.34 kWh/m²

For parking space and non-air conditioned area will employ another method of energy adjustment. The energy use in this area will be excluded from total energy consumption of the building because this area is normally not used as office space function. The calculation will divide the total energy consumption for the space type by the gross floor area of the building to get appropriate adjustment value.

For example, the adjustment of Parking Space area can be calculated as follows:

$$\text{Parking Space Adjustment} = \frac{\text{Parking Area Energy Consumption}}{\text{Gross Floor Area}}$$

$$\text{Parking Space Adjustment} = \frac{56,064}{18,000} = 3.11 \text{ kWh/m}^2$$

Finally, all space-type adjustments are summed into total adjustment value.

Space Type	Total Space Type Adjustment
Data Center	3.6
Retail	1.9
Call Center	0.97
Parking Space	3.11
Non-air conditioned Space	4.17

3.5.3.2 Vacancy Factor

The calculation of this factor is meant to compensate the absence of energy consumption in vacant space. The calculation is a proportional of vacancy rate and base electricity consumption from energy breakdown model.

$$\text{Vacancy Factor} = \frac{1}{1 - (\%Vacancy \times \%Energy\ Effect(V))}$$

$$\text{Vacancy Factor} = \frac{1}{1 - (0.05 \times 0.8153)}$$

$$\text{Vacancy Factor} = 1.042$$

Where:

- The %Vacancy is reported directly from the provided information as a percentage (5%)

- %Energy Effect (V) comes from the summary of energy contribution in the breakdown model in Figure C2-2.13

3.5.3.3 Occupancy density Factor

The occupant density factor is aim to reduce the disadvantage of high number of occupants in the building, resulted in higher actual energy intensity.

$$\text{Occupant Density Factor} = \frac{1}{1 - \%Energy\ Effect(O) \times (1 - Density\ Ratio)}$$

$$\text{Occupant Density Factor} = \frac{1}{1 - 0.26 \times (1 - 1.042)}$$

$$\text{Occupant Density Factor} = 0.969$$

Where:

- The density ratio is calculated from reported density (5.35 pp/m²) to base density value (5 pp/m²) = 5.35/5 = 1.042
- %Energy Effect (V) comes from the summary of energy contribution in the breakdown model in Figure C2-2.13

3.5.3.4 Operating Hour Factor

This factor will be normalized for the building with longer operating hour than based value. The proportion between actual operating hour and based operating hour will result in operating hour ratio. The factor can be calculated from the effect of operating hour variation to actual energy consumption multiply by operating hour ratio.

$$\text{Operating Hour Factor} = \frac{1}{1 + (Operating\ Hour\ Ratio \times \%Energy\ Effect(H))}$$

$$\text{Operating Hour Factor} = \frac{1}{1 + (0.218 \times 0.8405)}$$

$$\text{Operating Hour Factor} = 0.845$$

Where:

- The operating hour ratio is calculated from the differentiate of actual operating hour (2,850 hrs) to base operating hour (2,340 hrs) = (2,850 – 2,340)/2,340 = 0.218
- %Energy Effect (V) comes from the summary of energy contribution in the breakdown model in Figure C2-2.13.

3.5.3.5 Calculation of Normalized SEC

In the final step, the actual SEC will be adjusted by total space type adjustment and multiplied by normalization factors, resulted in normalized SEC.

$$\begin{aligned} SEC_{\text{Normalized}} &= (SEC_{\text{actual}} - \text{Total Space Type Adjustment}) \times N_{\text{vacancy}} \times N_{\text{occupant}} \times N_{\text{operating}} \\ &= (305.56 - 9.59) \times 1.042 \times 0.982 \times 0.845 \\ &= (305.56 - 9.59) \times 1.042 \times 0.982 \times 0.845 \\ &= 255.99 \text{ kWh/m}^2 \end{aligned}$$

Where:

N_{vacancy} = Annual Vacancy factor

N_{occupant} = Occupancy density factor

$N_{\text{operating}}$ = Operating hour factor

The actual SEC of this example building (305.56 kWh/m²) will be normalized to be 255.99 kWh/m² at base condition (vacancy rate = 5 %, density rate = 5 person/100 m² and operating hours at 2,340 hour/year).

This normalized SEC value is comparable to other office buildings at the same base condition.

Progress Report#4

Promoting Energy Efficiency in Commercial Buildings, PEECB

C2-3 Activity 2.2.2b: Update the SEC for Commercial Building Sector in Thailand
(Work in Progress and no report progress in this period)

SEC of various building types from Energy Management Report 2012 (Summary of Data Submitted to DEDE)

The summary of results below regarding the SEC in various building types in Thailand from energy management report 2012 of designated buildings submitted to DEDE: (Source: "Final Report" Summary of SECs by Accredited Consultant; data from BERC, DEDE)

1. Hospital Buildings:

Size	QTY	SEC elec. (kWh/bed-day)	SEC thermal. (MJ/bed-day)	SEC total (MJ/bed-day)			
				Max	Min	Avg.	SD
<150 beds	32	407.56	190.41	12,728.04	66.77	1,033.63	2,204.83
150-300 beds	29	338.74	195.81	3,642.25	110.94	748.91	644.85
>300 beds	15	457.94	278.99	4,392.80	286.06	963.45	1,044.48
Total/avg.	76	391.24	213.51	12,728.04	66.77	911.13	1,544.45

2. Hotel Buildings:

Size	QTY	SEC elec. (kWh/room-day)	SEC thermal. (MJ/room-day)	SEC total (MJ/room-day)			
				Max	Min	Avg.	SD
<150 rooms	19	1,261.99	10,524.00	147,311.64	140.60	8,995.56	33,551.63
150-500 rooms	151	443.87	647.58	62,466.97	56.85	1,141.31	5,349.48
>500 rooms	31	265.60	120.00	2,765.72	130.37	471.18	482.27
Total/avg.	201	493.71	1,407.44	147,311.64	56.85	1,780.40	11,328.34

3. Department Store/Shopping Mall Buildings:

Size	QTY	SEC elec. (kWh/m ²)	SEC thermal. (MJ/m ²)	SEC total (MJ/m ²)			
				Max	Min	Avg.	SD
<10,000 m ²	84	603.07	703.57	4,267.46	440.51	1,401.92	569.43
10,000-50,000 m ²	278	657.81	248.37	2,737.59	211.46	1,141.27	398.53
50,000-100,000 m ²	19	526.43	625.83	1,634.12	353.23	935.64	387.47
>100,000 m ²	24	325.39	480.32	2,369.14	114.72	1,142.38	403.10
Total/avg.	405	493.71	312.71	4,267.46	114.72	1,185.75	453.41

Progress Report#4

Promoting Energy Efficiency in Commercial Buildings, PEECB

4. Educational Buildings:

Size	QTY	SEC elec. (kWh/m ²)	SEC thermal. (MJ/m ²)	SEC total (MJ/m ²)			
				Max	Min	Avg.	SD
<10,000 m ²	8	166.74	-	791.02	122.80	479.26	267.41
10,000-50,000 m ²	19	114.47	2.23	654.97	80.81	251.09	157.10
>50,000 m ²	8	196.33	1,101.03	872.96	174.06	379.18	216.04
Total/avg.	35	145.13	734.76	872.96	80.81	332.52	216.06

5. Office Buildings:

Size	QTY	SEC elec. (kWh/m ²)	SEC thermal. (MJ/m ²)	SEC total (MJ/m ²)			
				Max	Min	Avg.	SD
<10,000 m ²	41	900.77	227.24	12,760.30	222.08	3,128.74	3,312.62
10,000-50,000 m ²	137	315.65	443.83	2,511.26	87.85	727.15	404.16
50,000-100,000 m ²	32	319.00	529.18	1,378.58	184.20	691.63	289.46
>100,000 m ²	9	285.46	1.03	845.18	106.30	574.19	243.70
Total/avg.	219	424.44	396.30	12,760.30	87.85	1,165.29	1,738.54

6. Others Buildings:

Size	QTY	SEC elec. (kWh/m ²)	SEC thermal. (MJ/m ²)	SEC total (MJ/m ²)			
				Max	Min	Avg.	SD
<10,000 m ²	18	977.23	20,839.07	36,592.76	313.07	4,210.75	8,520.79
10,000-50,000 m ²	38	252.87	203.90	2,652.77	0.93	631.85	588.45
50,000-100,000 m ²	17	104.06	354.99	847.00	70.38	326.82	272.99
100,000-500,000 m ²	22	36.67	89.35	370.47	26.07	112.33	107.11
>500,000 m ²	10	5.37	1.29	30.30	7.86	19.83	7.00
Total/avg.	105	284.08	3,511.50	36,592.76	0.93	1,028.85	3,764.44

However, the above SECs should be reviewed to comply with the guidelines for development of SECs and normalization standard.

C2-4 Activity 2.2.3a: Review Existing M&V Scheme for Completed Projects in Thailand (Work in Progress and no report progress in this period)

The M&V scheme of projects subsidized by DEDE are generally applied from IPMVP Option A, B or D where energy conservation measures (ECMs) are suitable for the verified savings.

The measurement and verification (M&V) process shall be incorporated with characteristics of each project. In addition, the scheme shall be able to monitor a sustainability of the project in terms of market penetration, user acceptance, business alignment etc. The following purposes have been analyzed from DEDE's projects implemented M&V scheme:

❖ **Increase energy savings**

Accurate determination of energy savings gives facility to owners and managers valuable feedback on their energy conservation measures (ECMs). This feedback helps them adjust ECM design or operations to improve savings, achieve greater persistence of savings over time, and lower variations in savings (Kats et al.1997 and 1999, Haberl et al.1996)

❖ **Document financial transactions**

For some projects, the energy efficiency savings are the basis for performance-based financial payments and/or guarantee in a performance contract. A well-defined and implemented M&V Plan can be the basis for documenting performance in a transparent manner and can be subject to independent verification.

❖ **Enhance financing for efficiency projects**

A good M&V Plan increases the transparency and credibility of reports on the outcome of energy efficiency investments. It also increases the credibility of projections for the outcome of energy efficiency investments. This credibility can increase the confidence that investors and sponsors have in energy efficiency projects, enhancing their chances of being financed.

❖ **Improve engineering design and facility operations and maintenance**

The preparation of a good M&V Plan encourages comprehensive project design by including all M&V costs in the project's economics. Good M&V also helps managers discover and reduce maintenance and operating problems, so they can run facilities more effectively. Good M&V also provides feedback for future project designs.

❖ **Manage energy budget**

Even where savings are not planned, M&V techniques help managers evaluate and manage energy usage to account for variances from budgets. M&V techniques are used to adjust for changing facility-operating conditions in order to set proper budgets and account for budget variances.

❖ **Enhance the value of the emission-reduction credits**

Accounting for emission reductions provides additional value to efficiency projects. Use of an M&V plan for determining energy savings improves emissions-reduction reports compared to reports with no M&V plan.

❖ **Support evaluation of regional efficiency programmes**

Utility or government programmes for managing the usage of an energy supply system can use M&V techniques to evaluate the savings at selected energy user facilities. Using statistical techniques and other assumptions, the savings determined by M&V activities at

selected individual facilities can help predict savings at unmeasured sites in order to report the performance of the entire programme.

❖ **Increase public understanding of energy management as a public policy tool**

By improving the credibility of energy management projects, M&V increases public acceptance of the related emission reduction. Such public acceptance encourages investment in energy-efficiency projects or the emission credits they may create. By enhancing savings, good M&V practice highlights the public benefits provided by good energy management, such as improved community health, reduced environmental degradation, and increased employment.

It is envisaged that the future projects shall be designed for all M&V purposes mentioned above including all relevant activities aiming to be in line with the 20 Year Energy Efficiency Development Plan as an indicative tool for the 4 strategic issues : Availability, Accessibility, Acceptability and Accountability.

Monitoring & Verifications (M&V) in Thailand:

The Monitoring and Verification (M&V) protocol previously developed by DEDE, as well as common approaches being adopted by ESCOs and EE consulting firms in Thailand are mainly derived from 2 major international guidelines:

- IPMVP methodologies (Mostly used in energy efficiency projects)
- CDM methodologies (Mostly used in carbon credit projects)

IPMVP (International Performance Measurement and Verification Protocol)*

Efficiency Valuation Organization (EVO) publishes the International Performance Measurement and Verification Protocol (IPMVP) to increase investment in energy and water efficiency, demand management and renewable energy projects around the world.

The IPMVP promotes efficiency investments by the following activities:

- ⇒ IPMVP documents common terms and methods to evaluate performance of efficiency projects for buyers, sellers and financiers. Some of these terms and methods may be used in project agreements, though IPMVP does not offer contractual language.
- ⇒ IPMVP provides methods, with different levels of cost and accuracy, for determining savings either for the whole facility or for individual energy conservation measures.
- ⇒ IPMVP specifies the contents of a Measurement and Verification Plan (M&V Plan). This M&V Plan adheres to widely accepted fundamental principles of M&V and should produce verifiable savings reports. A M&V Plan must be developed for each project by a qualified professional (e.g. Certified M&V Professional : CMVP).
- ⇒ IPMVP applies to a wide variety of facilities including existing and new buildings and industrial processes.

Benefits of Using IPMVP

IPMVP's history since 1995 and its international use bring the following benefits to programmes that adhere to IPMVP's guidance.

- ⇒ **Substantiation of payments for performance.** Where financial payments are based on demonstrated energy savings, adherence to IPMVP ensures that *savings* follow good practice. An IPMVP-adherent saving report allows a customer, an energy user or a utility, to readily accept reported performance. Energy Service Company (ESCOs) whose invoices are supported by IPMVP-adherent saving reports, usually receives prompt payments.
- ⇒ **Lower transaction costs in an energy performance contract.** Specification of IPMVP as the basis for designing a project's M&V can simplify the negotiations for an energy performance contract.
- ⇒ **International credibility for energy saving reports,** thereby increasing the value to a buyer of the associated energy savings.
- ⇒ **Enhanced rating under programmes** to encourage or label sustainably designed and/or operated facilities.
- ⇒ **Help national and industry organizations promote and achieve resource efficiency and environmental objectives.** The IPMVP is widely adopted by national and regional government agencies and by industry organizations to help manage their programmes and enhance the credibility of their reported results.

Though the application of IPMVP is unique to each project, certain types of users will have similar methods in their M&V Plans and implementation. The followings are ways to use IPMVP :

- Energy performance contractors and their building customers
- Energy users doing their own retrofits and wanting to account for savings
- Facility managers properly accounting for energy budget variances
- New building designers
- New building designers seeking recognition for the sustainability of their designs
- Existing building managers seeking recognition for the environmental and quality of their building operations
- Emission reduction trading programme designers
- Energy user's seeking ISO 50001 certification
- Etc.

IPMVP Option

IPMVP Option A & B (Retrofit Isolation) :

If the purpose of reporting is to help manage only the equipment affected by the savings programme, *a measurement boundary* should be drawn around that equipment. Then all significant energy requirements of the equipment within the boundary can be determined. This approach is used as the *Retrofit Isolation Options* which categorized into :

- Option A : Retrofit Isolation (Key Parameter Measurement)
- Option B : Retrofit Isolation (All Parameter Measurement)

Progress Report#4

Promoting Energy Efficiency in Commercial Buildings, PEECB

IPMVP Option C (Whole Facility) :

If the purpose of reporting is to help manage total *facility energy performance* , the meters measuring the supply of energy to the total facility can be used to assess performance and savings, The measurement boundary in this case encompasses the *whole facility*.

IPMVP Option D (Calibrated Simulation) :

If a baseline or reporting period data is unreliable or unavailable, energy data from a *calibrated simulation programme* can take the place of the missing data, for either part or all of the facility. The measurement boundary can be drawn accordingly.

The M&V scheme of projects subsidized by DEDE are generally applied *IPMVP Option A ,B or D* where energy conservation measures (ECMs) are suitable for the verified savings.

List of Major Implemented Project in Thailand having M&V process:

1. ESCO Revolving Fund by DEDE
2. Tax-incentive (Performance-based) by DEDE
3. Advanced Technologies Demonstration Project (Phase I & II) by DEDE
4. Demand Side Management by Bidding Mechanism (DSM Bidding) by EPPO
5. BEAT 2010 by EPPO

1. ESCO Revolving Fund

DEDE launches the programme by using ENCON Fund for motivating the energy efficiency and renewable energy business in Thailand. The project appoints 2 fund managers: E for E (Energy for Environment Foundation) and ECFT (Energy Conservation Foundation of Thailand) to provide the technical assistance & financing scheme for entrepreneurs from industrial sectors and ESCOs in energy efficiency and renewable energy projects.

M&V Scheme :

Measurement & verification (M&V) is the key importance specifically in developing and determining viable energy efficiency or renewable energy projects e.g.

- Equity investment
- Carbon credit facility
- Technical assistance

Therefore, the M&V of this project is considerably applied for [operational verification & saving verification](#). In general, IPMVP option A or B is applied.

2. Tax-incentive (Performance-based) programme

M&V Scheme :

Measurement & verification (M&V) is the key importance specifically in determining tax-incentive calculation :

- Tax deduction = Cost savings x %tax rate (30%,25%,15%)

The M&V of this project is [saving verification](#). In general, IPMVP option A is applied.

3. Advanced Technologies Demonstration Project (Phase I&II)

M&V Scheme :

Measurement & verification (M&V) is the key importance specifically in determining energy saving calculation:

- Saving = Baseline – Post Audit

The M&V of this project is [operational verification & saving verification](#). IPMVP option A is applied.

4. Demand Side Management by Bidding Mechanism (DSM Bidding)

M&V Scheme :

Measurement & verification (M&V) is the key importance specifically in determining the calculation on energy price for bidding :

The M&V of this project is [operational verification & Saving verification](#). IPMVP option A is applied.

5. BEAT 2010 (Building Energy Awards of Thailand 2010)

M&V Scheme :

Measurement & verification (M&V) is the key importance specifically in determining energy efficiency index after implementing projects

The M&V of this project are both [operational verification and saving verification](#). In general, IPMVP option A, B and C is applied.

3.4 Component 3 (C-3) : No activities during Progress Report #4 period

- ❖ There are no activities of this component during the period of the Progress Report #4 due to delaying in selection of demonstration buildings.

4. Expected Outputs for the Next Period

Expected outputs for **Progress Report No. 5** which is planned to submit to DEDE by **June 2014** will consist of following work progress.

Project Management (PM)

PM-1 Project Management and Coordinating Activities

Component 1 (C-1)

C1-1 Activity 1.1.1b: Design & Development of CBEEC

C1-2 Activity 1.2.1a: Design Effective Promotional Scheme

C1-3 Activity 1.3.2a: Selection and Modification of BESM

C1-4 Activity 1.4.2a: Design of Technical Training Course

C1-5 Activity 1.5a: Design of Non-Technical Training Course

Component 2 (C-2)

C2-1 Activity 2.2.1a: Review of BEC software database

C2-2 Activity 2.2.2a: Review the Existing Specific Energy Consumption Index (SEC)

Component 3 (C-3)

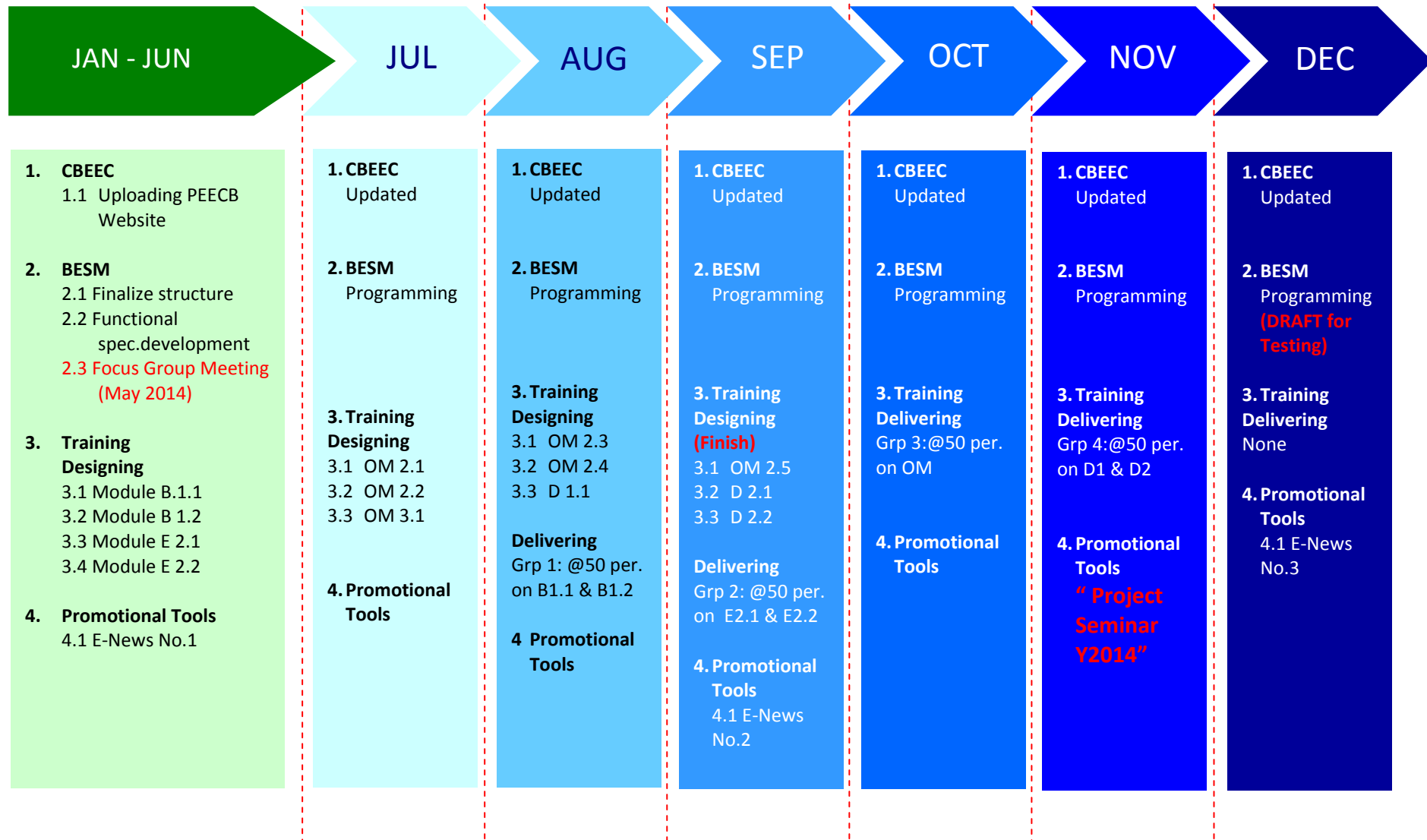
C3-1 Review application sites for Demonstration Projects

Expected outputs in each period of Y2014 can be shown in following chart;

Progress Report#4

Promoting Energy Efficiency in Commercial Buildings, PEECB

Activities Plan for **Y2014** : PEECB Project



Progress Report#4

Promoting Energy Efficiency in Commercial Buildings, PEECB

(TOR4.9) Task 9: The Consultant shall submit the Progress Reports and other required reports within the project timeframe.

Table 4-1 Submission status of Progress Reports and other required reports up to Q1/2014

No.	Type of Report	Submission Period	Submission Status
Submitted to DEDE			
1	Inception Report	July 2013	Completed
2	Progress Report #1	August 2013	Completed
3	Progress Report #2	November 2013	Completed
4	Progress Report #3	December 2013	Completed
5	Progress Report #4	March 2014	Submitting
Submitted to UNDP			
1	Inception Report	August 2013	Completed
2	Quarterly Operational Report (QOR) and Quarterly Progress Report (QPR) for Q3/2013	October 2013	Completed
3.	FACE Sheet Report for Q3/2013	October 2013	Completed
4.	Quarterly Operational Report (QOR) and Quarterly Progress Report (QPR) for Q4/2013	January 2014	Completed
5.	FACE Sheet Report for Q4/2013	January 2014	Completed

Progress Report#4

Promoting Energy Efficiency in Commercial Buildings, PEECB

(TOR4.10) Task 10: Review and provide recommendation on the reports submitted by the second contract consultant.

Table 4-2 Submission status of reports of the second contract consultant (ENSOP) up to Q1/2014

No.	Type of Report	Submission Period	Submission Status
Submitted to DEDE			
1	Inception Report	September 2013	Completed
2	Progress Report #1	December 2013	Completed
3	Progress Report #2	March 2014	Submitting

Recommendation:

- The development of the work for component 2 and 3 as responsible by ENSOP should comply and support to the Energy Efficiency Development Plan (EEDP 20Y. Guidelines on the development steps has been recommended as shown in Figure 4-1

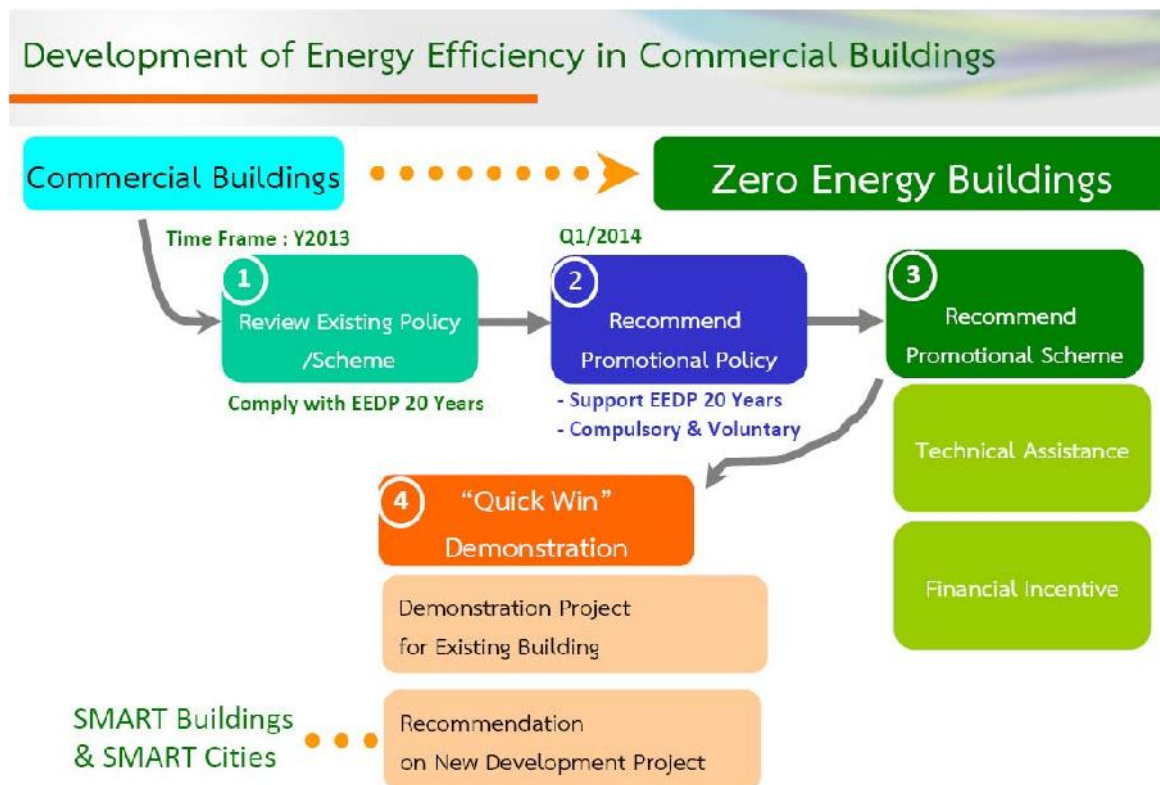


Figure 4-1 : Guidelines on the development steps to move forward Zero Energy Buildings

2. Recommendation on the progress report no.2 submitted by ENSOP
 - 2.1 Clear working timeframe of each activity under component 2 and 3 should be clearly provided in order to communicate to all related parties and tracking progress of each activity.
 - 2.2 Specific target on policy development should be identified as short, medium and long term target according to the project timeframe.
 - 2.3 Guidelines or manual for the demonstration project of component 3 should be urgently developed.

รายงานการประชุม
คณะกรรมการส่งเสริมการใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพในอาคารธุรกิจ
(Promoting Energy Efficiency in Commercial Buildings, PEECB)
ครั้งที่ ๒/๒๕๕๗ (ครั้งที่ ๗)

เรื่อง การจัดทำข้อเสนอแนะสำหรับกรอบนโยบายด้านพลังงาน (ภารกิจที่ ๒)
วันพุธที่ ๒๖ กุมภาพันธ์ ๒๕๕๗ เวลา ๑๐.๐๐ - ๑๒.๓๐ น.
ห้องประชุม ๑ บริษัท ไบรท์ แมนเนจเม้นท์ คอนซัลติ้ง จำกัด
ชั้น ๑๕ อาคารฟอร์จูนทาวน์ กรุงเทพฯ

คณะกรรมการที่เข้าร่วมประชุม

กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน

๑. นางศิรินทร	วงศ์เสาวสุภ	ประธานคณะกรรมการ
๒. นายมนัสวี	อะกิมี่	คณะกรรมการ
๓. นายบรรพพงษ์	สุนิภาษา	คณะกรรมการ
๔. นางสาวกุลศิริ	ศักดิ์ประสิทธิ์	คณะกรรมการ
๕. นายพงศ์พันธุ์	วรสายัณห์	คณะกรรมการ
๖. นายณัฐพล	รุ่งประแสง	คณะกรรมการ

ที่ปรึกษา

บริษัท ไบรท์ แมนเนจเม้นท์ คอนซัลติ้ง จำกัด

๑. นายกมล	ต้นพิพัฒน์
๒. นางสาวบุญจิรา	จนาทกะกาญจน์
๓. นายพหล	เฉลยกิตติ
๔. นางเจริญศรี	ฮวดมัย

บริษัท เอ็นจิเนียริง โซลูชั่นส์ โพรไวเดอร์ จำกัด

๑. นายพงศ์กานต์	เปี่ยมสุทธิธรรม
๒. ดร. จิระโชติ	ดาวสุโข
๓. นางสาวปาริชาติ	ดาระดาษ

เริ่มประชุมเวลา ๑๐.๑๕ น.

วาระที่ ๑ แผนงานการจัดทำข้อเสนอสำหรับ Policy Framework (รายละเอียดกิจกรรม และระยะเวลาที่จะดำเนินการในแต่ละกิจกรรม)

ผู้แทนบริษัท เอ็นจีเนียริ่ง โพรวายเดอร์ โซลูชั่น จำกัด (ENSOP) ได้นำเสนอแผนการดำเนินกิจกรรมโครงการ PEECB ใน Component 2 เรื่อง Policy Framework ด้านการใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพในอาคารธุรกิจ โดยจะแบ่งการดำเนินงานออกเป็น ๒ ประเด็น คือ

๑. Updated and More Effective Policy Measures on Energy Efficiency in Commercial Buildings โดยมีแนวทางการดำเนินงานคือ

๑.๑ Evaluation and recommendation of energy efficiency policy มีเป้าหมายการดำเนินงานทั้งด้านนโยบายการสนับสนุนด้านการเงิน (Fiscal Policy) และที่ไม่ใช่การเงิน (non-fiscal policy) โดยจะทำการทบทวนและวิเคราะห์นโยบายในประเทศไทยและประเทศอื่น ๆ เพื่อเป็นข้อมูลประกอบการวิเคราะห์และให้ข้อเสนอแนะสำหรับปรับปรุงนโยบายด้านประสิทธิภาพพลังงานของไทยต่อไป โดยกำหนดการดำเนินงานไว้ในไตรมาสที่ ๑-๔ ของปี ๒๕๕๗

๑.๒ Strengthening Implementation Effectiveness of the BEC เพื่อให้ข้อเสนอแนะสำหรับการผลักดันการบังคับใช้ Building Energy Code ในประเทศไทยให้ครอบคลุมกลุ่มอาคารเป้าหมาย โดยกำหนดแผนงานการดำเนินงานในไตรมาสที่ ๓ และ ๔ ของปี ๒๕๕๘

๑.๓ Assessment of DEDE's Building Energy Labeling Scheme มีเป้าหมาย ทบทวนเรื่องมาตรการส่งเสริม เช่น ระบบการให้รางวัลและจัดลำดับการส่งเสริมการใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพ การพิจารณาทบทวนเรื่อง labeling เช่น LEED, TREES, Green Stars เป็นต้น รวมทั้งให้มีการประชุมร่วมระหว่างผู้เชี่ยวชาญ และผู้ที่เกี่ยวข้องทั้งหมด โดยกำหนดแผนการดำเนินงานสำหรับงานทบทวนมาตรการ เป็นช่วงปี ๒๕๕๗ และกำหนดจัดการประชุมร่วมระหว่างผู้เชี่ยวชาญและผู้เกี่ยวข้องในไตรมาสที่ ๓ ของปี ๒๕๕๗ จนถึงไตรมาสที่ ๑ ของปี ๒๕๕๘

ที่ประชุมได้ให้ข้อคิดเห็นต่อแผนการดำเนินงานในประเด็นที่ ๑ ที่เสนอข้างต้นดังนี้

๑) บริษัท ENSOP ควรกำหนดกรอบระยะเวลาการดำเนินงานในแต่ละกิจกรรมหลัก และกิจกรรมย่อยให้ชัดเจน เป็นรายเดือนและรายไตรมาส ทั้งนี้ เพื่อให้ผู้เกี่ยวข้องเข้าใจกิจกรรมที่จะเกิดขึ้นตลอดทั้งโครงการ สามารถเตรียมความพร้อมและติดตามผลการดำเนินงานได้อย่างต่อเนื่อง

๒) สำหรับกิจกรรมการพิจารณาทบทวนการดำเนินงานด้าน labeling ในข้อ ๑.๓ ซึ่งเป็นเรื่องที่ พพ. มีการส่งเสริมและพัฒนาไปมากแล้ว บริษัทฯ ควรประสานงานกับ สสอ. และสกอ. โดยใกล้ชิดเพื่อไม่ให้เกิดการดำเนินงานซ้ำซ้อน แต่ควรจะเป็นการสร้างมูลค่าเพิ่มหรือต่อยอดจากที่ พพ. ดำเนินการ รวมถึงควรศึกษาแนวทางและมาตรการที่ต่างประเทศดำเนินการอย่างหลากหลาย เพื่อนำในส่วนที่เป็นประโยชน์มาปรับใช้กับประเทศไทยได้มากขึ้น ในการนี้ ที่ประชุมเห็นควรให้ บริษัท ENSOP จัดประชุมหารือร่วมกันระหว่าง สสอ. สกอ. เพื่อประสานงานข้อมูล และแลกเปลี่ยนข้อคิดเห็นของการดำเนินงานและสร้างความมั่นใจว่าจะดำเนินงานอย่างสอดคล้องกัน

๒. Revised and Up-to-date Data Information to Facilitate Policy Implementation of Commercial Building EE ได้กำหนดแนวทางการดำเนินกิจกรรมดังนี้

๒.๑ การรวบรวมและปรับปรุงข้อมูล Energy Performance เพื่อจัดทำข้อเสนอแนะให้ พพ. ในการจัดทำมาตรฐานอุปกรณ์อาคารประหยัดพลังงาน โดยกำหนดระยะเวลาดำเนินกิจกรรมในไตรมาสที่ ๑-๓ ของปี ๒๕๕๗

๒.๒ การศึกษาทบทวนและรวบรวมข้อมูลเรื่อง Specific Energy Consumption (SEC) เพื่อใช้สำหรับอาคารธุรกิจในประเทศไทย โดยกำหนดการดำเนินกิจกรรมในไตรมาสที่ ๑ ของปี ๒๕๕๗ จนถึงไตรมาสที่ ๒ ของปี ๒๕๕๘

๒.๓ การศึกษาทบทวนและปรับปรุงเรื่อง M&V Protocol สำหรับอาคารธุรกิจ มีเป้าหมายในการจัดทำเป็นคู่มือขั้นตอนการปฏิบัติที่ดีที่สุดในการทำ M&V โดยกำหนดการดำเนินกิจกรรมไว้ในไตรมาสที่ ๑ ของปี ๒๕๕๗ จนถึงไตรมาสที่ ๒ ของปี ๒๕๕๘

ที่ประชุมได้ให้ข้อคิดเห็นต่อแผนการดำเนินงานในประเด็นที่ ๒ ที่เสนอข้างต้นดังนี้

๑) ควรเปลี่ยนหัวข้อเรื่อง จาก Revised and Up-to-date Data Information to Facilitate Policy Implementation of Commercial Building EE เป็น **Revised and Up-to-date Database for Construction Material and Electrical Equipment** ซึ่งจะตรงกับรายละเอียดงานที่จะดำเนินการและสอดคล้องกับเอกสารโครงการมากกว่า

๒) ควรศึกษาข้อมูลความเหมาะสมของระดับการใช้พลังงานของอาคารสำหรับระบบต่าง ๆ ที่กำหนดไว้ในกฎกระทรวงว่าสอดคล้องกับสถานการณ์ปัจจุบัน หรือ ควรปรับปรุงเพื่อผลักดันผลการประหยัดพลังงานให้ได้ตามแผนอนุรักษ์พลังงาน ๒๐ ปี

๓) ควรกำหนดระยะเวลา และแผนการดำเนินงานของแต่ละกิจกรรมที่ชัดเจนและเป็นรูปธรรม โดยให้เร่งรัดการดำเนินการสำหรับกิจกรรมการศึกษาและทบทวนข้อมูลต่าง ๆ ให้แล้วเสร็จก่อนระยะเวลาที่เสนอข้างต้น

มติที่ประชุม เห็นชอบให้ บริษัท ENSOP รับข้อเสนอแนะของคณะทำงานฯ ไปปรับปรุงแผนการดำเนินงาน Component ที่ ๒ เรื่อง Policy Framework และดำเนินการตามแผนที่กำหนดต่อไป

วาระที่ ๒ การทบทวนความเห็นจากที่ประชุมคณะกรรมการอำนวยการโครงการ (Project Board) โครงการส่งเสริมการใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพในอาคารธุรกิจ ครั้งที่ ๑/๒๕๕๗ (ครั้งที่ ๓) เมื่อวันที่ ๔ กุมภาพันธ์ ๒๕๕๗

ฝ่ายเลขานุการฯ แจ้งให้ที่ประชุมทราบว่าคณะกรรมการอำนวยการโครงการฯ ในการประชุมครั้งที่ ๑/๒๕๕๗ (ครั้งที่ ๓) เมื่อวันที่ ๔ กุมภาพันธ์ ๒๕๕๗ ได้เสนอแนะเกี่ยวกับการจัดทำกรอบนโยบายด้านการใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพว่า การศึกษาเรื่องนี้ควรจะมีที่ชัดเจน ระบุถึงประเด็นปัญหา จุดอ่อน จุดแข็ง และนำเสนอข้อเสนอนโยบายที่เทียบเคียงกับการดำเนินนโยบายของต่างประเทศที่ประสบความสำเร็จ นอกจากนี้ ควรต้องมีกระบวนการที่ทำให้ผลการศึกษาและข้อเสนอแนะเป็นที่ยอมรับของทุกฝ่ายที่เกี่ยวข้องและต้องสามารถนำไปปฏิบัติได้จริง

ที่ประชุมพิจารณาเห็นควรจัดการประชุมหรือ focus group สำหรับเจ้าหน้าที่ภายในของ พพ. เพื่อให้ได้รับทราบถึงขอบเขต แนวคิดและกระบวนการดำเนินการให้ข้อเสนอแนะด้านกรอบนโยบายการใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพ รวมถึงการจัดให้มีการประชุมร่วมกับ stakeholders ต่าง ๆ เพื่อรับฟังความคิดเห็นจากผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย ทั้งนี้ เพื่อให้แน่ใจได้ว่าแนวทางการดำเนินงานด้านกรอบนโยบายจะเป็นที่ยอมรับ และมีข้อเสนอแนะที่สามารถแก้ไขหรือพัฒนาการดำเนินงานด้านการใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพ ตามที่เป็นจริงและสอดคล้องกับความต้องการต่อไป

มติที่ประชุม ๑. เสนอให้ ENSOP จัดการประชุมกับหน่วยงานที่เกี่ยวข้องภายใน พพ. โดยจัดเตรียมรายละเอียดกรอบการทำงาน และกรอบเวลาสำหรับแต่ละกิจกรรมให้พร้อม และนำส่งให้คณะทำงานพิจารณาความเหมาะสมก่อนจัดประชุมต่อไป

๒. เสนอให้ ENSOP ศึกษาข้อมูลกิจกรรมด้านการใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพของหน่วยงานต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องเพื่อนำข้อมูลมาประกอบการจัดทำข้อเสนอแนะด้านนโยบายในเรื่องดังกล่าว

วาระที่ ๓ การทบทวนความเห็นจาก UNDP

ที่ประชุมได้พิจารณาข้อคิดเห็นของ UNDP เกี่ยวกับข้อเสนอของที่ประชุมคณะกรรมการอำนวยการฯ ครั้งที่ ๑/๒๕๕๗ (ครั้งที่ ๓) เรื่องการพิจารณาทบทวนกฎกระทรวงเกี่ยวกับการใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพ โดยเห็นว่าหากโครงการ PEECB จะสามารถช่วยปรับปรุง และยกระดับกฎกระทรวงด้าน EE ให้มีความทันสมัยมีประสิทธิภาพมากขึ้น ก็จะเป็นประโยชน์อย่างยิ่ง รวมทั้งข้อเสนอการจัดทำกรอบนโยบายที่ควรจะเน้นเฉพาะเรื่องที่สามารถส่งผลต่อการดำเนินงานด้าน EE ของ พพ. ได้มากกว่าจะศึกษาในลักษณะกรอบกว้าง

มติที่ประชุม สนับสนุนข้อคิดเห็นของ UNDP โดยขณะนี้กำลังดำเนินการอยู่

วาระที่ ๔ เรื่องอื่น ๆ

๔.๑ การคัดเลือกอาคารสาธิตภายใต้โครงการ PEECB

บริษัท ENSOP แจ้งว่าในการคัดเลือกอาคารสาธิตภายใต้โครงการนั้น ขณะนี้ ได้มีการพบปะหารือและทบทวนไว้แล้ว ๔ ราย ยังคงเหลืออีก ๓ ราย ทั้งนี้ พบปัญหาอุปสรรคในการเจรจาและเสนอให้ผู้สนใจเข้าร่วมโครงการ เนื่องจากผู้ประกอบการหลายรายที่ได้ประสานงานไว้ได้ดำเนินการปรับปรุงอาคารแล้วเสร็จไปแล้ว และมีบางแห่งที่ไม่พร้อมดำเนินการต่อในโครงการ

ที่ประชุมพิจารณาเห็นว่า ควรจัดทำหนังสือเชิญอย่างเป็นทางการไปยังสถานประกอบการ โดยเสนอรายละเอียดขั้นตอนการเข้าร่วมโครงการและประโยชน์ที่จะได้รับจากการเข้าร่วมเป็นอาคารสาธิตของโครงการดังกล่าวให้ชัดเจน ทั้งนี้ เพื่อให้สามารถสรุปจำนวนและรายชื่อสถานประกอบการอย่างเป็นทางการได้ต่อไป

มติที่ประชุม ให้ ENSOP เร่งดำเนินการพิจารณาคัดเลือกอาคารสาธิตให้ครบตามจำนวนที่กำหนดไว้ และให้เร่งจัดทำหลักเกณฑ์และคู่มือการเข้าร่วมเป็นอาคารสาธิตของโครงการ เพื่อใช้ประกอบการส่งหนังสือเชิญสถานประกอบการเข้าร่วมโครงการอย่างเป็นทางการต่อไป

ปิดประชุมเวลา ๑๒.๓๐ น.

ผู้บันทึกรายงานการประชุม

นางเจริญศรี ฮวดมัย

ผู้ตรวจรายงานการประชุม

นายกมล ตันพิพัฒน์

รายงานการประชุม
คณะกรรมการอำนวยการโครงการ (Project Board)
โครงการส่งเสริมการใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพในอาคารธุรกิจ
(Promoting Energy Efficiency in Commercial Buildings, PEECB)

ครั้งที่ ๑/๒๕๕๗ (ครั้งที่ ๓)

วันอังคารที่ ๔ กุมภาพันธ์ ๒๕๕๗

เวลา ๑๐.๐๐ - ๑๒.๓๐ น.

ห้องประชุมแสงสว่าง สำนักงานพัฒนาทรัพยากรบุคคลด้านพลังงาน
อาคารอนุรักษ์พลังงานเฉลิมพระเกียรติ
กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน ต. คลองห้า อ. คลองหลวง จ. ปทุมธานี

คณะกรรมการฯ ที่เข้าร่วมประชุม

- | | |
|--|------------------|
| ๑. นายประมวล จันทร์พงษ์
อธิบดีกรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน | ประธานกรรมการ |
| ๒. ดร. ทวารัฐ สุตะบุตร
รองอธิบดีกรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน | รองประธานกรรมการ |
| ๓. นางณัฐนิช อัครภูษิตกุล
ผู้แทน สำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม | กรรมการ |
| ๔. ดร.สุธาริน คุณผล
ผู้แทน สำนักงานโครงการพัฒนาแห่งสหประชาชาติ (UNDP) | กรรมการ |
| ๕. นายเจนจบ สุขสด
ผู้แทน กรมควบคุมมลพิษ | กรรมการ |
| ๖. นายภานุพงษ์ ญาณเวทย์สกุล
ผู้แทน กรมโยธาธิการและผังเมือง | กรรมการ |
| ๗. นายอาสา ทองธรรมชาติ
ผู้แทน สำนักผังเมือง กรุงเทพมหานคร | กรรมการ |
| ๘. นายจักษินิตต์ คณานุรักษ์
ผู้แทน องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน) | กรรมการ |
| ๙. ผศ. ดร. อรรถจัน เศรษฐบุตร
ผู้แทน สถาบันอาคารเขียวไทย | กรรมการ |

๑๐. นางศิรินทร วงษ์เสาวศุก กรรมการและเลขานุการ
ผู้เชี่ยวชาญด้านอนุรักษ์พลังงาน กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน
๑๑. นายกมล ตันพิพัฒน์ ผู้ช่วยเลขานุการ
บริษัท ไบรท์ แมเนจเม้นท์ คอนซัลติ้ง จำกัดกรรมการ

ผู้มิได้เข้าร่วมการประชุม

- ๑ นางปราณี นันทโรทยาน ผู้แทนกรมสรรพากร

ผู้เข้าร่วมประชุม

๑. นายมนัสวี ฮะกิมิ กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน
๒. นายบวรพงษ์ สุณีภาษา กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน
๓. นายสุทธิชาติ แสงสุวรรณ กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน
๔. นางสาวกุลศิริ ศักดิ์ประสิทธิ์ กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน
๕. นายประกอบ เอี่ยมสะอาด กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน
๖. นายพงศ์พันธุ์ วรสายัณห์ กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน
๗. นายณัฐพล รุ่งประแสง กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน
๘. นายพงศ์พัฒน์ มั่งคั่ง กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน
๙. นายวัชรไชย ขมินทกุล กรมควบคุมมลพิษ
๑๐. นางสาวทิพวรรณ แสนจันทร์ สำนักผังเมือง กรุงเทพมหานคร
๑๑. นายมณฑล กำแพงเศรษฐ์ GIZ
๑๒. นายการ์นต์ แป้นทอง GIZ
๑๓. ดร. เกียรติศักดิ์ รุ่งพระแสง ที่ปรึกษาโครงการ BEC
๑๔. นายทวีศักดิ์ รักยิ่ง ที่ปรึกษาประชาสัมพันธ์ โครงการ SOS
๑๕. นางสาววิมลพรรณ เพชรตระกูล ที่ปรึกษาประชาสัมพันธ์ โครงการ SOS
๑๖. นายพงศ์กานต์ เปี่ยมสุทธิธรรม บริษัท เอ็นจีเนียริ่ง โซลูชั่น โพรวายเดอร์ จำกัด (ที่ปรึกษาโครงการ)
๑๗. นายบุญชัย หฤทัยนาสันดี บริษัท เอ็นจีเนียริ่ง โซลูชั่น โพรวายเดอร์ จำกัด (ที่ปรึกษาโครงการ)
๑๘. นายเอกรินทร์ เอ็บอิม บริษัท เอ็นจีเนียริ่ง โซลูชั่น โพรวายเดอร์ จำกัด (ที่ปรึกษาโครงการ)
๑๙. นางสาวปาริชาติ ดาระดาช บริษัท เอ็นจีเนียริ่ง โซลูชั่น โพรวายเดอร์ จำกัด (ที่ปรึกษาโครงการ)
๒๐. นางสาวรัตติกกร ชัยวี บริษัท เอ็นจีเนียริ่ง โซลูชั่น โพรวายเดอร์ จำกัด (ที่ปรึกษาโครงการ)

๒๑. ดร. จิรโชติ ดาวสุโข	บริษัท เอ็นจิเนียริ่ง โซลลูชั่น โพรไวเดอร์ จำกัด (ที่ปรึกษาโครงการ)
๒๒. นายจิรยุทธ์ เจริญฉัตรชัย	บริษัท ไบรท์ แมเนจเม้นท์ คอนซัลติ้ง จำกัด (ที่ปรึกษาโครงการ)
๒๓. ผศ.ดร. ชนิกันต์ อัมประยูร	บริษัท ไบรท์ แมเนจเม้นท์ คอนซัลติ้ง จำกัด (ที่ปรึกษาโครงการ)
๒๔. นางสาวบุญจิรา จนางคะกาญจน์	บริษัท ไบรท์ แมเนจเม้นท์ คอนซัลติ้ง จำกัด (ที่ปรึกษาโครงการ)
๒๕. นายพหล เฉลยกิตติ	บริษัท ไบรท์ แมเนจเม้นท์ คอนซัลติ้ง จำกัด (ที่ปรึกษาโครงการ)
๒๖. นางสาวปภัตรา เทียนขาว	บริษัท ไบรท์ แมเนจเม้นท์ คอนซัลติ้ง จำกัด (ที่ปรึกษาโครงการ)
๒๗. นางเจริญศรี ฮวดมัย	บริษัท ไบรท์ แมเนจเม้นท์ คอนซัลติ้ง จำกัด (ที่ปรึกษาโครงการ)
๒๘. นางสาวธัญลักษณ์ หรุ่นเกษม	บริษัท ไบรท์ แมเนจเม้นท์ คอนซัลติ้ง จำกัด (ที่ปรึกษาโครงการ)

วาระที่ ๑ เรื่องประธานแจ้งที่ประชุมทราบ

ไม่มี

มติที่ประชุม รับทราบ

วาระที่ ๒ รับรองรายงานการประชุมคณะกรรมการอำนวยการโครงการฯ ครั้งที่ ๒/๒๕๕๖

ที่ประชุมพิจารณารายงานการประชุมคณะกรรมการอำนวยการโครงการฯ ครั้งที่ ๒/๒๕๕๖
เมื่อวันที่ ๑๙ กันยายน ๒๕๕๖ แล้วไม่มีการแก้ไข

มติที่ประชุม รับรองรายงานการประชุมคณะกรรมการอำนวยการโครงการฯ ครั้งที่ ๒/๒๕๕๖

วาระที่ ๓ เรื่องแจ้งเพื่อทราบ

๓.๑ การปรับปรุงคณะกรรมการอำนวยการโครงการฯ

ฝ่ายเลขานุการฯ แจ้งว่า พพ. ได้เห็นชอบให้มีการปรับปรุงผู้แทนในคณะกรรมการ
อำนวยการโครงการใหม่เฉพาะตำแหน่งประธานกรรมการ และรองประธานกรรมการลำดับที่ ๓ ซึ่งเดิม
ใช้เป็นชื่อผู้แทน ให้เปลี่ยนเป็นชื่อตำแหน่งแทน ทั้งนี้ เพื่อให้เกิดความคล่องตัวในการปฏิบัติงานและ
สอดคล้องกับสภาวะการณ์ปัจจุบันดังนี้

คณะกรรมการฯ ชุดเดิม

- | | |
|-----------------------------|---|
| ๑. ประธานกรรมการ | นายอำนาจ ทองสถิตย์
อธิบดีกรมพัฒนาพลังงานทดแทนและ
อนุรักษ์พลังงาน |
| ๒. รองประธานกรรมการ คนที่ ๒ | นายประมวล จันทร์พงษ์
รองอธิบดีกรมพัฒนาพลังงานทดแทน
และอนุรักษ์พลังงาน |

คณะกรรมการฯ ชุดที่ขอปรับปรุงใหม่

- | | |
|-----------------------------------|--|
| ๑. ประธานกรรมการ | อธิบดีกรมพัฒนาพลังงานทดแทนและ
อนุรักษ์พลังงาน |
| ๒. รองประธานกรรมการ คนที่ ๑ และ ๒ | รองอธิบดีกรมพัฒนาพลังงานทดแทน
และอนุรักษ์พลังงานรับผิดชอบงาน
ด้านกำกับและอนุรักษ์พลังงาน |

มติที่ประชุม รับทราบ

๓.๒ ความคืบหน้าในการดำเนินโครงการฯ

ฝ่ายเลขาฯ นำเสนอความคืบหน้าการดำเนินโครงการฯ ระยะที่ ๑ ตั้งแต่เดือน
เมษายน ๒๕๕๖ จนถึงเดือนธันวาคม ๒๕๕๖ ซึ่งได้ดำเนินการแล้วเสร็จคิดเป็นร้อยละ ๑๕.๒๓ ของการ
ดำเนินงานทั้งหมด โดยมีภารกิจที่ดำเนินการแล้ว อาทิเช่น

➢ จัดสัมมนาเปิดตัวโครงการเพื่อสร้างความตระหนักและประชาสัมพันธ์ให้
ผู้เกี่ยวข้องได้รับทราบและแสดงความสนใจที่จะเข้าร่วมโครงการ เมื่อวันที่ ๓๐ ตุลาคม ๒๕๕๖

➢ ศึกษาและวิเคราะห์การจัดทำศูนย์ข้อมูลด้านการใช้พลังงานอย่างมี
ประสิทธิภาพในอาคาร (Commercial Building EE Information Center – CBEEIC) รวมถึงการออกแบบ
และจัดทำเว็บไซต์เพื่อเผยแพร่ข้อมูล เช่น ข้อมูลด้าน SEC แบบจำลองการใช้พลังงานในอาคารที่พัฒนา
ภายใต้โครงการ ซึ่งผู้ใช้สามารถ download ได้ในอนาคต ข้อมูลด้านเทคโนโลยีการใช้พลังงานอย่างมี
ประสิทธิภาพในอาคาร หลักสูตรฝึกอบรมต่าง ๆ โครงการอาคารสาธิตด้านการใช้พลังงานอย่างมี
ประสิทธิภาพ และข้อมูลความรู้ สถิติที่เกี่ยวข้อง เป็นต้น

➢ สำรวจและการเปรียบเทียบโปรแกรมจำลองสถานะการใช้พลังงานในอาคาร
(Building Energy Simulation Software) โดยสำรวจการใช้ โปรแกรมที่มีอยู่ในปัจจุบัน เพื่อนำไปพัฒนา
ต่อยอดให้เป็นโปรแกรมใหม่ที่สามารถนำไปใช้ให้เกิดประสิทธิภาพมากกว่าเดิมที่มีอยู่ โดยดำเนินการในชั้น
การสำรวจ วิเคราะห์ และนำเสนอแนวทางการพัฒนาโปรแกรม

➢ ศึกษาวิเคราะห์หลักสูตรฝึกอบรม และนำผลการศึกษามาพัฒนาเป็นหลักสูตร
เพื่อฝึกอบรมให้แก่กลุ่มเป้าหมายโดยแบ่งเป็น non technical modules และ technical modules รวม
๑๓ หลักสูตร ประกอบด้วยหลักสูตรด้านความรู้พื้นฐาน การปฏิบัติและบำรุงรักษา การออกแบบ และการ
ตรวจสอบ วิเคราะห์การใช้พลังงาน และพิสูจน์ผลประหยัดพลังงาน

➤ ทบทวนกรอบนโยบายจากประเทศต่าง ๆ ได้แก่ สหภาพยุโรป สหรัฐอเมริกา ญี่ปุ่น ออสเตรเลีย และนโยบายมาตรการด้านอนุรักษ์พลังงานของไทย และนำมาวิเคราะห์ เพื่อจัดทำ roadmap ไปสู่ Zero Energy Building

➤ วิเคราะห์และประเมินทางเลือกสำหรับการส่งเสริมการใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพในอาคาร โดยศึกษาปัจจัยมาตรการด้านการเงิน กฎระเบียบและมาตรการสนับสนุนต่าง เช่น Building Energy Labeling, BEC เป็นต้น

➤ ศึกษาทบทวนดัชนีการใช้พลังงานในอาคาร (Specific Energy Consumption) เพื่อนำไปพัฒนาเป็นข้อเสนอแนะสำหรับการจัดทำค่าดัชนีการใช้พลังงานในอาคารประเภทต่าง ๆ

➤ ศึกษาและจัดทำข้อกำหนดสำหรับการคัดเลือกอาคารเพื่อเข้าร่วมเป็นอาคารสาธิตเทคโนโลยีประสิทธิภาพพลังงาน

ทั้งนี้ กรรมการฯ ได้ให้ข้อเสนอแนะต่อคณะทำงานโครงการ ดังนี้

๑) งานพัฒนาโปรแกรมจำลองการใช้พลังงานควรจะทำให้เกิดการใช้งานครอบคลุมเทคโนโลยีที่ทันสมัยมากกว่าที่มีการใช้งานอยู่ในปัจจุบัน ทั้งนี้ เพื่อนำไปใช้ประโยชน์ได้จริง โดยในปัจจุบัน พพ. มีข้อกำหนดที่เกี่ยวกับการใช้พลังงานต่าง ๆ ตามกฎกระทรวง เรื่อง BEC ซึ่งได้ประกาศใช้มาเป็นระยะเวลาช้านาน และควรต้องทำการปรับปรุง ดังนั้น โครงการจึงควรพัฒนาโปรแกรมจำลองการใช้พลังงานให้สามารถรองรับการปรับปรุงข้อกำหนดของ BEC ได้ในอนาคตด้วยต่อไป

๒) งานพัฒนาหลักสูตรฝึกอบรม ขอให้เพิ่มข้อมูลผลการสอบถามความต้องการที่แท้จริงจากทุกภาคส่วนที่เกี่ยวข้องด้วยว่าความต้องการที่แท้จริงของผู้เกี่ยวข้องคืออะไร เพื่อให้หลักสูตรฝึกอบรมสอดคล้องและเกิดประโยชน์ต่อผู้เกี่ยวข้องอย่างแท้จริง มีหลักเกณฑ์และเนื้อหาที่สอดคล้องกับความต้องการจริง เช่น developer สนใจเกี่ยวกับหลักเกณฑ์เกี่ยวกับอาคารเขียว ดังนั้น การจัดทำหลักสูตรก็จะต้องเน้นผลที่จะโน้มน้าวผู้ฝึกอบรมให้เห็นประโยชน์ของอาคารเขียวและหันไปสู่การพัฒนาอาคารเขียวให้มากขึ้น

๓) งานศึกษาด้านกรอบนโยบายการใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพ ควรมีความชัดเจน โดยจะต้องระบุถึงประเด็นปัญหา จุดอ่อน จุดแข็ง ของนโยบายอนุรักษ์พลังงานของประเทศไทย และนำเสนอข้อแนะนำเทียบเคียงกับการดำเนินนโยบายของต่างประเทศที่ดำเนินการประสบผลสำเร็จ

มติที่ประชุม ฝ่ายเลขานุการฯ รับที่จะดำเนินการดังนี้

๑. จัดทำรายละเอียดผลการดำเนินโครงการและเอกสารที่เกี่ยวข้องกับภารกิจต่าง ๆ
๒. กำหนดขอบเขตของการทบทวนเรื่องต่าง ๆ ให้ชัดเจน
๓. พัฒนาโปรแกรมจำลองการใช้พลังงานในอาคารที่สามารถประยุกต์ใช้งานได้กว้างกว่ากรอบข้อกำหนดของ Building Energy Code (BEC) ที่มีอยู่ในปัจจุบัน
๔. เก็บรวบรวมข้อมูลเพิ่มเติมด้านความต้องการด้านการฝึกอบรม
๕. พิจารณาทบทวนเนื้อหาหลักสูตรฝึกอบรมสำหรับกลุ่มเป้าหมายให้สอดคล้องกับความต้องการและทำให้เกิดการนำไปประยุกต์ใช้ในการปรับปรุงประสิทธิภาพพลังงานในอาคารอย่างแท้จริง
๖. กำหนดขอบเขตของ zero energy building ให้มีความชัดเจน
๗. จัดทำ e-news รายไตรมาสเพื่อเผยแพร่ผลการดำเนินโครงการ

๘. จัดกิจกรรมเผยแพร่ผลงานในเดือน ตุลาคม/พฤศจิกายน ๒๕๕๗
๙. จัดทำ monthly report เพื่อแจ้งให้คณะกรรมการฯ ทราบผลการดำเนินงาน

๓.๓ การประเมินระบบการบริหารงานทางการเงินและบัญชี (Micro Assessment) โดยบริษัท Ernst&Young (EY)

ฝ่ายเลขานุการฯ แจ้งให้ที่ประชุมทราบว่า บริษัท Ernst&Young (EY) ได้รับมอบหมายจาก UNDP ให้เข้าทำการประเมินในเบื้องต้นเกี่ยวกับระบบการบริหารทางการเงินของ พพ. ซึ่งเป็นหน่วยงานที่ได้รับการสนับสนุนจากกองทุนสิ่งแวดล้อมโลกให้ดำเนินโครงการส่งเสริมการใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพในอาคารธุรกิจ การประเมินครั้งนี้ เป็นไปตามข้อกำหนดของกองทุนสิ่งแวดล้อมโลก ที่จะให้มีการประเมินหน่วยงานที่ได้รับการสนับสนุนจากกองทุนฯ เพื่อให้เกิดความมั่นใจในศักยภาพของการบริหารและดำเนินโครงการให้บรรลุวัตถุประสงค์

EY ได้ประเมินให้ พพ. ผ่านเกณฑ์การดำเนินงานด้านการบริหารทางการเงิน และให้ข้อคิดเห็นเพิ่มเติมว่า พพ. ควรจัดทำทะเบียนคุมและบันทึกบัญชีรายการรับ-จ่ายเงินสนับสนุนจากกองทุนฯ เพิ่มเติมนอกเหนือจากการจัดทำ FACE Form ซึ่งเป็นระบบควบคุมการบริหารการเงินของ UNDP ทั้งนี้ พพ. จะพิจารณาความเหมาะสมในการจัดทำทะเบียนคุมรายการรับ-จ่ายเงินสนับสนุนจากกองทุนฯ เพื่อประโยชน์ในการตรวจสอบเพิ่มเติม

มติที่ประชุม รับทราบ

วาระที่ ๔ เรื่องสืบเนื่อง

๔.๑ การพิจารณาสรรหาอาคารสาธิตเข้าร่วมโครงการฯ เพิ่มเติม

ฝ่ายเลขานุการฯ แจ้งที่ประชุมทราบว่า เนื่องจากอาคารที่แสดงความประสงค์จะเข้าร่วมเป็นอาคารสาธิตไว้กับโครงการจำนวน ๗ แห่ง ปัจจุบัน มีจำนวน ๓ อาคารที่ได้ดำเนินการปรับปรุงการใช้พลังงานในอาคารไปแล้ว คงเหลืออาคารจำนวน ๔ แห่ง คือ อาคารของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค, อาคารของโรงแรมเซนทาราแอนดริสสอร์ท, สำโรงการแพทย์ และ โรงแรมคานา ดังนั้น คณะทำงานจึงได้ดำเนินการสรรหาอาคารสาธิตเพิ่มเติม โดยปัจจุบันมีอาคารที่แสดงความสนใจเข้าร่วมโครงการในเบื้องต้น เพิ่มเติมจำนวน ๗ แห่ง ดังนี้

๑. โรงพยาบาลเอกชล
๒. อาคารของ บมจ.ทรี คอร์ปอเรชั่น
๓. อาคารของ บมจ. บุญรอด บริวเวอรี่
๔. อาคารของ บมจ. ซีพี ออลล์
๕. โรงพยาบาลเวชธานี
๖. อาคารของกลุ่ม เทสโก้ โลตัส
๗. อาคารอนุรักษ์พลังงานเฉลิมพระเกียรติ คลองห้า ของ พพ.

ทั้งนี้ คณะทำงานฯ จะพิจารณาคัดเลือกอาคารตามหลักเกณฑ์การคัดเลือกซึ่งได้รับความเห็นชอบจากคณะกรรมการอำนวยการในการประชุมครั้งที่ ๒/๒๕๕๖ และจะนำเสนอผลการคัดเลือกให้คณะกรรมการฯ ทราบในการประชุมครั้งต่อไป

มติที่ประชุม รับทราบ

วาระที่ ๕ เรื่องเพื่อพิจารณา

๕.๑ แผนกิจกรรมและแผนงบประมาณดำเนินโครงการประจำปี ๒๕๕๗ (ระยะที่ ๒)

ฝ่ายเลขานุการ ขอให้ที่ประชุมพิจารณาแผนกิจกรรมการดำเนินโครงการประกอบด้วย ๓ ภารกิจหลักสำหรับปี ๒๕๕๗ ซึ่งเป็นระยะที่ ๒ ของโครงการ โดยได้เสนอแผนกิจกรรมซึ่งคาดว่าจะแล้วเสร็จได้ร้อยละ ๔๘.๕๒ ของแผนงานทั้งหมด และขอให้พิจารณาแผนการใช้งบประมาณในการดำเนินโครงการสำหรับปี ๒๕๕๗ ประกอบด้วยภารกิจที่ ๑ เป็นเงิน ๑๑,๑๑๒,๗๗๗ บาท ภารกิจที่ ๒ เป็นเงิน ๕,๗๕๗,๗๐๗ บาท ภารกิจที่ ๓ เป็นเงิน ๗,๔๐๑,๗๖๙ บาท บริหารโครงการ เป็นเงิน ๒,๕๖๔,๔๘๗ บาท รวมเป็นเงินงบประมาณที่ขออนุมัติทั้งสิ้น ๒๖,๘๓๖,๗๔๐ บาท

โดยมีรายละเอียดกิจกรรมหลักที่จะดำเนินการในปี ๒๕๕๗ ดังนี้

กิจกรรมสำหรับภารกิจที่ ๑

- ๑.๑ การพัฒนา website โครงการเพื่อใช้ที่รวบรวมข้อมูลด้านประสิทธิภาพพลังงานในอาคารและผลการดำเนินงานด้านต่าง ๆ ของโครงการ
- ๑.๒ การพัฒนาโปรแกรมจำลองการใช้พลังงานในอาคาร
- ๑.๓ การพัฒนาหลักสูตรฝึกอบรมด้านประสิทธิภาพพลังงาน
- ๑.๔ การจัดฝึกอบรมหลักสูตรด้านประสิทธิภาพพลังงานในอาคารให้กับกลุ่มเป้าหมาย
- ๑.๔ การจัดสัมมนาเผยแพร่ผลการดำเนินโครงการประจำปี ๒๕๕๗

กิจกรรมสำหรับภารกิจที่ ๒

- ๒.๑ การศึกษาและให้ข้อเสนอแนะสำหรับนโยบายด้านประสิทธิภาพพลังงาน
- ๒.๒ การพัฒนาฐานข้อมูลวัสดุและอุปกรณ์สำหรับใช้ประกอบการพัฒนาโปรแกรมจำลองการใช้พลังงานในอาคาร
- ๒.๓ การทบทวนและให้ข้อเสนอแนะสำหรับการจัดทำค่าดัชนีการใช้พลังงานในอาคารประเภทต่าง ๆ
- ๒.๔ การทบทวนและให้ข้อเสนอแนะสำหรับการจัดทำหลักเกณฑ์หรือข้อกำหนดสำหรับการตรวจวัดและพิสูจน์ผลประหยัดพลังงาน (Measurement and Verification Protocol)

กิจกรรมสำหรับภารกิจที่ ๓

- ๓.๑ รับสมัครและสรุปผลการคัดเลือกอาคารสาธิต
- ๓.๒ การศึกษาความเป็นไปได้ในการดำเนินโครงการประสิทธิภาพพลังงานในอาคารสาธิต
ที่ผ่านการคัดเลือกเข้าร่วมโครงการ
- ๓.๓ จัดทำค่าฐานการใช้พลังงานสำหรับอาคารสาธิตที่ผ่านการคัดเลือก
- ๓.๔ จัดทำข้อสรุปสำหรับมาตรการที่จะดำเนินการภายในอาคารสาธิตที่ผ่านการคัดเลือก
- ๓.๕ ประสานงานและให้คำแนะนำในการดำเนินการมาตรการปรับปรุงประสิทธิภาพ
พลังงานในอาคารสาธิตที่ผ่านการคัดเลือก

มติที่ประชุม ๑. เห็นชอบกับแผนกิจกรรมและแผนงบประมาณดำเนินโครงการประจำปี ๒๕๕๗

วาระที่ ๖ เรื่องอื่น ๆ

๖.๑ ผู้แทน GIZ เสนอว่าขณะนี้ GIZ มีโครงการร่วมกับสำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน ในการจัดทำเกณฑ์ดัชนีการใช้พลังงานในอาคาร (Specific Energy Consumption, SEC) โดยปัจจุบันมีความก้าวหน้าในระดับหนึ่ง ทั้งนี้ GIZ ยินดีที่จะประสานงานเพื่อรับทราบการดำเนินงานและใช้ประโยชน์ข้อมูลร่วมกันกับโครงการ PEECB ต่อไป

มติที่ประชุม เห็นชอบให้คณะทำงานโครงการ PEECB ประสานงานกับ GIZ ต่อไป

ปิดประชุมเวลา ๑๒.๓๐ น.

ผู้บันทึกรายงานการประชุม



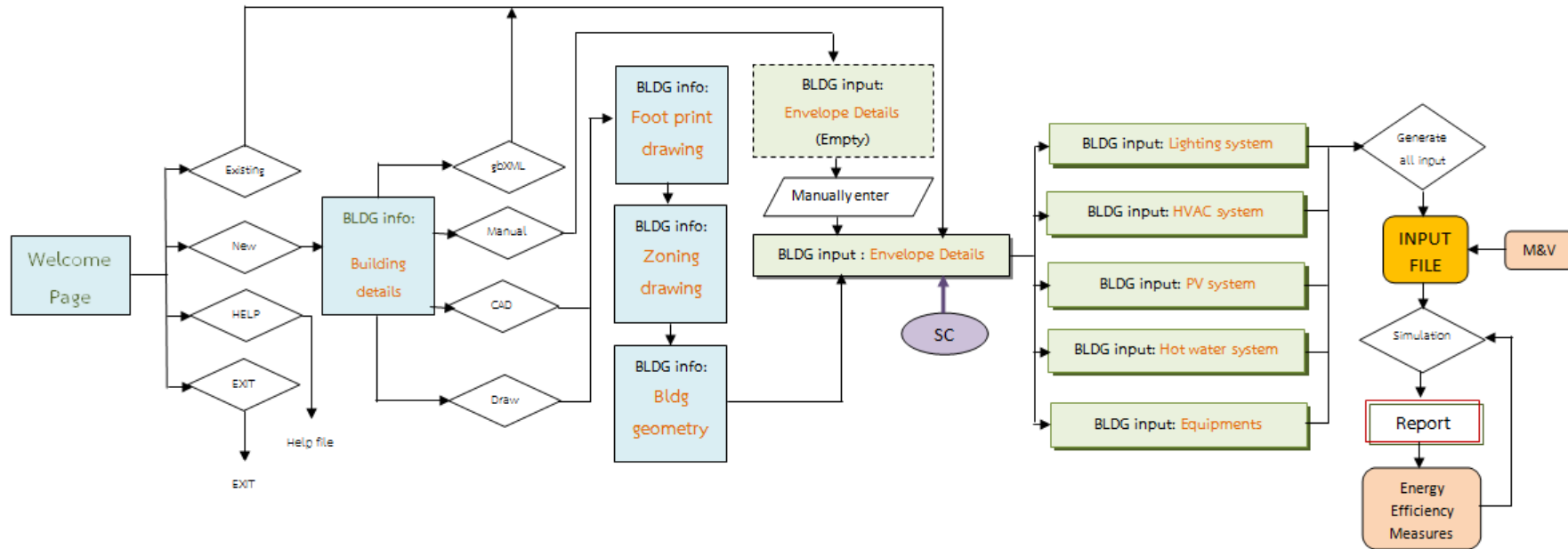
นางเจริญศรี ฮวดมัย

ผู้ตรวจรายงานการประชุม

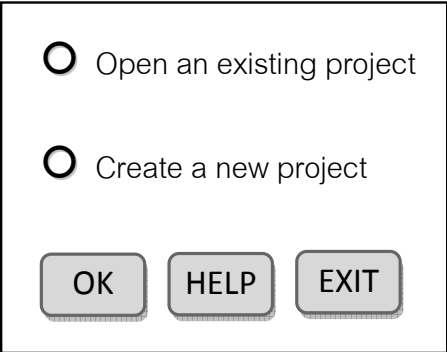
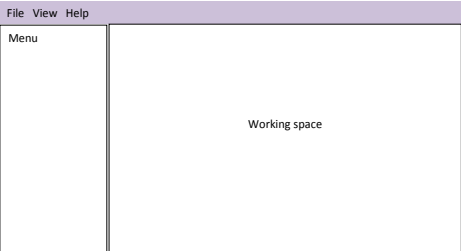
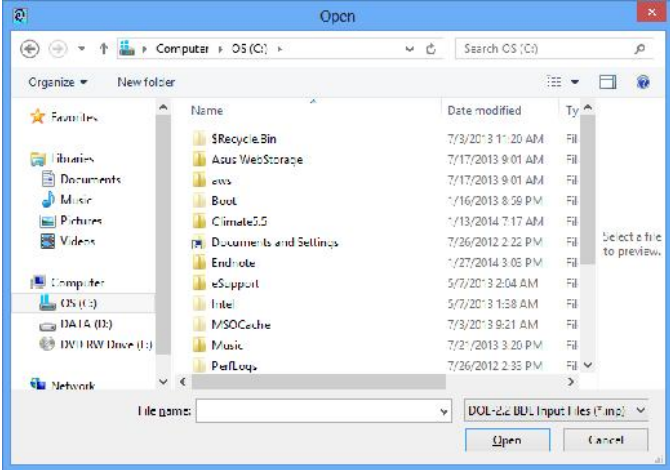


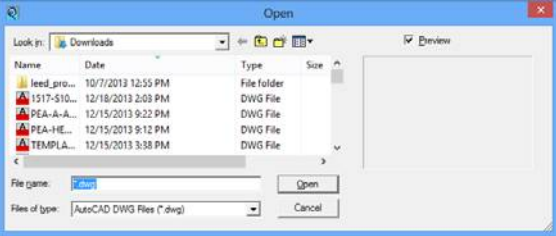
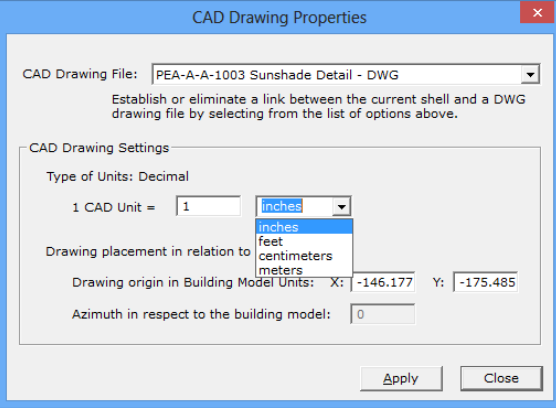
นายกมล ตันพิพัฒน์

Program Workflow

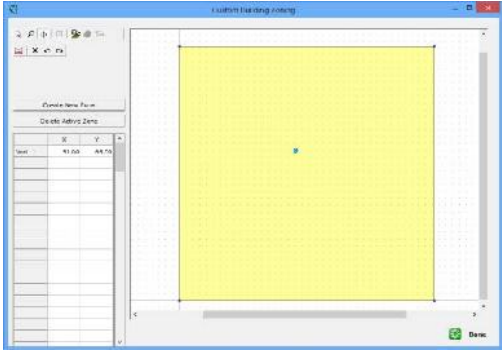
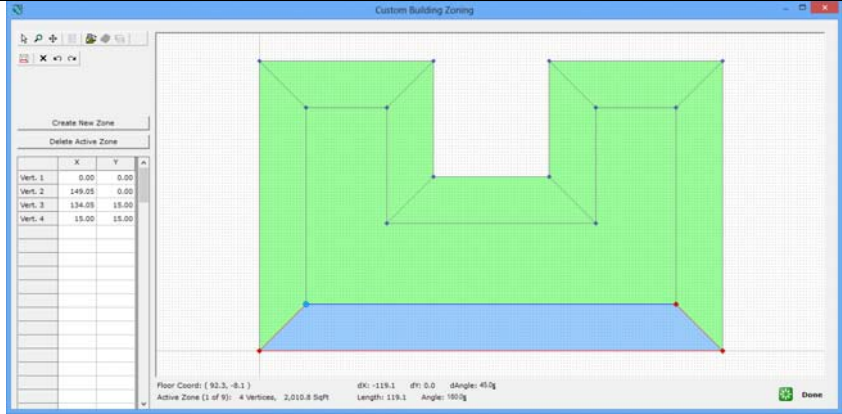
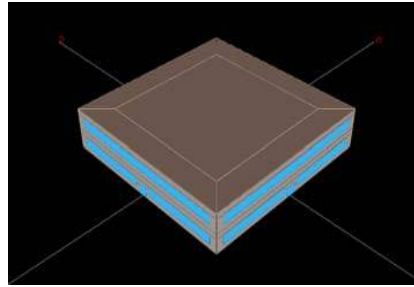


DRAFT Sequences of Building Energy Simulation Model

Procedure/Graphic Display	Steps	Results
<p>Welcome page</p>  <p>General page lay-out</p> 	<p>Selections</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ Select to open an existing project then click OK ○ Select to create a new project then click OK ○ Click Help ○ Click Exit 	<p>- Window pops up for selection of existing projects</p>  <p>- When the project is selected and opened, the Building input page is displayed</p> <p>Go to Building information : Building details page</p> <p>Open Help file</p> <p>Exit the program</p>
<p>Building information : Building details</p> <p>This page is reached by clicking create a new project in Welcome page</p>	<p>Inputs</p> <ul style="list-style-type: none"> Project name Building type 	<ul style="list-style-type: none"> Enter project names Select building type from a drop down list : Office, School, Hospital, Hotel, Department store, Condominium, Exhibition hall, Sport venue, Theatre, Entertainment venue, Assembly building

Procedure/Graphic Display	Steps	Results
<p>Project name Click here to enter text.</p> <p>Building type Office</p> <p>Location Bangkok</p> <p>Building shape</p> <ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> Import a gbXML file <input type="checkbox"/> Import a CAD file as a background <input type="checkbox"/> User define footprint <input type="checkbox"/> Manual area enter 		
	<p>Selections: Building geometry</p>	
	<ul style="list-style-type: none"> ○ Import a gbXML file 	<ul style="list-style-type: none"> - gbXML file imported - The program reads the file, the Building input page is displayed *Investigate the possibility to import gbXML files
	<ul style="list-style-type: none"> ○ Import a CAD file as a background 	<ul style="list-style-type: none"> - CAD file(dwg or dxf) imported as a background 
		<ul style="list-style-type: none"> - Scale is set 
	<ul style="list-style-type: none"> ○ User define footprint 	<ul style="list-style-type: none"> - Go to Footprint drawing canvas
	<ul style="list-style-type: none"> ○ Manual area enter 	<ul style="list-style-type: none"> - Open Footprint drawing canvas
		<ul style="list-style-type: none"> - Go to Building input page

Procedure/Graphic Display	Steps	Results
<p>Building information : Footprint drawing canvas</p> <p>This page is reached by choosing Import a CAD file as a background or User define footprint in Building information : Building details page</p> 	<ul style="list-style-type: none"> - Import CAD footprint 	<ul style="list-style-type: none"> - A CAD file(dwg or dxf) is imported as a background - Footprint can be drawn by tracing and snapping with the background. Vertices can be adjusted, deleted and added via coordinate value displayed. 
	<ul style="list-style-type: none"> - User define footprint 	<ul style="list-style-type: none"> - When finish and click done, the Zoning drawing canvas is opened. - Footprint can be drawn and vertices can be adjusted via coordinate value displayed. 
<p>Building information : Zoning drawing canvas</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Draw zoning 	<ul style="list-style-type: none"> - Zonings are drawn inside specified footprint.

Procedure/Graphic Display	Steps	Results																																												
<p>This page is reached when user finish drawing building footprint</p> 		 <p>- When finish and click done, the Building information : Building geometry is opened.</p>																																												
Building information : Building geometry Inputs																																														
<p>This page is reached when user finish drawing building zoning.</p>	<p>Floor to floor height</p>	<p>Enter floor to floor height in meter</p>																																												
	<p>% Glass</p>	<p>Enter % Glazing area in each direction</p>																																												
	<p>Shading</p>	<p>Enter shading information in each direction</p>																																												
<table border="1" data-bbox="174 906 667 1236"> <tr> <td>Floor to floor height</td> <td colspan="4">3 Meters</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">% Glass</td> <td>North</td> <td>30 %</td> <td>East</td> <td>30 %</td> </tr> <tr> <td>West</td> <td>30 %</td> <td>South</td> <td>30 %</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">Shading</td> <td colspan="2"><input type="checkbox"/> No shading</td> <td colspan="2"><input checked="" type="checkbox"/> With shading</td> </tr> <tr> <td></td> <td>North</td> <td>East</td> <td>West</td> <td>South</td> </tr> <tr> <td>Overhang : From window</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>Projection</td> <td>0.2</td> <td>0.2</td> <td>0.2</td> <td>0.2</td> </tr> <tr> <td>Fin : From window</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>Projection</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> </table>	Floor to floor height	3 Meters				% Glass	North	30 %	East	30 %	West	30 %	South	30 %	Shading	<input type="checkbox"/> No shading		<input checked="" type="checkbox"/> With shading			North	East	West	South	Overhang : From window	0	0	0	0	Projection	0.2	0.2	0.2	0.2	Fin : From window	0	0	0	0	Projection	0	0	0	0		<p>When click OK, 3D model of the building is displayed</p>  <p>Wall and roof areas, tilted angle and orientation are calculated from the model.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Wall default - 0.1 m thick lightweight brick/ white color - Glazing default - 6 mm green tinted glass - Roof default - Concrete built up roof with 2 inches glass wool/ medium color <p>There are options to go to Building input: Envelope details or go back to edit the model</p>
Floor to floor height	3 Meters																																													
% Glass	North	30 %	East	30 %																																										
	West	30 %	South	30 %																																										
Shading	<input type="checkbox"/> No shading		<input checked="" type="checkbox"/> With shading																																											
		North	East	West	South																																									
Overhang : From window	0	0	0	0																																										
Projection	0.2	0.2	0.2	0.2																																										
Fin : From window	0	0	0	0																																										
Projection	0	0	0	0																																										

Procedure/Graphic Display	Steps	Results																																																															
<p>Building input : Envelope details</p> <p>Materials Library Wall Library</p> <table border="1" data-bbox="174 368 663 445"> <thead> <tr> <th>Zone</th> <th>Orientation</th> <th>Wall type</th> <th>Area (m²)</th> <th>color</th> <th>Indoor surface emissivity</th> <th>Tilted angle</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>	Zone	Orientation	Wall type	Area (m ²)	color	Indoor surface emissivity	Tilted angle															<p>From Manual area enter</p> <p>From</p> <ul style="list-style-type: none"> • Import gbXML • Drawing/zoning canvas 	<ul style="list-style-type: none"> • Envelope details are entered manually according to zoning. • Each wall area is specified manually with orientation, wall type, area, color, indoor surface emissivity and tilted angle. <p>Materials Library Wall/Roof Library</p> <table border="1" data-bbox="976 416 1935 566"> <thead> <tr> <th>Zone</th> <th>Orientation</th> <th>Wall type</th> <th>Area (m²)</th> <th>color</th> <th>Indoor surface emissivity</th> <th>Tilted angle</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table> <ul style="list-style-type: none"> • Areas are divided in zones and details area shown, all data are automatically entered. • Each line can be copied, deleted or inserted. Each box can be edited <p>Materials Library Wall/Roof Library</p> <table border="1" data-bbox="976 759 1946 911"> <thead> <tr> <th>Zone</th> <th>Orientation</th> <th>Wall type</th> <th>Area (m²)</th> <th>color</th> <th>Indoor surface emissivity</th> <th>Tilted angle</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>North</td> <td>Lightweight wall</td> <td>120</td> <td>White</td> <td>High</td> <td>90</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>North</td> <td>Wood</td> <td>6</td> <td>Brown</td> <td>High</td> <td>90</td> </tr> </tbody> </table>	Zone	Orientation	Wall type	Area (m ²)	color	Indoor surface emissivity	Tilted angle															Zone	Orientation	Wall type	Area (m ²)	color	Indoor surface emissivity	Tilted angle	1	North	Lightweight wall	120	White	High	90	1	North	Wood	6	Brown	High	90
Zone	Orientation	Wall type	Area (m ²)	color	Indoor surface emissivity	Tilted angle																																																											
Zone	Orientation	Wall type	Area (m ²)	color	Indoor surface emissivity	Tilted angle																																																											
Zone	Orientation	Wall type	Area (m ²)	color	Indoor surface emissivity	Tilted angle																																																											
1	North	Lightweight wall	120	White	High	90																																																											
1	North	Wood	6	Brown	High	90																																																											
Libraries																																																																	
<p>Database of materials, and envelope are available, users can edit and add their own library</p>		<p>When materials or wall types are not available from drop-down menu lists, users have abilities to add more materials or create new wall types</p> <p>Material library : Has an option to add/ copy/ edit materials in the library. The library must be able to transfer between computers.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Opaque materials <p>Enter name, k (Conductivity-w/mK), ρ (Density-kg/m³) and Cp (Specific heat capacity-kJ/kgK) for opaque materials.</p>																																																															

Procedure/Graphic Display	Steps	Results																																																																																																																														
		<table border="1" data-bbox="1059 233 1565 531"> <thead> <tr> <th>ชื่อเรียก</th> <th>k (W/(m.°C))</th> <th>ρ (kg/m³)</th> <th>C_p (kJ/(kg.°C))</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>กระเบื้องหลังคาคอนกรีต</td> <td>0.993</td> <td>2400</td> <td>0.79</td> </tr> <tr> <td>กระเบื้องลอนเล็ก</td> <td>0.384</td> <td>1700</td> <td>1.00</td> </tr> <tr> <td>กระเบื้องลอนใหญ่</td> <td>0.441</td> <td>2000</td> <td>1.00</td> </tr> <tr> <td>กระเบื้องลอนคู่</td> <td>0.395</td> <td>2000</td> <td>1.00</td> </tr> <tr> <td>แอสฟัลต์</td> <td>0.421</td> <td>1500</td> <td>1.51</td> </tr> <tr> <td>กระเบื้องมวลเบา</td> <td>0.341</td> <td>930</td> <td>0.88</td> </tr> <tr> <td>กระเบื้องโปร่งแสงเรียบ</td> <td>0.213</td> <td>1340</td> <td>1.88</td> </tr> </tbody> </table> <p data-bbox="1059 549 2085 647"> <ul style="list-style-type: none"> Transparent materials Enter U-Value (W/m²K), SC, SHGC (0.87*SC), Visible light transmission for transparent materials </p> <table border="1" data-bbox="1059 651 1917 919"> <thead> <tr> <th>Description</th> <th>ค่าการส่งผ่านรังสีที่ตามองเห็น (T_{vis})</th> <th>สัมส.การก่อดำเนินการจากรังสีอาทิตย์ (SHGC)</th> <th>U-value</th> <th>Visible Rays (Reflectance)</th> <th>Solar Energy (Reflectance)</th> <th>Solar Energy (Transmittance)</th> <th>Solar Energy (Absorption)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td colspan="8">Clear Float Glass and Tinted Float Glass</td> </tr> <tr> <td>Clear Float Glass 2 mm</td> <td>0.91</td> <td>0.88</td> <td>5.87</td> <td>8</td> <td>87</td> <td>7</td> <td>6</td> </tr> <tr> <td>Clear Float Glass 3 mm</td> <td>0.9</td> <td>0.87</td> <td>5.84</td> <td>8</td> <td>85</td> <td>7</td> <td>8</td> </tr> <tr> <td>Clear Float Glass 4 mm</td> <td>0.89</td> <td>0.84</td> <td>5.81</td> <td>8</td> <td>83</td> <td>7</td> <td>10</td> </tr> <tr> <td>Clear Float Glass 5 mm</td> <td>0.89</td> <td>0.83</td> <td>5.77</td> <td>8</td> <td>81</td> <td>7</td> <td>12</td> </tr> <tr> <td>Clear Float Glass 6 mm</td> <td>0.88</td> <td>0.82</td> <td>5.74</td> <td>8</td> <td>80</td> <td>7</td> <td>13</td> </tr> <tr> <td>Clear Float Glass 8 mm</td> <td>0.87</td> <td>0.8</td> <td>5.67</td> <td>8</td> <td>77</td> <td>7</td> <td>16</td> </tr> <tr> <td>Clear Float Glass 10 mm</td> <td>0.86</td> <td>0.77</td> <td>5.61</td> <td>8</td> <td>74</td> <td>7</td> <td>19</td> </tr> </tbody> </table> <p data-bbox="1059 938 2085 1002"> <ul style="list-style-type: none"> Air gaps Air gap R values are available. Custom air gap values can be added. </p> <table border="1" data-bbox="1059 1005 1709 1217"> <thead> <tr> <th colspan="4">ตารางที่ 1.2 ค่าความต้านทานความร้อนของช่องว่างอากาศที่อยู่ภายในผนังอาคาร</th> </tr> <tr> <th rowspan="3">ชนิดของวัสดุที่ใช้ทำผนังด้านใน ช่องว่างอากาศ</th> <th colspan="3">ค่าความต้านทานความร้อนของช่องว่างอากาศ</th> </tr> <tr> <th colspan="3">ความหนาของช่องว่างอากาศ</th> </tr> <tr> <th>5 มิลลิเมตร</th> <th>20 มิลลิเมตร</th> <th>100 มิลลิเมตร</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>กรณีที่มีพื้นผิวผนังมีค่าสัมประสิทธิ์การแผ่รังสีสูง</td> <td>0.110</td> <td>0.148</td> <td>0.160</td> </tr> <tr> <td>กรณีที่มีพื้นผิวผนังมีค่าสัมประสิทธิ์การแผ่รังสีต่ำ</td> <td>0.250</td> <td>0.578</td> <td>0.606</td> </tr> </tbody> </table>	ชื่อเรียก	k (W/(m.°C))	ρ (kg/m ³)	C _p (kJ/(kg.°C))	กระเบื้องหลังคาคอนกรีต	0.993	2400	0.79	กระเบื้องลอนเล็ก	0.384	1700	1.00	กระเบื้องลอนใหญ่	0.441	2000	1.00	กระเบื้องลอนคู่	0.395	2000	1.00	แอสฟัลต์	0.421	1500	1.51	กระเบื้องมวลเบา	0.341	930	0.88	กระเบื้องโปร่งแสงเรียบ	0.213	1340	1.88	Description	ค่าการส่งผ่านรังสีที่ตามองเห็น (T _{vis})	สัมส.การก่อดำเนินการจากรังสีอาทิตย์ (SHGC)	U-value	Visible Rays (Reflectance)	Solar Energy (Reflectance)	Solar Energy (Transmittance)	Solar Energy (Absorption)	Clear Float Glass and Tinted Float Glass								Clear Float Glass 2 mm	0.91	0.88	5.87	8	87	7	6	Clear Float Glass 3 mm	0.9	0.87	5.84	8	85	7	8	Clear Float Glass 4 mm	0.89	0.84	5.81	8	83	7	10	Clear Float Glass 5 mm	0.89	0.83	5.77	8	81	7	12	Clear Float Glass 6 mm	0.88	0.82	5.74	8	80	7	13	Clear Float Glass 8 mm	0.87	0.8	5.67	8	77	7	16	Clear Float Glass 10 mm	0.86	0.77	5.61	8	74	7	19	ตารางที่ 1.2 ค่าความต้านทานความร้อนของช่องว่างอากาศที่อยู่ภายในผนังอาคาร				ชนิดของวัสดุที่ใช้ทำผนังด้านใน ช่องว่างอากาศ	ค่าความต้านทานความร้อนของช่องว่างอากาศ			ความหนาของช่องว่างอากาศ			5 มิลลิเมตร	20 มิลลิเมตร	100 มิลลิเมตร	กรณีที่มีพื้นผิวผนังมีค่าสัมประสิทธิ์การแผ่รังสีสูง	0.110	0.148	0.160	กรณีที่มีพื้นผิวผนังมีค่าสัมประสิทธิ์การแผ่รังสีต่ำ	0.250	0.578	0.606
ชื่อเรียก	k (W/(m.°C))	ρ (kg/m ³)	C _p (kJ/(kg.°C))																																																																																																																													
กระเบื้องหลังคาคอนกรีต	0.993	2400	0.79																																																																																																																													
กระเบื้องลอนเล็ก	0.384	1700	1.00																																																																																																																													
กระเบื้องลอนใหญ่	0.441	2000	1.00																																																																																																																													
กระเบื้องลอนคู่	0.395	2000	1.00																																																																																																																													
แอสฟัลต์	0.421	1500	1.51																																																																																																																													
กระเบื้องมวลเบา	0.341	930	0.88																																																																																																																													
กระเบื้องโปร่งแสงเรียบ	0.213	1340	1.88																																																																																																																													
Description	ค่าการส่งผ่านรังสีที่ตามองเห็น (T _{vis})	สัมส.การก่อดำเนินการจากรังสีอาทิตย์ (SHGC)	U-value	Visible Rays (Reflectance)	Solar Energy (Reflectance)	Solar Energy (Transmittance)	Solar Energy (Absorption)																																																																																																																									
Clear Float Glass and Tinted Float Glass																																																																																																																																
Clear Float Glass 2 mm	0.91	0.88	5.87	8	87	7	6																																																																																																																									
Clear Float Glass 3 mm	0.9	0.87	5.84	8	85	7	8																																																																																																																									
Clear Float Glass 4 mm	0.89	0.84	5.81	8	83	7	10																																																																																																																									
Clear Float Glass 5 mm	0.89	0.83	5.77	8	81	7	12																																																																																																																									
Clear Float Glass 6 mm	0.88	0.82	5.74	8	80	7	13																																																																																																																									
Clear Float Glass 8 mm	0.87	0.8	5.67	8	77	7	16																																																																																																																									
Clear Float Glass 10 mm	0.86	0.77	5.61	8	74	7	19																																																																																																																									
ตารางที่ 1.2 ค่าความต้านทานความร้อนของช่องว่างอากาศที่อยู่ภายในผนังอาคาร																																																																																																																																
ชนิดของวัสดุที่ใช้ทำผนังด้านใน ช่องว่างอากาศ	ค่าความต้านทานความร้อนของช่องว่างอากาศ																																																																																																																															
	ความหนาของช่องว่างอากาศ																																																																																																																															
	5 มิลลิเมตร	20 มิลลิเมตร	100 มิลลิเมตร																																																																																																																													
กรณีที่มีพื้นผิวผนังมีค่าสัมประสิทธิ์การแผ่รังสีสูง	0.110	0.148	0.160																																																																																																																													
กรณีที่มีพื้นผิวผนังมีค่าสัมประสิทธิ์การแผ่รังสีต่ำ	0.250	0.578	0.606																																																																																																																													

Procedure/Graphic Display	Steps	Results																																																																																				
		<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="5" data-bbox="1059 231 1709 260">ตารางที่ 1.13 ค่าความต้านทานความร้อนของช่องว่างอากาศที่อยู่ภายในหลังคาอาคาร</th> </tr> <tr> <th colspan="2" data-bbox="1059 260 1377 331"></th> <th colspan="3" data-bbox="1377 260 1709 331">ค่าความต้านทานความร้อนของช่องว่างอากาศ ((m². °C)/W)</th> </tr> <tr> <th data-bbox="1059 331 1377 395">ชนิดของวัสดุที่ใช้ทำผิวหลังคาชั้นนอก</th> <th colspan="4" data-bbox="1377 331 1709 395">ความหนาของช่องว่างอากาศ</th> </tr> <tr> <td data-bbox="1059 395 1377 424"></td> <td data-bbox="1377 395 1458 424">5 มม</td> <td data-bbox="1458 395 1538 424">20 มม</td> <td data-bbox="1538 395 1619 424">100 มม</td> <td data-bbox="1619 395 1709 424"></td> </tr> </thead> <tbody> <tr> <th colspan="5" data-bbox="1059 424 1709 453">กรณีที่มีผิวมีค่าสัมประสิทธิ์การแผ่รังสีสูง</th> </tr> <tr> <td data-bbox="1059 453 1377 481"></td> <td data-bbox="1377 453 1458 481">0 องศา</td> <td data-bbox="1458 453 1538 481">0.11</td> <td data-bbox="1538 453 1619 481">0.148</td> <td data-bbox="1619 453 1709 481">0.174</td> </tr> <tr> <td data-bbox="1059 481 1377 510">ความลาดเอียงจากพื้นผิวแนวระนาบ</td> <td data-bbox="1377 481 1458 510">22.5 องศา</td> <td data-bbox="1458 481 1538 510">0.11</td> <td data-bbox="1538 481 1619 510">0.148</td> <td data-bbox="1619 481 1709 510">0.165</td> </tr> <tr> <td data-bbox="1059 510 1377 539"></td> <td data-bbox="1377 510 1458 539">45 องศา</td> <td data-bbox="1458 510 1538 539">0.11</td> <td data-bbox="1538 510 1619 539">0.148</td> <td data-bbox="1619 510 1709 539">0.158</td> </tr> <tr> <th colspan="5" data-bbox="1059 539 1709 568">กรณีที่มีผิวมีค่าสัมประสิทธิ์การแผ่รังสีต่ำ</th> </tr> <tr> <td data-bbox="1059 568 1377 596"></td> <td data-bbox="1377 568 1458 596">0 องศา</td> <td data-bbox="1458 568 1538 596">0.25</td> <td data-bbox="1538 568 1619 596">0.572</td> <td data-bbox="1619 568 1709 596">1.423</td> </tr> <tr> <td data-bbox="1059 596 1377 625">ความลาดเอียงจากพื้นผิวแนวระนาบ</td> <td data-bbox="1377 596 1458 625">22.5 องศา</td> <td data-bbox="1458 596 1538 625">0.25</td> <td data-bbox="1538 596 1619 625">0.571</td> <td data-bbox="1619 596 1709 625">1.095</td> </tr> <tr> <td data-bbox="1059 625 1377 654"></td> <td data-bbox="1377 625 1458 654">45 องศา</td> <td data-bbox="1458 625 1538 654">0.25</td> <td data-bbox="1538 625 1619 654">0.570</td> <td data-bbox="1619 625 1709 654">0.768</td> </tr> </tbody> </table> <table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="3" data-bbox="1059 654 1709 683">ตารางที่ 1.5 ค่าความต้านทานความร้อนของช่องว่างอากาศที่อยู่ระหว่างแผ่นกระจกหรือผนังโปร่งแสง</th> </tr> <tr> <th colspan="3" data-bbox="1059 683 1709 711">ค่าความต้านทานความร้อนของช่องว่างอากาศ ((m². °C)/W)</th> </tr> <tr> <th data-bbox="1059 711 1265 813">ความกว้างของช่องว่างอากาศ (มิลลิเมตร)</th> <th data-bbox="1265 711 1480 813">พื้นผิวที่มีสัมประสิทธิ์การแผ่รังสีสูง</th> <th data-bbox="1480 711 1709 813">พื้นผิวที่มีสัมประสิทธิ์การแผ่รังสีต่ำ</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td data-bbox="1059 813 1265 842">13</td> <td data-bbox="1265 813 1480 842">0.119</td> <td data-bbox="1480 813 1709 842">0.345</td> </tr> <tr> <td data-bbox="1059 842 1265 871">10</td> <td data-bbox="1265 842 1480 871">0.110</td> <td data-bbox="1480 842 1709 871">0.278</td> </tr> <tr> <td data-bbox="1059 871 1265 900">7</td> <td data-bbox="1265 871 1480 900">0.097</td> <td data-bbox="1480 871 1709 900">0.208</td> </tr> <tr> <td data-bbox="1059 900 1265 928">6</td> <td data-bbox="1265 900 1480 928">0.091</td> <td data-bbox="1480 900 1709 928">0.196</td> </tr> <tr> <td data-bbox="1059 928 1265 957">5</td> <td data-bbox="1265 928 1480 957">0.084</td> <td data-bbox="1480 928 1709 957">0.167</td> </tr> </tbody> </table> <p data-bbox="976 1023 2069 1086">Wall/Roof library Select materials from database and specify thickness. For air gap, specify type of air gap, thickness and tilted angle. The R value can then be calculated.</p> <ul data-bbox="1059 1102 2069 1358" style="list-style-type: none"> ● Opaque material $R = \frac{x}{k}$ = thickness (m)/conductivity (w/mK) ● Air gap R values can be obtained from tables. Air gap R value can be interpolated when the thickness fall between value specified in the tables. Use air gap R value at 100 mm if the thickness is beyond 100 mm. Low emissivity air gap R values are used when reflective materials i.e. aluminum foil are used at one side or both side of air gap surfaces. 	ตารางที่ 1.13 ค่าความต้านทานความร้อนของช่องว่างอากาศที่อยู่ภายในหลังคาอาคาร							ค่าความต้านทานความร้อนของช่องว่างอากาศ ((m ² . °C)/W)			ชนิดของวัสดุที่ใช้ทำผิวหลังคาชั้นนอก	ความหนาของช่องว่างอากาศ					5 มม	20 มม	100 มม		กรณีที่มีผิวมีค่าสัมประสิทธิ์การแผ่รังสีสูง						0 องศา	0.11	0.148	0.174	ความลาดเอียงจากพื้นผิวแนวระนาบ	22.5 องศา	0.11	0.148	0.165		45 องศา	0.11	0.148	0.158	กรณีที่มีผิวมีค่าสัมประสิทธิ์การแผ่รังสีต่ำ						0 องศา	0.25	0.572	1.423	ความลาดเอียงจากพื้นผิวแนวระนาบ	22.5 องศา	0.25	0.571	1.095		45 องศา	0.25	0.570	0.768	ตารางที่ 1.5 ค่าความต้านทานความร้อนของช่องว่างอากาศที่อยู่ระหว่างแผ่นกระจกหรือผนังโปร่งแสง			ค่าความต้านทานความร้อนของช่องว่างอากาศ ((m ² . °C)/W)			ความกว้างของช่องว่างอากาศ (มิลลิเมตร)	พื้นผิวที่มีสัมประสิทธิ์การแผ่รังสีสูง	พื้นผิวที่มีสัมประสิทธิ์การแผ่รังสีต่ำ	13	0.119	0.345	10	0.110	0.278	7	0.097	0.208	6	0.091	0.196	5	0.084	0.167
ตารางที่ 1.13 ค่าความต้านทานความร้อนของช่องว่างอากาศที่อยู่ภายในหลังคาอาคาร																																																																																						
		ค่าความต้านทานความร้อนของช่องว่างอากาศ ((m ² . °C)/W)																																																																																				
ชนิดของวัสดุที่ใช้ทำผิวหลังคาชั้นนอก	ความหนาของช่องว่างอากาศ																																																																																					
	5 มม	20 มม	100 มม																																																																																			
กรณีที่มีผิวมีค่าสัมประสิทธิ์การแผ่รังสีสูง																																																																																						
	0 องศา	0.11	0.148	0.174																																																																																		
ความลาดเอียงจากพื้นผิวแนวระนาบ	22.5 องศา	0.11	0.148	0.165																																																																																		
	45 องศา	0.11	0.148	0.158																																																																																		
กรณีที่มีผิวมีค่าสัมประสิทธิ์การแผ่รังสีต่ำ																																																																																						
	0 องศา	0.25	0.572	1.423																																																																																		
ความลาดเอียงจากพื้นผิวแนวระนาบ	22.5 องศา	0.25	0.571	1.095																																																																																		
	45 องศา	0.25	0.570	0.768																																																																																		
ตารางที่ 1.5 ค่าความต้านทานความร้อนของช่องว่างอากาศที่อยู่ระหว่างแผ่นกระจกหรือผนังโปร่งแสง																																																																																						
ค่าความต้านทานความร้อนของช่องว่างอากาศ ((m ² . °C)/W)																																																																																						
ความกว้างของช่องว่างอากาศ (มิลลิเมตร)	พื้นผิวที่มีสัมประสิทธิ์การแผ่รังสีสูง	พื้นผิวที่มีสัมประสิทธิ์การแผ่รังสีต่ำ																																																																																				
13	0.119	0.345																																																																																				
10	0.110	0.278																																																																																				
7	0.097	0.208																																																																																				
6	0.091	0.196																																																																																				
5	0.084	0.167																																																																																				

Procedure/Graphic Display	Steps	Results																																												
		<p>The library must be able to transfer between computers.</p> <table border="1" data-bbox="1093 268 1962 491"> <thead> <tr> <th>Name</th> <th>Materials</th> <th>K W/mK</th> <th>Thickness (m)</th> <th>Reflective surface</th> <th>Tilted angle</th> <th>R (M²K/W)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="3">Double brick wall with 0.1 m air gap</td> <td>Brick</td> <td>0.72</td> <td>0.07</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>86.4</td> </tr> <tr> <td>Wall Air Gap</td> <td>-</td> <td>0.10</td> <td><input type="checkbox"/></td> <td>90</td> <td>0.16</td> </tr> <tr> <td>Brick</td> <td>0.72</td> <td>0.07</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>86.4</td> </tr> </tbody> </table> <p>Steps:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Give the name to the wall <p><u>Opeque materials</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Select material from drop-down menu, K is automatically shown - Specify thickness in meter, R is automatically calculated <p><u>Air gap</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Select air gap type, wall, glazing, roof, reflective/non-reflective air gap from drop-down menu - Specify thickness in meter - Specify tilted angle, R is automatically calculated <p>There is a function to copy wall/roof and save as to another name</p> <p>Calculations</p> <p>Heat ransfer through wall and roof</p> <ul style="list-style-type: none"> - Heat transfer through opeque envelope is calculated using the following equation; $Q = U .xAxTDeq$ <table border="1" data-bbox="1025 1198 2051 1366"> <thead> <tr> <th>Orientation</th> <th>Wall type</th> <th>Area (m²)</th> <th>U (W/m²°K)</th> <th>TDeq (K)</th> <th>Q (W)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>North</td> <td>Lightweight wall</td> <td>120</td> <td>1.32</td> <td>32</td> <td>5,068.8</td> </tr> <tr> <td>North</td> <td>Wood</td> <td>6</td> <td>1.2</td> <td>18</td> <td>129.6</td> </tr> </tbody> </table>	Name	Materials	K W/mK	Thickness (m)	Reflective surface	Tilted angle	R (M ² K/W)	Double brick wall with 0.1 m air gap	Brick	0.72	0.07	-	-	86.4	Wall Air Gap	-	0.10	<input type="checkbox"/>	90	0.16	Brick	0.72	0.07	-	-	86.4	Orientation	Wall type	Area (m ²)	U (W/m ² °K)	TDeq (K)	Q (W)	North	Lightweight wall	120	1.32	32	5,068.8	North	Wood	6	1.2	18	129.6
Name	Materials	K W/mK	Thickness (m)	Reflective surface	Tilted angle	R (M ² K/W)																																								
Double brick wall with 0.1 m air gap	Brick	0.72	0.07	-	-	86.4																																								
	Wall Air Gap	-	0.10	<input type="checkbox"/>	90	0.16																																								
	Brick	0.72	0.07	-	-	86.4																																								
Orientation	Wall type	Area (m ²)	U (W/m ² °K)	TDeq (K)	Q (W)																																									
North	Lightweight wall	120	1.32	32	5,068.8																																									
North	Wood	6	1.2	18	129.6																																									

Procedure/Graphic Display	Steps	Results																																																												
		<ul style="list-style-type: none"> • U- value of each wall can be calculated as follows: $U = \frac{1}{R_i + \frac{x_1}{k_1} + \frac{x_2}{k_2} + \dots + \frac{x_n}{k_n} + R_o}$ • Outside and inside air film resistances (R_o and R_i) can also be obtained from tables. Low emissivity air film R values are used when reflective materials i.e. aluminium are used at inside surfaces of walls or roofs <div style="text-align: center;"> <p>ตาราง 1.1 ค่าความต้านทานความร้อนของฟิล์มอากาศสำหรับผนังอาคาร</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">ชนิดของวัสดุที่ใช้ทำผนัง</th> <th colspan="2">ค่าความต้านทานความร้อน</th> </tr> <tr> <th>ที่ผิวผนังด้านใน (R_i)</th> <th>ที่ผิวผนังด้านนอก (R_o)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>กรณีที่มีพื้นผิวผนังมีค่าสัมประสิทธิ์การแผ่รังสีสูง</td> <td>0.120</td> <td>0.044</td> </tr> <tr> <td>กรณีที่มีพื้นผิวผนังมีค่าสัมประสิทธิ์การแผ่รังสีต่ำ</td> <td>0.299</td> <td>-</td> </tr> </tbody> </table> </div> <div style="text-align: center;"> <p>ตารางที่ 1.12 ค่าความต้านทานความร้อนของฟิล์มอากาศสำหรับผนังอาคาร</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="3">ชนิดของผิววัสดุที่ทำผนัง</th> <th colspan="4">ค่าความต้านทานความร้อนของฟิล์มอากาศ ($m^2 \cdot C/W$)</th> <th rowspan="3">พื้นผิวสัมผัสนอก (R_o) ที่มุมเอียงใดๆ</th> </tr> <tr> <th colspan="4">พื้นผิวตั้งฉากภายใน (Rv) ที่มุมเอียงต่างๆกันจากแนวระนาบ</th> </tr> <tr> <th>0 องศา</th> <th>22.5 องศา</th> <th>45 องศา</th> <th>60 องศา</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>กรณีที่มีพื้นผิวสัมผัสนอกมีค่าสัมประสิทธิ์การแผ่รังสีสูง</td> <td>0.162</td> <td>0.148</td> <td>0.133</td> <td>0.126</td> <td rowspan="2">0.055</td> </tr> <tr> <td>กรณีที่มีพื้นผิวสัมผัสนอกมีค่าสัมประสิทธิ์การแผ่รังสีต่ำ</td> <td>0.801</td> <td>0.595</td> <td>0.391</td> <td>0.249</td> </tr> </tbody> </table> </div> <ul style="list-style-type: none"> • Example of U calculation <div style="display: flex; align-items: flex-start;"> <div style="flex: 1;"> <p>ปูนฉาบหนา 0.015 m ค่า k = 0.72 W/m°C</p> <p>อิฐหนา 0.07 m ค่า k = 0.473 W/m°C</p> <p>ฉนวนหนา 0.05 m ค่า k = 0.033 W/m°C</p> <p>ยิปซัมบอร์ดหนา 0.012 m ค่า k = 0.282 W/m°C</p> </div> <div style="flex: 2;"> <p>ผนัง</p> <table border="0"> <tr> <td>ค่า R_o ความต้านทานอากาศภายนอก</td> <td>= 0.044</td> <td>$m^2 \cdot C/W$</td> </tr> <tr> <td>ค่า R_i ปูนฉาบ</td> <td>= 0.015/0.72 = 0.0208</td> <td>$m^2 \cdot C/W$</td> </tr> <tr> <td>ค่า R_i อิฐ</td> <td>= 0.07/0.473 = 0.1480</td> <td>$m^2 \cdot C/W$</td> </tr> <tr> <td>ค่า R_i ฉนวน</td> <td>= 0.05/0.033 = 1.515</td> <td>$m^2 \cdot C/W$</td> </tr> <tr> <td>ค่า R_i ยิปซัมบอร์ด</td> <td>= 0.012/0.282 = 0.0426</td> <td>$m^2 \cdot C/W$</td> </tr> <tr> <td>ค่า R_i ความต้านทานอากาศภายใน</td> <td>= 0.120</td> <td>$m^2 \cdot C/W$</td> </tr> <tr> <td>ΣR</td> <td>= 1.8904</td> <td>$m^2 \cdot C/W$</td> </tr> <tr> <td>$U = 1/\Sigma R$</td> <td>= 0.529</td> <td>$W/m^2 \cdot C$</td> </tr> </table> </div> </div> 	ชนิดของวัสดุที่ใช้ทำผนัง	ค่าความต้านทานความร้อน		ที่ผิวผนังด้านใน (R_i)	ที่ผิวผนังด้านนอก (R_o)	กรณีที่มีพื้นผิวผนังมีค่าสัมประสิทธิ์การแผ่รังสีสูง	0.120	0.044	กรณีที่มีพื้นผิวผนังมีค่าสัมประสิทธิ์การแผ่รังสีต่ำ	0.299	-	ชนิดของผิววัสดุที่ทำผนัง	ค่าความต้านทานความร้อนของฟิล์มอากาศ ($m^2 \cdot C/W$)				พื้นผิวสัมผัสนอก (R_o) ที่มุมเอียงใดๆ	พื้นผิวตั้งฉากภายใน (Rv) ที่มุมเอียงต่างๆกันจากแนวระนาบ				0 องศา	22.5 องศา	45 องศา	60 องศา	กรณีที่มีพื้นผิวสัมผัสนอกมีค่าสัมประสิทธิ์การแผ่รังสีสูง	0.162	0.148	0.133	0.126	0.055	กรณีที่มีพื้นผิวสัมผัสนอกมีค่าสัมประสิทธิ์การแผ่รังสีต่ำ	0.801	0.595	0.391	0.249	ค่า R_o ความต้านทานอากาศภายนอก	= 0.044	$m^2 \cdot C/W$	ค่า R_i ปูนฉาบ	= 0.015/0.72 = 0.0208	$m^2 \cdot C/W$	ค่า R_i อิฐ	= 0.07/0.473 = 0.1480	$m^2 \cdot C/W$	ค่า R_i ฉนวน	= 0.05/0.033 = 1.515	$m^2 \cdot C/W$	ค่า R_i ยิปซัมบอร์ด	= 0.012/0.282 = 0.0426	$m^2 \cdot C/W$	ค่า R_i ความต้านทานอากาศภายใน	= 0.120	$m^2 \cdot C/W$	ΣR	= 1.8904	$m^2 \cdot C/W$	$U = 1/\Sigma R$	= 0.529	$W/m^2 \cdot C$
ชนิดของวัสดุที่ใช้ทำผนัง	ค่าความต้านทานความร้อน																																																													
	ที่ผิวผนังด้านใน (R_i)	ที่ผิวผนังด้านนอก (R_o)																																																												
กรณีที่มีพื้นผิวผนังมีค่าสัมประสิทธิ์การแผ่รังสีสูง	0.120	0.044																																																												
กรณีที่มีพื้นผิวผนังมีค่าสัมประสิทธิ์การแผ่รังสีต่ำ	0.299	-																																																												
ชนิดของผิววัสดุที่ทำผนัง	ค่าความต้านทานความร้อนของฟิล์มอากาศ ($m^2 \cdot C/W$)				พื้นผิวสัมผัสนอก (R_o) ที่มุมเอียงใดๆ																																																									
	พื้นผิวตั้งฉากภายใน (Rv) ที่มุมเอียงต่างๆกันจากแนวระนาบ																																																													
	0 องศา	22.5 องศา	45 องศา	60 องศา																																																										
กรณีที่มีพื้นผิวสัมผัสนอกมีค่าสัมประสิทธิ์การแผ่รังสีสูง	0.162	0.148	0.133	0.126	0.055																																																									
กรณีที่มีพื้นผิวสัมผัสนอกมีค่าสัมประสิทธิ์การแผ่รังสีต่ำ	0.801	0.595	0.391	0.249																																																										
ค่า R_o ความต้านทานอากาศภายนอก	= 0.044	$m^2 \cdot C/W$																																																												
ค่า R_i ปูนฉาบ	= 0.015/0.72 = 0.0208	$m^2 \cdot C/W$																																																												
ค่า R_i อิฐ	= 0.07/0.473 = 0.1480	$m^2 \cdot C/W$																																																												
ค่า R_i ฉนวน	= 0.05/0.033 = 1.515	$m^2 \cdot C/W$																																																												
ค่า R_i ยิปซัมบอร์ด	= 0.012/0.282 = 0.0426	$m^2 \cdot C/W$																																																												
ค่า R_i ความต้านทานอากาศภายใน	= 0.120	$m^2 \cdot C/W$																																																												
ΣR	= 1.8904	$m^2 \cdot C/W$																																																												
$U = 1/\Sigma R$	= 0.529	$W/m^2 \cdot C$																																																												

Procedure/Graphic Display		Steps		Results																																																																																																																																																																																											
				<ul style="list-style-type: none"> TDeq is selected with DSH, orientation, tilted angle, building type and color <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <thead> <tr> <th colspan="4" style="background-color: yellow;">ค่า TDeq ของผนังทึบ สำหรับอาคาร</th> <th colspan="4" style="background-color: #fce4d6;">สำนักงานและสถานศึกษา</th> <th colspan="4" style="background-color: #e2efda;">โรงแรม สโมสร ค่าย สถานบริการ ห้างสรรพสินค้า หรือ อาคารชุมนุมคน</th> <th colspan="4" style="background-color: #e2efda;">โรงแรม สถานพินิจ หรือ อาคารอยู่อาศัยรวม</th> </tr> <tr> <th rowspan="2">มุมเอียง</th> <th rowspan="2">ผนัง</th> <th rowspan="2">ทิศทาง</th> <th rowspan="2">DSH</th> <th colspan="4">สัมประสิทธิ์การดูดกลืนรังสีอาทิตย์</th> <th colspan="4">สัมประสิทธิ์การดูดกลืนรังสีอาทิตย์</th> <th colspan="4">สัมประสิทธิ์การดูดกลืนรังสีอาทิตย์</th> </tr> <tr> <th>α 0.3</th> <th>α 0.5</th> <th>α 0.7</th> <th>α 0.9</th> <th>α 0.3</th> <th>α 0.5</th> <th>α 0.7</th> <th>α 0.9</th> <th>α 0.3</th> <th>α 0.5</th> <th>α 0.7</th> <th>α 0.9</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0 องศา</td> <td>HOR</td> <td>ทุกทิศทาง</td> <td>15</td> <td>16.5</td> <td>25.0</td> <td>33.6</td> <td>42.1</td> <td>12.1</td> <td>17.8</td> <td>23.4</td> <td>29.0</td> <td>7.3</td> <td>10.7</td> <td>14.1</td> <td>17.5</td> </tr> <tr> <td>0 องศา</td> <td>HOR</td> <td>ทุกทิศทาง</td> <td>30</td> <td>16.2</td> <td>24.6</td> <td>33.0</td> <td>41.5</td> <td>12.4</td> <td>18.3</td> <td>24.2</td> <td>30.0</td> <td>7.3</td> <td>10.7</td> <td>14.2</td> <td>17.6</td> </tr> <tr> <td>0 องศา</td> <td>HOR</td> <td>ทุกทิศทาง</td> <td>50</td> <td>15.7</td> <td>24.0</td> <td>32.3</td> <td>40.6</td> <td>12.7</td> <td>18.8</td> <td>24.9</td> <td>31.0</td> <td>7.3</td> <td>10.8</td> <td>14.3</td> <td>17.7</td> </tr> <tr> <td>0 องศา</td> <td>HOR</td> <td>ทุกทิศทาง</td> <td>100</td> <td>14.4</td> <td>22.3</td> <td>30.3</td> <td>38.2</td> <td>13.1</td> <td>19.6</td> <td>26.0</td> <td>32.5</td> <td>7.4</td> <td>10.9</td> <td>14.5</td> <td>18.0</td> </tr> <tr> <td>0 องศา</td> <td>HOR</td> <td>ทุกทิศทาง</td> <td>200</td> <td>12.1</td> <td>19.1</td> <td>26.1</td> <td>33.1</td> <td>12.6</td> <td>19.0</td> <td>25.5</td> <td>31.9</td> <td>7.5</td> <td>11.2</td> <td>14.9</td> <td>18.6</td> </tr> <tr> <td>0 องศา</td> <td>HOR</td> <td>ทุกทิศทาง</td> <td>300</td> <td>10.5</td> <td>16.8</td> <td>23.0</td> <td>29.2</td> <td>11.5</td> <td>17.5</td> <td>23.5</td> <td>29.5</td> <td>7.6</td> <td>11.4</td> <td>15.2</td> <td>19.1</td> </tr> <tr> <td>0 องศา</td> <td>HOR</td> <td>ทุกทิศทาง</td> <td>400</td> <td>10.2</td> <td>16.2</td> <td>22.2</td> <td>28.3</td> <td>11.0</td> <td>16.9</td> <td>22.7</td> <td>28.5</td> <td>7.7</td> <td>11.5</td> <td>15.4</td> <td>19.3</td> </tr> </tbody> </table> <ul style="list-style-type: none"> DSH is calculated using thickness, density and specific heat capacity $DSH = X \cdot \rho \cdot C_p$ <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: left;"> <thead> <tr> <th colspan="2" style="background-color: #fce4d6;">ผนัง</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>ค่า DSH₀ ความต้านทานอากาศภายนอก</td> <td style="text-align: right;">- kJ/m²°K</td> </tr> <tr> <td>ค่า DSH₁ ปูนฉาบ</td> <td style="text-align: right;">= 0.015 x 1860 x 0.84 = 22.60 kJ/m²°K</td> </tr> <tr> <td>ค่า DSH₂ อิฐ</td> <td style="text-align: right;">= 0.07 x 1600 x 0.79 = 88.48 kJ/m²°K</td> </tr> <tr> <td>ค่า DSH₃ ฉนวน</td> <td style="text-align: right;">= 0.05 x 36 x 0.96 = 1.73 kJ/m²°K</td> </tr> <tr> <td>ค่า DSH₄ ยิปซัมบอร์ด</td> <td style="text-align: right;">= 0.012 x 800 x 1.09 = 10.46 kJ/m²°K</td> </tr> <tr> <td>ค่า DSH₅ ความต้านทานอากาศภายใน</td> <td style="text-align: right;">- kJ/m²°K</td> </tr> <tr> <td style="text-align: right;">Σ DSH</td> <td style="text-align: right;">= 123.27 kJ/m²°K</td> </tr> </tbody> </table> <p>Heat transfer through transparent envelope is calculated using the following equation</p> $Q = (U_x A_x T) + (A_x ESR_x SHG \& SC)$ <p>Where</p> <ul style="list-style-type: none"> T = 5°C Except for building with 24h operation which T = 3°C ESR or effective solar radiation could be specified with building type, envelope orientation and tilted angle (Interpolation between angle will be calculated if the angle fall between values shown) 																ค่า TDeq ของผนังทึบ สำหรับอาคาร				สำนักงานและสถานศึกษา				โรงแรม สโมสร ค่าย สถานบริการ ห้างสรรพสินค้า หรือ อาคารชุมนุมคน				โรงแรม สถานพินิจ หรือ อาคารอยู่อาศัยรวม				มุมเอียง	ผนัง	ทิศทาง	DSH	สัมประสิทธิ์การดูดกลืนรังสีอาทิตย์				สัมประสิทธิ์การดูดกลืนรังสีอาทิตย์				สัมประสิทธิ์การดูดกลืนรังสีอาทิตย์				α 0.3	α 0.5	α 0.7	α 0.9	α 0.3	α 0.5	α 0.7	α 0.9	α 0.3	α 0.5	α 0.7	α 0.9	0 องศา	HOR	ทุกทิศทาง	15	16.5	25.0	33.6	42.1	12.1	17.8	23.4	29.0	7.3	10.7	14.1	17.5	0 องศา	HOR	ทุกทิศทาง	30	16.2	24.6	33.0	41.5	12.4	18.3	24.2	30.0	7.3	10.7	14.2	17.6	0 องศา	HOR	ทุกทิศทาง	50	15.7	24.0	32.3	40.6	12.7	18.8	24.9	31.0	7.3	10.8	14.3	17.7	0 องศา	HOR	ทุกทิศทาง	100	14.4	22.3	30.3	38.2	13.1	19.6	26.0	32.5	7.4	10.9	14.5	18.0	0 องศา	HOR	ทุกทิศทาง	200	12.1	19.1	26.1	33.1	12.6	19.0	25.5	31.9	7.5	11.2	14.9	18.6	0 องศา	HOR	ทุกทิศทาง	300	10.5	16.8	23.0	29.2	11.5	17.5	23.5	29.5	7.6	11.4	15.2	19.1	0 องศา	HOR	ทุกทิศทาง	400	10.2	16.2	22.2	28.3	11.0	16.9	22.7	28.5	7.7	11.5	15.4	19.3	ผนัง		ค่า DSH ₀ ความต้านทานอากาศภายนอก	- kJ/m ² °K	ค่า DSH ₁ ปูนฉาบ	= 0.015 x 1860 x 0.84 = 22.60 kJ/m ² °K	ค่า DSH ₂ อิฐ	= 0.07 x 1600 x 0.79 = 88.48 kJ/m ² °K	ค่า DSH ₃ ฉนวน	= 0.05 x 36 x 0.96 = 1.73 kJ/m ² °K	ค่า DSH ₄ ยิปซัมบอร์ด	= 0.012 x 800 x 1.09 = 10.46 kJ/m ² °K	ค่า DSH ₅ ความต้านทานอากาศภายใน	- kJ/m ² °K	Σ DSH	= 123.27 kJ/m ² °K
ค่า TDeq ของผนังทึบ สำหรับอาคาร				สำนักงานและสถานศึกษา				โรงแรม สโมสร ค่าย สถานบริการ ห้างสรรพสินค้า หรือ อาคารชุมนุมคน				โรงแรม สถานพินิจ หรือ อาคารอยู่อาศัยรวม																																																																																																																																																																																			
มุมเอียง	ผนัง	ทิศทาง	DSH	สัมประสิทธิ์การดูดกลืนรังสีอาทิตย์				สัมประสิทธิ์การดูดกลืนรังสีอาทิตย์				สัมประสิทธิ์การดูดกลืนรังสีอาทิตย์																																																																																																																																																																																			
				α 0.3	α 0.5	α 0.7	α 0.9	α 0.3	α 0.5	α 0.7	α 0.9	α 0.3	α 0.5	α 0.7	α 0.9																																																																																																																																																																																
0 องศา	HOR	ทุกทิศทาง	15	16.5	25.0	33.6	42.1	12.1	17.8	23.4	29.0	7.3	10.7	14.1	17.5																																																																																																																																																																																
0 องศา	HOR	ทุกทิศทาง	30	16.2	24.6	33.0	41.5	12.4	18.3	24.2	30.0	7.3	10.7	14.2	17.6																																																																																																																																																																																
0 องศา	HOR	ทุกทิศทาง	50	15.7	24.0	32.3	40.6	12.7	18.8	24.9	31.0	7.3	10.8	14.3	17.7																																																																																																																																																																																
0 องศา	HOR	ทุกทิศทาง	100	14.4	22.3	30.3	38.2	13.1	19.6	26.0	32.5	7.4	10.9	14.5	18.0																																																																																																																																																																																
0 องศา	HOR	ทุกทิศทาง	200	12.1	19.1	26.1	33.1	12.6	19.0	25.5	31.9	7.5	11.2	14.9	18.6																																																																																																																																																																																
0 องศา	HOR	ทุกทิศทาง	300	10.5	16.8	23.0	29.2	11.5	17.5	23.5	29.5	7.6	11.4	15.2	19.1																																																																																																																																																																																
0 องศา	HOR	ทุกทิศทาง	400	10.2	16.2	22.2	28.3	11.0	16.9	22.7	28.5	7.7	11.5	15.4	19.3																																																																																																																																																																																
ผนัง																																																																																																																																																																																															
ค่า DSH ₀ ความต้านทานอากาศภายนอก	- kJ/m ² °K																																																																																																																																																																																														
ค่า DSH ₁ ปูนฉาบ	= 0.015 x 1860 x 0.84 = 22.60 kJ/m ² °K																																																																																																																																																																																														
ค่า DSH ₂ อิฐ	= 0.07 x 1600 x 0.79 = 88.48 kJ/m ² °K																																																																																																																																																																																														
ค่า DSH ₃ ฉนวน	= 0.05 x 36 x 0.96 = 1.73 kJ/m ² °K																																																																																																																																																																																														
ค่า DSH ₄ ยิปซัมบอร์ด	= 0.012 x 800 x 1.09 = 10.46 kJ/m ² °K																																																																																																																																																																																														
ค่า DSH ₅ ความต้านทานอากาศภายใน	- kJ/m ² °K																																																																																																																																																																																														
Σ DSH	= 123.27 kJ/m ² °K																																																																																																																																																																																														

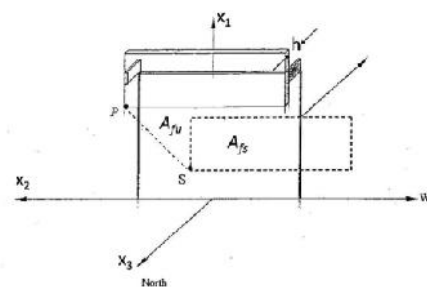
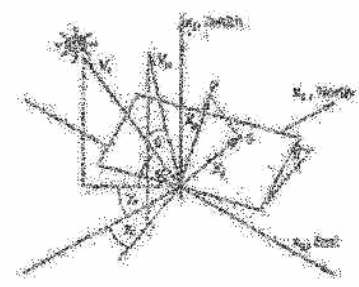
Procedure/Graphic Display		Steps		Results																							
				ค่ารังสีอาทิตย์ที่มีผลต่อการถ่ายเทความร้อน (ESR)																							
				สำหรับอาคารสถานศึกษา หรือ สำนักงาน												สำหรับอาคารโรงแรมที่พัก ศูนย์การค้า สถานบริการ						สำหรับอาคารโรงแรม สถานพยาบาล หรือ อาคารชุด					
				สำหรับอาคารสถานศึกษา หรือ สำนักงาน												ห้างสรรพสินค้า หรือ อาคารชุมนุมคน						สำหรับอาคารโรงแรม สถานพยาบาล หรือ อาคารชุด					
				มุม	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	มุม	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	มุม	N	NE	E	SE	S
0 องศา	437.38	437.38	437.38	437.38	437.38	437.38	437.38	437.38	0 องศา	326.55	326.55	326.55	326.55	326.55	326.55	326.55	326.55	0 องศา	191.44	191.44	191.44	191.44	191.44	191.44	191.44	191.44	191.44
15 องศา	405.00	421.74	433.61	440.00	441.62	438.90	431.51	419.53	15 องศา	303.15	307.90	315.66	323.63	330.14	333.80	331.91	321.31	15 องศา	177.49	185.24	190.45	193.01	193.33	191.76	188.38	183.39	
30 องศา	358.99	390.20	412.96	425.48	428.59	422.98	408.39	385.65	30 องศา	268.08	278.60	293.82	308.44	319.42	324.35	319.10	299.32	30 องศา	157.51	171.84	181.79	186.87	187.63	184.64	178.12	168.59	
45 องศา	306.68	348.31	379.58	397.17	401.47	393.20	372.57	341.61	45 องศา	227.46	243.07	264.27	283.71	297.18	301.59	292.50	266.04	45 องศา	134.67	153.68	167.29	174.48	175.71	171.59	162.54	149.52	
60 องศา	255.37	301.60	337.61	358.44	363.45	353.18	328.62	293.33	60 องศา	187.41	205.70	230.29	252.20	266.21	268.90	256.53	226.97	60 องศา	112.13	133.17	148.76	157.33	158.93	154.12	143.54	128.65	
75 องศา	212.39	255.60	291.21	312.65	317.70	306.52	281.11	246.70	75 องศา	154.06	170.92	195.12	216.63	229.31	229.66	215.55	187.56	75 องศา	93.08	112.74	128.05	136.87	138.66	133.74	123.01	108.45	
90 องศา	185.06	215.84	244.53	263.14	267.41	256.82	234.58	207.62	90 องศา	133.52	143.11	162.04	179.75	189.27	187.26	173.98	153.31	90 องศา	80.68	94.81	106.98	114.57	116.26	111.96	102.86	91.40	

- SHGC is from manufacturer, when only glass' SC is available, SHGC = SC x 0.87
- SC in this equation refers to shading's SC. SC of shadings can be calculated from propotion that the sading can reduce solar heat gain through transparent materials on 4 reference days which are 21st of March, 22nd of June, 23rd of September and 22nd of December.

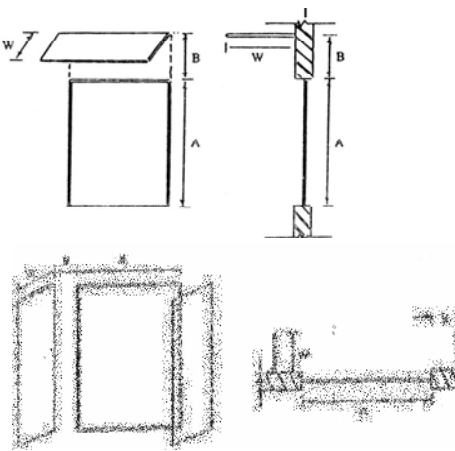
$$SC_y = \frac{\left[\left(\sum_{h=i}^n E_{ew} \right)_{21March} + \left(\sum_{h=i}^n E_{ew} \right)_{22June} + \left(\sum_{h=i}^n E_{ew} \right)_{23September} + \left(\sum_{h=i}^n E_{ew} \right)_{22December} \right]}{\left[\left(\sum_{h=i}^n E_{et\theta} \right)_{21March} + \left(\sum_{h=i}^n E_{et\theta} \right)_{22June} + \left(\sum_{h=i}^n E_{et\theta} \right)_{23September} + \left(\sum_{h=i}^n E_{et\theta} \right)_{22December} \right]}$$

$$E_{et\theta} = E_{es} \cos \theta + E_{ed} \frac{(1 + \cos \beta)}{2}$$

$$E_{ew} = \left(A_{fu} / A_f \right) (E_{es}) (\cos \theta) + (E_{ed}) \frac{(1 + \cos \beta)}{2}$$

Procedure/Graphic Display	Steps	Results								
		ตารางที่ 1.8 รังสีตรง (beam, E_{cs}) และรังสีกระจาย (diffuse, E_{cd}) ของดวงอาทิตย์ สำหรับวันอาทิตย์ 4 วัน								
		พลังงานของรังสีอาทิตย์ (W/m^2)								
		21 มีนาคม		22 มิถุนายน		23 กันยายน		22 ธันวาคม		
		beam	diffuse	beam	diffuse	beam	diffuse	beam	diffuse	
		เวลา								
		01:00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
		02:00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
		03:00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
		04:00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
		05:00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
		06:00	0.0	0.0	7.5	5.6	0.0	0.0	0.0	
		07:00	68.5	44.9	105.0	77.8	94.4	77.1	64.4	
		08:00	185.7	121.6	196.2	145.4	202.3	165.1	270.0	
		09:00	290.1	190.0	275.6	204.3	296.2	241.8	140.5	
		10:00	374.8	245.5	338.6	250.9	369.9	302.0	603.3	
		11:00	433.8	284.1	381.2	282.6	418.3	341.4	704.9	
		12:00	463.2	303.4	401.1	297.3	437.9	357.5	751.3	
		13:00	461.0	301.9	397.0	294.2	427.6	349.0	738.9	
		14:00	427.3	279.8	369.1	273.6	388.0	316.7	668.7	
		15:00	364.5	238.7	319.1	236.5	321.7	262.6	546.1	
		16:00	276.7	181.2	250.0	185.3	233.5	190.6	380.8	
		17:00	170.0	111.3	165.9	123.0	129.2	105.5	185.6	
		18:00	51.7	33.9	72.0	53.5	16.1	13.1	0.0	
		19:00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
		20:00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
		21:00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
		22:00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
		23:00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
		00:00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	

Procedure/Graphic Display	Steps	Results																																				
		<p>All calculations are shown and can be copy/print out so that designer can identify the problem if building gain too much heat.</p> <table border="1" data-bbox="1016 339 2033 579"> <thead> <tr> <th>Orientation</th> <th>Wall type</th> <th>Area (m²)</th> <th>U (W/m²o K)</th> <th>TDeq or T (K)</th> <th>ESR</th> <th>SHGC</th> <th>SC</th> <th>Q (W)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>North</td> <td>Lightweight wall</td> <td>120</td> <td>1.32</td> <td>32</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>5,068.8</td> </tr> <tr> <td>North</td> <td>Wood</td> <td>6</td> <td>1.2</td> <td>18</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>129.6</td> </tr> <tr> <td>North</td> <td>Window1</td> <td>20</td> <td>2.3</td> <td>5</td> <td>185.06</td> <td>0.8</td> <td>1 <input type="text" value="SC"/></td> <td>3,190.96</td> </tr> </tbody> </table> <p>SC Calculation</p> <p>To enter shading information for calculation, user can</p> <ol style="list-style-type: none"> Put the SC number manually. Click SC button, there are 2 options to calculate SC <ul style="list-style-type: none"> - For simple SC specified distance of shading from top or side of window then the depth of the window <div data-bbox="1003 901 2033 1353" style="border: 1px solid black; padding: 10px;">  <div style="background-color: #e0f0e0; padding: 5px; margin: 5px;"> <p>A = <input type="text"/> m</p> <p>B = <input type="text"/> m</p> <p>W = <input type="text"/> m</p> <p><input type="checkbox"/> Right <input type="checkbox"/> Left <input type="checkbox"/> Both</p> </div> <div style="background-color: #e0f0e0; padding: 5px; margin: 5px;"> <p>A = <input type="text"/> m</p> <p>B = <input type="text"/> m</p> <p>W = <input type="text"/> m</p> </div> <div style="text-align: right; margin-top: 10px;"> <input type="button" value="Calculate SC"/> </div> </div>	Orientation	Wall type	Area (m ²)	U (W/m ² o K)	TDeq or T (K)	ESR	SHGC	SC	Q (W)	North	Lightweight wall	120	1.32	32	-	-	-	5,068.8	North	Wood	6	1.2	18	-	-	-	129.6	North	Window1	20	2.3	5	185.06	0.8	1 <input type="text" value="SC"/>	3,190.96
Orientation	Wall type	Area (m ²)	U (W/m ² o K)	TDeq or T (K)	ESR	SHGC	SC	Q (W)																														
North	Lightweight wall	120	1.32	32	-	-	-	5,068.8																														
North	Wood	6	1.2	18	-	-	-	129.6																														
North	Window1	20	2.3	5	185.06	0.8	1 <input type="text" value="SC"/>	3,190.96																														

Procedure/Graphic Display	Steps	Results																																																																																															
		<p>- For complex shading, specified coordination of shadings.</p> <p>Window Azimuth <input type="text"/> °</p> <p>Window Inclination <input type="text"/> °</p> <table border="1" data-bbox="1093 363 1957 614"> <thead> <tr> <th rowspan="2"></th> <th colspan="3">Location from lower left point of window</th> <th colspan="12">Local coordinates</th> </tr> <tr> <th>X</th> <th>Y</th> <th>Z</th> <th>X1</th> <th>Y1</th> <th>X2</th> <th>Y2</th> <th>X3</th> <th>Y3</th> <th>X4</th> <th>Y4</th> <th>X5</th> <th>Y5</th> <th>X6</th> <th>Y6</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Window</td> <td><input type="text"/></td> <td><input type="text"/></td> <td><input type="text"/></td> <td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td> </tr> <tr> <td>Shading 1</td> <td></td><td></td><td></td> <td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td> </tr> <tr> <td>Fin 1</td> <td></td><td></td><td></td> <td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td> </tr> <tr> <td>Fin 2</td> <td></td><td></td><td></td> <td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td> </tr> </tbody> </table> <p><input type="button" value="Calculate SC"/> <input type="button" value="Show drawing"/></p> <p>- 3D of window and shading is shown when all data are entered.</p>		Location from lower left point of window			Local coordinates												X	Y	Z	X1	Y1	X2	Y2	X3	Y3	X4	Y4	X5	Y5	X6	Y6	Window	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>													Shading 1																Fin 1																Fin 2															
	Location from lower left point of window			Local coordinates																																																																																													
	X	Y	Z	X1	Y1	X2	Y2	X3	Y3	X4	Y4	X5	Y5	X6	Y6																																																																																		
Window	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>																																																																																														
Shading 1																																																																																																	
Fin 1																																																																																																	
Fin 2																																																																																																	

Procedure/Graphic Display	Steps	Results															
		<p>When all envelope data are entered. The overall thermal transfer value (OTTV) can be calculated by dividing total heat transfer through wall with total wall area. Similarly, Roof transfer value can be calculated the same way. OTTV/RTTV according to zones and orientations are also calculated.</p> $OTTV = \frac{\sum_{i=1}^n Q_i}{\sum_{i=1}^n A_i} \quad RTTV = \frac{\sum_{i=1}^n Q_i}{\sum_{i=1}^n A_i}$ <table border="1" data-bbox="1408 389 1935 601"> <thead> <tr> <th>Building type</th> <th>Maximum OTTV (W/m²)</th> <th>Maximum RTTV (W/m²)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>School Office</td> <td>50</td> <td>15</td> </tr> <tr> <td>Department store Exhibition hall</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Sport venue Theatre Entertainment venue Assembly building</td> <td>40</td> <td>12</td> </tr> <tr> <td>Hospital, Hotel, Condominium</td> <td>30</td> <td>10</td> </tr> </tbody> </table> <p>The overall OTTV and RTTV are then compared with building energy code and building category, then the "pass" or "fail" message is displayed.</p> <div data-bbox="1037 695 1538 916" style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> <p>OTTV 42.6 <input type="button" value="Pass"/></p> <p>RTTV 6.2 <input type="button" value="Pass"/></p> <p>OTTV in details</p> <p>North East South West Zone 1 Zone 2 Zone n</p> </div>	Building type	Maximum OTTV (W/m ²)	Maximum RTTV (W/m ²)	School Office	50	15	Department store Exhibition hall			Sport venue Theatre Entertainment venue Assembly building	40	12	Hospital, Hotel, Condominium	30	10
Building type	Maximum OTTV (W/m ²)	Maximum RTTV (W/m ²)															
School Office	50	15															
Department store Exhibition hall																	
Sport venue Theatre Entertainment venue Assembly building	40	12															
Hospital, Hotel, Condominium	30	10															
<p>Building input: HVAC system</p>		<p>Air conditioning system and their efficiencies in each zone can be entered.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Airconditioning system no more than 12,000 W • Air-cooled water chiller system • Water-cooled water chiller/reciprocating system • Water-cooled water chiller /Rotary Screw or Scroll system • Water-cooled water chiller /Centrifugal system • Other equipment: Chilled water pump • Other equipment: Condensing water pump • Other equipment: Cooling tower • Other equipment: Fan coil unit • Other equipment: Air handling unit • Absorbtion chiller/Single effect/CDW flow rate 0.105 L/s/kW 															

Procedure/Graphic Display	Steps	Results																																						
		<ul style="list-style-type: none"> Absorbtion chiller/Double effect/CDW flow rate 0.079 L/s/kW Absorbtion chiller/Single effect/CDW T-out 37.5°C Absorbtion chiller/Double effect/CDW T-out 37.5° <table border="1" data-bbox="976 379 1955 512"> <thead> <tr> <th>Zone</th> <th>AC system</th> <th>Cooling capacity (Tons)</th> <th>Rated power (kW)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>Water-cooled water chiller /Centrifugal system</td> <td>900</td> <td>680</td> </tr> </tbody> </table> <p>Calculation</p> <p>The efficiencies are compared with building energy code, then the "pass" or "fail" message is displayed.</p> <div style="text-align: center;"> <p>Small air conditioning system</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Size (W)</th> <th>COP (W/W)</th> <th>EER (Btu/u/W)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>≤ 12,000</td> <td>3.22</td> <td>11</td> </tr> </tbody> </table> </div> <div style="text-align: center;"> <p>Water chiller system</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">Type</th> <th>Tons</th> <th>kW/ton</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="2">Air-cooled</td> <td rowspan="2">All types</td> <td>< 300</td> <td>1.33</td> </tr> <tr> <td>> 300</td> <td>1.31</td> </tr> <tr> <td rowspan="4">Water-cooled</td> <td>reciprocating</td> <td>All sizes</td> <td>1.24</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">Rotary Screw or Scroll</td> <td>< 150</td> <td>0.89</td> </tr> <tr> <td>> 150</td> <td>0.78</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">Centrifugal</td> <td>< 500</td> <td>0.76</td> </tr> <tr> <td>> 500</td> <td>0.62</td> </tr> </tbody> </table> <p>Other equipment related to air-conditioning system which require electricity in operation which are condensing unit water pump fan coil units air handling units must have total electricity consumption not more than 0.5 kW/Ton</p> </div>	Zone	AC system	Cooling capacity (Tons)	Rated power (kW)	1	Water-cooled water chiller /Centrifugal system	900	680	Size (W)	COP (W/W)	EER (Btu/u/W)	≤ 12,000	3.22	11	Type		Tons	kW/ton	Air-cooled	All types	< 300	1.33	> 300	1.31	Water-cooled	reciprocating	All sizes	1.24	Rotary Screw or Scroll	< 150	0.89	> 150	0.78	Centrifugal	< 500	0.76	> 500	0.62
Zone	AC system	Cooling capacity (Tons)	Rated power (kW)																																					
1	Water-cooled water chiller /Centrifugal system	900	680																																					
Size (W)	COP (W/W)	EER (Btu/u/W)																																						
≤ 12,000	3.22	11																																						
Type		Tons	kW/ton																																					
Air-cooled	All types	< 300	1.33																																					
		> 300	1.31																																					
Water-cooled	reciprocating	All sizes	1.24																																					
	Rotary Screw or Scroll	< 150	0.89																																					
		> 150	0.78																																					
	Centrifugal	< 500	0.76																																					
> 500		0.62																																						

Procedure/Graphic Display	Steps	Results																																																				
		<p style="text-align: center;">Absorbion chiller</p> <table border="1" style="margin-bottom: 10px;"> <thead> <tr> <th rowspan="3">Type</th> <th colspan="2">Chilled water T</th> <th>Condenser water T</th> <th>Condenser water Flow rate</th> <th rowspan="3">COP</th> </tr> <tr> <th>In</th> <th>Out</th> <th>In</th> <th>In</th> </tr> <tr> <th colspan="2">°C</th> <th></th> <th>Liter/s/kW</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Single effect</td> <td>12</td> <td>7</td> <td>32</td> <td>0.105</td> <td>0.65</td> </tr> <tr> <td>Double effect</td> <td>12</td> <td>7</td> <td>32</td> <td>0.079</td> <td>1.1</td> </tr> </tbody> </table> <table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="3">Type</th> <th colspan="2">Chilled water T</th> <th colspan="2">Condenser water T</th> <th rowspan="3">COP</th> </tr> <tr> <th>In</th> <th>Out</th> <th>In</th> <th>Out</th> </tr> <tr> <th colspan="2">°C</th> <th></th> <th></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Single effect</td> <td>12</td> <td>7</td> <td>32</td> <td>37.5</td> <td>0.65</td> </tr> <tr> <td>Double effect</td> <td>12</td> <td>7</td> <td>32</td> <td>37.5</td> <td>1.1</td> </tr> </tbody> </table> <div style="border: 1px solid gray; padding: 5px; margin-top: 10px;"> <p>Building AC efficiency 3.56 <input type="button" value="Pass"/></p> <p>Zone 1 AC efficiency 3.42 <input type="button" value="Pass"/></p> <p>Zone n AC efficiency 3.48 <input type="button" value="Pass"/></p> </div>	Type	Chilled water T		Condenser water T	Condenser water Flow rate	COP	In	Out	In	In	°C			Liter/s/kW	Single effect	12	7	32	0.105	0.65	Double effect	12	7	32	0.079	1.1	Type	Chilled water T		Condenser water T		COP	In	Out	In	Out	°C				Single effect	12	7	32	37.5	0.65	Double effect	12	7	32	37.5	1.1
Type	Chilled water T			Condenser water T	Condenser water Flow rate	COP																																																
	In	Out		In	In																																																	
	°C			Liter/s/kW																																																		
Single effect	12	7	32	0.105	0.65																																																	
Double effect	12	7	32	0.079	1.1																																																	
Type	Chilled water T		Condenser water T		COP																																																	
	In	Out	In	Out																																																		
	°C																																																					
Single effect	12	7	32	37.5	0.65																																																	
Double effect	12	7	32	37.5	1.1																																																	
<p>Building input: Lighting Power Density (LPD)</p>		<p>Lighting power in each zone can be entered in W/m² or in total watts</p> <table border="1" style="margin-bottom: 10px;"> <thead> <tr> <th>Zone</th> <th>Lighting power</th> <th>Unit</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>5632</td> <td>W <input type="button" value="v"/></td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>1200</td> <td>W <input type="button" value="v"/></td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>460</td> <td>W <input type="button" value="v"/></td> </tr> </tbody> </table> <p>Calculation</p> <p>Lighting power density (LPD) can be calculated by summing total wattages of lighting system (Lighting lamps and ballasts) and divided by total areas. Natural lighting can be subtracted from total lighting system wattages if the conditions below are met.</p> $LPD_i = \frac{(LW_i + BW_i - NW_i)}{A_i}$ <p>Where LW is Total lighting wattages</p>	Zone	Lighting power	Unit	1	5632	W <input type="button" value="v"/>	2	1200	W <input type="button" value="v"/>	3	460	W <input type="button" value="v"/>																																								
Zone	Lighting power	Unit																																																				
1	5632	W <input type="button" value="v"/>																																																				
2	1200	W <input type="button" value="v"/>																																																				
3	460	W <input type="button" value="v"/>																																																				

Procedure/Graphic Display	Steps	Results														
		<p>BW is total ballast wattage NW is total lighting wattage replaced by natural light when Lightings within 1.5 meter from perimeter have separated circuits, glazing's SC is more than 0.3 and light to solar gain ratio (LSG) more than 1.</p> $LPD = \frac{\sum_{i=1}^n (A_i (LPD_i))}{\sum_{i=1}^n A_i}$ <table border="1" data-bbox="1451 440 1908 710"> <thead> <tr> <th>Building type</th> <th>Maximum LPD (W/m²)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>School Office</td> <td>14</td> </tr> <tr> <td>Department store</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Exhibition hall Sport venue</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Theatre Entertainment</td> <td>18</td> </tr> <tr> <td>Hospital Hotel</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Condominium</td> <td>12</td> </tr> </tbody> </table> <p>The LPD value is then compared with building energy code and building category, then the "pass" or "fail" message is displayed.</p> <div data-bbox="1357 807 1695 1010" style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> <p>LPD 11 <input type="button" value="Pass"/></p> <p>LPD in details</p> <p>Zone 1 Zone 2 Zone n</p> </div>	Building type	Maximum LPD (W/m ²)	School Office	14	Department store		Exhibition hall Sport venue		Theatre Entertainment	18	Hospital Hotel		Condominium	12
Building type	Maximum LPD (W/m ²)															
School Office	14															
Department store																
Exhibition hall Sport venue																
Theatre Entertainment	18															
Hospital Hotel																
Condominium	12															
<p>Building input: Equipments</p>		<p>Equipment power in each zone can be entered in W/m² or in total watts.</p> <table border="1" data-bbox="1218 1066 1796 1259"> <thead> <tr> <th>Zone</th> <th>Equipment power</th> <th>Unit</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>2300</td> <td>W <input type="button" value="v"/></td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>5600</td> <td>W <input type="button" value="v"/></td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>230</td> <td>W <input type="button" value="v"/></td> </tr> </tbody> </table> <p>Calculation</p> <p>Equipment power density (EQD) can be calculated by summing total wattages of equipment and divided by total areas.</p>	Zone	Equipment power	Unit	1	2300	W <input type="button" value="v"/>	2	5600	W <input type="button" value="v"/>	3	230	W <input type="button" value="v"/>		
Zone	Equipment power	Unit														
1	2300	W <input type="button" value="v"/>														
2	5600	W <input type="button" value="v"/>														
3	230	W <input type="button" value="v"/>														

Procedure/Graphic Display	Steps	Results																																																
		$EQD = \frac{\sum_{i=1}^n (A_i (EQD_i))}{\sum_{i=1}^n A_i}$																																																
<p>Building input : Hot water systems</p>		<p>Hot water system and their efficiencies in each zone can be entered. 6 types of systems area available.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Oil fired steam boiler • Oil fire hot water boiler • Gas fired steam boiler • Gas fire hot water boiler • Air-source heat pump water heater (Water T out flow 50°C) • Air-source heat pump water heater (Water T out flow 60°C) <table border="1" data-bbox="1184 708 1854 809"> <thead> <tr> <th>Zone</th> <th>Hot water system</th> <th>Efficiency</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>Gas fired steam boiler</td> <td>85%</td> </tr> </tbody> </table> <p>Calculation</p> <p>The efficiencies are then compared with building energy code, then the "pass" or "fail" message is displayed.</p> <table border="1" data-bbox="976 960 1928 1134"> <thead> <tr> <th colspan="2">Boiler</th> <th colspan="4">Air-source heat pump water heater</th> </tr> <tr> <th>Type</th> <th>Minimum Efficiency</th> <th colspan="3">Limit</th> <th rowspan="2">Minimum efficiency</th> </tr> <tr> <th colspan="2"></th> <th>Design type</th> <th>Water T in-flow</th> <th>Water T out-flow</th> <th>Outside Air T</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Oil fired steam boiler</td> <td>85</td> <td colspan="3"></td> <td rowspan="2">3.5</td> </tr> <tr> <td>Oil fire hot water boiler</td> <td>80</td> <td colspan="3">°C</td> </tr> <tr> <td>Gas fired steam boiler</td> <td>80</td> <td>Type 1</td> <td>30</td> <td>50</td> <td>30</td> <td rowspan="2">3</td> </tr> <tr> <td>Gas fire hot water boiler</td> <td>80</td> <td>Type 2</td> <td>30</td> <td>60</td> <td>30</td> </tr> </tbody> </table> <p style="text-align: center;">Hot water system efficiency 0.85 Pass</p>	Zone	Hot water system	Efficiency	1	Gas fired steam boiler	85%	Boiler		Air-source heat pump water heater				Type	Minimum Efficiency	Limit			Minimum efficiency			Design type	Water T in-flow	Water T out-flow	Outside Air T	Oil fired steam boiler	85				3.5	Oil fire hot water boiler	80	°C			Gas fired steam boiler	80	Type 1	30	50	30	3	Gas fire hot water boiler	80	Type 2	30	60	30
Zone	Hot water system	Efficiency																																																
1	Gas fired steam boiler	85%																																																
Boiler		Air-source heat pump water heater																																																
Type	Minimum Efficiency	Limit			Minimum efficiency																																													
		Design type	Water T in-flow	Water T out-flow		Outside Air T																																												
Oil fired steam boiler	85				3.5																																													
Oil fire hot water boiler	80	°C																																																
Gas fired steam boiler	80	Type 1	30	50	30	3																																												
Gas fire hot water boiler	80	Type 2	30	60	30																																													
<p>Building input : Renewable energy</p>		<p>Solar cell or photovoltaic (PV) system can be used to reduce electricity use in building System areas, efficiency, orientation and tilted angle can be entered.</p> <table border="1" data-bbox="1061 1262 1982 1343"> <thead> <tr> <th>System name</th> <th>Area</th> <th>Efficiency</th> <th>Orientation</th> <th>Inclination</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>1200</td> <td>0.12</td> <td>North</td> <td>30°</td> </tr> </tbody> </table> <p>Calculation</p>	System name	Area	Efficiency	Orientation	Inclination	1	1200	0.12	North	30°																																						
System name	Area	Efficiency	Orientation	Inclination																																														
1	1200	0.12	North	30°																																														

Procedure/Graphic Display	Steps	Results																								
		$PVE = \frac{(9)(365)(A_{mod})(\eta_{sys})(ESR_{PV})}{1000}$ <p>Where A_{mod} is system areas η_{sys} is system efficiency ESR is effective solar radiation from table., ESR of office build is used for all projects for PV output calculation.</p>																								
<p>Whole Building Energy calculation</p>		<p>Calculation</p> $E_{pa} = \sum_{i=1}^n \left[\frac{A_{wi}(OTTV_i)}{COP_i} + \frac{A_{ri}(RTTV_i)}{COP_i} + A_i \left\{ \frac{C_i(LPD_i) + C_e(EQD_i) + 130C_o(OCCU) + 24C_v(VENT_i)}{COP_i} \right\} \right] n_h$ $+ \sum_{i=1}^n A_i(LPD_i + EQD_i)n_h - PVE$ <p>Where Occu is occupancy at 0.1 person/ m² Vent is ventilation at 0.25 l/s C_i, C_e, C_o, C_v, n_h are from the following table</p> <table border="1" data-bbox="1043 842 2024 1023"> <thead> <tr> <th>Buiding type</th> <th>C_i</th> <th>C_e</th> <th>C_o</th> <th>C_v</th> <th>N_h</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>School Office</td> <td>0.84</td> <td>0.85</td> <td>0.9</td> <td>0.9</td> <td>2340</td> </tr> <tr> <td>Department store Exhibition hall Sport venue Theatre Entertainment venue Assembly building</td> <td>0.84</td> <td>0.85</td> <td>0.9</td> <td>0.9</td> <td>4380</td> </tr> <tr> <td>Hospital, Hotel, Condominium</td> <td>1</td> <td>1</td> <td>1</td> <td>1</td> <td>8760</td> </tr> </tbody> </table> <p>The reference building use building energy code standard value for OTTV, RTTV, COP and LPD without affect from daylighting and also no EQD and PVE</p> <p>The design building use actual value of OTTV, RTTV, COP and LPD with daylighting use subtracted where it is applicable as well as additional EQD and PVE</p> <p>The calculation value for both buildings are shown and the then the "pass" or "fail" message is displayed.</p>	Buiding type	C _i	C _e	C _o	C _v	N _h	School Office	0.84	0.85	0.9	0.9	2340	Department store Exhibition hall Sport venue Theatre Entertainment venue Assembly building	0.84	0.85	0.9	0.9	4380	Hospital, Hotel, Condominium	1	1	1	1	8760
Buiding type	C _i	C _e	C _o	C _v	N _h																					
School Office	0.84	0.85	0.9	0.9	2340																					
Department store Exhibition hall Sport venue Theatre Entertainment venue Assembly building	0.84	0.85	0.9	0.9	4380																					
Hospital, Hotel, Condominium	1	1	1	1	8760																					

Procedure/Graphic Display	Steps	Results																																																																																																																																																																																																																																																																																		
<p>Simulation and Result display</p>		<p>When all data entered is done, user can select Show all input data. Here, all inputs are shown and users have an opportunity to enter custom data/ adjust the data before the simulation. The input data can also be exported.</p> <table border="1" data-bbox="981 339 1966 726"> <thead> <tr> <th></th> <th>Space Name</th> <th>Parent Floor</th> <th>Zone Type</th> <th>Activity Desc.</th> <th>Sunspace</th> <th>Temperature (°F)</th> <th>X (ft)</th> <th>Y (ft)</th> <th>Z (ft)</th> <th>Azimuth (deg)</th> <th>Height (ft)</th> <th>Space Multiplier</th> <th>Floor Multiplier</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1</td><td>South Perim Spc (G.S1)</td><td>Ground Flr</td><td>Conditioned</td><td>Office (Executive)</td><td>No</td><td>70.0</td><td>0.00</td><td>0.00</td><td>0.00</td><td>0.00</td><td>9.00</td><td>1</td></tr> <tr><td>2</td><td>East Perim Spc (G.E2)</td><td>Ground Flr</td><td>Conditioned</td><td>Office (Executive)</td><td>No</td><td>70.0</td><td>111.80</td><td>0.00</td><td>0.00</td><td>-90.00</td><td>9.00</td><td>1</td></tr> <tr><td>3</td><td>North Perim Spc (G.N3)</td><td>Ground Flr</td><td>Conditioned</td><td>Office (Executive)</td><td>No</td><td>70.0</td><td>111.80</td><td>111.80</td><td>0.00</td><td>180.00</td><td>9.00</td><td>1</td></tr> <tr><td>4</td><td>West Perim Spc (G.W4)</td><td>Ground Flr</td><td>Conditioned</td><td>Office (Executive)</td><td>No</td><td>70.0</td><td>0.00</td><td>111.80</td><td>0.00</td><td>90.00</td><td>9.00</td><td>1</td></tr> <tr><td>5</td><td>Core Spc (G.C5)</td><td>Ground Flr</td><td>Conditioned</td><td>Office (Executive)</td><td>No</td><td>70.0</td><td>15.00</td><td>15.00</td><td>0.00</td><td>0.00</td><td>9.00</td><td>1</td></tr> <tr><td>6</td><td>South Perim Plnm (G.S6)</td><td>Ground Flr</td><td>Unconditioned</td><td>(no default)</td><td>No</td><td>70.0</td><td>0.00</td><td>0.00</td><td>9.00</td><td>0.00</td><td>3.00</td><td>1</td></tr> <tr><td>7</td><td>East Perim Plnm (G.E7)</td><td>Ground Flr</td><td>Unconditioned</td><td>(no default)</td><td>No</td><td>70.0</td><td>111.80</td><td>0.00</td><td>9.00</td><td>-90.00</td><td>3.00</td><td>1</td></tr> <tr><td>8</td><td>North Perim Plnm (G.N8)</td><td>Ground Flr</td><td>Unconditioned</td><td>(no default)</td><td>No</td><td>70.0</td><td>111.80</td><td>111.80</td><td>9.00</td><td>180.00</td><td>3.00</td><td>1</td></tr> <tr><td>9</td><td>West Perim Plnm (G.W9)</td><td>Ground Flr</td><td>Unconditioned</td><td>(no default)</td><td>No</td><td>70.0</td><td>0.00</td><td>111.80</td><td>9.00</td><td>90.00</td><td>3.00</td><td>1</td></tr> <tr><td>10</td><td>Core Plnm (G.C10)</td><td>Ground Flr</td><td>Unconditioned</td><td>(no default)</td><td>No</td><td>70.0</td><td>15.00</td><td>15.00</td><td>9.00</td><td>0.00</td><td>3.00</td><td>1</td></tr> <tr><td>11</td><td>South Perim Spc (T.S11)</td><td>Top Flr</td><td>Conditioned</td><td>Office (Executive)</td><td>No</td><td>70.0</td><td>0.00</td><td>0.00</td><td>0.00</td><td>0.00</td><td>9.00</td><td>1</td></tr> <tr><td>12</td><td>East Perim Spc (T.E12)</td><td>Top Flr</td><td>Conditioned</td><td>Office (Executive)</td><td>No</td><td>70.0</td><td>111.80</td><td>0.00</td><td>0.00</td><td>-90.00</td><td>9.00</td><td>1</td></tr> <tr><td>13</td><td>North Perim Spc (T.N13)</td><td>Top Flr</td><td>Conditioned</td><td>Office (Executive)</td><td>No</td><td>70.0</td><td>111.80</td><td>111.80</td><td>0.00</td><td>180.00</td><td>9.00</td><td>1</td></tr> <tr><td>14</td><td>West Perim Spc (T.W14)</td><td>Top Flr</td><td>Conditioned</td><td>Office (Executive)</td><td>No</td><td>70.0</td><td>0.00</td><td>111.80</td><td>0.00</td><td>90.00</td><td>9.00</td><td>1</td></tr> <tr><td>15</td><td>Core Spc (T.C15)</td><td>Top Flr</td><td>Conditioned</td><td>Office (Executive)</td><td>No</td><td>70.0</td><td>15.00</td><td>15.00</td><td>0.00</td><td>0.00</td><td>9.00</td><td>1</td></tr> <tr><td>16</td><td>South Perim Plnm (T.S16)</td><td>Top Flr</td><td>Unconditioned</td><td>(no default)</td><td>No</td><td>70.0</td><td>0.00</td><td>0.00</td><td>9.00</td><td>0.00</td><td>3.00</td><td>1</td></tr> <tr><td>17</td><td>East Perim Plnm (T.E17)</td><td>Top Flr</td><td>Unconditioned</td><td>(no default)</td><td>No</td><td>70.0</td><td>111.80</td><td>0.00</td><td>9.00</td><td>-90.00</td><td>3.00</td><td>1</td></tr> <tr><td>18</td><td>North Perim Plnm (T.N18)</td><td>Top Flr</td><td>Unconditioned</td><td>(no default)</td><td>No</td><td>70.0</td><td>111.80</td><td>111.80</td><td>9.00</td><td>180.00</td><td>3.00</td><td>1</td></tr> <tr><td>19</td><td>West Perim Plnm (T.W19)</td><td>Top Flr</td><td>Unconditioned</td><td>(no default)</td><td>No</td><td>70.0</td><td>0.00</td><td>111.80</td><td>9.00</td><td>90.00</td><td>3.00</td><td>1</td></tr> <tr><td>20</td><td>Core Plnm (T.C20)</td><td>Top Flr</td><td>Unconditioned</td><td>(no default)</td><td>No</td><td>70.0</td><td>15.00</td><td>15.00</td><td>9.00</td><td>0.00</td><td>3.00</td><td>1</td></tr> </tbody> </table> <p>Simulation and all calculations are performed at once when click Perform simulation. Three types of result are display;</p> <ul style="list-style-type: none"> - Compliance with building energy code OTTV/ RTTV/ LPD/ Hot water system efficiency/ COP value/ Whole building calculation for the whole building as well as each direction and each zoning are display with "pass" or "fail" message. - Calculation result details are displayed in graphic style  <p>Calculation numerical results can be displayed and exported to excel format for futher analysis.</p>		Space Name	Parent Floor	Zone Type	Activity Desc.	Sunspace	Temperature (°F)	X (ft)	Y (ft)	Z (ft)	Azimuth (deg)	Height (ft)	Space Multiplier	Floor Multiplier	1	South Perim Spc (G.S1)	Ground Flr	Conditioned	Office (Executive)	No	70.0	0.00	0.00	0.00	0.00	9.00	1	2	East Perim Spc (G.E2)	Ground Flr	Conditioned	Office (Executive)	No	70.0	111.80	0.00	0.00	-90.00	9.00	1	3	North Perim Spc (G.N3)	Ground Flr	Conditioned	Office (Executive)	No	70.0	111.80	111.80	0.00	180.00	9.00	1	4	West Perim Spc (G.W4)	Ground Flr	Conditioned	Office (Executive)	No	70.0	0.00	111.80	0.00	90.00	9.00	1	5	Core Spc (G.C5)	Ground Flr	Conditioned	Office (Executive)	No	70.0	15.00	15.00	0.00	0.00	9.00	1	6	South Perim Plnm (G.S6)	Ground Flr	Unconditioned	(no default)	No	70.0	0.00	0.00	9.00	0.00	3.00	1	7	East Perim Plnm (G.E7)	Ground Flr	Unconditioned	(no default)	No	70.0	111.80	0.00	9.00	-90.00	3.00	1	8	North Perim Plnm (G.N8)	Ground Flr	Unconditioned	(no default)	No	70.0	111.80	111.80	9.00	180.00	3.00	1	9	West Perim Plnm (G.W9)	Ground Flr	Unconditioned	(no default)	No	70.0	0.00	111.80	9.00	90.00	3.00	1	10	Core Plnm (G.C10)	Ground Flr	Unconditioned	(no default)	No	70.0	15.00	15.00	9.00	0.00	3.00	1	11	South Perim Spc (T.S11)	Top Flr	Conditioned	Office (Executive)	No	70.0	0.00	0.00	0.00	0.00	9.00	1	12	East Perim Spc (T.E12)	Top Flr	Conditioned	Office (Executive)	No	70.0	111.80	0.00	0.00	-90.00	9.00	1	13	North Perim Spc (T.N13)	Top Flr	Conditioned	Office (Executive)	No	70.0	111.80	111.80	0.00	180.00	9.00	1	14	West Perim Spc (T.W14)	Top Flr	Conditioned	Office (Executive)	No	70.0	0.00	111.80	0.00	90.00	9.00	1	15	Core Spc (T.C15)	Top Flr	Conditioned	Office (Executive)	No	70.0	15.00	15.00	0.00	0.00	9.00	1	16	South Perim Plnm (T.S16)	Top Flr	Unconditioned	(no default)	No	70.0	0.00	0.00	9.00	0.00	3.00	1	17	East Perim Plnm (T.E17)	Top Flr	Unconditioned	(no default)	No	70.0	111.80	0.00	9.00	-90.00	3.00	1	18	North Perim Plnm (T.N18)	Top Flr	Unconditioned	(no default)	No	70.0	111.80	111.80	9.00	180.00	3.00	1	19	West Perim Plnm (T.W19)	Top Flr	Unconditioned	(no default)	No	70.0	0.00	111.80	9.00	90.00	3.00	1	20	Core Plnm (T.C20)	Top Flr	Unconditioned	(no default)	No	70.0	15.00	15.00	9.00	0.00	3.00	1
	Space Name	Parent Floor	Zone Type	Activity Desc.	Sunspace	Temperature (°F)	X (ft)	Y (ft)	Z (ft)	Azimuth (deg)	Height (ft)	Space Multiplier	Floor Multiplier																																																																																																																																																																																																																																																																							
1	South Perim Spc (G.S1)	Ground Flr	Conditioned	Office (Executive)	No	70.0	0.00	0.00	0.00	0.00	9.00	1																																																																																																																																																																																																																																																																								
2	East Perim Spc (G.E2)	Ground Flr	Conditioned	Office (Executive)	No	70.0	111.80	0.00	0.00	-90.00	9.00	1																																																																																																																																																																																																																																																																								
3	North Perim Spc (G.N3)	Ground Flr	Conditioned	Office (Executive)	No	70.0	111.80	111.80	0.00	180.00	9.00	1																																																																																																																																																																																																																																																																								
4	West Perim Spc (G.W4)	Ground Flr	Conditioned	Office (Executive)	No	70.0	0.00	111.80	0.00	90.00	9.00	1																																																																																																																																																																																																																																																																								
5	Core Spc (G.C5)	Ground Flr	Conditioned	Office (Executive)	No	70.0	15.00	15.00	0.00	0.00	9.00	1																																																																																																																																																																																																																																																																								
6	South Perim Plnm (G.S6)	Ground Flr	Unconditioned	(no default)	No	70.0	0.00	0.00	9.00	0.00	3.00	1																																																																																																																																																																																																																																																																								
7	East Perim Plnm (G.E7)	Ground Flr	Unconditioned	(no default)	No	70.0	111.80	0.00	9.00	-90.00	3.00	1																																																																																																																																																																																																																																																																								
8	North Perim Plnm (G.N8)	Ground Flr	Unconditioned	(no default)	No	70.0	111.80	111.80	9.00	180.00	3.00	1																																																																																																																																																																																																																																																																								
9	West Perim Plnm (G.W9)	Ground Flr	Unconditioned	(no default)	No	70.0	0.00	111.80	9.00	90.00	3.00	1																																																																																																																																																																																																																																																																								
10	Core Plnm (G.C10)	Ground Flr	Unconditioned	(no default)	No	70.0	15.00	15.00	9.00	0.00	3.00	1																																																																																																																																																																																																																																																																								
11	South Perim Spc (T.S11)	Top Flr	Conditioned	Office (Executive)	No	70.0	0.00	0.00	0.00	0.00	9.00	1																																																																																																																																																																																																																																																																								
12	East Perim Spc (T.E12)	Top Flr	Conditioned	Office (Executive)	No	70.0	111.80	0.00	0.00	-90.00	9.00	1																																																																																																																																																																																																																																																																								
13	North Perim Spc (T.N13)	Top Flr	Conditioned	Office (Executive)	No	70.0	111.80	111.80	0.00	180.00	9.00	1																																																																																																																																																																																																																																																																								
14	West Perim Spc (T.W14)	Top Flr	Conditioned	Office (Executive)	No	70.0	0.00	111.80	0.00	90.00	9.00	1																																																																																																																																																																																																																																																																								
15	Core Spc (T.C15)	Top Flr	Conditioned	Office (Executive)	No	70.0	15.00	15.00	0.00	0.00	9.00	1																																																																																																																																																																																																																																																																								
16	South Perim Plnm (T.S16)	Top Flr	Unconditioned	(no default)	No	70.0	0.00	0.00	9.00	0.00	3.00	1																																																																																																																																																																																																																																																																								
17	East Perim Plnm (T.E17)	Top Flr	Unconditioned	(no default)	No	70.0	111.80	0.00	9.00	-90.00	3.00	1																																																																																																																																																																																																																																																																								
18	North Perim Plnm (T.N18)	Top Flr	Unconditioned	(no default)	No	70.0	111.80	111.80	9.00	180.00	3.00	1																																																																																																																																																																																																																																																																								
19	West Perim Plnm (T.W19)	Top Flr	Unconditioned	(no default)	No	70.0	0.00	111.80	9.00	90.00	3.00	1																																																																																																																																																																																																																																																																								
20	Core Plnm (T.C20)	Top Flr	Unconditioned	(no default)	No	70.0	15.00	15.00	9.00	0.00	3.00	1																																																																																																																																																																																																																																																																								
<p>Energy efficiency measures</p>		<p>Simple options for energy efficiency measure such as changes of</p>																																																																																																																																																																																																																																																																																		

Procedure/Graphic Display	Steps	Results
		<ul style="list-style-type: none"> ○ Wall color ○ Wall type ○ Insulation ○ Glazing type ○ LPD ○ EQD ○ COP Etc. <p>are available and the program take care of changing relevent features. The whole building energy uses are then compared with original design for quick decision of energy efficient measures.</p>

Note

- When default value are changed, the font color is also changed to indicate that this is user's values
- Definition/explanation appear when users place a mouse over the words

โครงสร้างวิชา (Module's Structure)

หมวดวิชา GROUP	การตรวจสอบและวิเคราะห์การใช้พลังงาน ENERGY AUDIT PRACTICE (E)	E
วิชา Module	การจัดทำแผนและรายงานการตรวจวัดและพิสูจน์ผลประหยัดพลังงาน Measurement and Verification Plan and Reporting	2.2
เวลาอบรม	1 วัน (6 ชั่วโมง)	
Version	1.0 , มกราคม 2557	
ความรู้พื้นฐาน ที่ต้องการ	<ul style="list-style-type: none"> - เทคโนโลยีด้านการอนุรักษ์พลังงานในอาคาร (งานออกแบบ หรือ งานปฏิบัติงานและบำรุงรักษาอุปกรณ์) – Design Practice or O&M Practice - การตรวจสอบและวิเคราะห์การใช้พลังงานสำหรับงานวิศวกรรมระบบประกอบอาคาร – Energy Audit Practice : Module E-2.1 - เครื่องมือที่ใช้ในการตรวจสอบและตรวจวัดการใช้พลังงาน – Energy Audit Practice : Module E-2.1 	

หัวข้อวิชา

Chapter 1 บทที่ 1	Introduction to Measurement and Verification Protocol ความรู้เบื้องต้นสำหรับการตรวจวัดและพิสูจน์ผลประหยัดพลังงาน 1.1 วัตถุประสงค์และขอบเขตของการตรวจวัดและพิสูจน์ผลประหยัดพลังงาน 1.2 ประโยชน์ของการตรวจวัดและพิสูจน์ผลประหยัดพลังงาน 1.3 ข้อกำหนดในการตรวจวัดและพิสูจน์ผลประหยัดพลังงาน
Chapter 2 บทที่ 2	Principles of Measurement and Verification หลักการตรวจวัดและพิสูจน์ผลประหยัดพลังงาน
Chapter 3 บทที่ 3	Measurement and Verification Framework and Options แนวทางและทางเลือกในการตรวจวัดและพิสูจน์ผลประหยัดพลังงาน
Chapter 4 บทที่ 4	Measurement and Verification Plan การจัดทำแผนการตรวจวัดและพิสูจน์ผลประหยัดพลังงาน
Chapter 5 บทที่ 5	Measurement and Verification Reporting การจัดทำรายงานผลการตรวจวัดและพิสูจน์ผลประหยัดพลังงาน
Chapter 6 บทที่ 6	Examples of Measurement and Verification Practice ตัวอย่างการตรวจวัดและพิสูจน์ผลประหยัดพลังงาน

หมวดวิชา GROUP	การตรวจสอบและวิเคราะห์การใช้พลังงาน ENERGY AUDIT PRACTICE (E)	E
วิชา Module	การจัดทำแผนและรายงานการตรวจวัดและพิสูจน์ผลประหยัดพลังงาน Measurement and Verification Plan and Reporting	2.2

Chapter 1	Introduction to Measurement and Verification Protocol
บทที่ 1	ความรู้เบื้องต้นสำหรับการตรวจวัดและพิสูจน์ผลประหยัดพลังงาน
1.1	วัตถุประสงค์และขอบเขตของการตรวจวัดและพิสูจน์ผลประหยัดพลังงาน
1.2	ประโยชน์ของการตรวจวัดและพิสูจน์ผลประหยัดพลังงาน
1.3	ข้อกำหนดในการตรวจวัดและพิสูจน์ผลประหยัดพลังงาน

บทที่ 1

ความรู้เบื้องต้นสำหรับการตรวจวัดและพิสูจน์ผลประหยัดพลังงาน

1.1 วัตถุประสงค์และขอบเขตของการตรวจวัดและพิสูจน์ผลประหยัดพลังงาน

การตรวจวัดและพิสูจน์ผลประหยัดพลังงาน มีวัตถุประสงค์ เพื่อตรวจสอบข้อมูลการใช้พลังงานก่อนและหลังการปรับปรุงอุปกรณ์หรือระบบ ทั้งนี้เพื่อให้เกิดความมั่นใจในมาตรการหรือโครงการอนุรักษ์พลังงานที่ได้ดำเนินการไป ส่งผลให้เกิดการลงทุนในโครงการหรือมาตรการอนุรักษ์พลังงานมากขึ้น

กระบวนการตรวจวัดและพิสูจน์ผลประหยัดพลังงาน ประกอบด้วยกิจกรรมหลักดังนี้

1. การเตรียมแผนการตรวจวัดและพิสูจน์ผลประหยัดพลังงาน
2. การจัดทำค่าฐานการใช้พลังงานก่อนการปรับปรุง
3. การตรวจสอบและตรวจวัดข้อมูลการใช้พลังงานหลังการปรับปรุง
4. การวิเคราะห์ผลประหยัดพลังงานและจัดทำรายงานผลการตรวจวัดและพิสูจน์ผลประหยัดพลังงาน

รายละเอียดสำหรับแต่ละขั้นตอนของการตรวจวัดและพิสูจน์ผลประหยัดพลังงาน แสดงได้ดังนี้

1.1.1 การเตรียมแผนการตรวจวัดและพิสูจน์ผลประหยัดพลังงาน (Measurement and Verification Plan – M&V Plan)

ขั้นตอนแรกของการตรวจวัดและพิสูจน์ผลประหยัดพลังงาน จะเริ่มจากการจัดเตรียมแผนการตรวจวัดและพิสูจน์ผลประหยัดพลังงาน ซึ่งการจัดเตรียมแผนการตรวจวัดและพิสูจน์ผลประหยัดพลังงานควรดำเนินการโดยผู้รับผิดชอบโครงการหรือวิศวกรที่มีหน้าที่ดูแลการใช้พลังงานของโครงการหรือมาตรการในส่วนงานที่เกี่ยวข้อง

การจัดเตรียมแผนการตรวจวัดและพิสูจน์ผลประหยัดพลังงาน (Measurement & Verification Plan – M&V Plan) มีวัตถุประสงค์ เพื่อกำหนดหลักการ วิธีการ รายละเอียดและขอบเขตของการตรวจวัดและพิสูจน์ผลประหยัดพลังงาน

การจัดทำแผนการตรวจวัดและพิสูจน์ผลประหยัดพลังงาน ควรประกอบด้วยรายละเอียดอย่างน้อยดังนี้ (รายละเอียดสำหรับแต่ละข้อย่อยแสดงไว้ในบทที่ 3 การจัดทำแผนการตรวจวัดและพิสูจน์ผลประหยัดพลังงาน)

- 1.1.1.1 รายละเอียดหรือความต้องการในการปรับปรุงการใช้พลังงานของมาตรการหรือโครงการ (Documentation of the design intent) ขอบเขตด้านเทคนิคของการปรับปรุง
- 1.1.1.2 ข้อมูลค่าฐานการใช้พลังงาน รวมถึงรายละเอียดตัวแปรที่มีผลต่อการใช้พลังงานของโครงการหรือมาตรการที่ทำการปรับปรุง
- 1.1.1.3 ขั้นตอนและวิธีการตรวจวัดและพิสูจน์ผลประหยัดพลังงานที่เลือกใช้ในแต่ละขั้นตอน
- 1.1.1.4 ขั้นตอนและวิธีการควบคุมคุณภาพในการตรวจวัดและพิสูจน์ผลประหยัดพลังงาน
- 1.1.1.5 ข้อมูลตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับการใช้พลังงานที่จะทำการตรวจวัด พร้อมกำหนดวิธีการคำนวณค่าการใช้พลังงานจากตัวแปรต่างๆ ที่ทำการตรวจวัด
- 1.1.1.6 ข้อมูลรายละเอียด software ที่จะใช้ในการคำนวณค่าการใช้พลังงาน (กรณีที่ใช้วิธีการตรวจวัดและพิสูจน์ผลประหยัดพลังงานโดยใช้ Simulation Software)

- 1.1.1.7 ข้อกำหนดสำหรับเครื่องมือที่ต้องใช้ในการตรวจวัดการใช้พลังงาน หรือตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับการใช้พลังงาน
- 1.1.1.8 ตำแหน่งของการตรวจสอบและตรวจวัดการใช้พลังงาน หรือ ตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับการใช้พลังงาน
- 1.1.1.9 วิธีการและระยะเวลาสำหรับการสอบเทียบหรือทวนสอบเครื่องมือตรวจสอบและตรวจวัดการใช้พลังงาน หรือ ตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับการใช้พลังงาน
- 1.1.1.10 ช่วงเวลาการตรวจวัดที่เหมาะสมกับวิธีการตรวจวัดและลักษณะของโครงการหรือมาตรการที่ทำการปรับปรุง
- 1.1.1.11 ข้อมูลค่าฐานสำหรับตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับการใช้พลังงานในขณะที่ทำการตรวจสอบและตรวจวัด เช่น อุณหภูมิภายนอก, ปริมาณการผลิต หรือ ค่าตัวแปรต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการใช้พลังงาน เป็นต้น
- 1.1.1.12 ค่าความคลาดเคลื่อนที่ยอมรับได้สำหรับการตรวจสอบและตรวจวัดการใช้พลังงาน และวิธีปรับแก้ไข
- 1.1.1.13 รูปแบบการรายงานผลการตรวจวัดและพิสูจน์ผลประหยัดพลังงาน
- 1.1.1.14 งบประมาณและบุคลากรที่ต้องใช้ในการตรวจวัดและพิสูจน์ผลประหยัดพลังงาน

การจัดทำแผนการตรวจวัดและพิสูจน์ผลประหยัดพลังงาน ควรเริ่มดำเนินการในขั้นตอนการออกแบบ หรือ การกำหนดมาตรการในการปรับปรุง ทั้งนี้ เนื่องจากการกำหนดรายละเอียด ขั้นตอนและวิธีการตรวจวัดและพิสูจน์ผลประหยัดพลังงาน อาจจำเป็นต้องมีการติดตั้งอุปกรณ์ตรวจวัดเพิ่มเติม หรือ อาจจะกระทบกับวิธีการหรือเวลาในการทำงานของบริเวณที่ปรับปรุงได้ ดังนั้น ข้อมูลที่ได้จากการจัดทำแผนการตรวจวัดและพิสูจน์ผลประหยัดพลังงานจะทำให้การออกแบบหรือกำหนดมาตรการในการปรับปรุงทำได้โดยสมบูรณ์มากขึ้น และช่วยหลีกเลี่ยงปัญหาที่อาจทำให้ต้องแก้ไขหรือเพิ่มเติมการติดตามได้ในอนาคต

1.1.2 การจัดทำค่าฐานการใช้พลังงานก่อนการปรับปรุง (Baseline Energy Consumption Development)

ในการวิเคราะห์เพื่อพิสูจน์ผลประหยัดพลังงาน จำเป็นต้องใช้ข้อมูลการใช้พลังงานก่อนการปรับปรุงเพื่อเปรียบเทียบค่าการใช้พลังงานภายหลังการปรับปรุงแล้วเสร็จ ดังนั้นก่อนดำเนินการปรับปรุงอุปกรณ์เพื่อให้เกิดการอนุรักษ์พลังงาน จำเป็นต้องจัดทำค่าฐานการใช้พลังงานก่อนการปรับปรุงซึ่งประกอบด้วย ผลการตรวจวัดการใช้พลังงานและค่าตัวแปรควบคุมการใช้พลังงาน

ผลการตรวจวัดการใช้พลังงาน : โดยทั่วไปจะใช้ค่าดัชนีการใช้พลังงาน เพื่อกำหนดเป็นค่าฐานการใช้พลังงานก่อนการปรับปรุงของโครงการหรือมาตรการที่กำหนด

ตัวแปรควบคุมการใช้พลังงาน : การใช้พลังงานในระบบต่าง ๆ จะเปลี่ยนแปลงไปตามตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับการใช้พลังงาน ดังนั้น ในการจัดทำค่าฐานการใช้พลังงานจึงต้องกำหนดตัวแปรควบคุมที่เกี่ยวข้องกับการใช้พลังงาน และกำหนดค่าฐานของตัวแปรควบคุมให้ชัดเจน ทั้งนี้ เพื่อใช้ประกอบการกำหนดสถานะในการตรวจสอบและวิเคราะห์การใช้พลังงานหลังการปรับปรุงได้ถูกต้องต่อไป

ทั้งนี้ในการตรวจวัดการใช้พลังงานเพื่อกำหนดค่าดัชนีการใช้พลังงาน จะมีวิธีการที่แตกต่างกันไปขึ้นอยู่กับลักษณะของโครงการหรือมาตรการอนุรักษ์พลังงานที่ดำเนินการ โดยแสดงรายละเอียดไว้ใน **บทที่ 4 แนวทางและทางเลือกในการตรวจวัดและพิสูจน์ผลประหยัดพลังงาน**

1.1.3 การตรวจสอบและตรวจวัดข้อมูลการใช้พลังงานหลังการปรับปรุง (Post Energy Audit Analysis)

การตรวจสอบและตรวจวัดข้อมูลการใช้พลังงานหลังการปรับปรุง (Post Energy Audit Analysis) จะดำเนินการภายหลังจากการปรับปรุงหรือติดตั้งอุปกรณ์ประหยัดพลังงานแล้วเสร็จและอุปกรณ์หรือระบบมีการใช้งานในสภาวะปกติ โดยวิธีการตรวจสอบและตรวจวัดการใช้พลังงานหลังการปรับปรุง จะต้องดำเนินการในลักษณะเดียวกับการจัดทำค่าฐานการใช้พลังงานก่อนการปรับปรุง ในสภาวะที่ตัวแปรควบคุมการใช้พลังงานมีค่าสอดคล้องกับค่าฐานที่กำหนดไว้ในขณะที่ทำการจัดทำค่าฐานการใช้พลังงาน

ในกรณีที่ไม่สามารถปรับค่าตัวแปรควบคุมการใช้พลังงานภายหลังจากการปรับปรุงให้มีค่าสอดคล้องกับค่าฐานของตัวแปรควบคุมการใช้พลังงานก่อนปรับปรุงได้ จะต้องทำการปรับค่าผลการใช้พลังงานหลังการปรับปรุง โดยใช้ค่าปรับปรุง (Adjustment) ที่เหมาะสม ทั้งนี้ เพื่อให้ผลการใช้พลังงานก่อนและหลังการปรับปรุงอยู่ในสภาวะการทำงานที่สอดคล้องกันต่อไป

1.1.4 การวิเคราะห์ผลประหยัดพลังงานและการจัดทำรายงานผลการตรวจวัดและพิสูจน์ผลประหยัดพลังงาน (Energy Saving Analysis and Reporting)

ผลประหยัดพลังงาน (Energy Saving Analysis) สำหรับโครงการอนุรักษ์พลังงาน ทำโดยการเปรียบเทียบผลการใช้พลังงานก่อนการปรับปรุง เทียบกับ ผลการใช้พลังงานหลังการปรับปรุง ที่มีการปรับค่าปรับปรุง (Adjustment) เป็นที่เรียบร้อยแล้ว เพื่อวิเคราะห์ร้อยละของการประหยัดพลังงาน ผลประหยัดพลังงาน และค่าใช้จ่ายด้านพลังงานที่เกิดขึ้น พร้อมจัดทำรายงานแสดงผลการตรวจวัดและพิสูจน์ผลประหยัดพลังงานเพื่อนำเสนอผู้บริหาร ผู้เกี่ยวข้อง และจัดเก็บไว้เป็นข้อมูลในการดำเนินการต่อไป ทั้งนี้ รายละเอียดวิธีวิเคราะห์ผลประหยัดพลังงานและการจัดทำรายงานฯ จะกล่าวถึงโดยละเอียดใน **บทที่ 5 การจัดทำรายงานผลการตรวจวัดและพิสูจน์ผลประหยัดพลังงาน**

1.2 ประโยชน์ของการตรวจวัดและพิสูจน์ผลประหยัดพลังงาน

การตรวจวัดและพิสูจน์ผลประหยัดพลังงานจะทำให้ทราบข้อมูลผลการใช้พลังงานก่อนและหลังการปรับปรุงการใช้พลังงาน ผลประหยัดพลังงาน ค่าใช้จ่ายด้านพลังงานที่ประหยัดได้ นอกจากนี้ การนำข้อมูลที่ได้จากการตรวจวัดและพิสูจน์ผลประหยัดพลังงานไปวิเคราะห์และใช้งานอย่างต่อเนื่อง จะทำให้เกิดประโยชน์อย่างน้อยดังนี้

- 1.2.1 **ผลประหยัดพลังงานเพิ่มมากขึ้น (Increase Energy Savings) :** ข้อมูลจากการตรวจวัดและพิสูจน์ผลประหยัดพลังงานที่ชัดเจนจะทำให้ผู้บริหาร ผู้ปฏิบัติงาน และผู้เกี่ยวข้อง เข้าใจถึงประโยชน์ของโครงการอนุรักษ์พลังงาน ขณะเดียวกันการวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากการตรวจวัดและพิสูจน์ผลประหยัดพลังงานอย่างต่อเนื่องจะทำให้ทราบแนวทางที่จะปรับปรุงการทำงานสำหรับโครงการนั้น ๆ เพิ่มเติมหรือ ขยายผลไปยังโครงการอนุรักษ์พลังงานอื่น ๆ ทำให้เกิดผลประหยัดพลังงานเพิ่มมากขึ้นได้
- 1.2.2 **สนับสนุนการแก้ไขปัญหาในการใช้งานและบำรุงรักษาอุปกรณ์ (Operations and Maintenance Troubleshooting) :** ข้อมูลที่ได้จากการตรวจวัดและพิสูจน์ผลประหยัดพลังงานในช่วงแรกของการเริ่มใช้งานอุปกรณ์ใหม่ สามารถใช้เป็นข้อมูลประกอบการกำหนดวิธีการแก้ไขปัญหาในการใช้งานและบำรุงรักษาอุปกรณ์ที่อยู่ระหว่างเริ่มใช้งานได้เป็นอย่างดี โดยเฉพาะในระยะหนึ่งถึงสองปีแรกของการใช้งาน

- 1.2.3 **สนับสนุนการรับประกันสมรรถนะอุปกรณ์ (Performance Contracting) :** ข้อมูลที่ได้จากการตรวจวัดและพิสูจน์ผลประหยัดพลังงานที่ชัดเจนและเป็นไปตามมาตรฐานสากล สามารถนำไปใช้ในโครงการอนุรักษ์พลังงานที่กำหนดให้มีการรับประกันสมรรถนะอุปกรณ์ หรือ ผลประหยัดที่เกิดจากการใช้งานอุปกรณ์ที่ติดตั้งใหม่ทดแทนของเดิมได้
- 1.2.4 **กระตุ้นให้เกิดการพัฒนาคุณภาพในงานด้านวิศวกรรม (Encourage better project engineering) :** กระบวนการตรวจวัดและพิสูจน์ผลประหยัดพลังงานทำให้ได้ข้อมูลที่ชัดเจนสามารถนำไปประกอบการพัฒนางานออกแบบหรือบริหารจัดการด้านวิศวกรรม ทำให้เกิดการพัฒนาคุณภาพในงานด้านวิศวกรรมได้
- 1.2.5 **สนับสนุนการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก (Support GHG emission reduction scheme) :** ข้อมูลที่ได้จากการตรวจวัดและพิสูจน์ผลประหยัดพลังงานที่ชัดเจนและเป็นไปตามมาตรฐานสากล สามารถนำไปใช้ในการคำนวณปริมาณการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของหน่วยงาน สถานประกอบการ เป็นการสนับสนุนกิจกรรมการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้

1.3 ข้อกำหนดในการตรวจวัดและพิสูจน์ผลประหยัดพลังงาน

ในปัจจุบัน ข้อกำหนดสำหรับการตรวจวัดและพิสูจน์ผลประหยัดพลังงานได้รับการพัฒนาในลักษณะของแนวทางและคำแนะนำในการดำเนินการ โดยแนวทางและข้อแนะนำที่ได้รับการยอมรับในระดับสากลและมีการนำไปประยุกต์ใช้งานในหลายประเทศ คือ International Performance Measurement and Verification Protocol (IPMVP) ซึ่งพัฒนาขึ้นโดยหน่วยงานชื่อ Efficiency Valuation Organization (EVO) ของประเทศสหรัฐอเมริกา ในปัจจุบัน EVO ได้พัฒนาแนวทางและข้อแนะนำในการดำเนินการเพื่อเผยแพร่จำนวน 3 Volume ดังนี้

IPMVP Volume I Concepts and Options for Determining Energy and Water Savings

เอกสาร Volume I กำหนดนิยาม แนวทางและข้อแนะนำในการตรวจวัดและพิสูจน์ผลประหยัดพลังงานและการเพิ่มประสิทธิภาพการใช้น้ำภายในอาคารและโรงงาน

IPMVP Volume II Indoor Environmental Quality (IEQ) Issues

เอกสาร Volume II กล่าวถึงผลกระทบที่อาจเกิดขึ้นกับสภาพแวดล้อมจากการดำเนินโครงการด้านประสิทธิภาพพลังงาน ให้คำแนะนำในการออกแบบและดำเนินโครงการด้านประสิทธิภาพพลังงานที่ไม่กระทบกับสภาพแวดล้อม ตลอดจนให้คำแนะนำในการตรวจวัดตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับสภาพแวดล้อมที่อาจเปลี่ยนแปลงไปจากการดำเนินโครงการด้านประสิทธิภาพพลังงาน

IPMVP Volume III Applications

เอกสาร Volume III ให้รายละเอียดการประยุกต์ใช้งานคำแนะนำที่นำเสนอไว้ในเอกสาร Volume I โดยแบ่งเป็น 2 ส่วนคือ Part I การประยุกต์ใช้สำหรับอาคารที่ก่อสร้างใหม่ และ Part II การประยุกต์ใช้สำหรับการนำพลังงานทดแทนมาใช้ในสถานประกอบการ

หมวดวิชา GROUP	การตรวจสอบและวิเคราะห์การใช้พลังงาน ENERGY AUDIT PRACTICE (E)	E
วิชา Module	การจัดทำแผนและรายงานการตรวจวัดและพิสูจน์ผลประหยัดพลังงาน Measurement and Verification Plan and Reporting	2.2

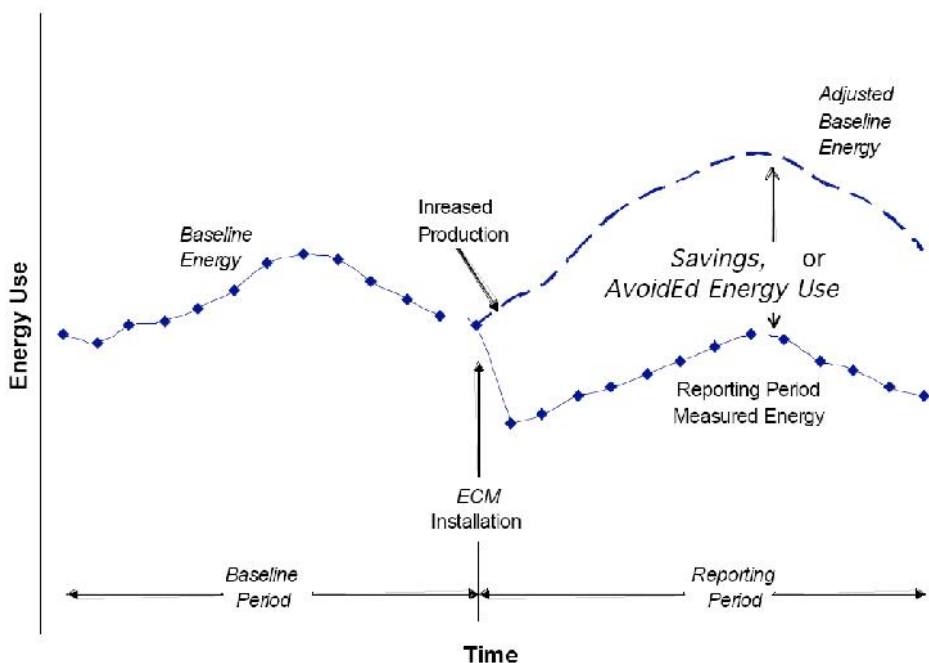
Chapter 2	Principles of Measurement and Verification
บทที่ 2	หลักการตรวจวัดและพิสูจน์ผลประหยัดพลังงาน
	2.1 การตรวจวัดผลประหยัดพลังงาน
	2.2 หลักการพื้นฐานของการตรวจวัดและพิสูจน์ผลประหยัดพลังงาน

บทที่ 2

หลักการตรวจวัดและพิสูจน์ผลประหยัดพลังงาน

2.1 การตรวจวัดผลประหยัดพลังงาน

การตรวจวัดผลประหยัดพลังงาน ไม่สามารถที่จะทำการตรวจวัดได้โดยตรงเนื่องจากผลประหยัดพลังงานเป็นพลังงานที่หายไป ดังนั้น การตรวจวัดผลประหยัดพลังงานทำได้โดยใช้หลักการเปรียบเทียบค่าการใช้พลังงานก่อนและหลังการปรับปรุง ซึ่งรวมค่าปรับเทียบ (Adjustment) สำหรับสภาวะการทำงานไว้เป็นที่เรียบร้อยแล้ว



รูปที่ 2-1 แสดงตัวอย่างผลประหยัดพลังงานที่เกิดขึ้นจากการปรับปรุงอุปกรณ์ (ตัวอย่างข้อมูลการใช้พลังงานของหม้อไอน้ำซึ่งทำการปรับปรุงการใช้พลังงานโดยติดตั้งอุปกรณ์นำความร้อนที่จากก๊าซเสียกลับมาใช้ใหม่ และมีการเพิ่มกำลังผลิตเมื่อทำการปรับปรุงแล้วเสร็จ)

อ้างอิง : IPMVP Volume 1 : Concept and Options for Determining Energy and Water Savings, April 2007

จากรูปที่ 2-1 การตรวจวัดผลประหยัดพลังงานที่เกิดจากการปรับปรุงหม้อไอน้ำ ต้องทำโดยแยกผลการใช้พลังงานที่เกิดขึ้นจากการเพิ่มกำลังผลิตออกก่อน ดังนั้น จึงต้องศึกษาข้อมูลค่าฐานการใช้พลังงานก่อนการปรับปรุง (Baseline Energy use) เพื่อให้ทราบความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณการใช้พลังงานกับปริมาณผลผลิต และใช้ความสัมพันธ์ดังกล่าวคำนวณค่าการใช้พลังงานของหม้อไอน้ำที่จะเกิดขึ้นจากการเพิ่มกำลังผลิตถ้าไม่มีการติดตั้งอุปกรณ์นำความร้อนที่จากก๊าซเสียกลับมาใช้ใหม่ เพื่อปรับค่าฐานการใช้พลังงานก่อนการปรับปรุง (Adjusted-Baseline Energy)

ผลประหยัดพลังงานที่เกิดจากการปรับปรุงหม้อไอน้ำสามารถหาได้จากผลต่างระหว่าง ค่าฐานการใช้พลังงานก่อนการปรับปรุงที่ปรับค่าแล้ว (Adjusted-Baseline Energy) กับค่าการใช้พลังงานของหม้อไอน้ำที่ทำการตรวจวัดในช่วงรายงานผลประหยัด (Reporting Period)

ทั้งนี้ หากไม่มีการเพิ่มกำลังการผลิตจะพบว่า ผลต่างระหว่างค่าฐานการใช้พลังงานก่อนการปรับปรุง (Baseline Energy Use) กับ ค่าการใช้พลังงานในช่วงรายงานผลประหยัด (Reporting Period) จะมีค่าแตกต่างกันมากกว่าเมื่อมีการเพิ่มกำลังการผลิต ดังนั้น การแยกปัจจัยที่มีผลกระทบต่อการใช้พลังงานที่นอกเหนือจากการปรับปรุงอุปกรณ์ออกไปจากการวิเคราะห์ผลประหยัดจึงมีความจำเป็น เพื่อให้ได้ผลประหยัดพลังงานที่ถูกต้อง

ความสัมพันธ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์ผลประหยัดพลังงาน แสดงได้ดังนี้

ผลประหยัดพลังงาน

= (ค่าฐานการใช้พลังงานก่อนการปรับปรุง – ค่าการใช้พลังงานในช่วงรายงานผลประหยัด) +- ค่าปรับปรุง

[Saving = (Baseline-Period Energy Use – Reporting-Period Energy Use) +- Adjustments]

รายละเอียดขอบเขต แนวทางและวิธีการตรวจวัดผลประหยัดพลังงาน อธิบายไว้ใน บทที่ 4 แนวทางและทางเลือกในการตรวจวัดและพิสูจน์ผลประหยัดพลังงาน

2.2 หลักการพื้นฐานของการตรวจวัดและพิสูจน์ผลประหยัดพลังงาน

ในการตรวจวัดและพิสูจน์ผลประหยัดพลังงาน มีหลักการพื้นฐานที่ต้องพิจารณาเพื่อให้ผลการตรวจวัดและพิสูจน์ผลประหยัดพลังงานเป็นไปตามวัตถุประสงค์ที่อาจแตกต่างกันในแต่ละโครงการ ดังนี้

2.2.1 แม่นยำ (Accurate)

การตรวจวัดและพิสูจน์ผลประหยัดพลังงาน ต้องมีความแม่นยำในระดับที่ยอมรับได้ ทั้งนี้ ความคลาดเคลื่อนที่ยอมรับได้สำหรับแต่ละโครงการจะแตกต่างกันไปขึ้นอยู่กับสองปัจจัยดังนี้

1. การนำข้อมูลไปใช้

ข้อมูลผลจากการตรวจวัดและพิสูจน์ผลประหยัดพลังงานสามารถนำไปใช้ในวัตถุประสงค์ที่แตกต่างกันออกไป เช่น ใช้คำนวณผลประหยัดพลังงานสำหรับโครงการรับประกันผลประหยัดพลังงาน (ESCO Project), ใช้ตรวจสอบผลการดำเนินโครงการด้านอนุรักษ์พลังงานของเจ้าของโครงการ หรือ ใช้ในการพิสูจน์ผลประหยัดพลังงานเพื่อขอรับการสนับสนุนการลงทุนจากภาครัฐ ฯลฯ ทั้งนี้ ผู้รับผิดชอบโครงการ จะเป็นผู้กำหนดการยอมรับได้ของความแม่นยำ (Accurate) หรือ ความคลาดเคลื่อนของผลการตรวจวัดและพิสูจน์ผลประหยัดพลังงานตามลักษณะและความสำคัญของการนำข้อมูลไปใช้ต่อไป

2. งบประมาณสำหรับการตรวจวัดและพิสูจน์ผลประหยัดพลังงาน

โดยทั่วไป งบประมาณสำหรับการตรวจวัดและพิสูจน์ผลประหยัดพลังงานจะเป็นสัดส่วนที่ไม่สูงเมื่อเทียบกับผลประหยัดพลังงานที่ได้จากการดำเนินโครงการที่ต้องการพิสูจน์ผลประหยัดพลังงาน สำหรับโครงการที่มีผลประหยัดพลังงานสูง งบประมาณที่ใช้ในการตรวจวัดและพิสูจน์ผลประหยัดพลังงานมีความเป็นไปได้ที่อาจจะสูงมากกว่าโครงการที่มีผลประหยัดพลังงานต่ำ (ในกรณีที่เลือกวิธีการและหลักการตรวจวัดในลักษณะเดียวกันหรือใกล้เคียงกัน) ซึ่งงบประมาณที่ได้รับเพิ่มมากขึ้นทำให้สามารถกำหนดรายละเอียดสำหรับการตรวจวัดและพิสูจน์ผลประหยัดพลังงานได้ละเอียดและเลือกอุปกรณ์ตรวจวัดที่มีความแม่นยำสูงมากขึ้นได้

2.2.2 สมบูรณ์ (Complete)

การตรวจวัดและพิสูจน์ผลประหยัดพลังงานที่สมบูรณ์จะต้องครอบคลุมผลกระทบทั้งหมดที่เกิดจากการดำเนินโครงการที่ต้องการพิสูจน์ผลประหยัด โดยตัวแปรหลักที่จะมีผลต่อการใช้พลังงานควรจะต้องได้รับการตรวจวัดจริงทั้งหมด ในขณะที่ตัวแปรอื่น ๆ ที่มีผลกระทบกับการใช้พลังงานน้อย อาจใช้วิธีประมาณการได้

2.2.3 ประเมินทางน้อย (Conservative)

ในกรณีที่ต้องมีการประมาณการ หรือ ประเมินผลกระทบที่เกิดขึ้นกับตัวแปรต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการใช้พลังงานซึ่งไม่สามารถตรวจวัดจริงได้ ให้ใช้หลักการประเมินทางน้อย (Conservative) เป็นหลัก ทั้งนี้เพื่อไม่ให้ผลประหยัดพลังงานที่ได้มีค่าสูงเกินความเป็นจริง

2.2.4 สอดคล้อง Consistent

การตรวจวัดและพิสูจน์ผลประหยัดพลังงานในโครงการ หรือ สถานประกอบการเดียวกัน ควรสอดคล้องกันในกรณีต่าง ๆ ดังนี้

- พลังงานชนิดต่าง ๆ
- โครงการด้านการอนุรักษ์พลังงานที่มีผู้รับผิดชอบต่างบุคคลกัน
- การดำเนินโครงการด้านการอนุรักษ์พลังงานในลักษณะเดียวกันแต่ต่างช่วงเวลา
- ฯลฯ

ทั้งนี้ ความสอดคล้องหมายถึงการดำเนินการที่เป็นไปในแนวทางเดียวกันแต่ไม่จำเป็นต้องเหมือนกันทั้งหมด ทั้งนี้ อาจแตกต่างกันได้ในรายละเอียดแต่ไม่ควรจะขัดแย้งกันในหลักการและวิธีการตรวจวัดผลประหยัดพลังงาน

2.2.5 ชัดเจน (Transparent)

การยอมรับในผลการตรวจวัดและพิสูจน์ผลประหยัดพลังงานมีความสำคัญมาก ดังนั้น หลักการ ขั้นตอน แผนงาน และวิธีการตรวจวัดและพิสูจน์ผลประหยัดพลังงานต้องเป็นที่ยอมรับและเปิดเผยให้ทุกฝ่ายที่เกี่ยวข้องกับการนำผลประหยัดพลังงานไปใช้งานได้รับทราบโดยละเอียด

การตรวจวัดและพิสูจน์ผลการประหยัดพลังงาน ควรดำเนินการตามหลักการพื้นฐานดังกล่าวข้างต้น อย่างไรก็ตาม แนวทางและวิธีการตรวจวัดและพิสูจน์ผลประหยัดพลังงานอาจแตกต่างกันไปตามลักษณะและวัตถุประสงค์ของโครงการได้ ทั้งนี้ ในบทต่อไป จะแนะนำ แนวทางและทางเลือกในการตรวจวัดและพิสูจน์ผลประหยัดพลังงาน (บทที่ 3) และ วิธีการจัดทำแผนการตรวจวัดและพิสูจน์ผลประหยัดพลังงาน (บทที่ 4) สำหรับโครงการหรือมาตรการที่มีรูปแบบและข้อจำกัดที่แตกต่างกัน เพื่อเป็นแนวทางในการดำเนินการในรายละเอียดต่อไป

โครงสร้างวิชา (Module's Structure)

หมวดวิชา GROUP	การใช้งานและการบำรุงรักษา OPERATION & MAINTENANCE (O&M)	O&M
วิชา Module	กรณีศึกษาการประหยัดพลังงานสำหรับอาคารธุรกิจประเภทโรงพยาบาล Case Studies on Energy Saving from Operation in Commercial Buildings	3.1 (M2)
เวลาอบรม	1 วัน (6 ชั่วโมง)	
Version	1.0 , มีนาคม 2557	
ความรู้พื้นฐาน ที่ต้องการ	OM2.1 – Air conditioning system OM2.2 – Lighting system OM2.3 – Renewable energy for commercial buildings OM2.4 – Building Automation system (BAS) OM2.5 – Commissioning requirement for building energy systems D2.1 – Guidelines for Energy Efficient Building Design E2.1 – Benefit of Measurement & Verification System E2.2 – Measurement and Verification Plan and Reporting	

หัวข้อวิชา

Chapter 1 บทที่ 1	Concept of Energy Efficiency in Hospital Buildings แนวคิดการใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพสำหรับอาคารประเภทโรงพยาบาล 1.1 กฎหมายที่เกี่ยวข้องกับอาคารโรงพยาบาล 1.2 มาตรฐานที่เกี่ยวข้องกับอาคารโรงพยาบาล
Chapter 2 บทที่ 2	Building Characteristics of Hospital Buildings ข้อมูลลักษณะเฉพาะของอาคารประเภทโรงพยาบาล 2.1 ข้อมูลเบื้องต้นของโรงพยาบาล 2.2 การจำแนกประเภทของโรงพยาบาล 2.3 เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในโรงพยาบาล แยกตามพื้นที่ใช้งาน 2.4 ลักษณะการใช้พลังงานของอาคารโรงพยาบาล
Chapter 3 บทที่ 3	Energy Efficiency Index of Hospital Buildings ดัชนีประสิทธิภาพพลังงานของอาคารประเภทโรงพยาบาล 3.1 ดัชนีประสิทธิภาพพลังงานของอาคารโรงพยาบาล 3.2 การปรับค่าดัชนีประสิทธิภาพพลังงานเพื่อเข้าสู่ค่ามาตรฐาน (Normalization)
Chapter 4 บทที่ 4	Guidelines for Energy Efficiency in Hospital Buildings & Case Studies on Energy Efficiency Improvement แนวทางและกรณีศึกษาการเพิ่มประสิทธิภาพพลังงานในอาคารโรงพยาบาล 4.1 รายการตรวจสอบการเพิ่มประสิทธิภาพพลังงานในอาคารโรงพยาบาล 4.2 กรณีศึกษาการเพิ่มประสิทธิภาพพลังงานในอาคารโรงพยาบาล

หมวดวิชา GROUP	การใช้งานและการบำรุงรักษา OPERATION & MAINTENANCE (O&M)	O&M
วิชา Module	กรณีศึกษาการประหยัดพลังงานสำหรับอาคารธุรกิจประเภทโรงพยาบาล Case Studies on Energy Saving from Operation in Commercial Buildings	3.1 (M2)
เวลาอบรม	1 วัน (6 ชั่วโมง)	
Version	1.0 , มีนาคม 2557	
ความรู้พื้นฐาน ที่ต้องการ	OM2.1 – Air conditioning system OM2.2 – Lighting system OM2.3 – Renewable energy for commercial buildings OM2.4 – Building Automation system (BAS) OM2.5 – Commissioning requirement for building energy systems D2.1 – Guidelines for Energy Efficient Building Design E2.1 – Benefit of Measurement & Verification System E2.2 – Measurement and Verification Plan and Reporting	

Chapter 1

Concept of Energy Efficiency in Hospital Buildings

บทที่ 1

แนวคิดการใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพสำหรับอาคารประเภทโรงพยาบาล

1.1 กฎหมายที่เกี่ยวข้องกับอาคารโรงพยาบาล

1.2 มาตรฐานที่เกี่ยวข้องกับอาคารโรงพยาบาล

บทที่ 1

แนวคิดการใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพสำหรับอาคารประเภทโรงพยาบาล

อาคารโรงพยาบาล เป็นอาคารประเภทหนึ่งที่มีการใช้พลังงานอย่างต่อเนื่อง 24 ชั่วโมงต่อวัน และ 365 วันต่อปี ดังนั้น ค่าใช้จ่ายด้านพลังงานตลอดการใช้งานของอาคารโรงพยาบาลจึงมีนัยสำคัญค่อนข้างมาก ผู้ที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาโครงการอาคารธุรกิจตลอดจนการใช้งานและการบำรุงรักษาอาคารจึงควรมีแนวคิดและความรู้ความเข้าใจที่สอดคล้องกัน จึงจะสามารถทำให้อาคารธุรกิจนั้นๆ สามารถที่จะดำเนินธุรกิจได้อย่างต่อเนื่องและมีประสิทธิภาพ กล่าวคือ มีค่าใช้จ่ายในการก่อสร้างโครงการที่เหมาะสมต่อการใช้งานอาคารในระยะยาว มีค่าใช้จ่ายด้านพลังงานและการบำรุงรักษาที่ต่ำ มีผลการดำเนินธุรกิจที่สามารถสร้างความพึงพอใจแก่ผู้มาใช้บริการทั้งในด้านความปลอดภัยและสุขอนามัย ดังนั้น ความมุ่งหมายของเนื้อหาวิชาบทต่อไปนี้จะกล่าวถึง จะเน้นไปที่การเลือกใช้เทคโนโลยีที่เหมาะสมสำหรับโครงการก่อสร้างใหม่ รวมถึงการพิจารณาปรับปรุงการใช้งานและการบำรุงรักษาอาคารเดิมเพื่อเพิ่มศักยภาพในการแข่งขันทางธุรกิจในปัจจุบันและในอนาคตต่อไป

อย่างไรก็ตาม เนื่องจากอาคารโรงพยาบาล เป็นอาคารที่ต้องให้ความสำคัญกับมาตรฐานหรือคุณภาพการให้บริการเป็นหลัก เช่น การควบคุมอัตราการระบายน้ำและการเติมอากาศบริสุทธิ์เพื่อป้องกันการติดเชื้อภายในบริเวณต่างๆ เป็นต้น ดังนั้น จึงควรพิจารณาถึงกฎหมาย และมาตรฐานการออกแบบและใช้งานที่เกี่ยวข้องกับอาคารโรงพยาบาล ซึ่งมีหัวข้อดังต่อไปนี้

1.1 กฎหมายที่เกี่ยวข้องกับอาคารโรงพยาบาล

พ.ร.บ. ควบคุมอาคาร

พ.ร.บ. ควบคุมอาคาร ประกาศใช้ในปี พ.ศ. 2522 มีการแก้ไขเพิ่มเติม และมีกฎกระทรวงออกตามมาหลายฉบับ โดยมีฉบับที่เกี่ยวข้องกับการใช้งานอาคารและการอนุรักษ์พลังงาน ดังนี้

- กฎกระทรวงฉบับที่ 33
- กฎกระทรวงฉบับที่ 39
- กฎกระทรวงฉบับที่ 50

พ.ร.บ. ส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ

พ.ร.บ. ส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ประกาศใช้ในปี พ.ศ. 2535 โดยมีส่วนที่สำคัญต่อการใช้งานอาคารคือ

- ประกาศกระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อมเรื่องกำหนดมาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากอาคารบางประเภทและบางขนาด

พ.ร.บ. การส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน

พ.ร.บ. การส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน ประกาศใช้ในปี พ.ศ. 2535 และมีการแก้ไขเพิ่มเติมในปี พ.ศ.2550 โดยมีพระราชกฤษฎีกา กฎกระทรวง และประกาศกระทรวงฯ ที่เกี่ยวข้องกับการใช้งานอาคาร ดังนี้

- พระราชกฤษฎีกากำหนดอาคารควบคุม พ.ศ.2538
- กฎกระทรวงกำหนดมาตรฐาน หลักเกณฑ์ และวิธีการจัดการพลังงานในโรงงานควบคุมและอาคารควบคุม พ.ศ.2552

- กฎกระทรวงกำหนดประเภท หรือ ขนาดของอาคารและมาตรฐาน หลักเกณฑ์ และวิธีการในการออกแบบอาคารเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ.2552
- ประกาศกระทรวงเรื่อง การกำหนดค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะขั้นต่ำ ค่าประสิทธิภาพการให้ความเย็น และค่าพลังไฟฟ้าต่อตันความเย็นของระบบปรับอากาศที่ติดตั้งใช้งานในอาคาร พ.ศ.2552

1.2 มาตรฐานที่เกี่ยวข้องกับอาคารโรงพยาบาล

วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย (วสท.) เช่น

- มาตรฐานการติดตั้งสัญญาณเตือนอัคคีภัย
- มาตรฐานการติดตั้งทางไฟฟ้าสำหรับประเทศไทย
- มาตรฐานท่อในอาคาร
- มาตรฐานระบบปรับอากาศและระบายอากาศ
- มาตรฐานก๊าซหุงต้ม
- มาตรฐานระบบไอน้ำ
- มาตรฐานป้องกันอัคคีภัย
- มาตรฐานระบบเครื่องกลขนส่งในอาคาร (ลิฟต์)
- การออกแบบระบบท่อภายในอาคาร
- คู่มือการออกแบบระบบระบายน้ำเสียและน้ำฝน

American Society of Heating, Refrigerating and Air-conditioning Engineers (ASHRAE) เช่น

- ASHRAE Standard 15 Safety Code for Mechanical Refrigeration
- ASHRAE Standard 62 Ventilation for Acceptable Indoor Air Quality
- ASHRAE Standard 90.1 Energy Standard for Buildings Except Low-Rise Residential Buildings
- ASHRAE Handbook

National Fire Protection Association (NFPA) เช่น

- NFPA 1: Fire Prevention Code
- NFPA 10: Standard for Portable Fire Extinguishers
- NFPA 11: Standard for Low-Expansion Foam
- NFPA 13: Installation of Sprinkler Systems, 1999
- NFPA 14: Standard for the Installation of Standpipe, Private Hydrants and Hose Systems
- NFPA 20: Standard for the Installation of Stationary Fire Pumps for Fire Protection
- NFPA 22: Standard for Water Tanks for Private Fire Protection
- NFPA 24: Installation of Private Fire Service Mains and Their Appurtenances

- NFPA 70: National Electrical Code
- NFPA 72: National Fire Alarm Code
- NFPA 90A: Standard for the Installation of Air Conditioning and Ventilating Systems
- NFPA 92A: Recommended Practice for Smoke-Control Systems
- NFPA 92B: Guide for Smoke Management Systems in Malls, Atria, and Large Areas
- NFPA 96: Standard for Ventilation Control and Fire Protection of Commercial Cooking Operations
- NFPA 99: Standard for Health Care Facilities
- NFPA 101: Life Safety Code

IES - Lighting Design Handbook

Illuminating Engineering Society เป็นองค์ทางวิชาชีพทางด้านไฟฟ้าส่องสว่าง ได้ออกคู่มือการออกแบบ โดยมีคำแนะนำระดับค่าความส่องสว่างในพื้นที่แต่ละประเภทไว้และเป็นที่ยอมรับใช้กันอย่างกว้างขวางทั้งในต่างประเทศ และในประเทศไทย

ASPE - Handbook

American Society of Plumbing Engineers เป็นองค์ทางวิชาชีพทางด้านระบบท่อ, ระบบประปา, ระบบระบายน้ำเสีย น้ำทิ้ง มีคู่มือสำหรับวิศวกรสาขาภิบาลใช้ในการออกแบบ เป็นที่ยอมรับใช้กันอย่างกว้างขวางทั้งในต่างประเทศ และในประเทศไทย

มาตรฐานส่วนใหญ่ในการออกแบบอาคารมักจะเป็นมาตรฐานทางด้านความปลอดภัย และสุขอนามัย เช่น เป็นมาตรฐานเกี่ยวกับการป้องกันการเกิดอัคคีภัย, มาตรฐานเกี่ยวกับการระบายอากาศในอาคาร, มาตรฐานป้องกันการเกิดอันตรายจากกระแสไฟฟ้า, มาตรฐานค่าระดับการส่องสว่าง เป็นต้น ดังนั้น เพื่อรักษาระดับความปลอดภัยและสุขอนามัยให้ได้เหมือนเดิม อย่างไรก็ตามยังมีมาตรฐานที่เกี่ยวกับโรงพยาบาลที่ในปัจจุบันเป็นที่ยอมรับและดำเนินการอย่างแพร่หลาย นั่นคือ มาตรฐาน HA

มาตรฐาน HA (Hospital Accreditation)



HA คือ มาตรฐานคุณภาพการบริหารและการให้บริการของโรงพยาบาล และส่วนหนึ่งของ HA คือเรื่องการบริหารความเสี่ยง หรือ Risk Management ซึ่งมีเหตุผลของความเสี่ยงในการให้บริการของโรงพยาบาลอยู่หลายด้านด้วยกัน เช่น ความเสี่ยงทางด้านกายภาพ ได้แก่ การควบคุมคุณภาพอากาศภายในอาคารที่ไม่ดีสามารถให้เกิดการแพร่กระจายของเชื้อแบคทีเรียและไวรัสต่างๆ (Sick Building Syndrome) เป็นต้น

ดังนั้น ก่อนหรือระหว่างการศึกษาแนวทางการปรับปรุงเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงานจึงควรพิจารณาการควบคุมสภาพการใช้งานอาคารให้ได้ตามมาตรฐานต่างๆ ข้างต้น โดยมีประเด็นสำคัญที่ต้องพิจารณาดังต่อไปนี้

- ❖ การตรวจสอบคุณภาพอากาศภายในอาคาร เช่น การวัดปริมาณฝุ่นละอองและก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์
- ❖ การเกิดเชื้อราภายในห้อง ภายในท่อลมของระบบปรับอากาศ
- ❖ การบำรุงรักษาอุปกรณ์ตามระยะเวลาที่เหมาะสม
- ❖ การแยกพื้นที่ เพื่อป้องกันการแพร่เชื้อและการแพร่ควันไฟและลูกกลมของเพลิงไหม้ โดยการแยกพื้นที่ที่ดีที่สุดคือการแยกอาคารออกจากกันเท่าที่จะทำได้
- ❖ การควบคุมความดันอากาศที่เหมาะสมในบริเวณต่างๆ จากปริมาณอากาศบริสุทธิ์ที่เติม ปริมาณการรั่วซึม และการระบายอากาศ เพื่อป้องกันอากาศภายนอกที่เข้าสู่ตัวอาคาร/ป้องกันการติดเชื้อ หรือ ป้องกันอากาศที่มีเชื้อแพร่กระจายออกสู่บริเวณต่างๆ ได้โดยง่าย เป็นต้น



“โรงพยาบาลที่ปรับปรุงจนได้มาตรฐานจะมีค่าใช้จ่ายลดลง ลดการสูญเสีย ลดการรั่วไหล และลดเบียดเบียนกันภัย ในขณะเดียวกันก็จะเป็นโรงพยาบาลที่มีชื่อเสียง เป็นที่ยอมรับ และมีการพัฒนาอยู่ตลอดเวลา” (เกษฯ ธีระโกเมน, บ.ออีซี เอ็นจิเนียริง เน็ทเวอร์ค จก.)

SICK BUILDING





- Poor indoor air quality
- Promote infection
- Air contaminants
- Bio-aerosols:
Fungi/Bacteria/Pollen/Virus
- Gaseous contaminants
- Hot and humid
- Lack of air

LEGIONELLA

- Location of cooling tower
- Maintenance



หมวดวิชา GROUP	การใช้งานและการบำรุงรักษา OPERATION & MAINTENANCE (O&M)	O&M
วิชา Module	กรณีศึกษาการประหยัดพลังงานสำหรับอาคารธุรกิจประเภทโรงพยาบาล Case Studies on Energy Saving from Operation in Commercial Buildings	3.1 (M2)
เวลาอบรม	1 วัน (6 ชั่วโมง)	
Version	1.0 , มีนาคม 2557	
ความรู้พื้นฐาน ที่ต้องการ	OM2.1 – Air conditioning system OM2.2 – Lighting system OM2.3 – Renewable energy for commercial buildings OM2.4 – Building Automation system (BAS) OM2.5 – Commissioning requirement for building energy systems D2.1 – Guidelines for Energy Efficient Building Design E2.1 – Benefit of Measurement & Verification System E2.2 – Measurement and Verification Plan and Reporting	

Chapter 2 Building Characteristics of Hospital Buildings

- บทที่ 2 ข้อมูลลักษณะเฉพาะของอาคารประเภทโรงพยาบาล
- 2.1 ข้อมูลเบื้องต้นของโรงพยาบาล
 - 2.2 การจำแนกประเภทของโรงพยาบาล
 - 2.3 เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในโรงพยาบาล แยกตามพื้นที่ใช้งาน
 - 2.4 ลักษณะการใช้พลังงานของอาคารโรงพยาบาล

บทที่ 2

ข้อมูลลักษณะเฉพาะของอาคารประเภทโรงพยาบาล

2.1 ข้อมูลเบื้องต้นของโรงพยาบาล

2.1.1 คำจำกัดความของโรงพยาบาล

องค์การอนามัยโลก (World Health Organization หรือ WHO) ได้ให้ความหมายของโรงพยาบาลว่า เป็นองค์กรที่ทำงานด้านการแพทย์ทั้งในสถานที่และในชุมชน มีหน้าที่ในการให้บริการสาธารณสุขทุกด้านแก่ประชาชนทั้งด้านการรักษาพยาบาล การป้องกันโรค การบริการผู้ป่วย ครอบคลุมขยายไปถึงบ้านของผู้ป่วยเอง โรงพยาบาลยังเป็นที่ฝึกอบรมของบุคลากรสาธารณสุขและค้นคว้าวิจัยปัญหาสาธารณสุขของชุมชนอีกด้วย

แม้คำว่า “โรงพยาบาล” จะมีได้ถูกบัญญัติไว้ใน พระราชบัญญัติสถานพยาบาล (ฉบับที่ 2) พ.ศ.2547 แต่ได้ให้นิยามคำว่า “สถานพยาบาล” ไว้ หมายถึง สถานที่รวมตลอดถึงยานพาหนะซึ่งจัดไว้เพื่อการประกอบโรคศิลปะตามกฎหมายว่าด้วยการประกอบโรคศิลปะ การประกอบวิชาชีพเวชกรรม ตามกฎหมายว่าด้วยวิชาชีพเวชกรรม การประกอบวิชาชีพการพยาบาลและการผดุงครรภ์ตามกฎหมายว่าด้วยวิชาชีพการพยาบาลและการผดุงครรภ์ การประกอบวิชาชีพทันตกรรมว่าด้วยกฎหมายวิชาชีพทันตกรรม การประกอบวิชาชีพกายภาพบำบัดตามกฎหมายว่าด้วยวิชาชีพกายภาพบำบัด หรือการประกอบวิชาชีพเทคนิคการแพทย์ตามกฎหมายว่าด้วยวิชาชีพเทคนิคการแพทย์ ทั้งนี้ โดยกระทำเป็นปกติธุระไม่ว่าจะได้รับประโยชน์ตอบแทนหรือไม่ แต่ไม่รวมถึงสถานที่ขยายตามกฎหมายว่าด้วยยา ซึ่งประกอบธุรกิจการขายยาโดยเฉพาะ แต่ได้มีการให้ความหมายของคำว่า “โรงพยาบาล” ตามกฎกระทรวงว่าด้วยลักษณะของสถานพยาบาลและลักษณะการให้บริการของสถานพยาบาล พ.ศ. 2545 ออกตามความในพระราชบัญญัติสถานพยาบาล พ.ศ. 2541 หมวด 2 ลักษณะของสถานพยาบาลและลักษณะการให้บริการของสถานพยาบาลประเภทที่รับผู้ป่วยไว้ค้างคืน ข้อ 4 (1) “โรงพยาบาล” เป็นสถานพยาบาลที่จัดให้บริการผู้ป่วยโดยสามารถรับผู้ป่วยไว้ค้างคืนเกินสามสิบเตียงขึ้นไป ซึ่งมีบริการด้านเวชกรรม ด้านการพยาบาล ด้านเภสัชกรรม และด้านเทคนิคการแพทย์เป็นอย่างน้อย และอาจจะมีบริการด้านทันตกรรมหรือด้านการประกอบโรคศิลปะอื่นๆ

2.2 การจำแนกประเภทของโรงพยาบาล

ประเภทของโรงพยาบาล มีการจำแนกได้อยู่หลายวิธี โดยมีการจำแนกด้วยองค์ประกอบที่เกี่ยวข้อง จำแนกด้วยจำนวนเตียง จำแนกด้วยลักษณะกิจการสถานพยาบาลตามที่กฎหมายกำหนด ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

2.2.1 กระทรวงสาธารณสุข ได้แบ่งประเภทของโรงพยาบาลตามจำนวนของเตียงที่มีอยู่ในโรงพยาบาลดังนี้

- 1) โรงพยาบาลมหาราช หรือโรงพยาบาลศูนย์ประจำจังหวัด มีจำนวนเตียงระหว่าง 600 -1,000 เตียง
- 2) โรงพยาบาลศูนย์ มีจำนวนเตียงระหว่าง 500 – 600 เตียง
- 3) โรงพยาบาลทั่วไป แบ่งเป็น 2 ขนาด คือขนาด 150- 250 เตียง และขนาด 250 – 500 เตียง
- 4) โรงพยาบาลชุมชน แบ่งเป็น 5 ขนาด คือ 10 – 30 เตียง 30 – 60 เตียง 60 – 90 เตียง 90 – 120 เตียง และ 120 – 150 เตียง

2.2.2 การจำแนกตามองค์กรที่เกี่ยวข้อง ซึ่งโดยทั่วไปการประกอบธุรกิจสถานพยาบาลมีทั้งโรงพยาบาลที่เป็นของหน่วยงานรัฐและเอกชน ซึ่งแบ่งโรงพยาบาลทั่วไปตามลักษณะกิจการ เช่น

- 1) **โรงพยาบาลทั่วไป (General Hospital)** โรงพยาบาลประเภทนี้มีทั้งโรงพยาบาลของรัฐและของเอกชน โดยเฉพาะโรงพยาบาลเอกชน (Private Hospital) จะรับรักษาโรคทั่วไป และมักจะลงทุนให้มีจำนวนเตียงอยู่ที่ประมาณ 100-400 เตียงเนื่องจากเหตุผลในด้านการลงทุน
- 2) **โรงพยาบาลรักษาโรคเฉพาะทาง (Specialized Hospital)** เป็นโรงพยาบาลเน้นการรักษาเฉพาะทางสาขาใดสาขาหนึ่ง เช่น โรงพยาบาลโรคตา หู คอ จมูก โรงพยาบาลโรคผิวหนัง โรงพยาบาลจิตเวช โรงพยาบาลแม่และเด็ก โรงพยาบาลโรคทรวงอก สถาบันมะเร็งแห่งชาติ ส่วนมากจะเป็นโรงพยาบาลของรัฐ ซึ่งต้องลงทุนกับเครื่องมือแพทย์เฉพาะทางสูงมาก แต่ก็มีบางแห่งที่เป็นของโรงพยาบาลเอกชน
- 3) **โรงพยาบาลแยกประเภทผู้ป่วย (Special Patient Hospital)** เป็นโรงพยาบาลที่แยกประเภทผู้ป่วยพิเศษออกต่างหากเนื่องจากข้อจำกัดบางประการเช่น โรงพยาบาลสงฆ์ มีข้อจำกัดเรื่องผู้ป่วยเป็นสมณะเพศ โรงพยาบาลเด็ก สำหรับเด็กที่มีโอกาสติดเชื้อง่ายกว่าบุคคลทั่วไป เป็นต้น
- 4) **โรงพยาบาลที่ก่อตั้งขึ้นจากมูลนิธิการกุศล (Non-profit Hospital)** ส่วนใหญ่เป็นโรงพยาบาลของมูลนิธิทางศาสนา เช่น ศาสนาคริสต์ หรือมูลนิธิ สมาคมชนเชื้อชาติจีน จะมีเตียงสำหรับผู้ป่วยอนาถาเป็นส่วนใหญ่ และมีเตียงพิเศษสำหรับผู้ป่วยที่มีความสามารถในการบริจาคเงินเพื่อเป็นทุนให้มูลนิธิในการดำเนินกิจการโรงพยาบาล

2.2.3 การจำแนกลักษณะสถานพยาบาลและลักษณะการให้บริการของสถานพยาบาลประเภทที่รับผู้ป่วยไว้ค้างคืน ตามกฎกระทรวงว่าด้วยลักษณะของสถานพยาบาลและลักษณะการให้บริการของสถานพยาบาล พ.ศ. 2545 ออกตามความในพระราชบัญญัติสถานพยาบาล พ.ศ. 2541 หมวด 2 ลักษณะของสถานพยาบาลและลักษณะการให้บริการของสถานพยาบาลประเภทที่รับผู้ป่วยไว้ค้างคืน

“โรงพยาบาล” เป็นสถานพยาบาลที่จัดให้บริการผู้ป่วยโดยสามารถรับผู้ป่วยไว้ค้างคืนเกินสามสิบเตียงขึ้นไป ซึ่งมีบริการด้านเวชกรรม ด้านการพยาบาล ด้านเภสัชกรรม และด้านเทคนิคการแพทย์เป็นอย่างน้อย และอาจจะมีบริการด้านทันตกรรมหรือด้านการประกอบโรคศิลปะอื่น แบ่งเป็น

- 1) **โรงพยาบาลทั่วไป**
เป็นสถานพยาบาลที่ให้บริการผู้ป่วยด้านเวชกรรมอย่างน้อยสี่สาขาหลัก คือ อายุรกรรม ศัลยกรรม กุมารเวช และสูติรีเวช ฯลฯ
- 2) **โรงพยาบาลเฉพาะทาง** เป็นสถานพยาบาลที่ให้บริการผู้ป่วยด้านเวชกรรมเฉพาะสาขาใดสาขาหนึ่ง ฯลฯ

2.3 เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในโรงพยาบาล แยกตามพื้นที่ใช้งาน

เครื่องมือ เครื่องใช้ ยาและเวชภัณฑ์หรือยานพาหนะที่จำเป็นประจำสถานพยาบาลประเภทที่รับผู้ป่วยไว้ค้างคืน โดยมีแผนกดังนี้

- (1) แผนกผู้ป่วยนอก
- (2) แผนกผู้ป่วยใน
- (3) แผนกฉุกเฉิน
- (4) แผนกเภสัชกรรม
- (5) แผนกเทคนิคการแพทย์
- (6) แผนกรังสีวินิจฉัย
- (7) รถรับส่งผู้ป่วยฉุกเฉิน
- (8) ระบบควบคุมการติดเชื้อ
- (9) ระบบไฟฟ้าแสงสว่างสำรอง
- (10) ระบบน้ำสำรอง
- (11) หอผู้ป่วยหนัก
- (12) แผนกผ่าตัด
- (13) ห้องผ่าตัดเล็ก
- (14) ห้องให้การรักษา ห้องฉีดยา แผล
- (15) ห้องตรวจภายในและซูดมดลูก
- (16) แผนกสูติกรรม
- (17) ห้องทารกหลังคลอด
- (18) ห้องทันตกรรม
- (19) แผนกกายภาพบำบัด
- (20) ห้องไตเทียม
- (21) แผนกซักฟอก
- (22) แผนกโภชนาการ
- (23) แผนกห้องพักรักษา

โดยสามารถแยกพื้นที่ใช้งานออกเป็น 4 กลุ่ม คือ

1. ฝ่ายวินิจฉัยและบำบัดรักษา (Diagnostic and Therapeutic Facilities) ได้แก่

แผนก	อุปกรณ์เกี่ยวข้องที่ใช้ปฏิบัติงาน
แผนกต้อนรับ โถงส่วนกลาง (Reception, Hall)	ลิฟต์โดยสาร (Passenger Lift) ลิฟต์เตียง (Bed Lift) ลิฟต์ขนของ (Service Lift) บันไดเลื่อน (Escalator) เครื่องฟอกอากาศ โทรทัศน์วงจรปิด (CCTV) ร้านค้าต่างๆ
แผนกทำบัตรและเวชระเบียน (Registration and Medical Record)	คอมพิวเตอร์ Printer เครื่องถ่ายเอกสาร
แผนกผู้ป่วยนอก (Out Patient Department : OPD)	อุปกรณ์ทั่วไปภายในห้องตรวจ เช่น คอมพิวเตอร์ กล้องไฟสำหรับส่องฟิล์มเอ็กซเรย์ เครื่องวัดความดัน เป็นต้น - คลินิกอายุรกรรม (Medical Clinic) เช่น เครื่องตรวจสมรรถภาพการหายใจของปอด

แผนก	อุปกรณ์เกี่ยวข้องที่ใช้พลังงาน
	(Pulmonary Test) เครื่องวัดคลื่นหัวใจ (Electrokardiogram ; EKG or ECG) เครื่องออกกำลังกาย (Exercise Stress Test) เครื่องวัดการเต้นของหัวใจ (Echocardiogram) เป็นต้น <ul style="list-style-type: none"> - คลินิกศัลยกรรม (Surgical Clinic) เช่น โคมไฟผ่าตัด - คลินิกสูตินรีเวชกรรม (Obstetrics and Gynecology Clinic) เช่น โคมไฟผ่าตัด - คลินิกกุมารเวช (Pediatrics Clinic) เช่น ตู้อบ - คลินิกจักษุ (Eyes Clinic) เช่น โคมไฟ - คลินิกโสต ศอ นาสิก (Ear Nose and Throat Clinic) เช่น โคมไฟ - คลินิกทันตกรรม (Dental Clinic) เช่น เครื่องกรอฟัน โคมไฟ เครื่องบดและผสมยาอุดฟัน
ห้องฉุกเฉิน (Emergency Room)	เครื่องกระตุ้นการทำงานของหัวใจด้วยไฟฟ้า อุปกรณ์เพื่อใช้ในสวนปราศจากเชื้อ (CSSD) อุปกรณ์ในห้องผ่าตัดเล็ก ห้องพักแพทย์เวร เป็นต้น



รูปที่ 2.3.1 ห้องตรวจทั่วไป



รูปที่ 2.3.2 เครื่องตรวจสอบสมรรถภาพการหายใจของปอด



รูปที่ 2.3.3 เครื่องออกกำลังกาย



รูปที่ 2.3.4 แสดงศูนย์โรคหัวใจ (Cardiac Care Unit; CCU) ซึ่งจะมีห้องฉีดสี ทำบอลูน (Balloon) และบายพาส (Bypass) หัวใจ โดยมีห้องทำการสวนหัวใจด้วยอากาศหรือบอลูน (Cardiac Cath) มีห้องปฏิบัติการฉีดสีและฉายรังสีเพื่อดูการเดินของเลือดในหัวใจ (Cath Lab)

2. ฝ่ายสนับสนุนทางคลินิก (Clinical Support Facilities) ได้แก่

แผนก	อุปกรณ์เกี่ยวข้องที่ใช้พลังงาน
แผนกเภสัชกรรม (Pharmacy Department)	ระบบส่งเอกสาร (Pneumatic Tube, Dump waiter ฯลฯ)
แผนกรังสีวิทยา (Radiology Department)	เครื่องเอกซเรย์ทั่วไป (General X-ray Radiography) เครื่องฉายเอกซเรย์ชนิดตรวจละเอียด (Fluoroscopic Radiography) เครื่องเอกซเรย์ร่วมกับระบบคอมพิวเตอร์ (X-ray Computerized Tomography Scanner ; CT Scan) เครื่องตรวจคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า (Magnetic Resonance Imagine ; MRI) เครื่องเอกซเรย์ระบบดิจิทัล (Digital Subtraction Angiography ; DSA) เครื่องตรวจอวัยวะภายในด้วยคลื่นความถี่สูง (Ultra Sound Scan) เครื่องตรวจเต้านม (Mammography)
ห้องปฏิบัติการ (Laboratory) ของแผนกพยาธิวิทยา (Pathology Department) หรือ แผนกเทคนิคการแพทย์ (Medical Technology Department)	-ตู้เย็น หรือ ตู้รักษาอุณหภูมิ (Refrigerator) -ตู้ดูดควัน (Fume hood) -ตู้ดูดกรองและฆ่าเชื้อ (Laminar Air Flow) -หม้อนึ่งฆ่าเชื้อขนาดเล็ก (Sterilizer) -เครื่องอัตโนมัติตรวจวิเคราะห์ทางเคมีคลินิก (Automated Chemistry) -เครื่องอัตโนมัติตรวจวิเคราะห์ทางจุลทรรศน์วิทยา (Automated Hematology) -เครื่องอัตโนมัติตรวจวิเคราะห์ทางภูมิคุ้มกันวิทยา (Automated Serology) -เครื่องตรวจวัดค่าความเข้มของแสง (Photometer) -เครื่องตรวจวัดปริมาณแก๊สในเลือด (Blood Gas) -เครื่องอิเล็กโทรไลต์ (Electrolytic) -เครื่องปั่นแยกเลือด (Refrigerator Centrifuge)

แผนก	อุปกรณ์เกี่ยวข้องที่ใช้พลังงาน
	<ul style="list-style-type: none"> -เครื่องตรวจวัดค่าความเข้มแสงทางพิชวิตยา (Atomic Absorption Photometer) -เครื่องทำน้ำร้อน -ตู้อบไมโครเวฟ
แผนกกายภาพบำบัด (Physical Therapy Department)	-เครื่องนวดกล้ามเนื้อด้วยไฟฟ้า



รูปที่ 2.3.5 แสดงแผนกเภสัชกรรม (Pharmacy Department) และท่อส่งเอกสารในการติดต่อกับแผนกอื่นๆ



รูปที่ 2.3.6 แสดงเครื่องเอ็กซเรย์ร่วมกับระบบคอมพิวเตอร์ (X-Ray Computerized Tomography Scanner; CT scan)



รูปที่ 2.3.7 แสดงเครื่องตรวจด้วยคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า (Magnetic Resonance Image; MRI)

3. ฝ่ายรักษาพิเศษ (Special Unit Facilities) ได้แก่

แผนก	อุปกรณ์เกี่ยวข้องที่ใช้พลังงาน
ห้องผ่าตัด	ระบบสำรองไฟฟ้า (UPS) เครื่องปรับแรงดันไฟฟ้า (Stabilizer) โคมไฟผ่าตัด เครื่องวัดการเต้นของหัวใจ เครื่องกระตุ้นหัวใจ
หออภิบาลผู้ป่วยหนัก (Intensive Care Unit ; ICU)	เครื่องวัดการเต้นของหัวใจ เครื่องกระตุ้นหัวใจ เครื่องช่วยหายใจ เครื่องวัดชีพจรและระบบการไหลเวียนของโลหิต
ห้องคลอด (Delivery Room ; DR)	โคมไฟผ่าตัด เครื่องวัดการเต้นของหัวใจ เครื่องกระตุ้นหัวใจ เครื่องช่วยหายใจ กล้องไฟดูฟิล์มเอ็กซเรย์ ตู้อบทารก (Baby Incubator)
หน่วยทารกแรกเกิด (Nursery)	ตู้อบทารก หมอหนึ่งขวดนม ตู้เย็น หม้อทำน้ำร้อน
หน่วยไตเทียม (Hemodialysis Unit)	เครื่องฟอกเลือดด้วยไตเทียม (Hemodialysis)

4. ฝ่ายผู้ป่วยใน (In Patient Department ; IPD) ได้แก่

แผนก	อุปกรณ์เกี่ยวข้องที่ใช้พลังงาน
หอผู้ป่วยใน (Ward) และ ส่วนพยาบาลดูแล (Nurse Station)	เครื่องทำน้ำอุ่น เครื่องคอมพิวเตอร์ กล้องดูฟิล์มเอ็กซเรย์ ลิฟต์ขนของ ตู้เย็น โทรทัศน์ พัดลม กาต้มน้ำร้อน เต้าไมโครเวฟ

5. ฝ่ายบริหารและสำนักงาน (Administration Facilities) ได้แก่

แผนก	อุปกรณ์เกี่ยวข้องที่ใช้พลังงาน
สำนักงานผู้บริหาร และสำนักงานแพทย์	คอมพิวเตอร์ และอุปกรณ์สำนักงานทั่วไป
สำนักงานฝ่ายธุรการ	คอมพิวเตอร์ และอุปกรณ์สำนักงานทั่วไป
สำนักงานฝ่ายบัญชีและการเงิน	คอมพิวเตอร์ และอุปกรณ์สำนักงานทั่วไป
สำนักงานฝ่ายทะเบียนและสถิติ	คอมพิวเตอร์ และอุปกรณ์สำนักงานทั่วไป

แผนก	อุปกรณ์เกี่ยวข้องที่ใช้พลังงาน
สำนักงานทั่วไปและฝ่ายทรัพยากรบุคคล	คอมพิวเตอร์ และอุปกรณ์สำนักงานทั่วไป
สำนักงานประชาสัมพันธ์และการสื่อสาร	คอมพิวเตอร์ และอุปกรณ์สำนักงานทั่วไป
สำนักงานศูนย์คอมพิวเตอร์	คอมพิวเตอร์ และอุปกรณ์สำนักงานทั่วไป

6. ฝ่ายบริการ (Service Facilities) ได้แก่

แผนก	อุปกรณ์เกี่ยวข้องที่ใช้พลังงาน
แผนกจ่ายวัสดุกลางปราศจากเชื้อ (Central Sterile Supply Department ; CSSD)	หม้อนึ่งอัตโนมัติ (Steam Auto Clave) เครื่องอบแก๊ส (Gas sterilizer) เตารีด
แผนกโภชนาการ (Dietary Department)	อุปกรณ์ไฟฟ้าในครัว เช่น เครื่องปั่นอาหารเหลว หม้อหุงข้าวไฟฟ้า เตอบ เครื่องทำน้ำร้อน เครื่องล้างจาน
แผนกซักกรีด (Laundry Department)	เครื่องซักผ้า เครื่องรีดผ้า เครื่องอบผ้า
แผนกห้องเก็บศพ (Morgue)	ตู้แช่ศพ
แผนกไฟฟ้าและเครื่องกล (Mechanical & Electrical Department ; M&E)	ระบบปรับอากาศ ระบบแสงสว่าง ระบบไฟฟ้า ระบบประปา ระบบสื่อสาร ระบบดับเพลิง ระบบน้ำทิ้ง ระบบบำบัดน้ำเสีย ระบบทำความร้อน



รูปที่ 2.3.8 แสดงหม้อนึ่งอัตโนมัติ (Steam Auto Clave) หรือ เครื่องอบแก๊ส (Gas Sterilizer) ในแผนกจ่ายวัสดุกลางปราศจากเชื้อ (Central Sterile Supply Department; CSSD)



รูปที่ 2.3.9 แสดงเครื่องซักผ้าขนาดต่างๆ เครื่องอบผ้า และเครื่องรีดลูกกลิ้ง (Rolled Cylinder) แผนกซักรีดและอาภรณ์ภัณฑ์ (Laundry Department)



รูปที่ 2.3.10 แสดงเครื่องปรับอากาศแบบระบายความร้อนด้วยน้ำ (Water Cooled Chiller System) ติดตั้งชุดเครื่องทำความเย็น (Chiller) ปั๊มสำหรับเครื่องทำความเย็น (Chiller Pump)



รูปที่ 2.3.11 แสดงเครื่องทำน้ำร้อน (Boiler) และไอน้ำร้อน (Steam Boiler)



รูปที่ 2.3.12 แสดงปั้มน้ำดับเพลิง (Fire Pump) และปั้มปรับแรงดันในระบบท่อดับเพลิง (Jockey Pump)



รูปที่ 2.3.13 แสดงปั้มน้ำประปา (Water Pump) และปั้มระบบบำบัดน้ำเสีย (Sanitary Pump)

2.4 ลักษณะการใช้พลังงานของอาคารโรงพยาบาล

ดัชนีการใช้พลังงานเฉลี่ย 244 กิโลวัตต์-ชั่วโมงต่อตารางเมตรต่อปี*

ชั่วโมงการใช้พลังงานเฉลี่ย : 24 ชั่วโมง

*(ที่มา : แผนอนุรักษ์พลังงาน 20 ปี พ.พ.)

การวิเคราะห์การใช้พลังงานและรูปแบบการใช้พลังงาน จะช่วยให้สามารถทราบได้ว่าส่วนใดของอาคารที่มีการใช้พลังงานอย่างไม่มีประสิทธิภาพ ทำให้สามารถปรับปรุงและดำเนินแผนการจัดการพลังงานได้อย่างถูกต้องเหมาะสมและสามารถลดค่าใช้จ่ายได้

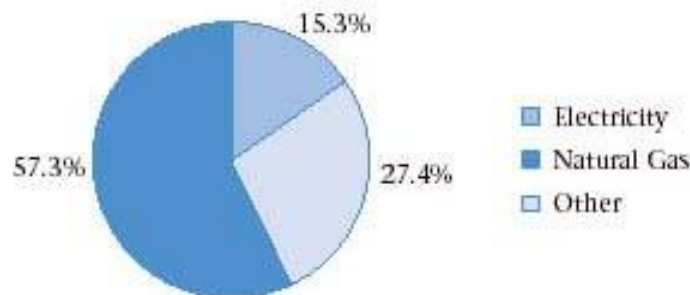
การกำหนด Base Line ของการใช้พลังงานรวมของอาคาร เป็นสิ่งที่ต้องทำเป็นอันดับแรก ต้องกำหนดว่าส่วนใดของอาคารที่สำคัญ ปริมาณและชนิดของพลังงานที่ใช้ พื้นที่ใดที่มีการสูญเสียพลังงานโดยเปล่าประโยชน์ ตัวชี้วัด

ประสิทธิภาพพลังงาน โดยเมื่อมีการวิเคราะห์การใช้พลังงานแล้ว ต้องเข้าใจถึงแนวโน้มและรูปแบบการใช้พลังงานของอาคารประเภทเดียวกัน เพื่อพิจารณาเปรียบเทียบค่ามาตรฐานของการใช้พลังงาน

การใช้พลังงานในอาคารโรงพยาบาล

- ลักษณะของการใช้พลังงานในอาคาร

ข้อมูลตามรูปที่ 2.4.1 นี้เป็นข้อมูลที่ได้จากการสำรวจการใช้พลังงานของโรงพยาบาล 222 แห่งจากทั้งหมด 879 แห่งในประเทศแคนาดา



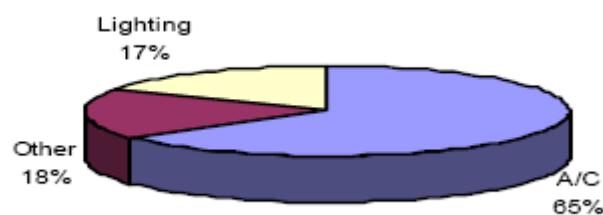
รูปที่ 2.4.1 แสดงลักษณะการใช้พลังงานในอาคารสถานพยาบาล

ที่มา : Office of Energy Efficiency Natural Resources Canada. Benchmark and Best Practices for Acute and Extended Healthcare Facilities : A Guide for Energy Managers and Finance Officers. 2003. p.7

จากโครงการจัดทำมาตรฐานการอนุรักษ์พลังงานของอาคารควบคุม ของกรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน เมื่อพิจารณาถึงรายละเอียดการใช้พลังงาน ซึ่งประกอบไปด้วยพื้นที่ซึ่งมีลักษณะใช้งานที่แตกต่างกัน สามารถจำแนกการใช้พลังงานเป็นระบบได้ดังนี้

- ระบบปรับอากาศ
- ระบบไฟฟ้าแสงสว่าง
- ระบบที่ใช้อุปกรณ์เป็นตัวขับเคลื่อน
- ระบบทำความร้อน

ระบบดังกล่าวใช้พลังงานไฟฟ้าและพลังงานความร้อนเป็นหลัก พบว่า การใช้พลังงานในระบบปรับอากาศมีมากถึงร้อยละ 65 การใช้พลังงานในระบบไฟฟ้าแสงสว่างร้อยละ 17 และการใช้พลังงานในระบบส่วนอื่นๆ คิดเป็นร้อยละ 18 ตามอันดับ



รูปที่ 2.4.2 แผนภาพแสดงการใช้พลังงานไฟฟ้าในระบบต่างๆของอาคารควบคุมประเภทโรงพยาบาล

ที่มา : โครงการจัดทำมาตรฐานการอนุรักษ์พลังงานของอาคารควบคุม กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน

จะเห็นว่ามีการใช้พลังงานไฟฟ้าไปกับระบบปรับอากาศเสียส่วนมาก ซึ่งโรงพยาบาลเอกชนมีการใช้ระบบปรับอากาศมากกว่าโรงพยาบาลของรัฐ ดังนั้น การมุ่งเป้าประเด็นการศึกษาเกณฑ์การใช้พลังงานอาคารควบคุมประเภทโรงพยาบาลนั้น ควรเลือกอาคารโรงพยาบาลเอกชนที่มีการใช้พลังงานในระบบปรับอากาศ และระบบไฟฟ้าแสงสว่างเป็นจำนวนมาก เพื่อเป็นแนวทางในการศึกษาหาหนทางไปสู่การประหยัดพลังงานในส่วนการใช้พลังงานในระบบดังกล่าว

ปัจจัยที่มีผลต่อการใช้พลังงานในอาคารประเภทโรงพยาบาล

ปัจจัยหลักที่มีผลต่อการใช้พลังงานในอาคารประเภทโรงพยาบาล มีดังนี้

- ชนิดของพลังงานที่ใช้
- ขนาดและประเภทของพื้นที่อาคาร
- อายุการใช้งานของอุปกรณ์
- จำนวนชั่วโมงการทำงาน
- สภาพภูมิอากาศ
- ระบบทำความร้อน ระบายอากาศและระบบปรับอากาศ (HVAC Systems)
- งบประมาณในการจัดการการใช้พลังงาน

ปัจจัยรองที่มีผลต่อการใช้พลังงานในอาคารประเภทโรงพยาบาล มีดังนี้

- ชนิดของ on-site facilities ซึ่งประกอบด้วย
 - Kitchen
 - Laundry
 - Incinerators
 - Burn Units
 - Laboratories
 - Emergency Services
 - Hospital Equipment
- กรอบอาคาร (Building Envelope และชนิดของช่องเปิด)
- ชนิดของหลอดไฟฟ้าและค่าปริมาณการส่องสว่าง

หมวดวิชา GROUP	การใช้งานและการบำรุงรักษา OPERATION & MAINTENANCE (O&M)	O&M
วิชา Module	กรณีศึกษาการประหยัดพลังงานสำหรับอาคารธุรกิจประเภทโรงพยาบาล Case Studies on Energy Saving from Operation in Commercial Buildings	3.1 (M2)
เวลาอบรม	1 วัน (6 ชั่วโมง)	
Version	1.0 , มีนาคม 2557	
ความรู้พื้นฐาน ที่ต้องการ	OM2.1 – Air conditioning system OM2.2 – Lighting system OM2.3 – Renewable energy for commercial buildings OM2.4 – Building Automation system (BAS) OM2.5 – Commissioning requirement for building energy systems D2.1 – Guidelines for Energy Efficient Building Design E2.1 – Benefit of Measurement & Verification System E2.2 – Measurement and Verification Plan and Reporting	

Chapter 3 Energy Efficiency Index Hospital Buildings

- บทที่ 3
- ดัชนีประสิทธิภาพพลังงานของอาคารประเภทโรงพยาบาล
- 3.1 ดัชนีประสิทธิภาพพลังงานของอาคารโรงพยาบาล
- 3.2 การปรับค่าดัชนีประสิทธิภาพพลังงานเพื่อเข้าสู่ค่ามาตรฐาน (Normalization)

บทที่ 3

ดัชนีประสิทธิภาพพลังงานของอาคารประเภทโรงพยาบาล

ดัชนีการใช้พลังงาน (Energy Use Index : EUI) ดัชนีประสิทธิภาพพลังงาน (Energy Efficiency Index : EEI) หรือดัชนีค่าการใช้พลังงานจำเพาะ (Specific Energy Consumption : SEC) มีความหมายเดียวกัน คือเป็นตัวชี้วัดที่สำคัญในการตรวจติดตามและตั้งค่าเป้าหมายการประหยัดพลังงานของอาคารธุรกิจแต่ละแห่ง โดยที่แผนอนุรักษ์พลังงาน 20 ปี ของกระทรวงพลังงาน ได้มีการกำหนดให้อาคารธุรกิจในภาพรวม มีการใช้พลังงานที่มีประสิทธิภาพมากขึ้น กล่าวคือ มีนโยบายที่จะสนับสนุนและส่งเสริมให้อาคารธุรกิจแต่ละประเภท สามารถที่จะปรับปรุงประสิทธิภาพพลังงานให้มุ่งสู่การเป็นอาคารคาร์บอนต่ำในระดับต่างๆ มากยิ่งขึ้น (HEPS, ECON, ZEB)

จากข้อมูลรายงานการจัดการพลังงาน พ.ศ. 2555 ของอาคารควบคุมที่ดำเนินการตามพระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ.2535 สามารถสรุปดัชนีค่าการใช้พลังงานจำเพาะ (Specific Energy Consumption : SEC) สำหรับอาคารประเภทโรงพยาบาล ได้ดังต่อไปนี้

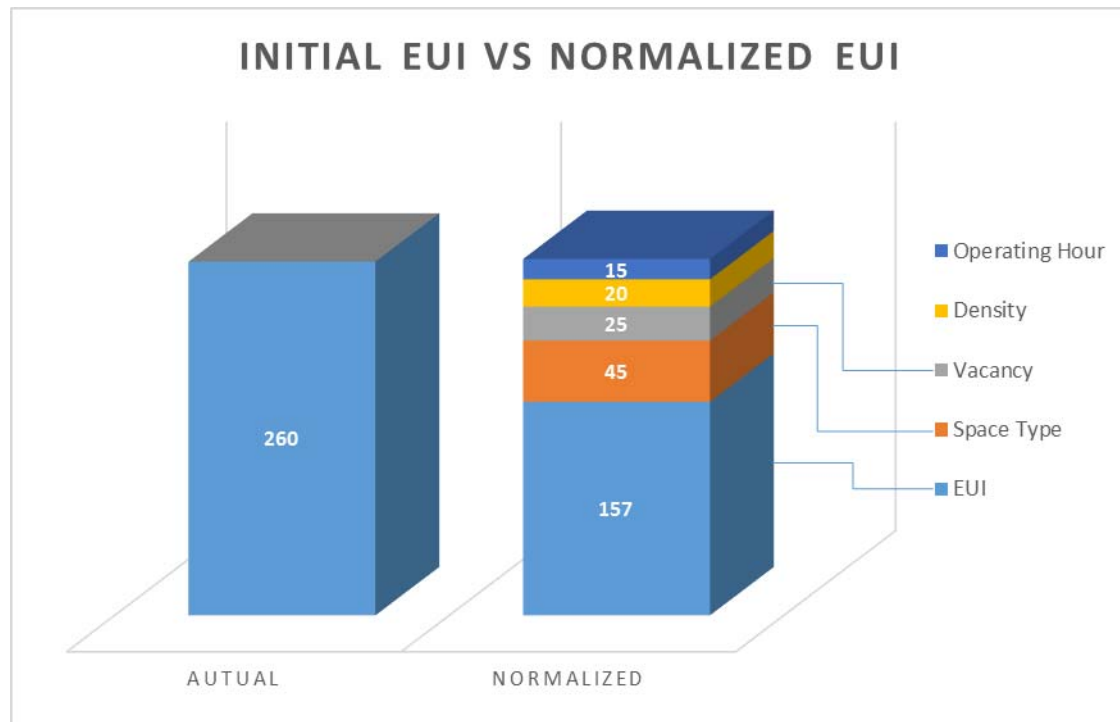
3.1 ดัชนีประสิทธิภาพพลังงานของอาคารโรงพยาบาล

Size	QTY	SEC elec. (kWh/เตียง-วัน)	SEC thermal. (MJ/เตียง-วัน)	SEC total (MJ/เตียง-วัน)			
				Max	Min	Avg.	SD
<150 เตียง	32	407.56	190.41	12,728.04	66.77	1,033.63	2,204.83
150-300 เตียง	29	338.74	195.81	3,642.25	110.94	748.91	644.85
>300 เตียง	15	457.94	278.99	4,392.80	286.06	963.45	1,044.48
Total/avg.	76	391.24	213.51	12,728.04	66.77	911.13	1,544.45

(ที่มา : Final Report สรุปรายงานการจัดการพลังงาน 2555 โดย ที่ปรึกษาตรวจสอบอาคารควบคุม : Accredited Consultant)

3.2 การปรับค่าดัชนีประสิทธิภาพพลังงานเพื่อเข้าสู่ค่ามาตรฐาน (Normalization)

อย่างไรก็ตาม การพิจารณาค่าดัชนีการใช้พลังงานจำเพาะของแต่ละอาคารนั้น มีความจำเป็นที่จะต้องปรับเข้าสู่ค่ามาตรฐานเพื่อใช้ในการพิจารณาเทียบกับอาคารอื่นๆ และเพื่อกำหนดค่าเป้าหมายในการปรับปรุงประสิทธิภาพพลังงานของอาคารตนเองได้ด้วย ซึ่งในทางปฏิบัติแล้วอาคารแต่ละแห่งจะมีลักษณะและพฤติกรรมการใช้พลังงานที่แตกต่างกัน ดังนั้น จึงควรดำเนินการเก็บข้อมูลตัวแปรที่เกี่ยวข้อง (Parameters) ต่างๆ ของอาคารของตนเองเพื่อให้สามารถปรับค่า (Normalized) ให้เข้าสู่ค่าที่เป็นมาตรฐานที่ใช้ในการเปรียบเทียบได้ต่อไป

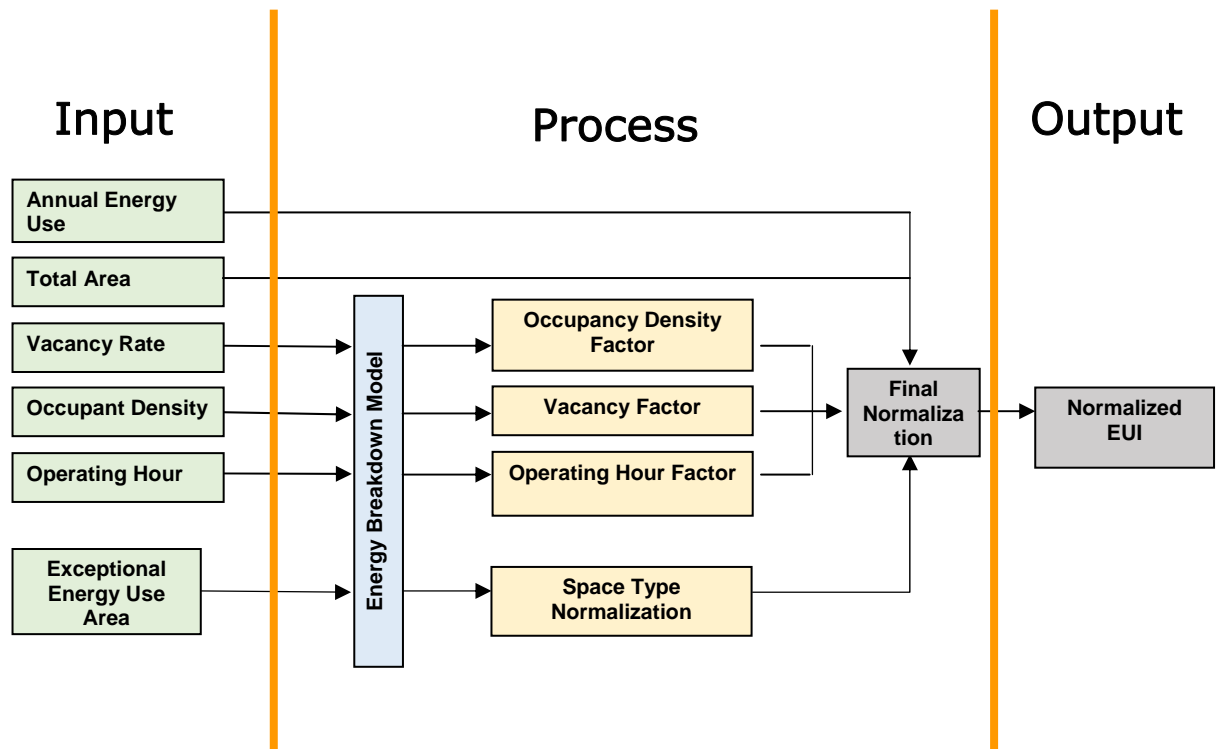


รูปที่ 2.1 แสดงการเปรียบเทียบดัชนีการใช้พลังงาน (EUI) ก่อนและหลังการปรับค่า (Normalized)

ตัวอย่างจากรูปที่ 2.1 ข้างต้น แสดงให้เห็นถึงค่าดัชนีการใช้พลังงานที่ได้จากข้อมูลอัตราส่วนพลังงานต่อการบริการ (พื้นที่) ที่ยังไม่ได้มีการพิจารณาตัวแปร (Parameter) ต่างๆ ที่เกี่ยวข้องและมีผลกระทบต่อการใช้พลังงาน เช่น ชั่วโมงการทำงาน (Hours of Operation) ความหนาแน่นของบุคลากรในแต่ละพื้นที่ (Occupancy Density) อัตราการว่างของพื้นที่ใช้สอย (Vacancy Rate) พื้นที่ใช้งานที่มีการใช้พลังงานสูง (Space Type) เป็นต้น จะมีค่า EUI actual = 260 แต่หากพิจารณาถึงปัจจัยตัวแปรต่างๆ ทั้งหมดแล้ว EUI Normalized = 157 ซึ่งแสดงให้เห็นว่า อาคารดังกล่าวจะมีการใช้พลังงานที่มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น (พลังงานต่อพื้นที่ลดลง) ที่สภาวะเทียบกับตัวแปรที่เป็นค่ามาตรฐาน เป็นต้น

ขั้นตอนการทำปรับค่าดัชนีให้เข้าสู่ค่ามาตรฐาน (Normalization Process)

มีขั้นตอนในการดำเนินการตาม Flow Diagram ตามรูปที่ 2.2 ต่อไปนี้



รูปที่ 2.2 แสดงแผนผัง (Flow Diagram) การป้อนข้อมูล การประมวลผล และแสดงผลภายหลังการปรับค่า (Normalized)

Input : คือกระบวนการป้อนเข้าของข้อมูลตัวแปรที่เกี่ยวข้องหรือมีผลต่อการใช้พลังงาน

Process : คือกระบวนการคำนวณและวิเคราะห์

Output : คือกระบวนการแสดงผลค่าดัชนีที่ปรับเข้าสู่ค่ามาตรฐานแล้ว (Normalized EUI)

ดังนั้น สมการด้านล่างต่อไปนี้เป็นวิธีการคำนวณเพื่อให้ได้มาซึ่ง Normalized EUI

$$EUI_{Normalized} = (EUI_{measured} - \text{Total Space Type Adjustment}) \times N_{vacancy} \times N_{occupant} \times N_{operating}$$

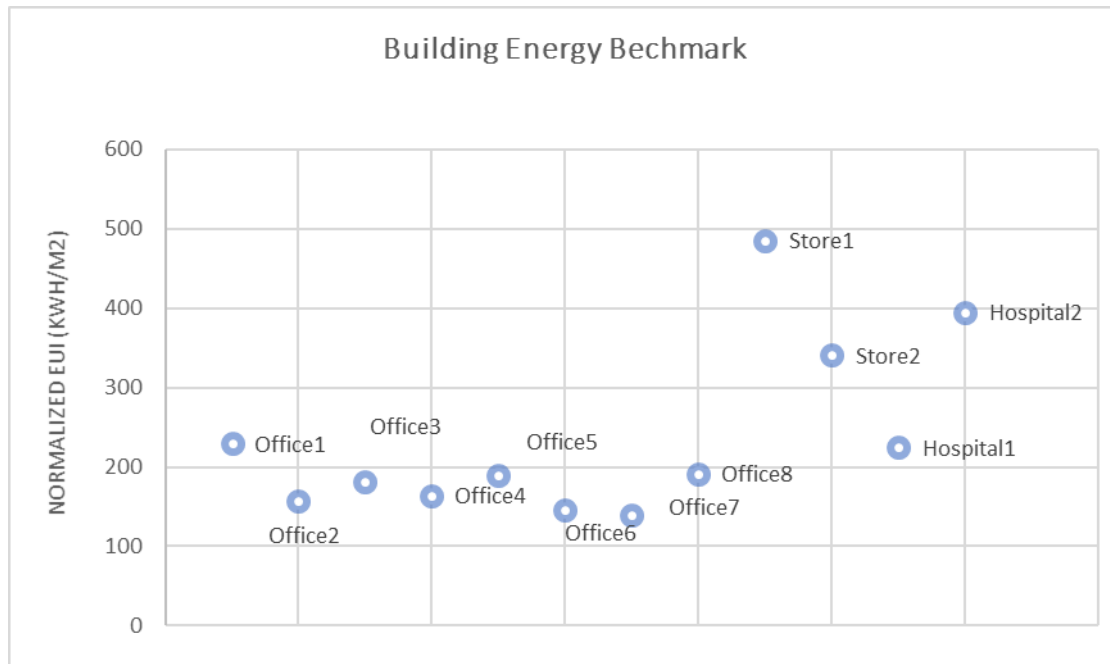
โดยที่ :

$N_{vacancy}$ = Normalizing annual vacancy factor

$N_{occupant}$ = Normalizing occupancy density factor

$N_{operating}$ = Normalizing operating hour factor

กราฟด้านล่าง (รูปที่ 2.3) แสดงตัวอย่างการเปรียบเทียบค่าดัชนีการใช้พลังงานที่ปรับค่าเข้าสู่ค่ามาตรฐานเดียวกันแล้ว จากอาคารสำนักงาน 8 แห่ง อาคารห้างสรรพสินค้า 2 แห่ง และอาคารโรงพยาบาล 2 แห่ง ซึ่งจะเห็นได้อย่างชัดเจนว่า อาคารที่มีค่า Normalized EUI ที่สูง (Office 1, Store 1, Hospital 2) มีศักยภาพสูงในการที่จะปรับปรุงการใช้พลังงานให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น เมื่อเทียบกับอาคารในลักษณะเดียวกัน



รูปที่ 2.3 แสดงการเปรียบเทียบ (Benchmarking) ค่าดัชนีประสิทธิภาพพลังงานที่ปรับค่าแล้ว (Normalized EUI) ของอาคารแต่ละแห่ง

หมวดวิชา GROUP	การใช้งานและการบำรุงรักษา OPERATION & MAINTENANCE (O&M)	O&M
วิชา Module	กรณีศึกษาการประหยัดพลังงานสำหรับอาคารธุรกิจประเภทโรงพยาบาล Case Studies on Energy Saving from Operation in Commercial Buildings	3.1 (M2)
เวลาอบรม	1 วัน (6 ชั่วโมง)	
Version	1.0 , มีนาคม 2557	
ความรู้พื้นฐาน ที่ต้องการ	OM2.1 – Air conditioning system OM2.2 – Lighting system OM2.3 – Renewable energy for commercial buildings OM2.4 – Building Automation system (BAS) OM2.5 – Commissioning requirement for building energy systems D2.1 – Guidelines for Energy Efficient Building Design E2.1 – Benefit of Measurement & Verification System E2.2 – Measurement and Verification Plan and Reporting	

Chapter 4 Guidelines for Energy Efficiency in Hospital Buildings & Case Studies on Energy Efficiency Improvement

บทที่ 4 แนวทางและกรณีศึกษาการเพิ่มประสิทธิภาพพลังงานในอาคารโรงพยาบาล

4.1 รายการตรวจสอบการเพิ่มประสิทธิภาพพลังงานในอาคารโรงพยาบาล

4.2 กรณีศึกษาการเพิ่มประสิทธิภาพพลังงานในอาคารโรงพยาบาล

บทที่ 4

แนวทางและกรณีศึกษาการเพิ่มประสิทธิภาพพลังงานในอาคารโรงพยาบาล

4.1 รายการตรวจสอบการเพิ่มประสิทธิภาพพลังงานในอาคารโรงพยาบาล :

การปรับปรุงเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพพลังงานของอาคาร ส่งผลต่อการใช้พลังงาน และ ค่าใช้จ่ายด้านพลังงานที่ลดลงอย่างมาก นอกจากนี้ยังเป็นการลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมอันเนื่องมาจากการปล่อยก๊าซเรือนกระจก (Greenhouse Effect) ที่ลดลง

สำหรับแนวทางการเพิ่มประสิทธิภาพพลังงานนั้น ควรเริ่มต้นจากการมีระบบการจัดการพลังงานที่ดี ซึ่งจะทำให้สามารถเก็บบันทึกข้อมูลสภาพการใช้พลังงานของระบบอุปกรณ์ต่างๆ รวมไปถึงการวิเคราะห์เพื่อดำเนินการปรับปรุง และตรวจติดตามประสิทธิภาพการใช้พลังงานได้อย่างเหมาะสมและต่อเนื่อง

แนวทางการเพิ่มประสิทธิภาพพลังงาน ควรพิจารณาและให้นำหนักความสำคัญในประเด็นต่างๆ ดังต่อไปนี้

4.1.1 อุปกรณ์ที่ใช้งานตลอด 24 ชั่วโมง ได้แก่

- ระบบไฟฟ้าแสงสว่างในอาคารที่อยู่ในบริเวณพื้นที่ส่วนกลาง
- ระบบไฟฟ้าแสงสว่างนอกอาคารที่มีความสูญเสียจากบัลลาสต์ (Reactive Load) ในปริมาณมาก
- ระบบปรับอากาศสำหรับพื้นที่ส่วนกลาง

4.1.2 พื้นที่ขนาดกว้างใหญ่ ได้แก่

- พื้นที่โถงต้อนรับและลงทะเบียน
- พื้นที่ทางเดินเชื่อมต่อไปยังอาคารต่างๆ

4.1.3 ความต้องการน้ำร้อน ได้แก่

- ความต้องการน้ำร้อนในปริมาณและช่วงเวลาต่างๆ

4.1.4 ความต้องการในสถานะที่น่ายสบาย ได้แก่

- อุณหภูมิและความชื้นของอากาศในบริเวณปรับอากาศ
- ความสะอาดของอากาศที่ลดการเสี่ยงต่อการติดเชื้อและแพร่กระจายของเชื้อโรคในโรงพยาบาล

4.1.5 การฆ่าเชื้อเครื่องมือเครื่องใช้ในโรงพยาบาล ได้แก่

- ปริมาณไอน้ำ และ ความสูญเสียในระหว่างทางของการจ่ายไปยังบริเวณที่ใช้งานในจุดต่างๆ

4.1.6 การใช้พลังงานของอุปกรณ์ทางการแพทย์ในโรงพยาบาล ได้แก่

- Life Cycle Cost Analysis ของอุปกรณ์ และคุณภาพทางไฟฟ้าจากการใช้งานอุปกรณ์

อย่างไรก็ตาม รายการตรวจสอบการเพิ่มประสิทธิภาพพลังงานต่อไปนี้ จะช่วยให้เจ้าหน้าที่ทุกฝ่ายที่เกี่ยวข้อง สามารถพิจารณาจัดลำดับความสำคัญของการปรับปรุงแก้ไขในประเด็นต่างๆ ได้อย่างครอบคลุมและสามารถใช้เป็นมาตรฐานการทำงานในช่วงต่างๆ ของอาคาร ตั้งแต่การออกแบบปรับปรุง การใช้งานและการบำรุงรักษาได้เป็นอย่างดี ดังแสดงในตารางที่ 4.1 ต่อไปนี้

ตารางที่ 4.1 รายการตรวจสอบการเพิ่มประสิทธิภาพพลังงานของอาคาร

หัวข้อ	รายการตรวจสอบ	ผลการตรวจสอบ	ข้อเสนอแนะ
1. ระบบกรอบอาคาร			
	1.1 มีการควบคุมช่องเปิดในพื้นที่ปรับอากาศในแต่ละบริเวณหรือไม่	<input type="checkbox"/> มี/ใช่ <input type="checkbox"/> ไม่มี/ไม่ใช่	ควบคุมการเปิด-ปิดของประตูและหน้าต่าง โดยเฉพาะอย่างยิ่งในบริเวณรอยต่อที่มีสภาวะในการทำ ความเย็นและควบคุมความชื้นที่แตกต่างกัน
	1.2 มีการใช้อุปกรณ์การบังเงาตามทิศและฤดูกาลต่างๆ หรือไม่	<input type="checkbox"/> มี/ใช่ <input type="checkbox"/> ไม่มี/ไม่ใช่	พิจารณาการใช้ Automatic Louver/Shading Devices ภายนอกอาคาร
	1.3 มีการตรวจสอบรอยรั่วของอากาศจากกรอบประตู/กรอบหน้าต่างจากกลไกทางกล เช่น บานพับ รางเลื่อน ฯลฯ หรือไม่	<input type="checkbox"/> มี/ใช่ <input type="checkbox"/> ไม่มี/ไม่ใช่	ซ่อมแซมหรืออุดรอยรั่วหรือเปลี่ยนมาใช้กระจกฉนวนกันความร้อน 2 ชั้นหรือประตูอัตโนมัติ
	1.4 มีการระบายอากาศทางธรรมชาติในเวลากลางวันหรือไม่	<input type="checkbox"/> มี/ใช่ <input type="checkbox"/> ไม่มี/ไม่ใช่	หลีกเลี่ยงการระบายอากาศทางธรรมชาติในช่วงเวลา กลางวันโดยเฉพาะอย่างยิ่งในฤดูร้อน
	1.5 ความสูงของฝ้าเพดานในพื้นที่ปรับอากาศสูงเกินกว่าค่าที่เหมาะสมหรือไม่	<input type="checkbox"/> มี/ใช่ <input type="checkbox"/> ไม่มี/ไม่ใช่	พิจารณาการใช้ระบบปรับอากาศแบบ Spot Cooling ในบริเวณที่มีฝ้าเพดานสูงมากๆ
2. ระบบปรับอากาศ			
	2.1 มีการบำรุงรักษาทำความสะอาดแผงแลกเปลี่ยนหรือระบายความร้อนอย่างสม่ำเสมอหรือไม่	<input type="checkbox"/> มี/ใช่ <input type="checkbox"/> ไม่มี/ไม่ใช่	อาจเพิ่มความสามารถในการระบายความร้อนของ Cooling Tower เพื่อเพิ่มสมรรถนะของ Chiller
	2.2 มีการตรวจสอบการตั้งค่า set point และอุณหภูมิ/ความชื้นจริงในพื้นที่ปรับอากาศตามภาระโหลดช่วงเวลาต่างๆ ทั่วทุกบริเวณอย่างสม่ำเสมอหรือไม่	<input type="checkbox"/> มี/ใช่ <input type="checkbox"/> ไม่มี/ไม่ใช่	ในสภาวะที่สบาย สามารถเพิ่มอุณหภูมิอากาศได้เล็กน้อย 1-2 องศาเซลเซียส ในกรณีที่มีความชื้นสัมพัทธ์มีค่าต่ำอยู่ในช่วง 55-60%

หัวข้อ	รายการตรวจสอบ	ผลการตรวจสอบ	ข้อเสนอแนะ
	2.3 มีการพิจารณาความดันสูญเสียในระบบปั๊มน้ำเย็นและน้ำหล่อเย็นหรือไม่	<input type="checkbox"/> มี/ใช่ <input type="checkbox"/> ไม่มี/ไม่ใช่	ตรวจสอบเฮดปั๊ม ขนาดและระยะทางของท่อเพื่อลดการสูญเสียระหว่างปั๊มและอุปกรณ์ที่เกี่ยวข้อง
	2.4 มีการพิจารณาการนำความร้อน/ความเย็นกลับมาใช้ใหม่หรือไม่ (Heat Recovery)	<input type="checkbox"/> มี/ใช่ <input type="checkbox"/> ไม่มี/ไม่ใช่	ความเย็นที่เหลือทิ้งนำกลับมา Pre-cooled Fresh Air , ความร้อนที่เหลือทิ้งนำกลับมา Pre-heat Feed Water Boiler
	2.5 มีการใช้ระบบควบคุมอัตโนมัติเพื่อคำนวณและเพิ่มประสิทธิภาพโดยรวมของทั้งระบบ (Overall System Efficiency) หรือไม่	<input type="checkbox"/> มี/ใช่ <input type="checkbox"/> ไม่มี/ไม่ใช่	ติดตั้ง Sensor ที่เพียงพอและได้รับการสอบเทียบอย่างสม่ำเสมอเพื่อป้องกันการวิเคราะห์ข้อมูลที่ผิดพลาด
	2.6 มีการพิจารณาการใช้พลังงานทดแทนเป็นแหล่งความร้อนในการผลิตความเย็นจากกระบวนการ Absorption Process หรือไม่	<input type="checkbox"/> มี/ใช่ <input type="checkbox"/> ไม่มี/ไม่ใช่	พิจารณาการใช้ความร้อนจากพลังงานแสงอาทิตย์หรือ Biomass/Biogas โดยมี Backup Heat Source ด้วย
	2.7 มีการควบคุมหรือบริหารจัดการอุปกรณ์ในช่วงเวลาที่มีภาระต่ำๆ หรือไม่	<input type="checkbox"/> มี/ใช่ <input type="checkbox"/> ไม่มี/ไม่ใช่	พิจารณาการใช้ Variable Speed Drive (VSD) สำหรับปั๊ม หรือ VSD Chiller
	2.8 มีการปรับอัตราการระบายอากาศทางกล ในบริเวณและในช่วงเวลาที่เหมาะสมหรือไม่	<input type="checkbox"/> มี/ใช่ <input type="checkbox"/> ไม่มี/ไม่ใช่	พิจารณาร่วมกับค่ามาตรฐานในการระบายอากาศตามประเภทและภาระการใช้งานของพื้นที่
	2.9 มีการพิจารณาความสามารถในการทำความเย็น (Cooling Supply) และภาระการทำความเย็น (Cooling Demand) ว่าเพียงพอและเหมาะสมหรือไม่	<input type="checkbox"/> มี/ใช่ <input type="checkbox"/> ไม่มี/ไม่ใช่	พิจารณาความเหมาะสมและสมรรถนะทั้งด้าน Air Side และ Water Side ของระบบ Chilled water system
	2.10 มีการตรวจสอบสภาพนวนของท่อน้ำยา (แอร์แบบแยกส่วน) หรือท่อน้ำเย็น (แอร์แบบรวมศูนย์) หรือไม่	<input type="checkbox"/> มี/ใช่ <input type="checkbox"/> ไม่มี/ไม่ใช่	
3. ระบบแสงสว่าง			
	3.1 มีพื้นที่ที่ความสว่างมากเกินไป ความต้องการในบางเวลาหรือไม่	<input type="checkbox"/> มี/ใช่ <input type="checkbox"/> ไม่มี/ไม่ใช่	กำหนดตารางการควบคุมการเปิด-ปิดตามการใช้งานหรือใช้ Motion Sensor/

หัวข้อ	รายการตรวจสอบ	ผลการตรวจสอบ	ข้อเสนอแนะ
			Dual-Looped control
	3.2 มีการทำความสะอาดหลอดและโคมไฟอย่างสม่ำเสมอหรือไม่	<input type="checkbox"/> มี/ใช่ <input type="checkbox"/> ไม่มี/ไม่ใช่	ตรวจสอบค่าความส่องสว่างก่อนและหลังปรับปรุงเพื่อพิจารณาการใช้หลอดและจำนวนที่เหมาะสม
	3.3 มีการใช้แสงธรรมชาติในบางบริเวณหรือไม่	<input type="checkbox"/> มี/ใช่ <input type="checkbox"/> ไม่มี/ไม่ใช่	ควรใช้ช่องแสงที่มีการนำเฉพาะ Indirect light หรือมีการใช้แผ่นสะท้อนแสงที่มีประสิทธิภาพสูง ร่วมกับอุปกรณ์ควบคุมอัตโนมัติ เช่น Daylight Sensor เป็นต้น
	3.4 มีการใช้หลอดประสิทธิภาพสูงหรือไม่	<input type="checkbox"/> มี/ใช่ <input type="checkbox"/> ไม่มี/ไม่ใช่	ใช้หลอดที่มีค่า Lumen/Watt ต่ำกว่าหลอดเดิม หรือมีความร้อนน้อยกว่าเดิม
4. ระบบไอน้ำและทำน้ำร้อน			
	4.1 มีการตรวจสอบค่าประสิทธิภาพหม้อไอน้ำ หม้อต้มน้ำร้อนหรือไม่	<input type="checkbox"/> มี/ใช่ <input type="checkbox"/> ไม่มี/ไม่ใช่	ค่าประสิทธิภาพไม่ควรต่ำกว่าที่กฎกระทรวงกำหนดหรืออ้างอิงจากค่า % O ₂ ที่ Flue gas ของเชื้อเพลิงชนิดต่างๆ
	4.2 มีการตรวจสอบค่าอุณหภูมิและความดันของไอน้ำ/น้ำร้อนในระบบหรือไม่	<input type="checkbox"/> มี/ใช่ <input type="checkbox"/> ไม่มี/ไม่ใช่	ความดันที่สูงหรือต่ำเกินไปจะทำให้เกิด Thermal Losses / inefficient operation of radiator ตามลำดับ
	4.3 มีการตรวจสอบฉนวนกันความร้อนและรอยรั่วในแต่ละอุปกรณ์หรือไม่	<input type="checkbox"/> มี/ใช่ <input type="checkbox"/> ไม่มี/ไม่ใช่	ตรวจสอบจากอุณหภูมิอากาศที่ร้อนผิดปกติรอบๆ บริเวณที่มีฉนวนหุ้ม หรือสังเกตการรั่วไหลจากเสียง
	4.4 มีการนำความร้อนทิ้งมาใช้งานในรูปแบบต่างๆ หรือไม่	<input type="checkbox"/> มี/ใช่ <input type="checkbox"/> ไม่มี/ไม่ใช่	พิจารณาการใช้ความร้อนทิ้งร่วมกับประเภทของหัวเผาชนิดต่างๆ
	4.5 มีพลังงานความร้อนเหลือทิ้งในปริมาณมากและสม่ำเสมอหรือไม่	<input type="checkbox"/> มี/ใช่ <input type="checkbox"/> ไม่มี/ไม่ใช่	ประเมินความเป็นไปได้ในการใช้ Cogeneration เพื่อผลิตความร้อนและไฟฟ้า ในลักษณะที่เป็น District Heating/Cooling

หัวข้อ	รายการตรวจสอบ	ผลการตรวจสอบ	ข้อเสนอแนะ
	4.6 มีระบบการเก็บสำรองน้ำร้อนหรือไม่	<input type="checkbox"/> มี/ใช่ <input type="checkbox"/> ไม่มี/ไม่ใช่	หลีกเลี่ยงการสำรองในปริมาณที่มากเกินไปจนความจำเป็นซึ่งจะทำให้ต้องเสียพลังงานในการรักษาอุณหภูมิอยู่ตลอดเวลา
	4.7 มีระบบการตรวจวัดปริมาณการใช้ไอน้ำ/น้ำร้อนในแต่ละบริเวณหลักหรือไม่	<input type="checkbox"/> มี/ใช่ <input type="checkbox"/> ไม่มี/ไม่ใช่	ใช้ข้อมูลเพื่อพิจารณาการ Decentralized เพื่อลด Distribution losses
5. ระบบไฟฟ้า			
	5.1 มีการตรวจสอบความสมดุลทางเฟส (Phase Unbalance) หรือไม่	<input type="checkbox"/> มี/ใช่ <input type="checkbox"/> ไม่มี/ไม่ใช่	Unbalance Voltage $\leq 5\%$
	5.2 มีการใช้งานอุปกรณ์ไฟฟ้าต่างๆ ใน ECO Mode หรือ Power Saved Mode หรือไม่	<input type="checkbox"/> มี/ใช่ <input type="checkbox"/> ไม่มี/ไม่ใช่	
	5.3 มีการตรวจสอบค่าฮาร์มอนิกส์หรือไม่	<input type="checkbox"/> มี/ใช่ <input type="checkbox"/> ไม่มี/ไม่ใช่	ตรวจสอบทั้ง THD current และ THD voltage โดยเฉพาะในจุดที่มีระบบอุปกรณ์ Power Switching
	5.4 มีข้อมูลประสิทธิภาพ ณ ปัจจุบันของอุปกรณ์ไฟฟ้าต่างๆ หรือไม่	<input type="checkbox"/> มี/ใช่ <input type="checkbox"/> ไม่มี/ไม่ใช่	เปรียบเทียบประสิทธิภาพกับอุปกรณ์ในเทคโนโลยีที่ทันสมัยในปัจจุบัน
	5.5 สามารถบริหารจัดการอุปกรณ์ไฟฟ้าในช่วงเวลาที่มีค่าไฟฟ้าสูง (On-Peak Demand) หรือไม่	<input type="checkbox"/> มี/ใช่ <input type="checkbox"/> ไม่มี/ไม่ใช่	จัดทำ Load shading schedule หรือ เลือกใช้ อุปกรณ์ที่มี Soft Start เพื่อลดค่า Peak Demand

4.2 กรณีศึกษาการเพิ่มประสิทธิภาพพลังงานในอาคารโรงพยาบาล :

การเพิ่มประสิทธิภาพพลังงานในอาคารโรงพยาบาล มีความจำเป็นที่จะต้องเริ่มจากการพิจารณาสถานะในการใช้งานระบบอุปกรณ์ในปัจจุบันเพื่อเปรียบเทียบค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นในการใช้งานและบำรุงรักษาระบบให้มีประสิทธิภาพสูงสุด (Cost-Effectiveness) ดังจะเห็นได้อย่างตัวอย่างกรณีศึกษาในด้านการบำรุงรักษาประสิทธิภาพของระบบ (หัวข้อ 4.2.1) และ ตัวอย่างกรณีศึกษาในด้านการปรับปรุงประสิทธิภาพของระบบ (หัวข้อ 4.2.2) ต่อไปนี้

4.2.1 เทคนิคการพิจารณาเปลี่ยนแผ่นกรองอากาศในเครื่องส่งลมเย็น (Filter)

แผ่นกรองอากาศ (Filter) นับได้ว่ามีความสำคัญที่ไม่ควรมองข้ามสำหรับระบบปรับอากาศ เนื่องจากแผ่นกรองอากาศที่สกปรกและอุดตัน จะเป็นต้นเหตุให้เกิดการใช้พลังงานที่มากขึ้น (เพิ่ม Pressure Losses) และส่งผลต่อคุณภาพของอากาศที่ผ่านการกรองที่ไม่ได้มาตรฐาน ในทางเศรษฐศาสตร์แล้ว การเปลี่ยนแผ่นกรองอากาศในระยะเวลาที่เหมาะสม จะยังคงไว้ซึ่งประสิทธิภาพทางพลังงานโดยที่เป็นการใช้วัสดุอุปกรณ์ได้เต็มประสิทธิภาพและมีค่าใช้จ่ายที่เหมาะสมตามความจำเป็นอีกด้วย

โดยปกติการเปลี่ยนแผ่นกรองอากาศจะพิจารณาจากค่าความดันตกคร่อม ซึ่งแผ่นกรองอากาศที่สะอาดจะมีความดันตกคร่อมอยู่ที่ประมาณ 0.4 in.wc และแนะนำให้เปลี่ยนแผ่นกรองเมื่อความดันตกคร่อมมีค่าสูงถึง 1.5 in.wc

กรณีศึกษา : การพิจารณาเปลี่ยนแผ่นกรองอากาศในระยะเวลาที่เหมาะสม

แผ่นกรองอากาศขนาด 24x24x6 MERV 13 Filter ใช้งานสำหรับความเร็วลมที่ 400 fpm และ ใช้ได้ที่ชั่วโมงการใช้งาน 2,190 ชั่วโมง ก่อนที่จะมีการอุดตันตามความดันตกคร่อมที่กำหนด (1.5 in.wc)

การคำนวณค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้น

ค่า Filter ใหม่ = \$4/ชุด ,

ค่าแรงในการเปลี่ยน = \$5/ชุด

ค่าพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในการหมุนเวียนอากาศผ่านแผ่นกรอง = \$60 ตลอด 2,190 ชม. (ที่ \$0.10/kWh)

จำนวน Filter ที่เปลี่ยน = 4 ชุดต่อปี

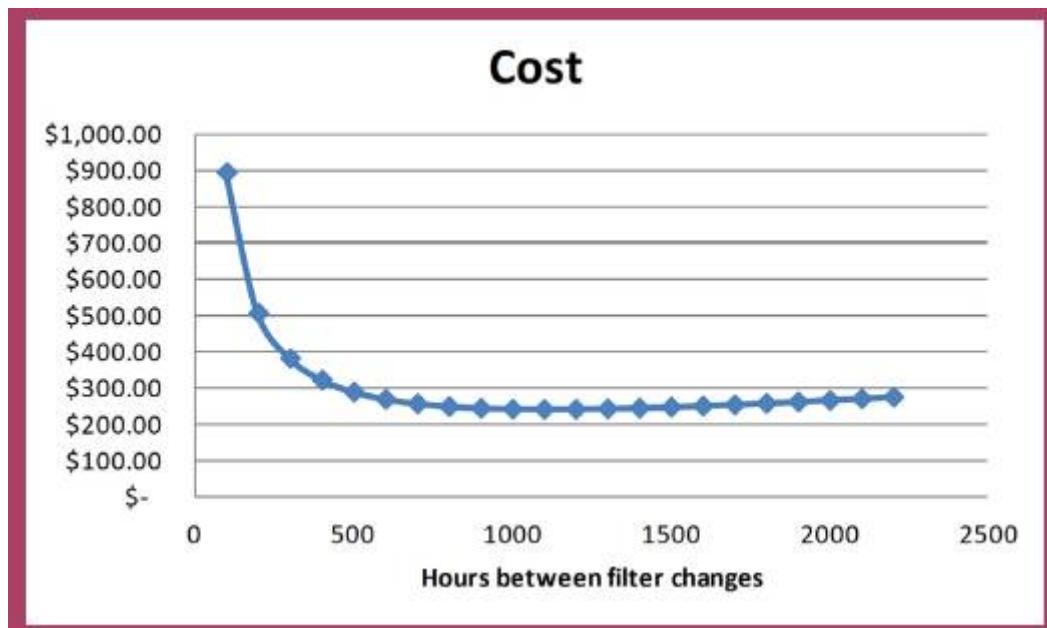
โดยที่ กำลังไฟฟ้าของพัดลม (HP) = $(CFM \times \text{average (DP initial, DP final)}) / (6356 \times \text{Eff.})$
 $= (4 \times 400 \text{ CFM} \times 0.95) / (6356 \times 0.65)$
 $= 0.3679 \text{ HP}$

พลังงานไฟฟ้าของพัดลม = $2,190 \text{ Hours} \times \text{HP} \times 0.7457$
 $= 600 \text{ kWh}$

คิดเป็นค่าพลังงานไฟฟ้า = $600 \text{ kWh} \times \$0.10/\text{kWh} = 60 \$$

ในการทำงานเดียวกัน สำหรับการเปลี่ยนแผ่นกรองอากาศทุกเดือนที่ 730 ชั่วโมง ที่ค่า Final Pressure Drop = 0.77 in.wc. จะมีค่าใช้จ่ายต่อปี = \$252

ดังนั้นจากหลักการคำนวณข้างต้น สามารถคำนวณค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นในระยะเวลาการใช้งาน (เปลี่ยน) ได้ดังกราฟต่อไปนี่



จากกราฟข้างต้น จะเห็นได้ว่า ที่ชั่วโมงการใช้งาน 1,100 ชั่วโมง จะก่อให้เกิดค่าใช้จ่ายในการเปลี่ยนแผ่นกรองอากาศต่ำสุด คือที่ = \$243 ซึ่งถือว่าเป็นระยะเวลาที่เหมาะสมในเชิงเทคนิค (ยังคงไว้ซึ่งประสิทธิภาพพลังงาน) และเชิงเศรษฐศาสตร์ (เกิดค่าใช้จ่ายต่ำสุด)

4.2.2 เทคนิคการอนุรักษ์พลังงานสำหรับห้องสะอาด

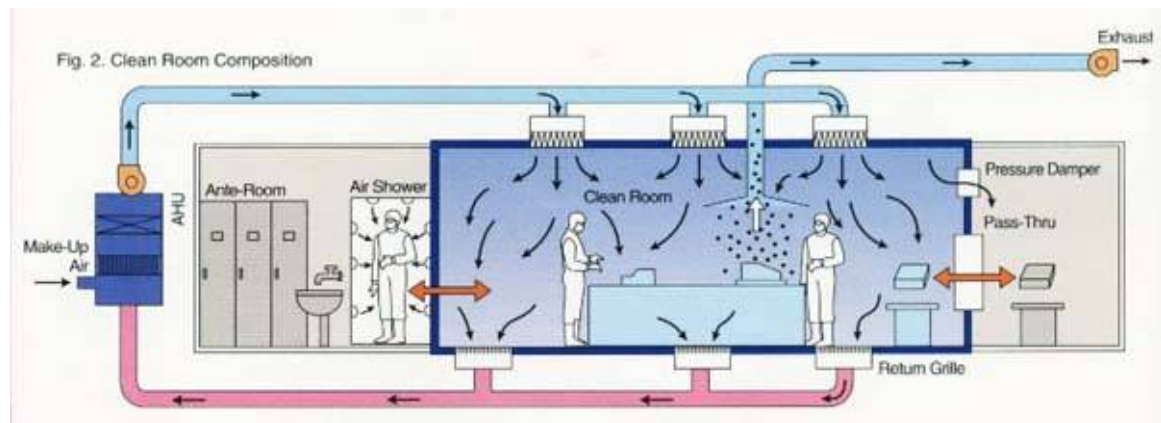
ห้องสะอาดคืออะไร

คำนิยามของห้องสะอาด คือ “ห้องที่สร้างขึ้นเป็นพิเศษซึ่ง ง่าย, การกระจายลม, ฝุ่นและอนุภาคแขวนลอยในอากาศ, ความดันของห้อง, อุณหภูมิและความชื้น ได้รับการควบคุม เพื่อให้มีระดับความสะอาดเหมาะสมตามลักษณะการใช้งาน”

อนุภาคที่กล่าวถึงในที่นี้ หมายถึง อนุภาคที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเล็กจนถึง 1/1000 ของขนาดเส้นผมของคน ซึ่งเทียบเท่ากับ 1/100 ของอนุภาคที่มองเห็นด้วยตาเปล่าเห็น แผงกรองอากาศที่ใช้ในระบบปรับอากาศปกติ ไม่สามารถกรองอนุภาคขนาดเล็กๆ เหล่านี้ได้

เราสามารถแบ่งห้องสะอาดได้เป็น 2 ประเภทคือ ห้องสะอาดในอุตสาหกรรม (Industrial Clean Room) และห้องสะอาดทางชีววิทยา (Biological Clean Room) ห้องสะอาดทางชีววิทยานี้จะควบคุมปริมาณสิ่งมีชีวิตขนาดเล็ก (Micro-organism) และเป็นส่วนสำคัญอย่างมากในการวิจัยและทดลองทางการแพทย์

เทคโนโลยีของห้องสะอาดเริ่มต้นในโครงการอโพลโลขององค์การนาซ่า เทคโนโลยีได้รับการพัฒนาจนปัจจุบัน แผงกรองอากาศประสิทธิภาพสูงได้ถูกนำไปใช้งานกันอย่างแพร่หลาย และได้รับการพัฒนาไปมากจากการกรองอนุภาคขนาด 0.3 ไมครอนของ HEPA (High Efficient Particulates Air Filter) จนถึง ULPA (Ultra Low Penetration Air Filter) ซึ่งสามารถกรองอนุภาคขนาด 0.1-0.2 ไมครอนได้มีประสิทธิภาพสูงถึง 99.999%



ระดับของความสะอาด

การแบ่งระดับของห้องสะอาด เป็นการแบ่งตามปริมาณอนุภาคฝุ่นภายในห้องต่อหนึ่งปริมาตร การแบ่งระดับความสะอาดมีหลายแบบ แบบที่เป็นที่นิยมใช้กันได้แก่ หน่วยอังกฤษ, หน่วยเอสไอ ตามมาตรฐาน U.S. Federal Standard 209

หน่วยอังกฤษ (Inch-Pound) แบ่งระดับเป็น Class โดยมีตั้งแต่ Class 1, 10, 100, 1000, 10000 และ 100000 โดยตัวเลขหมายถึงจำนวนอนุภาคที่มีขนาด 0.5 ไมครอนและใหญ่กว่า ต่อปริมาตรอากาศหนึ่งลูกบาศก์ฟุต เช่น Class 100 หมายถึง มีอนุภาคขนาด 0.5 ไมครอนและใหญ่กว่าไม่เกิน 100 อนุภาคต่อหนึ่งลูกบาศก์ฟุต

สำหรับหน่วยเอสไอ ก็แบ่งระดับความสะอาดเป็น Class เช่นกัน โดยมีตั้งแต่ M1, M1.5, M2, M2.5, ..., M7 โดยหมายเลข คือ x จากปริมาณอนุภาค 10x อนุภาคต่อปริมาตรอากาศหนึ่งลูกบาศก์เมตร เช่น Class M3 คือ ยอมให้มีอนุภาคขนาด 0.5 ไมครอนและใหญ่กว่า ได้ไม่เกิน 103 = 1000 อนุภาค ต่อปริมาตรอากาศหนึ่งลูกบาศก์เมตร

เทคนิคการควบคุมความสะอาดและสุขอนามัยของโรงพยาบาล

ไม่ให้ฝุ่นเข้า

- ไม่ให้ฝุ่นรั่วผ่านแผงกรองและกรอบของแผงกรอง
- รักษาความดันภายในห้อง
- คนเข้าห้องต้องเปลี่ยนเสื้อผ้า, รองเท้า
- ทำความสะอาดอุปกรณ์ทุกชนิดก่อนนำเข้าห้อง

ไม่สะสมฝุ่น

- ไม่ทำให้เกิดมุมอับที่ทำความสะอาดยาก
- ไม่เดินทอลมและท่อน้ำภายในห้อง
- ทำความสะอาดห้องอย่างสม่ำเสมอ

ไม่สร้างฝุ่น

- เสื้อผ้าต้องเป็นชนิดไม่สร้างฝุ่น
- ไม่ใช้อุปกรณ์หรือเครื่องใช้ที่สร้างฝุ่น
- ไม่เคลื่อนไหวถ้าไม่จำเป็น
- ไม่นำสิ่งของที่มิใช่เข้าในห้อง

กำจัดฝุ่นให้เร็วที่สุด

- เพิ่มอัตราการหมุนเวียนของลม
- มีระบบระบายอากาศใกล้ๆกับจุดที่มีการกำเนิดฝุ่น
- ให้ลมมีลักษณะการไหลอย่างเหมาะสม

เทคนิคการอนุรักษ์พลังงานสำหรับห้องสะอาด**4.2.2.1 ปรับ All Outdoor Air System เป็น Recirculate Air System**

ห้องผ่าตัดในอดีต นิยมออกแบบโดยใช้อากาศจากภายนอกทั้งหมดจ่ายเข้ามาในห้อง (All Outdoor Air System) แล้วระบายลมจากในห้องทิ้งออกไปทั้งหมด โดยไม่นำกลับมาใช้หมุนเวียนใหม่ ทั้งนี้เป็นเพราะ เทคโนโลยีการกรองอากาศในอดีตยังไม่พัฒนาดีพอ และค่าพลังงานยังมีราคาสูง

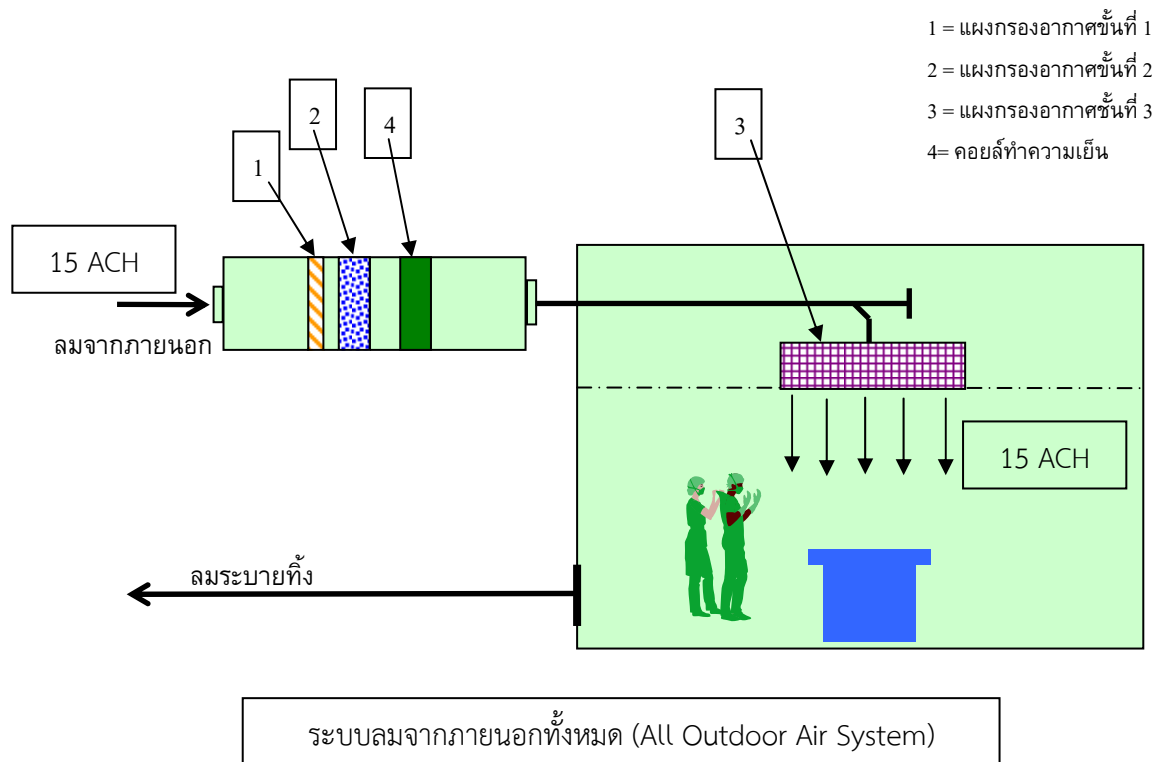
แต่ปัจจุบัน ห้องผ่าตัดสมัยใหม่จะได้รับการออกแบบโดยใช้ระบบอากาศหมุนเวียน (Recirculate Air System) แทน โดยยังคงสามารถรักษาระดับความสะอาดไว้ได้

อย่างไรก็ตาม การปรับจากระบบอากาศจากภายนอกทั้งหมด เป็นระบบหมุนเวียนอากาศ ต้องทำการปรับปริมาณอากาศหมุนเวียนภายในห้องผ่าตัดให้ได้ตามมาตรฐาน

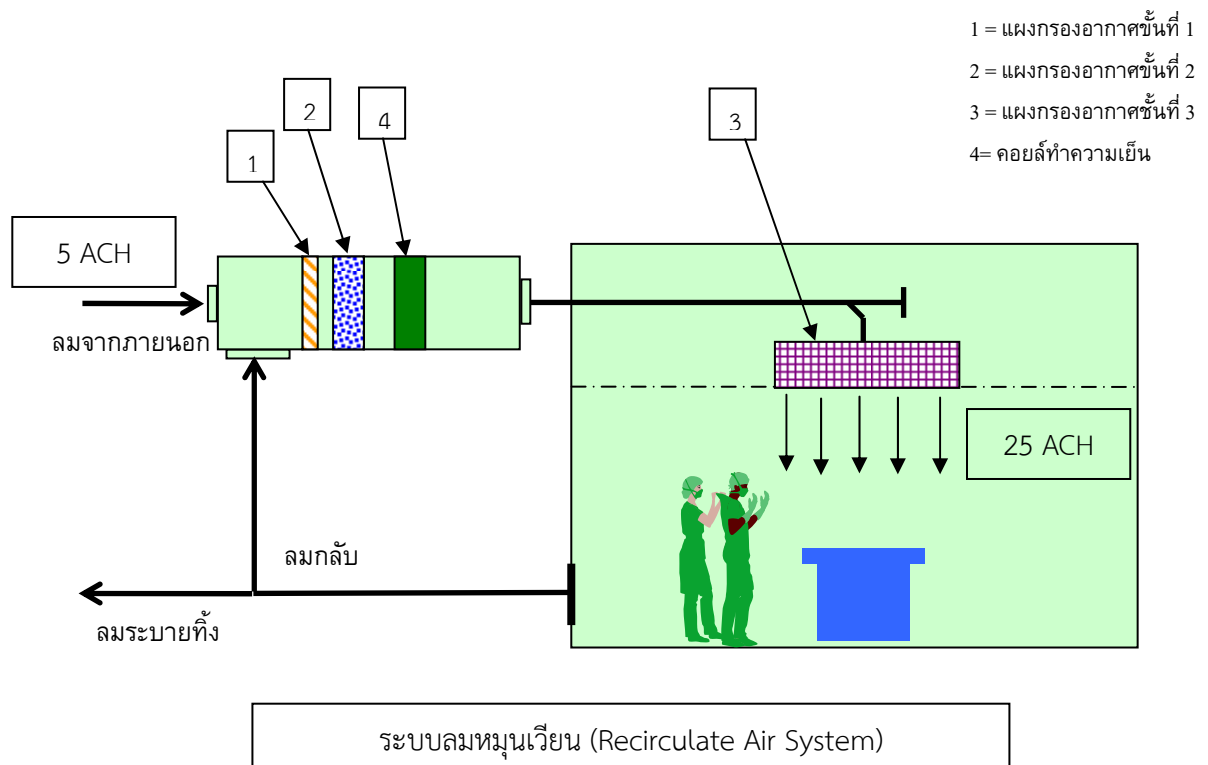
ตารางอัตราอากาศจากภายนอกและอากาศหมุนเวียนภายในห้องสะอาด

ระบบ	อัตราอากาศจากภายนอกน้อยที่สุด, ปริมาตรห้อง ต่อ ชั่วโมง	อัตราการหมุนเวียนอากาศภายในห้อง ปริมาตรห้อง ต่อ ชั่วโมง
ระบบอากาศจากภายนอกทั้งหมด	15	15
ระบบอากาศหมุนเวียน	5	25

ที่มา : 1999 ASHRAE Handbook - Application



*** ACH = Air Change per Hour = ปริมาตรห้อง ต่อ ชั่วโมง



กรณีศึกษา ; การปรับระบบห้องผ่าตัดจากระบบอากาศจากภายนอกทั้งหมดเป็นระบบอากาศหมุนเวียน

ห้องผ่าตัดขนาด 50 ตารางเมตร สูง 2.8 เมตร เดิมออกแบบไว้เป็นระบบอากาศจากภายนอกทั้งหมด โดยมีอัตราการเติมอากาศ 15 ACH มีจำนวนชั่วโมงใช้งานปีละ 2000 ชั่วโมง

มีอัตราการเติมอากาศ

$$= (50 \text{ ตร.ม.} \times 2.8 \text{ ม.}) \times 15 \text{ ACH}$$

$$= 2100 \text{ ลบ.ม. ต่อชั่วโมง}$$

$$= 1235 \text{ CFM}$$

ดังนั้นระบบเดิมใช้พลังงานสำหรับอากาศเติม

$$= [4.45 \times \text{CFM} \times (H_2 - H_1) / 12000] \times \text{kW/ton} \times \text{Hr}$$

$$= 4.45 \times 1235 \times (40.425 - 29.216) / 12000 \times 1.0 \text{ kW/ton} \times 2000 \text{ Hr}$$

$$= 10,267 \text{ kWh}$$

เมื่อปรับเปลี่ยนเป็นระบบอากาศหมุนเวียน โดยให้มีอัตราอากาศหมุนเวียนภายในห้อง 25 ACH และให้มีอัตราการเติมอากาศจากภายนอก 5 ACH

จะมีอัตราการระบายอากาศใหม่

$$= (50 \text{ ตร.ม.} \times 2.8 \text{ ม.}) \times 5 \text{ ACH}$$

$$= 700 \text{ ลบ.ม. ต่อชั่วโมง}$$

$$= 412 \text{ CFM}$$

ดังนั้นระบบใหม่ใช้พลังงานสำหรับอากาศเติม

$$= [4.45 \times \text{CFM} \times (H_2 - H_1) / 12000] \times \text{kW/ton} \times \text{Hr}$$

$$= 4.45 \times 412 \times (40.425 - 29.216) / 12000 \times 1.0 \text{ kW/ton} \times 2000 \text{ Hr}$$

$$= 3,425 \text{ kWh}$$

แต่พัดลมของระบบอากาศหมุนเวียนจะต้องใหญ่ขึ้นจากที่เคยจ่ายลมได้ 15 ACH เป็น 25 ACH หรือเพิ่มขึ้น 10 ACH พัดลมต้องมีอัตราการจ่ายลมเพิ่มขึ้น

$$= (50 \text{ ตร.ม.} \times 2.8 \text{ ม.}) \times 10 \text{ ACH}$$

$$= 1400 \text{ ลบ.ม. ต่อชั่วโมง}$$

$$= 824 \text{ CFM}$$

พัดลมต้องใช้กำลังเพิ่มขึ้น

$$= \frac{824 \text{ CFM} \times 3.0 \text{ in.wg} \times 0.746 \text{ kW/HP}}{6346 \times 40\% \text{ Eff}}$$

$$= 0.07 \text{ kW}$$

$$= 0.07 \text{ kW}$$

พัดลมใช้พลังงานมากขึ้น

$$= 0.07 \text{ kW} \times 2000 \text{ Hr}$$

$$= 1,400 \text{ kWh}$$

ดังนั้นประหยัดพลังงานเนื่องจากปรับระบบได้

= พลังงานอากาศเดิมที่ลดลง - พลังงานพัดลมที่เพิ่มขึ้น

= (10,267 kWh - 3,425 kWh) -1,400

= 5,442 kWh

คิดเป็นเงิน

= 5,442 kWh x 2.0 บาท/kWh

= 10,884 บาทต่อปี

เนื่องจากระบบนี้ต้องการลงทุนซื้อพัดลมใหม่ให้มีอัตราเพิ่มขึ้นและต้องปรับปรุงระบบท่อลมให้สอดคล้องกับอัตราการหมุนเวียนใหม่ จึงต้องลงทุนค่อนข้างสูง แต่มีผลประหยัดไม่มากนัก โดยเฉพาะอย่างยิ่งระบบที่มีจำนวนชั่วโมงทำงานต่อปีน้อย ดังนั้นมาตรการนี้จึงเหมาะกับการลงทุนเมื่อระบบปรับอากาศของห้องผ่าตัดที่ใช้งานอยู่หมดอายุการใช้งานแล้ว และต้องทำการปรับปรุงใหม่อยู่แล้ว ซึ่งมูลค่าการลงทุนจะคิดเฉพาะส่วนต่างที่เพิ่มขึ้น จึงจะมีระยะเวลาในการคืนทุนสั้นลง

4.2.2.2 ใช้ Air-to-Air Heat Exchanger ช่วยลดภาระของอากาศจากภายนอก

ตามที่กล่าวมาแล้วว่า ห้องสะอาดต้องต้องการเติมอากาศจากภายนอก เพื่อเจือจางสิ่งสกปรก และควบคุมความดันในห้องให้มากกว่าภายนอก ซึ่งอัตราการเติมอากาศจากภายนอกของห้องสะอาดจะมากกว่าระบบปรับอากาศของห้องทั่วไปมาก เราสามารถลดการใช้พลังงานในส่วนของการเติมอากาศได้โดย นำอากาศเย็นที่เหลือทิ้งไปแลกเปลี่ยนความร้อนกับอากาศจากภายนอกที่เติมเข้ามา

อุปกรณ์ที่ใช้ในการแลกเปลี่ยนความร้อนนี้เรียกว่า อุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนอากาศ หรือ Air-to-Air Heat Exchanger ซึ่งปัจจุบันนี้ มีเทคโนโลยีให้เลือก 3 แบบ

1. แบบวงล้อ (Wheel)
2. แบบแผ่น (Plate)
3. แบบท่อความร้อน (Heat Pipe)

โดยเฉลี่ยแล้ว อุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนจะมีประสิทธิภาพประมาณ 40-70 เปอร์เซ็นต์ (ขึ้นอยู่กับชนิด ขนาดและสัดส่วนอัตราอากาศระบายทิ้งและอากาศจากภายนอก)

ดังนั้น เราจึงสามารถลดการใช้พลังงานเนื่องจากอากาศจากภายนอกได้ประมาณ 40-70 เปอร์เซ็นต์

กรณีศึกษา ; การใช้ Energy Recovery Ventilation (ERV)

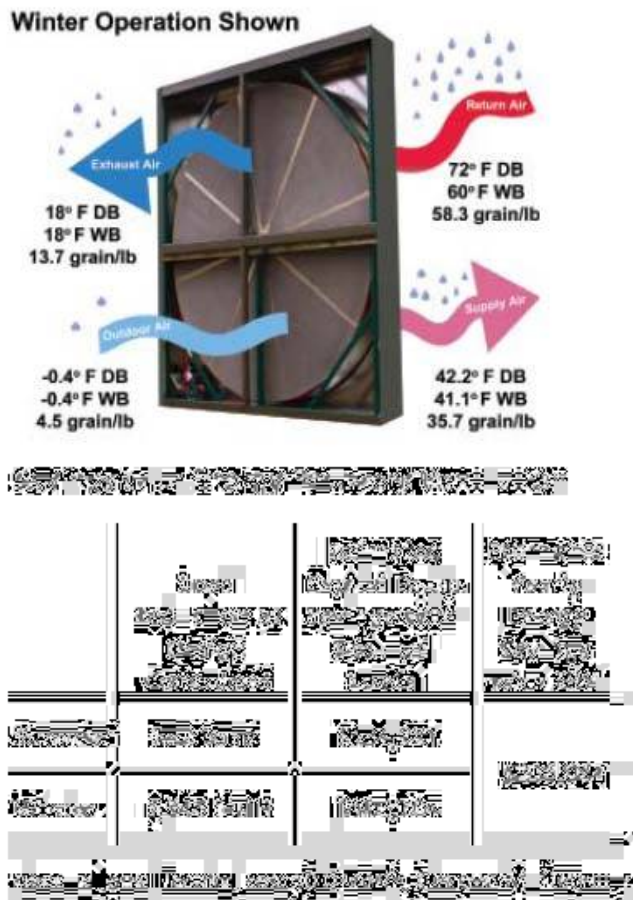
กรณีที่ระบบเดิม เป็น 100% Outdoor Air สามารถที่ใช้ Energy Recovery Ventilation (ERV) ซึ่งเป็นอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน หรือ ความเย็น โดยใช้หลักการนำพลังงานที่เหลือของอากาศปล่อยทิ้ง (Exhaust Air) มาป้อนเพื่อปรับสภาวะให้กับอากาศที่เติมเข้ามาใหม่ (Fresh Air Intake) โดยที่

- ในฤดูร้อน : ERV จะทำหน้าที่ในการ Pre-cooled และลดความชื้นอากาศที่เติมเข้ามา
- ในฤดูหนาว : ERV จะทำหน้าที่ในการ Pre-heated และเพิ่มความชื้นอากาศที่เติมเข้ามา

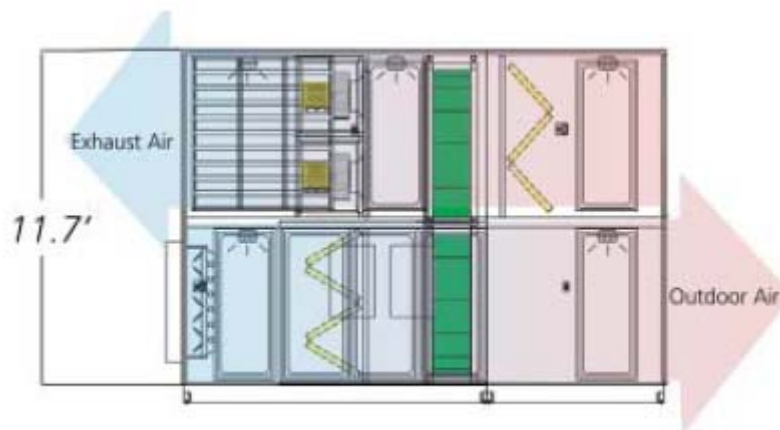
จากหลักการทำงานของทั้ง 2 ฤดูกาลข้างต้น ERV จะสามารถช่วยให้ลดพลังงานในระบบปรับอากาศอื่นเนื่องมาจากการทำความเย็นหรือเพิ่ม/ลดความชื้นให้เหมาะสมตามค่ามาตรฐาน

โรงพยาบาล Cox South Healthcare , รัฐมิสซูรี ประเทศสหรัฐอเมริกา

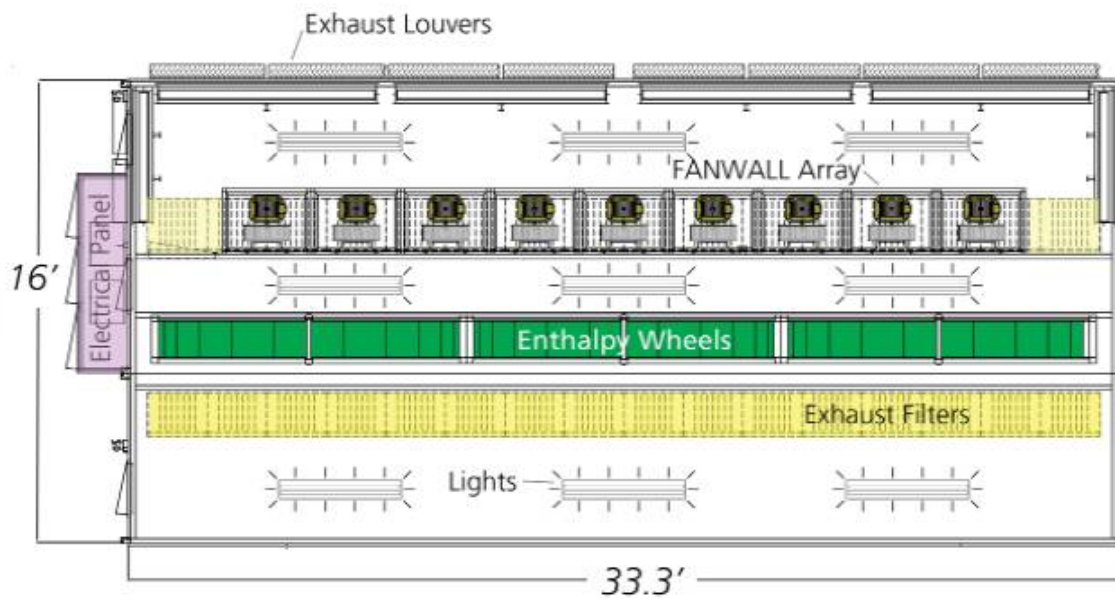




รูปที่ 4.2.1 ผลการใช้ ERV ติดตั้งบนหลังคาพร้อมระบบพัดลมระบายอากาศ “FAN WALL” ร่วมกับ VSD



รูปที่ 4.2.2 รูปด้านข้างตัดขวาง (Elevation view) ของ ERV



รูปที่ 4.2.3 รูปด้านบน (Plan view) ของ ERV



รูปที่ 4.2.4 ชุดพัดลม Exhaust Air ใน “Fan Wall” (18ชุด)

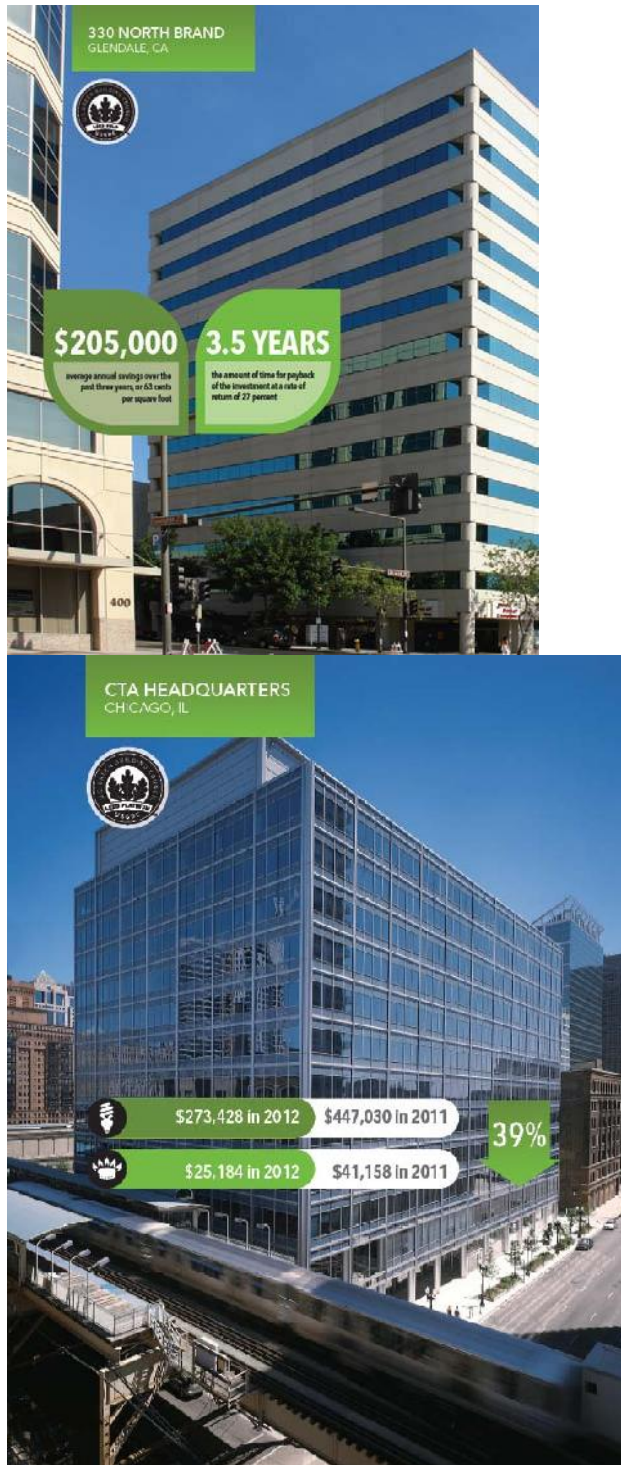
Operation of Wheel :

Wheels rotate	:	20 rpm by ¾ HP motor
Air velocity (Supply side)	:	866 CFM
Air velocity (Return side)	:	740 CFM
Total Capacity	:	88,000 CFM
น้ำหนักรวม	:	42,000 lbs

ประโยชน์จากการใช้ ERV คือ สามารถลดการใช้พลังงานลงได้มากกว่า \$206,064 ต่อปี และเพิ่มคุณภาพอากาศภายในอาคาร (Improved Indoor Air Quality) จากการระบายอากาศโดยสามารถลดปัญหาการร้องเรียนจากผู้ใช้อาคารในเรื่องของความเย็นที่ไม่เพียงพอและกลิ่นอันไม่พึงประสงค์ได้เป็นอย่างดี

หมวดวิชา GROUP	ความรู้พื้นฐาน BASIC KNOWLEDGE (B)	B
วิชา Module	แนวคิดการเพิ่มประสิทธิภาพพลังงานสำหรับการพัฒนาโครงการก่อสร้างอาคารธุรกิจยุคใหม่ Development concept for Energy Efficiency in Commercial Buildings	1.1

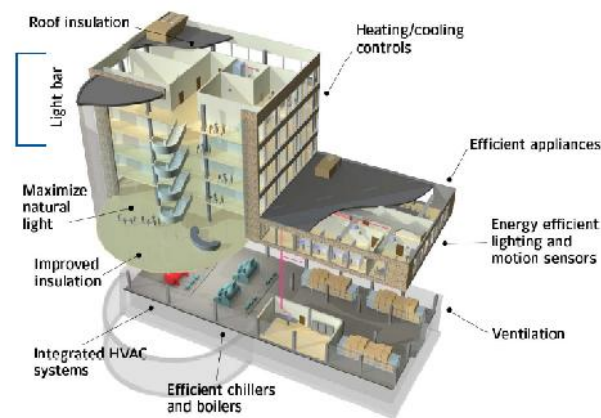
Chapter 1	Introduction to Energy Efficiency in Commercial Buildings
บทที่ 1	ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับประสิทธิภาพการใช้พลังงานของอาคารธุรกิจ
	1.1 การพัฒนาโครงการอาคารธุรกิจกับการใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพ
	1.2 ข้อมูลลักษณะเฉพาะของอาคารประเภทโรงพยาบาล
	1.3 ข้อมูลลักษณะเฉพาะของอาคารประเภทโรงแรม
	1.4 ข้อมูลลักษณะเฉพาะของอาคารประเภทศูนย์การค้า
	1.5 ข้อมูลลักษณะเฉพาะของอาคารประเภทสำนักงาน



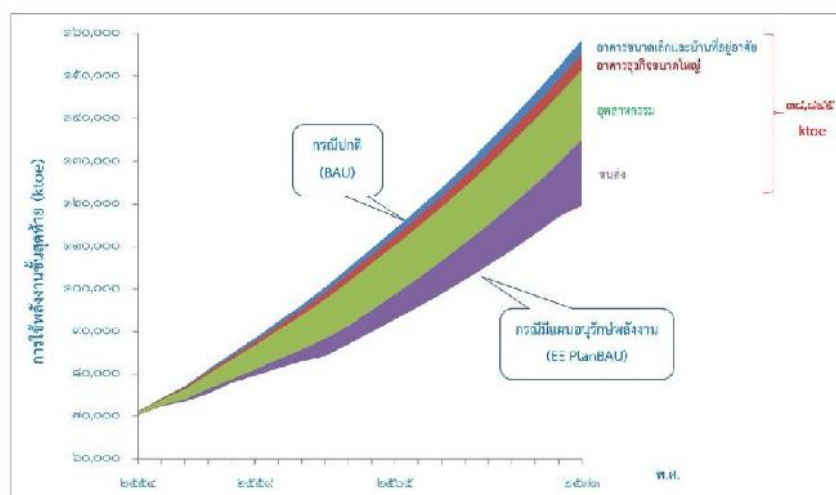
บทที่ 1

ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับประสิทธิภาพการใช้พลังงานของอาคารธุรกิจ

นักลงทุนผู้พัฒนาโครงการ (Building Developers) สำหรับอาคารธุรกิจที่ผ่านมา โดยมากจะพิจารณาการพัฒนาโครงการจากปัจจัยทางการตลาด อาทิ ทำเลที่ตั้งที่เป็นย่านธุรกิจ ความต้องการของเจ้าของธุรกิจและกลุ่มเป้าหมายในการใช้ระบบสาธารณูปโภค ฯลฯ ซึ่งอาจทำให้โครงการก่อสร้างต่างๆ มักได้รับการวางแผนคิดให้เน้นความสะดวกสบายเป็นหลัก ซึ่งในบางกรณีอาจสวนทางกับการใช้พลังงานที่มีประสิทธิภาพและส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในบริเวณข้างเคียง ดังนั้น การพัฒนาโครงการสำหรับอาคารธุรกิจยุคใหม่ที่ยั่งยืน จึงควรได้รับการสร้างความเข้าใจให้แก่ผู้ประกอบการในธุรกิจที่เกี่ยวข้องเพื่อให้สามารถดำเนินโครงการได้อย่างสอดคล้องกับแผนอนุรักษ์พลังงาน 20 ปีของประเทศไทยในปัจจุบัน ซึ่งจะส่งผลต่อภาพรวมของการเติบโตทางธุรกิจสำหรับอาคารธุรกิจอย่างมีประสิทธิภาพและยั่งยืน



“Energy- Efficient Building”



“20 Yrs.-Energy Efficiency Action Plan”

1.1 การพัฒนาโครงการอาคารธุรกิจกับการใช้พลังงานที่มีประสิทธิภาพ

ในอดีตที่ผ่านมา นักลงทุนพัฒนาโครงการอาคารธุรกิจอาจยังไม่ได้พิจารณาเกี่ยวกับการลงทุนเพิ่มประสิทธิภาพพลังงานของอาคารมากนัก อันเนื่องมาจากปัจจัยต่างๆ ดังต่อไปนี้

- ❖ ผู้พัฒนาโครงการไม่ได้ตระหนักถึงศักยภาพของผลกำไรจากการลงทุนด้านการเพิ่มประสิทธิภาพพลังงานของอาคาร
- ❖ ตลาดไม่ได้มีกลไกทางการเงินเพื่อรองรับการลงทุนด้านอุปกรณ์ประหยัดพลังงาน
- ❖ ตลาดไม่ได้มีผลตอบแทนหรือแรงจูงใจให้เจ้าของอาคารและผู้บริหารอาคารตัดสินใจลงทุนในโครงการด้านการเพิ่มประสิทธิภาพพลังงานของอาคาร
- ❖ ฯลฯ

จากผลการศึกษาในรายงานหัวข้อ “Environmental Performance” A Global Perspective on Commercial Real Estate Investors , The European Centre for Corporate Engagement, Maastricht University School of Business and Economics ประเทศเนเธอร์แลนด์ พบว่าอาคารธุรกิจที่มีประสิทธิภาพพลังงาน จะให้ผลตอบแทนทางเศรษฐศาสตร์แก่ผู้ลงทุนในลักษณะของการให้เช่าในอัตราที่สูงขึ้นมากกว่าอาคารทั่วไปประมาณ **6-8%** และในลักษณะของการซื้อ-ขายจะมีมูลค่าที่มากขึ้นประมาณ **18%**

นอกจากนี้ จากผลการศึกษาดังกล่าว ได้มีการสร้างแบบสอบถามและทำการสำรวจกลุ่มตัวอย่างโดยจำแนกประเภทของคำถามออกเป็น 2 กลุ่ม ได้แก่ Environmental Management & Policy และ Implementation & Measurement เพื่อพิจารณา **Environmental Real Estate Index** จาก Global Private Sample ดังนี้

Environmental Management Policy : เป็นชุดคำถามเพื่อประเมินการตัดสินใจของผู้บริหารเกี่ยวกับการพิจารณาการลงทุนด้านพลังงานและสิ่งแวดล้อม

Implementation & Measurement : เป็นชุดคำถามเพื่อประเมินด้านข้อมูลประสิทธิภาพพลังงานและศักยภาพที่มีอยู่ของบุคลากรผู้ปฏิบัติงาน

สำหรับผลการสำรวจสามารถสรุปได้ดังตารางและกราฟต่อไปนี้

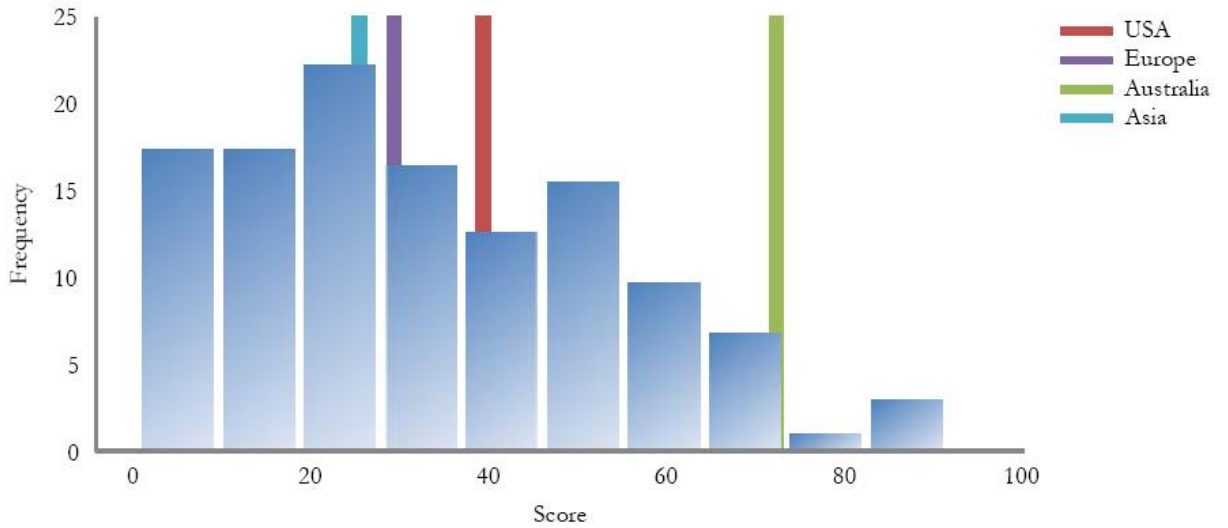
ตารางที่ 1.1 Environmental Real Estate Index : Global Private Sample

	Europe	Australia	U.S.	Asia
Sample	64	5	37	20
Management & Policy	29.3%	71.7%	39.1%	24.8%
	(17.0)	(23.7)	(17.9)	(22.9)
Implementation & Measurement	17.7%	47.1%	20.2%	15.9%
	(14.8)	(26.6)	(12.3)	(13.9)
Total Score	22.3%	56.9%	27.7%	19.4%
	(13.8)	(23.0)	(12.1)	(16.9)

(ตัวเลขในวงเล็บคือค่า Standard Deviation)

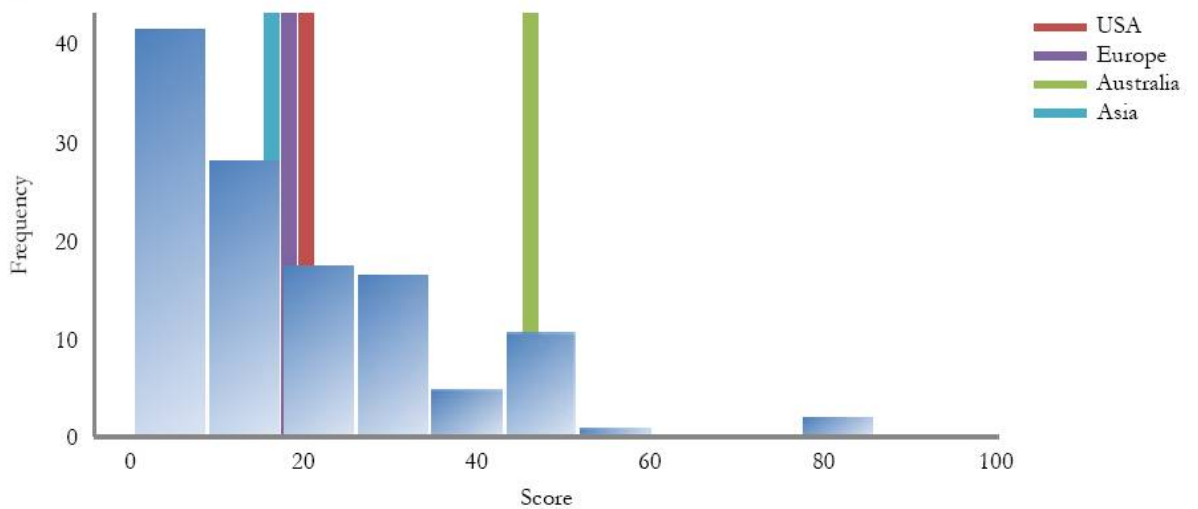
เมื่อพิจารณาข้อมูลในกลุ่มประเทศเอเชีย ได้คะแนนเพียง 19.4% ซึ่งค่อนข้างต่ำหากเปรียบเทียบกับกลุ่มอื่นๆ สาเหตุน่าจะมาจากการที่โครงการที่พัฒนาต่างๆ ยังมองว่าเรื่องการบริหารจัดการพลังงานและสิ่งแวดล้อม ไม่ได้มีความสำคัญในอันดับต้นๆ เนื่องจากยังไม่มีแรงกดดันจากหน่วยงาน องค์กรต่างๆ ในเรื่องพลังงานและสิ่งแวดล้อมมากนัก

Environmental Management & Policy



รูปที่ 1.1 กราฟแสดง Environmental Real Estate Index : Management & Policy

Implementation & Measurement



รูปที่ 1.2 กราฟแสดง Environmental Real Estate Index : Implementation & Measurement

ตารางที่ 1.2 Environmental Performance per Sector

	Industrial	Office	Retail	Residential	Diversified	Other
Sample	7	26	31	19	35	8
Management & Policy	16.1%	39.8%	37.9%	26.1%	30.4%	29.9%
	(15.3)	(24.0)	(23.0)	(15.4)	(19.2)	(16.8)
Implementation & Measurement	9.4%	28.0%	21.1%	11.9%	18.4%	19.3%
	(7.3)	(21.6)	(15.9)	(4.69)	(14.8)	(16.0)
Total Score	16.0%	32.7%	27.8%	17.5%	23.2%	23.5%
	(9.8)	(21.2)	(16.7)	(6.6)	(15.0)	(13.8)

สืบเนื่องจากนโยบายของผู้บริหารที่ต่ำในรูปที่ 1.1 ทำให้แนวทางการปฏิบัติในเรื่องของ Implementation & Measurement ของพนักงานปฏิบัติจึงมีค่าต่ำ โดยเฉพาะอย่างยิ่งประเทศในแถบเอเชียซึ่งยังมีศักยภาพในการพัฒนาโครงการด้านอาคารธุรกิจค่อนข้างมากโดยเฉพาะอย่างยิ่งประเภทอาคารเพื่อการพักอาศัย Residential (ดูตารางที่ 1.2) เช่น อาคารชุด (คอนโดมิเนียม อพาร์ทเมนท์) เป็นต้น

มีการประมาณการไว้ว่ากว่าร้อยละ 40 ของการใช้วัสดุและพลังงานทั่วโลก จะถูกนำมาใช้ในภาคอาคารธุรกิจ (Roodman et al,1995) ดังนั้น ความเข้าใจในการพัฒนาโครงการที่ให้ความสำคัญทางด้าน การบริหารจัดการพลังงาน และสิ่งแวดล้อมเป็นสิ่งทั่วโลกกำลังให้ความสำคัญมากขึ้น เนื่องจากการขยายตัวอย่างรวดเร็วของภาคอาคารธุรกิจ และธุรกิจที่เกี่ยวข้องจึงมีความจำเป็นต้องปรับตัวเพื่อสร้างศักยภาพในการแข่งขันและสร้างมูลค่าเพิ่มให้แก่ธุรกิจมากยิ่งขึ้น

มุมมองใหม่สำหรับผู้พัฒนาโครงการสำหรับอาคารธุรกิจยุคใหม่

อาคารธุรกิจยุคใหม่ ต้องเป็นอาคารที่มีความยั่งยืน (Sustainable Buildings) สามารถตอบโจทย์ในมุมมองของเจ้าของอาคาร ผู้บริหารอาคาร และผู้ใช้งานอาคารได้อย่างลงตัว ทั้งในเชิงเทคนิคและเชิงเศรษฐศาสตร์และส่งผลให้เกิดการลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในระยะยาว ดังนั้น มุมมองใหม่สำหรับผู้พัฒนาโครงการของอาคารธุรกิจ จึงควรพิจารณาในประเด็นต่างๆ ดังต่อไปนี้

❖ ประสิทธิภาพพลังงานในมุมมองทางธุรกิจ (Building Energy Efficiency – Developer’s Perspective)

การก่อสร้างอาคารที่มีประสิทธิภาพพลังงาน (Energy Efficient Building) ถึงแม้ว่าจะมีค่าใช้จ่ายที่มากขึ้นกว่าอาคารที่ออกแบบทั่วไปแต่ในลักษณะของอาคารบางประเภท โดยเฉพาะอย่างยิ่งอาคารที่มีผู้เช่าแยกตามพื้นที่นั้น ผลประโยชน์ในด้านของพลังงานที่ประหยัดได้จากการใช้งานระบบอุปกรณ์จะสามารถสร้างมูลค่าเพิ่มในด้านการพิจารณาทางธุรกิจของนักลงทุนพัฒนาโครงการและผู้ใช้งานอาคารได้เป็นอย่างดี

ตารางที่ 1.3 แสดงผลประโยชน์ทางธุรกิจจากการพัฒนาโครงการอาคารที่มีประสิทธิภาพพลังงาน

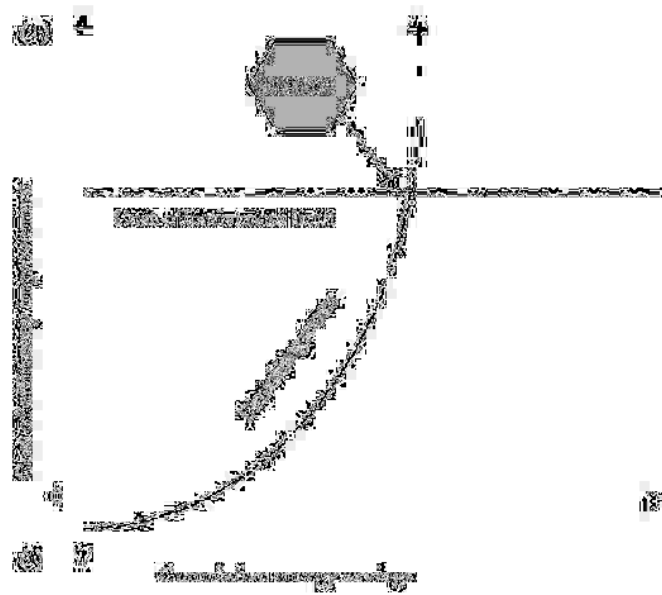
ประเภทของอาคาร	ประเภทของโครงการ	ประเภทของโครงการ	ประเภทของโครงการ
อาคารพาณิชย์	อาคารพาณิชย์	อาคารพาณิชย์	อาคารพาณิชย์
อาคารสำนักงาน	อาคารสำนักงาน	อาคารสำนักงาน	อาคารสำนักงาน
อาคารศูนย์การค้า	อาคารศูนย์การค้า	อาคารศูนย์การค้า	อาคารศูนย์การค้า
อาคารโรงแรม	อาคารโรงแรม	อาคารโรงแรม	อาคารโรงแรม
อาคารโรงเรียน	อาคารโรงเรียน	อาคารโรงเรียน	อาคารโรงเรียน
อาคารโรงพยาบาล	อาคารโรงพยาบาล	อาคารโรงพยาบาล	อาคารโรงพยาบาล
อาคารโรงงาน	อาคารโรงงาน	อาคารโรงงาน	อาคารโรงงาน
อาคารท่าอากาศยาน	อาคารท่าอากาศยาน	อาคารท่าอากาศยาน	อาคารท่าอากาศยาน
อาคารท่าเรือ	อาคารท่าเรือ	อาคารท่าเรือ	อาคารท่าเรือ
อาคารท่ารถ	อาคารท่ารถ	อาคารท่ารถ	อาคารท่ารถ
อาคารท่ารถไฟ	อาคารท่ารถไฟ	อาคารท่ารถไฟ	อาคารท่ารถไฟ
อาคารท่าอากาศยาน	อาคารท่าอากาศยาน	อาคารท่าอากาศยาน	อาคารท่าอากาศยาน
อาคารท่าเรือ	อาคารท่าเรือ	อาคารท่าเรือ	อาคารท่าเรือ
อาคารท่ารถ	อาคารท่ารถ	อาคารท่ารถ	อาคารท่ารถ
อาคารท่ารถไฟ	อาคารท่ารถไฟ	อาคารท่ารถไฟ	อาคารท่ารถไฟ

(ที่มา : Building Energy Efficiency – Barriers to Real Estate Developers,
Dr.Sanjay Vashishtha- First Green Consulting)

อาคารที่มีประสิทธิภาพพลังงาน จะได้รับการออกแบบที่ให้ผลประหยัดพลังงานจากการใช้งานอย่างน้อย 30-40% มากขึ้นจากการออกแบบทั่วไป โดยมีค่าใช้จ่ายด้านการลงทุนที่เพิ่มขึ้นประมาณ 10-20%

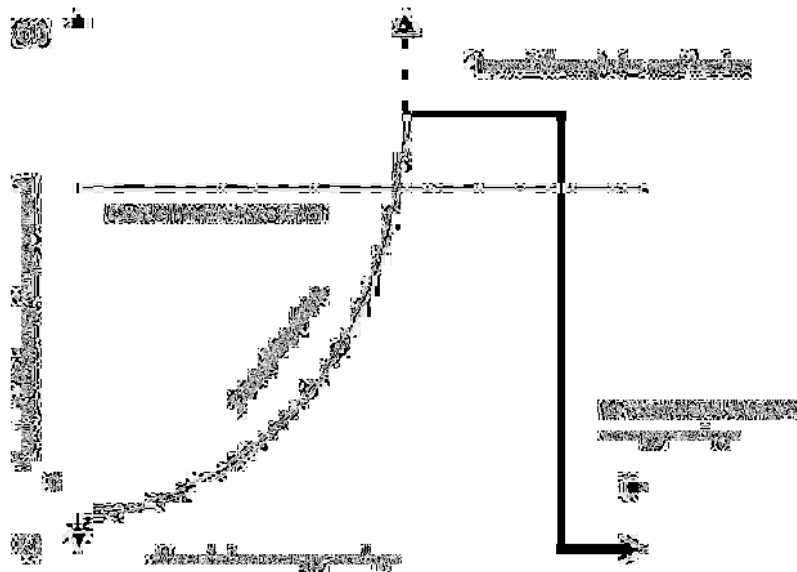
❖ ผลประโยชน์ตลอดอายุการใช้งานอาคาร (Life Cycle Costing and Service Life Planning)

การพิจารณาค่าใช้จ่ายตลอดอายุการใช้งานของอาคาร จะคำนึงถึงค่าใช้จ่ายที่เป็น Operation cost ได้แก่ ค่าพลังงาน และค่าบำรุงรักษาอุปกรณ์ เมื่อเทียบกับค่าใช้จ่ายที่ลงทุนเริ่มแรก โดยทั่วไปจะเข้าใจว่า การจะเพิ่มผลประหยัดพลังงาน มักต้องเพิ่มการใช้เงินลงทุนเริ่มแรกด้วยในด้านของอุปกรณ์ประสิทธิภาพสูง และระบบควบคุมอัตโนมัติต่างๆ นั่นคือ โครงการต่างๆ จะต้องพิจารณาถึงระยะเวลาคืนทุนเป็นหลัก ดังแสดงในรูปที่ 1.3



รูปที่ 1.3 แสดงค่าใช้จ่ายในการลงทุนของโครงการและผลประโยชน์ (กรณีทั่วไป)

อย่างไรก็ตาม หากสามารถใช้ผลของการพิจารณาผลประโยชน์อื่นๆของระบบรวมทั้งอาคาร และการบริหารจัดการ ตรวจสอบติดตามประเมินในช่วงเวลาที่เหมาะสม จะเกิดผลสืบเนื่องต่อการดำเนินการ นั่นคือ สามารถกระตุ้นให้เกิดการลงทุนที่ให้ประสิทธิผลมากยิ่งขึ้น ซึ่งเรียกว่า “Tunnel Through the cost Barrier” (ดูรูปที่ 1.4)

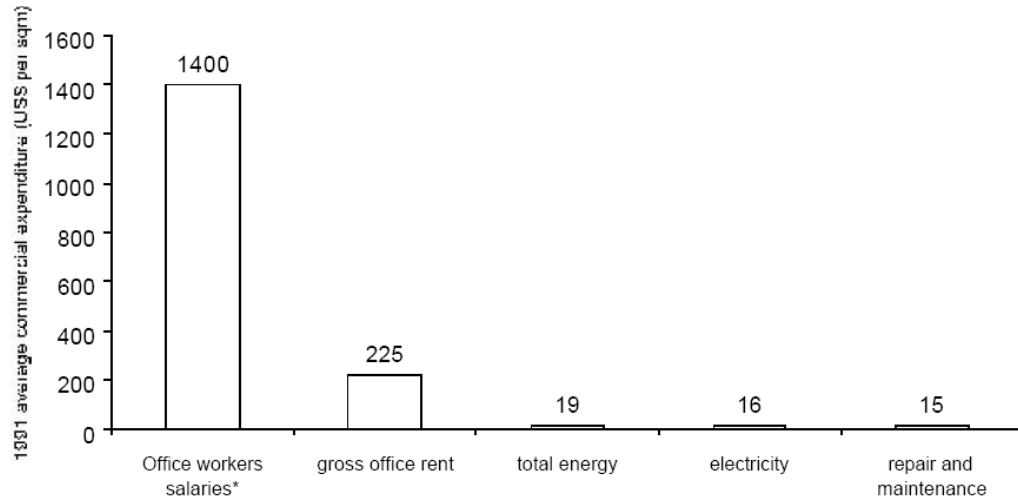


รูปที่ 1.4 แสดงสถานะการเกิด “Tunnel through the cost barrier”

❖ เพิ่มคุณภาพการทำงาน (Increase Productivity)

ข้อมูลจากการสำรวจโดยทั่วไปพบว่า ค่าใช้จ่ายของเงินเดือนพนักงานในองค์กรเป็นสัดส่วนมากกว่า 70% ของค่าใช้จ่ายทั้งหมด ดังนั้นอาคารธุรกิจที่มีความยั่งยืนนั้นจะต้องสามารถช่วยให้พนักงานที่อยู่ในอาคารมีประสิทธิภาพในการทำงานมากยิ่งขึ้น อันเนื่องมาจากการปรับปรุงสภาพการทำงานที่มีคุณภาพ อาทิ มีแสงสว่างที่เพียงพอและเหมาะสม มี

คุณภาพอากาศที่ได้มาตรฐาน เป็นต้น ซึ่งประมาณการได้ว่า ประสิทธิภาพการทำงานที่เพิ่มขึ้นเพียง 1.5% จะสามารถช่วยให้เกิดมูลค่างานที่ครอบคลุมค่าใช้จ่ายด้านพลังงานได้ตลอดปี



รูปที่ 1.5 แสดงการเปรียบเทียบค่าใช้จ่ายของอาคารสำนักงานทั่วไป

(ที่มา : Incentive for Sustainable Buildings in Australia – A designer’s perspective)

กล่าวโดยสรุป ผู้พัฒนาโครงการ (Building Developers) สำหรับอาคารธุรกิจ หากสามารถประสานการพิจารณาจากข้อมูลด้านต่างๆ กับผู้ที่เกี่ยวข้อง อาทิ สถาปนิก วิศวกร สถาปนิก องค์กรวิชาชีพต่างๆ อย่างต่อเนื่อง จะทำให้มีข้อมูลที่เพียงพอต่อการกำหนดนโยบายการพัฒนาโครงการเป็นอาคารที่มีความยั่งยืน (Sustainable Buildings) โดยเฉพาะอย่างยิ่งหากผู้พัฒนาโครงการเป็นผู้ใช้งาน (End Users) ด้วยแล้ว ก็จะทำให้การพิจารณาโครงการเพิ่มประสิทธิภาพพลังงานต่างๆ รวมอยู่ในงบประมาณการลงทุนก่อสร้างอาคารได้ง่ายขึ้นในทางปฏิบัติ

อาคารธุรกิจที่ยั่งยืน (Sustainable Building)

ความหมายของ “อาคารธุรกิจที่ยั่งยืน” คือ อาคารธุรกิจที่สามารถตอบโจทย์ให้แก่เจ้าของอาคาร ผู้พัฒนาโครงการ และผู้ใช้งานอาคาร ในด้านการประหยัดค่าใช้จ่ายด้านการก่อสร้างหรือการลงทุนพัฒนาโครงการ ลดค่าใช้จ่ายด้านพลังงานจากการใช้งานและลดค่าใช้จ่ายด้านการบำรุงรักษา ลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม ในขณะที่ยังคงไว้หรือมีมูลค่าเพิ่มซึ่งคุณภาพการให้บริการ สุขอนามัยของผู้ใช้งานอาคารตลอดอายุการใช้งานอาคาร

ในการจัดทำมาตรฐานอาคารอนุรักษ์พลังงานนั้น ได้ดำเนินการตามแผนอนุรักษ์พลังงาน 20 ปีของกระทรวงพลังงาน โดยได้มีการกำหนดให้จัดตั้งค่าการใช้พลังงานของอาคารมาตรฐาน (Reference Building) เป็นเกณฑ์พื้นฐาน โดยได้จากค่าเฉลี่ยจากการสำรวจการใช้พลังงานของอาคารของภาครัฐ และได้มีการกำหนดเป้าหมายหลักด้านการใช้พลังงานในภาคธุรกิจแบ่งเป็น BEC, HEPS, Econ และ ZEB

โดยที่ :

- BEC = อาคารที่มีระดับการใช้พลังงานตามมาตรฐานของกฎกระทรวง (Building Energy Code)
- HEPS = อาคารที่มีระดับการใช้พลังงานตามเกณฑ์ขั้นสูงของอุปกรณ์ด้วยเทคโนโลยีปัจจุบัน (High Energy Performance Standard)
- Econ = อาคารที่มีระดับการใช้พลังงานจากระบบอุปกรณ์ที่มีเทคโนโลยีที่สูงขึ้นแต่ยังมีความคุ้มค่าในการ

ลงทุน (Economic Building)
ZEB = อาคารที่ระดับการใช้พลังงานสุทธิเข้าใกล้ศูนย์หรือเป็นศูนย์เนื่องจากมีความต้องการพลังงานในระดับต่ำ โดยมีการผลิตพลังงานที่ใช้ในอาคารจากพลังงานหมุนเวียนด้วย (Zero Energy Building)

	Reference	BEC	HEPS	Econ	ZEB
อัตราส่วนการประหยัด	0	20 – 25 %	30 – 35 %	60 %	70 %

ทั้งนี้ ได้กำหนดตัวชี้วัดสำหรับแต่ละภารกิจเทียบกับแผนอนุรักษ์พลังงาน 20 ปี โดยจำแนกอาคารธุรกิจออกเป็น 8 ประเภท ดังนี้

1. อาคารสำนักงาน
2. อาคารศูนย์การค้า
3. อาคารห้างสรรพสินค้า
4. อาคารโรงแรม
5. อาคารชุดห้องพัก
6. อาคารสถานพยาบาล
7. อาคารสถาบันการศึกษา
8. อาคารประเภทอื่นๆ

โดยการกำหนดตัวชี้วัดสำหรับอาคารแต่ละประเภทข้างต้น สามารถพิจารณาจากดัชนีการใช้พลังงาน(kWh/m²/y) ของระดับการใช้พลังงานประเภทต่างๆ ภายหลังจากการส่งเสริมให้เกิดการปรับปรุงเมื่อเทียบกับค่าอ้างอิง (Reference) ดังตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 1.4 ดัชนีชี้วัดการใช้พลังงานของระดับการใช้พลังงานสำหรับอาคารประเภทต่างๆ

Building Type	Energy Consumption under Each Level of Energy Saving Capability (kWh/m ² /y)				
	Reference	BEC	HEPS	Econ	ZEB
Office building	219	171	141	82	57
Department store	308	231	194	146	112
Retail & wholesale business facility	370	298	266	161	126
Hotel	271	199	160	116	97
Condominium	256	211	198	132	95
Medical center	244	195	168	115	81
Educational institution	102	85	72	58	39
Other general buildings	182	134	110	66	53

ดังนั้น สำหรับแผนอนุรักษ์พลังงาน 20 ปี สามารถกำหนดจำนวนอาคารที่ดำเนินปรับปรุงการเข้าสู่ระดับการใช้พลังงานแบบต่างๆ ตามสัดส่วนที่กำหนดดังต่อไปนี้

ตารางที่ 1.5 ประมาณการสัดส่วนอาคารธุรกิจในระดับอาคารประเภทต่างๆ ตามแผนอนุรักษ์พลังงาน 20 ปี

ระดับอาคาร	ประมาณการสัดส่วนอาคารธุรกิจในระดับต่างๆ		
	ระยะสั้น (2554-2559)	ระยะกลาง (2560-2566)	ระยะยาว (2567-2573)
Reference	38%	10%	5%
BEC	30%	5%	2%
HEPS	30%	33%	3%
ECON	2%	50%	85%
ZEB	0%	2%	5%
Total	100%	100%	100%

ตัวอย่างเทคโนโลยีที่สามารถนำมาประยุกต์ใช้ใน BEC

อิฐมวลเบา

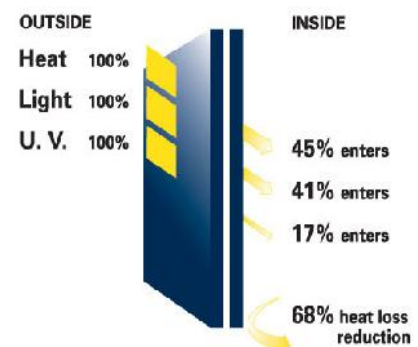
อิฐมวลเบา เป็นอิฐที่มีการเสริมฟองอากาศเข้าไปในโครงสร้าง ส่งผลให้มีน้ำหนักเบากว่าอิฐธรรมดาทั่วไป และยังเพิ่มคุณสมบัติในการเป็นฉนวนกันความร้อน ช่วยลดภาระของเครื่องปรับอากาศภายในอาคาร เนื่องจากฟองอากาศที่อยู่ภายใน นอกจากนี้แล้วยังมีคุณสมบัติกันเสียงและกันอัคคีภัยได้อีกด้วย



รูปที่ 1.6 : Cross sectional of AAC concrete (Greenbang,2012)

กระจกแผ่นรังสีต่ำ (Low-e glass)

กระจกแผ่นรังสีต่ำคือกระจกที่เพิ่มคุณสมบัติในการสะท้อนความร้อน ทำให้สามารถลดการแผ่รังสีของตัวกระจกจากภายนอกอาคารเข้าสู่ภายในอาคาร ในขณะที่ยอมให้แสงที่ตามองเห็นผ่านเข้ามาได้ค่อนข้างมาก เหมาะสำหรับการใช้แสงธรรมชาติสำหรับการส่องสว่างภายในอาคาร



รูปที่ 1.7 : Low-e glass emissivity (Althem)

เครื่องปรับอากาศประหยัดไฟเบอร์ 5

ประเทศไทยมีสภาพอากาศร้อนชื้นตลอดทั้งปี เครื่องปรับอากาศจึงเป็นสิ่งจำเป็นสำหรับการควบคุมสภาพแวดล้อมในอาคาร อย่างไรก็ตามเครื่องปรับอากาศมีผลต่อการใช้พลังงานโดยรวมอย่างมาก ฉลากประหยัดไฟเบอร์ 5 เป็นมาตรการของการไฟฟ้าในการช่วยลดการใช้ไฟฟ้าในอาคาร โดยได้มีการกำหนดค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะการใช้พลังงาน (COP) เท่ากับ 3.4 หรือ EER เท่ากับ 11.6



รูปที่ 1.8 : No.5 efficiency label in air conditioning unit

หลอดประหยัดไฟ

หลอดประหยัดไฟหรือหลอดฟลูออเรสเซนต์ เป็นหลอดที่พัฒนาเพื่อให้ประหยัดไฟมากกว่าหลอดไส้ หลักการทำงานของหลอด คือการจ่ายไฟเข้าไปที่ขั้วให้เกิดการแตกตัวของก๊าซไปกระตุ้นสารเรืองแสงที่เคลือบหลอดทำให้เกิดแสงสว่าง ซึ่งต่างจากหลอดไส้ที่จ่ายกระแสไฟฟ้าเผาไหม้ที่ไส้หลอดทำให้เกิดความร้อนและสูญเสียพลังงาน

ตัวอย่างเทคโนโลยีที่สามารถประยุกต์ใน HEPS : High Energy Performance Standard

HEPS คือระดับของอาคารประหยัดพลังงานที่สามารถประยุกต์ใช้เทคโนโลยีที่มีใช้อยู่ในปัจจุบัน โดยผ่านการส่งเสริมและการสาธิตการใช้เทคโนโลยีประหยัดพลังงานในอาคาร ด้วยการส่งเสริมและสนับสนุนเงินทุนสำหรับโครงการสาธิต จะเป็นการกระตุ้นให้เอกชนหันมาสนใจและยอมรับในเทคโนโลยีที่ประสบความสำเร็จมากยิ่งขึ้น

ผนังอาคารเขียว และหลังคาเขียว (Green Roofs/Green Walls)

ผนังอาคารเขียว และหลังคาเขียวในที่นี้หมายถึงการใช้ระบบ

ปลูกพืชตามแนวกำแพงหรือบนหลังคาอาคาร เนื่องจากการพัฒนา

พื้นที่ในเขตชุมชนเมืองทำได้มีการสะท้อนแสงจากพื้นผิวของตึกและถนน

ทำให้เกิดปรากฏการณ์เกาะความร้อน การใช้ผนังอาคารเขียวหรือหลังคา

เขียวนอกจากจะช่วยให้พื้นผิวอาคารเองมีคุณสมบัติกันความร้อนได้ดีขึ้น

แล้วยังช่วยลดความร้อนสภาพแวดล้อมโดยรอบเนื่องจากลดการสะท้อน

ความร้อนแก่บริเวณข้างเคียง ทั้งนี้การใช้พื้นที่สีเขียวยังสามารถนำมา

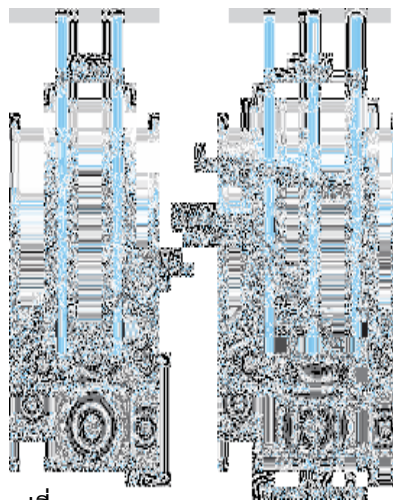
ประยุกต์ใช้กับระบบน้ำหมุนเวียนได้อีกด้วย



รูปที่ 1.9 : Example of exterior green wall (Sexton,2013)

กระจก 2 ชั้น และ 3 ชั้น (Double & Triple Glazing)

เป็นกระจกที่มีคุณสมบัติในการเป็นฉนวนสูงอันเนื่องมาจากการใช้ช่องว่างระหว่างกระจก (Air gap) เพื่อลดการนำความร้อนผ่านกระจก ช่องว่างนี้สามารถเติมด้วยอากาศหรือก๊าซเฉื่อยที่มีคุณสมบัติเป็นฉนวนกันความร้อน โดยมีชั้นปิดทำหน้าที่รักษาก๊าซภายในและกันอากาศภายนอกกับก๊าซภายในกระจก นอกจากนี้กระจกแผ่นรังสีต่ำ (Low-e) ยังสามารถนำมาใช้เป็นส่วนประกอบของกระจกแต่ละชั้นได้อีกด้วย



รูปที่ 1.10 : Cross-sectional of double glazing and triple glazing (G2S group,2008)

หลอดแอลอีดี (Light Emitting Diodes :LEDs)

หลอด LEDs คือหลอดไฟชนิดประหยัดพลังงานซึ่งมีประสิทธิภาพมากกว่าหลอด fluorescent โดยอาศัยหลักการเปล่งแสงของอนุภาคที่เกิดจากสารกึ่งตัวนำทำให้อุณหภูมิที่ต่ำกว่าและประหยัดพลังงานมากกว่า หลอด LED มีโครงสร้างเป็นของแข็งทั้งหมด ซึ่งแตกต่างจากหลอดไฟทั่วไปที่มีหลอดแก้วและก๊าซที่บรรจุอยู่ภายใน ทำให้มีความทนทานและอายุการใช้งานที่นานกว่า



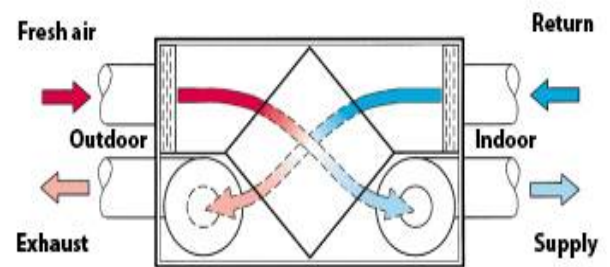
รูปที่ 1.11 : LEDs in T8 tube light (XiangDa,2011)

การพัฒนาศักยภาพของระบบ

ในอาคาร HEPS นั้นระบบปรับอากาศจะต้องได้รับการพัฒนาให้มีศักยภาพสูงขึ้นไปอีกขั้น ซึ่งสามารถทำได้โดยการปรับปรุงเพิ่มศักยภาพระบบโดยรวมนอกเหนือจากการปรับปรุงเครื่องปรับอากาศเพียงอย่างเดียว

ระบบนำพลังงานกลับมาใช้ใหม่ หรือ ERV (Energy Recovery System) คือระบบที่นำพลังงานจากอากาศเสียหรืออากาศทิ้งจากบริเวณปรับอากาศ นำมาใช้ประโยชน์ในการปรับสภาพอากาศใหม่ก่อนที่จะนำเข้าสู่อาคารผ่านทางระบบปรับอากาศ (Pre-cool) ในสภาพอากาศร้อนขึ้นที่ต้องการทำความเย็นอย่างในประเทศไทย ระบบนี้จะมีประโยชน์ในการทำความเย็นเบื้องต้นและลดความชื้นของอากาศจากภายนอก ระบบนี้นอกจากจะทำให้คุณภาพอากาศภายในอาคารเป็นไปตามมาตรฐานแล้วยังสามารถลดปริมาณภาระงานของระบบปรับอากาศได้อีกด้วย

ในการออกแบบระบบ นอกเหนือจากประโยชน์ในการประหยัดพลังงาน การออกแบบให้มีระบบนำพลังงานกลับมาใช้ใหม่ยังช่วยให้ระบบปรับอากาศมีขนาดที่เล็กลงและยังสามารถควบคุมความชื้นสัมพัทธ์ให้อยู่ในช่วง 40%-50% ซึ่งเป็นสภาวะที่เหมาะสมของการปรับอากาศภายในอาคาร



รูปที่ 1.12 : Air-to-Air Heat Recovery in ventilation system (Schild,2004)

เครื่องทำน้ำเย็นชนิดปรับความเร็วรอบของคอมเพรสเซอร์ (VSD Chiller)

อาคารทั่วไป ภาระของระบบปรับอากาศจะขึ้นอยู่กับความต้องการความเย็นในแต่ละช่วงเวลา ซึ่งความต้องการความเย็นอาจปรับเปลี่ยนไปตามช่วงเวลาระหว่างวันหรือสภาพอากาศในแต่ละฤดูกาล ซึ่งในการออกแบบเครื่องทำน้ำเย็นนั้น ต้องออกแบบเครื่องให้สามารถรองรับความต้องการในช่วงเวลาสูงสุดได้ ดังนั้นเครื่องทำน้ำเย็นจึงมีโอกาที่จะทำงานที่ภาระไม่เต็มพิกัดในบางช่วงเวลา ทำให้ให้เกิดความสิ้นเปลืองในการใช้พลังงานเป็นอย่างมาก โดยเครื่องทำน้ำเย็นชนิดปรับความเร็วรอบของคอมเพรสเซอร์นี้จะใช้หลักการปรับความเร็วรอบของคอมเพรสเซอร์ให้ตอบสนองกับภาระความต้องการที่เกิดขึ้นจริงซึ่งจะเกิดประโยชน์สูงสุดในลักษณะอาคารที่มีความต้องการความเย็นที่ไม่คงที่ สำหรับอาคารที่มีความต้องการความเย็นที่คงที่จึงควรที่เน้นในการใช้งานเครื่องทำน้ำเย็นประสิทธิภาพสูงแทน

ตัวอย่างเทคโนโลยีที่สามารถประยุกต์ใช้ใน Econ : Economic Building

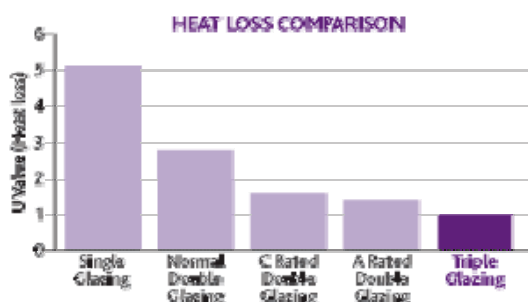
Econ คือ ระดับของอาคารที่สามารถพัฒนาได้ด้วยเทคโนโลยีในปัจจุบันหรืออนาคตที่มีความคุ้มค่าในการเลือกใช้ โดยเทคโนโลยีดังกล่าวอาจมีอยู่ในปัจจุบันแต่ยังคงมีการใช้งานในวงจำกัด แต่ด้วยมาตรการสนับสนุนส่งเสริมการใช้เทคโนโลยีดังกล่าว จะทำให้เกิดการประยุกต์ใช้ได้แพร่หลายมากยิ่งขึ้น ซึ่งตัวอย่างเทคโนโลยีที่สามารถประยุกต์ใช้ใน ECON มีดังนี้

กำแพงฉนวนกันความร้อน (Cavity Insulation Wall)

กำแพงฉนวนคือกำแพงที่มีการก่อสร้างผนังสองชั้น โดยมีช่องว่างอากาศตรงกลางซึ่งสามารถเติมสารที่เป็นฉนวนกันความร้อนได้โดยฉนวนทำหน้าที่เป็นตัวกันความร้อนถ่ายเทจากภายนอกเข้าสู่อาคาร วัสดุที่ใช้ในการทำฉนวน อาทิ styryne foam เป็นต้น



รูปที่ 1.13 : PU foam in cavity wall insulation (Dino Green,2012)



รูปที่ 1.14 : Heat loss comparison in each glazing technology (G2S group,2008)

กระจกสามชั้น (Triple Glazing)

กระจกสามชั้นได้รับการพัฒนามาจากกระจกสองชั้นเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการป้องกันความร้อน โดยหลักการแล้ว กระจกสามชั้นมีความสามารถมากกว่ากระจกที่มีสองชั้น แต่ในการพิจารณาการใช้งานอาจต้องคำนึงถึงสภาพความแตกต่างของอากาศภายในและภายนอกด้วย

เครื่องปรับอากาศแบบแปรผันสารทำความเย็น (VRF)

เครื่องปรับอากาศแบบแปรผันสารทำความเย็นหรือ VRF (Variable Refrigerant Flow) เป็นระบบที่สามารถปรับเปลี่ยนปริมาณสารทำความเย็นให้ตอบสนองต่อความต้องการของผู้ใช้อาคารในบริเวณต่างๆ ได้ดี VRF นั้นมีความยืดหยุ่นในการใช้งาน ประหยัดพลังงานและสามารถควบคุมอุณหภูมิ

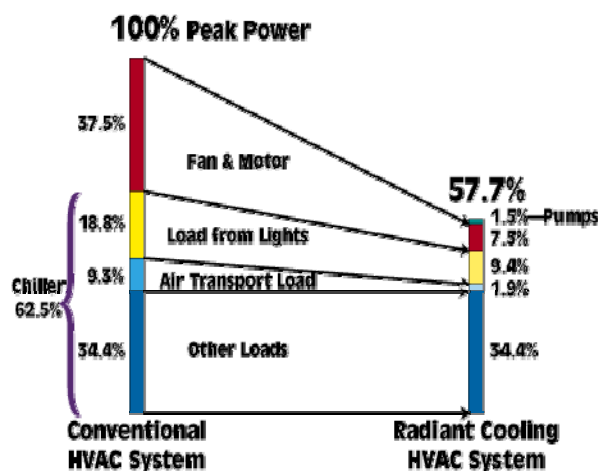
ในพื้นที่ต่างๆ ได้ดี



รูปที่ 1.15 : Illustration of VRF system in the building (Johnson Controls, 2013)

ระบบทำความเย็นแบบแผ่รังสี (Radiant Cooling)

ระบบทำความเย็นแบบแผ่รังสีช่วยให้การทำความเย็นในอาคารมีประสิทธิภาพมากขึ้น โดยการพาความร้อนหรือความเย็นทางธรรมชาติจากพื้น ผนัง หรือ เพดาน สู่อุบัติ้อย่างมีประสิทธิภาพ และมีการใช้พลังงานที่น้อยกว่าการทำความเย็นแบบทั่วไป เนื่องจากไม่ต้องใช้ระบบท่อลมอย่างไรก็ตามระบบนี้จะมีประสิทธิภาพลดลงในอาคารร้อนชื้นเนื่องจากความชื้นจะเพิ่มภาระในการทำความเย็นมากยิ่งขึ้น



รูปที่ 1.16: Peak Loads of Conventional HVAC and Radiant Cooling System (Berkeley Lab, 1994)



รูปที่ 1.17 : Radiant ceiling cooling and heating system (S&P, 2013)

ท่อนำแสงอาทิตย์ (Solar Tube/Light Pipe)

ในการที่จะลดการใช้พลังงานจากระบบส่องสว่าง จำเป็นต้องอาศัยการใช้แสงธรรมชาติช่วยในการส่องสว่างในอาคาร ในพื้นที่ที่ติดตั้งกรอบอาคารสามารถนำแสงเข้ามาโดยใช้กระจกได้ แต่ในส่วนภายในนั้นสามารถทำได้ด้วยการใช้ท่อนำแสงอาทิตย์จากบนหลังคาอาคาร โดยการติดตั้งโครงรวมแสงในด้านบนแล้วนำแสงสะท้อนภายในท่อนำแสงมาสู่จุดปลายทางเพื่อส่องสว่างภายในอาคาร โดยการประยุกต์ใช้งานร่วมกับระบบไฟ LED ที่มีระบบควบคุมอย่างเหมาะสมจะสามารถทำให้อาคารได้รับแสงสว่างอย่างเพียงพอในตอนกลางวันและกลางคืน



รูปที่ 1.18 : Solatube tubular daylight devices (Solartube,2013)

ตัวอย่างเทคโนโลยีที่สามารถประยุกต์ใช้กับZEB (Zero Energy Building)

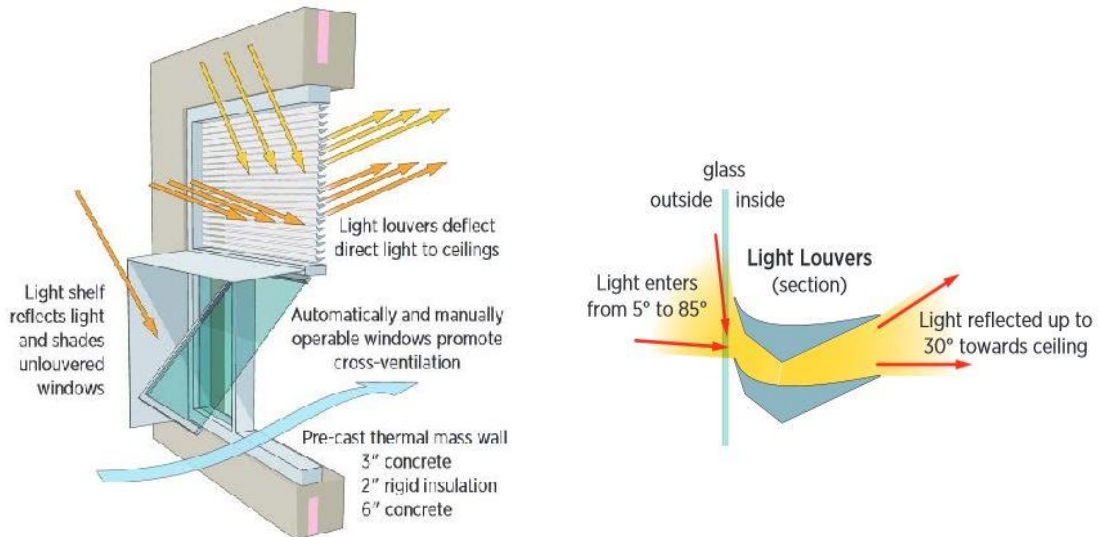
อาคารที่มีการใช้พลังงานเป็นศูนย์เป็นเป้าหมายสูงสุดในแผนอนุรักษ์พลังงาน ด้วยการเน้นการออกแบบ Passive สำหรับตัวอาคารโดยการลดพลังงานในระดับต่ำสุด และการเพิ่มประสิทธิภาพในส่วนของระบบกลไก (Active) อาคารประเภทนี้จะมีการใช้พลังงานที่น้อยกว่าอาคารโดยทั่วไปเป็นอย่างมาก และยังมีการผลิตพลังงานทดแทนในพื้นที่เพื่อนำมาชดเชยกับความต้องการพลังงานภายในอาคาร

หลักเกณฑ์การพิจารณา

- ลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมโดยลดปริมาณการใช้พลังงานจากตัวอาคาร
- ใช้พลังงานหมุนเวียนภายในตัวอาคารเป็นหลักเนื่องจากลดผลกระทบจากการขนส่ง
- แหล่งพลังงานต้องสามารถใช้ได้ตลอดอายุการใช้งานของตัวอาคาร
- แหล่งพลังงานต้องสามารถหาได้โดยทั่วไปและสามารถใช้ได้สำหรับอาคารในอนาคต

ระบบม่านกันแดดและอุปกรณ์บังแสง (Light Louvers and Sunshade Overhang)

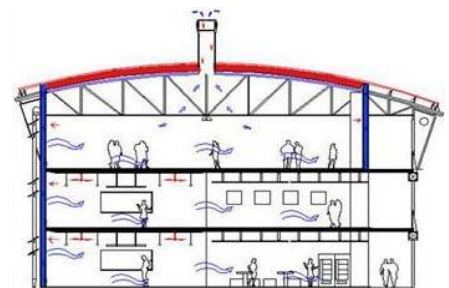
ในการออกแบบอาคาร หนึ่งในตัวแปรสำคัญในการออกแบบกรอบอาคารคือค่าสัมประสิทธิ์การบังแดด (Shading Coefficient) โดยเฉพาะในส่วนของกระจก ซึ่งเป็นจุดที่มีการสูญเสียความร้อนสูง การใช้ระบบจัดการแสงที่มีประสิทธิภาพจึงเป็นส่วนสำคัญ ซึ่งระบบที่ดีนอกจากสามารถบังแสงเพื่อลดการส่งผ่านความร้อนแล้ว ยังต้องสามารถส่งผ่านแสงธรรมชาติมาใช้ภายในอาคารได้ดีอีกด้วย



รูปที่ 1.19 : A light louver daylighting system reflects sunlight to the ceiling, creating an indirect lighting effect. Fixed sunshades limit excess light and glare (NREL, 2012)

ปล่องแสงระบายอากาศ (Solar Stack Ventilation)

ปล่องแสงระบายอากาศเป็นหนึ่งในการออกแบบอาคารแบบ Passive เพื่อช่วยในระบบหมุนเวียนของอากาศ โดยอาศัยหลักการแทนที่ของอากาศร้อนในปล่องแสงที่ลอยตัวขึ้นสู่ด้านบนตามธรรมชาติและถูกระบายออกเพื่อนำอากาศใหม่เข้าสู่ตัวอาคาร โดยความร้อนที่สะสมอยู่ภายในอาคารจะไหลเข้าสู่ช่องระบายอากาศที่ไหลไปรวมที่ปล่องระบายอากาศนี้



รูปที่ 1.20 : Solar stack ventilation system at ZER building , Singapore (BCA, 2010)

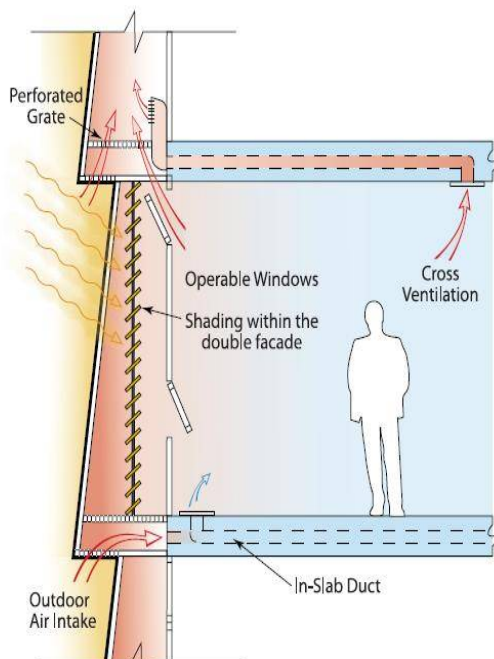


ระบบแสงธรรมชาติใยแก้วนำแสง (Fiber Optic Solar Lighting)

เป็นระบบที่มีลักษณะการทำงานคล้ายท่อนำแสงอาทิตย์ แต่ได้เปลี่ยนจากท่อที่มีความหนาเป็นใยแก้วนำแสงที่มีขนาดเล็กกว่าซึ่งสามารถทำให้วางผ่านผนังอาคารหลายชั้นได้และสามารถนำแสงความเข้มข้นสูงกว่าอากาศ โดยอาจมีอุปกรณ์รวมแสงเพื่อเพิ่มปริมาณแสงที่จะส่งผ่านเข้าไปในอาคาร



รูปที่ 1.21 : (Left) Solar concentration device, (right top) solar fiber optic system in the building, (right bottom) solar fiber optic illuminator (Proefrock,2006)



รูปที่ 1.22 : Example of double façade as buffer space (City of Vancouver, 2009)

ระบบกรอบอาคารแบบมีพื้นที่ว่าง (Integrated Double Facade Buffer Space)

การออกแบบพื้นที่ว่างของกรอบอาคารภายในอาคารเป็นเทคนิคการออกแบบอาคารชนิดหนึ่ง โดยการประยุกต์ใช้พื้นที่เหล่านี้ร่วมกับการระบายอากาศถือเป็นเทคนิคขั้นสูง โดยในสภาพภูมิอากาศร้อน การใช้เทคนิคนี้จะช่วยลดภาระแก่ระบบทำความเย็นได้

พื้นที่ร่วมนี้ยังสามารถทำงานร่วมกับระบบอื่นๆได้เช่นระบบบังแสงและสะท้อนแสงจากภายใน หรือระบบระบายอากาศเวลากลางคืนเพื่อไล่มวลอากาศร้อนที่ยังสะสมอยู่ในตัวอาคาร ในการออกแบบสมัยใหม่ยังสามารถทำประโยชน์ใช้สอยจากพื้นที่เหล่านี้ได้ โดยออกแบบให้เป็นพื้นที่ๆมีการใช้งานเป็นครั้งคราว

การผลิตไฟฟ้าจากพลังงานหมุนเวียน

ในการที่จะมุ่งสู่อาคารที่มีการใช้พลังงานเป็นศูนย์กลางนั้นอาคารจำเป็นต้องมีการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานหมุนเวียนเพื่อที่จะลดความต้องการไฟฟ้าจากการไฟฟ้าซึ่งในการเลือกใช้เทคโนโลยีนั้นมียุคปัจจุบันมีการเลือกใช้เทคโนโลยีที่เหมาะสมสำหรับโครงการ ในที่นี้จะกล่าวถึงเทคโนโลยีที่ได้รับความนิยมมากที่สุด 2 ชนิด คือ พลังงานแสงอาทิตย์ และพลังงานลม

1. เซลล์แสงอาทิตย์ผลิตไฟฟ้าและผลิตความร้อน (Solar Photo Voltaic (PV) & Solar Collector)

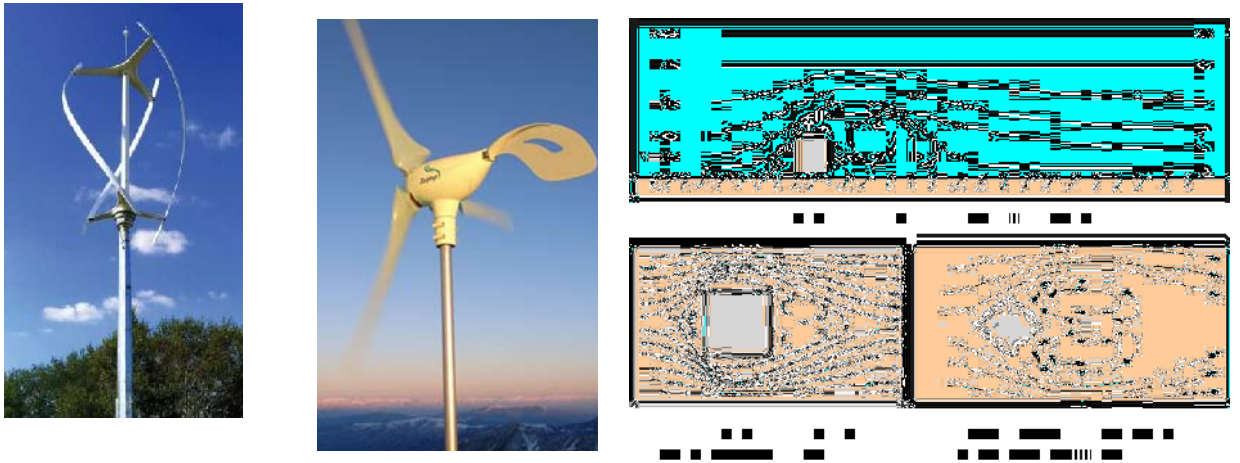
สำหรับอาคารหรือโครงการที่มีพื้นที่เป็นบริเวณกว้าง พลังงานแสงอาทิตย์เป็นทางเลือกหนึ่งในการผลิตพลังงาน โดยมีสองลักษณะคือ เซลล์แสงอาทิตย์ (PV) ซึ่งสามารถผลิตไฟฟ้าจากแสงแดดและสามารถจ่ายให้กับอาคารโดยตรงได้ ในบริเวณที่มีพื้นที่ราบ เทคโนโลยี poly crystalline อาจถูกเลือกใช้อันเนื่องมาจากประสิทธิภาพที่สูง ส่วนในบริเวณพื้นที่ที่มีความโค้ง สามารถเลือกใช้แบบ Thin film เพื่อความยืดหยุ่นในการติดตั้งและใช้งาน ซึ่งจะทำการเก็บความร้อนจากแสงอาทิตย์ด้วยระบบเก็บกักความร้อนที่มีน้ำเป็นตัวนำ โดยน้ำร้อนที่ได้สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้หลายอย่างเช่น น้ำร้อนสำหรับระบบทำความเย็น เป็นต้น



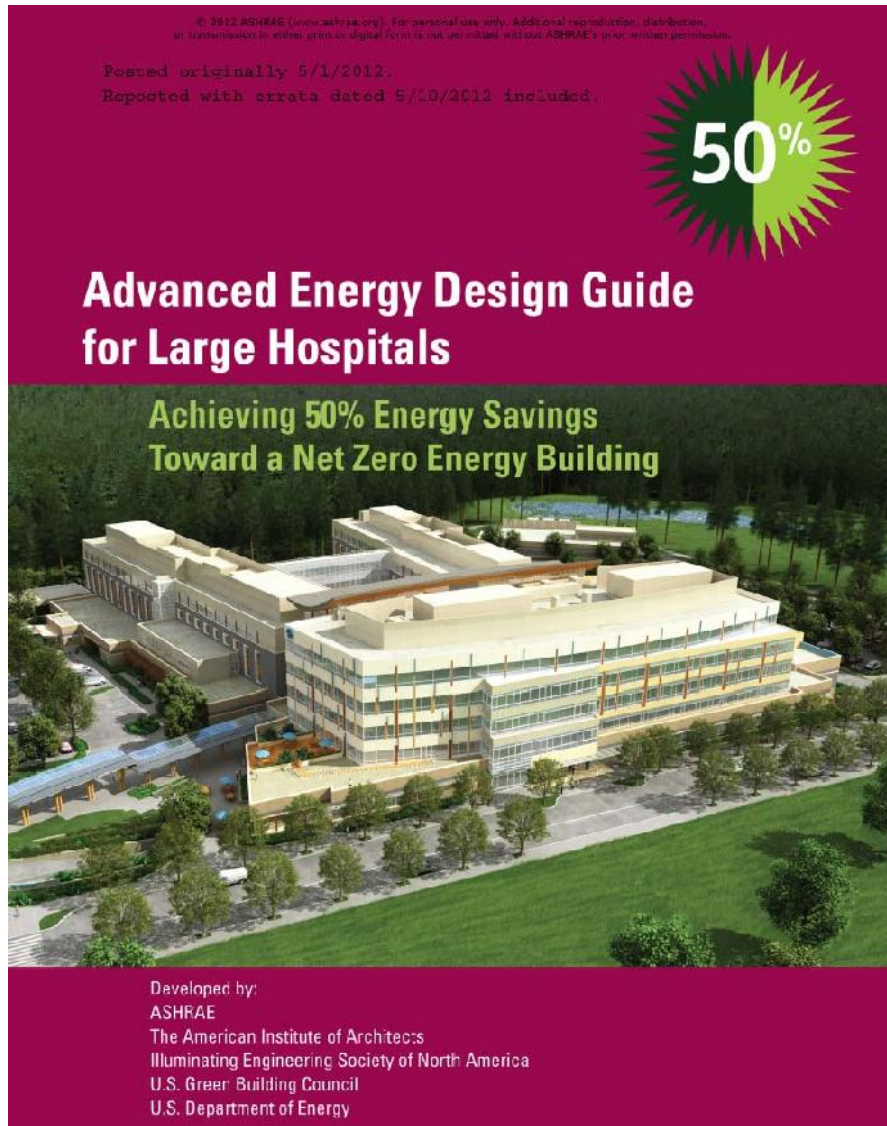
รูปที่ 1.23: Solar thin film and solar water heater (Solar Renewable, 2012)

2. กังหันลมผลิตไฟฟ้าขนาดเล็ก (Micro Wind Turbine)

ในพื้นที่ที่มีความเร็วลมเพียงพอ กังหันลมอาจถูกนำมาใช้ในการผลิตกระแสไฟฟ้าได้ กังหันลมขนาดเล็กที่ใช้งานในชุมชนเมืองสามารถแบ่งออกได้เป็นสองลักษณะคือ กังหันลมแนวอน และกังหันลมแนวตั้ง กังหันลมแนวอนเป็นแบบที่เห็นทั่วไปคล้ายกับกังหันขนาดใหญ่ โดยจะต้องมีการติดตามทิศทางลมเพื่อประสิทธิภาพในการผลิตไฟฟ้า ในส่วนกังหันลมแนวตั้ง เป็นการออกแบบให้สามารถทำงานได้จากลมในหลากหลายทิศทาง



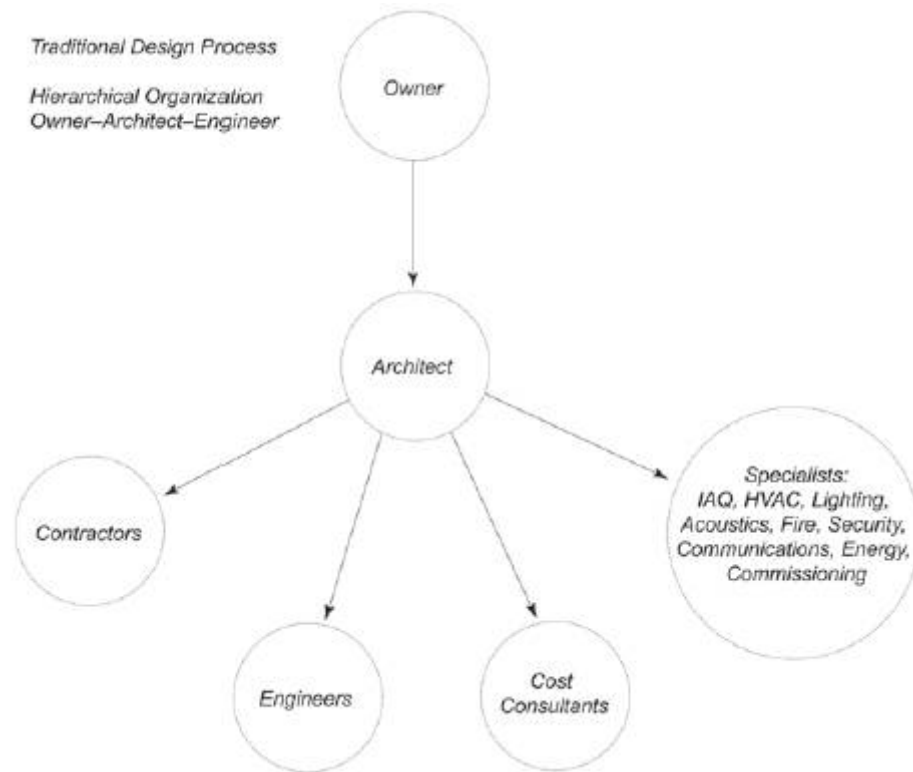
รูปที่ 1.24 : Vertical axis turbine, horizontal axis turbine, wind profile in urban environment (Williams, 1997).



หลักการบูรณาการโครงการเพื่อมุ่งสู่อาคารระดับ Zero Energy Building (ZEB)

ในอดีตที่ผ่านมา การออกแบบ ก่อสร้างและใช้งานอาคารมักจะถูกกำหนดตามลำดับโครงสร้างการบริหาร เริ่มตั้งแต่เจ้าของอาคาร สถาปนิกออกแบบ จนกระทั่งถึงวิศวกรออกแบบ วิศวกรโครงการ ผู้รับเหมา โดยที่ผลลัพธ์ของงานมักจะได้รับพิจารณาเป็นส่วนๆ ตามหน้าที่ความรับผิดชอบของแต่ละฝ่าย ซึ่งขาดการมองในภาพรวมถึงผลสำเร็จจากการออกแบบและก่อสร้างอย่างมีประสิทธิภาพในหลายมิติ อาทิ ค่าใช้จ่ายโครงการ ผลการประหยัดพลังงาน ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม ฯลฯ

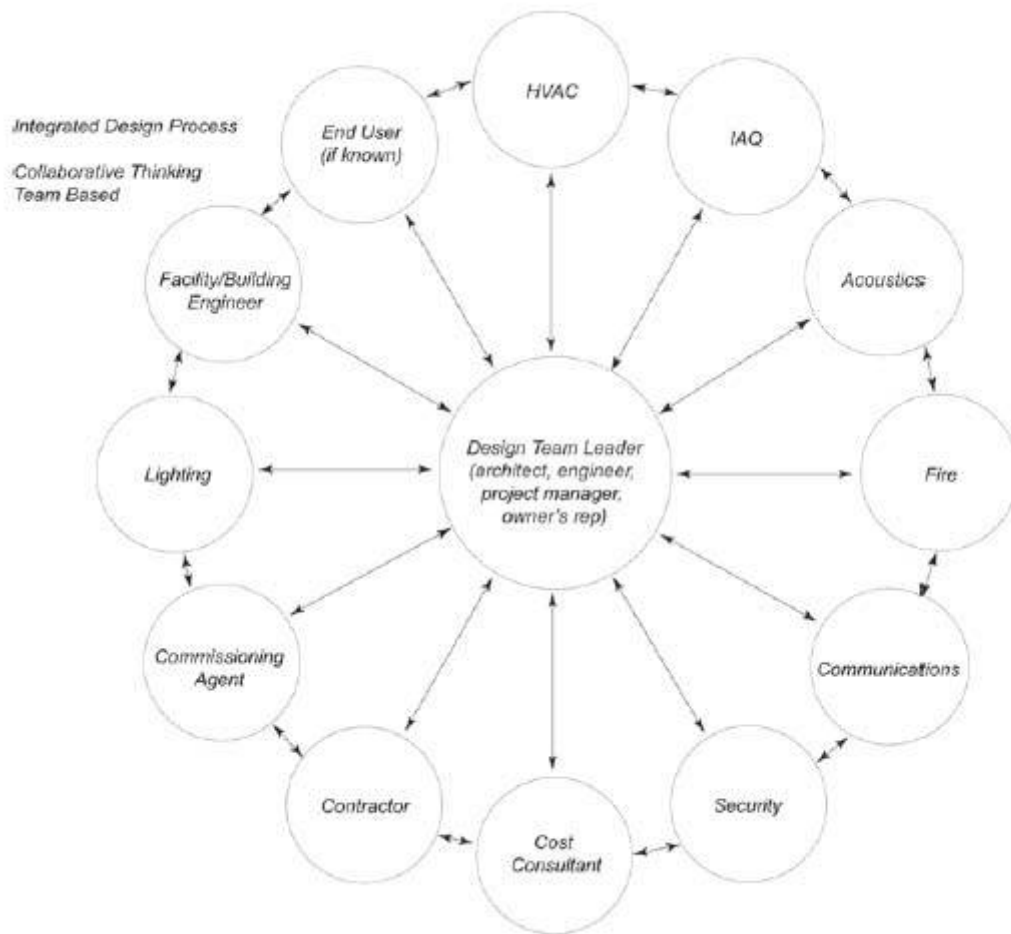
รูปที่ 1.25 ต่อไปนี้ แสดงถึงโครงสร้างทีมออกแบบอาคารทั่วไปแบบเดิม (Traditional Project Design Team) ซึ่งจะเห็นได้ว่า “การสื่อสาร” (Communication) เป็นปัจจัยหลักที่ทำให้ยังไม่สามารถบริหารจัดการโครงการให้เกิดการมีส่วนร่วมจากฝ่ายต่างๆ ที่เกี่ยวข้องในช่วงเวลาที่เหมาะสมได้



รูปที่ 1.25 โครงสร้างทีมออกแบบอาคารทั่วไปแบบเดิม (Traditional Project Design Team)

รูปที่ 1.26 จะเป็นการแสดงถึงโครงสร้างทีมออกแบบอาคารแบบบูรณาการ (Integrated Project Design Team) ที่มีการกำหนดเป้าหมายร่วมกันจากทุกฝ่ายตั้งแต่เริ่มต้นโครงการ โดยมีการสื่อสารและประสานงานในแต่ละขั้นตอนทำให้สามารถลดความเสี่ยงของโครงการ รวมถึงสามารถกำหนดแนวทางการแก้ไขปัญหาอุปสรรคที่เป็นที่ยอมรับจากทุกฝ่ายได้ โดยผลลัพธ์ที่ได้ก็คือ “อาคารที่มีความยั่งยืนในการใช้งาน” (Sustainable Building) และเกิดประโยชน์สูงสุดต่อเจ้าของอาคาร (Owner) และ ผู้ใช้งานอาคาร (End Users) ซึ่งสามารถสรุปได้ในประเด็นสำคัญดังต่อไปนี้

- ❖ ลดค่าใช้จ่ายโครงการ จากการที่มีระบบอุปกรณ์ที่มีขนาดพอเพียงไม่มากจนเกินความจำเป็น
- ❖ ลดค่าใช้จ่ายด้านพลังงาน และค่าใช้จ่ายด้านการบำรุงรักษา จากการออกแบบและใช้งานที่เหมาะสม
- ❖ เพิ่มคุณภาพด้านสุขอนามัย และเพิ่มคุณภาพการทำงาน จากการประยุกต์ใช้สภาวะธรรมชาติที่ตอบสนองต่อร่างกายมนุษย์
- ❖ ลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม จากการลดการใช้พลังงาน ลดการใช้ทรัพยากรธรรมชาติที่ส่งผลต่อสังคมในภาพรวม



รูปที่ 1.26 โครงสร้างทีมออกแบบอาคารแบบบูรณาการ (Integrated Project Design Team)

ตารางที่ 1.6 แสดงเปรียบเทียบข้อแตกต่างระหว่างทีมออกแบบอาคารแบบเดิมและแบบบูรณาการในด้านต่างๆ

ข้อแตกต่าง	ทีมออกแบบอาคารแบบเดิม	ทีมออกแบบอาคารแบบบูรณาการ
1. วัตถุประสงค์ของการดำเนินงาน	มุ่งเน้นการออกแบบอาคารให้สวยงามและใช้งานได้	มุ่งเน้นการออกแบบอาคารให้ประหยัดพลังงานและเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม
2. ขั้นตอนการดำเนินงาน	ทำงานแบบแยกส่วนตามลำดับขั้นตอน	ทำงานแบบบูรณาการตั้งแต่เริ่มต้นจนถึงจบโครงการ
3. การสื่อสารข้อมูล	มีการสื่อสารข้อมูลกันบ้างแต่ไม่ต่อเนื่อง	มีการสื่อสารข้อมูลอย่างต่อเนื่องและทั่วถึง
4. การมีส่วนร่วมของเจ้าของอาคาร	เจ้าของอาคารมีส่วนร่วมในขั้นต้น	เจ้าของอาคารมีส่วนร่วมอย่างต่อเนื่องตลอดกระบวนการ
5. การประเมินผล	ประเมินผลเฉพาะด้านสถาปัตย์หรือวิศวกรรม	ประเมินผลแบบบูรณาการรวมทั้งด้านพลังงานและสิ่งแวดล้อม
6. การดำเนินงาน	เน้นการดำเนินงานตามแบบแปลน	เน้นการดำเนินงานตามแบบแปลนที่ปรับปรุงแก้ไขแล้ว

(ที่มา : Advanced Energy Design Guide for Large Hospitals Developed by ASHRAE, USGBC, USDOE 2012)

จากหลักการดังกล่าว สามารถแสดงรายละเอียดการพิจารณาแบบบูรณาการตามขั้นตอนของโครงการ ได้ดังต่อไปนี้

1. การจัดตั้งทีมงาน (Assembling the team)

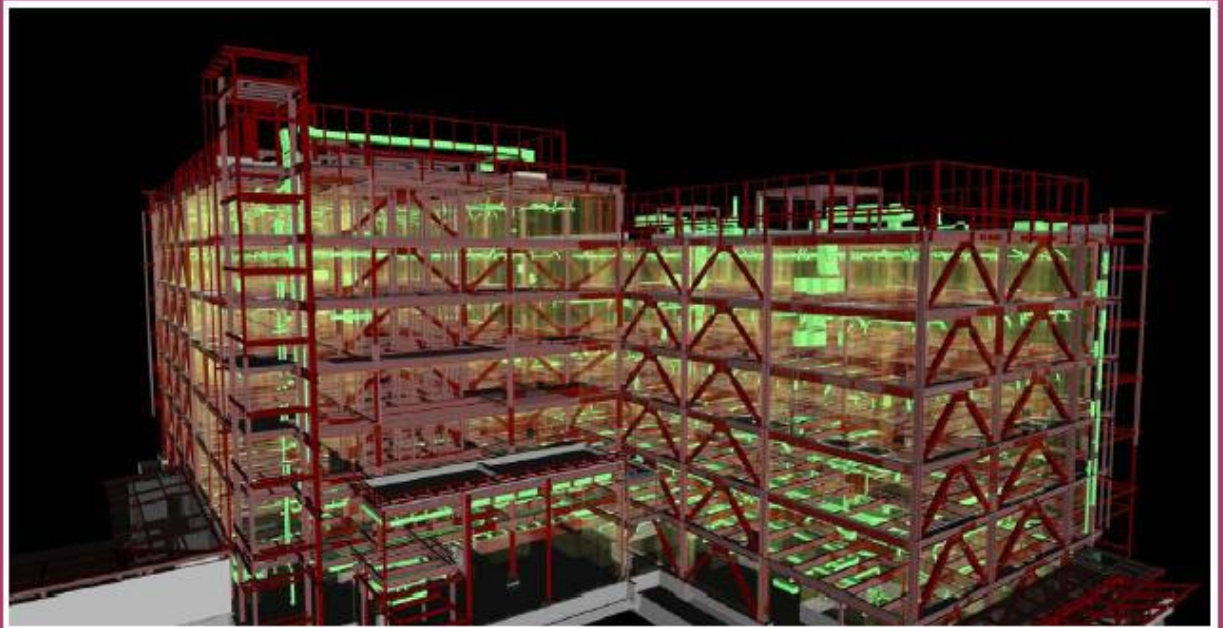
จัดตั้งทีมงานที่เกี่ยวข้องทั้งด้านการออกแบบ ก่อสร้าง และใช้งานอาคาร โดยสามารถพิจารณาในด้าน Passive และ Active ของระบบอุปกรณ์ต่างๆ

2. การประชุมเริ่มต้นโครงการ (Project Kickoff)

ประชุมเริ่มต้นโครงการ โดยมุ่งเน้นให้สามารถพัฒนาเอกสารความต้องการของเจ้าของ หรือ OPR (Owner's Project Requirement) จากการทำ Workshop ร่วมกัน ระหว่างทีมงาน และให้ซึ่งผลลัพธ์ที่เป็นความสำเร็จของโครงการในประเด็นที่เป็นที่เข้าใจตรงกัน

3. การออกแบบเบื้องต้น (Predesign)

เน้นการทบทวน OPR อย่างรอบด้าน เพื่อกำหนดทางเลือกในการออกแบบ ในบางกรณี อาจใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์เพื่อจำลองรูปแบบอาคารที่เหมาะสม ตามความต้องการได้ เช่น BIM (Building Information Modeling)



Example BIM Output

4. การออกแบบข้อกำหนดหลัก (Schematic Design)

1. วางกรอบพื้นที่ใช้งานส่วนใหญ่ (Occupied Area) ให้อยู่ในบริเวณ Perimeter zone และให้พื้นที่ใช้งานส่วนน้อย (Unoccupied Area) หรือ ส่วนของ High heat load เช่น Server ให้อยู่บริเวณ Core zone เพื่อสะดวกต่อการนำความร้อนมาใช้ประโยชน์ในการประหยัดพลังงาน
2. พิจารณาเทคโนโลยีและการควบคุม/มาตรการอนุรักษ์พลังงาน/ผลประหยัดจากการเลือกวัสดุกรอบอาคาร เช่น
 - ❖ Natural Ventilation for Cooling
 - ❖ Daylighting
 - ❖ Heat recovery
 - ❖ Use of Radiant Surfaces
3. ประเมินความคุ้มค่าในการลงทุนในลักษณะต่างๆ เทียบกับ Base Case (กรณี Conventional) เช่น
 - ❖ ค่าใช้จ่ายลงทุนเริ่มแรกที่เพิ่มขึ้น
 - ❖ ผลประหยัดพลังงานต่อปี
 - ❖ ผลประหยัดค่าบำรุงรักษาต่อปี
 - ❖ ระยะเวลาคืนทุน
 - ❖ อัตราผลตอบแทนการลงทุน
 - ❖ ปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ที่ลดลง
 - ❖ ผลประหยัดที่เพิ่มขึ้น เมื่อเทียบกับ ASHRAE/IES Standard 90.1-2010
 - ❖ ช่วงอุณหภูมิที่ควบคุมได้ตลอดทั้งปี
 - ❖ ช่วงระดับความสว่างที่ควบคุมได้ตลอดทั้งปี
 - ❖ ฯลฯ

5. การพัฒนากระบวนการออกแบบ (Design Development)

เป็นการนำผลที่ได้จากขั้นตอน Schematic Design มาพิจารณากับมาตรฐานต่างๆ เช่น LEED เป็นต้น และโดยเฉพาะอย่างยิ่งการคำนวณ LCCA (Life Cycle Cost Assessment) เพื่อยืนยันความมั่นใจต่อเจ้าของอาคาร หรือผู้พัฒนาโครงการ จนสามารถกำหนดรายละเอียดเป็นเอกสาร BOD (Basis of Design) และสามารถให้ที่ปรึกษาควบคุมการก่อสร้างติดตั้ง (Commissioning Authority : CxA) พิจารณาเทียบกับ OPR ได้ตลอดโครงการ

6. การเตรียมเอกสารก่อสร้างติดตั้ง (Construction Documents : CDs)

เอกสารที่ได้จากขั้นตอนการออกแบบพร้อมสำหรับการก่อสร้างติดตั้ง โดยได้พิจารณาถึงปัจจัยของความยั่งยืน (Sustainability Features) เป้าหมายพลังงาน (Energy Target) และการสื่อสารในกระบวนการ

7. การประมูลหาผู้รับเหมา (Bid Phase)

การชี้แจงวัตถุประสงค์เบื้องต้นในการออกแบบที่มีประสิทธิภาพแก่ผู้รับเหมาที่จะรับงานเป็นสิ่งที่สำคัญ อันจะทำให้ผู้ที่เกี่ยวข้องในโครงการตระหนักถึงปัจจัยต่างๆ ที่ต้องควบคุมให้ได้ตามวัตถุประสงค์การออกแบบ

8. การก่อสร้างและติดตั้ง (Construction)

ผู้ออกแบบและที่ปรึกษา CxA มีการทบทวนเอกสารจากผู้รับเหมา (Submittal Review) ที่ยื่นเพื่อขออนุญาตการก่อสร้าง ติดตั้ง เพื่อพิจารณาความสอดคล้องกับข้อกำหนดในการออกแบบ เช่น OPR, BOD, CDs เป็นต้น

9. การทดสอบติดตั้งใช้งาน (Commissioning)

การตรวจสอบควรที่จะครอบคลุมถึง Prefunctional Test, Functional Test และการฝึกอบรมให้เจ้าหน้าที่ผู้ดูแลอาคารสามารถแก้ไขสถานะใช้งานให้เข้าสู่สถานะ

10. การใช้งานและบำรุงรักษา (Operating & Maintenance)

ควรมีการตรวจติดตามการใช้พลังงาน (Monitoring & Verifications) อย่างต่อเนื่องโดยเฉพาะอย่างยิ่ง 12-18 เดือนหลังจากส่งมอบงานก่อสร้างติดตั้ง จากหน่วยงานกลางหรือที่ปรึกษา Commissioning Authority (CxA) ที่มีประสบการณ์ นอกจากนี้ ควรมีการจัดฝึกอบรมช่างเทคนิคผู้ควบคุมการใช้งานระบบอุปกรณ์ในอาคารให้สามารถใช้งานและบำรุงรักษาอุปกรณ์อย่างเหมาะสม ตลอดจนใช้เครื่องมือวัดเก็บข้อมูลเพื่อติดตามประสิทธิภาพพลังงานที่เปลี่ยนแปลง และวิเคราะห์หาสาเหตุความผิดปกติของการใช้งานและบำรุงรักษาได้

11. การให้ผู้ใช้อาคารมีส่วนร่วมอย่างต่อเนื่อง (Ongoing Occupant Engagement)

หลีกเลี่ยงการใช้งานอาคารในลักษณะที่ฝ่ายช่างของอาคารควบคุมการเดินระบบอุปกรณ์ฟุ่มเฟือย มากจนเกินความจำเป็นเพื่อป้องกันการร้องเรียนมากกว่าการพิจารณาเรื่องผลประหยัดพลังงาน ดังนั้น จึงควรสร้างความตระหนักทางด้านประหยัดพลังงานแก่ผู้ใช้อาคารอย่างต่อเนื่องเพื่อให้เกิดพฤติกรรมและทัศนคติในเชิงบวก (Positive-Impact Behaviors)

1.2 ข้อมูลลักษณะเฉพาะของอาคารประเภทโรงพยาบาล

ดัชนีการใช้พลังงานเฉลี่ย	244	กิโลวัตต์-ชั่วโมงต่อตารางเมตรต่อปี*
ชั่วโมงการใช้งานเฉลี่ย :	24	ชั่วโมง

*(ที่มา : แผนอนุรักษ์พลังงาน 20 ปี พ.พ.)

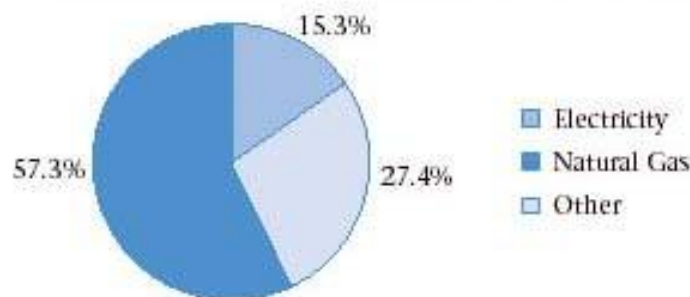
การวิเคราะห์การใช้พลังงานและรูปแบบการใช้พลังงาน จะช่วยให้สามารถทราบได้ว่าส่วนใดของอาคารที่มีการใช้พลังงานอย่างไม่มีประสิทธิภาพ ทำให้สามารถปรับปรุงและดำเนินแผนการจัดการพลังงานได้อย่างถูกต้องเหมาะสมและสามารถลดค่าใช้จ่ายได้

การกำหนด Base Line ของการใช้พลังงานรวมของอาคาร เป็นสิ่งที่ต้องทำเป็นอันดับแรก ต้องกำหนดว่าส่วนใดของอาคารที่สำคัญ ปริมาณและชนิดของพลังงานที่ใช้ พื้นที่ใดที่มีการสูญเสียพลังงานโดยเปล่าประโยชน์ ตัวชี้วัดประสิทธิภาพพลังงาน โดยเมื่อมีการวิเคราะห์การใช้พลังงานแล้ว ต้องเข้าใจถึงแนวโน้มและรูปแบบการใช้พลังงานของอาคารประเภทเดียวกัน เพื่อพิจารณาเปรียบเทียบค่ามาตรฐานของการใช้พลังงาน

การใช้พลังงานในอาคารโรงพยาบาล

- ลักษณะของการใช้พลังงานในอาคาร

ข้อมูลตามรูปที่ 1.27 นี้เป็นข้อมูลที่ได้จากการสำรวจการใช้พลังงานของโรงพยาบาล 222 แห่งจากทั้งหมด 879 แห่งในประเทศแคนาดา



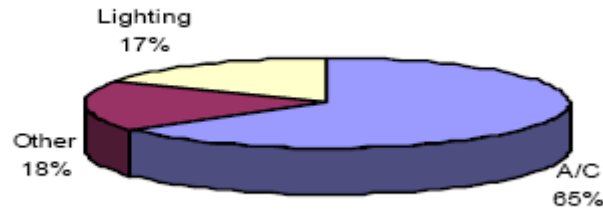
รูปที่ 1.27 แสดงลักษณะการใช้พลังงานในอาคารสถานพยาบาล

ที่มา : Office of Energy Efficiency Natural Resources Canada. Benchmark and Best Practices for Acute and Extended Healthcare Facilities : A Guide for Energy Managers and Finance Officers. 2003. p.7

จากโครงการจัดทำมาตรฐานการอนุรักษ์พลังงานของอาคารควบคุม ของกรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน เมื่อพิจารณาถึงรายละเอียดการใช้พลังงาน ซึ่งประกอบไปด้วยพื้นที่ซึ่งมีลักษณะใช้งานที่แตกต่างกัน สามารถจำแนกการใช้พลังงานเป็นระบบได้ดังนี้

- ระบบปรับอากาศ
- ระบบไฟฟ้าแสงสว่าง
- ระบบที่ใช้มอเตอร์เป็นตัวขับเคลื่อน
- ระบบทำความร้อน

ระบบดังกล่าวใช้พลังงานไฟฟ้าและพลังงานความร้อนเป็นหลัก พบว่า การใช้พลังงานในระบบปรับอากาศมีมากถึงร้อยละ 65 การใช้พลังงานในระบบไฟฟ้าแสงสว่างร้อยละ 17 และการใช้พลังงานในระบบส่วนอื่นๆ คิดเป็นร้อยละ 18 ตามอันดับ



รูปที่ 1.28 แผนภาพแสดงการใช้พลังงานไฟฟ้าในระบบต่างๆของอาคารควบคุมประเภทโรงพยาบาล
ที่มา : โครงการจัดทำมาตรฐานการอนุรักษ์พลังงานของอาคารควบคุม กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน

จะเห็นว่ามีการใช้พลังงานไฟฟ้าไปกับระบบปรับอากาศเสียส่วนมาก ซึ่งโรงพยาบาลเอกชนมีการใช้ระบบปรับอากาศมากกว่าโรงพยาบาลของรัฐ ดังนั้น การมุ่งเป้าประเด็นการศึกษาเกณฑ์การใช้พลังงานอาคารควบคุมประเภทโรงพยาบาลนั้น ควรเลือกอาคารโรงพยาบาลเอกชนที่มีการใช้พลังงานในระบบปรับอากาศ และระบบไฟฟ้าแสงสว่างเป็นจำนวนมาก เพื่อเป็นแนวทางในการศึกษาหาหนทางไปสู่การประหยัดพลังงานในส่วนการใช้พลังงานในระบบดังกล่าว

ปัจจัยที่มีผลต่อการใช้พลังงานในอาคารประเภทโรงพยาบาล

ปัจจัยหลักที่มีผลต่อการใช้พลังงานในอาคารประเภทโรงพยาบาล มีดังนี้

- ชนิดของพลังงานที่ใช้
- ขนาดและประเภทของพื้นที่อาคาร
- อายุการใช้งานของอุปกรณ์
- จำนวนชั่วโมงการทำงาน
- สภาพภูมิอากาศ
- ระบบทำความร้อน ระบายอากาศและระบบปรับอากาศ (HVAC Systems)
- งบประมาณในการจัดการการใช้พลังงาน

ปัจจัยรองที่มีผลต่อการใช้พลังงานในอาคารประเภทโรงพยาบาล มีดังนี้

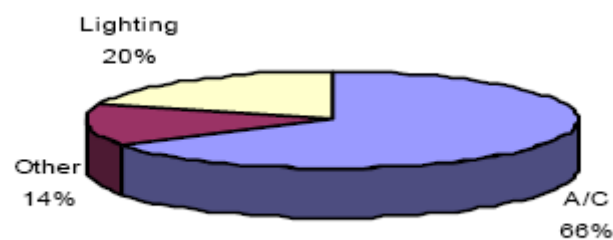
- ชนิดของ on-site facilities ซึ่งประกอบด้วย
 - Kitchen
 - Laundry
 - Incinerators
 - Burn Units
 - Laboratories
 - Emergency Services
 - Hospital Equipment
- กรอบอาคาร (Building Envelope และชนิดของช่องเปิด)
- ชนิดของหลอดไฟฟ้าและค่าปริมาณการส่องสว่าง

1.3 ข้อมูลลักษณะเฉพาะของอาคารประเภทโรงแรม

ดัชนีการใช้พลังงานเฉลี่ย 271 กิโลวัตต์-ชั่วโมงต่อตารางเมตรต่อปี*
 ชั่วโมงการใช้งานเฉลี่ย : 24 ชั่วโมง
 *(ที่มา : แผนอนุรักษ์พลังงาน 20 ปี พ.พ.)

การใช้พลังงานในอาคารโรงแรม

- ลักษณะของการใช้พลังงานในอาคาร



รูปที่ 1.29 แผนภาพแสดงการใช้พลังงานไฟฟ้าในระบบต่างๆของอาคารควบคุมประเภทโรงแรม
 ที่มา : โครงการจัดทำมาตรฐานการอนุรักษ์พลังงานของอาคารควบคุม กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน

ปัจจัยที่มีผลต่อการใช้พลังงานในอาคารประเภทโรงแรม

ตัวแปรที่ใช้พิจารณาลักษณะการบริการของโรงแรม 7 ตัวแปร คือ

1. จำนวนห้องพัก
2. พื้นที่ร้านอาหารและภัตตาคาร
3. พื้นที่ห้องจัดเลี้ยง ประชุมสัมมนา
4. พื้นที่สุขภาพ สันทนาการ และส่วนกลาง
5. พื้นที่สระว่ายน้ำ
6. พื้นที่สำนักงาน ร้านค้า
7. ปริมาณผ้าในแผนกบริการซักรีด

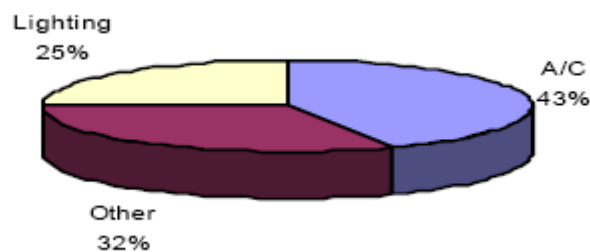
1.4 ข้อมูลลักษณะเฉพาะของอาคารประเภทศูนย์การค้า

ดัชนีการใช้พลังงานเฉลี่ย	308	กิโลวัตต์-ชั่วโมงต่อตารางเมตรต่อปี*
ชั่วโมงการใช้งานเฉลี่ย :	12	ชั่วโมง (10.00-22.00 น.)

*(ที่มา : แผนอนุรักษ์พลังงาน 20 ปี พ.พ.)

การใช้พลังงานในอาคารศูนย์การค้า

- ลักษณะของการใช้พลังงานในอาคาร



รูปที่ 1.30 แผนภาพแสดงการใช้พลังงานไฟฟ้าในระบบต่างๆของอาคารควบคุมประเภทศูนย์การค้า

ที่มา : โครงการจัดทำมาตรฐานการอนุรักษ์พลังงานของอาคารควบคุม กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน

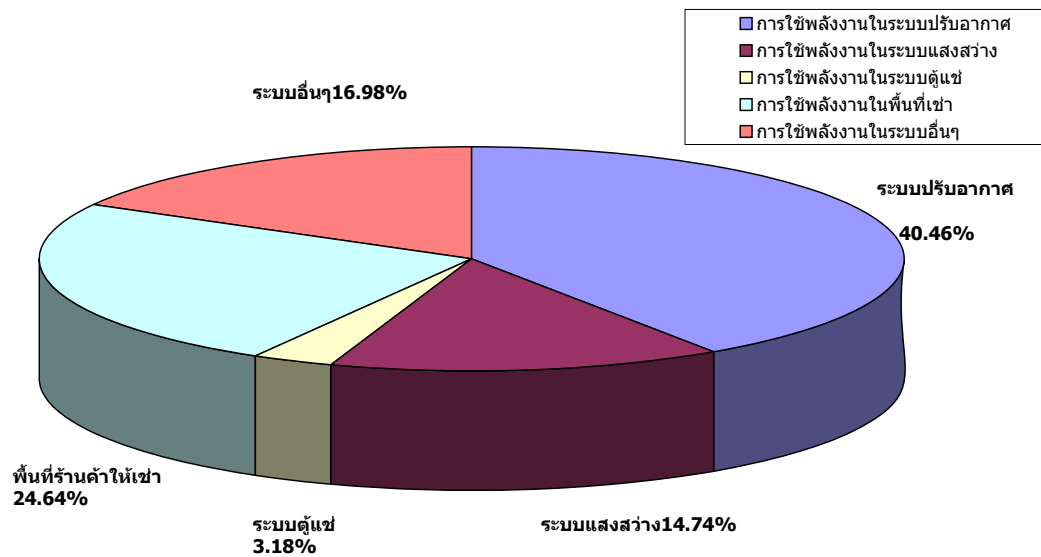
อาคารประเภทศูนย์การค้า สามารถจำแนกออกเป็น 4 ประเภท ดังต่อไปนี้

1) **ดีสเคาท์สโตร์ (Discount Store)** ดำเนินธุรกิจการขายปลีกและขายส่งของสินค้าอุปโภค บริโภค โดยเน้นการขายสินค้าราคาถูกและขายปริมาณมากๆ อาคารประกอบด้วยพื้นที่ใช้สอยต่างๆ เช่น พื้นที่ขายสินค้าของห้างเอง (เช่น บิ๊กซี คาร์ฟูร์ โลตัส) พื้นที่ขายอาหาร Fast Food และร้านค้าเช่า

2) **ห้างสรรพสินค้า (Department Store)** ดำเนินธุรกิจการขายปลีกของสินค้าอุปโภค บริโภค โดยมีสินค้าครบทุกหมวดหมู่ที่ลูกค้าส่วนใหญ่ต้องการ เน้นการขายสินค้าราคาปกติและทำการลดราคาเป็นบางช่วงเวลา อาคารประกอบด้วยพื้นที่ใช้สอยต่างๆ เช่น ห้างสรรพสินค้าของห้างเอง (เช่น ทรูส เดอะมอลล์ โรบินสัน ฯลฯ) พื้นที่ขายอาหาร Fast Food ร้านค้าเช่า บางแห่งอาจจะมี โรงภาพยนตร์และโบว์ลิ่ง ฯลฯ

3) **ช้อปปิ้งพลาซ่า (Shopping Plaza) หรือ พื้นที่ให้เช่า** ดำเนินธุรกิจลักษณะร้านค้าเช่าเป็นส่วนใหญ่ ขายสินค้าอุปโภค บริโภค อาคารประกอบด้วยพื้นที่ใช้สอยแตกต่างกันขึ้นอยู่กับเจ้าของอาคาร เช่น พื้นที่ขายอาหาร Fast Food ร้านค้าเช่า ฯลฯ

4) **ซูเปอร์มาร์เก็ต (Supermarket)** ดำเนินธุรกิจการขายสินค้าอุปโภค บริโภค ที่เกี่ยวข้องกับอาหารเป็นหลัก มีทั้งอาหารสดและอาหารแห้ง สิ่งของเครื่องใช้ภายในบ้าน อาคารประกอบด้วยพื้นที่ขายสินค้าและอาจจะมีพื้นที่ร้านค้าเช่าเพียงเล็กน้อย



ปัจจัยที่มีผลต่อการใช้พลังงานในอาคารประเภทศูนย์การค้า

จากการสำรวจลักษณะการใช้พลังงานของอาคารศูนย์การค้า สามารถจำแนกลักษณะการใช้พลังงานในกิจกรรมต่างๆ ซึ่งเกิดขึ้นภายในบริเวณพื้นที่ต่างๆ ของศูนย์การค้า โดยสามารถทำการวิเคราะห์หาค่าดัชนีการใช้พลังงาน (Specific Energy Consumption, SEC) ของระบบต่างๆ ในอาคารประเภทศูนย์การค้า ได้ดังนี้

- ดัชนีการใช้พลังงานรวม
- ดัชนีการใช้พลังงานในระบบปรับอากาศ
- ดัชนีการใช้พลังงานในระบบแสงสว่าง
- ดัชนีการใช้พลังงานในระบบตู้แช่

ดังนั้น ปัจจัยที่มีผลต่อการใช้พลังงานในอาคารประเภทศูนย์การค้า จึงขึ้นกับขนาด จำนวน และ ชั่วโมงการใช้งานของอุปกรณ์หลักในระบบดังกล่าวข้างต้น ซึ่งจะแปรผันโดยตรงต่อจำนวนผู้มาใช้บริการของอาคาร

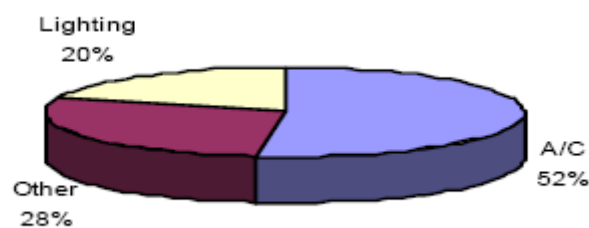
1.5 ข้อมูลลักษณะเฉพาะของอาคารประเภทสำนักงาน

ดัชนีการใช้พลังงานเฉลี่ย	219	กิโลวัตต์-ชั่วโมงต่อตารางเมตรต่อปี*
ชั่วโมงการใช้งานเฉลี่ย :	12	ชั่วโมง (8.00-17.00 น.)

*(ที่มา : แผนอนุรักษ์พลังงาน 20 ปี พ.พ.)

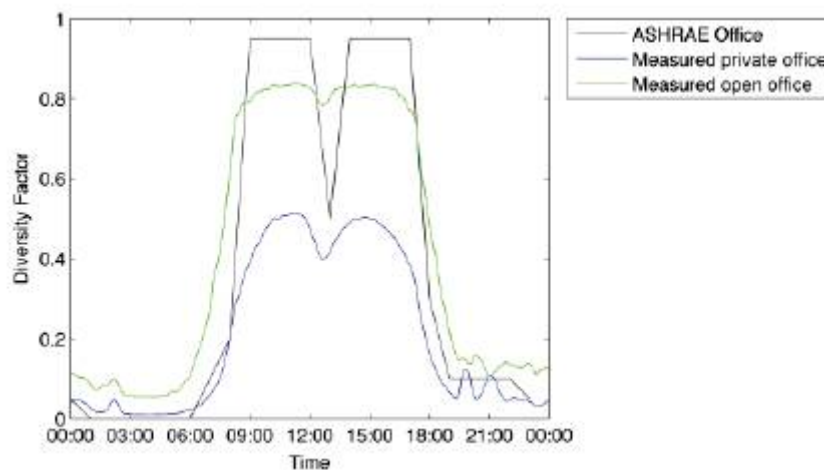
การใช้พลังงานในอาคารสำนักงาน

- ลักษณะของการใช้พลังงานในอาคาร



รูปที่ 1.31 แผนภาพแสดงการใช้พลังงานไฟฟ้าในระบบต่างๆของอาคารควบคุมประเภทสำนักงาน

ที่มา : โครงการจัดทำมาตรฐานการอนุรักษ์พลังงานของอาคารควบคุม กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน



ที่มา : Revealing Occupancy Patterns in Office Building Through the Use of Annual Occupancy Sensor Data, ASHRAE Annual Conference, June 2013

จะเห็นได้ว่า ลักษณะการใช้พลังงานของอาคารสำนักงาน ค่อนข้างที่จะมีรูปแบบที่แน่นอน กล่าวคือ ขึ้นกับการใช้พลังงานที่มีค่าคงที่ ตามเวลาการเข้าและออกจากพื้นที่ทำงานของพนักงานภายในอาคาร

ปัจจัยที่มีผลต่อการใช้พลังงานในอาคารประเภทสำนักงาน

อาคารสำนักงาน ประกอบด้วยปัจจัยที่มีผลต่อการใช้พลังงานแบ่งตามระบบที่มีการใช้พลังงาน ดังต่อไปนี้

ระบบที่มีการใช้พลังงาน	ปัจจัยที่มีผลต่อการใช้พลังงาน
ระบบปรับอากาศและระบายอากาศ	จำนวนคน พื้นที่ให้บริการ อุปกรณ์ไฟฟ้า ชั่วโมงการทำงาน อุณหภูมิ
ระบบไฟฟ้าแสงสว่าง	จำนวนคน พื้นที่ให้บริการ ชั่วโมงการทำงาน
ระบบปั๊มน้ำใช้	จำนวนคน พื้นที่ให้บริการ ชั่วโมงการทำงาน
ระบบอื่นๆ (ปลั๊กโหลต)	จำนวนคน จำนวนและประเภทของอุปกรณ์ไฟฟ้าต่างๆ ชั่วโมงการทำงาน

และหากพิจารณาแยกตามพื้นที่ สามารถจำแนกพื้นที่ที่มีผลต่อการพิจารณาพลังงานที่ใช้ตามลำดับความสำคัญได้ดังนี้

- ❖ พื้นที่ปรับอากาศ ส่วนศูนย์คอมพิวเตอร์
- ❖ พื้นที่ปรับอากาศ ส่วนสำนักงาน
- ❖ พื้นที่ปรับอากาศ ส่วนกลาง (โถง ทางเดิน หน้าลิฟท์)
- ❖ ห้องประชุม
- ❖ ห้องอาหาร
- ❖ พื้นที่ลานจอดรถ
- ❖ พื้นที่ลานรอบๆ ตัวอาคาร

หมวดวิชา GROUP	ความรู้พื้นฐาน BASIC KNOWLEDGE (B)	B
วิชา Module	แนวคิดการเพิ่มประสิทธิภาพพลังงานสำหรับการพัฒนาโครงการก่อสร้างอาคารธุรกิจยุคใหม่ Development concept for Energy Efficiency in Commercial Buildings	1.1

Chapter 2 Energy Efficiency Index for Commercial Buildings

บทที่ 2 ดัชนีประสิทธิภาพพลังงานของอาคารธุรกิจ

2.1 ดัชนีประสิทธิภาพพลังงานของอาคารธุรกิจประเภทต่างๆ

2.2 การปรับค่าดัชนีประสิทธิภาพพลังงานเพื่อเข้าสู่ค่ามาตรฐาน (Normalization)

บทที่ 2

ดัชนีประสิทธิภาพพลังงานของอาคารธุรกิจ

ดัชนีการใช้พลังงาน (Energy Use Index : EUI) ดัชนีประสิทธิภาพพลังงาน (Energy Efficiency Index : EEI) หรือ ดัชนีค่าการใช้พลังงานจำเพาะ (Specific Energy Consumption : SEC) มีความหมายเดียวกัน คือเป็นตัวชี้วัดที่สำคัญ ในการตรวจติดตามและตั้งค่าเป้าหมายการประหยัดพลังงานของอาคารธุรกิจแต่ละแห่ง โดยที่แผนอนุรักษ์พลังงาน 20 ปี ของกระทรวงพลังงาน ได้มีการกำหนดให้อาคารธุรกิจในภาพรวม มีการใช้พลังงานที่มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น กล่าวคือ มีนโยบายที่จะสนับสนุนและส่งเสริมให้อาคารธุรกิจแต่ละประเภท สามารถที่จะปรับปรุงประสิทธิภาพ พลังงานให้มุ่งสู่การเป็นอาคารคาร์บอนต่ำในระดับต่างๆ มากยิ่งขึ้น (HEPS, ECON, ZEB)

จากข้อมูลรายงานการจัดการพลังงาน พ.ศ. 2555 ของอาคารควบคุมที่ดำเนินการตามพระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ.2535 สามารถสรุปดัชนีค่าการใช้พลังงานจำเพาะ (Specific Energy Consumption : SEC) สำหรับอาคารประเภทต่างๆ ได้ดังต่อไปนี้

2.1 ดัชนีประสิทธิภาพพลังงานของอาคารธุรกิจประเภทต่างๆ

1.อาคารประเภทโรงพยาบาล :

Size	QTY	SEC elec. (kWh/เตียง- วัน)	SEC thermal. (MJ/เตียง- วัน)	SEC total (MJ/เตียง-วัน)			
				Max	Min	Avg.	SD
<150 เตียง	32	407.56	190.41	12,728.04	66.77	1,033.63	2,204.83
150-300 เตียง	29	338.74	195.81	3,642.25	110.94	748.91	644.85
>300 เตียง	15	457.94	278.99	4,392.80	286.06	963.45	1,044.48
Total/avg.	76	391.24	213.51	12,728.04	66.77	911.13	1,544.45

(ที่มา : Final Report สรุปรายงานการจัดการพลังงาน 2555 โดย ที่ปรึกษาตรวจสอบอาคารควบคุม : Accredited Consultant)

2.อาคารประเภทโรงแรม :

Size	QTY	SEC elec. (kWh/ห้อง- วัน)	SEC thermal. (MJ/ห้อง- วัน)	SEC total (MJ/ห้อง-วัน)			
				Max	Min	Avg.	SD
<150 ห้อง	19	1,261.99	10,524.00	147,311.64	140.60	8,995.56	33,551.63
150-500 ห้อง	151	443.87	647.58	62,466.97	56.85	1,141.31	5,349.48
>500 ห้อง	31	265.60	120.00	2,765.72	130.37	471.18	482.27

Total/avg.	201	493.71	1,407.44	147,311.64	56.85	1,780.40	11,328.34
------------	-----	--------	----------	------------	-------	----------	-----------

(ที่มา : Final Report สรุปรายงานการจัดการพลังงาน 2555 โดย ที่ปรึกษาตรวจสอบอาคารควบคุม : Accredited Consultant)

3.อาคารประเภทศูนย์การค้า :

Size	QTY	SEC elec. (kWh/m ²)	SEC thermal. (MJ/m ²)	SEC total (MJ/m ²)			
				Max	Min	Avg.	SD
<10,000 m ²	84	603.07	703.57	4,267.46	440.51	1,401.92	569.43
10,000-50,000 m ²	278	657.81	248.37	2,737.59	211.46	1,141.27	398.53
50,000-100,000 m ²	19	526.43	625.83	1,634.12	353.23	935.64	387.47
>100,000 m ²	24	325.39	480.32	2,369.14	114.72	1,142.38	403.10
Total/avg.	405	493.71	312.71	4,267.46	114.72	1,185.75	453.41

(ที่มา : Final Report สรุปรายงานการจัดการพลังงาน 2555 โดย ที่ปรึกษาตรวจสอบอาคารควบคุม : Accredited Consultant)

4.อาคารประเภทสถานศึกษา :

Size	QTY	SEC elec. (kWh/m ²)	SEC thermal. (MJ/m ²)	SEC total (MJ/m ²)			
				Max	Min	Avg.	SD
<10,000 m ²	8	166.74	-	791.02	122.80	479.26	267.41
10,000-50,000 m ²	19	114.47	2.23	654.97	80.81	251.09	157.10
>50,000 m ²	8	196.33	1,101.03	872.96	174.06	379.18	216.04
Total/avg.	35	145.13	734.76	872.96	80.81	332.52	216.06

(ที่มา : Final Report สรุปรายงานการจัดการพลังงาน 2555 โดย ที่ปรึกษาตรวจสอบอาคารควบคุม : Accredited Consultant)

5.อาคารประเภทสำนักงาน :

Size	QTY	SEC elec. (kWh/m ²)	SEC thermal. (MJ/m ²)	SEC total (MJ/m ²)			
				Max	Min	Avg.	SD
<10,000 m ²	41	900.77	227.24	12,760.30	222.08	3,128.74	3,312.62
10,000- 50,000 m ²	137	315.65	443.83	2,511.26	87.85	727.15	404.16
50,000- 100,000 m ²	32	319.00	529.18	1,378.58	184.20	691.63	289.46
>100,000 m ²	9	285.46	1.03	845.18	106.30	574.19	243.70
Total/avg.	219	424.44	396.30	12,760.30	87.85	1,165.29	1,738.54

(ที่มา : Final Report สรุปรายงานการจัดการพลังงาน 2555 โดย ที่ปรึกษาตรวจสอบอาคารควบคุม : Accredited Consultant)

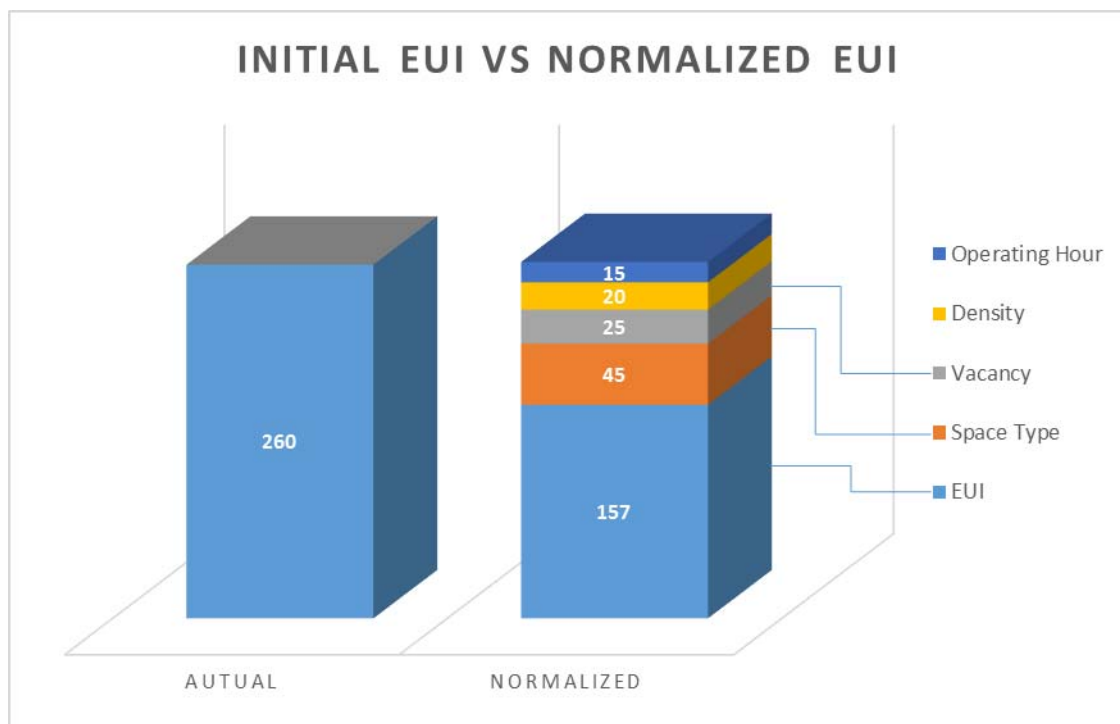
6.อาคารประเภทอื่นๆ :

Size	QTY	SEC elec. (kWh/m ²)	SEC thermal. (MJ/m ²)	SEC total (MJ/m ²)			
				Max	Min	Avg.	SD
<10,000 m ²	18	977.23	20,839.07	36,592.76	313.07	4,210.75	8,520.79
10,000- 50,000 m ²	38	252.87	203.90	2,652.77	0.93	631.85	588.45
50,000- 100,000 m ²	17	104.06	354.99	847.00	70.38	326.82	272.99
100,000- 500,000 m ²	22	36.67	89.35	370.47	26.07	112.33	107.11
>500,000 m ²	10	5.37	1.29	30.30	7.86	19.83	7.00
Total/avg.	105	284.08	3,511.50	36,592.76	0.93	1,028.85	3,764.44

(ที่มา : Final Report สรุปรายงานการจัดการพลังงาน 2555 โดย ที่ปรึกษาตรวจสอบอาคารควบคุม : Accredited Consultant)

2.2 การปรับค่าดัชนีประสิทธิภาพพลังงานเพื่อเข้าสู่ค่ามาตรฐาน (Normaliztion)

อย่างไรก็ตาม การพิจารณาค่าดัชนีการใช้พลังงานจำเพาะของแต่ละอาคารนั้น มีความจำเป็นที่จะต้องปรับเข้าสู่ค่ามาตรฐานเพื่อใช้ในการพิจารณาเทียบกับอาคารอื่นๆ และเพื่อกำหนดค่าเป้าหมายในการปรับปรุงประสิทธิภาพพลังงานของอาคารตนเองได้ด้วย ซึ่งในทางปฏิบัติแล้วอาคารแต่ละแห่งจะมีลักษณะและพฤติกรรมการใช้พลังงานที่แตกต่างกัน ดังนั้น จึงควรดำเนินการเก็บข้อมูลตัวแปรที่เกี่ยวข้อง (Parameters) ต่างๆ ของอาคารของตนเองเพื่อให้สามารถปรับค่า (Normalized) ให้เข้าสู่ค่าที่เป็นมาตรฐานที่ใช้ในการเปรียบเทียบได้ต่อไป

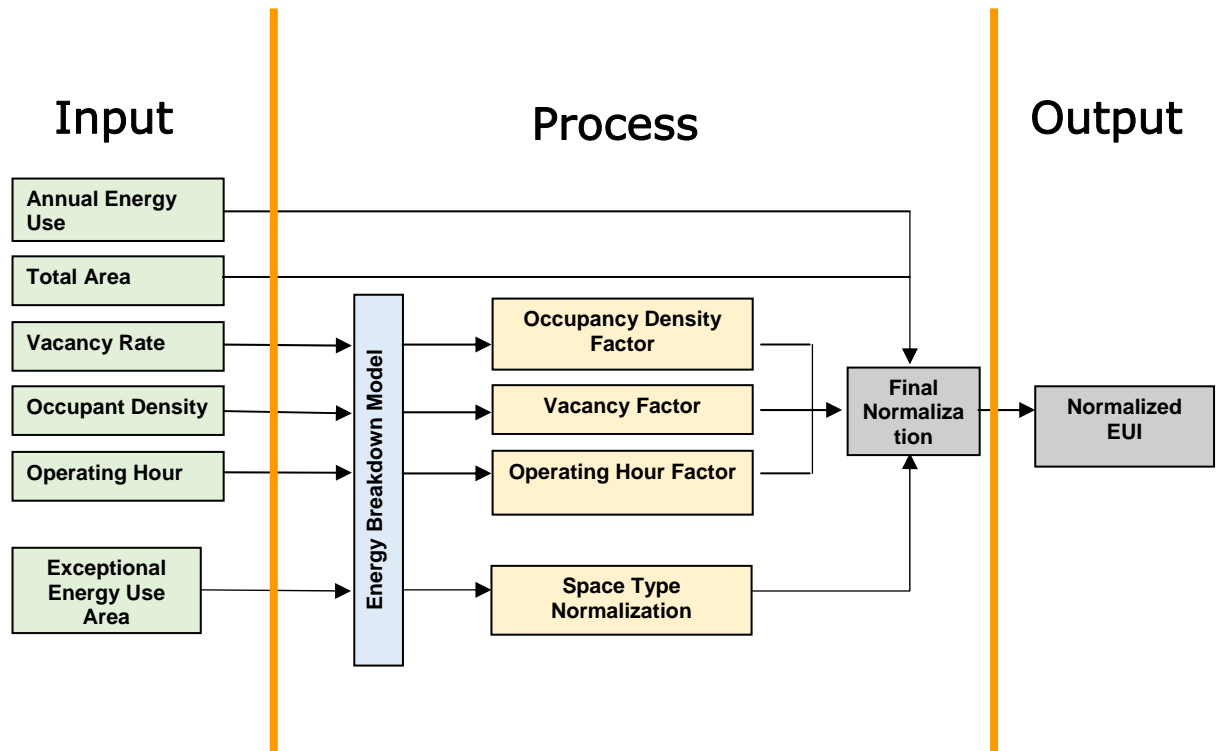


รูปที่ 2.1 แสดงการเปรียบเทียบดัชนีการใช้พลังงาน (EUI) ก่อนและหลังการปรับค่า (Normalizted)

ตัวอย่างจากรูปที่ 2.1 ข้างต้น แสดงให้เห็นถึงค่าดัชนีการใช้พลังงานที่ได้จากข้อมูลอัตราส่วนพลังงานต่อการบริการ (พื้นที่) ที่ยังไม่ได้มีการพิจารณาตัวแปร (Parameter) ต่างๆ ที่เกี่ยวข้องและมีผลกระทบต่อการใช้พลังงาน เช่น ชั่วโมงการทำงาน (Hours of Operation) ความหนาแน่นของบุคลากรในแต่ละพื้นที่ (Occupancy Density) อัตราการว่างของพื้นที่ใช้สอย (Vacancy Rate) พื้นที่ใช้งานที่มีการใช้พลังงานสูง (Space Type) เป็นต้น จะมีค่า EUI actual = 260 แต่หากพิจารณาถึงปัจจัยตัวแปรต่างๆ ทั้งหมดแล้ว EUI Normalized = 157 ซึ่งแสดงให้เห็นว่า อาคารดังกล่าวจะมีการใช้พลังงานที่มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น (พลังงานต่อพื้นที่ลดลง) ที่สภาวะเทียบกับตัวแปรที่เป็นค่ามาตรฐาน เป็นต้น

ขั้นตอนการทำปรับค่าดัชนีให้เข้าสู่ค่ามาตรฐาน (Normalization Process)

มีขั้นตอนในการดำเนินการตาม Flow Diagram ตามรูปที่ 2.2 ด้านล่างต่อไปนี้



รูปที่ 2.2 แสดงแผนผัง (Flow Diagram) การป้อนข้อมูล การประมวลผล และแสดงผลภายหลังการปรับค่า (Normalized)

Input : คือกระบวนการป้อนเข้าของข้อมูลตัวแปรที่เกี่ยวข้องหรือมีผลต่อการใช้พลังงาน

Process : คือกระบวนการคำนวณและวิเคราะห์

Output : คือกระบวนการแสดงผลค่าดัชนีที่ปรับเข้าสู่ค่ามาตรฐานแล้ว (Normalized EUI)

ดังนั้น สมการด้านล่างต่อไปนี้ คือการคำนวณเพื่อให้ได้มาซึ่ง Normalized EUI

$$EUI_{Normalized} = (EUI_{measured} - \text{Total Space Type Adjustment}) \times N_{vacancy} \times N_{occupant} \times N_{operating}$$

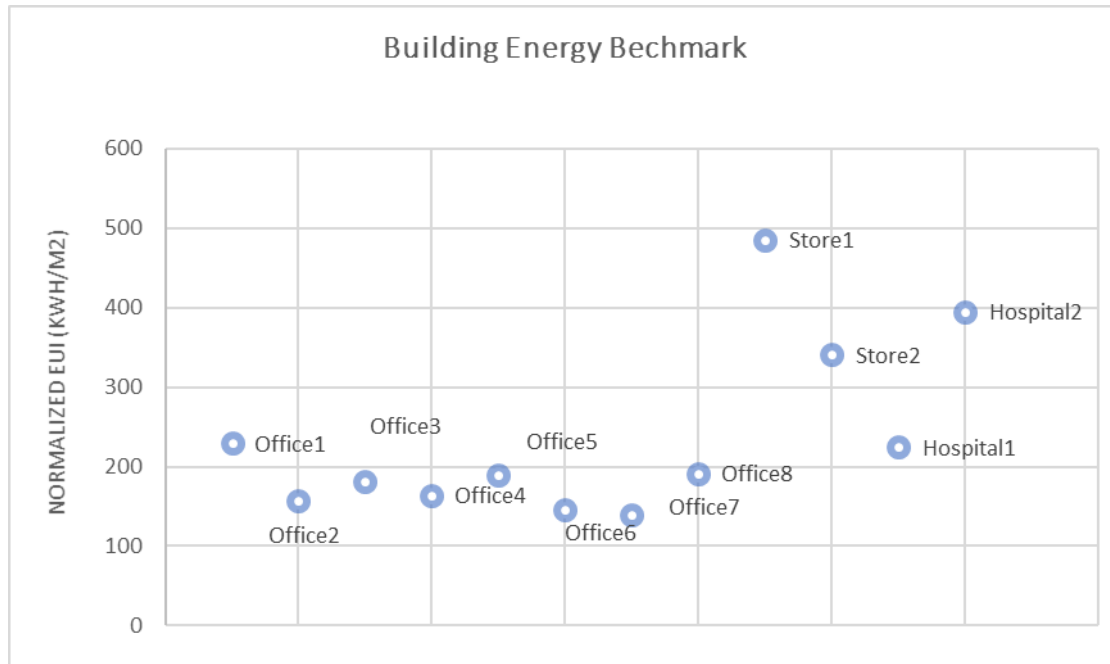
โดยที่ :

$N_{vacancy}$ = Normalizing annual vacancy factor

$N_{occupant}$ = Normalizing occupancy density factor

$N_{operating}$ = Normalizing operating hour factor

กราฟด้านล่าง (รูปที่ 2.3) แสดงตัวอย่างการเปรียบเทียบค่าดัชนีการใช้พลังงานที่ปรับค่าเข้าสู่ค่ามาตรฐานเดียวกันแล้ว จากอาคารสำนักงาน 8 แห่ง อาคารห้างสรรพสินค้า 2 แห่ง และอาคารโรงพยาบาล 2 แห่ง ซึ่งจะเห็นได้อย่างชัดเจนว่า อาคารที่มีค่า Normalized EUI ที่สูง (Office 1 , Store 1, Hospital 2) มีศักยภาพสูงในการที่จะปรับปรุงการใช้พลังงานให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น เมื่อเทียบกับอาคารในลักษณะเดียวกัน



รูปที่ 2.3 แสดงการเปรียบเทียบ (Benchmarking) ค่าดัชนีประสิทธิภาพพลังงานที่ปรับค่าแล้ว (Normalized EUI) ของอาคารแต่ละแห่ง

หมวดวิชา GROUP	ความรู้พื้นฐาน BASIC KNOWLEDGE (B)	B
วิชา Module	แนวคิดการเพิ่มประสิทธิภาพพลังงานสำหรับการพัฒนาโครงการก่อสร้างอาคารธุรกิจยุคใหม่ Development concept for Energy Efficiency in Commercial Buildings	1.1

Chapter 3 Case Studies on Energy Efficiency Measures in Commercial Buildings
 บทที่ 3 กรณีศึกษามาตรการเพิ่มประสิทธิภาพพลังงานในอาคารธุรกิจ

- 3.1 กรณีศึกษาการเพิ่มประสิทธิภาพพลังงานของอาคารประเภทสำนักงาน
- 3.2 กรณีศึกษาการเพิ่มประสิทธิภาพพลังงานของอาคารประเภทโรงพยาบาล
- 3.3 กรณีศึกษาการเพิ่มประสิทธิภาพพลังงานของอาคารประเภทโรงแรม
- 3.4 กรณีศึกษาการเพิ่มประสิทธิภาพพลังงานของอาคารประเภทศูนย์การค้า

บทที่ 3

กรณีศึกษามาตรการเพิ่มประสิทธิภาพพลังงานในอาคารธุรกิจ

การเพิ่มประสิทธิภาพพลังงานในอาคารธุรกิจ สามารถทำได้หลากหลายวิธี อาทิ เช่น หากเป็นอาคารเก่าที่เปิดใช้งานมาแล้วหลายปี อาจพิจารณาการปรับปรุงในระบบวิศวกรรมต่างๆ ได้แก่ ระบบปรับอากาศ ระบบไฟฟ้าแสงสว่าง เป็นต้น หากเป็นอาคารใหม่ที่กำลังจะก่อสร้าง อาจสามารถพิจารณาการปรับปรุงด้านการลดภาระปรับอากาศด้วยการใช้วัสดุที่เป็นฉนวนกันความร้อนแบบพิเศษสำหรับผนัง หลังคา ใช้ระบบควบคุมอัตโนมัติ ที่เชื่อมโยงระบบต่างๆ อย่างมีประสิทธิภาพ รวมถึงการใช้และผลิตพลังงานทดแทนจากธรรมชาติ เพื่อให้เป็นอาคารที่มีการใช้พลังงานในระดับต่ำสุด หรือแทบจะไม่ใช่พลังงานเลย มุ่งสู่การเป็นอาคารคาร์บอนต่ำ หรือ สุทธิเป็นศูนย์ เป็นต้น สำหรับกรณีศึกษาต่อไปนี้เป็นกรณีศึกษาที่แบ่งตามประเภทอาคาร โดยนับได้ว่าเป็นอาคารที่อยู่ในเกณฑ์ที่มีการใช้พลังงานตั้งแต่ระดับ ECON (Economic Building) จนกระทั่งถึงระดับ ZEB (Zero Energy Building) ซึ่งได้แก่

3.1 กรณีศึกษาการเพิ่มประสิทธิภาพพลังงานของอาคารประเภทสำนักงาน

ZERO ENERGY BUILDING (ZEB) :



“Research Support Facility (RSF) , NREL” - USA

อาคาร Research Support Facility (RSF) เป็นส่วนหนึ่งของ National Renewable Energy Laboratories (NREL) ตั้งอยู่ในรัฐโคโรลาโด ประเทศสหรัฐอเมริกา ก่อสร้างแล้วเสร็จเมื่อเดือนมิถุนายน พ.ศ. 2553 โดยให้เป็น Showcase สำหรับ Sustainable & High-performance design ซึ่งรวมเอาแนวคิดของทั้งสามด้าน ได้แก่ The Best in Energy Efficiency, Environmental Performance, Advanced Controls จนนับว่าเป็น “Whole Building Integrated Design Practice”



Project Detail : Research Support Facility, NREL (USA)

Type : Research Facility (Office + Laboratory)

Certified : LEED Platinum

Envelope : Insulated Panels, -Triple-Glazed Windows with Individual Overhangs

HVAC : Transpired Solar Collector, Radiant Heating and Cooling, Night purging

Lighting : T8, LED specific task light, Maximized Natural light

Etc. - Energy-Efficient Data Center (free cool)

- Rain water for plantation

Renewable Energy : Photovoltaic System

1.6 MW of photovoltaic on site, 450 kW on rooftop

Energy Use Intensity : EUI = 110.6 kWh/m², 33.4 kWh/m² of which is for data center equipment

Reference : USDOE , EERE



อาคารได้รับการออกแบบโดยคำนึงถึงการใช้ปัจจัยทางธรรมชาติ (Passive Design) ในเบื้องต้นโดยสามารถใช้แสงธรรมชาติ (Daylighting) และการระบายอากาศทางธรรมชาติ (Natural Ventilation) ควบคู่ไปกับการทำอาคารสามารถกักเก็บความร้อนและความเย็น (Thermal mass & energy) โดยมี Thermal Labyrinth เพื่อให้เป็น Thermal Sink ในการ reject heat จาก Data center ซึ่งเป็นการลดภาระในการทำความเย็นได้อีกทางหนึ่งด้วย

Building and Energy Diagram



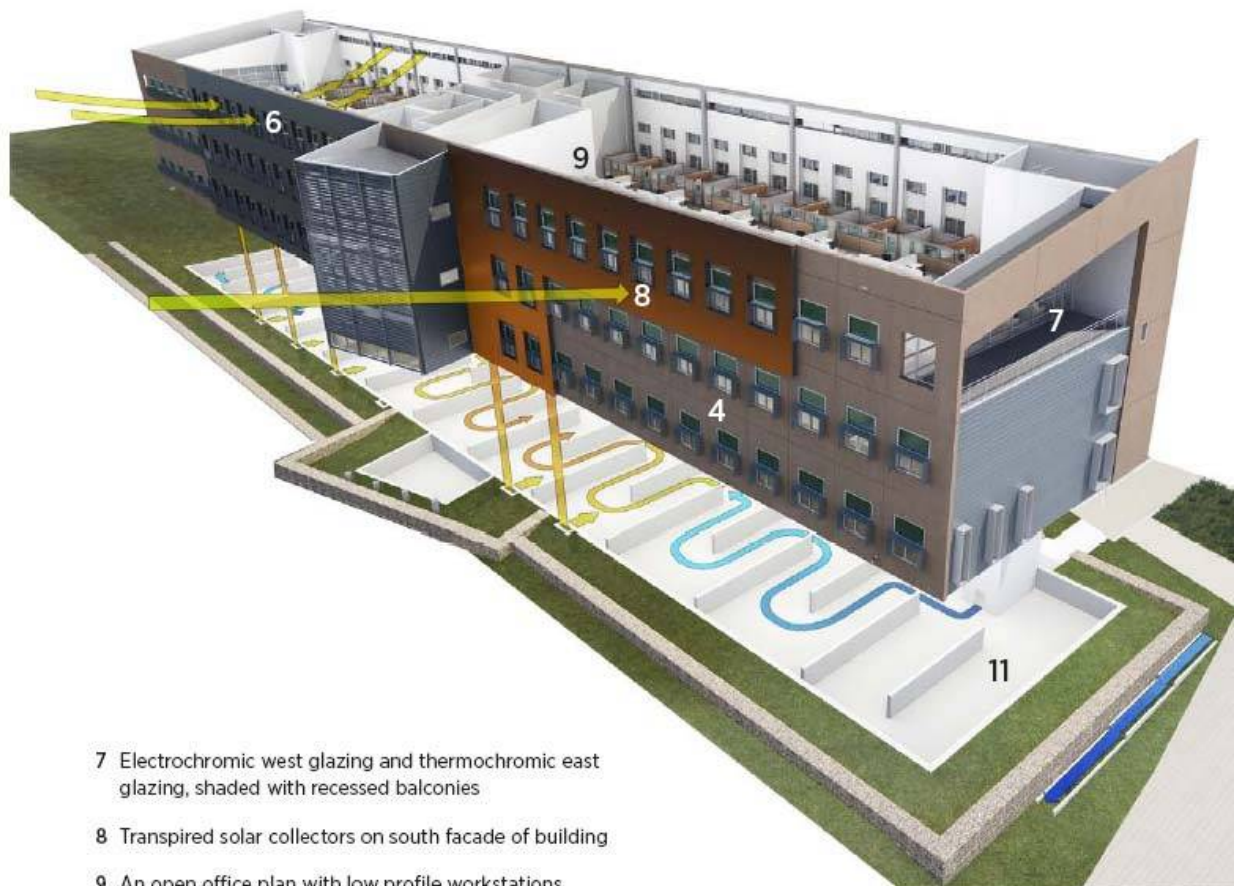
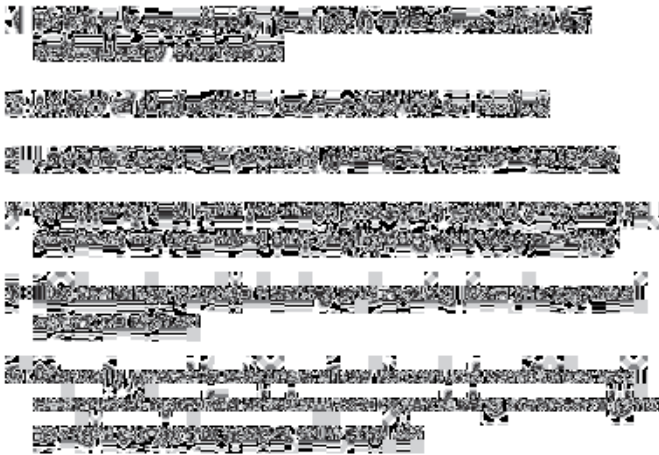
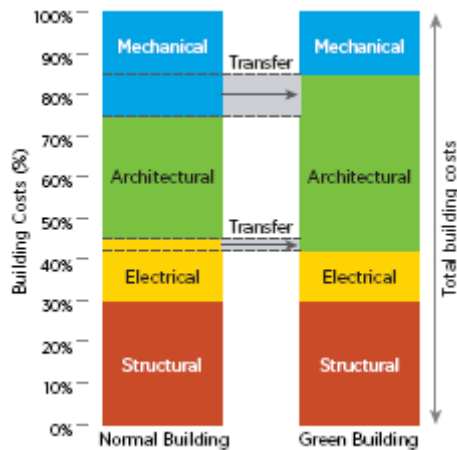


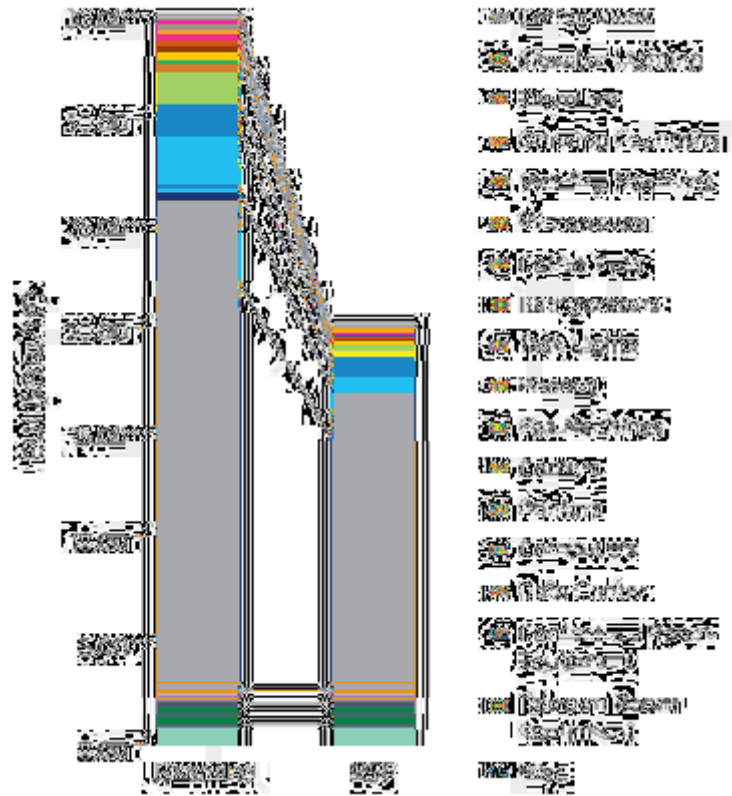
Illustration from RNL

- 7 Electrochromic west glazing and thermochromic east glazing, shaded with recessed balconies
- 8 Transpired solar collectors on south facade of building
- 9 An open office plan with low profile workstations allows proper daylighting and natural ventilation
- 10 12" high raised floor provides ventilation air, power and data
- 11 Thermal labyrinth stores passively cooled and heated air for future use.



ด้วยพื้นที่กว่า 222,000 ft² ใช้ค่าก่อสร้างประมาณ \$259/ft² จะเห็นได้ชัดเจนว่า อาคาร RSF ที่เข้าเกณฑ์ Green Building จะมีค่าใช้จ่ายในการก่อสร้างระบบไฟฟ้าและเครื่องกลต่ำกว่าอาคารที่ออกแบบทั่วไป (Normal Building) ในขณะที่ค่าใช้จ่ายในระบบสถาปัตยกรรมมีค่าสูงกว่า ซึ่งเมื่อพิจารณาค่าก่อสร้างโดยรวมแล้วแทบจะมีค่าที่ใกล้เคียงกัน แต่ก่อให้เกิดประโยชน์ในระยะยาวด้วยค่าใช้จ่ายด้านพลังงานและการบำรุงรักษาระบบอุปกรณ์ที่ต่ำกว่า

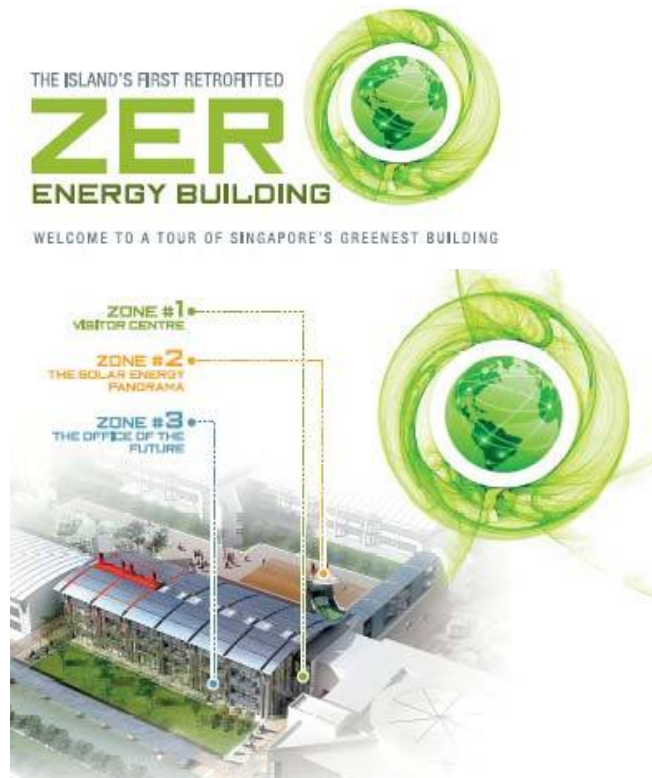
นอกเหนือจากการที่ได้รับการออกแบบอาคารอย่างมีประสิทธิภาพพลังงานแล้ว อาคารแห่งนี้ยังได้มีการบริหารจัดการเพื่อลดการใช้พลังงานจากอุปกรณ์ไฟฟ้าต่างๆ (Plug load) โดยการจำกัดการใช้พลังงานในอุปกรณ์ต่างๆ ทำให้สามารถลดการใช้พลังงานลงได้อีกมากกว่า 31.8% เช่น unoccupied hours control, higher efficiency kitchen and office equipment, increase the number of 30 watt laptops, increase the use of all-in one machines (copier, printer, fax) เป็นต้น



ZERO ENERGY BUILDING (ZEB) :



“BCA Academy” - Singapore



Project Detail : BCA Academy (Singapore)

Type : Office (Retrofitted)

Envelope : Green roof & Green, Wall Shading Device, Low-e glass

HVAC : Efficient Chiller Plants & Cooling Towers, Variable Speed Drive, Personalized Ventilation, Displacement Cooling, Solar Chimney

Lighting : T5, Task Lights, Mirror Duct, Light Shelves, Light Pipes

Etc. - Sensors & Monitoring System

Renewable Energy : PV roof (Poly & Thin film), Shading Device with PV, PV rail

Energy Use Intensity : Electricity Consumption 183 MWh, 41 kWh/sq.m.

Renewable Energy Production 203 MWh, 45 kWh/sq.m

Reference : Yudelson Associates, BCA Academy

อาคาร BCA Academy ในประเทศสิงคโปร์ นับได้ว่าเป็นอาคาร Zero Energy Building (ZEB) ประเภท Retrofitted Existing Building แห่งแรกในแถบเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ โดยสามารถประหยัดค่าใช้จ่ายด้านพลังงานได้ถึง 84,000 เหรียญดอลลาร์สิงคโปร์ต่อปี เมื่อเทียบกับค่าใช้จ่ายด้านพลังงานของอาคารทั่วไปในประเทศสิงคโปร์

อาคารแบ่งออกเป็น 3 Zone โดยมีจุดมุ่งหมายในการแสดงในประเด็นต่างๆ ได้แก่

Zone#1 : Visitor center : แสดงให้เห็นถึงการป้องกันความร้อนจากแสงอาทิตย์และการนำแสงอาทิตย์มาใช้ในการส่องสว่าง

อย่างเหมาะสม

Zone#2 : The Solar Energy Panorama : แสดงให้เห็นถึงการนำความร้อนจากแสงอาทิตย์มาผลิตพลังงานและการระบาย

อากาศที่ออกจากตัวอาคาร

Zone#3 : The Office of the Future : แสดงให้เห็นถึงการปรับสถานะในการทำงานอย่างเหมาะสมกับคนในแต่ละบริเวณ



- Shading Device : แสดงการป้องกันแสงอาทิตย์ในขณะเดียวกันกับการนำแสงธรรมชาติเข้ามาใช้ภายในอาคาร
- Living Wall : แสดงการปลูกพืชในแนวตั้งบนผนังอาคารเพื่อป้องกันความร้อนเข้าสู่ตัวอาคาร
- Mirror Ducts : แสดงการสะท้อนแสงธรรมชาติผ่านท่อและกระจายไปทั่วบริเวณในอาคาร



- Solar System : ระบบผลิตกระแสไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ ที่สามารถผลิตได้ 207,000 kWh ต่อปี และรองรับการใช้พลังงานในระบบปรับอากาศ หลอดไฟ และอุปกรณ์เครื่องใช้สำนักงาน
- Solar Chimney : เป็นกระบวนการทางธรรมชาติ ที่อาศัยการพาความร้อนจากปล่องแสงที่ติดตั้งอากาศร้อนที่ออกจากตัวอาคารและนำอากาศเย็นไหลเข้าสู่อาคารได้โดยอัตโนมัติ
- Daylight Collector : แสดง Light Pipe ที่เป็นท่อนำแสงจากด้านบนของหลังคาอาคารสะท้อนแสงผ่านท่อและกระจายลงมาภายในอาคาร
- Rooftop Garden : แสดงการปลูกพืชบนหลังคา เพื่อลดภาวะความร้อนของแสงอาทิตย์จากด้านบนอาคาร



- Personalised Ventilation : สามารถระบายอากาศและนำอากาศบริสุทธิ์เฉพาะจุดผ่านทางเก้าอี้ของพนักงาน
- Displacement Cooling : เป็นการให้ความเย็นเฉพาะจุดจากพื้นสู่เพดานในลักษณะที่มีความเร็วลมต่ำ ทำให้มีสมรรถนะสูงและประหยัดพลังงานกว่าการให้ลมเย็นแบบเดิม
- Daylight Collector : แสดง Light Pipe ที่เป็นท่อนำแสงจากด้านบนของหลังคาอาคารสะท้อนแสงผ่านท่อและกระจายลงมาภายในอาคาร
- Light Shelf : นำแสงธรรมชาติเข้ามาได้ลึกกว่าปกติ
- Automatic Light Level Adjustment : มี Sensor ตรวจสอบจับปริมาณความสว่างในพื้นที่จากแสงธรรมชาติ เพื่อควบคุมการเปิด-ปิดหลอดไฟได้อย่างอัตโนมัติ

ECONOMIC BUILDING (ECON) :

**The Energy Complex,
Bangkok, Thailand.**



“Energy Complex” – Bangkok, Thailand

Project Detail : ENCO Energy Complex (Bangkok, Thailand)

Type : Office

Certified : LEED Platinum

Envelope : Low-e Green Glass, Double Skin Façade, Roof plantation

HVAC : VAV-Variable Air Volume Control, VSD-Variable Speed Drive, CO₂ Sensor to control fresh air intake, Air-to- Air Heat Exchanger

Condensate Drain for pre-cooling

Lighting : Fluorescent

Etc. Occupancy Sensors, Building Automation System, Smart Lift (destination control) +

Regenerative Power, Gray water system

Renewable Energy : Photovoltaic System 336 MWh/year+96 MWh/year Tower D+E

Energy Use Intensity : OTTV 23.82 W/m², RTTV 8.55 W/m², LOD 7.73 W/m², COP = 6.2 ,EUI = 95.38 kWh/m² (2000 hrs/year) PV Generation (Parking Tower D & E) 432 MWh/year

Reference : ENCO, Energy Smart Communities Initiative

อาคารศูนย์เอนเนอร์ยีคอมเพล็กซ์ เป็นที่ตั้งของบริษัทในกลุ่มปตท. บริษัทในกลุ่มพลังงานและกระทรวงพลังงาน ใช้เงินลงทุนประมาณ 9,000 ล้านบาท โดยวางเป้าหมายให้มีการสรสรสร้างนวัตกรรมทั้งด้านสถาปัตยกรรมและวิศวกรรมในอาคาร โดยใช้แนวคิดหลักในการออกแบบให้เป็นอาคารที่ยั่งยืน (Sustainable Building) และอาคารอัจฉริยะ (Intelligent Building) รวมทั้งได้รับการรับรองเป็น อาคารเขียว (Green Building) ตามมาตรฐาน LEED Platinum Version 2.0 ประเภท Core & Shell จากสภาอาคารเขียวของประเทศสหรัฐอเมริกา (USGBC)



Total area : 307,915.70 m²

Electrical Energy Consumption : 22,198,000 kWh/yr

76 % Reuse Construction Waste Material

90% Less in Waste Water Generation

55.3% Less Potable Water Use

287% Green Open Space above local requirements

ภายในศูนย์เอ็นเนอร์ยีคอมเพล็กซ์ ประกอบด้วย อาคารต่างๆ ดังนี้

- ❖ อาคาร A รูปทรงมีลักษณะเป็นทรงน้ำมัน 2 หยอด หันเข้าหากัน เป็นสำนักงานของบริษัทในกลุ่มปตท. และบริษัทในธุรกิจที่เกี่ยวข้องเกี่ยวกับธุรกิจพลังงาน มีความสูง 36 ชั้น พื้นที่ก่อสร้างรวม 120,000 ตารางเมตร และพื้นที่เช่าสำนักงานรวมประมาณ 80,000 ตารางเมตร
- ❖ อาคาร B เป็นสำนักงานของบริษัทในกลุ่มปตท. และกระทรวงพลังงาน มีความสูง 25 ชั้น พื้นที่ก่อสร้างรวม 60,000 ตารางเมตร และพื้นที่เช่าสำนักงานรวมประมาณ 40,000 ตารางเมตร
- ❖ อาคาร C เป็นอาคารบริการ เชื่อมต่อระหว่างอาคาร A และอาคาร B มีความสูง 8 ชั้น พื้นที่ก่อสร้างรวม 20,000 ตารางเมตร และพื้นที่เช่าประมาณ 8,000 ประกอบด้วยบริการและสิ่งอำนวยความสะดวกต่างๆ เช่น ห้องประชุม ธนาคาร ร้านค้า ศูนย์อาหาร และ ศูนย์ออกกำลังกาย
- ❖ อาคารจอดรถ P1/P2 เป็นอาคารสูง 10 ชั้น และชั้นใต้ดิน 2 ชั้น พื้นที่ก่อสร้างประมาณ 96,000 ตารางเมตร สามารถจอดรถยนต์ได้มากกว่า 2,500 คัน
- ❖ อาคาร F เป็นอาคาร Electric Chiller ขนาดกำลังการผลิต 4,400 ตันความเย็นต่อชม. มีความสูง 3 ชั้น พื้นที่ก่อสร้างรวม 6,600 ตารางเมตร

1. **ทำเลที่ตั้ง :** เลือกสถานที่ตั้งที่มีคุณภาพสิ่งแวดล้อม มีระบบขนส่งสาธารณะ และมีสาธารณูปโภคขั้นพื้นฐานอยู่ในบริเวณใกล้เคียง
2. **การออกแบบและก่อสร้างอาคาร :** ออกแบบให้อาคารมีรูปทรงโค้งมน ลดแรงปะทะและการรั่วซึมของอาคารร้อนเข้าสู่ตัวอาคาร และมีอัตราส่วนของผนังต่อพื้นที่ใช้สอยในระดับต่ำ ใช้วัสดุในการก่อสร้างมากกว่า 44% เป็นวัสดุ ReUse ใช้กระจกฉนวนกันความร้อน 2 ชั้นโดยมีช่องว่างระหว่างผนัง 1 เมตร เพื่อเป็นช่องระบายความร้อนโดยนำอากาศเย็นเหลือทิ้งจากระบบปรับอากาศมาลดอุณหภูมิกระจก นอกจากนี้ยังคำนึงถึงการบังเงาที่ตกกระทบในแต่ละช่วงเวลาต่างๆ เพื่อให้การออกแบบระบบปรับอากาศ (VAV) และแสงสว่างมีประสิทธิภาพสูงสุด มีระบบบริหารจัดการน้ำ เช่น นำน้ำที่ใช้แล้วมาปรับสภาพและใช้ซ้ำกับสุขภัณฑ์และนำน้ำฝนที่กักเก็บมารดน้ำต้นไม้ เป็นต้น ที่จอดรถทั้งหมดอยู่ภายในอาคาร ลดผลกระทบจากสภาวะที่เป็นเกาะความร้อน (Heat Island) หลังคาเขียว (Greenroof) ฯลฯ
3. **ระบบอุปกรณ์ :** ใช้เครื่องปรับอากาศแบบรวมศูนย์ที่มีสมรรถนะสูง เฉลี่ย 0.56 กิโลวัตต์ต่อตันความเย็น ที่ภาระการทำความเย็น 61 m²/TR มีระบบบริหารจัดการอาคารอัจฉริยะ และติดตั้ง Solar cell กำลังการผลิต 330 kW ที่หลังคาอาคารจอดรถเพื่อผลิตไฟฟ้าใช้ในอาคาร ฯลฯ

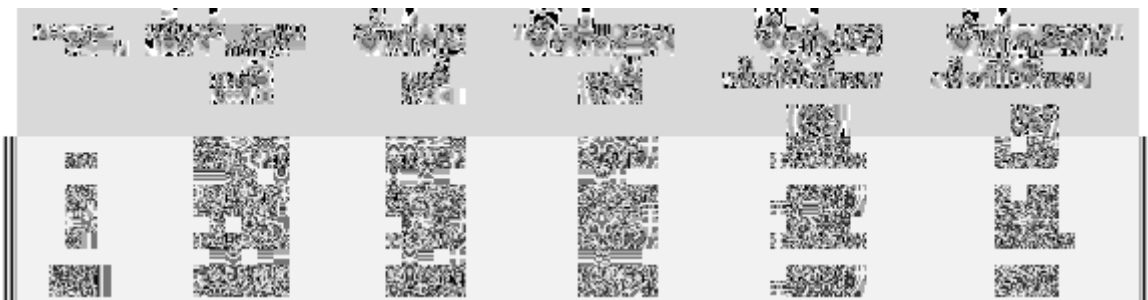


Solar Cell Panels beside Green Roof



Green Roof Garden

SHADE AND SHADOW STUDY



ECONOMIC BUILDING (ECON) :**“Pearl River Tower” – Guangzhou, China****Project Detail :** Pearl River Tower (Guangzhou, China)

Type : Office

Certified : LEED Platinum

Envelope : Triple glazed glass, Double Façade Skin**HVAC :** Radiant cooling, Displacement ventilation, Chiller heat recovery, Generator heat recovery, Exhaust air heat recovery, Hot air vented, Night cool thermal mass**Lighting :** T8, LED specific task light, Maximized Natural light**Etc.** Condensate reclamation system for plantation, Hydrogen Fuel Cells**Renewable Energy :** Wind Turbine (10 MWh/year)

PV system generation 300 MWh/year

Energy Use Intensity :**Reference :** Skidmore, Owing & Merrill LLP, The Journal of Sustainable Real Estate (JOSRE)

อาคาร Pearl River Tower ออกแบบให้เป็นอาคาร “Net-zero” โดยมีแนวคิดหลัก 4 ประการได้แก่

- Reduction : ลดการใช้พลังงานในระบบหลักได้แก่ระบบ HVAC โดยกรอบอาคารที่มีประสิทธิภาพสูง และการระบายอากาศที่เหมาะสม ฯลฯ
- Absorption : ใช้ประโยชน์จากการผลิตพลังงานธรรมชาติรอบตัวอาคาร เช่น Fixed External Shades & Integrated PV's (E/W facades) , Vertical Axis Wind Turbine (VAWT) ฯลฯ
- Reclamation : ใช้ประโยชน์จากพลังงานเหลือทิ้งนำกลับมาใช้ใหม่ เช่น Recirculated air for Preheat/Cooling of fresh air ฯลฯ
- Generation : ใช้การผลิตพลังงานจากเชื้อเพลิงในรูปแบบต่างๆ เช่น Micro-Turbine ซึ่งได้พลังงานความร้อนปล่อยทิ้งในการทำน้ำร้อนภายในอาคาร ฯลฯ

3.2 กรณีศึกษาการเพิ่มประสิทธิภาพพลังงานของอาคารประเภทโรงพยาบาล*



“Okinawa Medical Centre ” – Okinawa-Japan

Project Detail : Okinawa Medical Centre (Okinawa, Japan)

Type : Hospital

Certified : CASSBEE S

Envelope : multi-functional vertical louvers, roof insulation and rooftop garden, vertical louvers

HVAC : Radiant Cooling, Desiccant Air

Lighting :

Etc. - Rain water

Renewable Energy : Photovoltaic System

1.6 MW of photovoltaic on site, 450 kW on rooftop

Energy Use Intensity :

Reference : IBEC



*** ลดการใช้พลังงานลง 16% เมื่อเทียบกับโรงพยาบาลในประเภทและขนาดเดียวกัน ***

แหล่งข้อมูลอ้างอิง : Japan Sustainable Building Database

<http://www.ibec.or.jp/jsbd/AM/tech.htm>

Basic Information

[CASBEE rank] S (★★★★★)

[CASBEE tool used] CASBEE for New Construction (2008 edition)

[Location] 118-1 Aza Arakawa, Haebaru-cho, Shimajiri-gun, Okinawa Prefecture

[Completion date] 2006/4/1

[Site area] 54,706.39m²

[Total floor area] 42,733.90m²

[Structure] Steel reinforced concrete/partly reinforced concrete/seismic-isolated structure

[Floors] 6 floors aboveground/1-floor rooftop utility structure

[Owner] Okinawa Prefecture

[Designer] Nikken Sekkei, Inc., Kuniken Ltd., Souken Sekkei Office Ltd.

[Contractor] Kokuba-gumi Co., Ltd., Kanehide Construction Inc., Daiyonekensetsu Corp., Oshirogumi Co., Ltd., Kokuwa Setsubi Kogyo Co., Ltd., Misato Kogyo (LP), Okinawa Panasonic Tokki Co., Ltd., Okinawa Kogyo Co., Ltd., Taisei Setsubi Kogyo Co., Ltd., plus 38 other companies

Planning Concept : Sustainable Design for Hospital Architecture in Okinawa



การออกแบบอาคารปรับให้เข้ากับลักษณะเฉพาะของพื้นที่ในเมืองโอกินาวา ดังต่อไปนี้

- ❖ Strong , long lasting sunshine
- ❖ Higher Outdoor Temperature
- ❖ Higher Dehumidifying loads
- ❖ Scare water resources
- ❖ Located on major course of Typhoon

ดังนั้น ลักษณะเด่นของอาคารแห่งนี้ (Special Features) จึงได้รับการออกแบบเพื่อรองรับคุณลักษณะเฉพาะข้างต้น ดังนี้

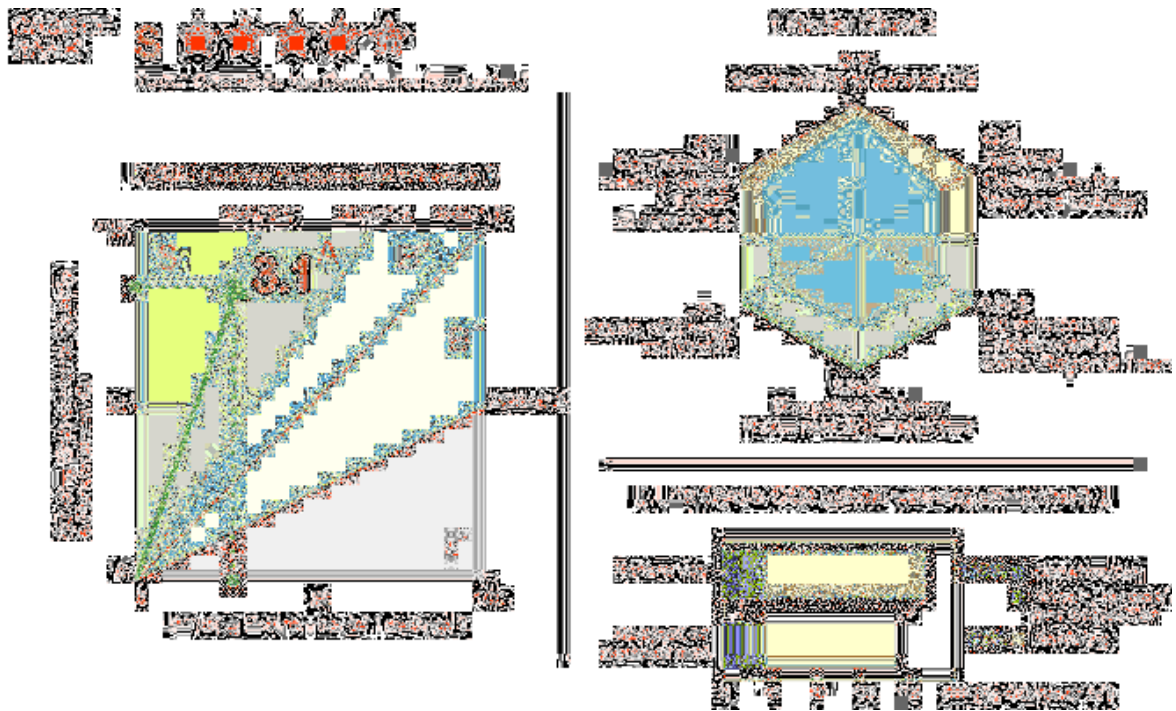
Special Features

Q-1 Indoor Environment	Building envelope suitable for Okinawa's climatic conditions (multi-functional vertical louvers, roof insulation and rooftop garden) Improved room environment and energy efficiency with the use of task/ambient A/C system in 4-bed inpatient rooms (cool air is radiated from ceiling) Improved low-humidity environment and energy efficiency through humidity control of major systems and ward systems using desiccant A/C
Q-2 Quality of Service	Individual interior planning for adult and children areas Okinawa's first medical facility with seismic-isolated structure, ensuring reliability as disaster response hub Improved maintenance and upgrade performance and disaster recovery of A/C systems by adding ISS in the 1st and 3rd floor ceilings where the main A/C rooms are located Enhanced energy-supply reliability through dual system for power and cold-water supply systems and multi-energy heat source system
Q-3 Outdoor Environment on Site	Community-based medical facility equipped with meeting space for adult/children and rooftop garden Amahaji, structure typically seen in Okinawa's traditional houses, surround the building and shelter pedestrians from rain and the intense sun
LR-1 Energy	Reduced thermal load by installing vertical louvers throughout the building 41% reduction in energy consumption by utilizing desiccant A/C system with water-conveyance cold-source system using mid-large temperature difference suitable for Okinawa's high-humidity environment.
LR-2 Resources and Materials	Use of large amount of A/C condensation water created due to high-humidity conditions, in addition to rainwater, accounting for 48% of general service water usage, as a water-saving measure for water-poor Okinawa
LR-3 Off-site Environment	Sterilization of waste water prior to discharge in order to eliminate threat of infection from

advanced medical care
 Ample distance from adjacent sites and vertical louvers providing relief from daytime sun exposure and nighttime light pollution

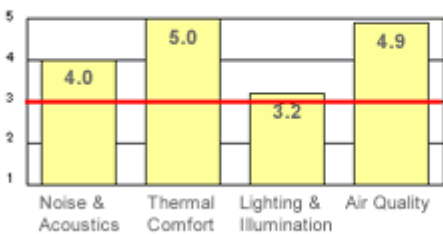
Other Features

Front entrance furnished with large eaves (approximately 1,000m²) to be used as triage space for potential major aircraft and tour bus accidents due to the hospital's close proximity to Naha airport and interchange

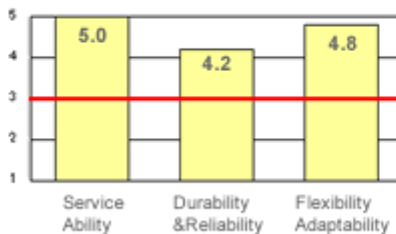


【 Q. Building Environmental Quality & Performance 】 SQ = 4.3 (SQ : Score of Q category)

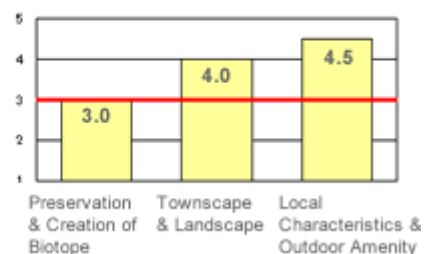
Q-1 Indoor Environment
 Score: SQ1 = 4.4

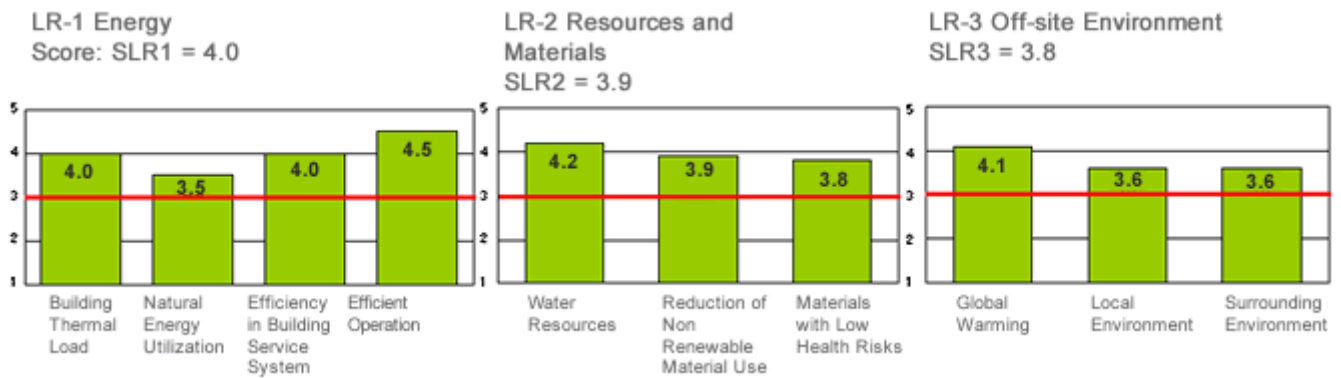


Q-2 Quality of Service
 SQ2 = 4.7



Q-3 Outdoor Environment on Site
 SQ3 = 3.8





【 LR. Reduction of Building Environmental Loadings 】 SLR = **3.9** (SLR : Score of LR category)

Multi-functional vertical louvers

ออกแบบติดตั้ง Vertical Louvers ให้มีคุณลักษณะการใช้งานที่หลากหลาย เช่น เพื่อป้องกันรังสีความร้อนจากแสงอาทิตย์ เพิ่มความเป็นส่วนตัวภายในห้องคนไข้ ใช้วัสดุที่เบาและไม่เป็นอันตรายยามประสบกับพายุไต้ฝุ่น เป็นต้น

While annual hours of daylight in Naha and Tokyo are both approximately 2,000 hours, in Naha, however, daylight hours are long in summer and short in winter (opposite Tokyo's daylight pattern), making the blocking of particularly intense, extended summer daylight a key element of sustainable design for this region.

To this end, the hospital was furnished with light-weight GRC vertical louvers with no wood frame to block Okinawa's strong sunlight, while its deep-set facade design protects the building openings from strong wind gusts and flying objects from typhoons. In addition, some louvers are set diagonally outward in order to provide patient privacy by blocking the view from opposing windows. Use of multi-functional vertical louvers (i.e., sun shielding, environmental performance, wind gust protection and privacy protection) provides the hospital with long-lasting sustainability well-adapted to the regional climate.

Task/ambient A/C system for 4-bed inpatient room (cool air radiated from ceiling)

ลดอุณหภูมิแตกต่างกันระหว่างภายในห้องพักคนไข้และภายนอกอาคารเพื่อประหยัดพลังงาน และใช้หลักการแผ่รังสีของความเย็นบริเวณฝ้าเพดานให้เกิดสภาวะที่สบายและประหยัดพลังงาน



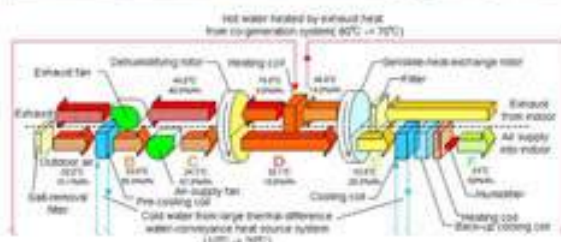
Air conditioning is required almost year-around in Okinawa with the exception of 1 to 2 weeks typically between mid-January and early February when heating is required. Outside air temperature remains high with little day and night fluctuation, particularly in summer. Thus, minimizing temperature differences in and outside of inpatient rooms is an important energy-saving feature for sustainable design.

4-bed inpatient rooms are equipped with task/ambient A/C system. While ambient indoor air set at approximately 28°C provides a small temperature difference from outside, the system allows individuals to adjust their personal environment by controlling air flow according to their preferences and needs. Furthermore, the system achieves improved patient comfort and energy efficiency in individual spaces by using the Coandă effect, in which cooling air is supplied along the ceiling surface, allowing cooling air to radiate from the ceiling and eliminating cold drafts.

Desiccant A/C system and water-conveyance cold-source system using mid-large temperature difference

ใช้ระบบสารดูดความชื้นในระบบปรับอากาศเพื่อลดการสิ้นเปลืองพลังงานในการลดความชื้น

Desiccant Air Conditioning and Heat-Source System



The energy required for air cooling/dehumidifying process in Okinawa is 2.5 times that of Tokyo due to its climate. In a hospital setting, where high fresh air intake occurs and humidity control is crucial, reduction in energy use for the dehumidification process is a key element in sustainable design. The desiccant A/C system for this hospital uses absorbent material for dehumidification, thus achieving a 38% reduction in cold energy under outdoor air design conditions. Furthermore, a water-conveyance system using mid-large temperature difference (10-20°C) was selected based on the characteristics of the desiccant A/C system that allow dehumidification by sensible heat cooling at approximately 23°C. This heat source system resulted in both an improvement in refrigerator COP (up 3.8%) and a reduction in water conveyance motive energy (down 43%), achieving a total reduction of approximately 41% in power consumption when combined with the desiccant A/C system.

A performance study of desiccant A/C systems based on climate data for 10 domestic sites and 7 overseas sites shows the reduction in annual primary energy consumption per outdoor air intake decreases in proportion to the latitude, indicating higher performance in high-humidity areas at low latitudes.

3.3 กรณีศึกษาการเพิ่มประสิทธิภาพพลังงานของอาคารประเภทโรงแรม*

ECONOMIC BUILDING (ECON) :



“Etap Hotel” – Toulouse, France

Project Detail : Etap Hotel (Toulouse, France)

Type : Hotel

Envelope : Extra-thick insulation, double glazing

HVAC : Geothermal heat pump

Etc. High energy-efficient pumps, Under floor heating/cooling in the hotel

Renewable Energy : Domestic hot water production by solar panels and by a geothermal heat pump, 110 m² of solar panels

Energy Use Intensity : Total energy consumption (ventilation, heating, and lighting) will be 60 kWh/m² equipment

Reference : Planet 21, ACCOR

อาคารโรงแรม Etap Hotel มีห้องพักจำนวน 106 ห้อง ในพื้นที่รวมเท่ากับ 2,200 ตารางเมตร ได้รับการออกแบบให้มีประสิทธิภาพทางพลังงานมากกว่าอาคารทั่วไปตามที่กฎหมายกำหนดถึง 3 เท่า โดยมีระบบปรับอากาศ ระบบทำความร้อน และระบบทำน้ำร้อนที่ใช้พลังงานทดแทนเสริมในบางส่วนจาก Geothermal Heat pump และ Solar Panel ซึ่งให้ผลการประหยัดพลังงานประมาณ 15,000 ยูโรต่อปี (270,000 kWh/ปี) ในขณะที่ค่าใช้จ่ายในการซ่อมบำรุง รวมประมาณ 3,000 ยูโรต่อปี

3.4 กรณีศึกษาการเพิ่มประสิทธิภาพพลังงานของอาคารประเภทศูนย์การค้า*



“AEON” Shiga – Yokohama, Japan

Project Detail : AEON Mall, Shiga (Yokohama, Japan)

Type : Shopping Mall

Certified : CASSBEE S

Envelope : Louvers of recycled lumber obscuring

HVAC : Night purge

Lighting : LED

Etc. - Ice thermal storage, groundwater and rainwater, Green wall and green roof

Renewable Energy : Solar panels: rooftop 190kW/south exterior wall 10 kW

Energy Use Intensity :

Reference : IBEC



แหล่งข้อมูลอ้างอิง : Japan Sustainable Building Database
<http://www.ibec.or.jp/jsbd/AM/tech.htm>

Basic Information

[CASBEE rank]	S (★★★★★)
[CASBEE tool used]	CASBEE for New Construction (2008)
[Location]	Kusatsu, Shiga Prefecture
[Completion date]	2008/11/20
[Site area]	102,827m ²
[Total floor area]	165,238m ²
[Structure]	Steel reinforced concrete/Steel structure
[Floors]	6 floors aboveground /1 basement floor
[Owner]	Aeon Mall Co., Ltd.
[Designer]	Takenaka Corporation
[Contractor]	Takenaka Corporation



Rooftop Solar Panel 190 kW



Restoration of rice field



Biotope area designed to simulate natural ecosystem of Lake Biwa



Louvers with Recycled lumber



Eco information panel

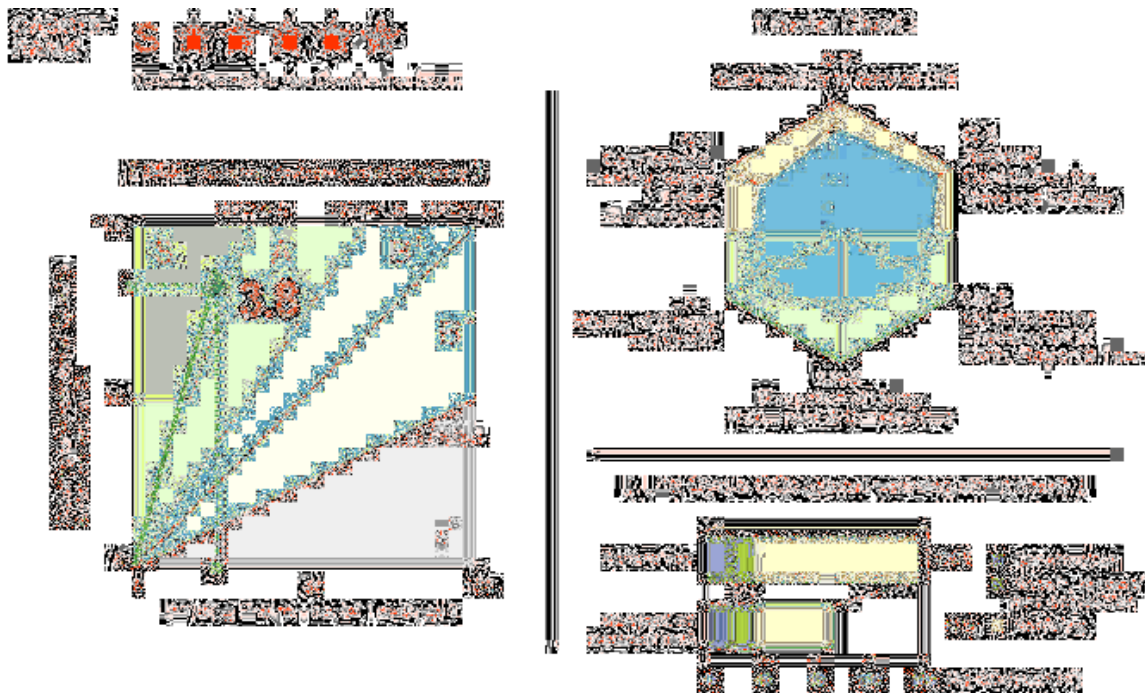
Special Features

Q-1 Indoor Environment	<p>Central A/C system for year-around A/C area (individual system for other areas)</p> <p>Light wells for daylight utilization</p> <p>Time scheduled control of individual public area lighting (full/half lighting)</p> <p>Occupancy sensor for emergency stairs/staff washrooms</p> <p>Four-star rated products for all finishing materials</p> <p>Interior designed to enhance ease of cleaning and maintenance</p> <p>Completely closed-off smoking sections</p>
Q-2 Quality of Service	<p>Ample floor and ceiling heights</p> <p>Multiple devices in place as backup for equipment failure</p> <p>Electric equipment installed on 2nd floor or higher to ensure improved reliability in case</p> <p>Of flooding</p> <p>Universal design</p> <p>Maintenance measures (e.g., use of filter cleaning robot and LED lighting)</p>
Q-3 Outdoor Environment on Site	<p>Low-rise building design, louvers of recycled lumber obscuring views of parkade ramps</p> <p>And he mall from the lake side and reduced light level for signs and illumination systems were incorporated in order to enhance integration with surrounding landscape</p> <p>Green space: 28.26% of outside area by planting native seedlings and installing green blocks for parkade</p> <p>Green zoning targets set based on vegetation study including preservation of mature nettle trees and creation of biotope area that reflects realistic ecosystem in Lake</p> <p>Biwa wetland grass area</p> <p>Restoration of rice field in order to conserve surrounding vegetation including Elymus humidus, which is listed as an endangered species</p> <p>Collaborative art projects with Shigaraki pottery using subsoil of Lake Biwa (e.g., monuments and tiles)</p> <p>Eco-stations set up to raise community's environmental awareness</p>
LR-1 Energy	<p>Exposure to sunlight load reduction by installing smaller windows with exception of north side of the building; PAL value lowered by 23% (retail area)</p> <p>Large temperature difference A/C system using cascading control with ice thermal storage system as heat source</p> <p>Night purge system</p> <p>Solar panels: rooftop 190kW/south exterior wall 10kW</p> <p>High-efficiency lighting system</p> <p>Energy data collection using BEMS</p> <p>Post-construction, monthly commissioning meetings conducted to implement operational improvement measures</p>
LR-2 Resources and Materials	<p>Water resource management using groundwater and rainwater</p> <p>Use of water-saving mechanisms</p> <p>Use of recycled materials: local forest thinnings from Shiga Prefecture area, recycled lumber for louvers, recycled interlocking blocks and laminated materials for railings</p>

LR-3 Off-site Environment

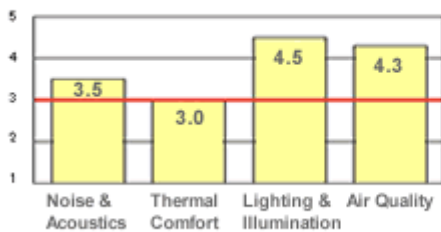
Segregated garbage collection and waste reduction measures
 Ample parking space with multiple entrance/exit points and on-site bus depots for public transportation in order to reduce traffic congestion
 Wind hazard prevention and thermal environment improvement planning based on wind simulations
 Effluent load reduction with bio-processing of waste water from restaurants
 Green walls with Shigaraki moss tiles at each entrance
 Green roof using cogon grass seedlings previously harvested at building site

pre-construction

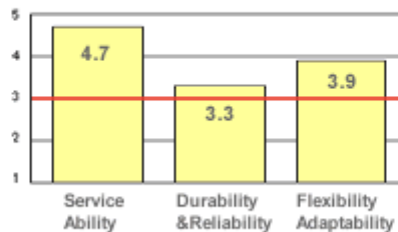


Q. Building Environmental Quality & Performance] SQ = 4.1 (SQ : Score of Q category)

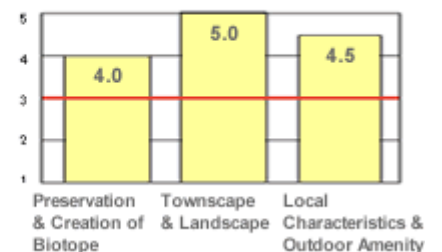
Q-1 Indoor Environment
Score: SQ1 = 3.7

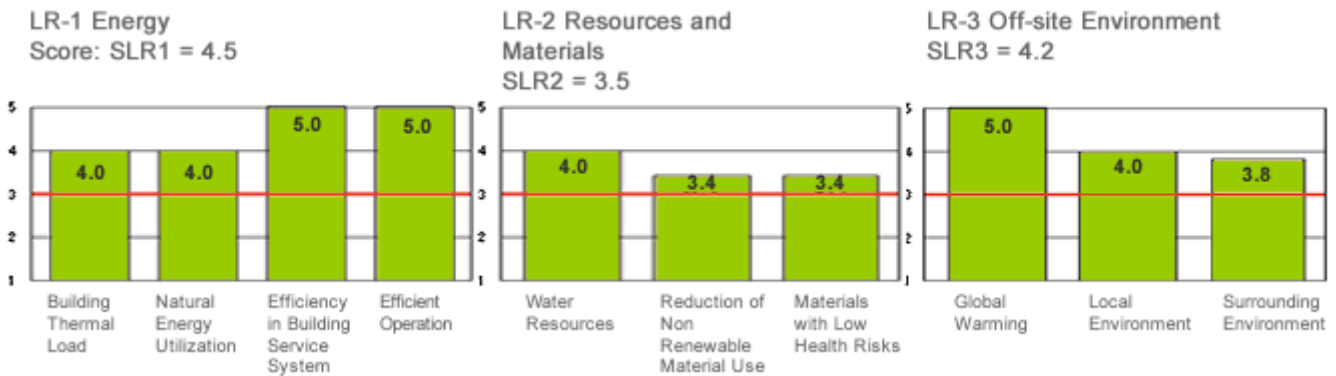


Q-2 Quality of Service
SQ2 = 4.0



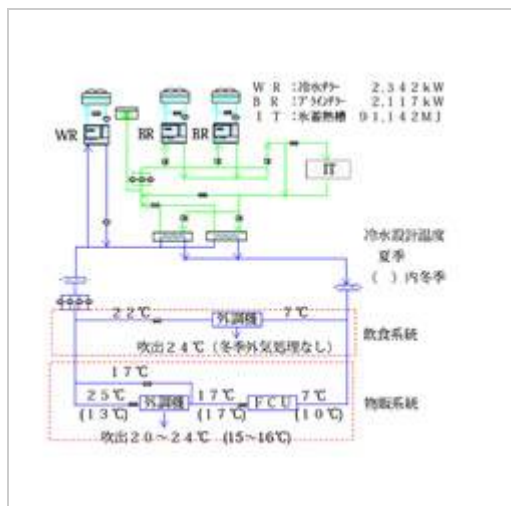
Q-3 Outdoor Environment on Site
SQ3 = 4.5





【 LR. Reduction of Building Environmental Loadings 】 SLR = 4.1 (SLR : Score of LR category)

A/C system using large temperature difference with cascade control



Heat source/air conditioning system overview



ใช้การเก็บพลังงานด้วยการทำน้ำแข็ง (Ice Thermal Storage) ร่วมกับเครื่องทำน้ำเย็นประสิทธิภาพสูง เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการทำความเย็นในฤดูหนาวและฤดูร้อน โดยพิจารณาการใช้ประโยชน์จากอุณหภูมิอากาศภายนอกเพื่อลดภาระการทำความเย็น

An ice thermal storage system combined with a super high-efficiency chiller is used as the heat source. Secondary A/C links FCU with AHU, using return air from FCU in AHU with cascade control. The system performs processes such as water conveyance using temperature difference of 13°C in summertime and water heat exchange in AHU after temperature of cold water is first raised in FCU

in wintertime. The processes allows the temperature of outdoor air diffused inside the building to be raised to 15-16°C and enables heat recovery from cold water by lowering its temperature by 3-4°C using even colder outdoor air, thus achieving a reduction in A/C energy consumption. It also significantly contributed to electric-load leveling, as approximately half of power consumption has shifted to night-time (annual night-time power consumption of heat source: 53%).

Light wells



A light well in the mall's ceiling



ใช้ประโยชน์จากแสงธรรมชาติตามช่องเปิดที่บริเวณฝ้าเพดานในบริเวณต่างๆ อย่างเหมาะสม

Daylight is utilized to provide natural light in the mall through openings in vaulted ceiling

Project : Promoting Energy Efficiency in Commercial Buildings (PEECB)
 Master Plan (4 Years) : Work Plan and Progress

					5 5 5 5 10 10 10 10 5 5 5 5 5 5 5 5																				
					5 10 15 20 30 40 50 60 65 70 75 80 85 90 95 100																				
Item	Details of Activiites/Sub-Activities	Works Portion (%)	Status	% of Payment Planning - Accumulation																					
				Y2013				Y2014				Y2015				Y2016				Y2017					
				% Work Progress																					
					Q1	Q2	Q3	Q4/1	Q4/2	Q1	Q2	Q3	Q4	Q1	Q2	Q3	Q4	Q1	Q2	Q3	Q4	Q1	Q2	Q3	Q4
PM	Project Management	16.91%																							
			Plan	4.06	0.68	0.66	0.52	1.19																	
			Actual	4.06	0.68	0.66	0.52	1.19																	
	PM-A) Project Meeting & Workshop & Seminar																								
	A.1) Project Team Meeting (UNDP & DEDE & BMC (Consultant))	2.54%	Plan	5	5	8	5	7	10	10	10	10	5	5	5	5	5	5	5	5				5	
			Actual	5	5	8	5	7																	
	A.2) Inception Workshop	1.69%	Plan	100																					
			Actual	100																					
	A.3) Meeting with International Expert (Japanese)	3.38%	Plan	5	5	6	4	15	30	30	5														
			Actual	5	5	6	4	15																	
	A.4) Project Public Seminar	1.69%	Plan	5	5				35				20				20						15		
			Actual	5	5				35				20				20						15		
	A.5) Stakeholders Meeting	0.85%	Plan	5	5				35				20				20						15		
			Actual	5	5				35				20				20						15		
	PM-B) TOR for DEDE to select the competence consultant for Component 2 & 3																								
	B.1) TOR Development	0.85%	Plan	100																					
			Actual	100																					
	B.2) Bidding Process	0.34%	Plan	100																					
			Actual	100																					
	B.3) Proposal Evaluation	0.34%	Plan	100																					
			Actual	100																					
	PM-C) Project Board & Project Management Unit & Working Group																								
	C.1) Preparation of project document and invitation document	0.17%	Plan	100																					
			Actual	100																					
	C.2) Set up coordination	0.85%	Plan	5	5	5	5	10	10	10	10	5	5	5	5	5	5	5	5				5		
			Actual	5	5	5	5	10																	
	C.3) Organize the meeting	0.85%	Plan	5	5	5	5	10	10	10	10	5	5	5	5	5	5	5	5				5		
			Actual	5	5	5	5	10																	
	PM-D) Project Administration																								
	D.1) General organization and administration	2.54%	Plan	5	5	5	5	10	10	10	10	5	5	5	5	5	5	5	5				5		
			Actual	5	5	5	5	10																	
	D2.) Report Preparation	0.85%	Plan	5	5	5	5	10	10	10	10	5	5	5	5	5	5	5	5				5		
			Actual	5	5	5	5	10																	
	Sub-Total PM	16.91%																							
C1	COMPONENT 1 : Awareness Enhancement on Building EE Technologies and Practices	63.28%																							
			Plan	0.91	5.02	8.57	8.04	11.25																	
			Actual	0.91	5.38	8.57	4.19	9.18																	
	1.1 Establish Commercial Building EE Information Center (CBEEC)																								
	1.1.1 Activity 1.1.1 Establishment of the Commercial Building EE Information Center (CBEEC)																								
	1.1.1 a Conduct of Situation Analysis	3.16%	Plan	5	5	10	5	75																	
			Actual	5	12	10	5	63																	
	1.1.1 b Design and Development of the CBEEC	1.90%	Plan	1	1	5	2	91																	
			Actual	1	8.5	5	2	81																	
	1.1.1 C Administration and Maintenance of the CBEEC	6.33%	Plan	5	5	9	5	5	6	10	10	10	5	10	10	2	2	2				4			
			Actual	5	5	9	2	10																	
	1.1.1 d Collaboration on Database of the CBEEC	1.90%	Plan		1	1	1	5	10	10	10	5	5	20	12	2	2	2				5			
			Actual		1	1		6															9		
	1.2 A system of information exchange and dissemination on EE technologies and practices for commercial building stakeholders																								
	1.2.1 Activity 1.2.1 Promoting CBEEC as the information portal for the Commercial Bldg. Sector in Thailand																								
	1.2.1 a Design effective promotional scheme	1.27%	Plan	1	1	50	48																		
			Actual	1	1	50	18	20																	
	1.2.2 Activity 1.2.2 Implementation of Awareness Raising Campaigns																								
	1.2.2 a Review of Profiles and Level of Awareness of Target Audience	1.27%	Plan	1	1	50	48																		
			Actual	1	1	50	15	25																	
	1.2.2 b Compilation and Production of Marketing and Promotional Tools and Materials	1.90%	Plan	1	1	50	48																		
			Actual	1	1	50	10	10																	
	1.2.2 c Design and Implementation of Awareness Campaigns	1.90%	Plan		5	5	5	10	10	10	10	5	5	5	5	5	5	5	5				5		
			Actual		5	5	5	5																	
	1.2.3 Activity 1.2.3 Implementation of Information Disclosure Program for Commercial Bldg. Energy Consumption																								
	1.2.3 a Design Information Disclosure (ID) program & publication materials (link with C2.2)	1.27%	Plan					5	5	5	5	10	5	5	10	10	10	10	10				10		
			Actual					2																	
	1.3 Development and Promoted Energy Use Simulation Models for Commercial Building Design																								
	1.3.1 Activity 1.3.1 Assessment of the Utilization of Building Energy Simulation Models (BESM) in Thailand																								
	1.3.1 a Assessment of the two (2) most popular simulation models	3.16%	Plan	10	40	40	10																		
			Actual	10	40	40	10																		
	1.3.2 Activity 1.3.2 Development of a Customized BESM for Commercial Buildings in Thailand																								
	1.3.2 a Selection and Modification of BESM	6.33%	Plan					20	20	20	20	20													
			Actual					20	20																
	1.3.2 b Preparation of Promotional and Training Program	1.90%	Plan								50	50													
			Actual																						
	1.3.3 Activity 1.3.3 Implementation of Sustainable Promotional and Training Program on EE Commercial Building Design																								
	1.3.3 a Conduct the BESM training courses	1.90%	Plan										10	20	30	15	25								
			Actual																						
	1.4 Completed training courses on EE technologies and practices, and financial arrangement for commercial buildings																								
	1.4.1 Activity 1.4.1 Capacity Building Need Assessment for Commercial Building Stakeholder																								
	1.4.1 a Scoping Study on the Training Program	3.16%	Plan	1	50	45	4																		
			Actual	1	50	45	4																		
	1.4.1 b Identification of Training Activities for Stakeholders	1.27%	Plan	1	40	49	10																		
			Actual	1	40	49	10																		
	1.4.1 c Development of the Overall Training Program	1.27%	Plan	1	40	49	10																		
			Actual	1	40	49	10																		
	1.4.2 Activity 1.4.2 Design and Implementation of Training Courses on EE Technologies and Practices, and Financial Arrangement for Commercial Buildings</																								

Project : Promoting Energy Efficiency in Commercial Buildings (PEECB)
Master Plan (4 Years) : Work Plan and Progress

				5												5											
				10												10											
				15												20											
				30												40											
				50												60											
				65												70											
				75												80											
				85												90											
				95												100											
				5												5											
				10												10											
				15												20											
				30												40											
				50												60											
				65												75											
				80												85											
				90												95											
				100																							
Item	Details of Activities/Sub-Activities					Y2013				Y2014				Y2015				Y2016				Y2017					
1.5 c	Conduct of Training Program			1.27%	Plan																						
					Actual																						
1.5 d	Training Program Monitoring and Evaluation			1.27%	Plan																						
					Actual																						
1.5 e	Sustainable Follow-up Capacity Development Program Design			0.63%	Plan																						
					Actual																						
Additional Activity : Design and Conduct the Capacity Building - Train the Trainer for DEDE's staff																											
1	Design and develop the Train the Trainer curriculum for DEDE's staffs			1.27%	Plan	15	80	5																			
					Actual	15	80	5																			
2	Develop and Preparation of Training Materials			1.90%	Plan	5	5	90																			
					Actual	5	5	50																			
3	Conduct of Training Program			1.27%	Plan			100																			
					Actual																						
1.6	Established business linkages between supplier of EE technologies, building owners, banks and building practitioners																										
					Actual																						
1.6 a	Framework Study of Commercial Building Business in Thailand			3.16%	Plan	5	5	5	85																		
					Actual	5	5	2	40																		
1.6 b	Establish Business Linkages			1.27%	Plan					5	5	5	5	10	10	10	10	5	5	10	10	10					
					Actual					3																	
Sub-Total Component 1				63.28%																							
C2 COMPONENT 2 : EE Building Policy Frameworks				6.86%																							
					Plan	0.0	0.14	0.24	0.21	1.41																	
					Actual	0.0	0.14	0.24	0.34	1.17																	
2.1	Updated and More Effective Policy Measures on Energy Efficiency in Commercial Buildings																										
					Actual																						
2.1.1	Evaluation and recommendation of effective approaches and incentives for inclusion of building EE technologies and practices in the design and operation of various types of commercial buildings																										
					Actual																						
2.1.1.1	Evaluation of Best EE Options for Commercial Buildings				Plan																						
					Actual																						
2.1.1.2	Modification of Existing and Development of New EE Policy Instruments for Commercial Buildings				Plan																						
					Actual																						
2.1.1.3	Seeking Approval on New and Modified Policy from Policymakers				Plan																						
					Actual																						
2.1.2	Strengthening implementation effectiveness of the new Building Energy Code																										
					Actual																						
2.1.2.1	Integration of the BEC Requirements with the EIA Approval Process				Plan																						
					Actual																						
2.1.2.2	Establishment of the BEC Self-Learning Course for Building				Plan																						
					Actual																						
2.1.2.3	Maintain Ongoing Dialogues with Municipalities and LAOs				Plan																						
					Actual																						
2.1.2.4	Strengthening the Inter-Ministerial Coordination Process				Plan																						
					Actual																						
2.1.3	Assessment of DEDE's building energy labeling scheme and preparation of recommendations for strengthening implementation in buildings																										
					Actual																						
2.1.3.1	Review of Available Information on Buildings Energy Labeling and Green Building Scheme				Plan																						
					Actual																						
2.1.3.2	Assessment and Recommendation of Collaboration between the DEDE's Building Energy Label and Other Rating Schemes				Plan																						
					Actual																						
2.2	Revised and Up-to-date Data and Information to Facilitate Policy Implementation of Commercial Building EE																										
					Actual																						
2.2.1	Activity 2.2.1 Compilation and Update of Energy Performance Database for Building Construction Materials and Electrical Equipment for Commercial Buildings																										
					Actual																						
2.2.1 a	Data Review of BESM Software			0.69%	Plan	5	20	15	60																		
					Actual	5	20	15	35																		
2.2.1 b	Compile and Update of Energy Performance Database			0.69%	Plan					5	15	30	30	20													
					Actual					5																	
2.2.2	Activity 2.2.2 Review and Update of DEDE's SEC Studies and Compilation of Building Stock Data																										
					Actual																						
2.2.2 a	Review the Existing Specific Energy Consumption Index (SEC)			1.37%	Plan	5	5	5	30	55																	
					Actual	5	5	15	30																		
2.2.2 b	Update the SEC for Commercial Building Sector in Thailand			2.06%	Plan					5	15	20	25	35													
					Actual					5																	
2.2.3	Activity 2.2.3 Review and Assessment of DEDE's M&V Scheme and Development of an Improved M&V Protocol for Commercial Building EE Projects																										
					Actual																						
2.2.3 a	Review Existing M&V Scheme for Completed Projects in Thailand			0.69%	Plan	5	5	5	25	60																	
					Actual	5	5	5	25																		
2.2.3 b	Develop recommended M&V Scheme for Commercial Bldgs EE Project in Thailand			1.37%	Plan					20	20	60															
					Actual					15																	
2.3	Approved and Implemented New and Improved Financing Models for Commercial Buildings																										
					Actual																						
2.3.1	Development of new and improved financing models for EE commercial building investments				Plan																						
					Actual																						
2.3.2	Approval and implementation of new fiscal policies to promote EE building design for new existing buildings																										
					Actual																						
2.3.2.1	Conclusion of New Fiscal Policies to Promote EE building Design for New and Existing Buildings				Plan																						
					Actual																						
2.3.2.2	Organization and Conduct of EE Building Fiscal Policy Workshop				Plan																						
					Actual																						
2.3.2.3	Conduct of Targeted Policy Coordination Meetings				Plan																						
					Actual																						
2.3.2.4	Approval and Implementation of new fiscal policies for EE building Projects				Plan																						
					Actual																						
2.4	Approved energy efficiency promotion action plan (short and long term) to supplement DEDE Activities																										
					Actual																						
2.4	Preparation of draft energy efficiency promotion Action Plan (Short and long term) to supplement DEDE activities				Plan																						
					Actual																						
Sub-Total Component 2				6.86%																							

Project : Promoting Energy Efficiency in Commercial Buildings (PEECB)
Master Plan (4 Years) : Work Plan and Progress

		% of Payment Planning - by Quarter																			
		5	5	5	5	10	10	10	10	5	5	5	5	5	5	5	5	5			
		% of Payment Planning - Accumulation																			
Item	Details of Activities/Sub-Activities	Y2013				Y2014				Y2015				Y2016				Y2017			
3.2.1.2	Activity 3.2.1.2 Documentation of Information on the Availability and Quality of EE Technologies and Practices Applied in Thailand and Other Countries																				
3.2.1.2 a	Review the Existing Demonstration Projects and Case Studies in Other Countries					10	10	25	25	30											
		0.65%		Plan																	
				Actual	0																
3.2.1.2 b	Documentation of Information on the Availability & Quality of EE Technologies and Practices Applied in Th	2.59%		Plan																	
				Actual		5	10	10	10	10	10	10	10	10	10	5					
3.2.1.3	Activity 3.2.1.3 Dissemination of Successful Case Studies on Demo Projects																				
3.2.1.3 a	Dissemination of Successful Case Studies on Demo Projects	3.89%		Plan								10	15	20	20	20	15				
				Actual																	
3.2.2	Completed training courses for personnel attached to the demo projects																				
3.2.2.1	Activity 3.2.2.1 Design and Conduct of Training Courses for Demo Building Personnel																				
3.2.2.1 a	Design the Training Course Outline on Demo Projects & DEDE's Capacity Building	2.59%		Plan						50	50										
				Actual																	
3.2.2.1 b	Conduct the training Courses on Demo Projects	1.30%		Plan								25	25	25	25						
				Actual																	
3.3	Replication of demonstration projects within the commercial building sector																				
3.3.1	Completed project documents/recommendations for EE project replication in the commercial building sector																				
3.3.1.1	Preparation of project documents/recommendations for project replication in hotels, hospitals, office buildings and shopping malls			Plan																	
				Actual																	
	Sub-Total Component 3	12.95%																			
Total (Sub Total PM+Sub Total Component 1 + 2 + 3) : For Contract 1 Only		100%		%Plan	5.0	5.8	9.5	8.8	13.98	9.7	7.9	6.9	5.9	4.1	4.0	4.5	4.1	4.3	2.8	1.2	1.5
				% Actual	5.0	6.2	9.5	5.0	11.54												
				Accumulation %Plan	5.0	10.8	20.3	29.03	43.0	52.7	60.6	67.6	73.5	77.5	81.6	86.1	90.2	94.4	97.2	98.5	100
				Accumulation %Actual	5.0	11.2	20.6	25.68	37.22												

Note: [shaded cell] responsible by the consultant of contract-2

PEECB PROJECT



URBAN  FORWARD
Change alone is unchanging





OBJECTIVE

WHY VISIT?

PR OPERATING

PRESS CONFERENCE

ADMMISSION & REGISTRATION

FAIR OFFICIAL BRANDS



PROJECT ROADMAP



OBJECTIVE



OBJECTIVE

งานสัมมนา เพื่อแพร่กระจาย และต่อยอดทางความคิด โดยกลุ่มผู้ประกอบการอาชีวศึกษา ระดับนานาชาติของประเทศ เพื่อเป็นเวทีแสดงวิสัยทัศน์และแรงบันดาลใจ ของนวัตกรรมการออกแบบเชิงโครงสร้างที่สามารถเปลี่ยนแปลงและยกระดับการใช้พลังงานอย่างชาญฉลาด



เพื่อหาคำตอบให้ได้ว่า

“ทำไมมนุษยศาสตร์ต้องการงานออกแบบที่ สร้างสรรค์ เมื่อเรามีทรัพยากรอยู่อย่างจำกัด”

Symbolic Icon



Sparrow Bird

Adapt - Strong - Survive - Sustain



OBJECTIVE

LOGO VISUAL

Sparrow Bird



THEME CONCEPT

URBAN FORWARD
Change alone is unchanging



*สามารถเปลี่ยนแปลงงานออกแบบได้

WHY VISIT?



WHY VISIT?



Innovation Fair

นำเสนอนวัตกรรมการออกแบบและโครงสร้างอาคารพาณิชย์ โดยการ
ออกบูธโชว์นวัตกรรมของ Top 10 Hi-End Branding สำหรับบุคคล
ทั่วไปที่มีความสนใจนวัตกรรมเศรษฐกิจสีเขียว สามารถร่วมกิจกรรมได้
โดยจะแบ่งเป็นส่วน งานออกเป็น >> Innovation Showcase >>
Ideas Market และ Share and Shopping >> Executive Seminar





PR OPERATING



SERIES WEBISODE



Clip เทคนิคการลดใช้พลังงานสำหรับคนเมืองที่ใช้ได้จริง ภายใต้ออนเซป Green Your Life
Duration 1.50 Min. 10 Clip โดยแต่ละ Clip ที่นำเสนอเทคนิคการปรับแต่งอาคาร และการปรับเปลี่ยน
รูปแบบการใช้ชีวิต ที่สามารถลดการใช้พลังงานได้จริง ในรูปแบบ Testimonial ที่สามารถวัดค่า
เปรียบเทียบ Before – After อย่างชัดเจน สามารถแสดงผลออกมาได้ว่า การใช้พลังงานลดลงแค่ไหน
ค่าใช้จ่ายลดลงเท่าไร





Share Green Idea **get** Green Credit



กิจกรรมทาง **Social media** ที่เปิดโอกาสให้บุคคลทั่วไป ได้มีโอกาสแสดงออกอย่าง
สร้างสรรค์ด้านการใช้พลังงานในที่อยู่อาศัย ไอเดียไหนที่เจ๋ง และสามารถลดอัตราค่าใช้จ่ายได้จริง

ถ่ายรูปและบรรยายมาทาง FB page : Share Green Idea get Green Credit หรือ

Hashtag #sharegreenidea



PRESS CONFERENCE



PRESS CONFERENCE



งานแถลงข่าว จัดขึ้นในเดือน ตุลาคม 2557 โดยเชิญกระทรวงพลังงาน และยักษ์ใหญ่ของวงการ Consulting มาพูดคุยถึงงาน ประชุมสัมมนาปลายปี พร้อมเผยนวัตกรรมใหม่เกี่ยวกับการ ประหยัดพลังงาน ณ อาคาร PARK VENTURE



ADMISSION
&
REGISTRATION





THINKER
DEVELOPER
PARTNER
INNOVATOR
ECO HEART





Share Green Idea get Green Credit

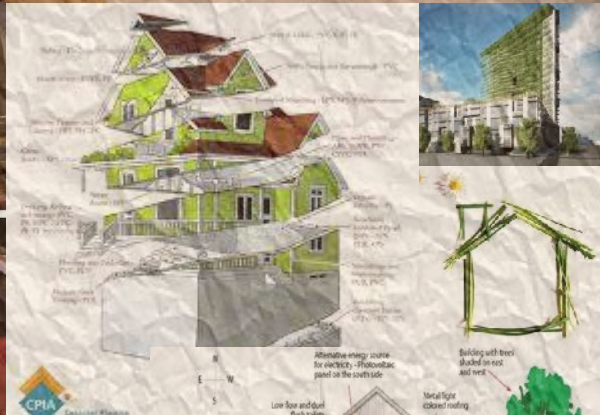


ทุกครั้งที่มีการ Post รูป หรือกิจกรรมลง Facebook หรือ Instagram ผู้ที่ Post จะได้รับ Credit ที่เรียกว่า Green Credit เป็นค่าหน่วยสะสม ยิ่ง Post มาก หรืองานไอเดียถูก Share ออกไปมาก รวมถึงเมื่อ งานไอเดียนั้นวัดผลแล้ว ประสบผลสำเร็จมากขึ้นเท่าใด ก็จะได้รับ Green Credit เพิ่มมากขึ้นเท่านั้น ซึ่ง เมื่อเจ้าของ User นำ Log in มาลงทะเบียน ณ ยังงาน Green Credit จะสามารถ นำไปใช้แทนเงินสดในงาน Shopping Idea Market เพื่อแลกเปลี่ยนกันนวัตกรรม สร้างสรรค์ทางด้านพลังงานเพื่อบ้าน เพื่ออาคารจากทางบูท Sponsors ที่พร้อม จะสนับสนุนความคิดสร้างสรรค์ของคุณอย่างยั่งยืน





FAIR OFFICIAL BRANDS



THANK YOU



URBAN  FORWARD
Change alone is unchanging

