

เทคนิคการออกแบบเชิงบูรณาการเพื่อลดภาระการทำความเย็น ลดการปล่อย  
ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ และการปลดปล่อยความร้อนจากอาคาร: กรณี  
ศึกษา โครงการศูนย์ราชการเฉลิมพระเกียรติ ๘๐ พรรษา ๕ ธันวาคม ๒๕๕๐  
**Design Integration Techniques to Reduce Cooling Load, CO<sub>2</sub> Emission  
and Heat Rejection in a Building: A Case Study of the Government Complex  
Commemorating His Majesty the King's 80<sup>th</sup> Birthday Anniversary,  
5<sup>th</sup> December, B.E. 2550**

นัฐพล จิรัฐติกาลกิจ ศาสตราจารย์ ดร. สุนทร บุญญาธิการ และรองศาสตราจารย์ ดร. วรสันต์ บูรณาภาณุ  
**Nattapon Jirattikalkit, Professor Dr. Soontorn Bunyatikarn,  
and Associate Professor Vorasun Buranakarn, Ph.D.**

คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย  
Faculty of Architecture, Chulalongkorn University  
E-mail: jnattapon@gmail.com

#### บทคัดย่อ

ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เป็นปัจจัยหนึ่งที่มีความสำคัญต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ โดยเฉพาะอย่างยิ่งจากการใช้พลังงานในอาคาร การใช้พลังงานรวมตลอดอายุการใช้งานสูงกว่าค่าก่อสร้างประมาณ 5 ถึง 10 เท่า ในภูมิอากาศร้อนชื้นภาระการทำความเย็นมีการใช้พลังงานประมาณ 65-75% ของการใช้พลังงานโดยรวมของอาคาร การวิจัยนี้เป็นการศึกษาการออกแบบเชิงบูรณาการซึ่งได้ประยุกต์ใช้ในโครงการศูนย์ราชการเฉลิมพระเกียรติ ๘๐ พรรษา ๕ ธันวาคม ๒๕๕๐ จากการวิเคราะห์และการคำนวณทำให้อาคารที่ออกแบบและก่อสร้างแล้วเสร็จมีภาระการทำความเย็นเพียง 120 ตันต่อตารางเมตร และมีการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ประมาณ 23.5 กิโลกรัมต่อตารางเมตรต่อปี ลดภาระการลงทุนในระบบปรับอากาศประมาณ 1,500 ล้านบาท และลดค่าไฟฟ้าลงประมาณ 275 ล้านบาทต่อปี

#### Abstract

Carbon dioxide is one of the major causes of climate change, and one of the primary sources is energy consumption in buildings. The total energy consumption of a building amounts to around 5 to 10 times its construction cost. In a hot and humid climate, a building's cooling load is a major factor, responsible for around 65-75% of its energy consumption. This study examined Thai integration techniques, using the Government Complex as a case study, and calculated that the buildings currently require a cooling capacity of 120 refrigerating ton/m<sup>2</sup> and produce 23.5 kgCO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup>/year in CO<sub>2</sub> emissions. These techniques reduce the investment costs of the A/C system by about 1,500 million baht and reduce the electricity costs by about 275 million baht/year.

#### คำสำคัญ (Keywords)

เทคนิคการออกแบบเชิงบูรณาการ (Integrated Design Technique), ภาระการทำความเย็น (Cooling Load) การปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO<sub>2</sub> Emission), การปลดปล่อยความร้อนจากอาคาร (Heat Rejection)

## 1. บทนำ

ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เป็นปัจจัยหนึ่งซึ่งมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ การปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์มีหลายสาเหตุ เช่น กระบวนการผลิตกระแสไฟฟ้า ในประเทศไทยการใช้พลังงานไฟฟ้าในกลุ่มบ้านพักอาศัยและกลุ่มธุรกิจ ซึ่งรวมถึงอาคารสำนักงานต่าง ๆ มีสัดส่วนประมาณร้อยละ 60 ของความต้องการใช้ไฟฟ้าทั้งหมด (กรมพัฒนาพลังงานทดแทนฯ, 2552) และเมื่อพิจารณาถึงค่าใช้จ่ายตลอดอายุการใช้งานของอาคาร 30 ปีแล้วพบว่า ค่าใช้จ่ายด้านพลังงานโดยเฉพาะจะสูงกว่าค่าก่อสร้างอาคารประมาณ 5-10 เท่า ซึ่งค่าใช้จ่ายพลังงานในอาคารส่วนมากมาจากภาระการทำความเย็น สำหรับประเทศในภูมิภาคร้อนขึ้นอย่างประเทศไทย ค่าใช้จ่ายด้านพลังงานสำหรับภาระการทำความเย็นในอาคารมีสัดส่วนประมาณร้อยละ 65-75 ของค่าใช้จ่ายด้านพลังงานทั้งหมดในอาคาร (นัฐพล จิรัฐติกาลกิจ, 2546) ซึ่งเป็นผลมาจากการถ่ายเทความร้อนผ่านเปลือกอาคาร การรั่วซึมของอากาศ การสะสมความร้อนและความชื้นภายในอาคาร รวมไปถึงแหล่งความร้อนและความชื้นจากแหล่งอื่น ๆ เช่น มนุษย์ เครื่องมือและอุปกรณ์ต่าง ๆ ในอาคาร เป็นต้น การวิจัยนี้เป็นการศึกษาอาคารตัวอย่างในการออกแบบเชิงบูรณาการเพื่อลดภาระการทำความเย็น รวมไปถึงการลดความต้องการใช้ไฟฟ้า และการลดการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สู่ชั้นบรรยากาศ

โครงการศูนย์ราชการเฉลิมพระเกียรติ ๘๐ พรรษา ๕ ธันวาคม ๒๕๕๐ เป็นโครงการของบริษัทธนารักษ์พัฒนาสินทรัพย์ จำกัด มีฐานะเป็นรัฐวิสาหกิจในสังกัดกระทรวงการคลัง งบประมาณในออกแบบและก่อสร้างได้มาจากการระดมทุน (securitization) ซึ่งเป็นโครงการขนาดใหญ่ที่มีพื้นที่ใช้สอยรวมกันประมาณ 1,000,000 ตารางเมตร และมีพื้นที่ปรับอากาศรวมทั้งสิ้นประมาณ 600,000 ตารางเมตร (กลุ่มที่ปรึกษาออกแบบ GCDC, 2553) ในการศึกษานี้ได้ให้ความสนใจในการวิเคราะห์อาคารรวมหน่วยราชการ หรืออาคาร B ซึ่งเป็นอาคารขนาดใหญ่อาคารเดี่ยว มีพื้นที่ใช้สอยประมาณ 480,000 ตารางเมตร และมีพื้นที่ปรับอากาศประมาณ 360,000 ตารางเมตร โครงการนี้ใช้กระบวนการออกแบบเชิงบูรณาการเพื่อประสานเทคโนโลยีการออกแบบต่าง ๆ เพื่อลดการใช้พลังงานของอาคาร เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม เสริมสร้างคุณภาพชีวิตที่ดี และเป็น

การเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงานของผู้ใช้งานอาคาร ซึ่งส่วนใหญ่เป็นข้าราชการ และเจ้าหน้าที่ของรัฐ



รูปที่ 1 ทศนิยมภาพในส่วนอาคารรวมหน่วยราชการโครงการศูนย์ราชการเฉลิมพระเกียรติ ๘๐ พรรษา ๕ ธันวาคม ๒๕๕๐

เป้าหมายหลักในการออกแบบเชิงบูรณาการคือการลดภาระการทำความเย็น โดยที่ยังคงคุณภาพของการใช้งานอาคารและคุณภาพชีวิตของผู้ใช้งานอาคารให้อยู่ในระดับมาตรฐาน และเป็นบรรทัดฐานใหม่ในการออกแบบอาคารสำนักงานของหน่วยงานราชการ ผลจากการประยุกต์ใช้เทคนิคการออกแบบเชิงบูรณาการดังกล่าว ทำให้อาคารภายในโครงการศูนย์ราชการเฉลิมพระเกียรติฯ มีภาระการทำความเย็นโดยเฉลี่ยประมาณ 120 ตันความเย็นต่อตารางเมตร นอกจากนี้ยังมีการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ประมาณ 23.5 กิโลกรัมต่อตารางเมตรต่อปี รวมถึงสามารถลดการลงทุนในระบบปรับอากาศได้ประมาณ 1,500 ล้านบาท และลดค่าใช้จ่ายด้านพลังงานได้ประมาณ 225 ล้านบาทต่อปี ถือว่าเป็นนวัตกรรมใหม่สำหรับแนวทางการออกแบบอาคารสำหรับอนาคต ซึ่งแนวคิดและเทคนิคในการออกแบบเชิงบูรณาการนี้สามารถนำไปประยุกต์ใช้กับการออกแบบโครงการอื่น ซึ่งมีลักษณะการใช้งานใกล้เคียงกันได้ โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

## 2. เทคนิคการออกแบบที่ใช้ในโครงการ

จากการศึกษาเทคนิคการออกแบบเชิงบูรณาการในโครงการศูนย์ราชการเฉลิมพระเกียรติฯ พบว่าเป้าหมายในการออกแบบ คือ การลดภาระการทำความเย็นให้แก่อาคาร การใช้เทคนิคในการสะสมความร้อนไว้ในมวลสาร การใช้ประโยชน์จากแสงธรรมชาติ การใช้ระบบผลิตพลังงาน ณ จุดใช้งานและพลังงานทดแทน

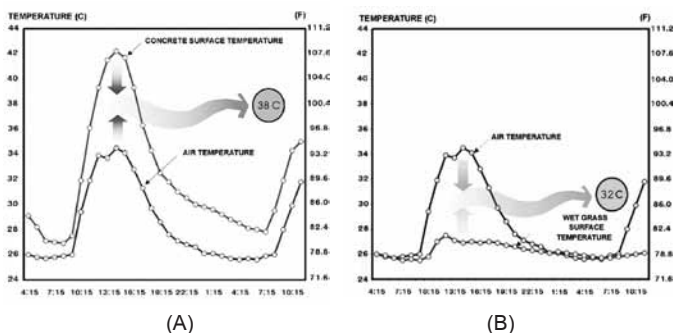
และการสร้างคุณภาพชีวิตและความปลอดภัย ซึ่งผลของการออกแบบคือ ทำให้ได้อาคารที่มีการใช้พลังงานต่ำโดยที่ต้นทุนการก่อสร้างไม่เพิ่มขึ้น ลดการใช้ไฟฟ้า และลดการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ซึ่งยังคงคุณภาพชีวิตของผู้ใช้งานได้อย่างสมบูรณ์

## 2.1 การลดภาระการทำความร้อน

เทคนิคการออกแบบเพื่อลดภาระการทำความร้อนประกอบไปด้วย 1. การปรุงแต่งสภาพแวดล้อมให้เอื้ออำนวยต่อการประหยัดพลังงาน 2. การเลือกตำแหน่งที่ตั้ง 3. รูปทรงของอาคาร 4. การเพิ่มประสิทธิภาพของเปลือกอาคาร 5. การกำหนดพื้นที่กิจกรรมให้เหมาะสมกับการใช้งาน

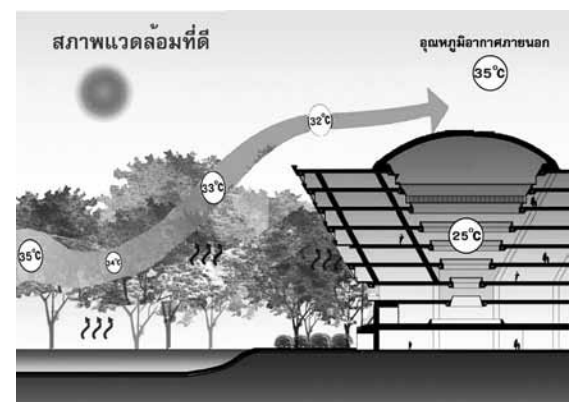
### 2.1.1 การปรุงแต่งสภาพแวดล้อมให้เอื้ออำนวยต่อการประหยัดพลังงาน

การปรุงแต่งสภาพแวดล้อมเป็นเทคนิคเพื่อสร้างสภาพแวดล้อมภายนอกให้เหมาะสมและเอื้ออำนวยต่อการประหยัดพลังงาน โดยอาศัยการใช้ต้นไม้ใหญ่ ต้นไม้ขนาดกลาง ต้นไม้คลุมดิน และบ่อน้ำ นอกจากนี้ยังลดการใช้งานพื้นที่ผิวสะสมความร้อน เช่น ลานคอนกรีต และถนน เพื่อลดอุณหภูมิโดยรอบตัวอาคาร (ambient temperature) จากการศึกษาพบว่าอากาศที่พัดผ่านพื้นที่ผิวคอนกรีตจะมีอุณหภูมิสูงขึ้นประมาณ 4-5 องศาเซลเซียส แต่อากาศที่พัดผ่านพื้นที่ผิวหญ้าเปียกที่มีการระเหยของน้ำจะมีอุณหภูมิลดลงประมาณ 2-3 องศาเซลเซียส (สุนทร บุญญาธิการ, 2544)



รูปที่ 2 (A) อุณหภูมิอากาศที่เพิ่มขึ้น เนื่องจากการใช้พื้นผิวคอนกรีต (B) อุณหภูมิอากาศที่ลดลง เนื่องจากการใช้พื้นที่ผิวหญ้าเปียกในร่มที่มีการระเหยของน้ำ

จากการศึกษาดังกล่าว จึงได้นำมาประยุกต์ใช้ในการออกแบบพื้นที่ภายนอกอาคารของโครงการ โดยการประยุกต์ใช้ต้นไม้ขนาดต่าง ๆ พื้นหญ้า และบ่อน้ำ รวมถึงการออกแบบให้พื้นที่ถนนซึ่งมีการสะสมความร้อนสูงอยู่ห่างจากตัวอาคารมากที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้ ซึ่งจากการออกแบบคาดว่าเมื่อทำการปรุงแต่งสภาพแวดล้อมแล้วอุณหภูมิอากาศภายนอกอาคารจะอยู่ที่ประมาณ 32 องศาเซลเซียส ในขณะที่การออกแบบโดยทั่วไปอาจทำให้อุณหภูมิอากาศโดยรอบอาคารสูงถึง 39 องศาเซลเซียส ซึ่งจะทำให้ความแตกต่างของอุณหภูมิมระหว่างภายในและภายนอกอาคาร น้อยกว่าการออกแบบทั่วไปถึง 2 เท่า



รูปที่ 3 การออกแบบสภาพแวดล้อมในโครงการ ที่มีการใช้ต้นไม้จำนวนมากทำให้อุณหภูมิอากาศโดยรวมลดลงประมาณ 2-3 องศาเซลเซียส เหลือ 32 องศาเซลเซียส

### 2.1.2 การเลือกตำแหน่งที่ตั้งอาคาร

เนื่องจากความจำกัดของพื้นที่ และลักษณะทางภูมิศาสตร์ที่พื้นที่ตั้งมีระดับต่ำกว่าระดับของถนนแจ้งวัฒนะ จึงได้มีการออกแบบอาคารที่มีขนาดใหญ่อยู่กึ่งกลางที่ตั้งโครงการและมีบ่อน้ำล้อมรอบเพื่อใช้สำหรับการหน่วงน้ำ (retention pond) และใช้แนวถนนเป็นสันกันน้ำ (bounding) เนื่องจากลักษณะของพื้นที่ทำให้ไม่สามารถออกแบบให้อาคารอยู่ตามทิศทางของแดดได้ ดังนั้นการออกแบบอาคารจึงต้องทำการออกแบบให้สามารถป้องกันแสงแดดได้ด้วยตัวเอง (self-shading)

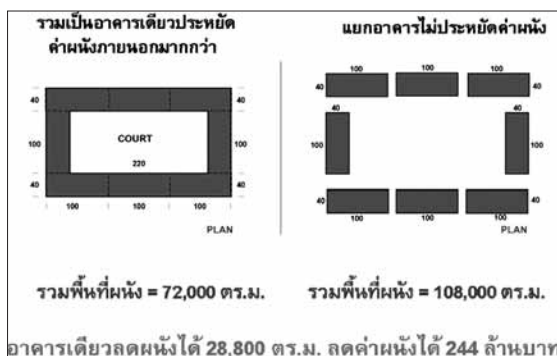
นอกจากนี้การออกแบบยังได้พิจารณาถึงตำแหน่งที่ตั้งของประตู ซึ่งมีการใช้งานตลอดทั้งวัน ทำให้มีการรั่วซึมของอากาศ (infiltration) ในบริเวณนี้เป็นปริมาณมาก โดยกำหนดให้ประตูทางเข้าออกของอาคารจะมีอยู่ตามทิศทางต่าง ๆ ของอาคารทั้งสี่ทิศ และ

ได้กำหนดทางเข้าออกหลักอยู่ทางทิศตะวันออก ซึ่งจะได้รับอิทธิพลจากลมที่พัดเข้ามาสู่ตัวอาคารน้อยที่สุด ทำให้มีค่าเอนทัลปี (Enthalpy) ที่ค่อนข้างต่ำ จึงทำให้เมื่อใช้เป็นทางเข้าออกจะก่อให้เกิดการรั่วซึมของอากาศที่น้อยกว่าทิศทางอื่น ๆ นอกจากนี้ทุกทางเข้าออกจะออกแบบเป็นห้องกักอากาศ (Air-Lock) เพื่อป้องกันการรั่วซึมของอากาศเพิ่มขึ้น

### 2.1.3 การกำหนดรูปทรงของอาคาร

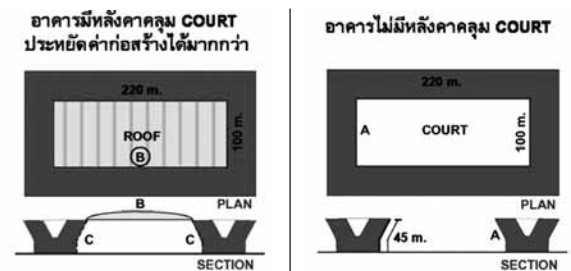
ในการกำหนดรูปทรงของอาคารมีข้อพิจารณาหลายประการด้วยกัน คือความเหมาะสมต่อความต้องการพื้นที่ใช้สอย สัดส่วนของพื้นที่เปลือกอาคารของพื้นที่ใช้สอย ปริมาณของช่องเปิดหรือหน้าต่าง และงบประมาณในการก่อสร้าง เนื่องจากโครงการศูนย์ราชการเฉลิมพระเกียรติฯ มีวัตถุประสงค์ในการออกแบบให้เป็นอาคารประหยัดพลังงานที่มีศักยภาพสูง จึงมีงบประมาณในส่วนค่าก่อสร้างเปลือกอาคารที่สูงกว่าอาคารทั่วไปมาก การควบคุมสัดส่วนของพื้นที่เปลือกอาคารต่อพื้นที่ใช้สอย จึงมีความจำเป็นอย่างยิ่ง

เมื่อทำการวิเคราะห์แล้วพบว่า อาคารควรมีสัดส่วนพื้นที่เปลือกอาคารต่อพื้นที่ใช้สอยต่ำ จึงจะสามารถควบคุมค่าก่อสร้างได้ จึงได้ออกแบบอาคารให้เป็นอาคารใหญ่เพียงหลังเดียวเพื่อลดพื้นที่เปลือกอาคาร เมื่อเปรียบเทียบกับอาคารทั่วไปซึ่งมีพื้นที่ใช้สอยต่อชั้นประมาณ 4,000 ตารางเมตร หลาย ๆ หลังจำเป็นต้องมีพื้นที่เปลือกอาคารประมาณ 100,000 ตารางเมตร แต่ในขณะที่การออกแบบเป็นอาคารเดี่ยวขนาดใหญ่ พื้นที่ใช้สอยต่อชั้นประมาณ 32,000 ตารางเมตร จะมีเปลือกอาคารประมาณ 72,000 ตารางเมตร ซึ่งน้อยกว่าประมาณร้อยละ 33.33



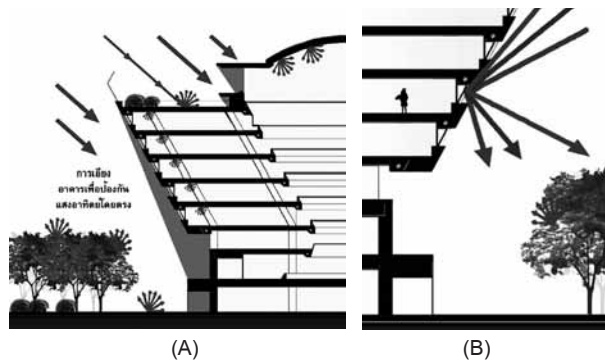
รูปที่ 4 การเปรียบเทียบการออกแบบอาคารเป็นอาคารหลาย ๆ หลัง กับการออกแบบอาคารเป็นอาคารเดี่ยวขนาดใหญ่ สามารถลดพื้นที่เปลือกอาคารลงได้ประมาณร้อยละ 33.33

ต่อมาคือการใช้พื้นที่ใช้สอยที่โล่งโถงกลาง (court) จากการใช้ประโยชน์เป็นพื้นที่ภายนอกอาคารปรับเปลี่ยนมาเป็นการใช้ประโยชน์เป็นพื้นที่ภายในอาคารพร้อมทั้งติดตั้งระบบปรับอากาศ โดยการออกแบบหลังคาคลุมพื้นที่โล่งส่วนนี้ ประโยชน์ที่ได้รับคือพื้นที่เปลือกอาคารด้านที่ติดกับโถงกลางจะเปลี่ยนจากเปลือกอาคารภายนอกมาเป็นเปลือกอาคารภายใน ซึ่งมีค่าก่อสร้างถูกกว่า ค่าก่อสร้างที่ลดลงนี้นำไปใช้ในการก่อสร้างหลังคา ทำให้ได้พื้นที่ใช้สอยเพิ่มเติมอีกประมาณ 22,000 ตารางเมตร



รูปที่ 5 การเปรียบเทียบการใช้ประโยชน์บริเวณพื้นที่โล่งโถงกลาง เป็นการปรับการใช้สอยจากพื้นที่ภายนอกอาคารเป็นพื้นที่ภายในอาคาร

สุดท้ายคือ การกำหนดรูปทรงอาคารให้สามารถป้องกันแสงอาทิตย์ได้อย่างเหมาะสม จึงเลือกรูปทรงที่สามารถป้องกันแสงจากดวงอาทิตย์ได้ในมุมที่เหมาะสม โดยมุมที่กำหนดสามารถป้องกันแสงจากดวงอาทิตย์โดยตรง (direct sun) ระหว่างช่วงเวลา 11:00-14:00 น. ของแต่ละวันได้ นอกจากนี้การกำหนดมุมเอียงของหน้าต่างช่องเปิด ทำให้เกิดการสะท้อนกลับหมดของรังสีอินฟราเรด และอัลตราไวโอเล็ต ซึ่งเป็นช่วงคลื่นที่ไม่ต้องการให้เข้ามาภายในอาคาร



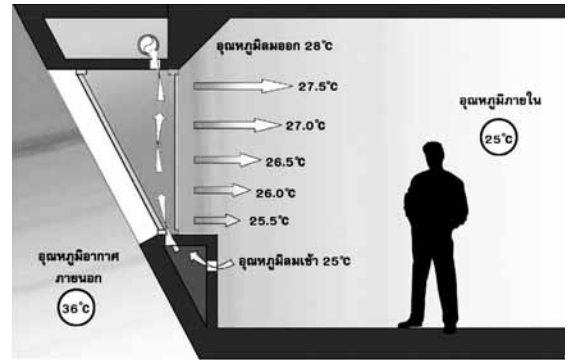
รูปที่ 6 (A) แสดงลักษณะอาคารที่เป็นมุมเอียงทำให้เกิดการป้องกันแสงแดดด้วยตนเอง (B) แสดงลักษณะของมุมตกกระทบของแสงที่หน้าเอียง ทำให้เกิดการสะท้อนกลับหมดของรังสีอินฟราเรด และอัลตราไวโอเล็ต

### 2.1.4 การเพิ่มประสิทธิภาพของเปลือกอาคาร

เปลือกอาคารภายนอก ทำหน้าที่ป้องกันการถ่ายเทความร้อนจากภายนอกอาคารเข้าสู่ภายในอาคาร ซึ่งประกอบด้วย ฉนวนกันความร้อน ฉนวนโปร่งแสง และหลังคา ในการออกแบบได้กำหนดให้มีค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน (U) ที่ต่ำกว่าอาคารทั่วไป

เปลือกอาคารชนิดผนังทึบ ใช้ภายนอกใช้วัสดุเป็นออลูมิเนียมคอมโพสิตและกำหนดให้มีการใส่ฉนวนกันความร้อนชนิดโพลีสไตรีนแบบขยายตัว (ESP Foam) ผสมสารกันไฟลามหนาประมาณ 6 นิ้ว ทำให้มีการหน่วงความร้อนน้อยกว่าวัสดุประเภทอื่น นอกจากนี้ผนังยังมีน้ำหนักเบา ไม่สะสมความร้อนและความชื้น สามารถลดน้ำหนักของโครงสร้างได้ และสามารถก่อสร้างได้อย่างรวดเร็ว

เปลือกอาคารชนิดผนังโปร่งแสง อันได้แก่ ช่องแสง ประตู และหน้าต่าง ได้มีการเลือกใช้กระจกคุณภาพสูงที่เหมาะสมตามลักษณะการใช้งาน เช่น กระจกนิรภัยหลายชั้น (laminated glass) สำหรับส่วนช่องแสงด้านบน กระจกระบบฉนวนกันความร้อน (heat-stop glass) สำหรับพื้นที่การใช้งานทั่วไปที่มีการปรับอากาศ นอกจากนี้ยังมีการประยุกต์ใช้ระบบกระจายความร้อนด้วยอากาศ (air-flow window) โดยออกแบบให้ใช้กระจกด้านนอกเป็นระบบกระจกฉนวนกันความร้อน มีช่องว่างอากาศให้อากาศไหลผ่านได้ โดยมีม่านโลหะ (venetian blind) อยู่ภายใน และกระจกด้านในออกแบบให้เป็นบานเลื่อนเพื่อให้สามารถเปิดทำความสะอาดม่านโลหะได้ เมื่อแสงอาทิตย์ส่องผ่านแสงแดดบางส่วนจะถูกป้องกันด้วยม่านโลหะ และรังสีอินฟราเรดในแสงแดดจะเปลี่ยนสภาพเป็นความร้อนในบริเวณนี้ จากนั้นจึงถูกอากาศที่ไหลเวียนอยู่พาความร้อนออกไป ซึ่งอากาศที่ไหลเวียนนี้มาจากอากาศทั้งในระบบปรับอากาศ (return air) ซึ่งมีอุณหภูมิประมาณ 25-27 องศาเซลเซียส เมื่อพาความร้อนออกมาแล้วอุณหภูมิจะสูงขึ้นเป็น 28-30 องศาเซลเซียส ทำให้ความร้อนที่เหลือผ่านเข้ามาในตัวอาคาร มีน้อยลง นอกจากนี้อากาศที่ถูกไหลเวียนแล้ว มีคุณสมบัติเป็นอากาศแห้ง เมื่อนำมาผ่านกระบวนการลดความร้อน และเติมอากาศบริสุทธิ์แล้ว สามารถนำกลับมาใช้ในระบบปรับอากาศได้อีก ซึ่งประหยัดพลังงานมากกว่าการนำอากาศจากภายนอกเข้ามาใช้งานโดยตรง เนื่องจากการนำอากาศภายนอกเข้ามาใช้งานจะต้องผ่านกระบวนการ

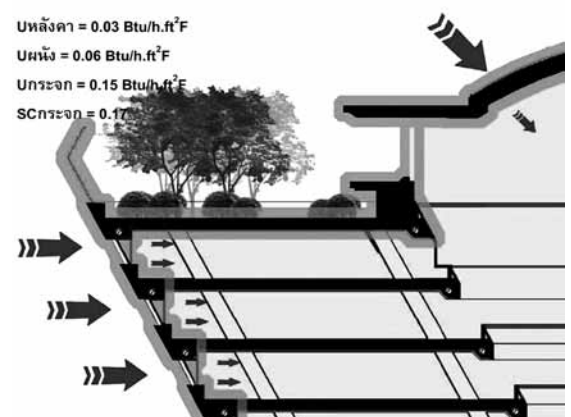


รูปที่ 7 การทำงานของระบบกระจายอากาศที่ใช้งานในโครงการศูนย์ราชการเฉลิมพระเกียรติฯ

ลดความร้อน และลดความชื้น ซึ่งใช้พลังงานในการปรับปรุงคุณภาพอากาศสูงกว่า

เปลือกอาคารชนิดหลังคา มีการเพิ่มประสิทธิภาพอยู่ 2 ลักษณะ คือการใช้ฉนวนกันความร้อนกับหลังคาโลหะ (metal sheet) และการใช้ฉนวนกันความร้อนกับหลังคาคอนกรีต (Roof Slab) ซึ่งมีการใช้งานที่แตกต่างกัน

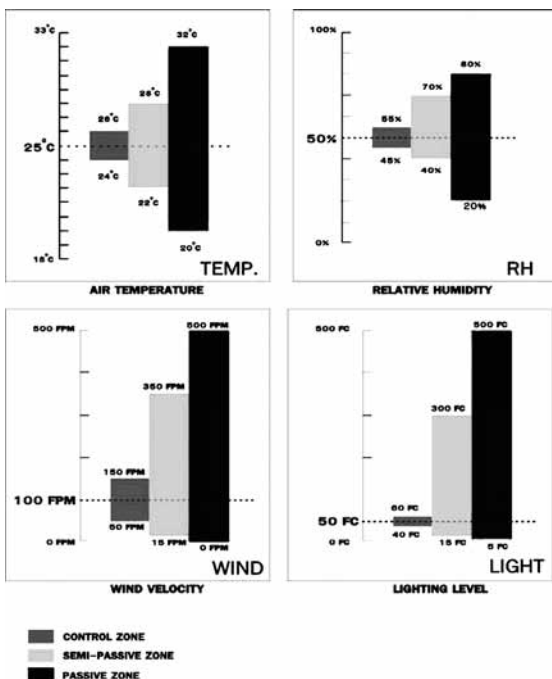
ส่วนที่ใช้งานกับหลังคาโลหะมีการติดตั้งฉนวนกันความร้อนประเภทใยแก้ว หนาประมาณ 12 นิ้ว โดยจัดเป็นความหนา 3 นิ้ว จำนวน 4 ชั้น วางทับรอยต่อและหุ้มด้วยฟอยล์ โดยชั้นล่างส่วนที่ติดกับฝ้าเพดานจะหุ้มด้วยผ้าใยแก้ว เพื่อเพิ่มคุณสมบัติในการดูดซับเสียง ส่วนที่ใช้งานกับหลังคาคอนกรีตมีการติดตั้งฉนวนกันความร้อนประเภทโพลียูรีเทนโฟม (PU Foam) อยู่ภายนอก เททับด้วยคอนกรีตหนาประมาณ 7-10 เซนติเมตร เสริมด้วยเหล็กทรงแครง ซึ่งการออกแบบในลักษณะนี้ทำให้ฉนวนสามารถหุ้มโดยรอบอาคารได้โดยไม่เกิดสะพานความร้อน (thermal bridge)



รูปที่ 8 การประยุกต์ใช้ฉนวนกันความร้อน เพื่อปรับปรุงประสิทธิภาพของเปลือกอาคารส่วนต่าง ๆ

## 2.1.5 การกำหนดพื้นที่กิจกรรมให้เหมาะสมกับการใช้งาน

จากการศึกษาพบว่ากิจกรรมแต่ละประเภทต้องการการควบคุมสภาพแวดล้อมไม่เหมือนกัน กิจกรรมที่ต้องการใช้สมาธิสูง เช่น การทำงาน การประชุม การเรียน จำเป็นที่ต้องได้รับการควบคุมสภาพแวดล้อมที่เหมาะสม หากสภาพแวดล้อมมีการเปลี่ยนแปลงเพียงน้อยนิด ผู้ใช้งานอาคารอาจสูญเสียสมาธิต่อการประกอบกิจกรรมนั้นได้ ลักษณะต่อมาคือพื้นที่ที่ไม่ต้องการใช้สมาธิมากนัก มีความผ่อนคลายในระดับหนึ่ง เช่น การเดิน นั่งคุยเล่น รับประทานอาหาร เป็นต้น กิจกรรมลักษณะดังกล่าวไม่จำเป็นต้องมีการควบคุมสภาพแวดล้อมสูงมาก และสามารถเกิดความแปรปรวนได้ในระดับหนึ่ง ลักษณะสุดท้ายคือกิจกรรมที่ไม่ต้องการการควบคุมสภาพแวดล้อมมากนัก สามารถปล่อยให้เกิดความแปรปรวนตามธรรมชาติก็สามารถทำกิจกรรมนั้น ๆ ได้ เสริมการควบคุมสภาพแวดล้อมเมื่อธรรมชาติไม่เหมาะสมเท่านั้น เช่น ถ้ามีเด็กเกินไปก็เปิดไฟฟ้าแสงสว่าง หรือถ้าร้อนเกินไปก็เปิดพัดลมระบายอากาศ เป็นต้น



รูปที่ 9 ความสัมพันธ์ของพื้นที่กิจกรรมในลักษณะต่าง ๆ (สุนทร บุญญาธิการ, 2544)

## 2.2 การใช้เทคนิคการสะสมความเย็นไว้ในมวลสาร

การใช้มวลสารเป็นเทคนิคเพื่อช่วยในการลดภาระการทำความเย็น และลดความต้องการการใช้ไฟฟ้าในเวลากลางวัน กล่าวคือ เมื่อมีการสะสมความเย็นไว้ในมวลสารต่าง ๆ โดยที่การสะสมความเย็นนี้จะกระทำในเวลากลางคืน ซึ่งมีค่าไฟฟ้าถูกกว่า โดยเทคนิคนี้ได้ประยุกต์ใช้ 2 ส่วน คือ การสะสมความเย็นในโครงสร้างอาคาร และการสะสมความเย็นในน้ำเย็นซึ่งเก็บไว้ในถังเก็บน้ำชั้นล่างของอาคาร

### 2.2.1 การสะสมความเย็นในโครงสร้างอาคาร

อาคารรวมหน่วยราชการ (อาคาร B) มีขนาดใหญ่ และมีปริมาณคอนกรีตที่ใช้ประมาณ 10,800 ลูกบาศก์เมตร ซึ่งมีความจุความร้อนจำเพาะ 0.18 Btu/lb.F กรณีที่ออกแบบและใช้งานทั่วไป ในช่วงปิดระบบปรับอากาศในเวลากลางคืน อุณหภูมิภายในอาคารจะสูงขึ้นประมาณ 5-7 องศาเซลเซียส เมื่อทำการเปิดระบบปรับอากาศในช่วงเช้า จะมีภาระการทำความเย็นจากการสะสมความร้อนในมวลสารประมาณ 7,700 ตันความเย็น จากข้อมูลดังกล่าวจะเห็นได้ว่าการออกแบบและใช้งานอาคารด้วยวิธีการทั่วไปจะต้องเสียค่าไฟฟ้าสำหรับระบบปรับอากาศเพื่อลดความร้อนที่สะสมอยู่ในมวลสารเป็นมูลค่าไม่น้อยกว่า 22,000 บาทต่อทุกครั้งที่มีการเปิดระบบปรับอากาศ (คำนวณประสิทธิภาพของระบบปรับอากาศที่ 1.15 kW/RT. และค่าไฟฟ้าที่ 2.5 บาทต่อหน่วย)

ในการออกแบบจึงประยุกต์ให้มีการทำความเย็นในเวลากลางคืนเพื่อรักษาอุณหภูมิของมวลสารให้อยู่ในระดับที่คงที่ หรือมีการเปลี่ยนแปลงไม่เกิน 0-2 องศาเซลเซียส จากการคำนวณพบว่าความร้อนที่ถ่ายเทผ่านเปลือกอาคารในช่วงที่ปิดระบบปรับอากาศมีค่าประมาณ 425 ตันความเย็น (ตั้งแต่เวลา 18:00-6:00 น.) ซึ่งคิดเป็นค่าไฟประมาณ 1,225 บาทต่อคืน หรือน้อยกว่าการปิดระบบปรับอากาศในเวลากลางคืนแล้วเปิดในเวลาเช้าประมาณ 18 เท่า

### 2.2.2 การนำความเย็นที่สะสมในมวลสารมาใช้ประโยชน์

นอกจากการลดการใช้พลังงานโดยการสะสมความเย็นไว้ในมวลสารแล้ว ยังได้มีการประยุกต์ใช้ความเย็นที่สะสม โดยการอาศัยอิทธิพลของอุณหภูมิ

เฉลี่ยของพื้นผิวโดยรอบ (MRT) โดยการเลือกใช้วัสดุผิวพื้น ผืน และผ้าเพดานที่เหมาะสม ซึ่งก่อให้เกิดอิทธิพลของอุณหภูมิเฉลี่ยของพื้นผิวโดยรอบ และความรู้สึกร้อนเย็นเนื่องจากอิทธิพลของการแผ่รังสี

ในการออกแบบจึงเลือกใช้วัสดุที่มีมวลสารมาก และสามารถถ่ายเทความร้อนได้ดี เป็นวัสดุพื้นผิว เช่น พื้นสำนักงานเลือกใช้เป็นพื้นหินขัดสำเร็จรูป ผ้าเพดานเลือกใช้เป็น ผ้าเปลือยท้องพื้นประมาณร้อยละ 60 เพื่อให้อิทธิพลของอุณหภูมิเฉลี่ยของพื้นผิวโดยรอบส่งผลต่อผู้ใช้งานอาคารอย่างมีประสิทธิภาพ จากการศึกษาพบว่าเมื่อปรับอุณหภูมิอากาศภายในอาคารที่ 25 องศาเซลเซียส จะทำให้อุณหภูมิพื้นผิวและเพดานเปลือย มีค่าประมาณ 25 องศาเซลเซียส บริเวณหน้าต่างระบบระบายความร้อนด้วยอากาศมีค่าประมาณ 27 องศาเซลเซียส ผืนด้านอื่น ๆ ที่ เช่น ผืนยิปซั่มบอร์ดมีค่าประมาณ 28 องศาเซลเซียส

กรณีการออกแบบอาคารแบบทั่วไปทำให้อิทธิพลของอุณหภูมิเฉลี่ยของพื้นผิวโดยรอบมีค่าประมาณ 28.8 องศาเซลเซียส และเกิดความรู้สึกร้อนเย็นเนื่องจากอิทธิพลของการแผ่รังสีประมาณ 5.32 องศาเซลเซียส หมายความว่ากรณีที่มีการปรับอุณหภูมิห้องไว้ที่ 25 องศาเซลเซียส ผู้ใช้งานอาคารจะรู้สึกเสมือนว่าอุณหภูมิอากาศอยู่ที่ 30.32 องศาเซลเซียส ซึ่งสูงกว่าสภาวะน่าสบาย เป็นเหตุให้ต้องมีการปรับอุณหภูมิของระบบปรับอากาศให้ต่ำกว่า 25 องศาเซลเซียส จึงจะรู้สึกอยู่ในขอบเขตสบาย ซึ่งเป็นเหตุให้เกิดการสูญเสียพลังงานในระบบปรับอากาศมากเกินไป

กรณีของอาคารศูนย์ราชการเฉลิมพระเกียรติฯ อิทธิพลของอุณหภูมิเฉลี่ยโดยรอบ มีค่าประมาณ 25.34 องศาเซลเซียส และเกิดความรู้สึกร้อนเย็นเนื่องจากอิทธิพลของการแผ่รังสีประมาณ 0.42 องศาเซลเซียส ผู้ใช้งานอาคารจะรู้สึกเสมือนว่าอุณหภูมิอากาศอยู่ที่ 25.42 องศาเซลเซียส ซึ่งยังอยู่ในขอบเขตสบาย

### 2.2.3 การสะสมความร้อนในรูปแบบน้ำเย็น

แนวคิดในการผลิตความร้อนในเวลากลางวันเพื่อนำมาใช้ในเวลากลางวันเพื่อลดค่าใช้จ่ายด้านพลังงานในช่วงเวลากลางวันซึ่งมีราคาสูง (on-peak) มาใช้การผลิตน้ำเย็นในเวลากลางคืนซึ่งมีค่าไฟถูกกว่า (off-peak) ซึ่งน้ำเย็นที่ใช้งานในโครงการศูนย์ราชการ

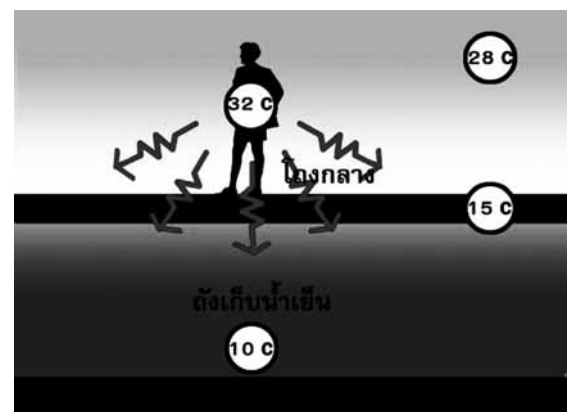
เฉลิมพระเกียรติฯ จะถูกผลิตจากระบบผลิตน้ำเย็นและไฟฟ้า ซึ่งผลิตน้ำเย็นใช้งานที่อุณหภูมิประมาณ 6-10 องศาเซลเซียส แล้วจึงส่งไปเก็บไว้ในถังน้ำเย็น ก่อนนำไปใช้งาน

ในอาคารรวมหน่วยราชการ (อาคาร B) ได้ออกแบบถังเก็บน้ำเย็นซึ่งมีความจุประมาณ 14,000 ลูกบาศก์เมตร ซึ่งสามารถบรรจุน้ำเย็นสำหรับใช้งานเทียบเท่า 18,500 ตันความเย็น โดยน้ำเย็นทั้งหมดจะถูกเก็บไว้ในถังซึ่งมีการแบ่งออกเป็น ส่วน ๆ และมีการไหลเวียนเพื่อรักษาความเย็นของน้ำ และตัวถังถูกหุ้มด้วยฉนวนกันความร้อน โดยน้ำเย็นที่ถูกเก็บรักษาไว้ในถังนี้ จะถูกส่งไปยังเครื่องทำความเย็นที่ถูกติดตั้งไว้ในส่วนต่าง ๆ ของอาคารที่อุณหภูมิประมาณ 8-12 องศาเซลเซียส

### 2.2.4 การใช้ประโยชน์จากถังน้ำเย็น

นอกจากการนำน้ำเย็นไปใช้ประโยชน์โดยตรงแล้ว ยังมีการใช้ประโยชน์จากความร้อนทางอ้อมที่เกิดขึ้นบริเวณผิวถังน้ำ เนื่องจากถังน้ำจะมีการใช้ฉนวนหุ้มรอบถังน้ำเย็นแล้ว อุณหภูมิของผิวถังยังต่ำอยู่ที่ประมาณ 15-20 องศาเซลเซียส จึงสามารถนำความเย็นนี้มาใช้ประโยชน์โดยอาศัยอิทธิพลของการแผ่รังสี

เมื่อต้องการใช้ประโยชน์จากความร้อนที่ผิวของตัวถังน้ำเย็น จึงได้กำหนดให้วางถังน้ำเย็นอยู่บริเวณกลางอาคารเพื่อให้เกิดประโยชน์สูงสุด บริเวณผาถังน้ำเย็นใช้ประโยชน์เป็นลานเอนกประสงค์ขนาดใหญ่ พื้นที่ประมาณ 6,000 ตารางเมตร และรอบ ๆ ตัวถังออกแบบเป็นร้านค้าย่อย เพื่อให้ร้านค้าได้รับอิทธิพล



รูปที่ 10 การใช้ประโยชน์จากอิทธิพลของอุณหภูมิเฉลี่ยของพื้นผิวโดยรอบบริเวณลานเอนกประสงค์

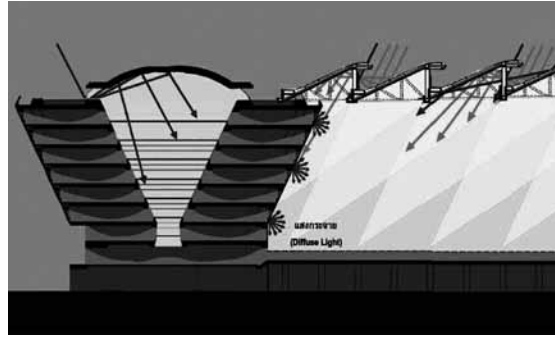
จากถ้งน้ำเย็นและลดความต้องการในการทำความเย็น จากเครื่องปรับอากาศ จากการศึกษาการใช้งานบริเวณ ลานเอนกประสงค์ พบว่ามนุษย์จะมีการสูญเสียความร้อนจากร่างกายให้แก่พื้นซึ่งเป็นฝ้าถ้งน้ำเย็น จึงทำให้ รู้สึกเย็นขึ้นและได้รับอิทธิพลของอุณหภูมิของพื้นที่ ผิวโดยรอบ ทำให้เมื่อมีการควบคุมสภาพแวดล้อมที่ 28 องศาเซลเซียส จะทำให้ผู้ใช้งานบริเวณดังกล่าวจะ รู้สึกเสมือนอุณหภูมิต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศประมาณ 5.5 องศาเซลเซียส

### 2.3 การใช้ประโยชน์จากแสงธรรมชาติและแสงประดิษฐ์

อาคารรวมหน่วยราชการ เป็นอาคารขนาดใหญ่ซึ่งมีความต้องการพื้นที่การใช้สอยสูงมาก แต่อาคารสามารถก่อสร้างได้สูงไม่เกิน 45 เมตร จึงทำให้พื้นที่แต่ละชั้นมีความกว้างประมาณ 40 เมตร ซึ่งสามารถใช้ประโยชน์จากแสงธรรมชาติได้น้อยมาก นอกจากนี้ยังมีการใช้งานพื้นที่โล่งตรงกลางเป็นลานเอนกประสงค์ ดังนั้นในการออกแบบจึงต้องหาเทคนิคการนำแสงธรรมชาติมาใช้ใช้งาน ให้เกิดประโยชน์สูงสุด ดังนี้

#### 2.3.1 การนำแสงธรรมชาติมาใช้ประโยชน์ในโถงเอนกประสงค์

เนื่องจากโถงเอนกประสงค์เป็นพื้นที่ขนาดใหญ่ซึ่งถูกล้อมรอบด้วยส่วนที่สำนักงานจึงไม่สามารถนำแสงธรรมชาติด้านข้างมาใช้ประโยชน์ได้อย่างเต็มที่ จึงจำเป็นต้องประยุกต์ใช้แสงธรรมชาติจากช่องแสงด้านบนเป็นหลัก โดยการจัดวางช่องแสงหันไปทางทิศเหนือและนำแสงธรรมชาติมาใช้ใช้งานในลักษณะแสงสะท้อน (indirect lighting) และแสงกระจาย (diffuse lighting) จากลักษณะของการออกแบบทำให้แสงธรรมชาติซึ่งเป็นแสงเหนือซึ่งมีประสิทธิภาพสูง สะท้อนหลังคา ก่อนที่จะผ่านช่องกระจก โดยเลือกใช้เป็นกระจกนิรภัยหลายชั้น (laminated glass) ซึ่งมีค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนต่ำ และยอมให้แสงผ่านได้ประมาณ 45% แล้วจึงยังสะท้อนยังฝ้าเพดาน ก่อนที่จะสะท้อนกระจายลงมายังพื้นที่ใช้งาน นอกจากนี้แสงธรรมชาติบางส่วนจะสะท้อนไปยังผนังภายในอาคารซึ่งมีลักษณะเอียง ซึ่งช่วยควบคุมแสงกระจายให้ตกลงพื้นที่โถงเอนกประสงค์ได้มากขึ้น

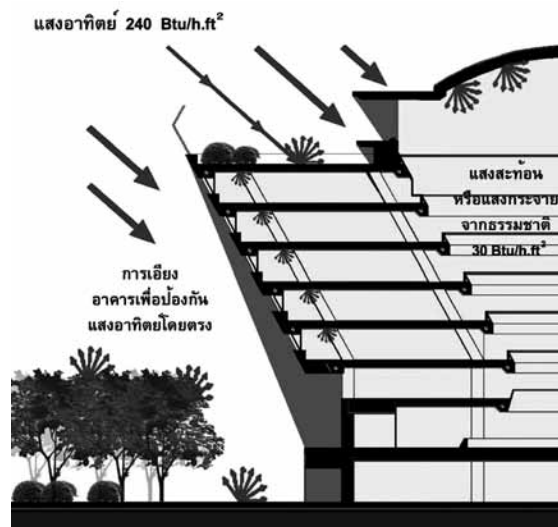


รูปที่ 11 การนำแสงธรรมชาติมาใช้ประโยชน์ในส่วนโถงเอนกประสงค์โครงการศูนย์ราชการเฉลิมพระเกียรติฯ

#### 2.3.2 การนำแสงธรรมชาติมาใช้ประโยชน์ในพื้นที่สำนักงาน

จากการศึกษาพบว่า การนำแสงธรรมชาติมาใช้ประโยชน์อย่างมีประสิทธิภาพ สามารถใช้งานได้เพียง 8-10 เมตรจากแนวช่องแสงเท่านั้น (สุนทร บุญญาธิการ, 2544) ดังนั้นในการออกแบบสำนักงานจึงได้มีการออกแบบให้มีช่องโล่งตรงกลางเพื่อให้สามารถนำแสงธรรมชาติมาใช้ประโยชน์ได้ โดยในส่วนสำนักงานนั้นได้มีการออกแบบให้มีความกว้างประมาณ 16-20 เมตร

การนำแสงธรรมชาติมาใช้งานนั้น จะใช้ในลักษณะของแสงสะท้อน (indirect lighting) เนื่องจากแสงโดยตรงนั้นมีความร้อนที่แผ่อยู่ในแสงแดดสูงถึง 240 Btu/ft<sup>2</sup>h ซึ่งเทคนิคในการใช้งานคือ การให้แสงแดดสะท้อนที่พื้นก่อนที่จะผ่านหน้าต่างช่องแสงซึ่งใช้กระจกที่มีประสิทธิภาพในการป้องกันความร้อนสูง (R) และยอมให้แสงผ่านได้ประมาณ 45% (LT) แล้วจึงสะท้อน



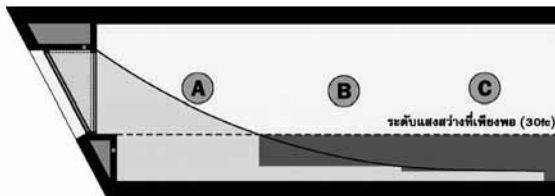
รูปที่ 12 การนำแสงธรรมชาติมาใช้ประโยชน์ในส่วนสำนักงานโครงการศูนย์ราชการเฉลิมพระเกียรติฯ



ไปยังหลังคาโค้ง เพื่อให้เกิดการสะท้อนแสงเข้ามาภายในอาคาร ในลักษณะแสงกระจาย (diffuse lighting) ทำให้ความร้อนที่แผ่อยู่ในแสงกระจายจากธรรมชาติเพียง 30 Btu/ft<sup>2</sup>h ซึ่งน้อยลงประมาณ 8 เท่า

### 2.3.3 การบูรณาการการใช้แสงธรรมชาติและแสงประดิษฐ์

การออกแบบได้มีการนำแสงธรรมชาติมาใช้ประโยชน์ในอาคารได้อย่างมีประสิทธิภาพ แต่ในช่วงเวลาแสงธรรมชาติอาจมีประสิทธิภาพต่ำ เช่น ช่วงเวลาท้องฟ้ามีดครึ้ม หรือมีเมฆมาก แสงธรรมชาติอาจมีค่าประมาณ 55,000 ลักซ์ ทำให้เมื่อนำมาใช้งานอาจมีค่าลดลงเหลือประมาณ 150-200 ลักซ์ ซึ่งต่ำกว่าความต้องการของมนุษย์ จึงต้องมีการใช้งานแสงประดิษฐ์ประกอบ ซึ่งในการออกแบบได้มีการกำหนดให้มีการใช้งานแสงประดิษฐ์ในแนวที่ขนานกับแนวกระจก เพื่อให้ผู้ใช้งานสามารถควบคุมการเปิด-ปิดไฟ ได้อย่างมีประสิทธิภาพ



รูปที่ 13 การบูรณาการการใช้แสงธรรมชาติและแสงประดิษฐ์

จากรูป จะเห็นได้ว่าเมื่อแสงธรรมชาติในส่วน C มีไม่เพียงพอ ผู้ใช้งานจะสามารถเปิดใช้แสงประดิษฐ์เฉพาะในส่วนนั้นได้ และไล่มายังส่วน B และส่วน A ตามลำดับ ซึ่งจะช่วยให้อาคารประหยัดการใช้พลังงานในการใช้ไฟฟ้าได้เป็นอย่างมาก

### 2.3.4 การกำหนดลักษณะการใช้แสงประดิษฐ์ให้เหมาะสม

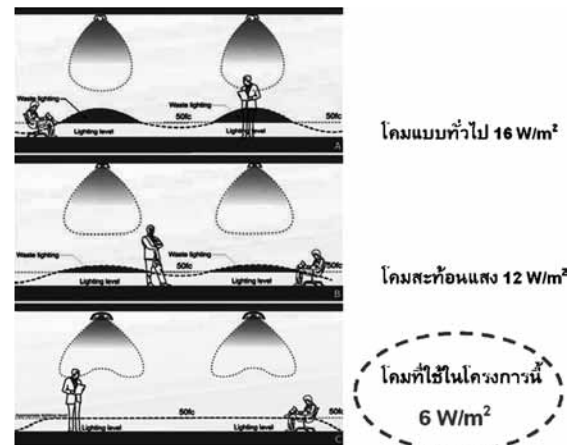
เป็นการกำหนดการใช้งานแสงประดิษฐ์เป็น 2 ส่วน คือ ส่วนของการใช้แสงสว่างในภาพรวม (ambient lighting) และการให้แสงสว่างเฉพาะจุด (task lighting) เพื่อให้สอดคล้องกับการใช้งานในแต่ละประเภท

ดังนั้นในการออกแบบจึงได้กำหนดให้มีการให้แสงสว่างในภาพรวมของส่วนสำนักงานไว้ที่ 400 ลักซ์ ซึ่งเพียงพอต่อการประกอบกิจกรรมต่าง ๆ ได้อย่างเหมาะสมและพอเพียง และมีการเพิ่มโคมไฟเฉพาะจุด

สำหรับโตะทำงานที่ต้องการแสงสว่างเพิ่มเติม เช่น โตะทำงานเกี่ยวกับเอกสารซึ่งมีความละเอียดสูง เป็นต้น อีกประมาณ 100-150 ลักซ์ ตามลักษณะของการใช้งาน การออกแบบลักษณะเช่นนี้ทำให้สามารถประหยัดการใช้พลังงานในระบบไฟฟ้าแสงสว่างได้อย่างมาก

### 2.3.5 การใช้โคมไฟประสิทธิภาพสูง

ในการออกแบบเลือกใช้โคมไฟที่มีประสิทธิภาพสูง ซึ่งมีรูปแบบของการส่องสว่างในลักษณะปีกค้างควา (bat wing) เพื่อลดความเข้มของแสงที่เกินความจำเป็นและเลือกใช้วัสดุตัวโคมประสิทธิภาพของการสะท้อนแสงประมาณร้อยละ 99 ทำให้การใช้งานไฟฟ้าแสงประดิษฐ์ในโครงการศูนย์ราชการเฉลิมพระเกียรติฯ มีประสิทธิภาพ และใช้พลังงานเพียง 6-8 W/m<sup>2</sup> ซึ่งน้อยกว่าอาคารทั่วไปประมาณ 2 เท่า



รูปที่ 14 การเลือกใช้โคมไฟในโครงการศูนย์ราชการเฉลิมพระเกียรติฯ

จากการคำนวณคาดว่า แสงธรรมชาติที่นำมาใช้ประโยชน์จะมีความเข้มประมาณ 500 ลักซ์ แต่จากการตรวจวัดจริงในขณะที่สภาพท้องฟ้าภายนอกมีเมฆบางส่วน ซึ่งมีความเข้มประมาณ 50,000 ลักซ์ สามารถวัดความเข้มของแสงบริเวณส่วนกลางโถงเอนกประสงค์ได้ประมาณ 750-1,000 ลักซ์ และความเข้มของแสงบริเวณขอบอาคารได้ประมาณ 250 ลักซ์

### 2.4 การใช้ระบบผลิตพลังงาน ณ จุดใช้งาน

การใช้ระบบผลิตพลังงาน ณ จุดใช้งาน ได้มีการออกแบบไว้ 2 ส่วน ส่วนแรกคือการออกแบบและก่อสร้างตัวโรงงานผลิตน้ำเย็นและไฟฟ้า อีกส่วนหนึ่งเป็นการออกแบบระบบพลังงานทดแทนประเภทอื่น ๆ

และระบบบริหารจัดการขยะ ซึ่งเป็นจุดเด่นของโครงการในการลดการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์

#### 2.4.1 ระบบผลิตน้ำเย็นและไฟฟ้า

ระบบนี้มีชื่อเรียกหลายอย่าง เช่น ระบบผลิตน้ำเย็นและไฟฟ้า (Combined Cooling and Power: CCP) หรือระบบผลิตไฟฟ้าความร้อน (Combined Heat and Power: CHP) หรือระบบผลิตไฟฟ้าระบบร่วม (Co-generation) ซึ่งไม่ว่าจะใช้ชื่อเรียกใด ๆ หลักการของระบบ คือ

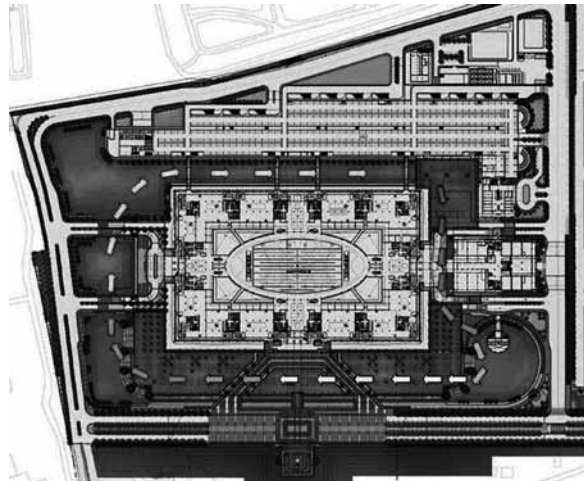
1. ผลิตกระแสไฟฟ้าจากก๊าซธรรมชาติ จากเครื่องผลิตกระแสไฟฟ้ากังหันก๊าซ (gas turbine generator) ขนาดประมาณ 4.7 MW จำนวน 2 ชุด
2. ผลิตน้ำเย็นจากความร้อนที่เหลือจากการผลิตกระแสไฟฟ้า ด้วยเครื่องทำน้ำเย็นแบบดูดซึม (Absorption Chiller) ขนาด 3,000 ตันความเย็น จำนวน 2 ชุด
3. ผลิตน้ำเย็นจากเครื่องทำน้ำเย็นชนิดไฟฟ้า (standby electric chiller) ขนาด 2,000 ตันความเย็น จำนวน 2 ชุด และขนาด 1,000 ตันความเย็น จำนวน 2 ชุด ซึ่งจะทำงานเมื่อไม่มีความร้อนจากเครื่องผลิตกระแสไฟฟ้ากังหันก๊าซให้ใช้งาน

ซึ่งความเป็นไปได้ในการลงทุนของระบบนี้ คือ การลดความต้องการใช้น้ำเย็น และความต้องการไฟฟ้าของโครงการให้น้อยกว่าโครงการอื่น ๆ ประมาณ 4.7 เท่า จึงทำให้สามารถก่อสร้างโรงงานผลิตน้ำเย็นและไฟฟ้าและสามารถใช้งานได้จริง ซึ่งข้อดีของระบบคือ

1. การออกแบบทำความเย็นแบบรวมศูนย์ (district cooling) ทำให้สามารถดูแล จัดการ และบริหารระบบได้อย่างมีประสิทธิภาพ
2. ลดความต้องการการใช้ไฟฟ้าจากการไฟฟ้านครหลวงเหลือเพียง 25.6 MW เนื่องจากสามารถผลิตเองได้ประมาณ 9.4 MW ในขณะที่โครงการทั่วไปต้องใช้ไฟฟ้าถึง 65 MW
3. สร้างความมั่นคงด้านพลังงานให้แก่โครงการ ถึงแม้ว่าไฟฟ้าจะดับ ยังสามารถผลิตไฟฟ้าใช้เองได้ประมาณ 94 MW และสามารถผลิตน้ำเย็นใช้เองได้ตลอดเวลา
4. ลดการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ลงได้ประมาณปีละ 21,000 ตัน เมื่อเทียบกับระบบเดิม

#### 2.4.2 การใช้บ่อน้ำช่วยในการระบายความร้อน

บ่อน้ำในโครงการซึ่งอยู่รอบอาคารรวมหน่วยราชการ (อาคาร B) ได้ประยุกต์ใช้ในการระบายความร้อนของระบบปรับอากาศ ซึ่งใช้งานทดแทนหอผึ่งน้ำเย็น (cooling tower) โดยนำน้ำร้อนที่เกิดจากการระบายความร้อนของระบบปรับอากาศ ซึ่งมีอุณหภูมิประมาณ 30-32 องศาเซลเซียส ปล่อยลงในบ่อน้ำและทำให้เกิดการไหลเวียน ระยะทางมากกว่า 1 กิโลเมตร และบ่อน้ำซึ่งมีพื้นที่ผิวประมาณ 25,000 ตารางเมตร จะเกิดการระเหยของน้ำตามธรรมชาติ และทำให้อุณหภูมิของน้ำในบ่อลดลงเหลือประมาณ 24-27 องศาเซลเซียส แล้วจึงนำกลับไปใช้ในการระบายความร้อนอีกครั้งหนึ่ง

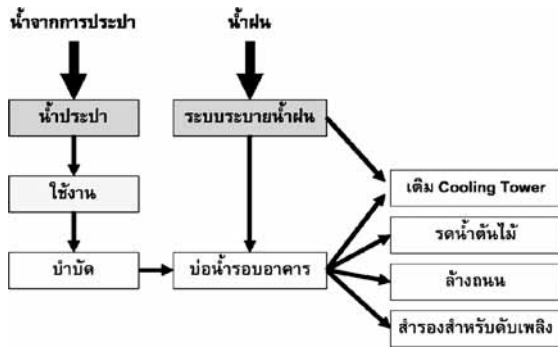


รูปที่ 15 การระบายความร้อนจากระบบปรับอากาศ โดยอาศัยการหมุนเวียนน้ำ และการระเหยของน้ำในบ่อน้ำ

นอกจากนี้ได้ประยุกต์ใช้น้ำตกและน้ำพุ ซึ่งมีการกระจายตัวของน้ำเป็นเม็ดเล็ก ๆ ทำให้การระเหยของน้ำมีประสิทธิภาพสูงขึ้น

#### 2.4.3 การหมุนเวียนน้ำใช้ในโครงการ

น้ำใช้ในโครงการที่ผ่านการใช้สอยแล้ว จะถูกนำมาบำบัดให้ได้คุณภาพที่เหมาะสม และนำกลับมาใช้งานทั้งหมด (zero discharge) จากการประมาณการใช้น้ำที่ผ่านการบำบัดต่อวันมีประมาณ 130 ลูกบาศก์เมตร ซึ่งจะนำมาเติมในถังสำรองของระบบทำความเย็น (chiller water storage tank) และเติมลงในบ่อน้ำรอบอาคาร เพื่อทดแทนน้ำที่ระเหยไปในแต่ละวัน และสำรองใช้สำหรับการรดน้ำต้นไม้ ซึ่งทำให้น้ำทั้งหมดในโครงการมีน้ำใช้ตลอดทั้งปีถึงแม้จะเป็นช่วงฤดูแล้ง



รูปที่ 16 แนวคิดในการหมุนเวียนน้ำใช้ให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุด

#### 2.4.4 การบริหารจัดการขยะ

เพื่อให้การบริหารจัดการขยะมีประสิทธิภาพ จึงได้ออกแบบให้มีศูนย์บริหารจัดการขยะอยู่บริเวณ อาคารวิศวกรรม และจัดให้มีรถขยะวิ่งไปยังอาคารต่าง ๆ เพื่อรวบรวมขยะมายังศูนย์ดังกล่าว โดยขยะในโครงการ จะถูกแบ่งตามประเภทต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

1. ขยะเปียก (wet) จากครัว ศูนย์อาหาร ร้านอาหาร และสำนักงาน จะถูกรวบรวมไว้ในห้องที่มีการ ปรับอุณหภูมิ และจะมีรถขยะจากสำนักงานเขตรมารับ ต่อไป

2. ขยะที่สามารถนำกลับมาใช้ได้ (recycle) เช่น กระดาษ ไม้ โลหะ แก้ว พลาสติก จะถูกจัดเก็บ แยกตามประเภท และนำไปขายหรือประมวลต่อไป

3. ขยะอันตราย (hazardous) ซึ่งเป็นขยะ อันตรายทั่วไปที่เกิดจากสำนักงาน เช่น หลอดไฟ ถ่าน ไฟฉาย จะถูกคัดแยก และนำไปทำลายตามกรรมวิธีที่ เหมาะสม ส่วนขยะอันตรายประเภทอื่นที่มีการใช้งาน เฉพาะบางสำนักงาน เช่น สารเคมีต่าง ๆ หน่วยงาน นั้นๆจะต้องนำไปทำลายตามกรรมวิธีที่เหมาะสม

4. ขยะประเภทอื่น ๆ ซึ่งไม่เข้ากลุ่มตาม ประเภทข้างต้น เช่น ขยะจากการก่อสร้าง เศษอิฐ เศษ ปูน เป็นต้น หน่วยงานที่ก่อให้เกิดขยะประเภทดังกล่าว ต้องเป็นผู้จัดการขยะให้เหมาะสมเอง

#### 2.4.5 การเตรียมพื้นที่สำหรับการใช้พลังงานแสงอาทิตย์

ถึงแม้ในปัจจุบันจะไม่มีการใช้ประโยชน์จาก พลังงานแสงอาทิตย์ เนื่องมาจากงบประมาณของ โครงการ แต่ในการออกแบบได้คำนึงถึงการเตรียม พื้นที่สำหรับใช้ประโยชน์จากพลังงานแสงอาทิตย์ไว้ โดยได้ออกแบบหลังคาช่องแสงบริเวณเหนือลาน เอนกประสงค์ให้มีมุมหันไปทางทิศใต้ โดยทำมุมเอียง

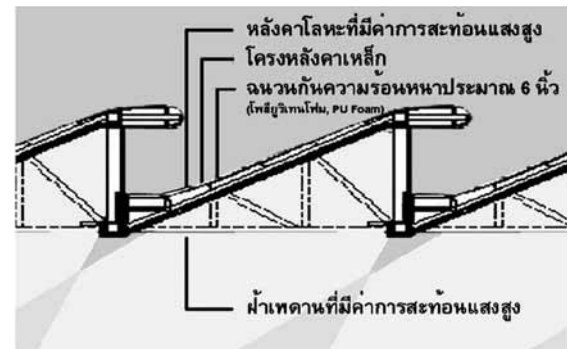
ประมาณ 14-25 องศา โดยพลังงานแสงอาทิตย์ที่ พิจารณาใช้งานมีดังนี้

1. เซลล์แสงอาทิตย์ (photovoltaic) เพื่อใช้ ผลิตไฟฟ้าใช้งานโดยตรง ซึ่งเพียงพอต่อการใช้งานใน ระบบไฟฟ้าแสงสว่างของพื้นที่ส่วนกลางของอาคาร

2. เครื่องทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ (solar collector) เพื่อผลิตน้ำร้อนใช้ในส่วนต่าง ๆ ของ อาคาร เช่น ห้องพักในโรงแรม เป็นต้น

3. ผลิตน้ำเย็น (solar air condition) โดย การใช้น้ำร้อนที่ผลิตได้จากเครื่องทำน้ำร้อนพลังงานแสง อาทิตย์มาผ่านเครื่องทำน้ำเย็นแบบดูดซึม ซึ่งได้เตรียม พื้นที่ติดตั้งไว้บริเวณชั้นดาดฟ้า สามารถผลิตน้ำเย็นได้ ประมาณ 70 ตันความเย็น ซึ่งเพียงพอต่อการใช้งานใน พื้นที่ลานเอนกประสงค์และพื้นที่สาธารณะอื่น ๆ

แม้ระบบต่าง ๆ ที่ได้เตรียมไว้จะไม่ได้ทำการ ก่อสร้างจริง แต่ก็แสดงให้เห็นวิสัยทัศน์ของผู้ออกแบบ ที่พยายามจะใช้พลังงานทดแทนที่มีประสิทธิภาพใน โครงการศูนย์ราชการเฉลิมพระเกียรติฯ ให้มากที่สุด



รูปที่ 17 การเตรียมพื้นที่สำหรับการใช้พลังงานแสงอาทิตย์

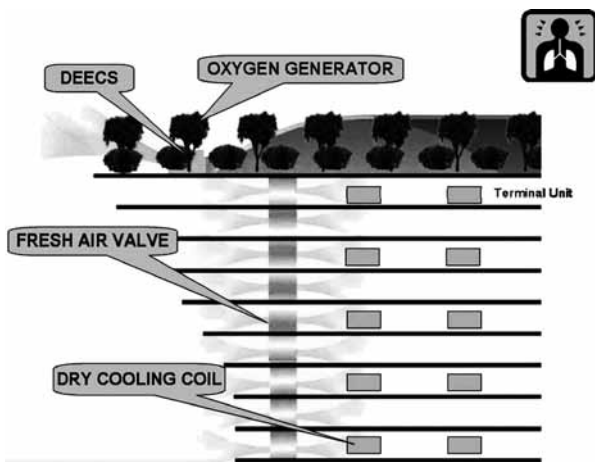
#### 2.5 การสร้างคุณภาพชีวิตและความปลอดภัย

อาคารศูนย์ราชการเฉลิมพระเกียรติฯ นับว่า เป็นอาคารที่มีการส่งเสริมคุณภาพชีวิตของผู้ใช้อาคาร ในระดับสูง กล่าวคือ มีการควบคุมสภาวะแวดล้อมทั้ง ภายนอกและภายในอาคารให้อึดอ้านวยต่อการปฏิบัติ งานของเจ้าหน้าที่และข้าราชการ รวมถึงผู้มาติดต่อ ประสานงาน ทั้งความรู้สึกร้อนหนาวที่เหมาะสม แสง สว่างที่เหมาะสม คุณภาพเสียงที่เหมาะสม ทิศนียภาพ ที่สบายตา ความสวยงามและบรรยากาศ คุณภาพ อากาศภายในที่ดี ความปลอดภัยในชีวิตและทรัพย์สิน รวมถึง เทคโนโลยีสารสนเทศที่เหมาะสม ทำให้อาคาร มีจุดเด่นในการออกแบบหลาย ๆ ด้าน ดังนี้

### 2.5.1 การใช้ระบบบริหารจัดการอากาศบริสุทธิ์

ระบบบริหารจัดการอากาศบริสุทธิ์ เป็นระบบที่เสมือนปอดของอาคาร ทำหน้าที่ควบคุมการเติมอากาศบริสุทธิ์ (fresh air) ให้กับทุกส่วนของอาคาร โดยการทำงานประสานกับเครื่องตรวจวัดปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO<sub>2</sub> Sensor) ซึ่งติดตั้งในส่วนต่าง ๆ ของอาคาร ทำให้การเติมปริมาณอากาศบริสุทธิ์เป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ

โดยอากาศบริสุทธิ์ที่นำมาใช้งาน จะนำมาจากบริเวณหลังคาตาดฟ้า ซึ่งมีการปนเปื้อนจากฝุ่นละอองและก๊าซพิษต่าง ๆ ที่เกิดจากการจราจร นอกจากนี้ยังมีการออกแบบให้มีสวนหลังคา เพื่อเพิ่มความบริสุทธิ์ของอากาศและปริมาณก๊าซออกซิเจน (Oxygen Generator) โดยจะนำอากาศนี้มาลดอุณหภูมิและความชื้นให้เหมาะสม ก่อนที่จะนำไปจ่ายในอาคาร ทำให้ผู้ใช้งานได้รับอากาศบริสุทธิ์ที่มีประสิทธิภาพสูงตลอดเวลา อันจะช่วยให้การทำงานของผู้ที่อยู่ในโครงการเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ เพิ่มประสิทธิผลของงาน (productivity) และสามารถทำให้ควบคุมมาตรฐานคุณภาพอากาศในอาคารได้ตลอดเวลา



รูปที่ 18 การใช้ระบบบริหารจัดการอากาศบริสุทธิ์

ระบบบริหารจัดการอากาศบริสุทธิ์นี้จะทำงานตลอด 24 ชั่วโมง จึงเป็นการควบคุมการสะสมความร้อนในมวลสารของอาคารไปในตัว นอกจากนี้ยังช่วยในการป้องกันการก่อการร้ายโดยการแพร่เชื้อโรคหรือสารพิษในอากาศได้อย่างมีประสิทธิภาพ (CBR Attack)

### 2.5.2 เสถียรภาพของระบบไฟฟ้า

โครงการศูนย์ราชการเฉลิมพระเกียรติฯ นับเป็นโครงการที่มีเสถียรภาพของระบบไฟฟ้าที่สูงมาก

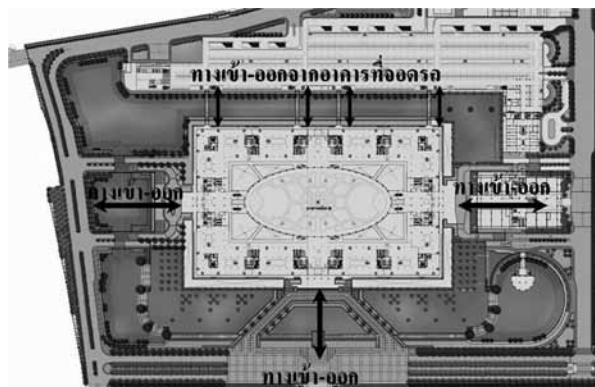
เนื่องจากความต้องการไฟฟ้าน้อยกว่าโครงการทั่วไป ซึ่งมีลักษณะเดียวกันกว่า 4.7 เท่า และเทคนิคในการออกแบบเพื่อเพิ่มความมั่นคงให้สูงขึ้น ดังนี้

1. รับกระแสไฟฟ้าจากการไฟฟ้านครหลวง 2 เส้นทาง (feeder) เมื่อเส้นทางใดมีปัญหา อีกเส้นทางหนึ่งยังสามารถจ่ายไฟฟ้าให้แก่โครงการได้ตลอดเวลา
2. ผลิตกระแสไฟฟ้าใช้เองได้ประมาณ 9.4 MW ซึ่งคิดเป็นประมาณร้อยละ 28 ของความต้องการไฟฟ้าทั้งหมด
3. สำรองด้วยเครื่องกำเนิดไฟฟ้า (generator) ซึ่งติดตั้งอยู่บริเวณอาคารต่าง ๆ รวมแล้วประมาณ 3 MW ซึ่งทำงานด้วยระบบดีเซล

จะเห็นได้ว่าหากพลังงานไฟฟ้าในส่วนใดส่วนหนึ่งมีปัญหา ก็จะมีพลังงานจากส่วนอื่นเข้ามาทดแทน เปรียบเสมือนโครงการมีระบบสำรองไฟฟ้ามากถึง 3 ชั้น ไม่รวมถึงเครื่องสำรองไฟฟ้าย่อย (UPS) ซึ่งติดตั้งในสำนักงานต่าง ๆ นอกจากนี้ยังทำให้ปลอดภัยจากการก่อการร้ายด้วยวิธีการตัดการใช้พลังงาน เนื่องจากอาคารมีเสถียรภาพในการใช้พลังงานไฟฟ้าสูงมาก

### 2.5.3 การควบคุมการเข้าออกที่เหมาะสม

ถึงแม้อาคารจะมีขนาดใหญ่มาก แต่เนื่องจากเป็นอาคารที่รวมหน่วยงานราชการสำคัญของประเทศไทยหลาย ๆ หน่วยงานไว้ การจัดการเรื่องความปลอดภัยจึงเป็นสิ่งสำคัญมากในการออกแบบ ในการวางผังนอกจากจะกำหนดให้มีรั้วรอบโครงการ ถนนรอบโครงการ และบ่อน้ำรอบอาคาร เพื่อสร้างการรักษาความปลอดภัยทางกายภาพ (passive security) ไว้ในระดับหนึ่งแล้ว การออกแบบอาคารที่มีทางเข้าออกจำนวนน้อย ยังเป็นอีกเทคนิคหนึ่งที่ใช้เพื่อควบคุมการเข้าออกให้มีประสิทธิภาพ

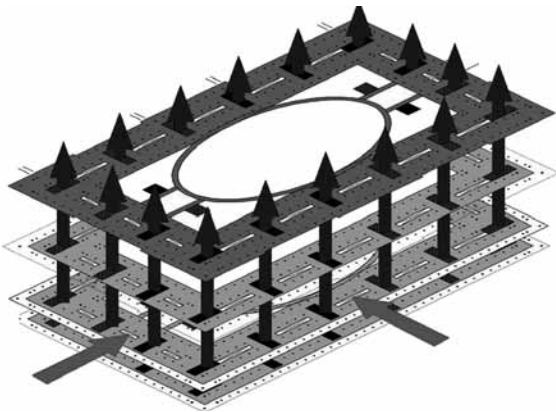


รูปที่ 19 ทางเข้าออกหลักบริเวณชั้น 2 ของอาคารรวมหน่วยงานราชการ (อาคาร B)

ในการออกแบบอาคารได้มีการกำหนดทางเข้าออกหลักไว้ที่ชั้น 1 และ 2 จะมีทางเข้าออกชั้นละ 4 จุด และชั้นที่ 4 อีก 1 จุด ซึ่งทางเข้าออกแต่ละจุดจะมีเจ้าหน้าที่รักษาความปลอดภัย เครื่องสแกน และเครื่องเอ็กเรย์ติดตั้งไว้ เพื่อตรวจสอบผู้ใช้งานก่อนเข้าอาคาร นอกจากนี้ยังได้กำหนดให้พื้นที่จอดรถอยู่ห่างจากตัวอาคารหลัก เพื่อป้องกันการก่อการร้ายจากรถยนต์ (car bomb attack) อย่างมีประสิทธิภาพ

#### 2.5.4 การเพิ่มประสิทธิภาพของระบบขนส่งทางดิ่ง

เนื่องจากอาคารมีความสูงประมาณ 9 ชั้น จึงหลีกเลี่ยงไม่ได้ในการใช้งานระบบขนส่งทางดิ่ง (ลิฟต์) หากจะเปรียบเทียบในการออกแบบอาคารทั่วไป ซึ่งมีลักษณะเป็นอาคารเล็กหลาย ๆ อาคารพบว่า หากมีอาคารทั้งสิ้น 44 อาคาร จำเป็นต้องใช้ลิฟต์ประมาณ 220 ตัว จึงจะทำให้การขนส่งทางดิ่งมีประสิทธิภาพ แต่ในการออกแบบโครงการศูนย์ราชการเฉลิมพระเกียรติฯ มีการประยุกต์ใช้งานทั้งลิฟต์และบันไดเลื่อน ทำให้ในอาคารรวมหน่วยราชการ (อาคาร B) มีการใช้ลิฟต์เพียง 72 ตัว และบันไดเลื่อน 40 ตัว ทำให้ลดค่าก่อสร้าง และการใช้พลังงานในส่วนนี้ได้ประมาณ 5 ล้านบาทต่อปี



รูปที่ 20 การจัดระบบขนส่งทางดิ่งที่มีประสิทธิภาพ

### 3. การบูรณาการการออกแบบในโครงการ

จากการศึกษาการใช้เทคนิคการออกแบบเชิงบูรณาการในโครงการศูนย์ราชการเฉลิมพระเกียรติฯ จะเห็นได้ว่าเทคนิคในการออกแบบเชิงบูรณาการได้ถูกประยุกต์ใช้ในทุกส่วนของอาคาร ซึ่งต้องอาศัยความร่วมมือของสถาปนิก วิศวกร และภูมิสถาปนิก และวิศวกรทุกภาคส่วน เพื่อทำให้การบูรณาการประสบความสำเร็จและได้ประสิทธิภาพตามที่มุ่งไว้ในส่วนนี้จะ

เป็นการยกตัวอย่างเพียงบางส่วนของ การออกแบบเชิงบูรณาการในพื้นที่ของอาคาร ดังนี้

#### 3.1 การบูรณาการการใช้ประโยชน์จากบ่อน้ำรอบอาคาร

จากเทคนิคการออกแบบเชิงบูรณาการในโครงการศูนย์ราชการเฉลิมพระเกียรติฯ จะเห็นได้ว่าการใช้ประโยชน์จากบ่อน้ำในหลายส่วนมาก ซึ่งสามารถสรุปได้ดังต่อไปนี้

##### 3.1.1 การใช้งานเพื่อสร้างสภาพแวดล้อมที่ดี

ในการสร้างสภาพแวดล้อมที่ดี นอกจากจะหมายถึงความสวยงามแล้ว การใช้บ่อน้ำโดยการอาศัยเทคนิคการปรุงแต่งสภาพแวดล้อม ซึ่งมีการใช้ประโยชน์จากต้นไม้ บ่อน้ำ และพื้นที่ไม่มีการสะสมความร้อน ยังช่วยให้อุณหภูมิอากาศโดยรอบโครงการลดลง อันเป็นผลให้การถ่ายเทความร้อนเข้าสู่ตัวอาคารลดลงไป

##### 3.1.2 การใช้งานเพื่อควบคุมและป้องกันน้ำท่วม

การควบคุมและป้องกันน้ำท่วมเป็นปัญหาใหญ่ของโครงการที่ผู้ออกแบบต้องพิจารณา เนื่องจากที่ตั้งโครงการเป็นพื้นที่ลุ่มต่ำ และทางระบายน้ำตามธรรมชาติมีน้อย จึงได้ออกแบบบ่อน้ำดังกล่าวเป็นบ่อน้ำหน้า ซึ่งสามารถจุน้ำได้เพิ่มประมาณ 10,000 ลูกบาศก์เมตร จากระดับน้ำปกติ เพื่อให้หน้าฝนสามารถกักเก็บในโครงการได้ ก่อนที่จะระบายออกสู่ทางน้ำสาธารณะต่อไป

##### 3.1.3 การใช้งานเพื่อระบายความร้อนจากระบบปรับอากาศ

ตามที่ได้อธิบายแล้วว่าโครงการศูนย์ราชการเฉลิมพระเกียรติฯ อาศัยบ่อน้ำเพื่อช่วยในการระบายความร้อนจากระบบปรับอากาศ โดยอาศัยการระเหยของน้ำจากบ่อ เพื่อลดอุณหภูมิของน้ำให้ได้ตามความต้องการของวิศวกรระบบปรับอากาศและระบายอากาศ

##### 3.1.4 การใช้งานเพื่อกักเก็บน้ำไว้ใช้ยามจำเป็น

ปริมาณน้ำที่กักเก็บไว้ในบ่อมาจากน้ำฝน และน้ำที่ผ่านการบำบัดแล้วเป็นหลัก โดยน้ำในส่วนนี้จะนำไปใช้เพื่อการรดน้ำต้นไม้ การทำความสะอาดส่วนต่าง ๆ ของอาคาร เป็นต้น ทำให้เป็นการเพิ่มเสถียรภาพของการใช้น้ำอีกชั้น และทำให้โครงการสามารถมีน้ำใช้รดต้นไม้ตลอดเวลาแม้กระทั่งหน้าแล้ง

### 3.1.5 การใช้งานเพื่อสร้างความปลอดภัย

ในการออกแบบได้กำหนดให้มีบ่อน้ำล้อมรอบอาคาร รวมหน่วยราชการ (อาคาร B) เพื่อป้องกันการเข้าถึงอาคารที่ง่ายจนเกินไป ทำให้การเข้าถึงอาคารสามารถทำได้เฉพาะเส้นทางที่กำหนดเท่านั้น โดยเฉพาะจุดทางเข้าหลักของอาคาร

### 3.1.6 ความสวยงามและบรรยากาศ

สิ่งที่ผู้ออกแบบต้องการนอกจากอาคารที่มีประสิทธิภาพตอบสนองต่อความต้องการของผู้ใช้งานแล้ว ความสวยงามและบรรยากาศที่ดีเป็นอีกสิ่งที่คุณผู้ออกแบบต้องการเป็นอย่างยิ่ง การคำนึงถึงลักษณะผิวน้ำให้เกิดภาพสะท้อนที่สวยงามและมุมมองที่เหมาะสมรวมถึงบรรยากาศภายนอกที่ส่งเสริมการทำงาน และการพักผ่อนของผู้ใช้อาคาร



รูปที่ 21 บรรยากาศบริเวณบ่อน้ำรอบอาคารรวมหน่วยราชการ (บน) ภาพบ่อน้ำทิศเหนือและทิศตะวันออก เป็นบ่อนบนโครงสร้าง (ล่าง) ภาพบริเวณด้านทิศใต้และทิศตะวันตก เป็นบ่อนดินขนาดใหญ่ ลึกประมาณ 3.5 เมตร

## 3.2 การกำหนดรูปทรงของอาคาร

การกำหนดรูปทรงของอาคารในโครงการศูนย์ราชการเฉลิมพระเกียรติฯ เป็นอีกสิ่งหนึ่งที่ต้องบูรณาการความรู้จากหลากหลายสาขา เพื่อให้ได้อาคารที่มีรูปทรงสวยงาม ประหยัดพลังงาน และเหมาะสมกับการใช้งาน

### 3.2.1 การลดสัดส่วนพื้นที่เปลือกอาคารต่อพื้นที่ใช้สอย

จากความรู้และความเข้าใจว่า เปลือกอาคารภายนอกเป็นทางผ่านของความร้อนที่จะเข้าสู่ภายในอาคาร และการสร้างเปลือกอาคารภายนอกที่มีประสิทธิภาพนั้นต้องใช้ค่าก่อสร้างที่สูงมาก ดังนั้นการลดพื้นที่เปลือกอาคารต่อพื้นที่ใช้สอยให้น้อยที่สุด จะช่วยให้การถ่ายเทความร้อนผ่านเปลือกอาคารลดลง และได้เปลือกอาคารที่มีประสิทธิภาพสูงในค่าก่อสร้างที่จำกัดได้ ซึ่งในอาคารรวมหน่วยราชการ (อาคาร B) มีสัดส่วนพื้นที่เปลือกอาคารต่อพื้นที่ใช้สอยประมาณ 1.73 ซึ่งน้อยกว่าอาคารทั่วไปประมาณ 1.5-2 เท่า

ในการออกแบบจำเป็นต้องอาศัยความเข้าใจและความร่วมมือจาก สถาปนิก ภูมิสถาปนิก และวิศวกรโครงสร้าง เพื่อหารูปแบบและโครงสร้างที่เหมาะสมและประหยัดในการออกแบบอาคารที่มีลักษณะยื่นและเอียงออก

### 3.2.3 การใช้ประโยชน์จากแสงธรรมชาติให้มีประสิทธิภาพ

ความต้องการใช้ประโยชน์จากแสงธรรมชาติในพื้นที่ส่วนลึกอาคาร เป็นอีกสาเหตุหนึ่งที่ทำให้อาคารมีลักษณะเอียงออก เนื่องจากหากต้องการนำแสงธรรมชาติมาใช้ประโยชน์ให้มากที่สุด ช่องเปิดตรงกลางต้องมีขนาดใหญ่และเล็กลงมาเรื่อย ๆ เพื่อให้แสงธรรมชาติสามารถสะท้อนเข้าไปยังภายในอาคารให้ได้มากที่สุด นอกจากนี้ยังต้องอาศัยความเข้าใจในการเลือกใช้วัสดุที่ช่วยให้แสงสะท้อนลงมายังชั้นล่างได้

ในการออกแบบจำเป็นต้องอาศัยความเข้าใจและความร่วมมือจาก สถาปนิก วิศวกร และวิศวกรโครงสร้าง เพื่อหารูปแบบทางโครงสร้าง วิธีการสะท้อนของแสง และช่องเปิดที่เหมาะสม นอกจากนี้ยังต้องคำนึงถึงเรื่องการควบคุมคุณภาพของเสียงสะท้อนและเสียงรบกวนระหว่างชั้นประกอบด้วย

### 3.2.4 การเพิ่มประสิทธิภาพของเปลือกอาคาร

เทคนิคในการเพิ่มประสิทธิภาพของเปลือกอาคาร ทั้งผนังทึบ ผนังโปร่งแสง และหลังคา ให้มีศักยภาพในการป้องกันความร้อนและความชื้น เพื่อเป็นการลดภาระการทำความเย็นที่เหมาะสม

### 3.2.5 การกำหนดสัดส่วนผนังที่ต่อผนังโปร่งแสง

การกำหนดสัดส่วนผนังที่ต่อผนังโปร่งแสงจำเป็นต้องคำนึงถึงแสงธรรมชาติที่ต้องการใช้งาน นอกจากนี้ยังต้องคำนึงถึงการป้องกันการถ่ายเทความร้อนผ่านเปลือกอาคาร และงบประมาณก่อสร้าง เนื่องจากเปลือกอาคารผนังที่มีคุณสมบัติในการป้องกันการถ่ายเทความร้อนที่ดีกว่าผนังโปร่งแสง อีกทั้งราคาค่าก่อสร้างยังถูกกว่ามาก ซึ่งอาคารรวมหน่วยราชการกำหนดสัดส่วนผนังที่ต่อผนังโปร่งแสงที่ 30 %

### 3.2.6 ความสวยงามและเอกลักษณ์

เหตุผลในการออกแบบอาคารเพื่อให้มีประสิทธิภาพดังที่ได้กล่าวถึงในขั้นต้นแล้ว ความสวยงามและเอกลักษณ์อันโดดเด่นของอาคารยังเป็นสิ่งที่ต้องคำนึงถึงเป็นอย่างยิ่ง รูปแบบอาคารอันโดดเด่นทำให้บุคคลทั่วไปประทับใจได้โดยทันทีเมื่อพบเห็นอาคารหลังนี้คือ โครงการศูนย์ราชการเฉลิมพระเกียรติฯ นอกจากนี้การกำหนดให้อาคารมีส่วนยื่นที่ไม่เท่ากัน และการใช้รูปแบบเปลือกอาคารที่เป็นผนังกระจกผสมอลูมิเนียมคอมโพสิต และผนังกระจกทั้งหมดสลักรันช่วยเน้นรูปแบบของอาคารและจุดเด่นต่าง ๆ ที่สถาปนิกต้องการ เช่น จุดทางเข้าอาคารให้ชัดเจนมากยิ่งขึ้น



รูปที่ 22 บรรยากาศภายนอกอาคารของอาคารรวมหน่วยราชการ ซึ่งมีการใช้เปลือกอาคารที่มีประสิทธิภาพสูง และมีรูปทรงที่โดดเด่นเป็นเอกลักษณ์

### 3.3 การบูรณาการในลานเอนกประสงค์

ลานเอนกประสงค์เป็นพื้นที่โล่งและปรับอากาศขนาดใหญ่อยู่บริเวณกลางอาคารรวมหน่วยราชการ ใช้ประโยชน์สำหรับทำกิจกรรมต่าง ๆ ของหน่วยงาน เช่น การออกร้านขายของ การจัดงานเทศกาลของหน่วยงาน การจัดนิทรรศการ เป็นต้น

#### 3.3.1 การเพิ่มพื้นที่ใช้สอย

ลานเอนกประสงค์เป็นพื้นที่ภายในที่เกิดจากการสร้างหลังคาเพื่อปิดส่วนโล่งตรงกลางอาคาร (court) ทำให้เกิดพื้นที่ใช้สอยภายใน ซึ่งเป็นพื้นที่ปรับอากาศประมาณ 6,000 ตารางเมตร สามารถใช้งานในลักษณะเอนกประสงค์

#### 3.3.2 การใช้ประโยชน์จากแสงธรรมชาติ

การใช้แสงธรรมชาติในส่วนพื้นที่เอนกประสงค์ มีการนำแสงสะท้อนของแสงธรรมชาติมาใช้งาน และนำแสงกระจายมาใช้งานในอาคาร ซึ่งทำให้สามารถใช้ประโยชน์จากแสงธรรมชาติได้ประมาณ 750-1,000 ลักซ์

#### 3.3.3 การใช้ประโยชน์จากการลอยตัวของอากาศ

โดยปกติแล้วอากาศที่ร้อนกว่าจะเกิดการลอยตัว ทำให้อากาศที่อยู่ชั้นล่างที่เย็นกว่าจะอยู่บริเวณด้านล่าง ในการออกแบบจึงได้ทำการออกแบบโถงที่มีขนาดใหญ่และสูง เพื่อก่อให้เกิดอิทธิพลจากการลอยตัวของอากาศ เมื่อเพิ่มระบบปรับอากาศเพียงเล็กน้อยก็สามารถควบคุมสภาพอากาศให้อยู่ในสภาวะสบายได้

#### 3.3.4 การใช้ประโยชน์จากถ้ำน้ำเย็น

การใช้ประโยชน์จากถ้ำน้ำเย็นโดยใช้อิทธิพลของอุณหภูมิเฉลี่ยของพื้นผิวโดยรอบ เมื่อมีการควบคุมอุณหภูมิในบริเวณดังกล่าวที่ 28 องศาเซลเซียส จะทำให้ผู้ใช้งานบริเวณดังกล่าวจะรู้สึกเสมือน 22.5 องศาเซลเซียส

#### 3.3.5 การแก้ไขปัญหาเรื่องเสียง

เนื่องจากโถงเอนกประสงค์เป็นพื้นที่ที่มีปริมาตรขนาดใหญ่มาก จึงมีโอกาสที่จะเกิดปัญหาเสียงก้องได้สูงมาก จึงได้ออกแบบให้มีส่วนดูดซับเสียงบริเวณฝ้าเพดาน และออกแบบผนังที่มีลักษณะเอียงเพื่อลดปัญหาการสะท้อนกลับของเสียงในระนาบเดียว

กันพร้อมทั้งเลือกใช้วัสดุที่มีค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียงที่ดี ทำให้ภายในโถงมีค่า Reverberation Time ประมาณ 1.2 วินาที

### 3.3.6 การสร้างปฏิสัมพันธ์

จากการออกแบบพื้นที่ให้เกิดความร่มรื่น มีที่นั่งพักผ่อน ทำให้พื้นที่ดังกล่าวสามารถใช้เป็นที่พบปะของข้าราชการ และเจ้าหน้าที่ต่างหน่วยงาน ในช่วงเวลาเช้า กลางวัน หรือเย็น ทำให้เกิดปฏิสัมพันธ์ และเปลี่ยนความคิดเห็น อันเป็นประโยชน์ต่อการพัฒนาระบบราชการไทย เพิ่มประสิทธิภาพและประสิทธิผลของการทำงาน

### 3.3.7 การสร้างเอกลักษณ์และความเป็นไทย

จุดเด่นของการใช้ประโยชน์พื้นที่ในส่วนนี้ คือ การใช้เป็นพื้นที่ใช้สอยร่วมกัน เปรียบเสมือนชานบ้านของเรือนไทย ที่เป็นพื้นที่ใช้สอยร่วมกันของคนไทยในอดีต นับเป็นการประยุกต์ภูมิปัญญาไทยมาใช้ในการออกแบบอาคารสมัยใหม่ได้เป็นอย่างดี นอกจากนี้ยังได้เตรียมพื้นที่ตรงกลางไว้สำหรับตั้งศาลาไทยในอนาคต



รูปที่ 23 บรรยากาศภายในของลานเอนกประสงค์อาคารรวมหน่วยราชการ โครงการศูนย์ราชการฯ

## 3.4 การบูรณาการในสำนักงาน

พื้นที่สำนักงานนับเป็นหัวใจหลักของโครงการผู้ออกแบบได้บูรณาการเทคนิคต่าง ๆ เพื่อสร้างบรรยากาศให้แก่ผู้ใช้งานอย่างสมบูรณ์ ดังนี้

### 3.4.1 การลดภาระการทำควมเย็น

ด้วยการประยุกต์ใช้ประโยชน์จากมวลสารของโครงสร้างอาคาร ทำให้สามารถควบคุมสภาพแวดล้อมภายในห้องที่ได้อย่างสมบูรณ์ และอิทธิพลของอุณหภูมิเฉลี่ยของพื้นผิวโดยรอบ จะทำให้ผู้ใช้งานบริเวณดังกล่าวจะรู้สึกเสมือน 25.42 องศาเซลเซียส ในขณะที่อาคารทั่วไปอาจทำให้ผู้ใช้งานรู้สึกเสมือน 30.32 องศาเซลเซียส ทำให้ลดภาระการทำควมเย็นลงไปได้

### 3.4.2 การเพิ่มคุณภาพอากาศภายในอาคาร

ด้วยการใช้ระบบบริหารจัดการอากาศบริสุทธิ์ ทำให้อาคารสามารถควบคุมปริมาณออกซิเจนสำหรับหายใจได้อย่างเหมาะสม ลดอาการง่วงนอนเนื่องจากปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในร่างกายนอกจากนี้ยังได้เตรียมพื้นที่ตรงกลางไว้สำหรับตั้งศาลาไทยในอนาคต

นอกจากนี้คุณภาพอากาศที่เกิดจากการเลือกใช้วัสดุที่เหมาะสม หลีกเลี่ยงการใช้งานวัสดุที่มีส่วนผสมของกาว พอร์มาลดีไฮด์ การสะสมของเชื้อรา นอกจากนี้ยังมีการจัดพื้นที่การใช้งานที่อาจก่อให้เกิดปัญหาต่อคุณภาพอากาศภายในอาคาร เช่น ห้องถ่ายเอกสาร ห้องสูบบุหรี่ เป็นส่วนแยกเฉพาะซึ่งจะมีการนำอากาศที่ใช้งานภายในห้องเหล่านี้ออกไปทิ้งโดยตรง ทำให้คุณภาพอากาศภายในอาคารของโครงการศูนย์ราชการเฉลิมพระเกียรติฯ สูงกว่าอาคารสำนักงานทั่วไป

### 3.4.3 การแก้ไขปัญหาเรื่องเสียง

ส่วนสำนักงานมีการใช้วัสดุแข็งเป็นพื้นเพดาน เพื่อใช้ประโยชน์จากความเย็นในมวลสาร ทำให้มีโอกาสที่จะเกิดปัญหาเรื่องเสียงได้ จึงได้ออกแบบให้มีการบูรณาการวัสดุดูดซับเสียงเข้าไปในเพอร์นิเจอร์ และวัสดุตกแต่งต่าง ๆ เช่น ผนังกันแยกส่วน (partition) มีการเสริมฉนวนใยแก้วเพื่อเพิ่มคุณสมบัติการดูดซับเสียง ทำให้ภายในสำนักงานมีค่า Reverberation Time ประมาณ 1.0 - 0.8 วินาที ซึ่งเหมาะสมต่อการทำงาน การประชุม



#### 3.4.4 การใช้แสงธรรมชาติ

การประยุกต์ใช้แสงธรรมชาติในส่วนสำนักงานทำให้สามารถนำแสงธรรมชาติมาใช้งานซึ่งมีความลึกประมาณ 20 เมตรได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยมีระดับความส่องสว่างเฉลี่ย 150 ลักซ์ ส่วนบริเวณใกล้ช่องเปิดจะมีระดับความส่องสว่างสูงประมาณ 300 – 400 ลักซ์

#### 3.4.5 การเลือกวัสดุเพื่อช่วยในการสะท้อนแสง

ปัจจัยที่ช่วยให้สามารถใช้ประโยชน์จากแสงธรรมชาติได้ลึกกว่าอาคารทั่วไป คือการเลือกใช้วัสดุภายในที่มีลักษณะที่ค่อนข้างเรียบมัน และมีสีอ่อน ได้แก่ วัสดุพื้น ผืนผ้า เพดาน และเฟอร์นิเจอร์ต่าง ๆ ทำให้แสงธรรมชาติสามารถส่องเข้ามาลึกจากแนวกระจกประมาณ 8-10 เมตร

#### 3.4.6 การบูรณาการแสงธรรมชาติและแสงประดิษฐ์

ผลของการบูรณาการแสงธรรมชาติและแสงประดิษฐ์ในสำนักงาน ทำให้สามารถควบคุมการใช้แสงประดิษฐ์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ ลดการใช้พลังงานไฟฟ้าแสงสว่างได้ประมาณ 30 %

#### 3.4.7 ระบบไฟฟ้าและสื่อสาร

การออกแบบสำนักงานได้แก้ปัญหาการเดินสายไฟและสายโทรศัพท์ ไปยังโต๊ะทำงานต่าง ๆ โดยการบูรณาการเข้ากับผนังกั้นแยกส่วน (partition) โต๊ะทำงาน และการใช้เสาเพื่อนำสายไฟลงมาจากฝ้าเพดาน (power column) ทำให้ไม่ต้องมีสายไฟเดินตามพื้น ทำให้พื้นที่สำนักงานดูสะอาดตาและง่ายต่อการดูแลรักษา



รูปที่ 24 บรรยากาศของพื้นที่สำนักงานมาตรฐาน ในโครงการศูนย์ราชการ และช่องโถงบริเวณส่วนสำนักงานที่ช่วยให้สามารถใช้แสงธรรมชาติได้อย่างมีประสิทธิภาพ

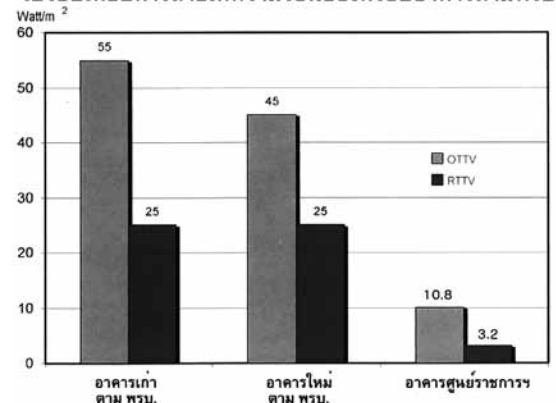
## 4. ผลของการบูรณาการการออกแบบ

ผลจากการศึกษาการการออกแบบเชิงบูรณาการในโครงการศูนย์ราชการเฉลิมพระเกียรติฯ มีดังต่อไปนี้

### 4.1 อาคารประหยัดพลังงานศักยภาพสูง

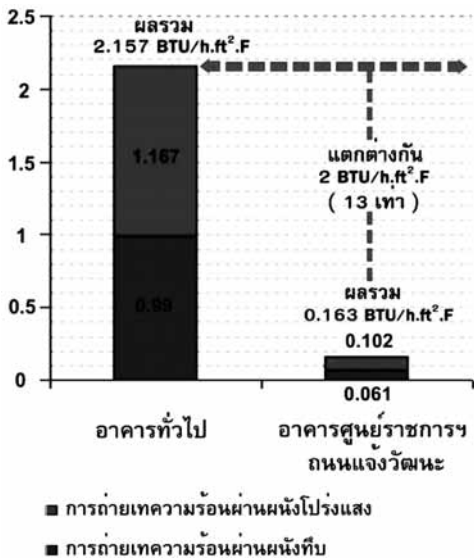
ผลจากการออกแบบเชิงบูรณาการทำให้โครงการศูนย์ราชการเฉลิมพระเกียรติฯ ได้อาคารประหยัดพลังงานที่มีศักยภาพสูง มีค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของอาคาร (OTTV) ประมาณ 10.8 W/m<sup>2</sup> ซึ่งน้อยกว่าข้อกำหนดตาม พ.ร.บ. ประมาณ 4.2 เท่า และมีค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของหลังคา (RTTV) 3.2 W/m<sup>2</sup> ซึ่งน้อยกว่าข้อกำหนดตาม พ.ร.บ. การส่งเสริมและอนุรักษ์พลังงาน 2545 ประมาณ 7.2 เท่า

เปรียบเทียบการถ่ายเทความร้อนของกรอบอาคารตามพรบ.



รูปที่ 25 แสดงการเปรียบเทียบค่า OTTV และ RTTV ของอาคารตาม พ.ร.บ. และอาคารในโครงการศูนย์ราชการเฉลิมพระเกียรติฯ

เมื่อคำนวณการถ่ายเทความร้อนผ่านเปลือกอาคารตามความเป็นจริงแล้วพบว่า อาคารในโครงการศูนย์ราชการเฉลิมพระเกียรติฯ มีการถ่ายเทความร้อนผ่านเปลือกอาคารเพียง 0.163 Btu/h.ft<sup>2</sup>F ในขณะที่อาคารทั่วไปมีการถ่ายเทความร้อนผ่านเปลือกอาคารถึง 2.157 Btu/h.ft<sup>2</sup>F หรือแตกต่างกันประมาณ 13 เท่า



รูปที่ 26 การเปรียบเทียบการถ่ายเทความร้อนผ่านเปลือกอาคาร ระหว่างอาคารทั่วไปกับอาคารในโครงการศูนย์ราชการเฉลิมพระเกียรติฯ

#### 4.2 การลดภาระการทำความร้อนของอาคาร

ผลจากการออกแบบเชิงบูรณาการทำให้อาคารรวมหน่วยราชการมีอัตราการถ่ายเทความร้อนผ่านเปลือกอาคารน้อยกว่าอาคารทั่วไปประมาณ 20 เท่า จากเทคนิคการปรุงแต่งสภาพแวดล้อมและการเพิ่มประสิทธิภาพของเปลือกอาคาร นอกจากนี้ด้วยวิธีการควบคุมสัดส่วนของพื้นที่เปลือกอาคารต่อพื้นที่ใช้สอย ทำให้มีพื้นที่เปลือกอาคารน้อยกว่าอาคารทั่วไปประมาณ 2 เท่า ซึ่งทำให้การถ่ายเทความร้อนผ่านเปลือกอาคารน้อยกว่าอาคารทั่วไป ส่วนเทคนิคการออกแบบอื่น ๆ เช่น การใช้มวลสารในอาคาร การใช้บ่อน้ำเพื่อการระบายความร้อน มีผลให้ประสิทธิภาพของระบบปรับอากาศในอาคารสูงขึ้น

ผลจากการลดภาระการทำความร้อนของอาคารทำให้โครงการศูนย์ราชการเฉลิมพระเกียรติฯ ลดความต้องการในระบบปรับอากาศเหลือเพียง 5,000 ตันความเย็น หรือประมาณ 120 ตารางเมตรต่อตันความเย็น ในขณะที่อาคารที่ออกแบบด้วยวิธีทั่วไป จะมีความต้องการในระบบปรับอากาศประมาณ 15-24 ตารางเมตรต่อตันความเย็น โครงการนี้มีความต้องการในระบบปรับอากาศน้อยกว่าโครงการทั่วไปประมาณ 5-8 เท่า

#### 4.3 การลดความต้องการไฟฟ้า

ผลจากการออกแบบเชิงบูรณาการนอกจากจะทำให้ความต้องการในระบบปรับอากาศของโครง-

การลดลงแล้ว ยังทำให้ความต้องการไฟฟ้าในระบบทำความเย็นของอาคารลดลงไปอย่างมาก นอกจากนี้การเลือกใช้อุปกรณ์ที่มีประสิทธิภาพสูง เช่น ปั๊มน้ำหลอดไฟ และอุปกรณ์ที่เกี่ยวข้อง โคมไฟ รวมถึงการออกแบบจัดวางที่มีประสิทธิภาพ และลดความซับซ้อนหรือการหักงอของเส้นท่อ ทำให้ประหยัดพลังงานไฟฟ้าที่ต้องใช้กับอุปกรณ์ต่าง ๆ ได้อย่างมาก

ผลจากการออกแบบทำให้โครงการศูนย์ราชการเฉลิมพระเกียรติฯ มีความต้องการใช้ไฟฟ้าเพียง 35 MW หากเทียบกับการออกแบบอาคารแบบทั่วไปจะมีความต้องการใช้ไฟฟ้าถึง 65 MW นอกจากนี้ตัวโครงการยังสามารถผลิตกระแสไฟฟ้า ณ จุดใช้งานจากระบบผลิตน้ำเย็นและไฟฟ้าอีกประมาณ 10 MW ทำให้มีความต้องการไฟฟ้าจากการไฟฟ้านครหลวงอีกเพียง 25 MW

เมื่อคำนวณความต้องการใช้ไฟฟ้าเฉลี่ยทั้งปีพบว่า โครงการศูนย์ราชการเฉลิมพระเกียรติฯ มีความต้องการใช้ไฟฟ้าเพียง 60 kWh/m<sup>2</sup>/year ในขณะที่อาคารทั่วไปต้องการใช้ไฟฟ้าถึง 280 kWh/m<sup>2</sup>/year ซึ่งแตกต่างกันประมาณ 4.7 เท่า

#### 4.4 การลดการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์

การปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของโครงการมาจากการใช้ไฟฟ้าเป็นหลัก เนื่องจากในโครงการไม่มีการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากแหล่งอื่น ค่ามาตรฐานของการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของประเทศไทยอยู่ที่ 0.45 kgCO<sub>2</sub>/kWh ทำให้อาคารในโครงการศูนย์ราชการฯ มีการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์อยู่ที่ประมาณ 27 kgCO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup>/year ในขณะที่อาคารทั่วไปจะมีการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์อยู่ที่ประมาณ 126 kgCO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup>/year

นอกจากนี้เมื่อมีการใช้งานระบบผลิตน้ำเย็นและไฟฟ้า ซึ่งมีการใช้งานเครื่องผลิตไฟฟ้าชนิดดูดซึม ซึ่งมีการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์อยู่ที่ 0.19 kgCO<sub>2</sub>/kWh จะทำให้อาคารในโครงการศูนย์ราชการฯ มีการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์อยู่ที่ประมาณ 23.5 kgCO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup>/year และหากมีการใช้พลังงานทดแทนเช่นพลังงานแสงอาทิตย์ตามที่ผู้ออกแบบได้เตรียมไว้ในอนาคต สามารถทำให้อาคารในโครงการศูนย์ราชการฯ มีการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ลดลงเหลือ 19 kgCO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup>/year ได้

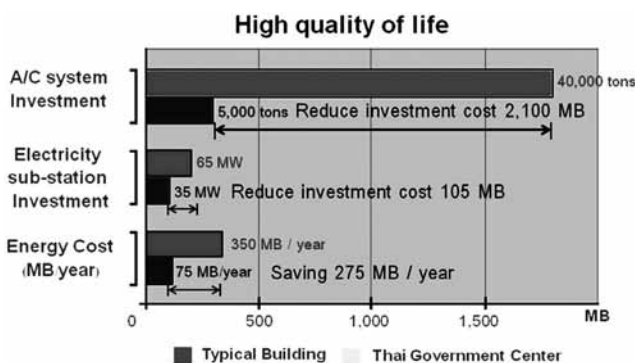
#### 4.5 การลดค่าลงทุนก่อสร้างและค่าไฟฟ้า

โดยสรุปภาพรวมของการลงทุนจะเห็นได้ว่าการออกแบบเชิงบูรณาการในโครงการศูนย์ราชการเฉลิมพระเกียรติฯ ทำให้การลงทุนในระบบปรับอากาศและการลงทุนในการก่อสร้างสถานีไฟฟ้าลดลงไปอย่างมาก ซึ่งสามารถนำเงินดังกล่าวมาลงทุนในส่วนของการเลือกอาคาร งานสถาปัตยกรรม และงานตกแต่งภายในเพิ่มเติม ทำให้ได้อาคารที่มีศักยภาพสูงและคงคุณภาพชีวิตของผู้ใช้งานได้อย่างครบถ้วน

การลงทุนในระบบปรับอากาศทั่วไปมีค่าประมาณ 60,000 บาทต่อตันความเย็น ในการออกแบบโครงการศูนย์ราชการเฉลิมพระเกียรติฯ มีความต้องการในระบบปรับอากาศเพียง 5,000 ตันความเย็น คิดเป็นมูลค่า 300 ล้านบาท เฉลี่ย 500 บาทต่อตารางเมตร ในขณะที่การออกแบบแบบทั่วไปอาจมีความต้องการในระบบปรับอากาศสูงถึง 40,000 ตันความเย็น คิดเป็นมูลค่า 2,400 ล้านบาท เฉลี่ย 4,000 บาทต่อตารางเมตร ซึ่งลดการลงทุนในระบบปรับอากาศลงถึง 2,100 ล้านบาท

การลงทุนในการก่อสร้างสถานีไฟฟ้าย่อย ซึ่งทางโครงการต้องทำการก่อสร้างแล้วส่งมอบให้แก่การไฟฟ้านครหลวงนั้น เมื่อความต้องการใช้ไฟฟ้าลดลงจาก 65 MW เหลือเพียง 35 MW ทำให้ค่าก่อสร้างและการติดตั้งหม้อแปลงไฟฟ้าในส่วนนี้ลดลงได้ประมาณ 105 ล้านบาท

ค่าใช้จ่ายด้านพลังงานจะลดลงตามความต้องการใช้ไฟฟ้าเช่นกัน เมื่อคำนวณค่าไฟฟ้าที่ 2.5 บาทต่อหน่วย จะพบว่าค่าไฟฟ้าสำหรับโครงการศูนย์ราชการจะใช้เพียง 75 ล้านบาทต่อปี ในขณะที่อาคารทั่วไปต้องเสียค่าไฟฟ้าประมาณ 350 ล้านบาทต่อปี ซึ่งลดค่าไฟฟ้าลงได้ประมาณ 275 ล้านบาทต่อปี หรือลดลงประมาณ 78.5%



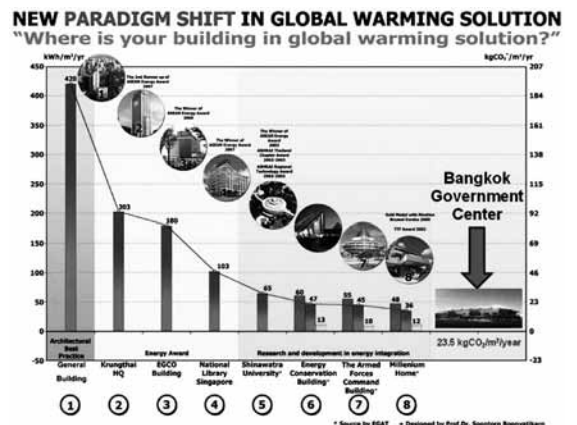
รูปที่ 27 การเปรียบเทียบการลงทุนในระบบปรับอากาศ สถานีไฟฟ้าย่อย และค่าไฟฟ้า ระหว่างอาคารทั่วไปกับโครงการศูนย์ราชการเฉลิมพระเกียรติฯ

#### 5. บทสรุปการใช้เทคนิคการออกแบบเชิงบูรณาการ

จากการศึกษาเทคนิคการออกแบบเชิงบูรณาการในโครงการศูนย์ราชการเฉลิมพระเกียรติฯ พบว่าการที่จะทำการบูรณาการการออกแบบเพื่อให้ได้ผลงานที่มีประสิทธิภาพนั้น คณะทำงานออกแบบทุกภาคส่วนต้องให้ความร่วมมือในการทำงาน และมีเป้าหมายเดียวกัน เพื่อให้การทำงานสามารถสัมฤทธิ์ผลได้

ดังตัวอย่างการศึกษาของโครงการศูนย์ราชการเฉลิมพระเกียรติฯ มีเป้าหมายในการออกแบบประหยัดพลังงานและเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมที่มีศักยภาพสูง ที่ยังคงรักษาคุณภาพชีวิตของผู้ใช้งานอาคารไว้อย่างครบถ้วน รวมถึงการส่งเสริมประสิทธิภาพและประสิทธิผลของการทำงาน โดยมีการกำหนดให้มีคณะกรรมการอำนวยการ ซึ่งเป็นหัวหน้าคณะทำงานในสาขาต่าง ๆ เพื่อทำหน้าที่บริหารและควบคุมการทำงาน ออกแบบให้ได้ผลตามเป้าหมายที่กำหนดไว้ได้อาคารที่สามารถประหยัดพลังงานมากกว่าอาคารอื่นประมาณ 5-8 เท่า เนื่องจากมีภาระการทำความเย็นเพียง 120 ตันต่อตารางเมตร ลดภาระการลงทุนในระบบปรับอากาศประมาณ 1,500 ล้านบาท และลดค่าไฟฟ้าลงประมาณ 275 ล้านบาทต่อปี

เมื่อนำอาคารศูนย์ราชการเฉลิมพระเกียรติฯ มาประยุกต์กับแนวคิดการปฏิบัติแกนแนวคิดทางสถาปัตยกรรม ในการใช้พลังงานในอาคารและการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จะพบว่า มีการใช้พลังงานเพียง 60 kWh/m<sup>2</sup>/year และมีการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ประมาณ 23.5 kgCO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup>/year



รูปที่ 28 แสดงการประยุกต์การปฏิบัติแนวคิดทางสถาปัตยกรรมกับโครงการศูนย์ราชการเฉลิมพระเกียรติฯ (ประยุกต์จาก วรสันต์ บูรณาการญาณ, 2551)

โครงการศูนย์ราชการเฉลิมพระเกียรติฯ อยู่ในยุคที่ใช้แนวทางการวิจัยและพัฒนาเชิงบูรณาการด้านการประหยัดพลังงาน และสามารถเข้าถึงยุคทุนนิยมธรรมชาติได้ในอนาคตหลังจากการประยุกต์ใช้พลังงานทดแทนตามที่ได้ออกแบบไว้ นับว่าเป็นอาคารสาธารณะขนาดใหญ่โครงการแรกของประเทศไทย ที่สามารถเข้าถึงยุคทุนนิยมธรรมชาติได้อย่างสมบูรณ์

## กิตติกรรมประกาศ

การศึกษานี้สามารถเสร็จสมบูรณ์ได้เนื่องจากความช่วยเหลือ และความอนุเคราะห์ข้อมูลจากหน่วยงานต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง ได้แก่ บริษัท ชนารักษ์พัฒนาสินทรัพย์ จำกัด กลุ่มที่ปรึกษาออกแบบ GCDC กลุ่มที่ปรึกษาควบคุมและบริหารโครงการ PMSC และศูนย์เชี่ยวชาญด้านเทคโนโลยีอาคารและสิ่งแวดล้อม คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

## References

- กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน. (2552). *รายงานไฟฟ้าของประเทศไทย 2552*. กรุงเทพฯ: ศูนย์สารสนเทศข้อมูลพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน.
- กลุ่มที่ปรึกษาออกแบบ GCDC (Government Center Design Consultant). (2553a). *รายงานการออกแบบฉบับสมบูรณ์*. [พิมพ์อัดสำเนา].
- กลุ่มที่ปรึกษาออกแบบ GCDC (Government Center Design Consultant). (2553b). *รายงานการออกแบบฉบับสมบูรณ์ ภาคผนวกเล่ม 1*. [พิมพ์อัดสำเนา].
- กลุ่มที่ปรึกษาออกแบบ GCDC (Government Center Design Consultant). (2553c). *รายงานการออกแบบฉบับสมบูรณ์ ภาคผนวกเล่ม 2*. [พิมพ์อัดสำเนา].
- นัฐพล จิรัฐติกาลกิจ. (2547). *แนวทางการออกแบบประสานระบบเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพด้านพลังงานในอาคารสาธารณะขนาดเล็ก*. วิทยานิพนธ์สถาปัตยกรรมศาสตรมหาบัณฑิต, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- วรสิทธิ์ บูรณากาญจน์. (2551). *การปฏิวัติแกนความคิดทางสถาปัตยกรรม Paradigm Shift in Architecture*. *วารสารอาษา* 10:51/11:51, 72-76.
- สุนทร บุญญาธิการ. (2542). *เทคนิคการออกแบบบ้านประหยัดพลังงานเพื่อคุณภาพชีวิตที่ดีกว่า*. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- สุนทร บุญญาธิการ. (2545). *อาคารอนุรักษ์พลังงานเฉลิมพระเกียรติ*. กรุงเทพฯ: เดอะมาสเตอร์ เจอร์นัล.
- สุนทร บุญญาธิการ. (2546). *การออกแบบประสานระบบ มหาวิทยาลัยชินวัตร*. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- สุนทร บุญญาธิการ. (2547). *บ้านชีวาทิตย์ บ้านพลังงานแสงอาทิตย์ เพื่อคุณภาพชีวิตผลิตพลังงาน*. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ASHRAE. (1977). *Handbook of fundamentals (1977)*. Atlanta: American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers.
- ASHRAE. (1999). *Handbook of HVAC application (1999)*. Atlanta: American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers.
- ASHRAE. (2001). *Handbook of fundamentals (2001)*. Atlanta: American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers.
- Carl, B. (1991). *Architectural design: Integration of structural and environmental system*. New York: John Wiley & Sons.
- Fanger, O. P. (1972). *Thermal comfort*. New York: McGraw-Hill.
- Olgay, V. (1963). *Design with climate: Bioclimatic approach to architectural regionalism*. Princeton: Princeton University Press.
- Rush, R. D. (1985). *The building system integration handbook*. New York: John Wiley & Sons.
- Stein, B., & Reynolds, S. (1992). *Mechanical and electrical equipment for building (8<sup>th</sup> ed.)*. New York: John Wiley & Sons.