

บทที่ 2

แนวคิดทฤษฎีและผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 กรณีศึกษาการพิจารณาเปลี่ยนเครื่องทำน้ำเย็น

ปัจจัยที่ทำให้เกิดแนวความคิดในการเปลี่ยนเครื่องทำน้ำเย็น (Chiller) ของอาคารมีหลายปัจจัย โดยปัจจัยหลักนั้นเป็นเรื่องของประสิทธิภาพการใช้พลังงาน เสถียรภาพของเครื่องทำน้ำเย็น และสารทำความเย็นที่ใช้กับเครื่องทำน้ำเย็น เป็นต้น ผู้วิจัยจึงได้ค้นคว้าและศึกษาการเปลี่ยนเครื่องทำน้ำเย็นของโครงการอื่นๆ เพื่อวิเคราะห์ถึงความเหมาะสมในการเปลี่ยนเครื่องทำน้ำเย็นของอาคาร

2.1.1 โรงแรมโนโวเทลสยามสแควร์

สถานที่ : สยามสแควร์ จังหวัดกรุงเทพมหานคร

ความเป็นมา และข้อมูลพื้นฐาน : โรงแรมโนโวเทล เป็นโรงแรมขนาด 492 ห้องพัก มีความสูง 18 ชั้น เวลาทำการ 24 ชั่วโมงต่อวัน 365 วันต่อปี พื้นที่ปรับอากาศ 27,440 ตารางเมตร สัดส่วนการใช้พลังงานสำหรับระบบปรับอากาศ 45.57%

สาเหตุที่เปลี่ยนเครื่องทำน้ำเย็น

1. ทางโรงแรมมีนโยบายลดการใช้พลังงานในระบบปรับอากาศ จึงได้ศึกษาและทำการเปลี่ยนเครื่องทำน้ำเย็นชนิดแรงเหวี่ยง (Centrifugal Type) ขนาด 450 ตันความเย็น เป็นเครื่องทำน้ำเย็นชนิดแรงเหวี่ยงที่มีประสิทธิภาพสูงขึ้น เพื่อทดแทนเครื่องทำน้ำเย็นเดิมที่ใช้งานมานาน และเพื่อปรับปรุงค่าสมรรถนะการทำความเย็นของเครื่องให้ดีขึ้น ทำให้สามารถประหยัดพลังงานในระบบปรับอากาศได้ประมาณ 15%

วางแผนประหยัดพลังงานเป็นขั้นตอนมาตรการบางส่วนของโรงแรมที่ได้ดำเนินการไปแล้ว และมีการลงทุนในบางมาตรการ เช่น การติดตั้งระบบ Ozone System เพื่อนำโอโซนมาใช้กับระบบเครื่องซักผ้า ลดการใช้น้ำร้อน ต่อมา มีการเปลี่ยน Chiller ขนาด 450 ตัน จำนวน 3 เครื่อง เป็นขนาด 500 ตัน 2 เครื่อง โดยยังเก็บขนาด 450 ตันไว้ 1 เครื่อง

2. มีการแก้ไขระบบน้ำยาที่ใช้แบบที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม ผลสามารถประหยัดได้ถึง 770 MW/ปี เป็นเงินกว่าสองล้านบาท

และต่อมา มีการติดตั้ง VSD เพื่อควบคุมการทำงานของ Chiller ให้เหมาะสม สามารถประหยัดพลังงานได้ 140,000 Kwh/ปี และยังได้ติดตั้ง Voltage Decorator ขนาด 1,000 kw. เข้ากับ

หม้อแปลงขนาด 2,000 KVA จำนวน 2 ชุด ทำให้สามารถประหยัดพลังงานได้ 5% ลดอัตราการเปลี่ยนหลอดไฟได้ 60,000 บาท/ปี นอกจากนี้ยังมีการติดตั้งอุปกรณ์รักษาความสะอาด Cooling Towers และ Chiller โดยบริษัท Synergy และติดตั้งระบบ Automatic สำหรับเครื่องปรับอากาศ เป็นต้น

ลดการใช้ Cooling Towers ประหยัดไฟ 166,356 บาท/ปี โรงแรมมี Chiller จำนวน 3 ตัว บริษัทที่ปรึกษาได้แนะนำให้เดินเครื่อง Chiller ตัวที่มีประสิทธิภาพสูงสุดเป็นหลัก โดยควบคุมการเปิด-ปิดด้วยคอมพิวเตอร์ ทำให้สามารถเลือกได้ว่าเดินเครื่อง Chiller ตัวไหน ระยะเวลาใด โดยเลือกตัวที่มีประสิทธิภาพสูงสุดในการเดินเครื่อง ผลจากการดำเนินการมาตรการสามารถประหยัดพลังงานไฟฟ้า 16,858 Kwh/ปี คิดเป็นเงิน 482,143 บาท/ปี รวมทั้งมีการปรับลดอากาศส่วนเกินของ Thermal Oil No.2 โดยทำการปรับลด Damper อากาศที่เข้าห้องเผาไหม้ โดยที่อากาศนี้จะต้องไม่ทำให้เกิดเขม่าควันที่ปล่องไอเสีย สามารถประหยัดพลังงานไฟฟ้า 24,556 Kwh/ปี คิดเป็นเงิน 436,325 บาท/ปี

นอกจากนี้ยังลดการเดิน Cooling Towers หรือหอผึ่งน้ำเย็นจากเดิมจำนวน 3 ชุด โดยไม่ทำให้ความเย็นลดลง ผลจากการดำเนินการมาตรการสามารถลดพลังงานไฟฟ้าได้ 58,166 Kwh/ปี เป็นเงิน 166,356 บาท/ปี

กรณีศึกษาดังกล่าวข้างต้นทำให้ทราบถึงมูลเหตุในการเปลี่ยนเครื่องทำน้ำเย็น (Chiller) อันเนื่องมาจากเหตุผลดังนี้.

1. เครื่องทำน้ำเย็นผ่านการใช้งานมานานจนเสื่อมสภาพ
2. มีค่าประสิทธิภาพการทำงานต่ำ
3. ใช้พลังงานไฟฟ้าสูงส่งผลให้สิ้นเปลืองพลังงาน
4. ค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษามีแนวโน้มสูงขึ้นอย่างต่อเนื่อง
5. ภาครัฐส่งเสริมการใช้เครื่องทำน้ำเย็น (Chiller) ประสิทธิภาพสูง

2.1.2 โครงการสาธิตการปรับเปลี่ยนเครื่องทำน้ำเย็น (Chiller) ในระบบปรับอากาศ ที่ใช้สารซีเอฟซี (CFC) เป็นสารทำความเย็น

ประเทศไทยเป็นประเทศแรกของประเทศภาคีภายใต้พิธีสารมอนทรีออล ที่ได้รับเงินช่วยเหลือในรูปแบบเงินกู้ปลอดดอกเบี้ย (Concessional Loan) จำนวน 4,975 ล้านดอลลาร์ จากกองทุนพหุภาคีและกองทุนสิ่งแวดล้อมโลกเพื่อนำมาใช้ในการนำร่องเพื่อปรับเปลี่ยนเครื่องทำน้ำเย็นที่ใช้ในระบบปรับอากาศขนาดใหญ่ที่ใช้สารซีเอฟซีเป็นสารทำความเย็น หรือที่เรียกว่า CFC Chiller ภายใต้โครงการสาธิตการปรับเปลี่ยนเครื่องทำน้ำเย็นในระบบปรับอากาศที่ใช้สารซีเอฟซีเป็นสารทำความเย็น (The Pilot Project of Building Chiller Replacement Program) ระยะที่

1 จำนวน 24 เครื่อง เนื่องจากการปรับเปลี่ยน CFC Chiller จะช่วยให้ประเทศไทยสามารถลดปริมาณความต้องการใช้สารซีเอฟซีในการซ่อมบำรุง CFC Chiller ซึ่งจะสอดคล้องกับคำรับรองของรัฐบาลไทยในการลดการใช้สารซีเอฟซีตามพันธกรณีที่กำหนดไว้ในพิธีสารมอนทรีออล และในขณะเดียวกันสารซีเอฟซีที่เก็บได้จาก CFC Chiller ที่ถูกปรับเปลี่ยนและรีโอดอนจะถูกทำให้สะอาด และนำกลับมาใช้ในการซ่อมบำรุง CFC Chiller ที่ยังมีอายุการใช้งานที่เหลืออยู่ในประเทศไทย เพื่อรองรับสภาพการขาดแคลนสารดังกล่าวที่จะเกิดขึ้นในอนาคตอันใกล้

จากข้อมูลการสำรวจโดยกรมโรงงานอุตสาหกรรมในปี พ.ศ. 2542 พบว่ามีเครื่องทำน้ำเย็นในระบบปรับอากาศที่ใช้สารซีเอฟซีเป็นสารทำความเย็น (CFC Chiller) ซึ่งได้รับการติดตั้งก่อนปี พ.ศ. 2536 ประมาณ 1,400 เครื่องโดยใช้ CFC-11 และ CFC-12 เป็นสารทำความเย็น CFC Chiller มีความสามารถในการทำความเย็น (Cooling Capacity) เฉลี่ยประมาณ 400-500 ตันความเย็น มีอายุการใช้งานเฉลี่ยประมาณ 8 ปี และยังสามารถใช้งานต่อไปได้อีกประมาณ 17 ปี ก่อนที่จะหมดอายุการใช้งาน CFC Chiller เหล่านี้มีอัตราเฉลี่ยในการรั่ว (Leakage Rate) ของสาร CFC ประมาณ 10% ต่อปี และมีอัตราการใช้กระแสไฟฟ้า (Power Consumption) อยู่ในช่วงระหว่าง 0.8-1.0 กิโลวัตต์/ตันความเย็น แต่ปัจจุบัน Chiller ได้รับการพัฒนาให้มีประสิทธิภาพสูงขึ้น อัตราการใช้กระแสไฟฟ้าได้ลดลงเหลือประมาณ 0.5-0.6 กิโลวัตต์/ตัน ความเย็นและใช้สารทำความเย็นชนิดอื่นทดแทนการใช้สารซีเอฟซี

ในโครงการสาธิตได้กำหนดเงื่อนไขให้ผู้เข้าร่วมโครงการสามารถนำส่วนต่างของค่ากระแสไฟฟ้าที่ลดลงจากการปรับเปลี่ยน CFC Chiller มาชำระเงินคืนกองทุนได้ภายในระยะเวลาที่กำหนด ทั้งนี้หากเครื่องทำน้ำเย็นในระบบปรับอากาศที่นำมาทดแทนไม่มีประสิทธิภาพตามที่กำหนด อันเนื่องมาจากเทคโนโลยีไม่เหมาะสมกับสภาวะการปฏิบัติงานในภูมิอากาศของประเทศไทย จำนวนเงินกู้ที่จะต้องนำส่งคืนจะถูกลดไปตามสัดส่วนของประสิทธิภาพที่แท้จริงของเครื่องนำมาทดแทน (Technology Risk)

หลังดำเนินโครงการระยะที่ 1 เสร็จสิ้น มีเจ้าของ CFC Chiller จำนวน 7 ราย เข้าร่วมโครงการเพื่อเปลี่ยน NonCFC Chiller ทั้งสิ้น 17 เครื่อง ดังแสดงในตารางดังต่อไปนี้

Project Summary

Item	Beneficiary	Chiller Performance (kW/Ton)			Energy Savings (kWh/Yr)		Energy Savings (Baht/Yr)	
		Old	Specs	New*	Estimated	Actual	Estimated	Actual
1	Rama Garden Hotel CH1	0.925	0.605	0.705	821,612	307,930	1,807,546	677,445
	Rama Garden Hotel CH2	0.925	0.605	0.603	821,612	450,697	1,807,546	991,533
2	Thai CRT	0.821	0.587	0.480	1,337,676	2,267,132	2,942,887	4,987,690
3	Venus Thread	1.119	0.63	0.576	1,148,997	1,318,499	2,527,793	2,900,697
4	Toshiba Semiconductor	0.97	0.562	0.560	917,490	1,168,733	2,018,478	2,571,213
5	Jong Stit Factory	0.897	0.584	0.676	970,678	773,323	2,135,492	1,701,311
6	Euromill Group (Novotel)							
	Novotel Bangna CH2 ^a	1.348	0.605	0.480	678,260	820,073	1,492,172	1,804,160
	Novotel Bangna CH3 ^a	1.339	0.605	0.665	669,852	636,784	1,473,674	1,400,926
7	Grand Amarin Group							
	Amarin Plaza CH2	0.875	0.557	0.550	661,078	739,206	1,454,372	1,626,253
	Amarin Plaza CH3	0.800	0.557	0.560	490,947	636,854	1,080,083	1,401,080
	Amarin Plaza CH4	0.863	0.577	0.600	632,192	598,188	1,390,822	1,316,014
	SOGO CH1	1.202	0.588	0.580	819,233	1,160,801	1,802,313	2,553,763
	SOGO CH2	1.112	0.588	0.735	692,422	703,572	1,523,328	1,547,859
	Grand Hyatt Erawan CH2	0.819	0.558	0.542	737,876	872,351	1,623,327	1,919,171
	Grand Hyatt Erawan CH3	0.834	0.558	0.498	784,801	1,058,158	1,726,562	2,327,948
	Grand Hyatt Erawan CH4 ^b	0.854	0.606	0.540	794,563	872,351	1,748,039	1,919,171
	Total					14,384,652	28,554,436	31,646,233
	Reduction CO2 Emission : 3,165 ton-carbon/year from the estimated 2,855 ton-carbon/year							

ภาพที่ 2.1 รายชื่อโครงการที่มีการเปลี่ยนเครื่องทำน้ำเย็น (Non CFC Chiller) จำนวน 7 ราย

ที่มา : รายงานฉบับกลางปี ระหว่างเดือน กรกฎาคม-ธันวาคม พ.ศ. 2547 บริษัทเงินทุนอุตสาหกรรมแห่งประเทศไทย)

ตารางที่ 2.1 จำนวนผู้เข้าร่วมโครงการเพื่อเปลี่ยน Non CFC Chiller

รายการ	ดัชนีชี้วัดผลการดำเนินโครงการ	ผลหลังการดำเนินโครงการ
จำนวนผู้เข้าร่วมโครงการ	20-24	17
ลดปริมาณการใช้กระแสไฟฟ้า (เมกะวัตต์ ชั่วโมง/ปี)	14,400	12,653
ลดปริมาณการใช้สารซีเอฟซี (โอดีพีตัน/17ปี)	20.40	38.59

ที่มา: [http://www/cjo.;;erre\[;ace/dow/go.th/](http://www/cjo.;;erre[;ace/dow/go.th/)



ภาพที่ 2.2 การเปลี่ยนเครื่องทำน้ำเย็น (Chiller) ที่ใช้สาร ซีเอฟซี

ที่มา: ข้อมูลภาพจากอาคารอัมรินทร์ พลาซ่าและโซโก้ ราชประสงค์

เพื่อแสดงให้เห็นว่าการปรับเปลี่ยนเครื่องทำน้ำเย็นในระบบปรับอากาศ (Chiller) ที่มีอยู่ ด้วยเครื่องทำน้ำเย็นในระบบปรับอากาศที่มีประสิทธิภาพสูง ไม่ใช้สาร CFCs เป็นสารทำความเย็นสามารถลดอัตราการใช้กระแสไฟฟ้าลงได้ และสามารถนำค่าใช้จ่ายที่ประหยัดจากการลดอัตราการใช้กระแสไฟฟ้าลงได้ และสามารถนำค่าใช้จ่ายที่ประหยัดจากการลดอัตราการใช้กระแสไฟฟ้าที่เกิดจากการปรับเปลี่ยนเครื่องทำน้ำเย็นในระบบปรับอากาศ (CFC Chiller) มาใช้คืนกองทุนในการลงทุนปรับเปลี่ยนเครื่องทำน้ำเย็นในระบบปรับอากาศในระยะเวลาที่กำหนดไว้ และเพื่อให้ลงทุนปรับเปลี่ยนเครื่องทำน้ำเย็นในระบบปรับอากาศภายในระยะเวลาที่กำหนดไว้ และเพื่อให้มั่นใจว่าประเทศไทยจะมีสาร CFCs เพียงพอต่อการซ่อมบำรุงเครื่องทำน้ำเย็นในระบบปรับอากาศที่ยังมีอายุการใช้งานอยู่โดยการนำสาร CFCs ที่เก็บได้จากเครื่องทำน้ำเย็นในระบบปรับอากาศที่ได้รับการปรับเปลี่ยนกลับมาใช้ในการซ่อมบำรุงใหม่ต่อไป

2.1.3 ขั้นตอนการบริหารการใช้พลังงานภายในอาคาร

นับตั้งแต่วิกฤติการณ์พลังงานครั้งแรกของโลกในทศวรรษที่ 1970's ประเทศอุตสาหกรรมต่างๆ ได้มองเห็นความสำคัญของพลังงานมากขึ้น โดยทุกภาพการใช้พลังงานหลักๆ อันได้แก่ ภาคอุตสาหกรรม ภาคคมนาคมขนส่ง และภาคอาคารบ้านเรือน ได้มีการตื่นตัวอย่างมากในการหาทางประหยัดพลังงานซึ่งภาคดังกล่าวต่างก็มีนโยบายที่ประกอบไปด้วยทั้งการรณรงค์ใช้และการเพิ่มประสิทธิภาพของการใช้พลังงานสำหรับภาคอาคารบ้านเรือนก็ได้มีการคิดค้นหลักวิธีการออกแบบอาคารที่ตอบสนองต่อสภาพแวดล้อม และใช้ประโยชน์จากแหล่งพลังงานหมุนเวียน (Renewable Energy) มากขึ้น ดังจะเห็นได้ว่า ได้มีผลงานวิจัยและพัฒนาทางด้าน Passive Cooling และ Passive Solar Heating อย่างมากในช่วงเวลาหลังวิกฤต (Cook et al. 1989) แต่อย่างไรก็ดีต่อมาในทศวรรษที่ 1980 ผลกระทบจากการเมืองระหว่างประเทศโดยเฉพาะข้อจำกัดที่อ่อนลงของกลุ่มโอเปกทำราคาน้ำมันถูกลง และส่งผลให้ทั่วโลกมองข้ามความสำคัญของการประหยัดพลังงานด้วยอัตราที่สูงอย่างปัจจุบันนี้ จะก่อให้เกิดปัญหาสิ่งแวดล้อมสารพัด ด้วยเหตุผลดังกล่าวนี้จึงเกิดกระแสความคิดที่จะทำการลดการใช้พลังงานในทุกๆ ภาค

สำหรับภาคอาคารบ้านเรือน ก็ได้มีนโยบายส่งเสริมการประหยัดพลังงานทั้งในรูปการบริหารปรับลดการใช้ (Demand Side Management-DSM) และมาตรการลงโทษอาคารที่ใช้พลังงานสูง เช่น การใช้ Peak Load Penalty ในการคิดค่าไฟฟ้าในหลายประเทศ สำหรับประเทศไทยก็ได้มีพระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงานในอาคารปี พ.ศ. 2535 ซึ่งกำหนดค่า OTTV และ RTTV สำหรับอาคารใหม่ และสำหรับอาคารเก่าก็จะต้องมีการจัดหาผู้จัดการพลังงาน (Energy Manager) เข้ามาจัดทำรายงานแผนข้อมูลและการใช้และแผนการปรับลดการใช้พลังงานอย่างต่อเนื่อง (กรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน 2535) แต่อย่างไรก็ดี จนถึงบัดนี้ยังไม่มีการสรุปผลออกมาอย่างเป็นรูปธรรมว่าควรจะใช้วิธีการ และขั้นตอนอะไรในการวิเคราะห์รูปแบบการใช้พลังงานและคำนวณหาการประหยัดพลังงาน (Saving) และระยะเวลาคืนทุน (Payback Period) ภายหลังจากที่อาคารได้รับการปรับปรุง (Reprofit) ยิ่งไปกว่านั้นยังไม่มีมีการประเมินผลเพื่อเผยแพร่ออกมาว่า กฎหมายพลังงานฉบับดังกล่าวได้ประสบผลสำเร็จถึงขั้นใด จุดประสงค์ของบทความนี้ก็เพื่อที่จะเสนอแนะตัวอย่างขั้นตอนการบริหารการใช้พลังงานในอาคารอย่างพอสังเขป โดยสิ่งที่จะนำเสนอนี้ ส่วนหนึ่งจะมาจากประสบการณ์ส่วนตัวของผู้เขียนที่เคยได้เข้าไปมีส่วนร่วมในการศึกษาวิจัยปฏิบัติและปฏิบัติงานในองค์กรที่ทำหน้าที่นี้โดยตรง

คำว่า “ประสิทธิภาพ” ในความหมายของ BEM

การบริหารจัดการการใช้พลังงานภายในอาคาร (Building Energy Management-BEM) คือ กระบวนการ วางแผนการใช้พลังงานในอาคารอย่างมีประสิทธิภาพสูงสุด ซึ่งจะรวมถึงการเลือกใช้ และการใช้น้อยที่สุดเท่าๆ ที่จะไม่ทำให้ประสิทธิภาพการทำการกิจกรรมอื่นๆ (Productivity) ในอาคาร ต้องเสียหายลง หรือก่อให้เกิดผลเสียทางสุขภาพใดๆ กับผู้ใช้อาคาร จะเห็นว่าคำว่า “ประสิทธิภาพ” (Efficiency) เป็นคำที่สำคัญมากที่สุดของ BEM ดังนั้นการประหยัดพลังงานโดยไม่ใช้พลังงานเลย แม้แต่น้อย ถึงแม้จะดีที่สุดในแง่การประหยัดทรัพยากร แต่จะไม่ถือว่าเป็นการบริหารการใช้พลังงาน ที่เหมาะสม ถ้าหากการประหยัดที่ได้มาจะต้องแลกมาด้วยประสิทธิภาพการทำงานที่ด้อยลง ของผู้ใช้อาคาร คำว่าประสิทธิภาพในความหมายของ BEM จะประกอบด้วย 3 ส่วนสำคัญ คือ 1) Efficient Purchasing 2) Efficient Equipment และ 3) Efficient Operation (Herzog 1997)

Efficient Purchasing หมายถึงการจัดซื้อพลังงานได้ถูกที่สุด ซึ่งก็คือการใช้พลังงานในช่วงเวลาที่พลังงานมีราคาถูกที่สุดนั่นเอง สำหรับอาคารพาณิชย์พลังงานจะราคาถูกที่สุดในช่วงที่มีคนใช้ร่วมกันน้อยที่สุด ซึ่งมักจะเป็นช่วงเวลากลางคืน ทั้งนี้เพราะกำลังผลิตของโรงไฟฟ้าแต่ละโรง มีจำกัด การที่ทุกอาคารใช้พลังงานพร้อมกันมากๆ จะส่งผลให้ต้องก่อสร้างโรงไฟฟ้าเพิ่ม ทำให้สูญเสียงบประมาณจำนวนมหาศาล นั่นคือเหตุผลว่าทำไมอัตราค่าไฟฟ้าจึงต้องแตกต่างกันในแต่ละช่วงเวลา ตัวอย่างของการหลีกเลี่ยงการใช้ไฟฟ้าในช่วงเวลาที่แพง ก็เช่นการใช้ถังน้ำแข็ง (Ice Storage) ในอาคารสำนักงานใหญ่ธนาคารไทยพาณิชย์ (SCB) ทางด้าน Efficient ในอาคารสำนักงานใหญ่ธนาคารไทยพาณิชย์ (SCB) ทางด้าน Efficient Equipment ก็หมายถึงการเลือกใช้อุปกรณ์ (ซึ่งรวมถึงตัวสถาปัตยกรรมเองด้วย) ที่มีประสิทธิภาพในการใช้พลังงานสูงสุด รวมทั้งการปรับปรุง Upgrade & Replace อุปกรณ์เหล่านี้เมื่อมีอุปกรณ์ประสิทธิภาพสูงกว่าเข้ามา ตัวอย่างเช่นการเลือกเครื่องปรับอากาศเบอร์ 5 หลอดคอมหรือการใช้วัสดุกันความร้อนที่เหมาะสม เป็นต้น สำหรับข้อสุดท้าย Efficient Operation จัดเป็นส่วนที่มักจะถูกมองข้ามอยู่เสมอ ทั้งนี้เพราะผู้ดูแลอาคารจำนวนมากขาดความรู้ที่จะบริหารอาคารอย่างเหมาะสม เพียงแค่การปิดไฟในเวลาที่ไม่ใช้งานอาจจะไม่เพียงพอสำหรับการบริหารอาคารสมัยใหม่ที่ซับซ้อนในปัจจุบันนี้

ขั้นตอนโดยสังเขปของ BEM

หนึ่งในองค์กรที่ทำงานด้าน BEM ในสหรัฐอเมริกาได้แก่ Energy Systems Laboratory (ESL) Texas A&M University ได้กำหนดวิธีดำเนินการของ BEM ไว้ว่า BEM จะประกอบไปด้วย ส่วนสำคัญๆ 5 ส่วน คือ 2A และ 3C ซึ่ง 2A ก็คือ Audit และ Analyzer ส่วน 3C ก็คือ Conservation, Calculation และ Commissioning ซึ่งจะขยายความได้ดังต่อไปนี้

1. Audits (Energy and Indoor Condition Audits)
2. Analysis (Analysis of Building Energy Consumption)
3. Conservation (Energy Conservation Measures)
4. Calculation (Calculations of Energy and money Savings)
5. Commissioning (Continuous Commissioning)

1. Audits (Energy and Indoor Condition Audits)

Audits คือการตรวจสอบสภาพของอาคารซึ่งเป็นขั้นตอนเริ่มแรกสุดของ BEM การที่ผู้จัดการพลังงานจะเริ่มทำการใดๆ ได้มีความจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องรู้สภาพการใช้พลังงานและสภาพแวดล้อมทั้งภายในและภายนอกที่มีผลเกี่ยวเนื่องกับการทำงานระบบต่างๆ ของอาคารก่อนซึ่งยังรวมถึงสภาพการใช้พลังงานของอุปกรณ์อาคารแต่ละชิ้น การทำ Energy Audit ในอาคารอาจจะเริ่มตั้งแต่การเดินสำรวจอาคารการใช้อุปกรณ์วัดแบบพกพา (Handheld Equipment) ไปจนกระทั่งการติดตั้งเครื่องมือวัดเก็บข้อมูล (Data Logger) ของส่วนต่างๆ โดยละเอียดเป็นระยะเวลาเป็นปี

1.1 Walk-Through Audit

การตรวจสอบแบบนี้จะประกอบด้วยการตรวจอาคารในระยะสั้นๆ เพื่อหาว่าส่วนใดในอาคารที่มีปัญหาชัดเจนและสามารถทำการปรับปรุงแบบง่ายๆ และประหยัดได้ในทันทีที่การ Audit แบบนี้ในหมู่วิศวกรจะหมายถึง Operating and Maintenance (O&M) (Karti 2000) ซึ่งจะได้แก่การวัดอุณหภูมิและความชื้นภายในอาคารเพื่อหาทางปรับหาจุดทำงานที่เหมาะสมของ Thermostat การวัดปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์เพื่อปรับเพิ่ม-ลดอัตราการระบายอากาศรวมทั้งการตรวจหาจุดเสียหายในอาคารที่อาจก่อให้เกิดการสูญเสียพลังงานโดยไม่จำเป็น การ Audit แบบนี้อาจจะทำให้พบปัญหาและหาทางแก้ไขได้ทันทีโดยอาจจะไม่จำเป็นต้องทำการ Audit แบบอื่นๆ ที่จะใช้เวลาและงบประมาณลงทุนที่สูงกว่า

ในกรณีที่ผู้จัดการพลังงานต้องการแยกแยะการใช้พลังงานของส่วนต่างๆ ของอาคาร (Disaggregation) อย่างรวดเร็วภายในวันเดียวการทำ Blink Test (Soebarto and Degelman 1996) ก็จะช่วยทำนายได้ถูกต้องพอสมควร โดย Blink Test ก็คือการที่ทีมงานพร้อมอุปกรณ์วัดกระแสไฟฟ้าแอมป์มิเตอร์แบบ Clamp-on เข้าไปในอาคารในวันหยุดเพื่อเปิด-ปิดไฟฟ้าแสงสว่างและอุปกรณ์ปรับอากาศในส่วนต่างๆ ของอาคารพร้อมกับทำการอ่านค่ากระแสไฟฟ้าที่กำลังถูกใช้เมื่อเปิดปิดอุปกรณ์ดังกล่าวผลจากการทำ Blink Test จะทำให้ทราบสัดส่วนการใช้พลังงานของอุปกรณ์แต่ละประเภทงานระบบแต่ละระบบรวมทั้งปริมาณการใช้กำลังไฟฟ้าของพื้นที่อาคารแต่ละชั้นแต่ละแผนกอีกทางเลือกหนึ่งแทนที่การทำ Blink Test ก็คือการเข้าไปนับจำนวนหลอดไฟและจำนวนอุปกรณ์ไฟฟ้าทั้งหมดในแต่ละพื้นที่ของอาคารโดยอาจจะทำการเปรียบเทียบกับแบบ As-Built

Drawings ของงานระบบไฟฟ้าแต่อย่างไรก็ดีการแยกแยะการใช้ด้วยวิธีนับหลอดไฟและอุปกรณ์ไฟฟ้ามักจะให้ผลที่ผิดพลาดจากความเป็นจริงเพราะเครื่องใช้ไฟฟ้ามักจะกินไฟไม่เท่ากับที่ฉลากเขียนติดไว้ทำให้วิธีนี้ไม่เป็นที่นิยมใช้เท่าไรนัก

1.2 Utility Cost Analysis

หลังจากที่ทำการประเมินโดยการเดินสำรวจ (Walk-Through Audit) แล้วหากไม่พบจุดเสียหายใดๆในอาคาร ผู้จัดการพลังงานจะเก็บรวบรวมบิลค่าพลังงานรายเดือนทุกเดือนถอยหลังไปเป็นระยะเวลาหลายๆปี เพื่อวิเคราะห์รูปแบบการใช้พลังงาน Peak Demand อิทธิพลของสภาพอากาศภายนอก รวมทั้งความเป็นไปได้ที่จะลดการใช้พลังงาน การวิเคราะห์บิลค่าไฟ ยังสามารถทำได้ด้วยการหาปริมาณการใช้ไฟฟ้าต่อหนึ่งหน่วยพื้นที่ใช้สอย (กิโลวัตต์-ชั่วโมงต่อตารางเมตรต่อปี -- kWh/m².yr) เพื่อนำไปเปรียบเทียบกับอาคารอื่นๆ หรืออาจจะนำไปจัดทำฐานข้อมูลดัชนีการใช้พลังงาน (Energy Use Indices) ตัวอย่างเช่นการจัดทำ BEPS (Building Energy Performance Standards) ของอาคารแต่ละประเภทในสหรัฐอเมริกา อย่างไรก็ดี ถ้าจะวิเคราะห์ในเรื่องที่เกี่ยวกับตัวเงินค่าพลังงาน ผู้จัดการพลังงานจำเป็นต้องเข้าใจอย่างดี เกี่ยวกับโครงสร้างอัตราค่าไฟฟ้าที่อาคารถูกเรียกเก็บ ทั้งนี้เพราะอัตราค่าไฟฟ้าสำหรับอาคารพาณิชย์และอุตสาหกรรมจะมีวิธีเรียกเก็บที่ซับซ้อนกว่าอาคารบ้านพักอาศัยเนื่องมาจากการใช้ Demand Charge ในอาคารประเภทดังกล่าว นอกจากนี้ประโยชน์ของการตรวจวิเคราะห์บิลค่าไฟฟ้าก็คือการที่จะทำให้ผู้จัดการพลังงานสามารถตัดสินใจเปลี่ยนรูปแบบการเลือกซื้อพลังงานไฟฟ้าจากการไฟฟ้าได้เช่นการเปลี่ยนการคิดค่าไฟจากแบบปกติไปเป็นแบบ TOU (Time of Use) หรือ TOD (Time of day Rate) ของการไฟฟ้านครหลวง (โครงสร้างค่าไฟฟ้าของการไฟฟ้านครหลวง 2554-2558) ใช้กับผู้ใช้น้ำหน่วยราชการ สำนักงาน หรือหน่วยงานอื่นใดของรัฐองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น ในกรณีที่อาคารนั้นๆ มีปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าเฉลี่ย 3 เดือนก่อนหน้าไม่เกิน 250,000 หน่วยต่อเดือนสำหรับมิเตอร์เดียวเป็นอัตราค่าไฟฟ้าที่กำหนดให้ราคาแตกต่างกันตามช่วงเวลาเหมือนกันแต่รายละเอียดของช่วงเวลาและราคาที่แตกต่างกันตามค่าความต้องการพลังงานไฟฟ้า (กิโลวัตต์) และค่าพลังงานไฟฟ้า (หน่วย) แตกต่างกันออกไปซึ่งอาคารจีพีเอฟวิทย์ ก็เป็นผู้ใช้ไฟฟ้าประเภท TOU (Time of Use Rate) ต้นทุนเฉลี่ยต่อหน่วย 4.05 บาท

1.3 Standard Energy Audit

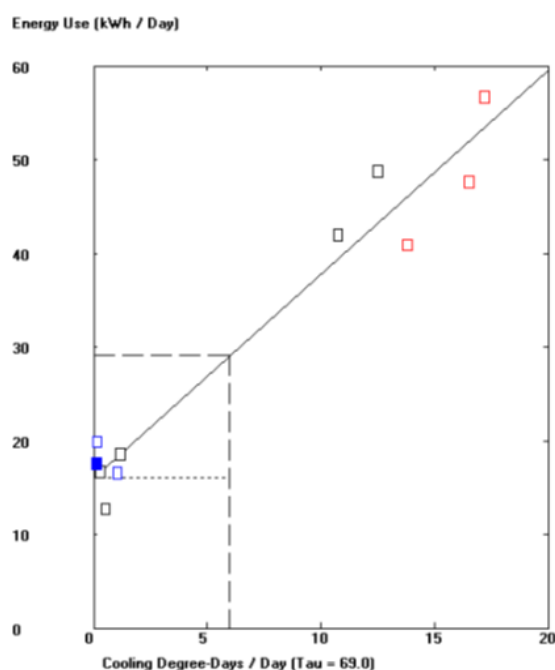
จุดประสงค์ของการทำ Standard Energy Audit ก็เพื่อหา Baseline การใช้พลังงานของแต่ละอาคารเพื่อที่จะคาดคะเนค่าการประหยัดพลังงาน (Saving) ถ้าหากอาคารจะทำการปรับปรุงเปลี่ยนแปลงเพื่อให้ประหยัดพลังงานเนื่องจากการคำนวณ Saving เป็นเรื่องที่ซับซ้อนถ้าหากต้องการทำให้ถูกต้องทั้งนี้เพราะเมื่ออาคารได้รับการปรับปรุงไปแล้วจะไม่สามารถรู้ได้เลยว่าค่า

ไฟฟ้าน่าจะเป็นเท่าใดถ้าหากอาคารไม่ได้รับการปรับปรุงเปรียบเสมือนการเอาค่าไฟฟ้าหลังการปรับปรุงไปเปรียบเทียบกับค่าไฟฟ้าของอาคารที่ไม่มีอยู่จริงอีกแล้วส่วนการเอาค่าไฟฟ้าหลังการปรับปรุงไปหักออกจากค่าไฟฟ้าของปีก่อนหน้าการปรับปรุงอาจจะไม่ถูกต้องนักเพราะสภาพอากาศของแต่ละปีอาจจะไม่เหมือนกันถ้าอากาศของปีก่อนการปรับปรุงร้อนกว่าปีหลังการปรับปรุง ค่า Saving ที่ได้ก็จะสูงเกินจริงถ้าอากาศของปีก่อนปรับปรุงเย็นกว่าปีหลังการปรับปรุงค่า Saving ก็ จะต่ำเกินไปซึ่งค่า Saving นี้จะมีผลต่อการเรียกเก็บค่าบริการของผู้จัดการพลังงานในกรณีที่ผู้จัดการ พลังงานคิดค่าจ้างเป็นสัดส่วนของค่า Saving ที่ได้หลังจากอาคารได้รับการปรับปรุงไปแล้วด้วย เหตุผลข้างต้นการหา Baseline การใช้พลังงานจึงเป็นเรื่องสำคัญที่จะต้องหามาตรฐานปฏิบัติอัน เดียวกันถ้าหากได้ Baseline การใช้พลังงานมาแล้วการคำนวณค่าการประหยัดพลังงานก็จะทำได้

ทางด้านการคิด Baseline การใช้พลังงานของอาคารก่อนปรับปรุง ได้มีนักวิจัยที่ มหาวิทยาลัย Princeton ในสหรัฐอเมริกา พยายามพัฒนาวิธีหา Baseline ด้วยการใช้วิธีทางสถิติใน รูปของสมการถดถอยเชิงเส้น (Simple Linear Regression) และพัฒนาเป็น โปรแกรมคอมพิวเตอร์ เรียกว่า “PRISM” หรือ PRInceton Scorekeeping Method (Fels 1986) ในแนวทางนี้ Baseline การ ใช้พลังงานไฟฟ้าต่อวัน (kWh/day) สามารถหาได้โดยใช้ข้อมูลจากบิลล์ค่า ไฟฟ้ารายเดือนและ อุณหภูมิอากาศภายนอกมาหาความสัมพันธ์เชิงเส้น ตามภาพที่ 1 ซึ่งยังสามารถอธิบายได้ด้วย สมการต่อไปนี้

$$\text{Energy Use (kWh/day)} = (a \times \text{CDD}) + \text{Base Energy Use (kWh/day)}$$

สมการข้างบนคือสมการเส้นตรงในรูป $y = ax + b$ นั่นเองซึ่ง a ก็คือค่า Slope ของ สมการเส้นตรงที่ PRISM จะคำนวณให้ CDD คือ Cooling Degree-Days/day ซึ่งก็คืออุณหภูมิ อากาศที่สูงกว่า Balance-Point Temperature (อุณหภูมิอากาศภายนอกสูงสุดที่อาคารยังไม่ต้องเปิด แอร์) ส่วน Base Energy Use ก็คือค่าพลังงานที่อาคารใช้โดยปราศจากระบบปรับอากาศ (แสงสว่าง, เครื่องใช้ไฟฟ้าเป็นต้น) จากภาพที่ 1 จะเห็นว่าถ้า CDD เท่ากับ 0 อาคารจะไม่ต้องเปิดแอร์และค่า การใช้พลังงานในวันนั้นจะเท่ากับ Base Energy Use ซึ่งจะเท่ากับ 17 kWh ถ้าอากาศยังร้อน CDD จะยิ่งมากค่าไฟก็จะยิ่งสูงตาม



ภาพที่ 2.3 ตัวอย่างผลการคำนวณหา Baseline การใช้พลังงานในอาคารด้วยวิธี Scorekeeping โดยใช้โปรแกรม PRISM

ที่มา: Sreshthaputra, A., Haberl, J., and Claridge, D. 2001. Detailed Test Results: Development of a toolkit for calculating linear, change-point linear, and multiple-linear inverse building energy analysis models. *Technical Report*. ESL-TR-01/05-01. Energy Systems Laboratory, Texas A&M University).

1.4 Detailed Energy Audit

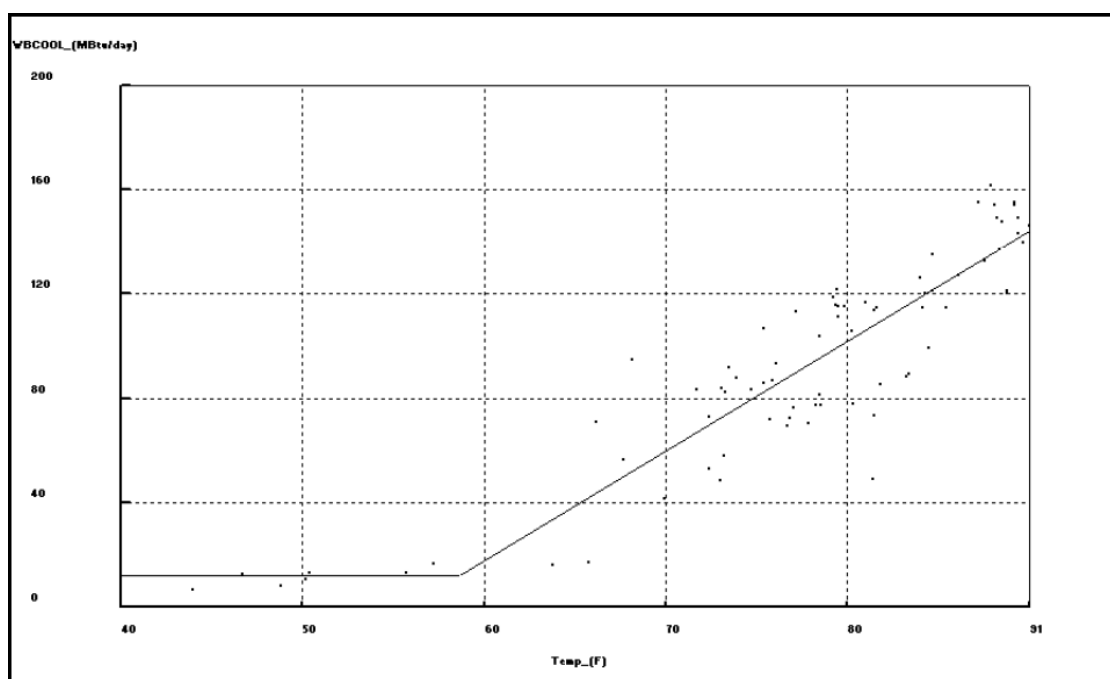
ในกรณีที่มีงบประมาณสูงขึ้นและต้องการความถูกต้องแม่นยำมากขึ้นผู้จัดการพลังงานอาจเลือกใช้ Detailed Energy Audit ซึ่งก็จะมีขั้นตอนคล้ายกับ Standard Energy Audit เพียงแต่จะประกอบไปด้วยการติดตั้งอุปกรณ์วัดการใช้พลังงานรายชั่วโมงหรือราย 15 นาทีเป็นระยะเวลาหลายๆ เดือนหรืออาจจะเป็นปีขึ้นอยู่กับสัญญาที่ทำร่วมกันอุปกรณ์ที่ใช้วัดมักจะแบ่งแยกการวัดเป็นส่วนๆ ตามประเภทของการใช้พลังงานเช่น ไฟฟ้าแสงสว่าง (Lightings) อุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้า (Receptacles) เครื่อง Chiller แต่ละตัวและอุปกรณ์ปั๊มน้ำและพัดลมเป่าอากาศ (Pumps and Fans) ในกรณีของอาคารขนาดใหญ่อาจจะต้องติดตั้งเครื่องวัดแยกๆ เป็นชั้นๆ เพื่อแยกแยะปริมาณการใช้พลังงานของแต่ละแผนกทางด้านอุปกรณ์ตรวจวัดกระแสไฟฟ้าอาจจะแยกได้เป็นสองประเภทคือ 1) ประเภท Clamp-on คือทำการคล้องแอมป์มิเตอร์เข้ากับสายไฟฟ้าที่ต่อเข้าสู่มิเตอร์ย่อยๆ (Sub-Meter) ของอาคารในส่วน of End Users (Herzog 1997) และ 2) ประเภท Non-Intrusive

Load Monitoring (NILM) ที่จะเชื่อมต่อเข้ากับสายไฟเมนเข้าอาคารในจุดๆ เดียวด้วยอุปกรณ์ประเภท Circuit Transducer (Haberl et al. 1992) การใช้ NILM จะประหยัดและดูแลรักษาง่ายกว่า เพราะเป็นการติดตั้งจุดเดียวภายนอกอาคารแต่ผลเสียก็คือการที่ไม่สามารถแยกแยะปริมาณการใช้เป็นโซนๆ ได้ซึ่งถ้าหากต้องการทำอย่างนั้นจะต้องทำ Blink Test ในวันหยุดเป็นระยะๆ ดังที่ได้กล่าวถึงไปแล้ว

สำหรับอุปกรณ์วัดภาระการทำความเย็นของเครื่อง Chiller ทาง Energy Systems Lab (ESL), Texas A&M University แนะนำให้แยกวัดเป็นสองส่วนเพื่อนำมาเปรียบเทียบกัน โดยส่วนแรกจะวัดกำลังไฟฟ้าที่เครื่อง Chiller ใช้เป็นหน่วยกิโลวัตต์ (kW) อีกส่วนจะเป็นการวัดปริมาณการไหลของน้ำเย็นด้วย Flow Meter ควบคู่ไปกับอุณหภูมิ น้ำเย็นเข้า-ออกของเครื่อง Chiller (Haberl et al. 1992) ค่าอุณหภูมิของน้ำเย็นกับปริมาณการไหลจะสามารถนำมา คำนวณหาค่า Load การทำความเย็นเป็น Btu/hr (หรือตัน) ของเครื่อง Chiller และเมื่อนำมา เปรียบเทียบกับปริมาณ การใช้ไฟฟ้าของเครื่อง Chiller ก็จะสามารถคำนวณหาประสิทธิภาพ (Efficiency) ของเครื่อง Chiller ในหน่วย kW/Ton ได้ ค่าประสิทธิภาพของ Chiller เป็นส่วนหนึ่งที่กฎหมายพลังงานปี 2535 บังคับใช้ให้ผู้จัดการพลังงานต้อง ทำการตรวจสอบและรายงานอยู่เสมอ การตรวจประสิทธิภาพของเครื่อง Chiller เป็นระยะๆ เป็นสิ่งสำคัญมาก สำหรับผู้จัดการพลังงาน เพราะ Chiller เป็นอุปกรณ์ที่ใช้พลังงานสูงสุดในอาคาร และยังเป็นอุปกรณ์ที่มีราคาสูงและมีอายุการใช้งานหลายสิบปี การตัดสินใจเปลี่ยนเครื่อง Chiller จะต้องแน่ใจว่าเครื่องเก่ามีสภาพการทำงานที่ไม่มี ประสิทธิภาพ และถ้าหากนำเงินค่าพลังงานที่เสียไปมาซื้อเครื่องใหม่มาเปลี่ยน ระยะเวลาคุ้มทุน (Payback Period) ควรจะอยู่ระหว่าง 5-10 ปี ซึ่งไม่ควรเกินครึ่งหนึ่งของอายุการใช้งานของ Chiller (Kreider and Rabl 1994)

ในอาคารที่มีฝ่ายบริหารพลังงานของตนเอง อุปกรณ์วัดการใช้พลังงานเหล่านี้มักจะต่อตรงเข้าสู่เครื่องคอมพิวเตอร์ส่วนกลางเพื่อแสดงผลแบบ Real Time หรือเก็บ Record ไว้เป็นฐานข้อมูลของอาคาร หรืออาจจะต่อเข้ากับระบบควบคุมการบริหารพลังงาน (Energy Management Control Systems -- EMCS) ที่มักจะพบในอาคารอัจฉริยะ (Intelligent Buildings) สำหรับอาคารที่ ทำสัญญากับบริษัทผู้จัดการพลังงานภายนอก การเก็บข้อมูลการใช้พลังงาน ของอุปกรณ์ดังกล่าว อาจจะต้องอาศัยระบบ Data Acquisition Systems (DAS) โดยจะต้องมีอุปกรณ์ Data Logger เก็บข้อมูลการวัดชั่วคราว แล้วผู้จัดการพลังงานทำการต่อเข้าอุปกรณ์ Data Logger นี้ด้วยการโทรศัพท์เข้า On-Board Modem ทำการถ่ายโอนข้อมูลผ่านสายโทรศัพท์ที่สัปดาห์ละครั้ง (Haberl et al. 1992) ใน Detailed Audit ก็ต้องทำการหา Baseline การใช้พลังงานเช่นเดียวกับการทำ Standard Audit เพียงแต่การ ที่ Detailed Audit ทำการวัดข้อมูลอย่างละเอียดกว่า และอาจเป็นระยะเวลาที่ต่อเนื่อง

นานกว่า ทำให้ Detailed Audit มีโอกาสที่จะทำนาย Baseline การใช้พลังงานได้อย่างถูกต้องแม่นยำกว่ามาก วิธีในการหา Baseline การใช้พลังงาน โดยมีข้อมูล Audit ที่ละเอียดขนาดเป็นรายชั่วโมง ได้รับการพัฒนาโดย Energy Systems Lab, Texas A&M University และเขียนออกมาเป็นโปรแกรมคอมพิวเตอร์ชื่อ EModel (Kissock et al. 1996) ซึ่ง EModel จะหาสัมประสิทธิ์ของความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิอากาศภายนอก และการใช้พลังงานของอาคาร ด้วยการใส่ “สมการถดถอยแบบมีจุดเปลี่ยน” (Change-Point Regression) ตามที่แสดงในภาพที่ 2 โดยจุดเปลี่ยนในสมการนี้ก็คือ Balance-Point Temperature แบบเดียวกับในโปรแกรม PRISM นั่นเอง เพื่อความถูกต้องแม่นยำมากขึ้น EModel ยังสามารถแยกแยะ การใช้ออกเป็นการใช้ในวันธรรมดาและการใช้ในวันหยุด รวมทั้งยังสามารถคำนวณหาค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน (Standard Error) ค่า Regression Coefficient หรือ R2 และค่า RMSE (Root Mean Square Error) ของการคาดเดา Baseline นี้อีกด้วย



ภาพที่ 2.4 ตัวอย่างผลการคำนวณหา Baseline การใช้พลังงานรายวันด้วยวิธี Change-Point Regression โดยใช้โปรแกรม EModel แกนนอนแสดงอุณหภูมิอากาศภายนอก แกนตั้งแสดงการใช้พลังงานในการทำความเย็นให้อาคาร

ที่มา: Haberl, J., Sreshthaputra, A., Claridge, D., and Turner, D. 2002. Baseline report for the 87000 block complex at Ft. Hood, Texas. A Research Project for the U.S. Army C.E.R.L. and the Ft. Hood Energy Office. Technical Report. Energy Systems Laboratory, Texas A&M University.

2. Analysis (Building Energy Analysis)

การวิเคราะห์รูปแบบและปริมาณการใช้พลังงานในเบื้องต้นสามารถกระทำได้ด้วยการทำ Audit ตามที่ได้กล่าวมาเบื้องต้นแต่อย่างไรก็ดีหากผู้จัดการพลังงานต้องการที่จะนำผลการ Audit ที่ได้ไปเปรียบเทียบกับอาคารอื่นๆ หรือต้องการจะวิเคราะห์หาแนวทางในการปรับปรุงอาคารในลำดับต่อไปการวิเคราะห์การใช้พลังงานอย่างละเอียดก็สามารถทำได้ด้วยการจำลองการใช้พลังงานในอาคารด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ซึ่งจะกล่าวในรายละเอียดต่อไป Krarti (2000) ได้จำแนกขั้นตอนของการวิเคราะห์การใช้พลังงานในอาคารเป็น 3 ขั้นตอนหลักเรียงลำดับตามความยากง่ายและเวลาที่ผู้จัดการพลังงานจะต้องใช้ในการวิเคราะห์ดังนี้

2.1 Ratio-Based Methods

Ratio-Based Methods เป็นการวิเคราะห์การใช้พลังงานอย่างง่ายที่สุดคือการหาสัดส่วนการใช้พลังงานต่อหนึ่งหน่วยพื้นที่ใช้สอยของอาคาร ต่อจำนวนผู้ใช้อาคาร ต่อเงินค่าก่อสร้างและบริหารอาคาร ต่ออุณหภูมิอากาศเฉลี่ยภายนอกหรือต่อหนึ่งหน่วยการผลิต (ในกรณีที่อาคารใช้เป็นโรงงานอุตสาหกรรม) ส่วนค่าการใช้พลังงานที่จะนำมาคิดสัดส่วนก็อาจจะเป็นค่าการใช้พลังงานรวมทั้งอาคารเป็น kWh หรือเป็น Btu หรืออาจจะเป็นการใช้พลังงานในส่วนย่อยๆ (End-Use) เช่น ปริมาณการใช้ไฟฟ้าเพื่อการปรับเย็นการทำงานทำความร้อนการใช้พลังงานไฟฟ้าแสงสว่างการใช้พลังงานโดยอุปกรณ์อาคาร เป็นต้นนอกจากนี้การใช้ค่าความต้องการพลังงาน (Energy Demand) ในหน่วย Kilowatt (kW) ก็ยังเป็นที่ยอมรับเพราะสามารถช่วยให้เห็นภาพความต้องการพลังงานสูงสุดของอาคารที่การไฟฟ้าจะต้องจัดเตรียมให้การทำสัดส่วนการใช้พลังงานดังกล่าวนี้จะทำให้เป็นดัชนีการใช้ทั้งหมดต่อปีต่อฤดูต่อเดือนต่อวันหรือแม้แต่ต่อชั่วโมงขึ้นอยู่กับมาตรฐานที่จะนำมาเปรียบเทียบกับ

ตารางที่ 2.1 แสดงตัวอย่างของการวิเคราะห์สัดส่วนการใช้พลังงานในอาคารประเภทต่างๆ ของสหรัฐอเมริกา (EIA 1996) และฝรั่งเศส (CEREN 1997) สำหรับประเทศไทยนั้นเท่าที่ผู้เขียนศึกษามายังไม่มีการจัดทำดัชนีการใช้พลังงานของอาคารแต่ละประเภทอย่างเป็นจริงเป็นจังนักเป็นเพียงแค่การเก็บข้อมูลการใช้พลังงานเฉลี่ยของอาคารบางประเภทเท่านั้นและยิ่งกว่านั้นยังไม่มีการจัดทำดัชนีการใช้พลังงานที่สามารถนำมาเป็นมาตรฐานชี้วัดสภาพการใช้พลังงานของอาคารประเภทต่างๆ อีกด้วยถ้าหากจะมีการจัดทำดัชนีดังกล่าวจะต้องมีการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อแยกแยะเป็นดัชนีสำหรับภาคต่างๆ ซึ่งในประเทศที่มีพื้นที่กว้างใหญ่เช่นสหรัฐอเมริกาสภาพอากาศก็จะแตกต่างกันมากตั้งแต่เขตอากาศหนาวทางตอนเหนือจนถึงเขตอากาศร้อนชื้นทางตอนใต้การกำหนดดัชนีการใช้พลังงานของอาคารแต่ละประเภทจึงต้องทำแตกต่างกันสำหรับแต่ละสภาพภูมิอากาศ

ตารางที่ 2.1 ค่าเฉลี่ยสัดส่วนการใช้พลังงานในอาคารประเภทหลักๆ ในหน่วยกิโลวัตต์-ชั่วโมง

ต่อพื้นที่อาคาร 1 ตารางเมตร (kWh/m ²) ของ ประเทศฝรั่งเศสและสหรัฐอเมริกาประเภท อาคาร	ฝรั่งเศส (kWh/m ²)	สหรัฐอเมริกา (kWh/m ²)
สำนักงาน	395	300
สถานศึกษา	185	250
สถานพยาบาล	360	750
โรงแรม	305	395
ภัตตาคาร	590	770
ศูนย์การค้า	365	240

2.2 กฎหมาย และมาตรฐานที่เกี่ยวข้อง

ทั้งนี้ เพื่อเป็นแนวทางในการศึกษาความเหมาะสมในการเปลี่ยน Chiller ของอาคารจีพีเอฟ วิฑู ทาวเวอร์ สมควรทำการเปลี่ยนเครื่องทำน้ำเย็น (Chiller) หรือไม่และหากเปลี่ยนควรเปลี่ยนทั้งหมดหรือไม่ ผู้ทำการศึกษาจึงได้ทำการค้นคว้า และรวบรวมกฎหมาย และมาตรฐานที่เกี่ยวข้องกับระบบปรับอากาศ ประกอบด้วยพระราชบัญญัติส่งเสริมและอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ. 2535 แก้ไขเพิ่มเติม พ.ศ. 2550 สำหรับอาคารควบคุม อนุสัญญาเวียนนา พิธีสารมอลทรีออลและประกาศกรมโรงงานอุตสาหกรรม ประกาศกระทรวงพลังงาน เรื่องกำหนดค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะขั้นต่ำ ค่าประสิทธิภาพการให้ความเย็นและค่าพลังงานไฟฟ้าต่อตันความเย็นของระบบปรับอากาศที่ติดตั้งใช้งานในอาคาร พ.ศ. 2552 กฎกระทรวง พ.ศ. 2538 ออกตามความในพระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ. 2538 ข้อ 5 มาตรฐานการปรับอากาศภายในอาคาร