

อิทธิพลของภูมิอากาศในภูมิภาคต่างๆ ของประเทศไทยต่อการใช้พลังงานในอาคาร

นายปกป้อง บัตทวีคองคา

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาสถาปัตยกรรม ภาควิชาสถาปัตยกรรมศาสตร์

คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปีการศึกษา 2555  
บทคัดย่อและแฟ้มข้อมูลฉบับเต็มของวิทยานิพนธ์ตั้งแต่ปีการศึกษา 2554 ที่ให้บริการในคลังปัญญาจุฬาฯ (CUIR)

เป็นแฟ้มข้อมูลของลิขสิทธิ์ของวิทยานิพนธ์ที่ส่งผ่านระบบคลังวิทยาลัย

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

The abstract and full text of theses from the academic year 2011 in Chulalongkorn University Intellectual Repository(CUIR)

are the thesis authors' files submitted through the Graduate School.

IMPACT OF FOUR CLIMATE REGIONS OF THAILAND ON BUILDING ENERGY USE

MR. POKPONG PATTAWEEKONGKA

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements  
for the Degree of Master of Science Program in Architecture

Department of Architecture

Faculty of Architecture

Chulalongkorn University

Academic Year 2012

Copyright of Chulalongkorn University

หัวข้อวิทยานิพนธ์

อิทธิพลของภูมิอากาศในภูมิภาคต่างๆ ของประเทศไทยต่อการ  
การใช้พลังงานในอาคาร

โดย

นายปกป้อง บัตทวีคงคา

สาขาวิชา

สถาปัตยกรรม

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อรรจน์ เศรษฐบุต

คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้บัณฑิตวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็น  
ส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

..... คณบดีคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์  
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พงศ์ศักดิ์ วัฒนสินธุ์)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ  
(รองศาสตราจารย์ ธีรุต จินดาวณิก)

..... อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก  
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อรรจน์ เศรษฐบุต)

..... กรรมการ  
(รองศาสตราจารย์ พรรณชลัท สุริโยธิน)

..... กรรมการ  
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วรภัทร์ อิงคโรจน์ฤทธิ์)

..... กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย  
(ดร.ณรงศ์วิทย์ อารีมิตร)

ปกป้อง บัตทวี่คองคา : อิทธิพลของภูมิอากาศในภูมิภาคต่างๆ ของประเทศไทยต่อการใช้พลังงานในอาคาร. (Impact of Various Climatic Conditions on Energy Use of Buildings in Thailand) อ. ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก : ผศ.ดร.อรรจน์ เศรษฐบุตร, 93 หน้า.

วัตถุประสงค์ของการวิจัยเพื่อศึกษาผลกระทบของการใช้ข้อมูลสภาพอากาศจากสถานที่ที่แตกต่างกันในประเทศไทย สำหรับการจำลองการใช้พลังงาน ปัจจุบันนิยม ใช้ชุดข้อมูลสภาพอากาศที่มาจากกรุงเทพมหานคร เป็นตัวแทนข้อมูลสภาพอากาศจากทั่วประเทศ งานวิจัยนี้ได้รวบรวมข้อมูลตัวแทนสภาพอากาศจาก กรุงเทพมหานคร เชียงใหม่ นครปฐม อุบลราชธานี และสงขลา จัดเก็บข้อมูลให้อยู่ในรูปแบบ ไฟล์ ตามมาตรฐานของโปรแกรม DOE2.1E แล้วจึงทำการจำลองด้วย VisualDOE4.1

จากการเปรียบเทียบค่าไฟฟ้าที่มาจากการใช้พลังงานทำความเข้าใจ ระหว่างตัวแทนภูมิอากาศที่มาจาก กรุงเทพมหานคร TMY เปรียบเทียบกับ เชียงใหม่ นครปฐม อุบลราชธานี และสงขลา กรณีบ้านพักอาศัย พบความแตกต่างดังนี้ แยกต่างจากเชียงใหม่ 38.9% นครปฐม 16% สงขลา 13.9% อุบลราชธานี 18.2% กรณีอาคารสำนักงานพบความแตกต่างดังนี้ แยกต่างจากเชียงใหม่ 17.6% นครปฐม 4.4% สงขลา 0.7% อุบลราชธานี 6%

นอกจากนี้ มีการดำเนินการทดสอบ บ้านและอาคารสำนักงานกรณีศึกษา พร้อมกับอุปกรณ์บังแดด ในการวางแนวทางทงรวมทั้งหลังคา เพื่อที่จะศึกษาที่มา ของความแตกต่างจากภาระการทำความเย็นสูงสุด ที่มาจากรังสีกระจาย โปรแกรม VisualDOE 4.0 มีการตั้งค่าเพื่อปกป้องพื้นผิวอาคารจากรังสีแสงอาทิตย์ตั้งตรง โดยที่ไม่ได้ป้องกันรังสีกระจายเข้าสู่อาคาร ผลการทดสอบแสดงให้เห็นว่าการบังแดดภายนอกเต็มรูปแบบทั้งบ้านพักอาศัย และอาคารสำนักงาน ทำให้ความ ต้องการทำความเย็นสูงสุด ลดลงอย่างมีนัยสำคัญ และ พบความแตกต่างที่ จังหวัดเชียงใหม่ สำหรับภาระการทำความเย็นสูงสุด ระหว่างข้อมูลภูมิอากาศต่างๆ เราสามารถสรุปได้ว่าอาคารในส่วนต่างๆ ของประเทศสามารถจำลองโดยใช้ไฟล์สภาพอากาศเดียวกัน โดยมีความคลาดเคลื่อนน้อยมากยกเว้นข้อมูลอากาศที่มาจากเชียงใหม่ แต่ต้องระมัดระวังเป็นพิเศษ สำหรับ อาคารที่ออกแบบด้วยอุปกรณ์บังแดดภายนอกที่มีปริมาณของรังสีกระจายแตกต่างกันมาก

## 5374261325: MAJOR ARCHITECTURE

KEYWORDS: TYPICAL METEOROLOGICAL YEAR / BUILDING ENERGY SIMULATIONS / SCHEFFE' STATISTIC

POKPONG PATTAWEEKONGKA: IMPACT OF VARIOUS CLIMATIC CONDITIONS ON ENERGY USE OF BUILDINGS IN THAILAND. ADVISOR: ASST. PROF. ATCH SRESHTHAPUTRA, Ph.D., 93 pp.

The purpose of this research is to study the impact of using weather files from different locations in Thailand for building energy simulation. The most current 10-years hourly climatic data collected from five weather stations (i.e., Bangkok, Chiangmai, Ubon Ratchathani, Nakorn Pathom, and Songkhla) which represent different climatic regions of Thailand during the year 2002 AD – 2011 AD were normalized and reformatted into the DOE-2 readable binary files.

A typical house and a typical office building model were simulated by using VisualDOE 4.0 energy simulation program in order to investigate if the cooling energy demands are significantly different among various climates. The results indicate that there is no statistical difference in terms of cooling energy consumption (kWh/m<sup>2</sup>.yr) and demand (kW) in buildings modeled using different weather files. However, buildings simulated by using Bangkok TRY weather file tend to have more statistically significant difference in the peak cooling loads than the one simulated by using other weather files.

Further tests were performed for the typical houses and office buildings equipped with full shading devices on every orientation including roofs in order to see if the source of difference in the peak cooling demands would come from the diffuse solar radiation. The external shading command in VisualDOE 4.0 is set to protect building surfaces only from the direct solar radiation, not from the diffuse one. The test results indicated that once full external shading are applied to both building models, the peak cooling demands dropped significantly and there is no statistically significant difference of the peak cooling demands among various climatic data. It can be concluded that buildings in different parts of the country can be simulated by using the same weather file with very small error; however, care must be taken for buildings designed with external shading devices as the amount of diffuse solar radiation are quite different.

Department: .....Architecture..... Student's Signature.....

Field of Study: .....Architecture..... Advisor's Signature.....

Academic Year: .....2012.....

## กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์นี้คงจะสำเร็จลุล่วงไปไม่ได้ หากขาดความช่วยเหลือและความอนุเคราะห์จากบุคคลดังต่อไปนี้ ผู้วิจัยขอขอบพระคุณอาจารย์ที่ปรึกษา ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. อรรถนัย เศรษฐบุตตร ซึ่งเป็นผู้ให้แนวคิดคำแนะนำอันเป็นประโยชน์ สละเวลาให้ช่วยเหลือเมื่อเกิดปัญหาระหว่างดำเนินงานวิจัย อีกทั้งยังช่วยพิจารณาแก้ไขปรับปรุงข้อบกพร่องต่างๆของวิทยานิพนธ์ อย่างดียิ่งตลอดจนวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ สำเร็จลุล่วงด้วยดี ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่บริการข้อมูลกรมอุตุนิยมวิทยา คุณสมศวรร ช่างเอม ที่อำนวยความสะดวกสำหรับการติดต่อขออนุเคราะห์ข้อมูลอากาศ ขอขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร. เสริม จันทร์ฉาย และ ดร.รุ่งรัตน์ วัตตาล สำหรับข้อมูล รังสีดวงอาทิตย์ เอกสารประกอบ คำแนะนำที่เป็นประโยชน์ ต่องานวิจัย ขอขอบพระคุณ ศาสตราจารย์ ดร. สมศักดิ์ ไชยะภินันท์ สำหรับคำแนะนำการคัดเลือกข้อมูลอากาศปีมาตรฐาน และ เทคนิคการปรับแต่งการจำลองการใช้พลังงาน ขอขอบคุณ รองศาสตราจารย์พรพนชลัท สุริโยธิน และ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. วรภัทร์ อิงคโรจน์ฤทธิ์ ที่ให้โอกาสเข้าศึกษาต่อ ตลอดจนถ่ายทอดวิชาความรู้ที่เป็นประโยชน์ตลอดหลักสูตร ขอขอบคุณ ดร.ณรงควิทย์ อารีย์มิตร ที่สละเวลามาเป็นกรรมการสอบและ ให้คำแนะนำที่เป็นประโยชน์สำหรับการทำวิทยานิพนธ์ ขอขอบคุณ อาจารย์ ดร.พร วิรุฬห์รักษ์ สำหรับคำแนะนำในการประกอบธุรกิจบริการทางสถาปัตยกรรม

ขอขอบพระคุณเจ้าหน้าที่ประจำภาควิชาสถาปัตยกรรม ทุกท่านที่คอยให้การสนับสนุนด้านการศึกษา รวมไปถึงการบริการตลอดที่กำลังศึกษาและช่วงเวลาที่ทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้

นอกจากนี้ขอขอบคุณเพื่อนร่วมห้องเรียน คำรณ สุทธิ, กัดดาพี กามีฮา, จีรวัดณ์ นฤมิตร, พลวุฒิ ไชยวุฒิ, ณัชชา เก่งการพานิชย์, ภัณบดินทร์ สุภธีระ ที่ให้ความช่วยเหลือเป็นที่ปรึกษา ให้คำแนะนำ เป็นกำลังใจ ทั้งเรื่องเรียนและเรื่องส่วนตัว เป็นอย่างดีตลอดระยะเวลาในการการศึกษา

สุดท้ายท้ายนี้ ผู้วิจัย ขอกราบขอบพระคุณ บิดา มารดา และ ญาติทุกคนในครอบครัว ที่ให้การสนับสนุน ช่วยเหลือ ติดตาม และ ให้กำลังใจเสมอมา ขอขอบคุณกำลังใจดีๆ จากเพื่อนๆ พี่ๆน้องๆทุกคน ในคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ ขออภัยที่ไม่สามารถเอ่ยนามได้ทั้งหมด ที่คอยให้ความคิดเห็นและ ความช่วยเหลืออย่างดี เสมอมาจนกระทั่งวิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

## สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	จ
กิตติกรรมประกาศ.....	ฉ
สารบัญ.....	ช
สารบัญตาราง.....	ฅ
สารบัญแผนภูมิ.....	ญ
สารบัญรูป.....	ฎ
<b>บทที่ 1 บทนำ.....</b>	<b>1</b>
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา.....	3
1.3 ขอบเขตของการศึกษา.....	3
1.4 ระเบียบวิธีการศึกษา.....	3
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากการวิจัย.....	5
<b>บทที่ 2 แนวคิดทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....</b>	<b>6</b>
2.1 แนวความคิด “ความแตกต่างทางสภาพภูมิศาสตร์ของประเทศไทย”.....	6
2.2 แนวความคิด “ความแตกต่างทางสภาพภูมิอากาศของประเทศไทย”.....	7
2.3 ภูมิประเทศและภูมิอากาศของจังหวัดตัวแทนอากาศ.....	10
2.4 ชุดข้อมูลอุตุนิยมวิทยาตัวแทน.....	13
2.5 การคัดเลือกปีมาตรฐานของข้อมูลอากาศ.....	14
2.6 การจำลองการใช้พลังด้วยโปรแกรม VisualDOE .....	20
2.7 สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล.....	21
2.8 โปรแกรมวิเคราะห์ข้อมูล SPSS.....	23

	หน้า
<b>บทที่ 3 วิธีดำเนินงานวิจัย.....</b>	<b>24</b>
3.1 ข้อมูลสภาพอากาศ (Weather File).....	24
3.2 การเลือกอาคารกรณีศึกษา.....	27
3.3 การจำลองการใช้พลังงานในอาคารด้วยโปรแกรม VisualDOE.....	32
3.4 วิธีการวิเคราะห์ข้อมูล.....	38
<b>บทที่ 4 ผลการทดลองและการวิเคราะห์.....</b>	<b>39</b>
4.1 ผลลัพธ์ที่ได้จากการจำลองการใช้พลังงาน.....	39
4.2 วิเคราะห์เชิงสถิติเพื่อพิสูจน์ การใช้พลังงานของอาคารที่ข้อมูลอากาศ แตกต่างกัน.....	44
4.3 วิเคราะห์สาเหตุของการใช้พลังงานที่ไม่แตกต่างกันทางสถิติ.....	49
<b>บทที่ 5 สรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ.....</b>	<b>52</b>
5.1 สรุปผลการศึกษา และอภิปรายผล.....	52
5.2 ข้อเสนอแนะ.....	52
<b>รายการอ้างอิง.....</b>	<b>54</b>
<b>ภาคผนวก.....</b>	<b>55</b>
ภาคผนวก ก.....	56
ภาคผนวก ข.....	69
ภาคผนวก ค.....	82
ภาคผนวก ง.....	91
<b>ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์.....</b>	<b>93</b>



## สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
2.1	แสดงสถิติอุณหภูมิ(°ซ.) ของประเทศไทยในฤดูกาลต่างๆ.....	8
2.2	แสดงปริมาณฝน (มม.) ของประเทศไทยในฤดูกาลต่างๆ.....	10
2.3	แสดงสถิติความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย (%) ของประเทศไทยช่วงฤดูกาลต่างๆ.....	10
2.4	แสดงรูปแบบข้อมูลตามมาตรฐานแบบ TRY.....	16
2.5	แสดงรายละเอียดของชุดข้อมูลมาตรฐานแบบ TMY.....	19
3.1	แสดงปีมาตรฐานของชุดตัวแทนอากาศ กรุงเทพฯ TMY.....	25
3.2	แสดงปีมาตรฐานของชุดตัวแทนอากาศ กรุงเทพฯ TRY.....	25
3.3	แสดงปีมาตรฐานของชุดตัวแทนอากาศ เชียงใหม่ นครปฐม อุบลราชธานี สงขลา.....	25
3.4	แสดงรายละเอียดของแต่ละพื้นที่การใช้งานภายในบ้านพักอาศัยกรณีศึกษา..	27
3.5	แสดงรายละเอียดวัสดุประกอบอาคารบ้านพักอาศัยกรณีศึกษา.....	29
3.6	แสดงรายละเอียดของแต่ละพื้นที่การใช้งานภายในอาคารสำนักงาน กรณีศึกษา.....	30
3.7	แสดงรายละเอียดวัสดุประกอบอาคารสำนักงานกรณีศึกษา.....	31
4.1	แสดงค่าไฟฟ้าต่อปีจากระบบปรับอากาศกรณีบ้านพักอาศัย.....	42
4.2	แสดงค่าไฟฟ้าต่อปีจากระบบปรับอากาศกรณีอาคารสำนักงาน.....	43
4.3	แสดงการเปรียบเทียบค่าไฟฟ้า กรณีบ้านพักอาศัย.....	43
4.4	แสดงการเปรียบเทียบค่าไฟฟ้า กรณีอาคารสำนักงาน.....	44
4.5	แสดงการเปรียบเทียบค่าไฟฟ้า รายปี กรณี บ้านพักอาศัย + แผงกันแดด.....	51
4.6	แสดงการเปรียบเทียบค่าไฟฟ้า รายปี กรณี อาคารสำนักงาน + แผงกันแดด..	51

## สารบัญแผนภูมิ

แผนภูมิที่		หน้า
1.1	แสดงการใช้พลังงานในอดีตและแนวโน้มความต้องการในอนาคต.....	1
1.2	แสดงหลักการทำงานของโปรแกรม DOE2.1E.....	2
1.3	แสดงขั้นตอนวิธีดำเนินการวิจัย.....	5
2.1	แสดงชุดข้อมูลอากาศตัวแทนที่ประกอบด้วยข้อมูลแต่ละเดือนของปี มาตรฐาน.....	14
3.1	แสดงลำดับขั้นตอนการสร้างชุดข้อมูลสภาพอากาศ.....	26
4.1	เปรียบเทียบการใช้พลังงานกรณีบ้านพักอาศัยที่ข้อมูลอากาศแตกต่างกัน.	39
4.2	เปรียบเทียบการใช้พลังงานกรณีอาคารสำนักงานที่ข้อมูลอากาศแตกต่าง กัน.....	40
4.3	แสดงสัดส่วนของการใช้พลังงานสำหรับบ้านพักอาศัย.....	40
4.4	แสดงสัดส่วนของการใช้พลังงานสำหรับอาคารสำนักงาน.....	41
4.5	แสดงการใช้พลังงานทำความเย็นสำหรับบ้านพักอาศัย.....	41
4.6	แสดงการใช้พลังงานทำความเย็นสำหรับอาคารสำนักงาน.....	42
4.7	แสดงข้อมูลพลังงานทำความเย็น (KW) รายเดือนกรณีบ้านพักอาศัย.....	45
4.8	แสดงข้อมูลพลังงานทำความเย็น (KW) รายเดือนกรณีสำนักงาน.....	45
4.9	แสดงข้อมูลพลังงานทำความเย็น (KW) รายวัน (เมษายน) กรณีบ้านพัก อาศัย.....	46
4.10	แสดงข้อมูลพลังงานทำความเย็น (KW) รายวัน (ธันวาคม) กรณีบ้านพัก อาศัย.....	46
4.11	แสดงข้อมูลพลังงานทำความเย็น (KW) รายวัน (เมษายน) กรณีอาคาร สำนักงาน.....	47
4.12	แสดงข้อมูลพลังงานทำความเย็น (KW) รายวัน (ธันวาคม) กรณีอาคาร สำนักงาน.....	47
4.13	เปรียบเทียบการใช้พลังงาน บ้านพักอาศัยกรณี มี Shading และ ไม่มี Shading.....	50
4.14	เปรียบเทียบการใช้พลังงาน สำนักงาน กรณีมี Shading และ ไม่มี Shading.....	50

## สารบัญรูป

รูปที่		หน้า
2.1	แสดงภูมิลักษณะของประเทศไทย.....	7
2.2	ลักษณะการใช้งานโปรแกรม VisualDOE4.1.....	21
2.3	ลักษณะการใช้งานโปรแกรม SPSS.....	23
3.1	แสดงแบบแปลนชั้นล่างของบ้านพักอาศัยกรณีศึกษา.....	28
3.2	แสดงรูปด้านของบ้านพักอาศัยกรณีศึกษา.....	28
3.3	แสดงแบบแปลนชั้นล่างของอาคารสำนักงานกรณีศึกษา.....	30
3.4	แสดงพื้นที่กระจก WWR 44% สำหรับอาคารสำนักงาน.....	31
3.5	แสดงแบบจำลองบ้านพักอาศัยกรณีศึกษาด้วยโปรแกรม VisualDOE4.1.....	32
3.6	แสดงการกำหนดค่าโครงสร้างบ้านพักอาศัยด้วยโปรแกรม VisualDOE4.1.....	32
3.7	แสดงการกำหนดพื้นที่ใช้งานบ้านพักอาศัยด้วยโปรแกรม VisualDOE4.1.....	33
3.8	แสดงการกำหนดวัสดุประกอบอาคารของบ้านพักอาศัยด้วย โปรแกรม VisualDOE4.1.....	33
3.9	แสดงการกำหนดระบบปรับอากาศของบ้านพักอาศัยด้วยโปรแกรม VisualDOE4.1.....	34
3.10	แสดงการกำหนดข้อมูลอากาศของบ้านพักอาศัยด้วยโปรแกรม VisualDOE4.1.....	34
3.11	แสดงแบบจำลองอาคารสำนักงานกรณีศึกษาด้วยโปรแกรม VisualDOE4.1.....	35
3.12	แสดงการกำหนดค่าโครงสร้างอาคารสำนักงานด้วยโปรแกรม VisualDOE4.1.....	35
3.13	แสดงการกำหนดพื้นที่ใช้งานของอาคารสำนักงานด้วยโปรแกรม VisualDOE4.1.....	36
3.14	แสดงการกำหนดวัสดุประกอบอาคารสำนักงานด้วยโปรแกรม VisualDOE4.1.....	36
3.15	แสดงการกำหนดระบบปรับอากาศของอาคารสำนักงานด้วยโปรแกรม VisualDOE4.1.....	37
3.16	แสดงการกำหนดข้อมูลอากาศของอาคารสำนักงานด้วยโปรแกรม VisualDOE4.1.....	37
4.1	แสดงการป้องกันรังสีดวงอาทิตย์โดย External Shading ด้วยโปรแกรม VisualDOE4.1.....	49

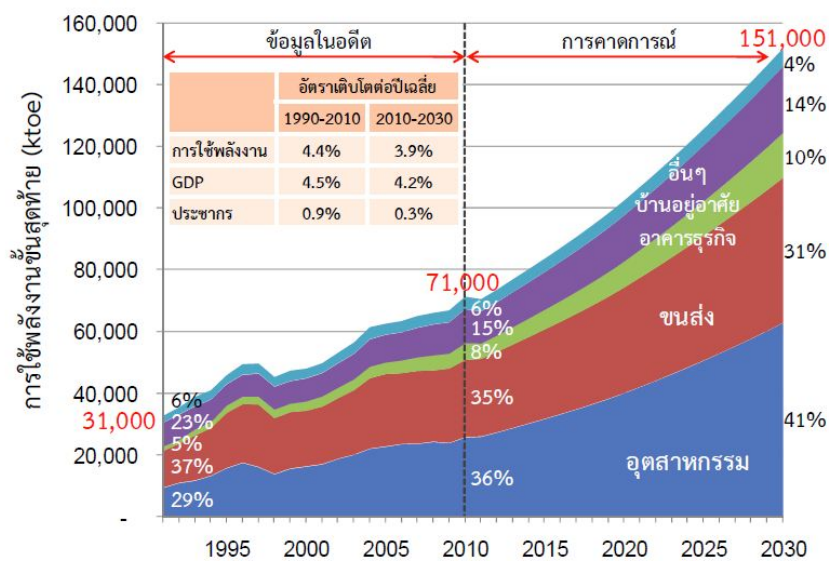
# บทที่ 1

## บทนำ

### 1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ในสถานการณ์ปัจจุบัน ภาวะวิกฤตพลังงานเป็นปัญหาที่สำคัญ และมีผลกระทบต่อเศรษฐกิจและการดำรงชีวิตของทุกคน จากวิกฤตพลังงานทำให้ราคาพลังงานสูงขึ้น ในระยะเวลา 20 ปีที่ผ่านมา (พ.ศ. 2533-2553) การใช้พลังงานของประเทศไทยเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง เฉลี่ยร้อยละ 4.4 ต่อปี จนปัจจุบันการใช้พลังงานเป็น 2.3 เท่าของปี 2533 (แผนอนุรักษ์พลังงาน 20 ปี, 2553) โดยมีสัดส่วนการใช้พลังงานแตกต่างกันออกไป โดยเฉพาะอาคารธุรกิจและ อาคารที่พักอาศัยมีการใช้พลังงานประมาณเป็นสัดส่วนร้อยละ 2.0 ของการใช้พลังงานโดยรวม

แผนภูมิที่ 1.1 แสดงการใช้พลังงานในอดีตและแนวโน้มความต้องการในอนาคต



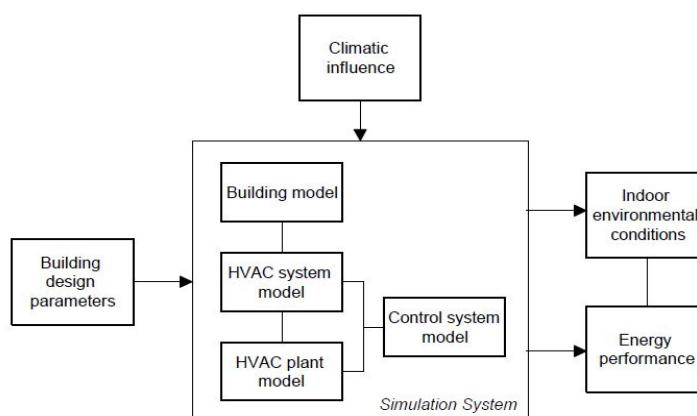
ที่มา: กระทรวงพลังงาน, 2553

กระทรวงพลังงานได้เล็งเห็นถึงปัญหาดังกล่าวจึงให้ความสำคัญกับการอนุรักษ์พลังงานในอาคารประเภทต่างๆ จึงได้ออกพระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน (ฉบับที่ 2) พ.ศ. 2553 เพื่อเป็นหลักเกณฑ์ และ วิธีการออกแบบอาคารเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน โดยการกำหนดมาตรฐานของ OTTV/RTTV (ค่าการถ่ายเทความร้อนผ่านกรอบอาคารและหลังคา) แต่ค่า OTTV/RTTV อย่างเดียวนั้นไม่สามารถสะท้อนถึงการใช้พลังงานที่แท้จริงในอาคาร เป็นเพียงแค่อันดับรวม ตัวเลขเดียวที่บอกค่าเฉลี่ยการถ่ายเทความร้อนผ่านกรอบอาคาร และหลังคาตลอดทั้งปี ขึ้นตอนการออกแบบ สถาปัตยกรรมให้สอดคล้องกับการประหยัดพลังงานเริ่มต้นจากกรอบแนวคิด การลดการใช้พลังงาน นำไปสู่รูปทรงอาคาร ที่สอดคล้องกับ ภูมิอากาศ ส่วนถัดมาจะเป็นส่วนของ วิศวกรรมระบบจะเข้ามาวางรูปแบบวิศวกรรมระบบ ได้แก่ ระบบปรับอากาศ ระบบไฟฟ้า

และแสงสว่าง เป็นต้นเพื่อให้อาคารใช้พลังงานน้อยที่สุด แล้วจึงวิเคราะห์เกี่ยวกับเรื่องภาระการทำงาน ความเย็น สำหรับระบบปรับอากาศที่สอดคล้องกับกิจกรรมการใช้สอยอาคาร และเลือกใช้ อุปกรณ์ทำความเย็นชนิดต่างๆ ให้เหมาะสม ประหยัดพลังงาน และมีประสิทธิภาพสูงสุด

การจำลองการใช้พลังงานในอาคารด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์เข้ามามีบทบาทสำหรับการทำงานในส่วนของการออกแบบสถาปัตยกรรมและ ออกแบบงานระบบเกิดประสิทธิภาพสูงสุด สามารถทำได้พร้อมกันในขั้นตอนเดียว และให้ผลลัพธ์ที่แม่นยำได้ การจำลองการใช้พลังงานให้ผลลัพธ์ใกล้เคียงกับความเป็นจริง จำเป็นต้องพึ่งโปรแกรมคอมพิวเตอร์ ที่ถูกพัฒนาเพื่องานเฉพาะทาง เช่น โปรแกรม DOE2.1E ซึ่งเป็นโปรแกรมที่ได้รับการยอมรับอย่างกว้างขวางถึงผลลัพธ์ที่มีความน่าเชื่อถือ จากเอกสารคู่มือ DOE2-Engineer การจำลองการใช้พลังงานในอาคารต้องการ ข้อมูลพื้นฐาน หลายตัวแปรเช่น รูปทรงอาคาร การวางทิศทางของอาคาร ภูมิอากาศ วัสดุประกอบอาคาร ระบบประกอบอาคารเช่น ระบบไฟฟ้าแสงสว่าง ระบบปรับอากาศ

แผนภูมิที่ 1.2 แสดงหลักการทำงานของโปรแกรม DOE2.1E



ที่มา: DOE2-Engineering Manual, 2002

ข้อมูลอากาศเป็นปัจจัยที่ส่งผลต่อการใช้พลังงาน ที่มาจากระบบปรับอากาศ ข้อมูลอากาศเป็นตัวแปรที่มีความน่าสนใจเพราะ ข้อมูลอากาศ มีความแปรปรวนสูง เนื่องจากทุกปี ข้อมูลที่มีการเปลี่ยนแปลงอยู่ตลอด และมีปัจจัยหลากหลายที่ทำให้ไม่สามารถคาดเดาภูมิอากาศในแต่ละปีได้อย่างแน่นอน จึงได้มีการพัฒนาการคัดเลือกข้อมูลตัวแทนอากาศ โปรแกรม DOE2.1E ต้องการข้อมูลภูมิอากาศรายชั่วโมงตลอดทั้งปี (8,760 ชั่วโมง) โดยที่ข้อมูลอากาศที่ต้องการได้แก่ อุณหภูมิกระเปาะเปียก อุณหภูมิกระเปาะแห้ง ข้อมูลแสงอาทิตย์ ข้อมูลความเร็วและทิศทางลม ข้อมูลความดันอากาศ ซึ่ง กรมอุตุนิยมวิทยา สังกัดกระทรวงเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร ทำหน้าที่หลักในการจัดเก็บข้อมูลอากาศสำหรับการพยากรณ์อากาศ รายงานปรากฏการณ์ธรรมชาติต่างๆ

ประเทศไทยมีอาณาเขตพื้นที่ทั้งหมดประมาณ 513,115 ตารางกิโลเมตร มีความหลากหลายทางด้านภูมิประเทศและภูมิอากาศ แต่ในปัจจุบันการจำลองการใช้พลังงานในอาคารสำหรับประเทศไทย ใช้ข้อมูลภูมิอากาศที่เป็นข้อมูลตัวแทนอากาศจาก กรุงเทพมหานครเป็นตัวแทนข้อมูลของทั้งประเทศ ดังนั้นข้อมูลภูมิอากาศจากภูมิประเทศที่แตกต่างกันย่อมให้ผลลัพธ์การใช้พลังงานที่แตกต่างกัน งานวิจัยมุ่งหวังที่จะนำเสนอข้อมูลเปรียบเทียบ การใช้พลังงานของอาคารมาตรฐานโดยใช้ชุดข้อมูลอากาศที่แตกต่างกัน เพื่อหาข้อเท็จจริง ข้อมูลตัวแทนจากกรุงเทพมหานครสามารถเป็นตัวแทนภูมิอากาศของประเทศไทยได้หรือไม่อย่างไร

## 1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา

ต้องการศึกษาและวิเคราะห์ปัจจัยข้อมูลอากาศสำหรับการจำลองการใช้งานพลังงานในอาคาร ซึ่งมีวัตถุประสงค์ ดังนี้

1.2.1 เพื่อศึกษาสภาพภูมิอากาศที่แตกต่างกันส่งผลต่อการจำลองการใช้งานพลังงานในอาคาร

1.2.2 เพื่อศึกษาความแตกต่างการใช้พลังงานของอาคารสำนักงานและบ้านพักอาศัยที่ตั้งอยู่ กรุงเทพมหานคร เชียงใหม่ นครปฐม อุบลราชธานี และ สงขลา

1.2.3 เพื่อเสนอแนวทางในการจำลองการใช้พลังงานในอาคารด้วยข้อมูลอากาศทางเลือก

## 1.3 ขอบเขตของการศึกษา

ศึกษาการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในประเทศไทยเฉพาะปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อในการจำลองค่าการใช้พลังงาน ดังนี้

1.3.1 รวบรวมข้อมูลสภาพอากาศเฉพาะปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อการคำนวณค่าการใช้พลังงานตามรูปแบบของโปรแกรม DOE2.1E ดังนี้ อุณหภูมิกระเปาะเปียก อุณหภูมิกระเปาะแห้ง ความเร็วลม ค่าการแผ่รังสีดวงอาทิตย์ ค่าความหนาแน่นของเมฆ

1.3.2 ใช้ข้อมูลสภาพอากาศ จากสถานีตรวจวัดอากาศ กรมอุตุนิยมวิทยา บางนา สำหรับข้อมูลอากาศกรุงเทพมหานครฯ และ ชุดข้อมูลอากาศ จังหวัด เชียงใหม่, อุบลราชธานี, สงขลา และ นครปฐม จากสถานีอุตุนิยมวิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร

## 1.4 ระเบียบวิธีการศึกษา

ศึกษาการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในประเทศไทยเฉพาะปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อในการจำลองค่าการใช้พลังงาน แบ่งขั้นตอนการดำเนินงาน ดังนี้

### 1.4.1 ทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้องและศึกษาสร้างข้อมูลตัวแทนอากาศ

1) ศึกษาแนวคิดทฤษฎีปัจจัยสภาพภูมิอากาศที่ส่งผลกระทบต่อค่าการใช้งานพลังงานในอาคาร

2) ศึกษาการสร้างชุดตัวแทนอากาศที่เหมาะสมกับการจำลองค่าการใช้งานพลังงานในอาคาร

#### 1.4.2 รวบรวมข้อมูลอากาศและทำการจำลองการใช้งานพลังงาน

1) รวบรวมข้อมูลอากาศที่จำเป็นต่อการจัดทำชุดข้อมูลอากาศมาตรฐานสำหรับการจำลองการใช้งานพลังงานในอาคาร ซึ่งมีที่มาของข้อมูลดังนี้

- สถานีตรวจวัดอากาศ กรมอุตุนิยมวิทยา เขตบางนา สำหรับข้อมูลอากาศ กรุงเทพมหานคร
- สถานีตรวจวัดอากาศ ของ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร สำหรับข้อมูลอากาศ จังหวัดเชียงใหม่, อุบลราชธานี, สงขลา และ นครปฐม

2) จัดทำชุดข้อมูลตัวแทนอากาศให้สอดคล้องกับในปัจจุบัน โดย สร้างชุดข้อมูลตัวแทนอากาศแบบ Typical Meteorological Year, version 2 (TMY2) โดยใช้ข้อมูลอากาศที่สอดคล้องกับข้อมูลอากาศปัจจุบัน จากที่มาข้างต้น

3) จำลองค่าการใช้งานพลังงานในอาคารด้วยโปรแกรม DOE2.1E จำลองค่าการใช้งานพลังงานในอาคาร โดยใช้ข้อมูลตัวแทนอากาศ ของอาจารย์สมศักดิ์ ไชยภินันท์ สำหรับข้อมูลตัวแทนอากาศกรุงเทพมหานคร ได้จัดทำไว้เมื่อ ค.ศ. 1999 เปรียบเทียบกับ ข้อมูลตัวแทนอากาศกรุงเทพมหานคร ที่ได้จัดทำขึ้นมาใหม่และ ข้อมูลตัวแทนอากาศของคุณปณภมล ดีใหญ่ สำหรับข้อมูลตัวแทนอากาศ เชียงใหม่ นครปฐม อุบลราชธานี สงขลาที่ได้จัดทำไว้เมื่อ ค.ศ.2004 เปรียบเทียบกับข้อมูลตัวแทนอากาศของจังหวัด เชียงใหม่ นครปฐม อุบลราชธานี สงขลา ที่ได้จัดทำขึ้นมาใหม่ เพื่อศึกษาถึงความแตกต่างของการใช้งานพลังงานในอาคาร โดยทำการใช้อาคารตัวอย่าง

4) วิเคราะห์ และ สรุปผลการจำลองค่าใช้พลังงาน วิเคราะห์ความแตกต่างของข้อมูลอากาศที่เปลี่ยนแปลงเปรียบเทียบกับการใช้พลังงาน( $KWh/m^2$ ), พลังงานสำหรับทำความเย็น ( KWh)

#### 1.4.3 วิเคราะห์ผลและการกำหนดมาตรฐานเขตภูมิอากาศ

เสนอทางเลือกสำหรับการกำหนดมาตรฐานเขตภูมิอากาศกำหนดเขตภูมิอากาศที่สอดคล้องกับข้อมูลอากาศในแต่ละพื้นที่ของประเทศไทยให้เป็นแนวทางในการเลือกข้อมูลอากาศสำหรับการจำลองการใช้งานพลังงานในอาคาร

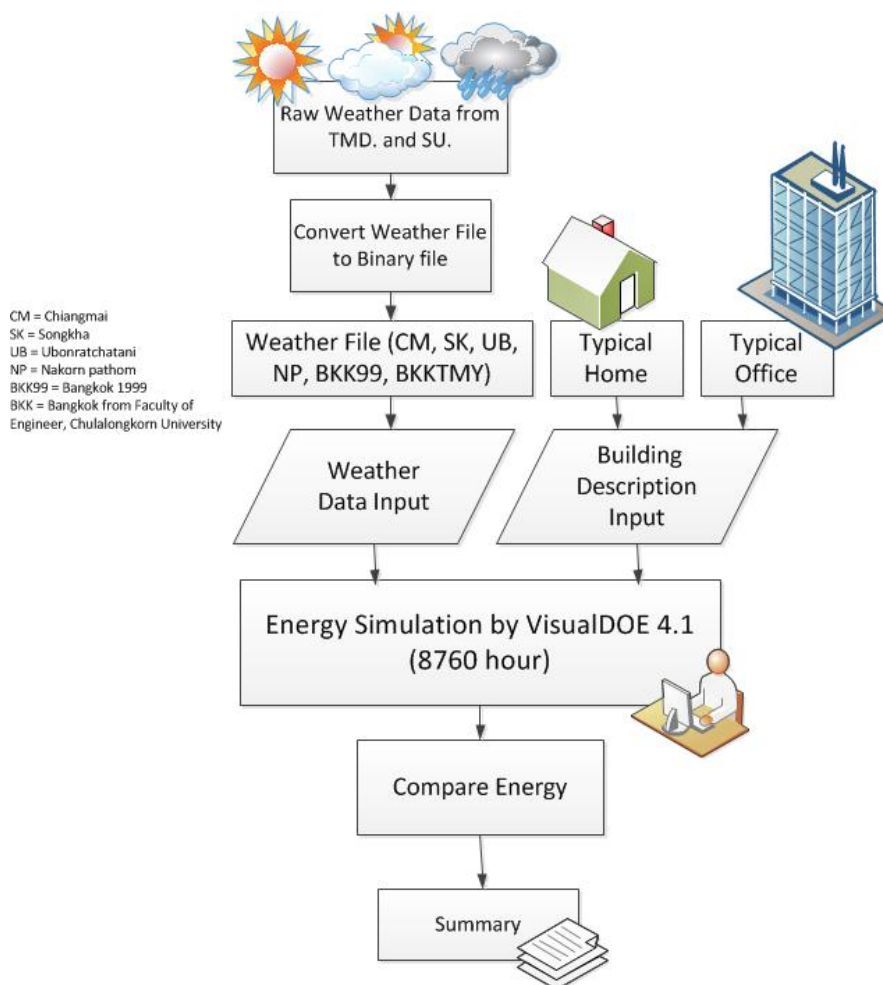
#### 1.4.4 สรุปผลการทดลอง

ทำการสรุปผลและนำเสนอทางเลือกชุดข้อมูลอากาศที่เหมาะสมสำหรับการจำลองการใช้งานพลังงาน ในอาคารสำหรับประเทศไทย

## 1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

- 1.5.1 ทราบถึงปัจจัยสภาพภูมิอากาศที่ส่งผลการจำลองการใช้งานพลังงานในอาคาร
- 1.5.2 ทราบถึงค่าการใช้งานพลังงานที่เปลี่ยนแปลงไปเนื่องจากสภาพภูมิอากาศที่แตกต่าง
- 1.5.3 การจำลองการใช้พลังงานในอาคารด้วยข้อมูลอากาศทางเลือก

แผนภูมิที่ 1.3 แสดงขั้นตอนวิธีดำเนินการวิจัย





## บทที่ 2

### แนวคิด ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในการศึกษาปัจจัยภูมิอากาศในภูมิภาคต่างๆ ผู้วิจัยได้ศึกษาถึงผลงานวิจัย ทฤษฎี ข้อมูล และแนวคิดจากเอกสารจากบทความวิชาการต่างๆ ซึ่งแบ่งออกเป็นหัวข้อดังต่อไปนี้ที่เกี่ยวข้องดังนี้

1. ลักษณะทางภูมิศาสตร์และภูมิอากาศ
2. ชุดข้อมูลอุตุนิยมวิทยาตัวแทน
3. การจำลองการใช้พลังงาน
4. สถิติสำหรับวิเคราะห์ข้อมูล

#### 2.1 แนวคิด “ความแตกต่างทางสภาพภูมิศาสตร์ของประเทศไทย”

ประเทศไทยตั้งอยู่ในเขตร้อนทางทิศตะวันออกเฉียงใต้ของทวีปเอเชียระหว่างละติจูด 5 องศา 37 ลิปดา เหนือ กับ 20 องศา 27 ลิปดา เหนือ และระหว่างลองจิจูด 97 องศา 22 ลิปดา ตะวันออก กับ 105 องศา 37 ลิปดา ตะวันออก มีพื้นที่ทั้งหมด 513,115 ตารางกิโลเมตร (ประมาณ 321 ล้านไร่) สภาวิจัยแห่งชาติได้แบ่งประเทศไทยออกเป็น 6 ภูมิภาค ตามลักษณะธรรมชาติ รวมไปถึงธรณีสันฐานและทางน้ำ รวมไปถึงรูปแบบวัฒนธรรมการใช้ชีวิต โดยภูมิภาคต่าง ๆ ได้แก่ ภาคเหนือ ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ภาคกลาง ภาคตะวันออก ภาคตะวันตก และภาคใต้

2.1.1 ภาคเหนือ มีลักษณะภูมิประเทศแบบภูเขาสูงสลับกับหุบเขาและพื้นที่สูงซึ่งติดต่อกับเขตที่ราบลุ่มตอนกลางของประเทศ มีทิวเขาที่วางตัวยาวในแนวเหนือ-ใต้ ระหว่างทิวเขาจะมีหุบเขาและแอ่งที่ราบระหว่างภูเขา

2.1.2 ภาคกลาง มีลักษณะภูมิประเทศเป็นที่ราบเชิงเขา พื้นที่ราบลุ่มแม่น้ำยม แม่น้ำเจ้าพระยาตอนบน และแม่น้ำป่าสัก ส่วนภาคกลางตอนล่างมีลักษณะเป็นที่ราบลุ่มโดยตลอด

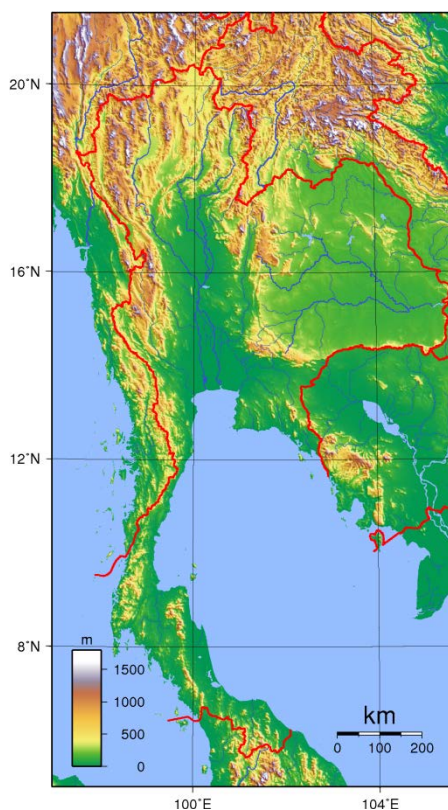
2.1.3 ภาคตะวันออก มีลักษณะภูมิประเทศเป็นที่ราบลุ่มน้ำ คือที่ราบลุ่มน้ำบางปะกง ที่ราบชายฝั่งทะเล ตั้งแต่ปากแม่น้ำบางปะกงไปจนถึงสุดเขตแดนที่ จังหวัดตราด ส่วนใหญ่ชายฝั่งทะเลจะมีหาดทรายสวยงาม

2.1.4 ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ มีลักษณะภูมิประเทศ ทิวเขาเป็นหินทรายจะยกตัวสูงชันเป็นขอบชันกับพื้นที่ภาคกลาง มีภูเขายอดตัดจำนวนมาก และมีพื้นที่ราบของลุ่มแม่น้ำชี

2.1.5 ภาคตะวันตก ภูมิประเทศมีลักษณะเช่นเดียวกับภาคเหนือ โดยมีภูเขาสูงสลับกับหุบเขาซึ่งมีแม่น้ำไหลผ่าน

2.1.6 ภาคใต้ มีลักษณะภูมิประเทศ เป็นทิวเขา สลับกับ ที่ราบฝั่งอ่าวไทยและที่ราบฝั่งอันดามัน มี เกาะและหมู่เกาะ กระจายอยู่มากมาย

รูปที่ 2.1 แสดงภูมิลักษณะของประเทศไทย



ที่มา: <http://th.wikipedia.org/wiki/ภูมิศาสตร์ไทย> : ออนไลน์

## 2.2 แนวคิด “ความแตกต่างทางสภาพภูมิอากาศของประเทศไทย”

### 2.2.1 ฤดูกาล

2.2.1.1 ฤดูร้อน เริ่มตั้งแต่กลางเดือนกุมภาพันธ์ไปจนถึงกลางเดือนพฤษภาคม ซึ่งเป็นช่วงเปลี่ยนจากมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือเป็นมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ และเป็นระยะที่ทั่วโลกเหนือหันเข้าหาดวงอาทิตย์ โดยเฉพาะเดือนเมษายนบริเวณประเทศไทยมีดวงอาทิตย์อยู่เกือบตรงศีรษะในเวลาเที่ยงวัน ทำให้ได้รับความร้อนจากดวงอาทิตย์เต็มที่ สภาพอากาศจึงร้อนอบอ้าวทั่วไป ในฤดูนี้แม้ว่าโดยทั่วไปจะมีอากาศร้อนและแห้งแล้ง แต่บางครั้งอาจมีมวลอากาศเย็นจากประเทศจีนแผ่ลงมาปกคลุมถึงประเทศไทยตอนบน ทำให้เกิดการปะทะกันของมวลอากาศเย็นกับมวลอากาศร้อนที่ปกคลุมอยู่เหนือประเทศไทยซึ่งก่อให้เกิดพายุฝนฟ้าคะนองและลมกระโชกแรง หรืออาจมีลูกเห็บตกก่อให้เกิดความเสียหายได้ พายุฝนฟ้าคะนองที่เกิดขึ้นในฤดูนี้มักเรียกอีกอย่างหนึ่งว่าพายุฤดูร้อน

2.2.1.2 ฤดูฝน เริ่มตั้งแต่กลางเดือนพฤษภาคมเมื่อมรสุมตะวันตกเฉียงใต้พัดปกคลุมประเทศไทยและร่องความกดอากาศต่ำพาดผ่านประเทศไทยทำให้มีฝนตกทั่วไป ร่องความกดอากาศต่ำนี้ปกติจะพาดผ่านภาคใต้ในเดือนพฤษภาคม แล้วจึงเลื่อนขึ้นไปทางเหนือตามลำดับจนถึงช่วงประมาณปลายเดือนมิถุนายนจะพาดผ่านอยู่บริเวณประเทศจีนตอนใต้ ทำให้ฝนในประเทศไทยลดลงระยะหนึ่งและเรียกว่าเป็นช่วงฝนทิ้ง ซึ่งอาจนานประมาณ 1 - 2 สัปดาห์หรือบาง

ปีอาจเกิดขึ้นรุนแรงและมีฝนน้อยนานนับเดือน ในเดือนกรกฎาคมปกติร่องความกดอากาศต่ำจะเลื่อนกลับลงมาทางใต้พาดผ่านบริเวณประเทศไทยอีกครั้งทำให้มีฝนชุกต่อเนื่อง จนกระทั่งมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือพัดเข้ามาปกคลุมประเทศไทยแทนที่มรสุมตะวันตกเฉียงใต้ประมาณกลางเดือนตุลาคมประเทศไทยตอนบนจะเริ่มมีอากาศเย็นและฝนลดลง โดยเฉพาะภาคเหนือและภาคตะวันออกเฉียงเหนือ เว้นแต่ภาคใต้ยังคงมีฝนชุกต่อไปจนถึงเดือนธันวาคมและมักมีฝนหนักถึงหนักมากจนก่อให้เกิดอุทกภัย โดยเฉพาะภาคใต้ฝั่งตะวันออกซึ่งจะมีปริมาณฝนมากกว่าภาคใต้ฝั่งตะวันตก อย่างไรก็ตามการเริ่มต้นฤดูฝนอาจจะช้าหรือเร็วกว่ากำหนดได้ประมาณ 1 - 2 สัปดาห์

2.2.1.3 ฤดูหนาว เริ่มตั้งแต่กลางเดือนตุลาคมถึงกลางเดือนกุมภาพันธ์ เมื่อมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือพัดปกคลุมประเทศไทยตั้งแต่กลางเดือนตุลาคม ในช่วงกลางเดือนตุลาคมนานราว 1-2 สัปดาห์ เป็นช่วงเปลี่ยนฤดูจากฤดูฝนเป็นฤดูหนาว อากาศแปรปรวน ไม่แน่นอน อาจเริ่มมีอากาศเย็นหรืออาจยังมีฝนฟ้าคะนอง โดยเฉพาะบริเวณภาคกลางตอนล่างและภาคตะวันออกเฉียงใต้ซึ่งจะหมดฝนและเริ่มมีอากาศเย็นช้ากว่าภาคเหนือและภาคตะวันออกเฉียงเหนือ

## 2.2.2 อุณหภูมิ

ประเทศไทยตั้งอยู่ในเขตร้อน สภาพอากาศโดยทั่วไปจึงร้อนอบอ้าวเกือบตลอดปี อุณหภูมิเฉลี่ยตลอดปีของประเทศไทยมีค่าประมาณ 27° ซ. อย่างไรก็ตามอุณหภูมิจะมีความแตกต่างกันไปในแต่ละพื้นที่และฤดูกาล พื้นที่ที่อยู่ลึกเข้าไปในแผ่นดินบริเวณตั้งแต่ภาคกลางและภาคตะวันออกเฉียงเหนือขึ้นไปจนถึงภาคเหนือจะมีอุณหภูมิแตกต่างกันมากระหว่างฤดูร้อนกับฤดูหนาวและระหว่างกลางวันกับกลางคืน โดยในช่วงฤดูร้อนอุณหภูมิสูงสุดในตอนบ่ายปกติจะสูงถึงเกือบ 40° ซ. หรือมากกว่านั้นในช่วงเดือนมีนาคมถึงพฤษภาคม โดยเฉพาะเดือนเมษายนจะเป็นเดือนที่มีอากาศร้อนจัดที่สุดในรอบปี ส่วนฤดูหนาวอุณหภูมิต่ำสุดในตอนเช้ามีค่าจะลดลงอยู่ในเกณฑ์หนาวถึงหนาวจัดโดยเฉพาะเดือนธันวาคมถึงมกราคมเป็นช่วงที่มีอากาศหนาวมากที่สุดในรอบปี ซึ่งในช่วงดังกล่าวอุณหภูมิจึงลดลงต่ำกว่าจุดเยือกแข็งได้ในภาคเหนือและภาคตะวันออกเฉียงเหนือบริเวณพื้นที่ซึ่งเป็นเทือกเขาหรือบนยอดเขาสูง สำหรับพื้นที่ซึ่งอยู่ติดทะเลได้แก่ภาคตะวันออกเฉียงใต้และภาคใต้ความผันแปรของอุณหภูมิในช่วงวันและฤดูกาลจะน้อยกว่า โดยฤดูร้อนอากาศไม่ร้อนจัดและฤดูหนาวอากาศไม่หนาวจัดเท่าพื้นที่ซึ่งอยู่ลึกเข้าไปในแผ่นดิน

ตารางที่ 2.1 แสดงสถิติอุณหภูมิ (°ซ.) ของประเทศไทยในฤดูกาลต่างๆ

อุณหภูมิ	ภาค	ฤดูหนาว	ฤดูร้อน	ฤดูฝน
เฉลี่ย	เหนือ	23.1	28.0	27.3
	ตะวันออกเฉียงเหนือ	23.9	28.5	27.7
	กลาง	26.1	29.6	28.3

อุณหภูมิ	ภาค	ฤดูหนาว	ฤดูร้อน	ฤดูฝน
	ตะวันออกเฉียง	26.4	28.9	28.1
	ใต้	26.3	28.1	27.7
สูงสุดเฉลี่ย	เหนือ	30.8	35.8	32.2
	ตะวันออกเฉียงเหนือ	30.3	35.0	32.3
	กลาง	31.7	35.5	32.8
	ตะวันออกเฉียง	31.7	33.9	32.1
	ใต้	29.9	32.8	32.1
ต่ำสุดเฉลี่ย	เหนือ	17.1	21.4	23.7
	ตะวันออกเฉียงเหนือ	18.3	23.0	24.2
	กลาง	21.1	24.6	24.8
	ตะวันออกเฉียง	21.8	25.0	25.0
	ใต้	22.0	23.2	23.7

ที่มา: <http://www.weather.go.th>, 2543: ออนไลน์

### 2.2.3 ปริมาณฝน

โดยทั่วไปประเทศไทยมีฝนอยู่ในเกณฑ์ดี พื้นที่ส่วนใหญ่มีปริมาณฝน 1,200-1,600 มิลลิเมตรต่อปี ปริมาณฝนรวมตลอดปีเฉลี่ยทั่วประเทศมีค่าประมาณ 1,572.5 มิลลิเมตร ปริมาณฝนในแต่ละพื้นที่ผันแปรไปตามลักษณะภูมิประเทศนอกเหนือจากการผันแปรตามฤดูกาล บริเวณประเทศไทยตอนบนปกติจะแห้งแล้งและมีฝนน้อยในฤดูหนาว เมื่อเข้าสู่ฤดูร้อนปริมาณฝนจะเพิ่มขึ้นบ้างพร้อมทั้งมีพายุฟ้าคะนอง และเมื่อเข้าสู่ฤดูฝนปริมาณฝนจะเพิ่มขึ้นมากโดยจะมีปริมาณฝนมากที่สุดในเดือนสิงหาคมหรือกันยายน พื้นที่ที่มีปริมาณฝนมากส่วนใหญ่จะอยู่ด้านหน้าทิวเขาหรือด้านรับลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ ได้แก่ พื้นที่ทางด้านตะวันตกของประเทศและบริเวณภาคตะวันออกเฉียงใต้ โดยเฉพาะที่อำเภอคลองใหญ่ จังหวัดตราด มีปริมาณฝนรวมตลอดปีมากกว่า 4,000 มิลลิเมตร ส่วนพื้นที่ที่มีฝนน้อยส่วนใหญ่อยู่ด้านหลังเขา ได้แก่ พื้นที่บริเวณตอนกลางของภาคเหนือและภาคกลาง และบริเวณด้านตะวันตกของภาคตะวันออกเฉียงเหนือ สำหรับภาคใต้มีฝนชุกเกือบตลอดปียกเว้นช่วงฤดูร้อน พื้นที่บริเวณภาคใต้ฝั่งตะวันตกซึ่งเป็นด้านรับลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้จะมีปริมาณฝนมากกว่าภาคใต้ฝั่งตะวันออกเฉียงใต้ในช่วงฤดูฝน โดยมีปริมาณฝนมากที่สุดในเดือนกันยายน ส่วนช่วงฤดูหนาวบริเวณภาคใต้ฝั่งตะวันออกเฉียงใต้ซึ่งเป็นด้านรับลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือจะมีปริมาณฝนมากกว่าภาคใต้ฝั่งตะวันตก โดยมีปริมาณฝนมากที่สุดในเดือนพฤศจิกายน พื้นที่ที่มีปริมาณฝนมากที่สุดของภาคใต้อยู่บริเวณจังหวัดระนองซึ่งมีปริมาณฝนรวมตลอดปีมากกว่า 4,000 มิลลิเมตร ส่วนพื้นที่ที่มีฝนน้อยได้แก่ภาคใต้ฝั่งตะวันออกเฉียงใต้ด้านหลังทิวเขาตะนาวศรี บริเวณจังหวัดเพชรบุรีและประจวบคีรีขันธ์

ตารางที่ 2.2 แสดงปริมาณฝน (มม.) ของประเทศไทยในฤดูกาลต่าง ๆ

ภาค	ฤดูหนาว	ฤดูร้อน	ฤดูฝน	จำนวนวันฝนตก ตลอดปี
เหนือ	105.5	182.5	952.1	123
ตะวันออกเฉียงเหนือ	71.9	214.2	1,085.8	117
กลาง	124.4	187.1	903.3	113
ตะวันออก	187.9	250.9	1,417.6	131
ใต้	759.3	249.6	707.3	148

ที่มา: <http://www.weather.go.th>, 2543: ออนไลน์

#### 2.2.4 ความชื้นสัมพัทธ์

ประเทศไทยตั้งอยู่ในเขตร้อนใกล้เส้นศูนย์สูตรจึงมีอากาศร้อนชื้นปกคลุมเกือบตลอดปี เว้นแต่บริเวณที่อยู่ลึกเข้าไปในแผ่นดินตั้งแต่ภาคกลางขึ้นไป ความชื้นสัมพัทธ์จะลดลงชัดเจนในช่วงฤดูหนาวและฤดูร้อน โดยเฉพาะฤดูร้อนจะเป็นช่วงที่ความชื้นสัมพัทธ์ลดลงต่ำสุดในรอบปี ในบริเวณดังกล่าวมีความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยตลอดปี 73-75 เปอร์เซ็นต์ และจะลดลงเหลือ 64-69 เปอร์เซ็นต์ในช่วงฤดูร้อน และเคยมีความชื้นสัมพัทธ์ลดลงต่ำที่สุดเพียง 9 เปอร์เซ็นต์ เมื่อวันที่ 23 มีนาคม 2526 ที่จังหวัดเลย และเมื่อวันที่ 23 เมษายน 2533 ที่จังหวัดเชียงราย ส่วนบริเวณที่อยู่ติดฝั่งทะเลได้แก่ภาคตะวันออกและภาคใต้จะมีความชื้นสัมพัทธ์สูงกว่า โดยเฉพาะภาคใต้จะมีความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยตลอดปี 79-80 เปอร์เซ็นต์

ตารางที่ 2.3 แสดงสถิติความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย (%) ของประเทศไทยในช่วงฤดูกาลต่างๆ

ภาค	ฤดูหนาว	ฤดูร้อน	ฤดูฝน	ตลอดปี
เหนือ	74	64	81	75
ตะวันออกเฉียงเหนือ	69	66	80	73
ตะวันออก	71	75	81	76
กลาง	70	69	79	75
ใต้	80	77	79	79

ที่มา: <http://www.weather.go.th>, 2543: ออนไลน์

### 2.3 ภูมิประเทศและสภาพภูมิอากาศของจังหวัดตัวแทนอากาศ

#### 2.3.1 ลักษณะทางภูมิศาสตร์และภูมิอากาศของกรุงเทพมหานคร

กรุงเทพมหานคร ตั้งอยู่ศูนย์กลางของประเทศไทย บนละติจูดที่ 13 องศา 44 ลิปดาเหนือ และลองจิจูดที่ 100 องศา 34 ลิปดาตะวันออก สูงจากระดับน้ำทะเล 12 เมตร มีพื้นที่ 1568.737

ตารางกิโลเมตรสภาพภูมิอากาศโดยทั่วไปของที่ตั้งรับลมมรสุม 2 ช่วง คือลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือในฤดูหนาว ตั้งแต่พฤศจิกายนจนถึงมกราคม อากาศทั่วไปแห้งและเย็น ความชื้นค่อนข้างน้อย อีกช่วงหนึ่งเป็นลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ในฤดูร้อน และฤดูฝน ราวเดือนกุมภาพันธ์ถึงเดือนตุลาคม แต่ลมที่ผ่านเป็นลมที่มีความเร็วไม่สูงนัก กรุงเทพฯประกอบไปด้วย 3 ฤดูกาล ได้แก่ ฤดูฝน(มิถุนายน-ตุลาคม) ฤดูหนาว(พฤศจิกายน-กุมภาพันธ์) และ ฤดูร้อน (มีนาคม-พฤษภาคม)

### 2.3.2 ลักษณะทางภูมิศาสตร์และภูมิอากาศของนครปฐม

จังหวัดนครปฐม ตั้งอยู่บริเวณลุ่มแม่น้ำท่าจีนซึ่งเป็นพื้นที่บริเวณที่ราบลุ่มภาคกลาง โดยอยู่ระหว่างเส้นรุ้งที่ 13 องศา 45 ลิปดา 10 พิลิปดา เส้นแวงที่ 100 องศา 4 ลิปดา 28 พิลิปดา มีพื้นที่ 2,168.327 ตารางกิโลเมตร คิดเป็นร้อยละ 0.42 ของประเทศ และ อยู่ห่างจากกรุงเทพมหานครไปตามเส้นทางถนนเพชรเกษม 56 กิโลเมตร มีภูมิประเทศและภูมิอากาศ ไม่แตกต่างจากนครปฐมมากนัก

### 2.3.3 ลักษณะทางภูมิศาสตร์และภูมิอากาศของจังหวัดเชียงใหม่

จังหวัดเชียงใหม่ตั้งอยู่ที่ทิศเหนือของประเทศไทย บนละติจูดที่ 18 องศา 47 ลิปดาเหนือ และลองจิจูดที่ 98 องศา 59 ลิปดาตะวันออก สูงจากระดับน้ำทะเล 314 เมตร ห่างจากกรุงเทพฯ ประมาณ 720 กิโลเมตร ตามแนวทางหลวงแผ่นดินสายเหนือ ลักษณะอุณหภูมิจังหวัดเชียงใหม่ มีความแตกต่างกันของฤดูกาลอย่างเห็นได้ ชัดเจน อากาศจะร้อนจัดในฤดูร้อนและหนาวจัดในฤดูหนาว ทั้งนี้เป็นเพราะจังหวัดเชียงใหม่ มีสภาพภูมิประเทศโดยรวมเป็นหุบเขาและภูเขา ทำให้มีระดับความสูงเฉลี่ยบนยอดเขากลับสูง ในตอนกลางวันที่ถูกอิทธิพลของแดดแผดเผา ทำให้อุณหภูมิร้อนมากและในตอนกลางคืนจะได้รับอิทธิพลของลมภูเขาพัดลงมาในได้ หุบเขาภายในหุบเขาอากาศจะเย็นตัวอย่างรวดเร็ว ความร้อนตอนกลางวันลอยตัวขึ้นสูงปะทะกับความชื้นที่พืชคายออกมาในตอนกลางคืน จึงทำให้จังหวัดเชียงใหม่มีสภาพอากาศดังกล่าว สภาพภูมิอากาศจังหวัดเชียงใหม่อยู่ภายใต้อิทธิพลมรสุม 2 ชนิด คือ ลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้และลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ แบ่งภูมิอากาศออกได้เป็น 3 ฤดู ได้แก่ ฤดูฝน เริ่มตั้งแต่กลางเดือนพฤษภาคม จนถึง เดือนตุลาคม โดยได้รับอิทธิพลจากลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ ฤดูหนาว เริ่มตั้งแต่เดือนพฤศจิกายน ไปจนถึงกลางเดือนมีนาคม โดยได้รับอิทธิพลจากลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ นำอากาศหนาวจากไซบีเรียพัดผ่านจีนเข้าสู่ภาคเหนือ ฤดูร้อน เริ่มตั้งแต่เดือนมีนาคม ถึงกลางเดือนพฤษภาคม โดยได้รับอิทธิพลจากลมมรสุมตะวันออกเฉียงใต้

### 2.3.4 ลักษณะทางภูมิศาสตร์และภูมิอากาศของจังหวัดอุบลราชธานี

จังหวัดอุบลราชธานีตั้งอยู่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือสูงจากระดับน้ำทะเลเฉลี่ยประมาณ 68 เมตร มีพื้นที่ 16,112 ตารางกิโลเมตร ลักษณะโดยทั่วไปเป็นที่สูงต่ำ เป็นที่ราบสูงลาดเอียงไป

ทางตะวันออก แบ่งภูมิภาคอากาศออกได้เป็น 3 ฤดู ได้แก่ ฤดูฝน จะเริ่มตั้งแต่เดือนพฤษภาคมเรื่อยไปจนถึงปลายเดือนตุลาคม และมักปรากฏเสมอว่าฝนทิ้งช่วงในเดือนมิถุนายนถึงเดือนกรกฎาคม แต่ระยะเวลาการทิ้งช่วงมักจะไม่เหมือนกันในแต่ละปี และในช่วงปลายฤดูฝน มักจะมีพายุดีเปรสชันฝนตกชุกบางปีอาจมีภาวะ น้ำท่วมแต่ภาวะการณไม่รุนแรงนัก ฤดูหนาว เนื่องจากเป็นจังหวัดที่ตั้งอยู่ทางทิศตะวันออกสุดของประเทศ ทำให้ได้รับอิทธิพลลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือก่อนภูมิภาคอื่น อุณหภูมิจะเริ่มลดต่ำลงตั้งแต่เดือนตุลาคมและจะสิ้นสุดปลายเดือนมกราคม ฤดูร้อน ถึงแม้ว่าเคยปรากฏบ่อยครั้งว่าอากาศยังคงหนาวเย็นยึดเยื้อมาจนถึงปลายเดือนกุมภาพันธ์ โดยส่วนใหญ่แล้วอากาศจะ เริ่มอบอ้าว ในเดือนกุมภาพันธ์ไปจนถึงประมาณต้นเดือนพฤษภาคมซึ่งอาจจะมีฝน เริ่มตกอยู่บ้างในปลายเดือนเมษายน แต่ปริมาณน้ำฝนมักจะไม่เพียงพอสำหรับการเพาะปลูก นอกจากนี้ลักษณะภูมิอากาศทั่วไปคล้ายคลึงกับจังหวัดอื่น ๆ ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ คือ จะมีอากาศร้อน ในฤดูหนาวค่อนข้างหนาว ส่วนในฤดูฝนจะมีฝนตกชุกในช่วงเดือนมกราคมถึงเดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2541 มีฝนตกประมาณ 106 วัน ปริมาณน้ำฝนวัดได้ 1,297.3 มิลลิเมตร

### 2.3.5 ลักษณะทางภูมิศาสตร์และภูมิอากาศของจังหวัดสงขลา

จังหวัดสงขลาเป็นจังหวัดชายทะเลตั้งอยู่ในภาคใต้ฝั่งตะวันออก ที่ละติจูด 7 องศา 12 ลิปดาเหนือ ลองจิจูด 108 องศา 36 ลิปดาตะวันออก สูงจากระดับน้ำทะเลเฉลี่ย 4 เมตร ห่างจากกรุงเทพฯ โดยทางรถยนต์ตามทางหลวงแผ่นดินหมายเลข 4 เลียบฝั่งตะวันตกประมาณ 1,300 กิโลเมตร สายเลียบฝั่งตะวันออกประมาณ 1,125 จังหวัดสงขลาอยู่ภายใต้อิทธิพลของลมมรสุมที่พัดประจำเป็นฤดูกาล 2 ชนิด คือลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือหรือฤดูหนาวจะมีลมจากทิศตะวันออกเฉียงเหนือซึ่งเป็นลมเย็นและแห้งจากประเทศจีนพัดปกคลุมประเทศไทย ทำให้ภาคต่างๆ ทางตอนบนของประเทศตั้งแต่ภาคกลางขึ้นไป มีอากาศหนาวเย็นและแห้งแล้งทั่วไป แต่ภาคใต้ตั้งแต่จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ลงไปรวมถึงสงขลาด้วยกลับมีฝนตกชุกเพราะลมมรสุมนี้พัดผ่านอ่าวไทย จึงพาเอาไอน้ำไปตกเป็นฝนทั่วไป อากาศจึงไม่หนาวเย็นดังเช่นภาคอื่น ๆ ที่อยู่ตอนบนของประเทศ แต่อาจมีอากาศเย็นเป็นครั้งคราว ลมมรสุมอีกชนิดหนึ่งคือลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ซึ่งพัดผ่านมหาสมุทรอินเดียจึงพาเอาไอน้ำและความชุ่มชื้นมาสู่ประเทศไทย แต่เนื่องจากเทือกเขาตะนาวศรีซึ่งอยู่ทางด้านตะวันตกกั้นกระแสนลมไว้ ทำให้บริเวณภาคใต้ฝั่งตะวันออกและจังหวัดสงขลา มีฝนตกน้อยกว่าภาคใต้ฝั่งตะวันตกซึ่งเป็นด้านที่รับลม ฤดูกาลของจังหวัดสงขลาแบ่งตามลักษณะของลมฟ้าอากาศของประเทศไทยออกได้เป็น 3 ฤดู คือ

ฤดูร้อน เริ่มตั้งแต่กลางเดือนกุมภาพันธ์ถึงกลางเดือนพฤษภาคม ระยะเวลานี้เป็นช่วงว่างระหว่างฤดูมรสุมหลังจากสิ้นฤดูมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือหรือฤดูหนาวแล้ว อากาศจะเริ่มร้อนและมีอากาศร้อนจัดที่สุดในเดือนเมษายน แต่ไม่ร้อนมากนักเนื่องจากอยู่ใกล้ทะเลกระแสนลมและไอน้ำ

ฤดูฝน เริ่มตั้งแต่กลางเดือนพฤษภาคมถึงกลางเดือนตุลาคม เป็นช่วงที่มรสุมตะวันตกเฉียงใต้ซึ่งเป็นลมที่ร้อนและชื้นจากมหาสมุทรอินเดียพัดปกคลุมประเทศไทย ทำให้มีฝนตกทั่วไป และในช่วงฤดูฝนยังมีร่องความกดอากาศต่ำปกคลุมภาคใต้ จึงทำให้มีฝนตกมาก และเนื่องจากเป็นจังหวัดที่อยู่ทางด้านตะวันออกของภาคใต้จึงได้รับอิทธิพลจากมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือที่พัดผ่านอ่าวไทย ทำให้จังหวัดนี้มีฝนตกมากในช่วงฤดูหนาวคือระหว่างเดือนพฤศจิกายนและธันวาคม อีกช่วงหนึ่งด้วย จึงนับว่าเป็นจังหวัดที่มีฤดูฝนอันยาวนาน

ฤดูหนาว เริ่มตั้งแต่กลางเดือนตุลาคมถึงกลางเดือนกุมภาพันธ์ ซึ่งเป็นฤดูมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ ในระยะนี้ลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือซึ่งเย็นและแห้งจากประเทศจีนพัดปกคลุมประเทศไทย ทำให้อุณหภูมิลดลงทั่วไปและมีอากาศหนาวเย็น แต่เนื่องจากจังหวัดสงขลาอยู่ทางด้านชายฝั่งตะวันออกของภาคใต้อุณหภูมิจึงลดลงเล็กน้อยเป็นครั้งคราว อากาศจึงไม่สู้จะหนาวเย็นมากนักและบริเวณชายฝั่งจะมีฝนตกชุกทั่วไป

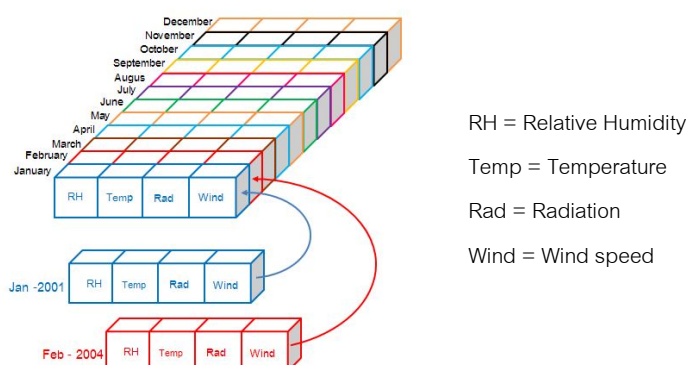
#### 2.4 ชุดข้อมูลอุตุนิยมวิทยาตัวแทน

การใช้ข้อมูลภูมิอากาศจริงของปีใดปีหนึ่งเพื่อนำไปหาค่าการใช้พลังงานของอาคาร จะได้ค่าพลังงานในแต่ละเดือนที่อาจจะสูงกว่าหรือต่ำกว่าค่าเฉลี่ย ขึ้นกับว่าภูมิอากาศถูกเลือกใช้ในปีนั้นมีความแปรปรวนของสภาพอากาศมากน้อยอย่างไร

โดยทั่วไปการทำนายการใช้พลังงานภายในอาคาร ด้วยระบบคอมพิวเตอร์ จำเป็นต้องใช้ชุดข้อมูลอุตุนิยมวิทยารายชั่วโมง เช่น อุณหภูมิ (Temperature) ความชื้นสัมพัทธ์ (Relative Humidity) ความเร็วลม (Wind Speed) และความเข้มรังสีดวงอาทิตย์ (Solar Radiation) โดยเป็นข้อมูลต่อเนื่องกันหลายปีเพื่อให้ได้ผลที่เป็นตัวแทนทางสถิติที่เชื่อถือได้ แต่ข้อมูลอุตุนิยมวิทยาที่มีการเปลี่ยนแปลงตลอดเวลา Hall, I.J. (1978) จึงได้มีการเสนอให้ใช้ชุดข้อมูลอุตุนิยมวิทยาตัวแทน (Typical Meteorological Data) โดยที่ชุดข้อมูลดังกล่าวเป็นข้อมูลรายชั่วโมงของ อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ ความเร็วลม และความเข้มรังสีดวงอาทิตย์ เป็นระยะเวลา 1 ปี (8,760 ชั่วโมง) ซึ่งเป็นตัวแทนทางสถิติของข้อมูลอุตุนิยมวิทยาที่ได้จากการวัดหลายๆปี โดยข้อมูลแต่ละเดือนในชุดข้อมูลตัวแทนจะดึงมาจากข้อมูลจริงในปีต่างๆ แผนภูมิที่ 2.2



แผนภูมิที่ 2.1 แสดงชุดข้อมูลอากาศตัวแทนที่ประกอบด้วยข้อมูลแต่ละเดือนของปีมาตรฐาน



ข้อมูลประเทศได้ได้สร้างชุดข้อมูลอุตุนิยมวิทยาตัวแทน (รศ.สมศักดิ์ ไชยภินันท์ และคณะ, 2542) ได้สร้างชุดข้อมูลภูมิอากาศมาตรฐานสำหรับกรุงเทพมหานครเพื่อนำไปใช้ในการวิเคราะห์พลังงานในอาคาร โดยได้คัดเลือกข้อมูลภูมิอากาศของกรุงเทพมหานครที่ได้มีการตรวจวัดโดยกรมอุตุนิยมวิทยาจำนวน 16 ปี (พ.ศ.2524 ถึง พ.ศ.2539) ได้สร้างชุดข้อมูลอุตุนิยมวิทยาตัวแทนสำหรับประเทศไทย (ปณกมล ดีใหญ่, 2548) โดยได้จัดทำข้อมูลตัวแทนอากาศของจังหวัดเชียงใหม่ อุบลราชธานี นครปฐม สงขลา เก็บข้อมูลรายชั่วโมงของอุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ ความเร็วลม ความเข้มรังสีดวงอาทิตย์ และได้ทำการหาค่าเฉลี่ยรายเดือนของตัวแปรรายชั่วโมงทั้ง 4 ตัวแปรในชุดข้อมูลอุตุนิยมวิทยาตัวแทน แล้วนำไปจำลองการทำงานของระบบทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์พบว่า สอดคล้องกับค่าเฉลี่ยที่ได้จากการคำนวณ

## 2.5 การคัดเลือกปีมาตรฐานของข้อมูลภูมิอากาศ

ข้อมูลอากาศสำหรับการทำนายการจำลองการใช้พลังงานมีหลากหลายรูปแบบ เช่น Test Reference Year (TRY) หรือ Typical Meteorological Year (TMY) ซึ่งข้อมูลในแต่ละแบบจะประกอบด้วยข้อมูลหลัก 3 ส่วนคือ ระบุตำแหน่งของสถานีตรวจอากาศ ได้แก่ Weather Station number, Time zone, Latitude และ Longitude เป็นต้น ข้อมูลอากาศ ได้แก่ อุณหภูมิกระเปาะแห้ง อุณหภูมิกระเปาะเปียก ความชื้นสัมพัทธ์ ความเร็วลม ทิศทางลม และข้อมูลรังสีดวงอาทิตย์ ซึ่งแต่ละชุดข้อมูลจะมีรูปแบบของรายละเอียดรูปแบบของข้อมูลและหน่วยวัดที่แตกต่างกัน

### 2.5.1 ข้อมูลอากาศแบบ Test Reference Year (TRY)

หน่วยงานอุตุนิยมวิทยาได้ร่วมกันกำหนดมาตรฐานของระบบปรับอากาศ ได้แก่ The Nation Bureau of Standard(NBS) The National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA) และ The American Society of Heating, Refrigerating, and Air-Conditioning Engineer (ASHRAE) ได้ร่วมกันพัฒนามาตรฐานการจัดเก็บข้อมูลอากาศสำหรับการออกแบบ

ระบบปรับอากาศ และระบายนอากาศ ที่ถูกเรียกว่า Test reference year (TRY) ซึ่งประกอบด้วย ข้อมูลอุตุนิยมวิทยารายชั่วโมงของปีมาตรฐานจำนวน 8,760 ชั่วโมง

2.5.1.1 วิธีการหาปีมาตรฐานของชุดข้อมูลแบบ TRY ข้อมูลอุตุนิยมวิทยาที่มีการจัดเก็บรายชั่วโมง จะมีข้อมูลปริมาณมากยากต่อการตัดสินใจว่าชุดข้อมูลใดหรือปีใดมีความเหมาะสมที่จะนำไปใช้กับโปรแกรมทำนายค่าการใช้พลังงานอาคาร ดังนั้น ASHRAE จึงได้เสนอเกณฑ์ สำหรับการคัดเลือกปีมาตรฐาน (Reference Year) จากข้อมูลอากาศที่ถูกบันทึกไว้จำนวนหลายปี โดยเริ่มจากคัดเลือกตัวแปรทางอุตุนิยมวิทยาที่เหมาะสมมีอยู่ 2 ชนิด คือ ค่าอุณหภูมิกระเปาะแห้ง และค่ารังสีรวมดวงอาทิตย์ แต่เนื่องจากโปรแกรม DOE2.1E ไม่นำข้อมูลรังสีรวมจากดวงอาทิตย์จากชุดข้อมูลแบบ TRY ไปใช้ในการคำนวณ ดังนั้นค่าอุณหภูมิกระเปาะแห้งจึงเป็นตัวแปรที่มีความสำคัญที่สุดสำหรับชุดข้อมูลแบบ TRY ตามมาตรฐานของ ASHRAE มีวิธีการคัดเลือกปีมาตรฐานดังนี้

- 1) คำนวณค่าอุณหภูมิกระเปาะแห้งเฉลี่ยสูงสุดและต่ำสุดของแต่ละเดือน
- 2) จัดลำดับความสำคัญของแต่ละเดือนที่มีต่ออัตราการใช้พลังงานของอาคาร เดือนเมษายนที่มีค่าอุณหภูมิกระเปาะแห้งสูงสุดจะถูกกำหนดให้เป็นเดือนที่มีความสำคัญมากที่สุด ต่อมาจึงจัดลำดับความสำคัญของเดือนที่อยู่ใกล้กับเดือนเมษายน โดยกำหนดให้เดือนที่อยู่ใกล้ที่สุดมีความสำคัญเป็นอันดับ 2 และเดือนที่อยู่ห่างมากที่สุดมีความสำคัญน้อยที่สุด
- 3) นำค่าอุณหภูมิกระเปาะแห้งเฉลี่ยสูงสุดของแต่ละเดือนของปีแรกบรรจุลงในแถวแรกของตาราง และนำค่าอุณหภูมิกระเปาะแห้งเฉลี่ยต่ำสุดของแต่ละเดือนบรรจุลงในตารางแถวที่ 2
- 4) นำค่าอุณหภูมิกระเปาะแห้งเฉลี่ยสูงสุดและต่ำสุดของแต่ละเดือนของปีอื่นๆ จนครบทุกปี การจัดทำข้อมูลอากาศ
- 5) เนื่องจากปีมาตรฐานควรเป็นปีที่มีระดับของพลังงานอยู่ในระดับปานกลาง จึงต้องขจัดเดือนที่มีค่าอุณหภูมิกระเปาะแห้งสูงสุดและต่ำสุดออกไปโดยเริ่มขจัดค่าอุณหภูมิกระเปาะแห้งสูงสุดจากเดือนที่มีลำดับความสำคัญสูงสุดเพียงหนึ่งเดือนจากแถวซ้ายสุดแล้ว ขจัดค่าสูงสุดของเดือนที่มีลำดับความสำคัญรองลงมาจนถึงเดือนที่มีความสำคัญน้อยที่สุดที่อยู่แถวขวาสุดของตาราง ต่อมาขจัดค่าต่ำสุดเพียงหนึ่งเดือนที่มีลำดับความสำคัญสูงสุดจากแถวซ้ายสุดแล้วจึงขจัดค่าต่ำสุดของเดือนที่มีความสำคัญรองลงมาจนถึงเดือนที่มีความสำคัญน้อยที่สุด
- 6) ในกรณีที่ขจัดเดือนที่ค่าอุณหภูมิกระเปาะแห้งสูงสุดและต่ำสุดรอบแรกเสร็จแล้วต่อมาสังเกตว่าเหลือปีใดบ้างที่ไม่มีเดือนใดในปีนั้นถูกขจัดเลย ในกรณีที่ยังเหลือปีที่ไม่มีถูกขจัดอยู่หลายปีหลังจากการขจัดรอบแรกแล้ว ให้ทำการขจัดรอบที่ 2 ตามวิธีในหัวข้อที่ 5 จนกระทั่งเหลือปีเพียงปีเดียวที่ไม่ถูกขจัดเลย ปีนั้นๆจะเป็นตัวแทนอากาศแบบ Test Reference Year (TRY)

2.5.1.2 รูปแบบการจัดเรียงข้อมูลสภาพอากาศแบบ TRY ชุดข้อมูลมาตรฐานแบบ TRY ประกอบด้วยข้อมูลจำนวน 8,760 ชุดข้อมูลโดยแต่ละชุดข้อมูลจะประกอบด้วยข้อมูลอุตุนิยมวิทยาที่ตรวจวัดจากสถานีตรวจอากาศจำนวน 30 ชนิดข้อมูล ซึ่งรายละเอียดของแต่ละชุดข้อมูลจะถูกจัดอยู่ในรูปแบบ ตารางที่ 2.5

ตารางที่ 2.4 แสดงรูปแบบข้อมูลตามมาตรฐานแบบ TRY

File Field Number	Columns	Element	Configuration	Code Definitions and Remarks																		
001	01 - 05	STATION NUMBER	01001 - 98999	Unique number used to identify each station. Usually a WBAN number, but occasionally a WMC or other number system.																		
002	06 - 08	DRY BULB TEMP	000 to 140	Temperature in whole °F: 000 to 140 = 0° to 14°F -01 to -80 = -1 to -80°F 999 = Missing																		
003	09 - 11	WET BULB TEMP	-01 to -80																			
004	12 - 14	DEW POINT TEMP	or 999																			
005	15 - 17	WIND DIRECTION	000 - 360 or 999	Direction from which the wind is blowing in whole degrees. 000 = Calm 001-360 = 1° - 360° 999 = Missing  Note: Prior to 1964, direction was recorded to only 16 intervals (points of the compass). The following scheme was used to convert these values to whole degrees. <table style="margin-left: 40px;"> <tr><td>000 = Calm</td><td>180 = South</td></tr> <tr><td>360 = North</td><td>203 = South Southwest</td></tr> <tr><td>023 = North Northeast</td><td>225 = Southwest</td></tr> <tr><td>045 = Northeast</td><td>248 = West Southwest</td></tr> <tr><td>068 = East Northeast</td><td>270 = West</td></tr> <tr><td>090 = East</td><td>293 = West Northwest</td></tr> <tr><td>113 = East Southeast</td><td>315 = Northwest</td></tr> <tr><td>135 = Southeast</td><td>338 = North Northwest</td></tr> <tr><td>158 = South Southeast</td><td></td></tr> </table>	000 = Calm	180 = South	360 = North	203 = South Southwest	023 = North Northeast	225 = Southwest	045 = Northeast	248 = West Southwest	068 = East Northeast	270 = West	090 = East	293 = West Northwest	113 = East Southeast	315 = Northwest	135 = Southeast	338 = North Northwest	158 = South Southeast	
000 = Calm	180 = South																					
360 = North	203 = South Southwest																					
023 = North Northeast	225 = Southwest																					
045 = Northeast	248 = West Southwest																					
068 = East Northeast	270 = West																					
090 = East	293 = West Northwest																					
113 = East Southeast	315 = Northwest																					
135 = Southeast	338 = North Northwest																					
158 = South Southeast																						
006	18 - 20	WIND SPEED	000 - 230 or 999	Wind speed in whole knots. 000 = Calm 001-230 = 1-230 knots 999 = Missing																		
007	21 - 24	STATION PRESSURE	1900 - 3999 or 9999	Pressure at station in inches of Hg times 100: 1900-3999 = 19.00 - 39.99 in Hg 9999 = Missing																		
008	25	WEATHER	0 - 9	Type of weather at the time of observation. 0 = No obstructions 1 = Fog 2 = Haze 3 = Smoke 4 = Haze and smoke 5 = Thunderstorm 6 = Tornado 7 = Liquid precipitation (rain, rain showers, freezing rain, drizzle, freezing drizzle) 8 = Frozen precipitation (snow, snow showers, snow pellets, snow grains, sleet, ice pellets, hail) 9 = Blowing dust, blowing sand, blowing spray, dust  Note: Original observations may contain combinations of these elements. Whenever this occurred, a priority was assigned for the purpose of indicating weather in this file. (1) - Liquid precipitation - 7 (2) - Frozen precipitation - 8 (3) - Obstructions to vision - 1, 2, 3, 4, 9 (4) - Thunderstorm (no precipitation) - 5 (5) - Tornado (no precipitation) - 6																		

## 2.5.2 ข้อมูลอากาศแบบ Typical Meteorological Year (TMY)

เทคโนโลยีการจัดเก็บข้อมูลถูกพัฒนาให้ สามารถจัดเก็บข้อมูลรังสีดวงอาทิตย์ละเอียดมากขึ้น จึงมีความจำเป็นต้องพัฒนาเพิ่มข้อมูลสภาพบรรยากาศมาตรฐานเพื่อจัดเก็บข้อมูลจากการตรวจวัดให้เป็นแบบแผนเดียวกัน ชุดข้อมูลที่เป็นที่นิยมใช้คือ ชุดข้อมูลมาตรฐานแบบ Typical Meteorological Year (TMY) ขั้นตอนการจัดเก็บข้อมูลอุตุนิยมวิทยา ซึ่งมีรายละเอียดแต่ละขั้นตอนดังนี้

2.5.2.1 วิธีการหาปีมาตรฐานของชุดข้อมูลแบบ TMY สถาบัน Sandia National Laboratories ได้เสนอเกณฑ์การคัดเลือกปีมาตรฐานสำหรับเพิ่มข้อมูลสภาพบรรยากาศแบบ TMY ด้วยการคัดเลือกเดือนที่เหมาะสมจำนวน 12 เดือนที่เรียกว่า Typical Metrological Month (TMM) จากข้อมูลอุตุนิยมวิทยา สถานีตรวจวัดอากาศจำนวนหลายปีด้วยวิธีการทางสถิติ ส่งผลให้เดือนที่เหมาะสมอาจมาจากชุดข้อมูลอุตุนิยมวิทยาต่างปีกันก็ได้ ในกรณีที่เดือน TMM มาจากต่างปีกันอาจจะเกิดการกระโดดของข้อมูล (Discontinuity) ระหว่างช่วงต่อของแต่ละเดือน แต่เนื่องจากข้อมูลสภาพบรรยากาศจำเป็นต้องมีความต่อเนื่องกัน จึงต้องใช้วิธีประมาณค่าในช่วงแบบ Cubic spline interpolation สำหรับการคำนวณค่าของช่วงข้อมูลก่อนหลังของจุดต่อระหว่างเดือน

Hall, 1978 ได้เสนอหลักการคัดเลือกปีมาตรฐานแบบ TMY ด้วยการคัดเลือกค่าทางสถิติของข้อมูลอุตุนิยมวิทยาที่มีความสำคัญต่อการประมาณค่าการใช้พลังงานของอาคาร จำนวน 13 ค่า ได้แก่ ค่าเฉลี่ย ค่าสูงสุด ค่าต่ำสุด ค่าความแตกต่างระหว่างค่ามากที่สุดกับค่าน้อยสุดรายวันของข้อมูลอุณหภูมิกะเปาะแห้ง ข้อมูลอุณหภูมิกายน้ำค้าง ข้อมูลความเร็วลม ข้อมูลรังสีรวมจากดวงอาทิตย์ในหนึ่งวัน ส่วนของขั้นตอนการคัดเลือกเดือน Typical Metrological Month (TMM) ประกอบด้วย 2 ขั้นตอนคือขั้นตอนการคัดเลือก Candidate years จำนวน 5 ปี และขั้นตอนการคัดเลือกเดือนมาตรฐาน Typical Metrological Month (TMM) จาก candidate years

ขั้นตอนการคัดเลือก Candidate years เริ่มจากการเปรียบเทียบค่าความถี่สะสม (Cumulative frequency distribution function, CDF) ของข้อมูลของแต่ละเดือนในหนึ่งปีกับค่าความถี่สะสมระยะยาวของข้อมูลทุกปี (Long-term cumulative distribution function) โดยใช้สมการทางสถิติที่เสนอโดย Finkelstein-Schafer, 1971 ที่มีรายละเอียดดังนี้ ถ้าสมมติให้  $n$  คือจำนวนข้อมูลทั้งหมดของตัวแปร  $x$  ที่ได้จากการตรวจวัด และ ข้อมูลเหล่านี้ถูกเรียงลำดับจากน้อยไปหามาก ( $X_1, X_2, \dots, X_n$ ) ค่าความถี่สะสมของข้อมูล ( $S_n(x)$ ) คำนวณได้จากสมการ

$$S_n(x) = \begin{cases} 0 & \text{for } x < x_1 \\ (k - 0.5)/n & \text{for } x_{(k)} \leq x < x_{(k+1)} \\ 1 & \text{for } x \geq x_{(n)} \end{cases}$$

จากสมการดังกล่าวพบว่า ค่า  $(S_n(X))$  เป็นฟังก์ชันเพิ่มแบบคงที่ด้วย Step size เท่ากับ  $1/n$  ที่ข้อมูล  $x_k$  โดยจะมีขอบเขตของข้อมูลอยู่ที่ 0 กับ 1 ส่วนค่าของ FS สามารถคำนวณได้จากสมการ

$$FS = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n \delta_i$$

เมื่อ  $\delta_i$  เป็นค่าสัมบูรณ์ของผลต่างระหว่างค่าความถี่สะสมของข้อมูลทุกปีของเดือนที่กำลังพิจารณา กับค่าความถี่สะสมของข้อมูลแต่ละปีในเดือนเดียวกันที่ข้อมูล  $X_i$  ( $i = 1, 2, 3, \dots, n$ ) เมื่อ  $n$  คือจำนวนข้อมูลทั้งหมดของเดือนที่กำลังพิจารณา

ค่า FS ถูกคำนวณเพื่อใช้เป็นตัวแทนของการเปรียบเทียบของข้อมูลในแต่ละเดือนของแต่ละปีสำหรับตัวแปรทางสถิติทั้งหมด 13 ตัวแปร (Weighting sum, WS) ให้กับค่า FS ของตัวแปรแต่ละตัวแปรตามสมการ

$$WS = \sum_{j=1}^m w_j \cdot FS_j$$

เมื่อ  $m$  คือจำนวนของตัวแปรของข้อมูลสภาพบรรยากาศ

จากการศึกษาของ Hall, I.J (1978) พบว่าตัวแปรอุตุนิยมวิทยาจำนวน 4 ตัวแปร มีความสำคัญน้อยมากจนกระทั่งสามารถสมมติให้ค่าถ่วงน้ำหนักของตัวแปรเหล่านี้มีค่าเท่ากับศูนย์ได้ ตัวแปรเหล่านั้นได้แก่ ค่าความแตกต่างระหว่างค่าที่มากที่สุดกับค่าที่น้อยที่สุดรายวันของค่าอุณหภูมิกระเปาะแห้ง ค่าอุณหภูมิหยาดน้ำค้าง และค่าความเร็วลม รวมทั้งหมด 3 ตัวแปร และค่าความเร็วลมต่ำสุดรายวันอีก 1 ตัวแปร ซึ่งจะเหลือเพียงค่าถ่วงน้ำหนักของตัวแปรที่เหลืออีก 9 ตัวแปร โดยที่การใช้ข้อมูลบรรยากาศนี้จะให้ข้อมูลรังสีรวมจากดวงอาทิตย์มีความสำคัญสูงสุด ดังนั้นจึงกำหนดให้ค่าถ่วงน้ำหนักของค่ารังสีรวมจากดวงอาทิตย์มีค่าสูงสุดคือ 12 ส่วนใน 24 ส่วน และข้อมูลอื่นที่มีความสำคัญน้อยกว่าก็จะกำหนดให้มีค่าถ่วงน้ำหนักลดน้อยลงตามลำดับ

ขั้นตอนต่อมาจะเป็นการคัดเลือกเดือนมาตรฐาน TMM จากปี Candidate years จำนวน 5 ปี โดยพิจารณาจากการเปรียบเทียบค่าทางสถิติจำนวน 3 ค่าคือการเปรียบเทียบค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานระหว่างค่ารังสีรวมจากดวงอาทิตย์รายชั่วโมงของแต่ละเดือนของ Candidate year กับค่า รังสีรวมจากดวงอาทิตย์ของข้อมูลทุกปี ค่า FS ของค่ารังสีรวมจากดวงอาทิตย์ในหนึ่งวัน และค่า FS ของค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิกระเปาะแห้งในหนึ่งวัน

การเปรียบเทียบค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานระหว่างค่ารังสีรวมจากดวงอาทิตย์รายชั่วโมงของแต่ละเดือนของ Candidate year กับค่ารังสีรวมจากดวงอาทิตย์ของข้อมูลทุกปี จะคำนวณได้จาก สมการ Root mean square difference (RMSD) ตามสมการดังนี้

$$RMSD = \left[ \sum_{l=1}^N (x_{kl} - \bar{x}_l)^2 / N \right]^{1/2}$$

เมื่อ k และ l หมายถึง ปี และ ชั่วโมงในแต่ละวันตามลำดับ และ N คือจำนวนชั่วโมงในหนึ่งวันที่ค่ารังสีดวงอาทิตย์ไม่เท่ากับศูนย์ส่วนการคัดเลือกปีที่เหมาะสมนั้นจะเลือกปีที่มีค่า RMSD อยู่ในช่วง 0.02 MJ/m<sup>2</sup>/hour ของค่าที่น้อยสุดที่ปรากฏใน candidate year ในกรณีที่ผ่านการคัดเลือกขั้นตอนย่อยทั้งสองขั้นตอนแล้วยังมี candidate year เหลือมากกว่าหนึ่งปี ให้เลือกปีที่มีค่า FS ของค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิกระเปาะแห้งในวันที่มีค่าน้อยสุด

2.5.2.2 รูปแบบการจัดเรียงข้อมูลสภาพอากาศแบบ TMY ชุดข้อมูลมาตรฐานแบบ TMY ประกอบด้วยข้อมูลอุตุนิยมวิทยา 2 ประเภทดังนี้ คือ ข้อมูลรังสีจากดวงอาทิตย์ที่ถูกจัดเก็บในลักษณะต่างๆ จำนวน 11 ชุด เช่นค่ารังสีรวมจากดวงอาทิตย์, ค่ารังสีตรงจากดวงอาทิตย์ และค่ารังสีกระจายจากดวงอาทิตย์ ประเภทที่ 2 ข้อมูลอุตุนิยมวิทยาผิวดิน จำนวน 28 ชุดข้อมูล เช่น ความดันบรรยากาศ และ อุณหภูมิกระเปาะแห้ง เป็นต้น เมื่อรวมเข้าด้วยกันจะได้ข้อมูลที่มีความยาวทั้งสิ้น 132 ตัวอักษร โดยรายละเอียดจะแสดงดังตารางที่ 2.5

ตารางที่ 2.5 แสดงรายละเอียดของชุดข้อมูลมาตรฐานแบบ TMY

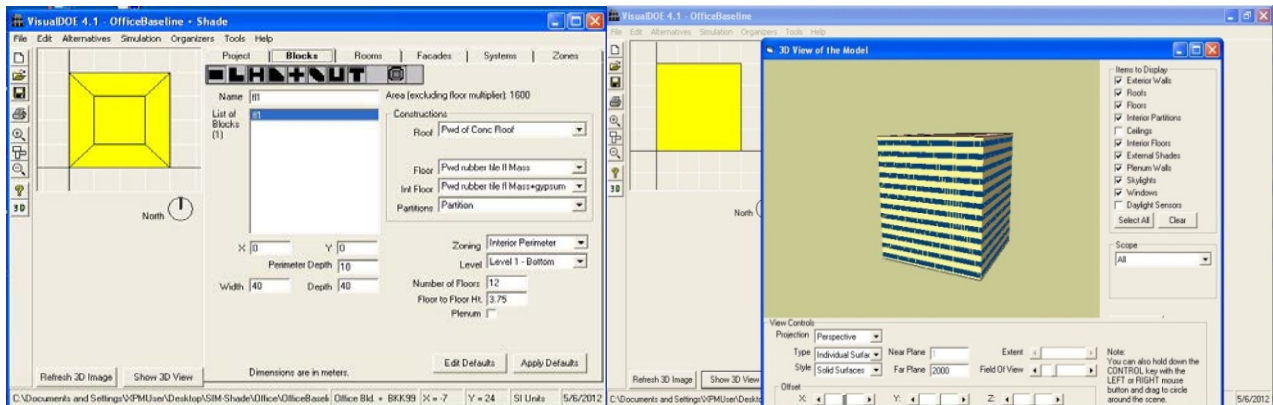
Field Number	Tape Position	Field Descriptions	Remarks
001	001-005	Station Number	Not used by Program
002	006-015	Solar Time (Yr, Mo, Day, Hour, Minute)	Not used by Program
003	016-019	Local Standard Time(Hr, Minute)	Not used by Program
101	020-023	Extraterrestrial Radiation	KJ/(m <sup>3</sup> -hr), 9999=missing
102	024-028	Direct Radiation	KJ/(m <sup>3</sup> -hr), 9999=missing
103	029-033	Diffuse Radiation	KJ/(m <sup>3</sup> -hr), 9999=missing
104	034-038	Net Radiation	Not used by Program
105	039-043	Tilt Radiation	Not used by Program
106	044-048	Observed Radiation	Not used by Program
107	049-053	Engineer Corrected Radiation	Not used by Program
108	054-058	Standard year Corrected Radiation	Global Radiation, KJ/(m <sup>3</sup> -hr), 9999=missing
109, 110	059-068	Addition Radiation(A, B)	Not used by Program
111	069-070	Minute of Sunshine	Not used by Program
201	071-072	Time of Surface observation	Hour of observation in Local Standard Time, 0000-2300 LST
202	073-076	Ceiling height	Not used by Program
203	077-081	Sky condition	Not used by Program
204	082-085	Visibility	Not used by Program
205	086-093	Weather	Not used by Program
206	094-103	Pressure	Pressure at Station in Pascal/10, 00000-10132

Field Number	Tape Position	Field Descriptions	Remarks
207	104-107	Dry Bulb Temperature	x10 Degree Celsius
208	108-111	Dew Point Temperature	x10 Degree Celsius
209	112-114	Wind Direction	Direction from which the wind is blowing in whole degree (clockwise from north)
210	115-118	Wind Speed	Wind speed in x10 m/s
211	119-120	Total Cloud Amount	Amount of the celestial dome covered by cloud or obscuring phenomena in tenths
222	121-122	Total Opaque	Not used by Program

## 2.6 การจำลองการใช้พลังงานด้วยโปรแกรม VisualDOE4.1

เป็นโปรแกรมคอมพิวเตอร์ซึ่งพัฒนาโดย Architectural Energy Corporation ได้พัฒนาส่วนต่อประสานกราฟิก (GUI) ครอบโปรแกรม DOE2.1 ของ Lawrence Berkeley Laboratory ใช้สำหรับช่วยคำนวณการใช้พลังงานในอาคารเป็นรายชั่วโมงตลอดทั้งปีทำงานได้ง่ายขึ้น โดยอาศัยฐานข้อมูลสภาพอากาศรายชั่วโมงที่ จัดรูปแบบไฟล์ชนิดต่างๆ เช่น TRY TMY WYEC หรืออื่นๆ VisualDOE4.1 เป็นโปรแกรมที่ได้รับการพัฒนาและทดสอบความแม่นยำโดยนักวิจัยจากทั่วโลกมาตลอดระยะเวลากว่า 20 ปี ตั้งแต่โปรแกรมได้รับการเขียนขึ้นมา ยังถูกนำมาใช้เพื่อช่วยพัฒนามาตรการและกฎหมาย ที่เกี่ยวข้องกับการควบคุมการใช้พลังงานในหลายประเทศทั่วโลกอีกด้วย องค์ประกอบหลักของ VisualDOE4.1 จะมีทั้งสิ้น 4 ส่วนได้แก่ LOAD SYSTEM PLANT และ ECONOMIC ซึ่งจะทำหน้าที่ตั้งแต่การคำนวณภาระการทำความเย็น จนถึงการใช้พลังงานในส่วนประกอบต่างๆ ของอาคารทั้งในส่วนจากระบบแสงสว่างและอุปกรณ์ไฟฟ้า

VisualDOE4.1 จะคำนวณภาระการทำความเย็น (Cooling Load) จากปัจจัยภายนอกอาคารซึ่งได้แก่ การนำความร้อนจากผนังภายนอก การนำความร้อนจากผนังภายนอก การแผ่รังสีดวงอาทิตย์ ผ่านช่องหน้าต่าง และการรั่วซึมของอากาศภายนอกนำมารวมกับภาระการทำความเย็นภายในอาคารซึ่ง ได้แก่ การนำความร้อนจากผนังภายนอก การแผ่รังสีดวงอาทิตย์ผ่านช่องหน้าต่าง มารวมกับภาระการทำความเย็นจากภายในอาคารซึ่ง ได้แก่ ความร้อนจากผู้ใช้อาคาร ความร้อนจากหลอดไฟแสงสว่าง และความร้อนจากอุปกรณ์ เครื่องใช้ไฟฟ้า เมื่อนำภาระการทำความเย็นจากภายนอกมารวมกับภาระการทำความเย็นภายในแล้ว โปรแกรม VisualDOE4.1 ก็จะสามารถคำนวณปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้า



รูปที่ 2.2 ลักษณะการใช้งานโปรแกรม VisualDOE4.1

## 2.7 สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

สถิติ คือ วิธีการจัดการข้อมูลโดยเริ่มตั้งแต่การจัดเก็บรวบรวมข้อมูล ไปจนถึงการวิเคราะห์และแปลผลข้อมูลเพื่อช่วยในการตัดสินใจในภาวะไม่แน่นอน โดยอาศัยรากฐานของหลักความน่าจะเป็น (Probability) เป็นพื้นฐาน

สถิติอ้างอิงหรืออ้างอิงหรือ สถิติอนุมาน เป็นการนำเสนอข้อมูลที่เก็บมาจากกลุ่มตัวอย่างไปใช้อ้างอิง และอธิบายถึงกลุ่มประชากรทั้งหมด การบรรยายหรือสรุปผลจะใช้หลักความน่าจะเป็นมาทดสอบสมมติฐาน

สถิติอ้างอิงแบบมีพารามิเตอร์ นิยมใช้กับข้อมูลที่มีระดับการวัดตัวแปร เป็นระดับมาตราอัตราภาค (Interval) หรือระดับมาตราอัตราส่วน (Ratio Scale) ที่ลักษณะของข้อมูลที่มีการแจกแจงแบบปกติ (Normal Distribution) หรือประชากรที่มีค่าความแปรปรวนไม่แตกต่างกันมาก

การวิเคราะห์ความแปรปรวนเป็นวิธีการทดสอบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของตัวแปรอิสระที่มีค่าอยู่มากกว่า 2 ค่าขึ้นไป เช่น ตัวแปร สถานภาพ จะมีค่าอยู่ 3 ค่าได้แก่ โสด สมรส และ หย่า/หม้าย โดยนำไปวิเคราะห์กับตัวแปรตามที่มีระดับการวัดตัวแปรเป็นระดับอัตราภาค (Interval Scale) หรือมาตราส่วน (Rational Scale) การวิเคราะห์ความแปรปรวน หรือในที่นี้จะเรียกว่า ANOVA (Analysis of Variance) นั้นจะเป็นการทดสอบค่าความแปรปรวนของค่าเฉลี่ยด้วย F-test ซึ่งมีสูตรที่ใช้ในการคำนวณดังนี้

$$F = \frac{MS_b}{MS_w}$$

$MS_b$  = ผลรวมกำลัง 2 เฉลี่ยระหว่างกลุ่ม

$MS_w$  = ผลรวมกำลัง 2 เฉลี่ยภายในกลุ่ม

$$MS_b = \frac{SS_b}{df_b}$$



$SS_b$  = ผลรวมกำลัง 2 ระหว่างกลุ่ม

$df_b$  = ชั้นความเป็นอิสระระหว่างกลุ่ม

$$MS_w = \frac{SS_w}{df_w}$$

$SS_w$  = ผลรวมกำลัง 2 ภายในกลุ่ม

$df_w$  = ชั้นความเป็นอิสระภายในกลุ่ม

$$SS_b = \sum_{i=1}^k \frac{T^2}{n_i} - \frac{T^2}{N}$$

$SS_b$  = ผลรวมกำลัง 2 เฉลี่ยภายในกลุ่ม

$T$  = ผลรวมทั้งหมด

$n_i$  = จำนวนตัวอย่างในแต่ละตัวแปร

$N$  = จำนวนตัวอย่างทั้งหมด

$$df_b = k - 1$$

$df_b$  = ชั้นความเป็นอิสระระหว่างกลุ่ม

$k$  = จำนวนตัวแปรทั้งหมด

$$SS_t = \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^{n_i} X_{ij}^2 - \frac{T^2}{N}$$

$SS_t$  = ผลรวมกำลัง 2 ทั้งหมด

$X_{ij}$  = ค่าของตัวอย่างที่  $i$  ในตัวแปรที่  $j$

$n_i$  = จำนวนตัวอย่างในแต่ละตัวแปร

$$df_w = N - k$$

$df_w$  = ชั้นความเป็นอิสระภายในกลุ่ม

ในกรณีที่ผลการทดสอบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของตัวแปรมากกว่า 2 ตัวขึ้นไป (ANOVA) พบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 แล้ว จะต้องทำการวิเคราะห์ต่อไปอีกด้วยว่ามีรายการคู่ใดที่แตกต่างกันบ้าง การวิเคราะห์ความแตกต่างเป็นรายคู่สามารถเลือกทำได้หลายวิธี แต่ที่นิยมมากที่สุดได้แก่วิธีเซฟเฟ (Scheffe')

เซฟเฟ (Scheffe') เป็นเครื่องมือทางสถิติที่ใช้การทดสอบความแตกต่างกันเป็นรายคู่ว่ามีนัยสำคัญทางสถิติหรือไม่ โดยจะทำการวิเคราะห์ต่อเมื่อผลของการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ออกมาว่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

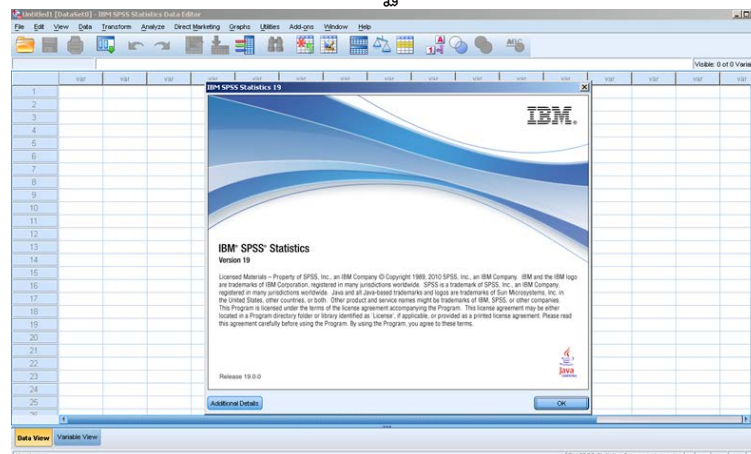
$$Sf = \sqrt{(k - 1)F_{(\alpha, k-1, N-k)}} \sqrt{MSw \left( \frac{1}{n_i} + \frac{1}{n_j} \right)}$$

เมื่อ MSw = ค่าเฉลี่ยของความแปรปรวนภายในกลุ่ม  
 $n_i, n_j$  = จำนวนตัวอย่างในกลุ่ม ที่ i และ j  
 N = จำนวนตัวอย่างทั้งหมด  
 K = จำนวนกลุ่ม

ค่า  $F_{(\alpha, k-1, N-k)}$  = ได้มาจากการเปิดตาราง F ที่  $\alpha = .05$ ,  $df_1 = k-1$ ,  $df_2 = N-k$

## 2.8 โปรแกรมวิเคราะห์ข้อมูล SPSS

SPSS เดิมชื่อว่า "Statistical Package for the Social Sciences" (ชุดโปรแกรมสถิติเพื่อสังคมศาสตร์) ออกเผยแพร่ครั้งแรกในปี 2511 หลังจากถูกพัฒนาโดย Norman H. Nie และ C. Hadlai Hull Norman Nie ในขณะนั้นเป็นนักศึกษารัฐศาสตร์ภาคบัณฑิตที่มหาวิทยาลัยสแตนฟอร์ด และปัจจุบันเป็นศาสตราจารย์วิจัยที่ภาควิชารัฐศาสตร์ มหาวิทยาลัยสแตนฟอร์ด และศาสตราจารย์เกียรติคุณสาขารัฐศาสตร์ที่มหาวิทยาลัยชิคาโก SPSS เป็นหนึ่งในโปรแกรมที่นิยมใช้แพร่หลายมากที่สุดสำหรับการวิเคราะห์ทางสถิติในสังคมศาสตร์ มันถูกใช้โดยนักวิจัยตลาด นักวิจัยสุขภาพ บริษัทสำรวจความคิดเห็น รัฐบาล นักวิจัยการศึกษา บริษัทการตลาด



รูปที่ 2.3 ลักษณะการใช้งานโปรแกรม SPSS

## บทที่ 3

### วิธีดำเนินการวิจัย

งานวิจัยนี้งานวิจัยนี้ต้องการศึกษาการใช้พลังงานของบ้านพักอาศัยและอาคารสำนักงานที่ปัจจัยภูมิอากาศที่แตกต่างกัน วิธีการศึกษามีหลายวิธีเช่น การสร้างกล่องทดลอง และการทดลองวัดค่าจากสถานที่จริง ซึ่งมีข้อดีคือผลที่ได้ค่อนข้างตรงกับความเป็นจริง แต่ทั้งสองวิธีมีความยุ่งยากในการควบคุมสภาพแวดล้อม การตรวจวัดกับอาคารจริงมีค่าใช้จ่ายสูงและระยะเวลาในการเก็บข้อมูลมีจำกัด อีกวิธีที่เป็นที่นิยมคือ วิธีการใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์เพื่อสร้างแบบจำลอง ช่วยในการศึกษาการใช้พลังงานในอาคาร สามารถควบคุมตัวแปร เช่น วัสดุประกอบอาคาร พฤติกรรมการใช้งาน สภาพแวดล้อม ความผิดพลาดจากการเก็บข้อมูล ทำให้การศึกษารื่องการใช้พลังงาน ประหยัดเวลาและ ค่าใช้จ่าย

ผู้วิจัยเลือกใช้แนวทางการวิจัยเชิงจำลองสถานการณ์จริง (Simulation Research) โดยใช้เทคนิคการจำลองสภาพภูมิอากาศ ที่ได้จากการเก็บข้อมูลตามเงื่อนไขต่างๆเพื่อทำการหาค่าการใช้พลังงานของอาคารอ้างอิง (Reference Building) โดยอาศัยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ VisualDOE4.1 เพื่อนำผลการจำลองที่นำมาวิเคราะห์หาความแตกต่าง แสดงขั้นตอนการดำเนินงานวิจัยดังนี้

#### 3.1 ข้อมูลสภาพอากาศ (Weather File)

ในประเทศไทย มีหลายหน่วยงานที่จัดเก็บข้อมูลสภาพอากาศ เช่น กรมอุตุนิยมวิทยา, กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, กรมควบคุมมลพิษ ฯลฯ แต่หน่วยงานที่จัดเก็บข้อมูลที่มีความละเอียดรายชั่วโมง จัดเก็บข้อมูลครบถ้วนหลายปี ในประเทศไทยมีจำนวนน้อยมาก หน่วยงานที่จัดเก็บข้อมูลสภาพอากาศรายชั่วโมง เป็นเวลาหลายปี ได้แก่ กรมอุตุนิยมวิทยา

ข้อมูลสภาพอากาศสำหรับโปรแกรม VisualDOE4.1 จะถูกจัดเก็บในรูปแบบ Binary file (\*.bin) ไฟล์ ข้อมูลอากาศรวบรวมสภาพอากาศ ที่แสดงถึงที่ตั้ง และ สภาพแวดล้อมของอาคาร ข้อมูลอากาศ ประกอบด้วยตัวแปรดังต่อไปนี้ Dry Bulb Temperature, Dew Point Temperature, Relative Humidity, Pressure, Wind Direction, Wind Speed และ Global Horizontal Radiation จากข้อมูลอากาศจะถูกคัดเลือกปีมาตรฐานออกมาเพื่อหาตัวแทนอากาศ สำหรับการคำนวณการใช้พลังงาน สำหรับประเทศไทยได้มีผู้จัดทำข้อมูลชุดตัวแทนอากาศดังนี้

##### 3.1.1 รวบรวมข้อมูลอากาศ

3.1.1.1 กรุงเทพมหานคร TMY จัดทำโดย ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ซึ่งไฟล์ข้อมูลจะประกอบด้วยข้อมูลอากาศรายชั่วโมง แต่ละเดือนของปีมาตรฐาน

(TMY) ตลอดหนึ่งปี 8,760 ชั่วโมง โดยที่ข้อมูลอากาศแบบ TMY จะคัดเลือก ปีมาตรฐานของแต่ละเดือนในปีนั้น ข้อมูลแบบรายชั่วโมง จะถูกเก็บ ให้อยู่ในรูป text-file ก่อนที่จะแปลงเป็น binary-file ได้แก่ อุณหภูมิกระเปาะแห้ง (dry-bulb temperature) อุณหภูมิหยดน้ำค้าง (dew-point temperature) ความเร็วลม ทิศทางลม ความกดอากาศ ค่าการแผ่รังสีดวงอาทิตย์ (รังสีตรงและรังสีกระจาย)

ตาราง 3.1 แสดงปีมาตรฐานของชุดตัวแทนอากาศ กรุงเทพฯ TMY

	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
BKKTMY	1993	1994	1994	1986	1994	1991	1996	1991	1983	1986	1984	1993

3.1.1.2 กรุงเทพฯ 99 จัดทำโดย ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อรรจน์ เศรษฐบุตร คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ซึ่งไฟล์ข้อมูลจะประกอบด้วยข้อมูลอากาศรายชั่วโมง ของปีมาตรฐาน (TRY) ตลอดหนึ่งปี 1999 (8760 ชั่วโมง) ข้อมูลแบบรายชั่วโมง จะถูกเก็บ ให้อยู่ในรูป text-file ประกอบด้วย อุณหภูมิกระเปาะแห้ง (dry-bulb temperature) ความชื้นสัมพัทธ์ ความเร็วลม ค่าการแผ่รังสีดวงอาทิตย์ตั้งตรง

ตาราง 3.2 แสดงปีมาตรฐานของชุดตัวแทนอากาศ กรุงเทพฯ TRY

	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
BKKTRY	1999	1999	1999	1999	1999	1999	1999	1999	1999	1999	1999	1999

3.1.1.3 เชียงใหม่ อุบลราชธานี สงขลา และนครปฐม จัดทำโดย นางสาวปณภมล ดีใหญ่ ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร ซึ่งไฟล์ข้อมูลจะประกอบด้วยข้อมูลอากาศรายชั่วโมง แต่ละเดือนของปีมาตรฐาน (TMY) ตลอดหนึ่งปี (8760 ชั่วโมง) ข้อมูลแบบรายชั่วโมง จะถูกเก็บ ให้อยู่ในรูป text-file ได้แก่ อุณหภูมิกระเปาะแห้ง (dry-bulb temperature) ความชื้นสัมพัทธ์ ความเร็วลม ค่าการแผ่รังสีดวงอาทิตย์ตั้งตรง

ตาราง 3.3 แสดงปีมาตรฐานของชุดข้อมูลอากาศ เชียงใหม่ นครปฐม อุบลราชธานี สงขลา

	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
NakornPathom	2000	2000	1997	1996	2003	2002	1999	2004	2003	1998	1996	1998
Songkhla	1995	1997	1995	2001	2004	1998	1998	1995	1997	2001	2002	2003
Ubon	2002	2001	2004	1998	1997	2002	2002	1999	1999	1998	2002	2003
Chiangmai	2001	2004	2002	1998	1998	2001	1998	2004	2003	2004	2004	1996

### 3.1.2 จัดรูปแบบข้อมูลอากาศตามมาตรฐานของ DOE-2

เมื่อได้ปีมาตรฐาน ตามแต่ละเขตอากาศ ให้จัดเรียงข้อมูลอากาศตามลำดับของข้อมูลดังนี้

STATION, MM, DM, YR, JULDY, DECTIME, HD, RH, F, IG, WSP



### 3.2 การเลือกอาคารกรณีศึกษา

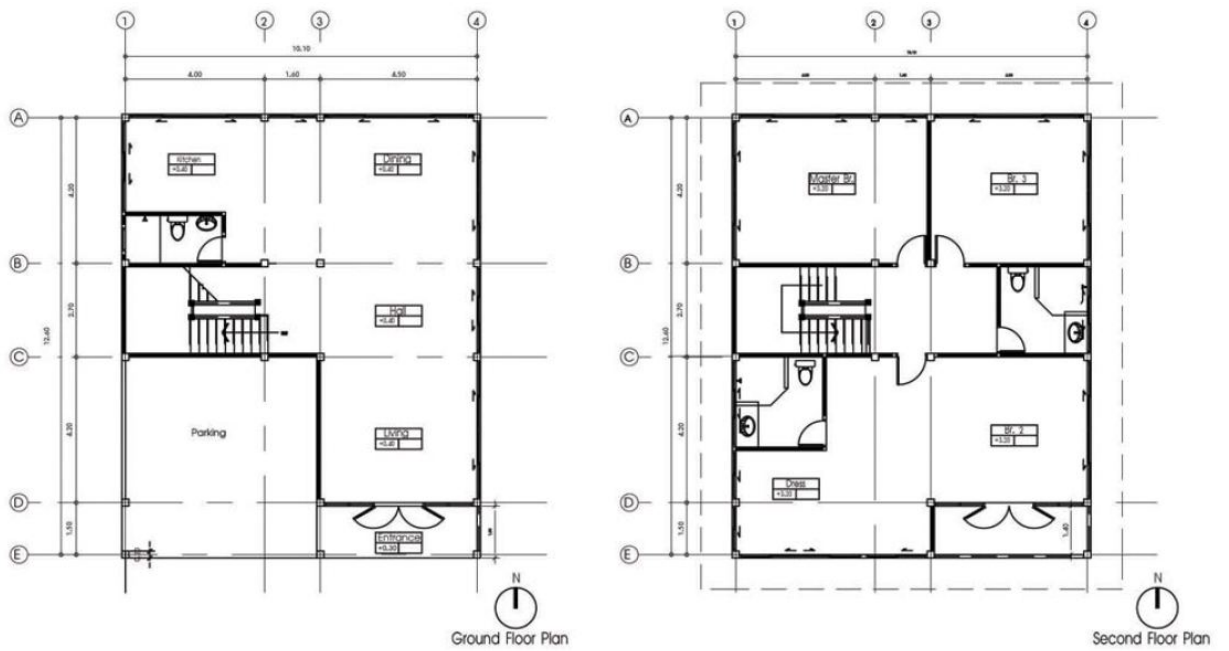
วัตถุประสงค์ของงานวิจัยมุ่งศึกษาการใช้พลังงานสำหรับบ้านและอาคารสำนักงานทั่วไป

**3.2.1 บ้านกรณีศึกษา** กำหนดเป็นบ้านพักอาศัย 2 ชั้น ขนาดปานกลางที่มีรูปแบบที่สามารถตั้งได้ในพื้นที่ กรุงเทพมหานคร นครปฐม เชียงใหม่ อุบลราชธานี สงขลา ของงานวิจัยที่เกี่ยวข้องของสถาบันวิจัยพลังงาน จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย โดยพื้นที่ต่างๆมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

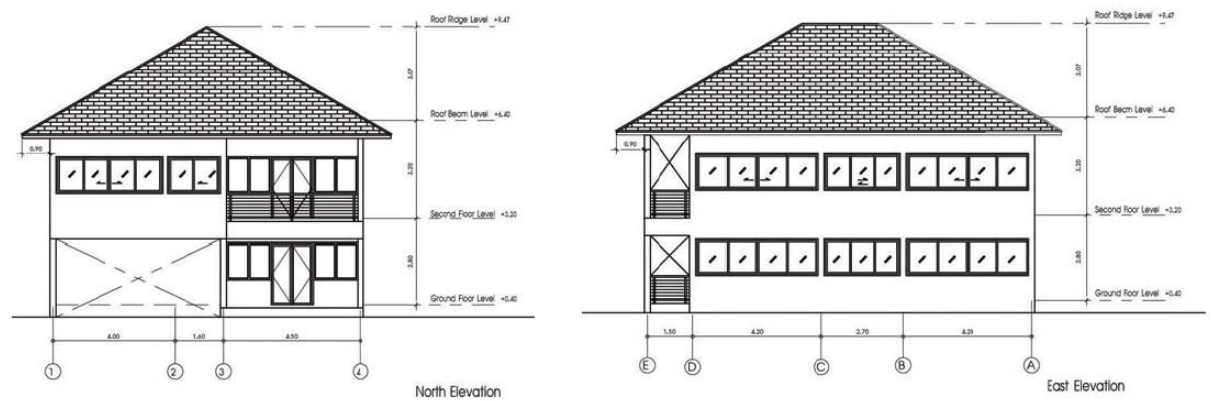
#### 3.2.1.1 พื้นที่ใช้สอยของอาคาร

ตารางที่ 3.4 แสดงรายละเอียดของแต่ละพื้นที่การใช้งานภายในบ้านพักอาศัยกรณีศึกษา

ห้อง	พื้นที่ (ตารางเมตร)
ชั้น 1 พื้นที่รวม	111
1. ห้องครัว	9
2. ห้องกินข้าว และห้องรับแขก	55
3. ห้องนั่งเล่น และบันได	38
4. ห้องน้ำ 1 และห้องเก็บของ	9
ห้อง	พื้นที่ (ตารางเมตร)
ชั้น 2 พื้นที่รวม	102
1. ห้องนอน 1	50
2. ห้องนอน 2	21.6
3. ห้องนอน 3	18.4
4. ห้องน้ำ 2	6
5. ห้องน้ำ 3	6
รวมพื้นที่ทั้งหมด	213



รูปที่ 3.1 แสดงแบบแปลนชั้นล่างของบ้านพักอาศัยกรณีศึกษา



รูปที่ 3.2 แสดงรูปด้านของบ้านพักอาศัยกรณีศึกษา

<sup>1</sup> ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อรรจน์ เศรษฐบุญตร “การพัฒนาเกณฑ์ขั้นต่ำของคุณสมบัติการป้องกันความร้อนของเปลือกอาคารในอาคารบ้านเดี่ยว” ภาควิชาสถาปัตยกรรมศาสตร์ คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, การประชุมเชิงวิชาการเครือข่ายพลังงานแห่งประเทศไทยครั้งที่ 3 23-25 พฤษภาคม 2550 โรงแรมไบเทคสกาย กรุงเทพฯ

## 3.2.1.2 วัสดุประกอบอาคาร

ตารางที่ 3.5 แสดงรายละเอียดวัสดุประกอบอาคารบ้านพักอาศัยกรณีศึกษา

รายการ	รายการ	รายละเอียด	วัสดุเก็บผิว
พื้น	พื้นที่ชั้นล่าง	พื้นที่คอนกรีตอัดแรงสำเร็จรูป ชนิดลอน	กระเบื้องเซรามิก
	พื้นที่ชั้นบน	พื้นที่คอนกรีตอัดแรงสำเร็จรูป ชนิดแผ่นเรียบ	ไม้เนื้อแข็ง
	พื้นที่จอดรถ	พื้นที่คอนกรีตหล่อทับที่	คอนกรีตฉาบเรียบ
	พื้นที่ห้องน้ำ	พื้นที่คอนกรีตหล่อทับที่	กระเบื้องเซรามิก
ผนัง	ผนังทั่วไป	ก่ออิฐฉาบผิว ฉาบปูนเรียบ	ทาสีน้ำพลาสติก
	ผนังห้องน้ำ	ก่ออิฐฉาบผิว ฉาบปูนเรียบ	กระเบื้องเซรามิก
ฝ้าเพดานภายนอก		ฝ้าซีเมนต์แผ่นเรียบ	ทาสีน้ำพลาสติก
ฝ้าเพดานภายใน		ฝ้ายิปซัมบอร์ด	ทาสีน้ำพลาสติก
หลังคา	กระเบื้องซีแพคโมเนีย		
ประตู	วงกบ	ไม้เนื้อแข็ง	
	บานประตูภายนอก	ไม้เนื้อแข็ง	
	บานประตูภายใน	บาน H.D.F.	
	บานประตูห้องบริการ	บานพลาสติกสังเคราะห์ (PVC)	
หน้าต่าง	วงกบ 1	ไม้เนื้อแข็ง	
	บานหน้าต่างทั่วไป 1	ไม้เนื้อแข็ง ลูกฟักกระจกใส	
	วงกบ 2	อลูมิเนียม สี Powder Coat	
	บานหน้าต่างทั่วไป 2	อลูมิเนียม สี Powder Coat ลูกฟักกระจกใส	

## 3.2.1.3 ผู้ใช้สอยและพฤติกรรมการอยู่อาศัย

บ้านพักอาศัยกรณีศึกษา 2 ชั้น ขนาดปานกลางมีพื้นที่ใช้สอย 213 ตารางเมตรพฤติกรรมของผู้อยู่อาศัยจะออกไปทำงานในช่วงเวลากลางวันของวันธรรมดา ช่วงเวลาที่คนอาศัยอยู่ในบ้านเป็นช่วงเวลา 16.00 – 18.00 น. ของวันธรรมดาและตลอดวันในวันหยุดและใช้เวลาส่วนใหญ่อยู่ในห้องนอน รองลงมาคือห้องนั่งเล่น หรือห้องรับแขกที่ส่วนมากมักเป็นห้องเดียวกัน

งานวิจัยกำหนดให้ผู้ใช้สอยในบ้าน มี 4 คน ประกอบด้วย พ่อและแม่ และ ลูก 2 คน พ่อแม่ทำงานวันจันทร์ถึงศุกร์ ลูกทั้งสองไปเรียนจันทร์ถึงศุกร์ ช่วงวันหยุดสมาชิกอยู่บ้านเป็นส่วนใหญ่ มีรายละเอียดดังนี้

- กำหนดเวลาการใช้เครื่องปรับอากาศในห้องนอนดังนี้ จันทร์-ศุกร์ใช้เครื่องปรับอากาศเวลา 20.00 - 6.00น. วันหยุดสุดสัปดาห์จะใช้เครื่องปรับอากาศเวลา 21.00 - 8.00 น.



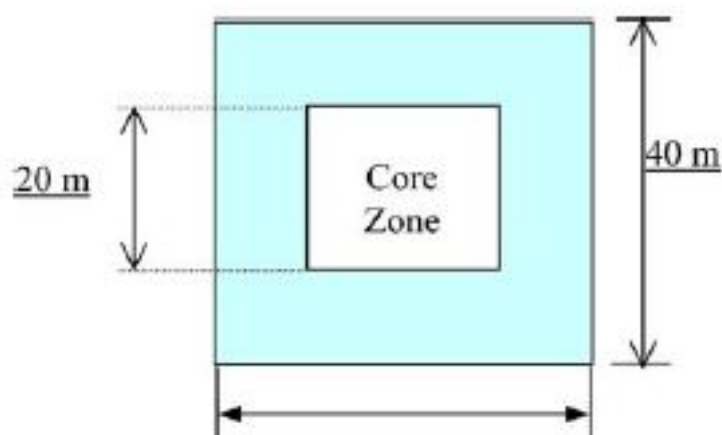
2. ติดตั้งเครื่องปรับอากาศเฉพาะห้องนอนเท่านั้น
3. ปรับอุณหภูมิอากาศที่ 24 องศาเซลเซียส
4. วันหยุดสุดสัปดาห์ กำหนดให้มีผู้อาศัยคิดเป็นจำนวน 80% ตลอดเวลา 24 ชั่วโมง
5. การใช้พลังงานไฟฟ้าแสงสว่างคำนวณจากแบบก่อสร้างคิดเป็น 7.53 วัตต์ต่อตารางเมตร
6. การใช้พลังงานไฟฟ้าอุปกรณ์คิดเป็น 8.61 วัตต์ต่อตารางเมตร
7. อุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้าประกอบด้วย โทรทัศน์ 3 เครื่อง วิทยุเครื่องเสียง 2 ชุด พัดลมตั้งโต๊ะ 1 เครื่อง คอมพิวเตอร์และพริ้นเตอร์ 2 ชุด เต้าไมโครเวฟ 1 เครื่อง หมอหุงข้าว 1 เครื่อง เครื่องทำน้ำร้อน 2 เครื่อง เครื่องปั้มน้ำ 1 เครื่อง

3.2.2 อาคารสำนักงานกรณีศึกษา กำหนดเป็นสำนักงาน 12 ชั้น ขนาดปานกลางที่มีรูปแบบที่สามารถตั้งได้ในพื้นที่ กรุงเทพมหานคร นครปฐม เชียงใหม่ อุบลราชธานี สงขลา ของงานวิจัยที่เกี่ยวข้องของ สถาบันเทคโนโลยีแห่งเอเชีย<sup>2</sup> โดยพื้นที่ต่างๆมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

#### 3.2.2.1 พื้นที่ใช้สอยของอาคาร

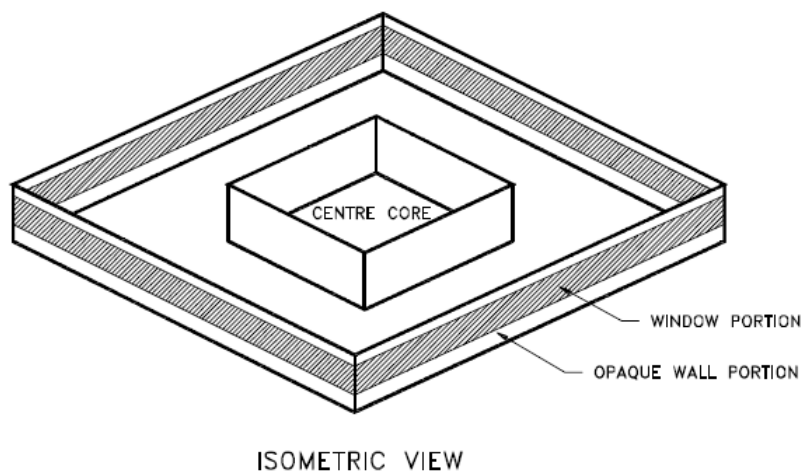
ตารางที่ 3.6 แสดงรายละเอียดของแต่ละพื้นที่การใช้งานภายในอาคารสำนักงานกรณีศึกษา

ห้อง	พื้นที่ (ตารางเมตร)
ชั้น 1 - 12 พื้นใช้สอย	14,400
ช่องลิฟต์ หรือแกนอาคาร	4,800
รวมพื้นที่ทั้งหมด	19,200



รูปที่ 3.3 แสดงแบบแปลนชั้นล่างของอาคารสำนักงานกรณีศึกษา

<sup>2</sup>S.Chairarattananon, J.TaveeKun, "An OTTV-based energy estimation model for commercial buildings in Thailand" International Journal of Energy Research 36 (2004)



รูปที่ 3.4 ภาพแสดงพื้นที่กระจก WWR 44% สำหรับอาคารสำนักงาน

### 3.2.1.2 วัสดุประกอบอาคาร

ตารางที่ 3.7 แสดงรายละเอียดวัสดุประกอบอาคารสำนักงานกรณีศึกษา

รายการ	รายละเอียด	วัสดุเก็บผิว
พื้น	พื้นที่คอนกรีตอัดแรงสำเร็จรูป ชนิดแผ่นเรียบ	คอนกรีตฉาบเรียบ
ผนัง	ก่ออิฐมวลเบา ผิวฉาบปูนเรียบ	ทาสีน้ำพลาสติก
หลังคา	พื้นที่คอนกรีตอัดแรงสำเร็จรูป ชนิดแผ่นเรียบ	-
หน้าต่าง	อลูมิเนียม กระจกใส 6 มม.	-

### 3.2.2.3 ผู้ใช้สอยและพฤติกรรมการใช้สอย

อาคารสำนักงานกรณีศึกษา 12 ชั้น ขนาดปานกลางมีพื้นที่ใช้สอย 14,400 ตารางเมตร WWR 44% พฤติกรรมของผู้ใช้งานจะทำงาน จันทร์ถึงศุกร์ ตั้งแต่ 8.00 – 17.00น. งานวิจัยกำหนดให้ผู้ใช้สอยในอาคาร 7 คน ต่อ 100 ตารางเมตร มีรายละเอียดดังนี้

1. กำหนดเวลาการใช้เครื่องปรับอากาศดังนี้ จันทร์ - ศุกร์ใช้เครื่องปรับอากาศ ตั้งแต่ 8.00 – 17.00น.
2. ติดตั้งเครื่องปรับอากาศเฉพาะพื้นที่ใช้สอยเท่านั้น
3. ปรับอุณหภูมิอากาศที่ 25 องศาเซลเซียส
4. การใช้พลังงานไฟฟ้าแสงสว่างคำนวณจากแบบก่อสร้างคิดเป็น 13.18 วัตต์ต่อตารางเมตร
5. การใช้พลังงานไฟฟ้าอุปกรณ์คิดเป็น 12.88 วัตต์ต่อตารางเมตร

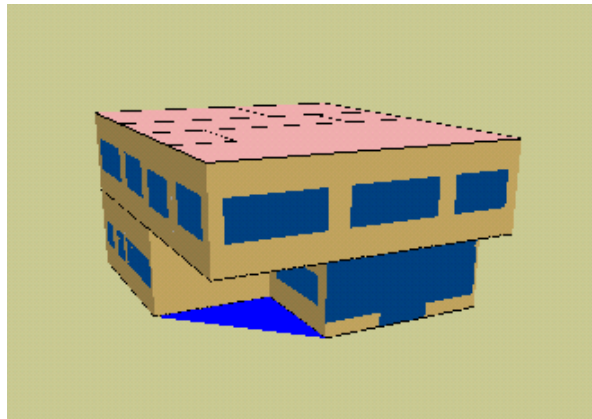
### 3.3 การจำลองการใช้พลังงานภายในอาคารด้วยโปรแกรม VisualDOE4.1

งานวิจัยใช้โปรแกรม VisualDOE4.1 เป็นโปรแกรมสำเร็จรูปสำหรับการจำลองการใช้พลังงานที่ได้รับการยอมรับในวงการวิจัยอย่างกว้างขวาง การจำลองการใช้พลังงานด้วยโปรแกรม VisualDOE4.1 มี 4 ส่วน คือ LOAD SYSTEM PLANT และ ECONOMIC แต่ละส่วนจะทำหน้าที่ตั้งแต่การคำนวณภาระการทำความเย็น จนถึงการใช้พลังงานในส่วนประกอบต่างๆ ของอาคารทั้งในส่วนขอระบบแสงสว่างและอุปกรณ์ไฟฟ้า

การจำลองการใช้พลังงานจะต้องใส่ตัวแปรให้ถูกต้องครบถ้วน ตามข้อกำหนดดังนี้

#### 3.3.1 บ้านพักอาศัย

##### 3.3.1.1 สร้างแบบจำลองอาคารตามแบบบ้านกรณีศึกษา



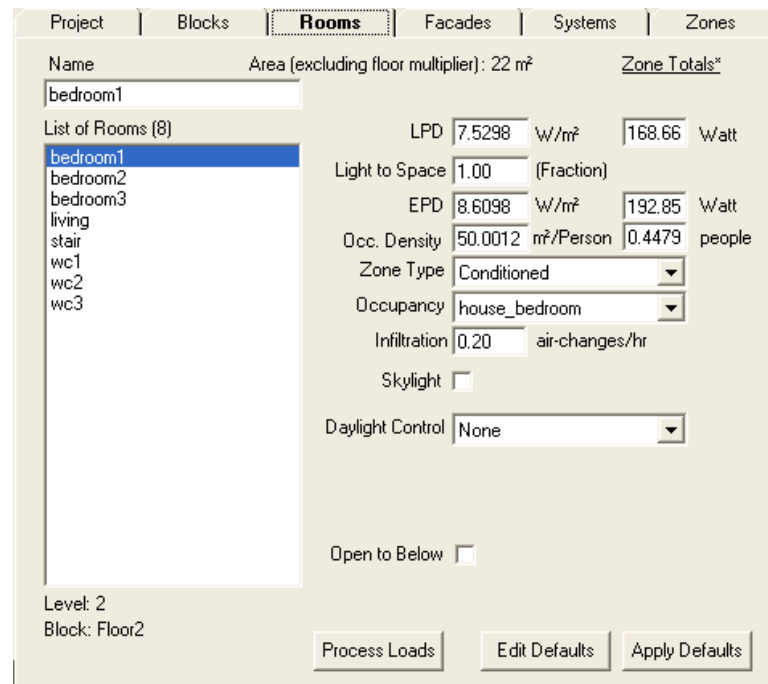
รูปที่ 3.5 แสดงแบบจำลองบ้านพักอาศัยกรณีศึกษาด้วยโปรแกรม VisualDOE4.1

##### 3.3.1.2 กำหนดโครงสร้างของบ้านพักอาศัย

Project	Blocks	Rooms	Facades	Systems	Zones
<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <span>Name: Floor1</span> <span>Area (excluding floor multiplier): 92.87</span> </div>					
List of Blocks (2) Floor1 Floor2		Constructions Roof: Mtl Deck, 2 in. insul., Blt-up Floor: Simulated Slab Int Floor: R-0 Mass Partitions: Partition			
X: 0      Y: 0		Zoning: Custom Block Level: Level 1 - Bottom Number of Floors: 1 Floor to Floor Ht.: 3 Plenum: <input type="checkbox"/>			
Edit Defaults      Apply Defaults					
<small>Dimensions are in meters.</small>					

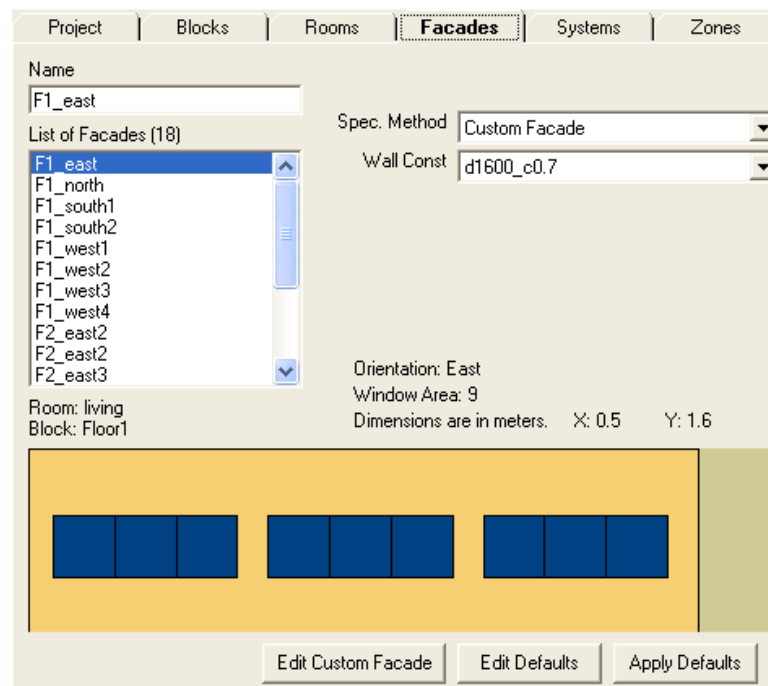
รูปที่ 3.6 แสดงการกำหนดค่าโครงสร้างบ้านพักอาศัยด้วยโปรแกรม VisualDOE4.1

### 3.3.1.3 กำหนดพื้นที่ใช้งาน ของบ้านพักอาศัยกรณีศึกษา



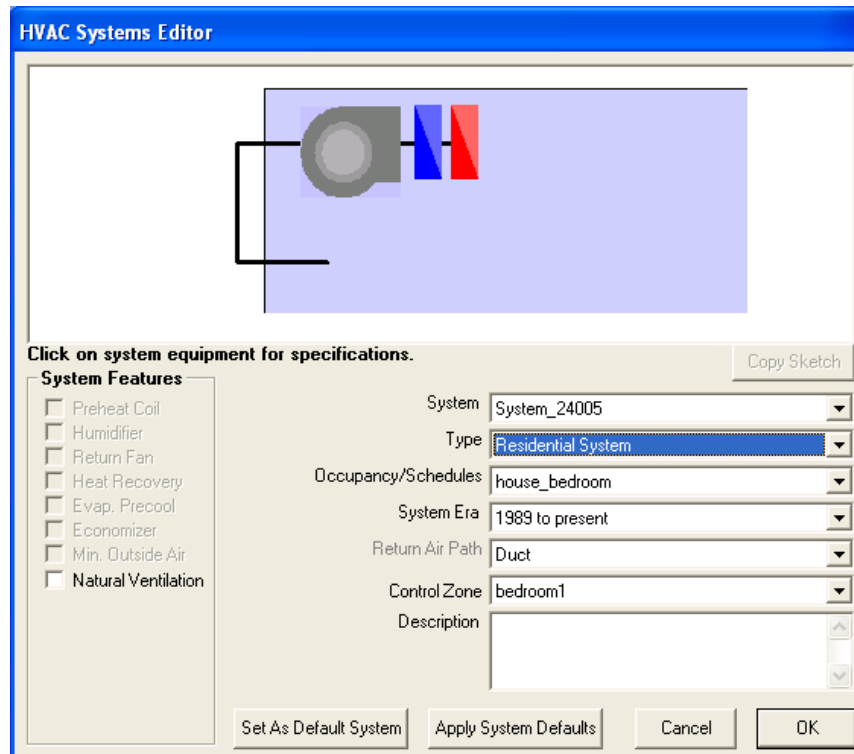
รูปที่ 3.7 แสดงการกำหนดพื้นที่ใช้งานบ้านพักอาศัยด้วยโปรแกรม VisualDOE4.1

### 3.3.1.4 กำหนดวัสดุประกอบอาคาร ของบ้านพักอาศัยกรณีศึกษา



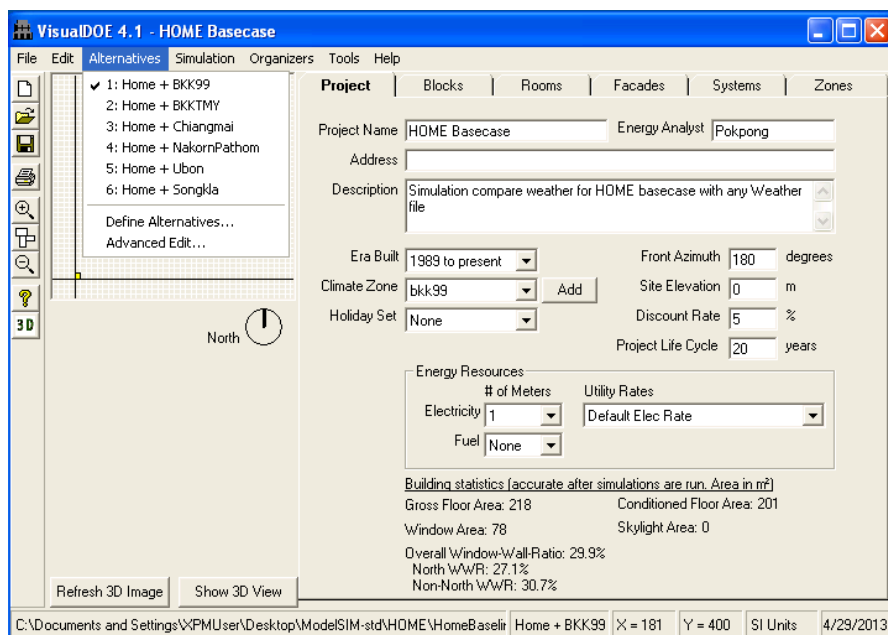
รูปที่ 3.8 แสดงการกำหนดวัสดุประกอบอาคารของบ้านพักอาศัยด้วยโปรแกรม VisualDOE4.1

### 3.3.1.5 กำหนดระบบปรับอากาศ สำหรับบ้านพักอาศัยกรณีศึกษา



รูปที่ 3.9 แสดงการกำหนดระบบปรับอากาศของบ้านพักอาศัยด้วยโปรแกรม VisualDOE4.1

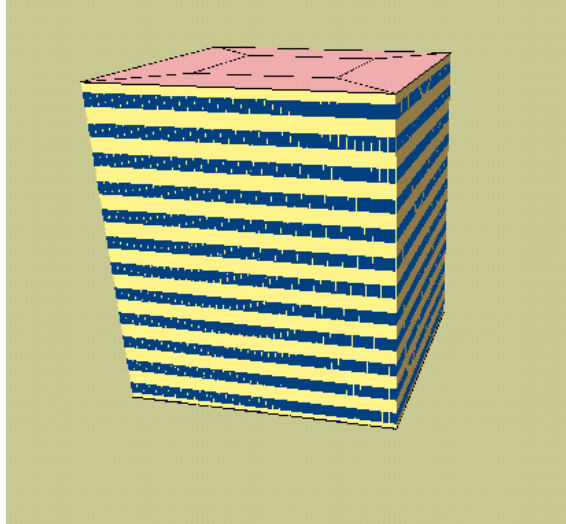
### 3.3.1.6 กำหนดข้อมูลอากาศ สำหรับบ้านพักอาศัยกรณีศึกษา



รูปที่ 3.10 แสดงการกำหนดข้อมูลอากาศของบ้านพักอาศัยด้วยโปรแกรม VisualDOE4.1

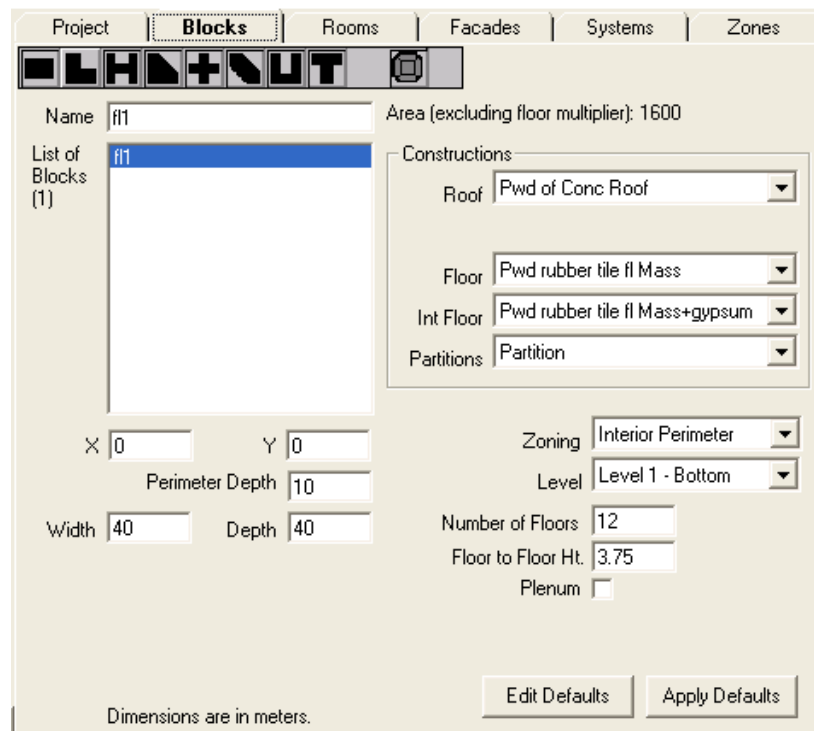
### 3.3.2 สำนักงาน

#### 3.3.2.1 สร้างแบบจำลอง ตามแบบอาคารสำนักงานกรณีศึกษา



รูปที่ 3.11 แสดงแบบจำลองอาคารสำนักงานกรณีศึกษาด้วยโปรแกรม VisualDOE4.1

#### 3.3.2.2 กำหนดโครงสร้าง ของอาคารสำนักงาน



รูปที่ 3.12 แสดงการกำหนดค่าโครงสร้างอาคารสำนักงานด้วยโปรแกรม VisualDOE4.1

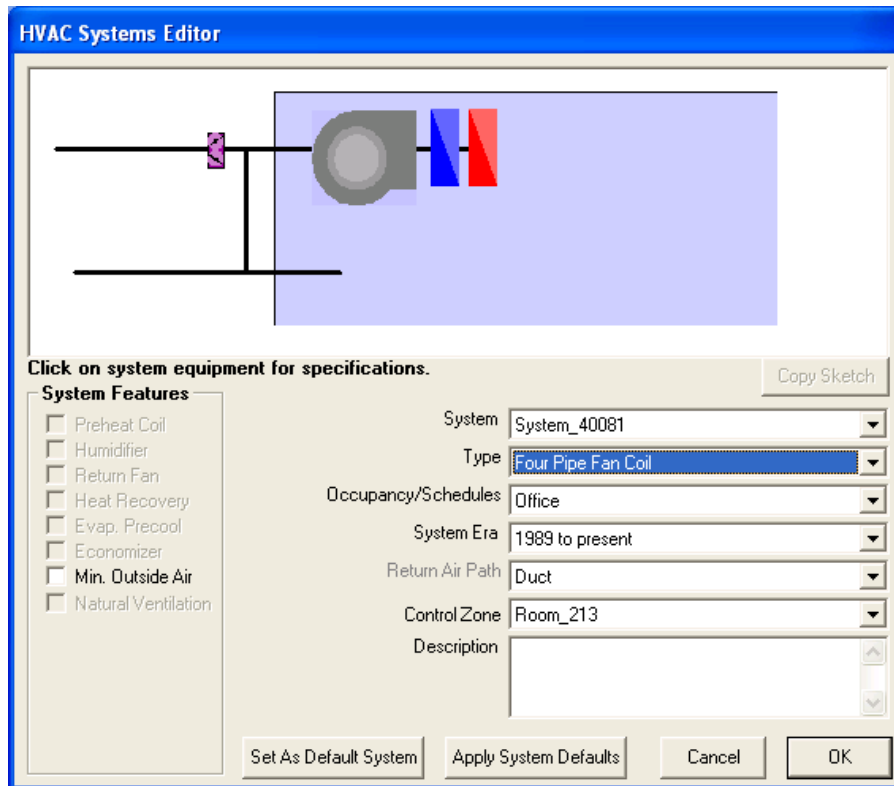
### 3.3.2.3 กำหนดพื้นที่ใช้งาน ของอาคารสำนักงานกรณีศึกษา

รูปที่ 3.13 แสดงการกำหนดพื้นที่ใช้งานของอาคารสำนักงานด้วยโปรแกรม VisualDOE4.1

### 3.3.2.4 กำหนดวัสดุประกอบอาคาร ของอาคารสำนักงานกรณีศึกษา

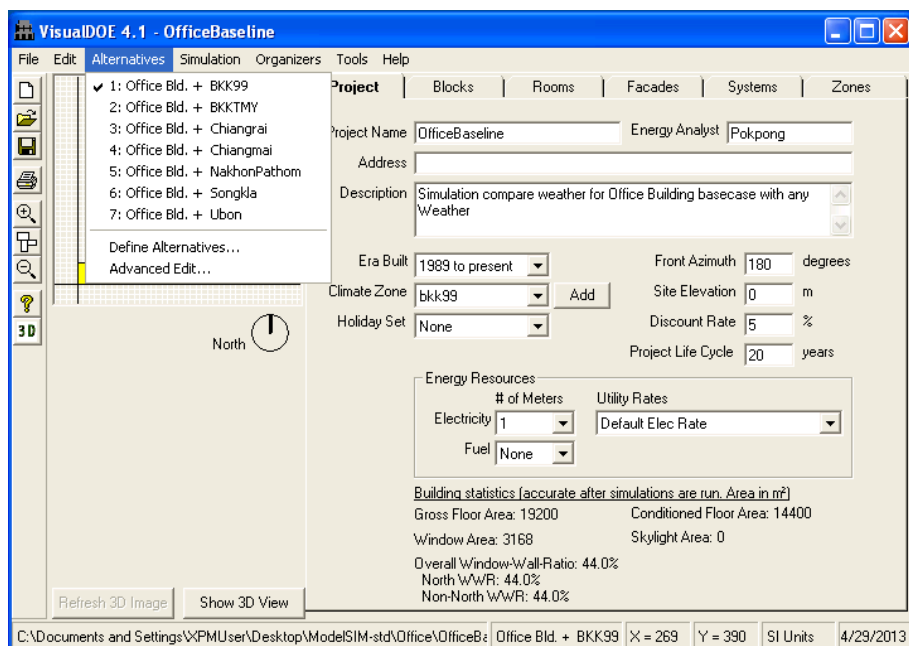
รูปที่ 3.14 แสดงการกำหนดวัสดุประกอบอาคารสำนักงานด้วยโปรแกรม VisualDOE4.1

### 3.3.2.4 กำหนดระบบปรับอากาศ สำหรับอาคารสำนักงานกรณีศึกษา



รูปที่ 3.15 แสดงการกำหนดระบบปรับอากาศของอาคารสำนักงานด้วยโปรแกรม VisualDOE4.1

### 3.3.2.5 กำหนดข้อมูลอากาศ สำหรับบ้านพักอาศัยกรณีศึกษา



รูปที่ 3.16 แสดงการกำหนดข้อมูลอากาศของอาคารสำนักงานด้วยโปรแกรม VisualDOE4.1



### 3.4 วิธีการวิเคราะห์ข้อมูล

ในการวิจัยนี้ใช้โปรแกรม Microsoft Excel สำหรับจัดรูปแบบ รวบรวมข้อมูล และทำแผนภูมิรูปภาพประกอบผลงานวิจัยส่วนการวิเคราะห์ข้อมูล ผู้วิจัยใช้โปรแกรม SPSS สำหรับวิเคราะห์ข้อมูลตามคำถามวิจัยที่ตั้งไว้การวิเคราะห์ข้อมูลมีขั้นตอนดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 นำข้อมูลมาแปรผลในรูปแบบทางสถิติโดยใช้โปรแกรม SPSS

ขั้นตอนที่ 2 สรุปผลการทดลอง ในรูปแบบกราฟ พร้อมคำบรรยายเพื่อแสดงผลทางสถิติที่ได้จากการทำการวิจัย

## บทที่ 4

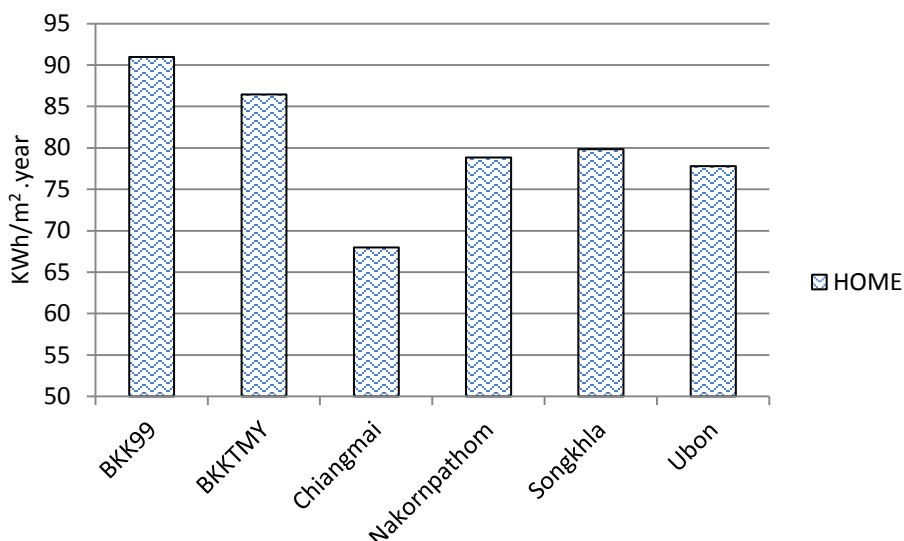
### ผลการทดลองและการวิเคราะห์

หลังจากที่ได้ไฟล์ข้อมูลตัวแทนอากาศ กรุงเทพฯ99 กรุงเทพฯTMY เชียงใหม่ อุบลราชธานี และ สงขลา (\*.bin) นำไฟล์มาจำลองการใช้พลังงานด้วยโปรแกรม VisualDOE4.1 โดยแบ่งการจำลองการใช้พลังงานออกเป็น 2 ทางเลือก คือ

- 1) บ้านพักอาศัย มีระบบปรับอากาศใช้งานในเวลากลางคืน
- 2) อาคารสำนักงาน มีระบบปรับอากาศใช้งานในเวลากลางวัน

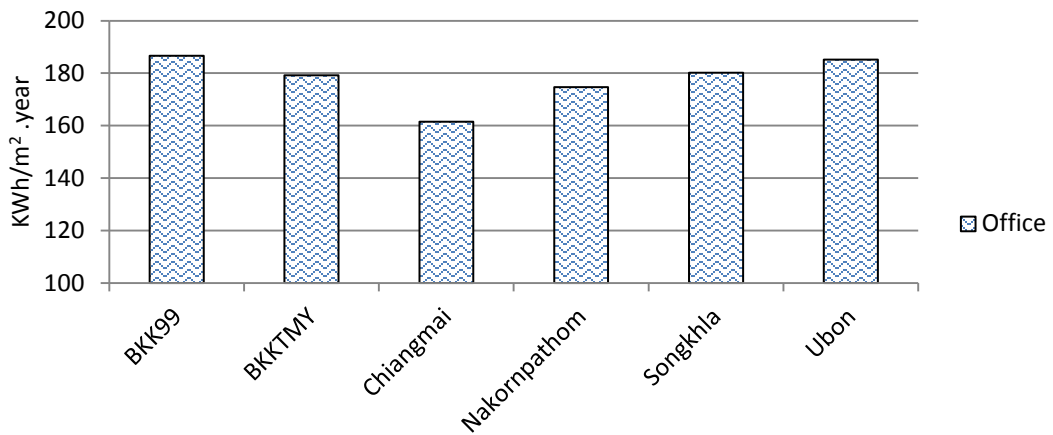
#### 4.1 ผลลัพธ์ที่ได้จากการจำลองการใช้พลังงาน

การทดลองได้จำลองการใช้พลังงาน สำหรับ 6 ชุดข้อมูลอากาศ ประกอบด้วย กรุงเทพฯ 99 กรุงเทพฯTMY เชียงใหม่ นครปฐม สงขลา และ อุบลราชธานี กับ บ้านพักอาศัย และอาคารสำนักงาน กรณีศึกษา เพื่อหาค่าการใช้พลังงาน ผลลัพธ์จาก แผนภูมิที่ 4.1 แสดงให้เห็นชุดข้อมูล กรุงเทพฯ99 ให้ค่าการใช้พลังงานสูงสุด และต่ำสุดที่จังหวัดเชียงใหม่ โดยที่ชุดข้อมูลอากาศ แบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม คือ 1. กรุงเทพฯ99 และ กรุงเทพฯTMY มีค่าใกล้เคียงกัน 2. ชุดข้อมูลอากาศ นครปฐม สงขลา อุบลราชธานี



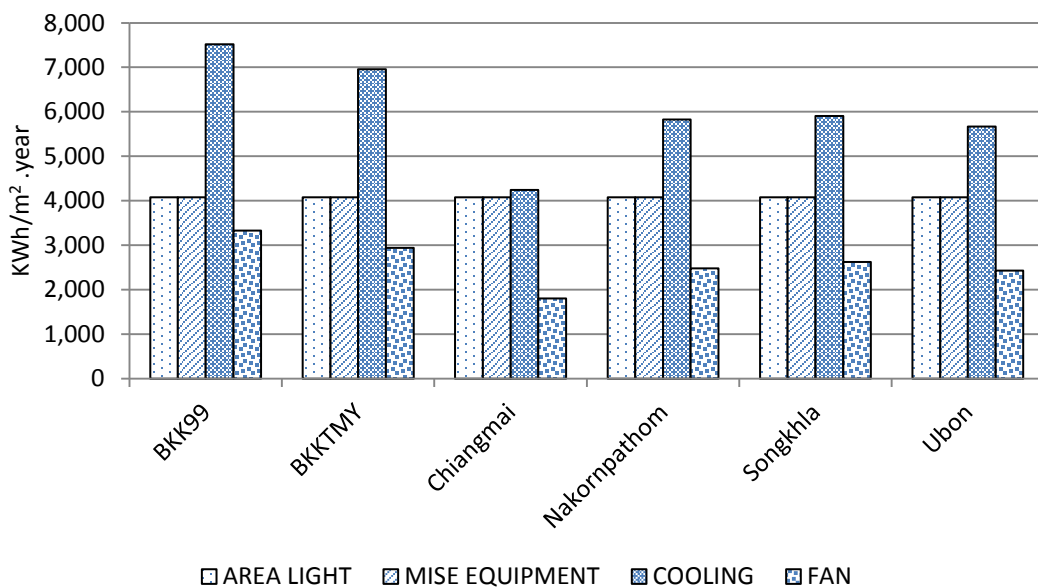
แผนภูมิที่ 4.1 เปรียบเทียบการใช้พลังงานกรณีบ้านที่พักอาศัยที่ข้อมูลอากาศแตกต่างกัน

เปลี่ยนอาคารกรณีศึกษาเป็นอาคารสำนักงานโดยใช้ชุดข้อมูลอากาศแบบเดียวกับ บ้านพักอาศัย จากแผนภูมิที่ 4.2 พบค่าการใช้พลังงานมีการเปลี่ยนแปลง โดยที่ ข้อมูลการใช้พลังงาน ทั้งหมดมีค่าใกล้เคียงกันมากขึ้น โดยที่ชุดข้อมูลจังหวัดอุบลราชธานีและ จังหวัด สงขลา เพิ่มขึ้นจนมีค่าใกล้เคียง หรือมากกว่ากรุงเทพฯ99 และ กรุงเทพฯTMY



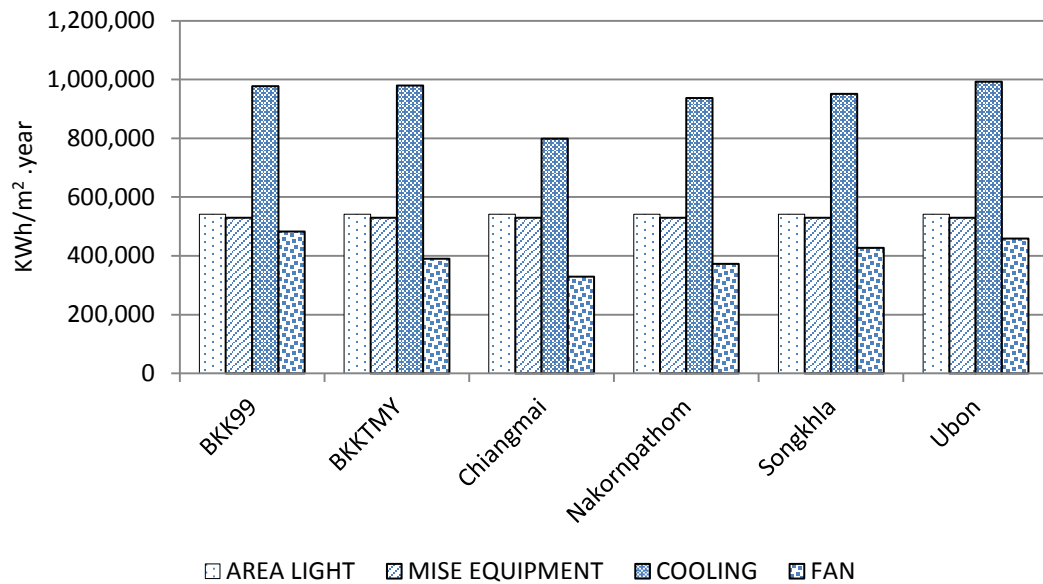
แผนภูมิที่ 4.2 เปรียบเทียบการใช้พลังงานกรณีอาคารสำนักงานที่ข้อมูลอากาศแตกต่างกัน

ศึกษาถึงสัดส่วนของการใช้พลังงานโดยนำการใช้พลังงานไฟฟ้ามาแยกย่อยออกเป็น พลังงานไฟฟ้าจากแสงสว่าง พลังงานไฟฟ้าจากอุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้า พลังงานไฟฟ้าจากระบบปรับอากาศ และ พลังงานไฟฟ้าจากพัดลมระบายอากาศพบว่า ข้อมูลอากาศ ที่แตกต่างกันส่งผลต่อค่าพลังงานไฟฟ้าจากระบบปรับอากาศ และ พลังงานไฟฟ้าจากพัดลมระบายอากาศ



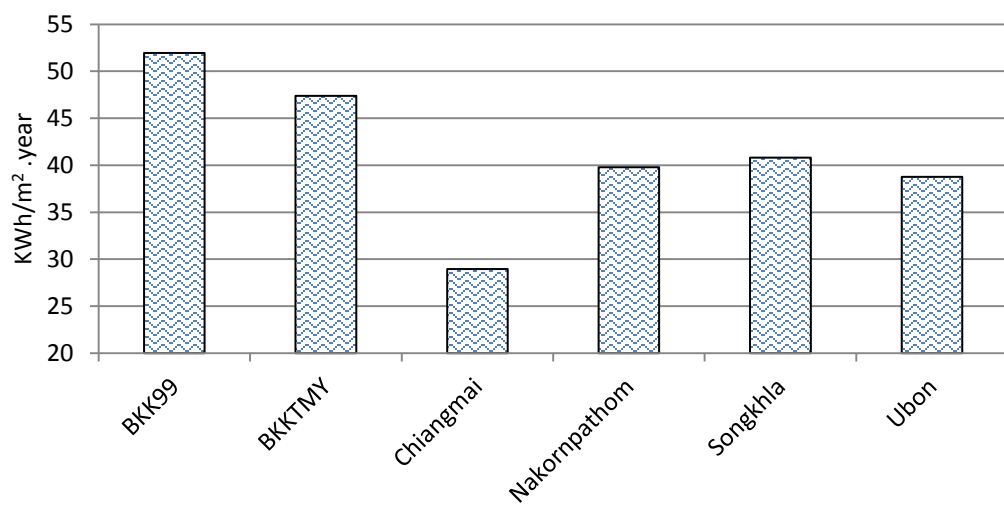
แผนภูมิที่ 4.3 แสดงสัดส่วนของการใช้พลังงานสำหรับบ้านพักอาศัย

จากแผนภูมิที่ 4.3 และ แผนภูมิที่ 4.4 อาคารสำนักงาน และ บ้านพักอาศัยพบว่าค่าการใช้พลังงานแสงสว่าง และ ค่าการใช้พลังงานไฟฟ้าจากอุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้า ไม่เปลี่ยนแปลง เมื่อชุดข้อมูลอากาศ แตกต่างกัน

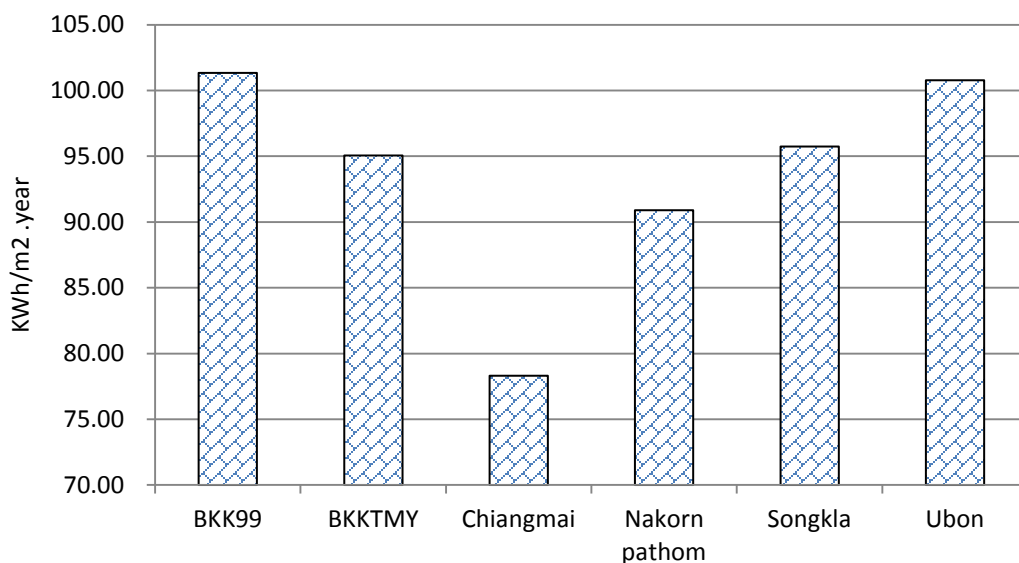


แผนภูมิที่ 4.4 แสดงสัดส่วนของการใช้พลังงานสำหรับอาคารสำนักงาน

จากแผนภูมิที่ 4.3 และ 4.4 ทำให้ทราบว่า ส่วนที่ทำให้ การใช้พลังงานแตกต่างคือ ข้อมูลพลังงานไฟฟ้าจากระบบปรับอากาศ นำเฉพาะค่าพลังงานทำความเย็นมา เปรียบเทียบ แผนภูมิที่ 4.5 พบว่า รูปแบบมีความคล้ายเคียงกับ การใช้พลังงานรวม โดยที่พลังงานทำความเย็นสูงสุดที่ กรุงเทพฯ99 และ ใช้พลังงานทำความเย็นต่ำสุดที่ เชียงใหม่ แต่เห็นความแตกต่างระหว่างชุดข้อมูลมากขึ้น



แผนภูมิที่ 4.5 แสดงการใช้พลังงานทำความเย็นสำหรับบ้านพักอาศัย



แผนภูมิที่ 4.6 แสดงการใช้พลังงานทำความเย็นสำหรับอาคารสำนักงาน

พิจารณาความแตกต่างจากค่าไฟฟ้า โดยพิจารณาที่พลังงานไฟฟ้าจากระบบปรับอากาศเป็นหลัก และกำหนดให้ค่าไฟฟ้า เป็นค่าคงที่หน่วยละ 3 บาท ได้ดังนี้

ตารางที่ 4.1 แสดงค่าไฟฟ้าต่อปีจากระบบปรับอากาศ กรณีบ้านพักอาศัย

HOME	Cooling + Fan (KWh/year)	Electricity Cost (บาท/ปี)
BKK99	10,855	32,565
BKKTM Y	9,906	29,718
Chiangmai	6,053	18,159
Nakornpathom	8,317	24,951
Songkhla	8,532	25,596
Ubon	8,100	24,300

จากตารางที่ 4.1 แสดงค่าไฟฟ้าต่อปีจากระบบปรับอากาศ แสดงให้เห็นว่า กรณีบ้านพักอาศัย ค่าไฟฟ้าสูงสุดมาจากจังหวัดกรุงเทพมหานคร โดยที่ค่าไฟฟ้าที่มาจากข้อมูลอากาศ BKK99 สูงกว่า BKKTM Y และ ค่าไฟฟ้าต่ำสุดมาจากข้อมูลอากาศ จังหวัดเชียงใหม่

ตารางที่ 4.2 แสดงค่าไฟฟ้าต่อปีจากระบบปรับอากาศ กรณีอาคารสำนักงาน

Office	Cooling + Fan (KWh/year)	Electricity Cost (บาท/ปี)
BKK99	1,459,400	4,378,200
BKKTMY	1,368,877	4,106,631
Chiangmai	1,127,706	3,383,118
Nakornpathom	1,308,943	3,926,829
Songkhla	1,378,620	4,135,860
Ubon	1,451,147	4,353,441

จากตารางที่ 4.2 แสดงค่าไฟฟ้าต่อปีจากระบบปรับอากาศ แสดงให้เห็นว่า อาคารสำนักงานอาศัย ค่าไฟฟ้าสูงสุดมาจากจังหวัดกรุงเทพมหานคร โดยที่ค่าไฟฟ้าที่มาจากข้อมูลอากาศ BKK99 สูงกว่า BKKTMY และ ค่าไฟฟ้าต่ำสุดมาจากข้อมูลอากาศ จังหวัดเชียงใหม่ ข้อมูลสอดคล้องกับ สอดคล้องกับ กรณี บ้านพักอาศัย ข้อเสนอแนะค่าไฟฟ้าที่มาจากข้อมูลอากาศที่จังหวัด อุบลราชธานี สูงขึ้นมาก จนใกล้เคียงกับค่าไฟฟ้าที่มาจาก กรุงเทพมหานคร

จากนั้นนำค่าไฟฟ้ามีหน่วยเป็นบาท มาเปรียบเทียบสัดส่วน โดยเลือกข้อมูลอากาศ BKKTMY เป็น base case

ตารางที่ 4.3 แสดงการเปรียบเทียบค่าไฟฟ้า กรณีบ้านพักอาศัย

ข้อมูลหลัก	เปรียบเทียบ	ข้อมูลเปรียบเทียบ	แตกต่าง(%)
BKKTMY	น้อยกว่า	BKK99	9.6
BKKTMY	มากกว่า	Chiangmai	38.9
BKKTMY	มากกว่า	Nakhorn pathom	16.0
BKKTMY	มากกว่า	Songkhla	13.9
BKKTMY	มากกว่า	Ubon	18.2

กรณีบ้านพักอาศัยจากการเปรียบเทียบพบว่า ค่าไฟฟ้าที่ กรุงเทพฯTMY และกรุงเทพฯ99 แตกต่างน้อยที่สุดที่ 9.6% และ ค่าไฟฟ้า กรุงเทพฯTMY แตกต่างจากเชียงใหม่ มากที่สุดที่ 38.9%

ตารางที่ 4.4 แสดงการเปรียบเทียบค่าไฟฟ้า กรณีอาคารสำนักงาน

ข้อมูลหลัก	เปรียบเทียบ	ข้อมูลเปรียบเทียบ	แตกต่าง (%)
BKKTMY	น้อยกว่า	BKK99	6.6
BKKTMY	มากกว่า	Chiangmai	17.6
BKKTMY	มากกว่า	Nakornpathom	4.4
BKKTMY	น้อยกว่า	Songkhla	0.7
BKKTMY	น้อยกว่า	Ubon	6.0

กรณีอาคารสำนักงานจากการเปรียบเทียบพบว่า ค่าไฟฟ้าที่ กรุงเทพฯTMY และ สงขลา แตกต่างน้อยที่สุดที่ 0.7% และ ค่าไฟฟ้า กรุงเทพฯ TMY แตกต่างจากเชียงใหม่ มากที่สุดที่ 17.6% ข้อสังเกต เมื่อมีการใช้ไฟฟ้ามากขึ้น ความแตกต่างค่าไฟฟ้าระหว่างแต่ละจังหวัดจะลดลง จาก ตารางที่ 4.4 จะเห็นได้ว่า ค่าไฟฟ้าที่มาจากข้อมูลอากาศจังหวัดสงขลา และ อุบลราชธานี สูงขึ้น อย่างเห็นได้ชัด

#### 4.2 วิเคราะห์เชิงสถิติเพื่อพิสูจน์ การใช้พลังงานของอาคารที่ข้อมูลอากาศแตกต่างกัน

##### 4.2.1 สมมุติฐานทางสถิติ

$H_0$  :  $Energy_x = Energy_y$  การใช้พลังงานของอาคารที่ ข้อมูลอากาศ ต่างๆ ไม่มีความแตกต่างกัน

$H_1$  :  $Energy_x \neq Energy_y$  การใช้พลังงานของอาคารที่ ข้อมูลอากาศ ต่างๆ มีความแตกต่างกัน

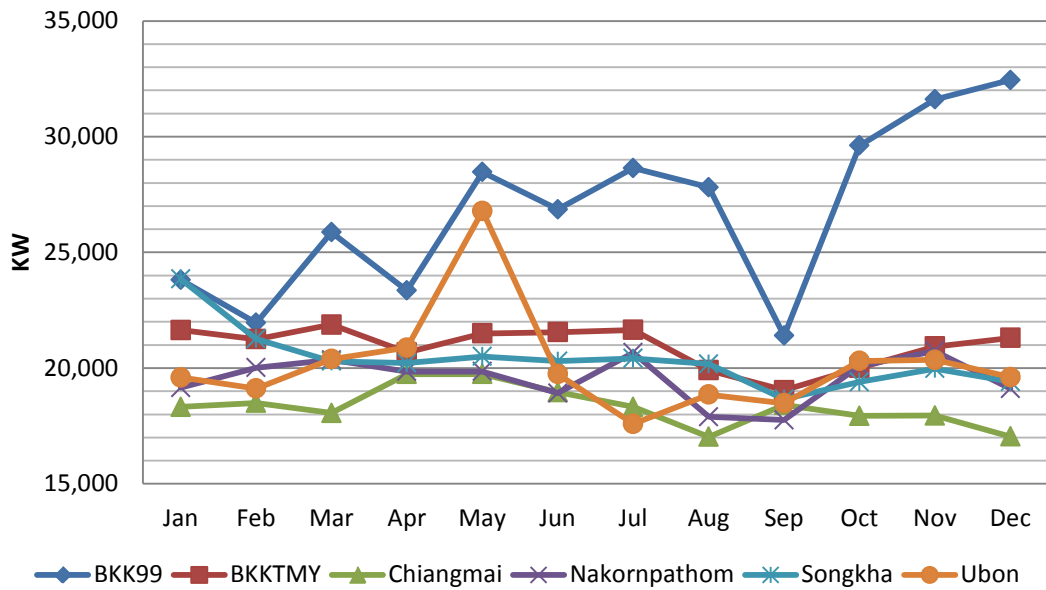
วิเคราะห์ ข้อมูลเชิงสถิติ หาค่าความแปรปรวนด้วย วิธี One-Way ANOVA แบบ Multiple Comparison ที่ระดับนัยสำคัญ  $\alpha = 0.05$

##### 4.2.2 ผลการวิเคราะห์

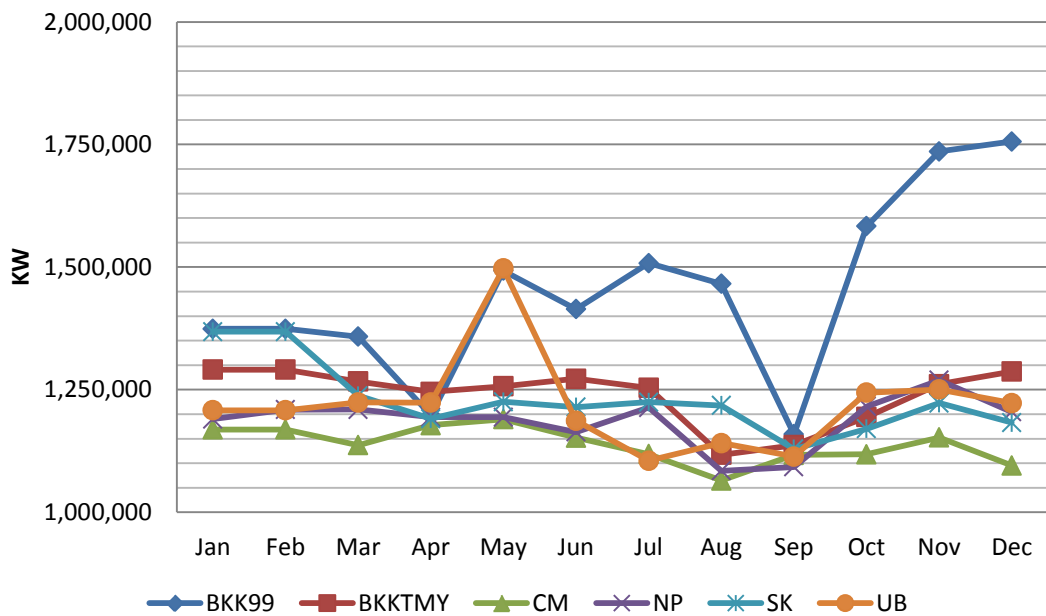
4.2.2.1 ข้อมูลพลังงานไฟฟ้าสำหรับระบบปรับอากาศรายปี ไม่พบความแตกต่าง ทั้งในส่วนที่บ้านพักอาศัยและอาคารสำนักงาน

4.2.2.2 ข้อมูลพลังงานไฟฟ้าสำหรับระบบปรับอากาศรายเดือน

แผนภูมิที่ 4.7 แสดงข้อมูลพลังงานทำความเย็น(KW)รายเดือนกรณีบ้านพักอาศัย



แผนภูมิที่ 4.8 แสดงข้อมูลพลังงานทำความเย็น(KW)รายเดือนกรณีสำนักงาน

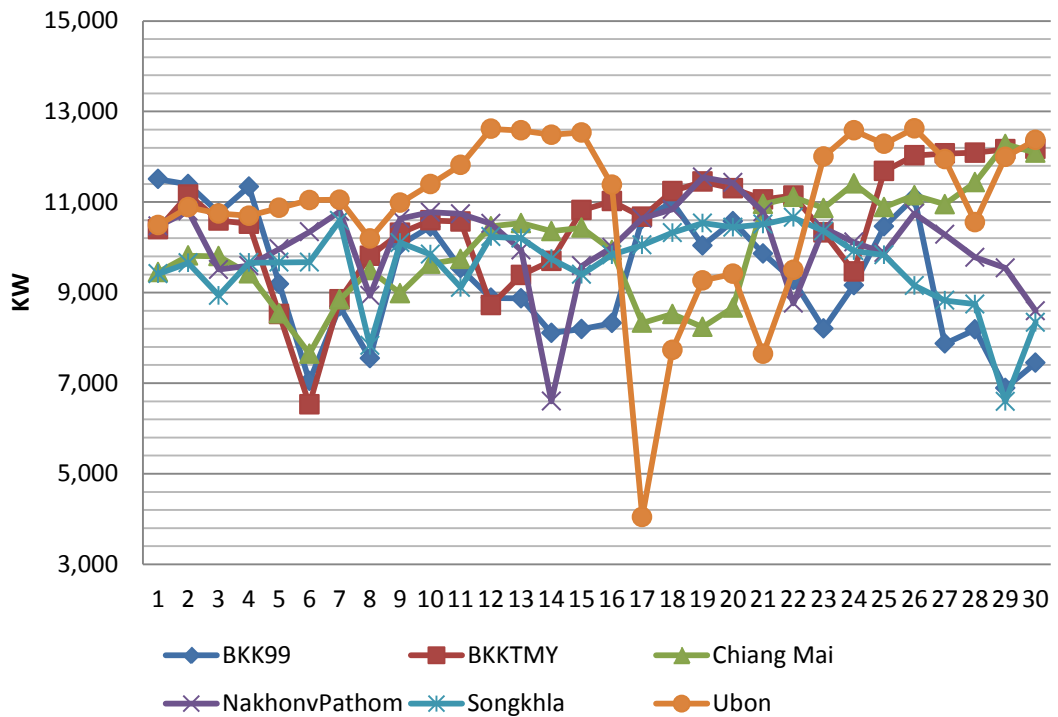


ภาวะการทำความเย็นที่ข้อมูลอากาศ กรุงเทพฯ99 และ เชียงใหม่ พบ ความแตกต่าง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ .05 ในกรณี บ้านพักอาศัย และไม่พบความแตกต่างในกรณี อาคารสำนักงาน

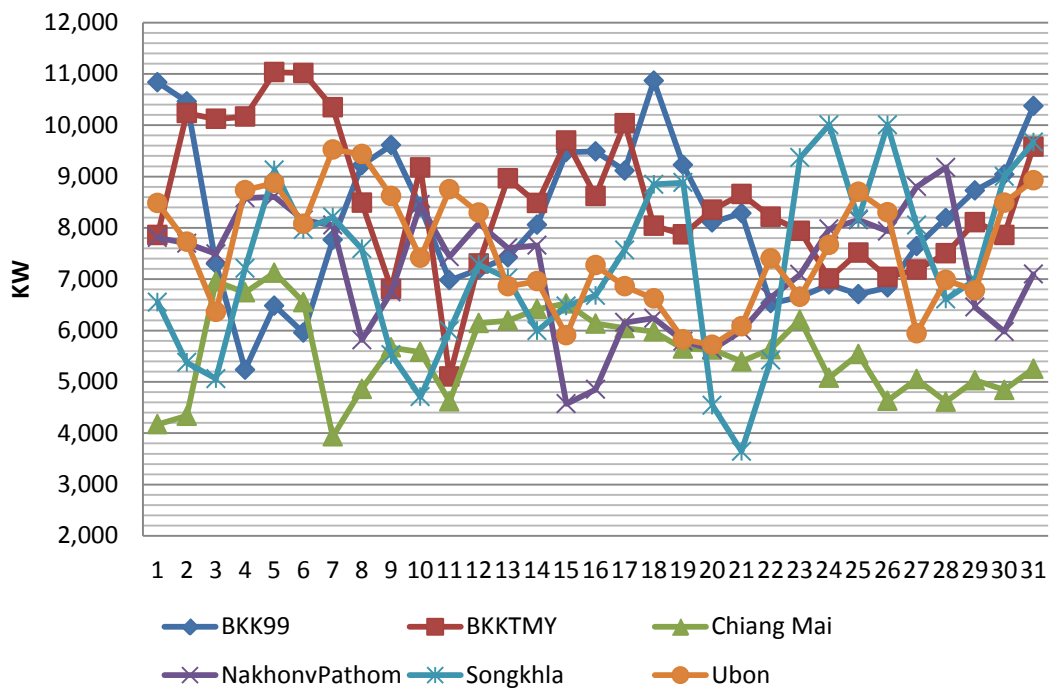
#### 4.2.2.3 ข้อมูลพลังงานไฟฟ้าสำหรับระบบปรับอากาศรายวัน



แผนภูมิ 4.9 แสดงข้อมูลพลังงานทำความเย็นราย (KW) รายวัน (เมษายน) กรณีบ้านพักอาศัย

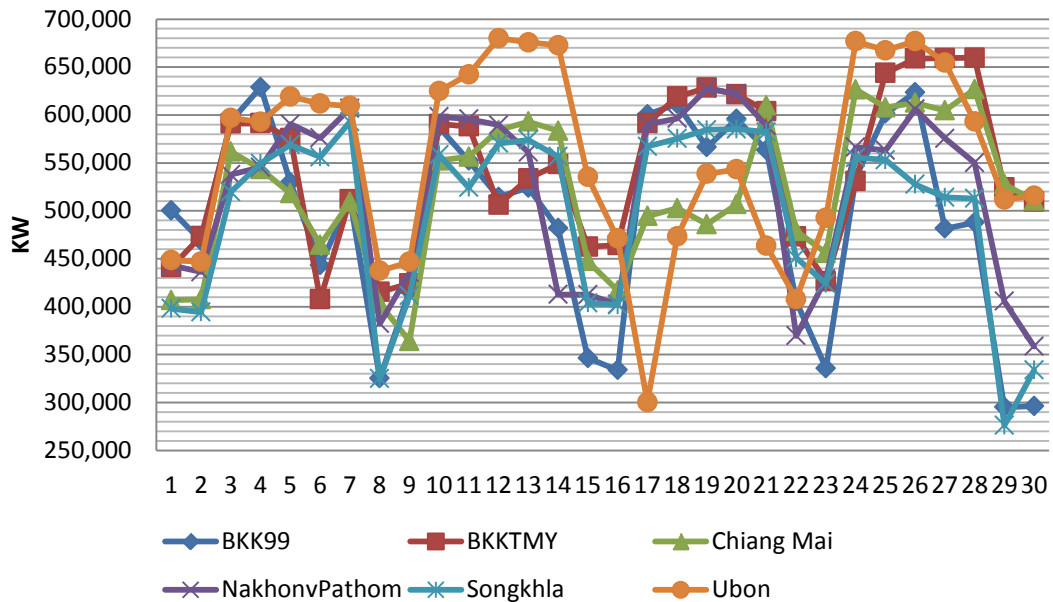


แผนภูมิ 4.10 แสดงข้อมูลพลังงานทำความเย็นราย (KW) รายวัน (ธันวาคม) กรณีบ้านพักอาศัย

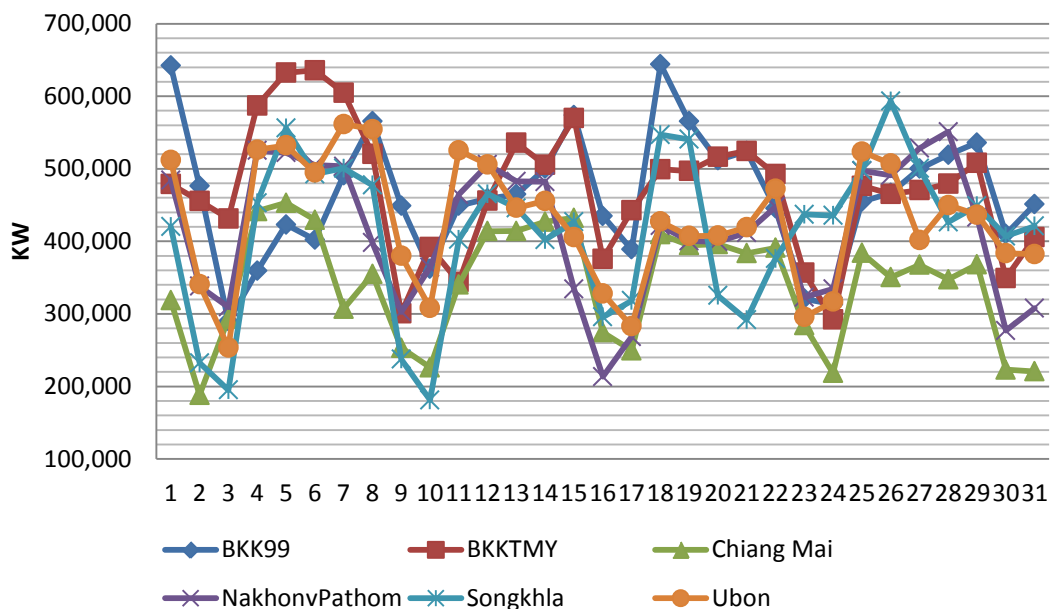


จากแผนภูมิที่ 4.9 และ 4.10 แสดง ข้อมูลพลังงานทำความเย็นของบ้านพักอาศัย แสดงให้เห็นว่า ในฤดูร้อน แผนภูมิที่ 4.9 ใช้พลังงานทำความเย็นที่สูงกว่า ฤดูหนาว แผนภูมิที่ 4.10 อย่างเห็นได้ชัด

แผนภูมิ 4.11 แสดงข้อมูลพลังงานทำความเย็นราย (KW) รายวัน (เมษายน) กรณีอาคารสำนัก



แผนภูมิ 4.12 แสดงข้อมูลพลังงานทำความเย็นราย (KW) รายวัน (ธันวาคม) กรณีอาคารสำนัก



จากแผนภูมิที่ 4.11 และ 4.12 แสดง ข้อมูลพลังงานทำความเย็นของอาคารสำนักงาน แสดงให้เห็นว่า ในฤดูร้อน แผนภูมิที่ 4.11 ใช้พลังงานทำความเย็นที่สูงกว่า ฤดูหนาว แผนภูมิที่ 4.12 อย่างเห็นได้ชัดสอดคล้องกับ กรณีบ้านพักอาศัย แต่ กรณีอาคารสำนักงาน จะมีช่วงการปิด ในวันหยุด เสาร์อาทิตย์

จากการวิเคราะห์ด้วยหลักการทางสถิติด้วยข้อมูลพลังงานไฟฟ้า รายวันสำหรับบ้านพักอาศัยพบว่า การถ่วงน้ำหนักค่าความแปรปรวนที่ข้อมูลอากาศพบ ความแตกต่าง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ .05 ที่

กรุงเทพฯ99 และ เชียงใหม่  
 กรุงเทพฯ99 และ นครปฐม  
 กรุงเทพฯ99 และ สงขลา  
 กรุงเทพฯTMY และ เชียงใหม่  
 กรุงเทพฯTMY และ นครปฐม  
 กรุงเทพฯTMY และ สงขลา  
 กรุงเทพฯTMY และ อุบลราชธานี  
 เชียงใหม่ และ นครปฐม  
 เชียงใหม่ และ สงขลา  
 เชียงใหม่ และ อุบลราชธานี  
 นครปฐม และ อุบลราชธานี

ข้อมูลพลังงานไฟฟ้ารายวันสำหรับกรณีอาคารสำนักงานพบว่าการถ่วงน้ำหนักค่าความแปรปรวนที่ข้อมูลอากาศ พบ ความแตกต่าง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ .05 ที่

กรุงเทพฯ99 และ เชียงใหม่  
 กรุงเทพฯ99 และ นครปฐม  
 กรุงเทพฯ99 และ สงขลา  
 กรุงเทพฯTMY และ เชียงใหม่  
 กรุงเทพฯTMY และ นครปฐม  
 กรุงเทพฯTMY และ สงขลา  
 กรุงเทพฯTMY และ อุบลราชธานี  
 เชียงใหม่ และ นครปฐม  
 เชียงใหม่ และ สงขลา  
 เชียงใหม่ และ อุบลราชธานี

ข้อมูลพลังงานไฟฟ้าสำหรับระบบปรับอากาศรายวันการถ่วงน้ำหนักค่าความแปรปรวนที่ข้อมูลอากาศ พบ ความแตกต่าง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ .05 ที่

กรุงเทพฯ99 และ เชียงใหม่  
 กรุงเทพฯ99 และ นครปฐม  
 กรุงเทพฯ99 และ สงขลา  
 กรุงเทพฯ99 และ อุบลราชธานี

กรุงเทพฯTMY และ เชียงใหม่

กรุงเทพฯTMY และ นครปฐม

กรุงเทพฯTMY และ สงขลา

กรุงเทพฯTMY และ อุบลราชธานี

เชียงใหม่ และ นครปฐม

เชียงใหม่ และ สงขลา

เชียงใหม่ และ อุบลราชธานี

นครปฐม และ อุบลราชธานี

#### 4.2.2.4 ข้อมูลพลังงานไฟฟ้าสำหรับระบบปรับอากาศรายชั่วโมง

จากการวิเคราะห์ด้วยหลักการทางสถิติด้วยข้อมูลพลังงานไฟฟ้า ชั่วโมง พบว่า การภาระการทำงานเย็นสำหรับบ้านพักอาศัยพบ ความแตกต่าง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ .05 ที่

กรุงเทพฯ99 และ เชียงใหม่

### 4.3 วิเคราะห์สาเหตุของการใช้พลังงานที่ไม่แตกต่างกันทางสถิติ

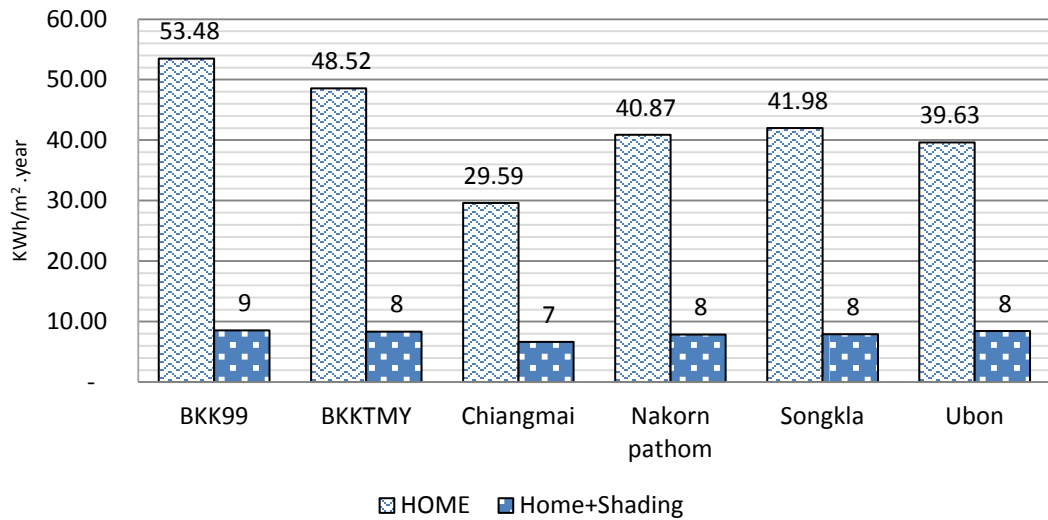
การจำลองการใช้พลังงานด้วยข้อมูลข้อมูลอากาศพบว่า สัดส่วนของการคำนวณการใช้พลังงานโดย สัดส่วนการคำนวณของ Radiation 50% และ ข้อมูลอื่นๆ เช่น อุณหภูมิกระเปาะเปียก ความชื้นสัมพัทธ์ ความเร็วลม ทั้งหมดอีก 50%

เพื่อศึกษาวิธีลดวงอาทิตย์ต่อการใช้พลังงาน จำลองการใช้พลังงานโดยเพิ่ม External Shading คลุม บ้าน อาคารสำนักงานกรณีศึกษา เพื่อควบคุมปัจจัย Radiation และจำลองการใช้พลังงานด้วยโปรแกรม VisualDOE4.1 เพื่อหาความแตกต่างของการใช้พลังงาน ระหว่างกรณีควบคุม Radiation และ ไม่ควบคุม Radiation



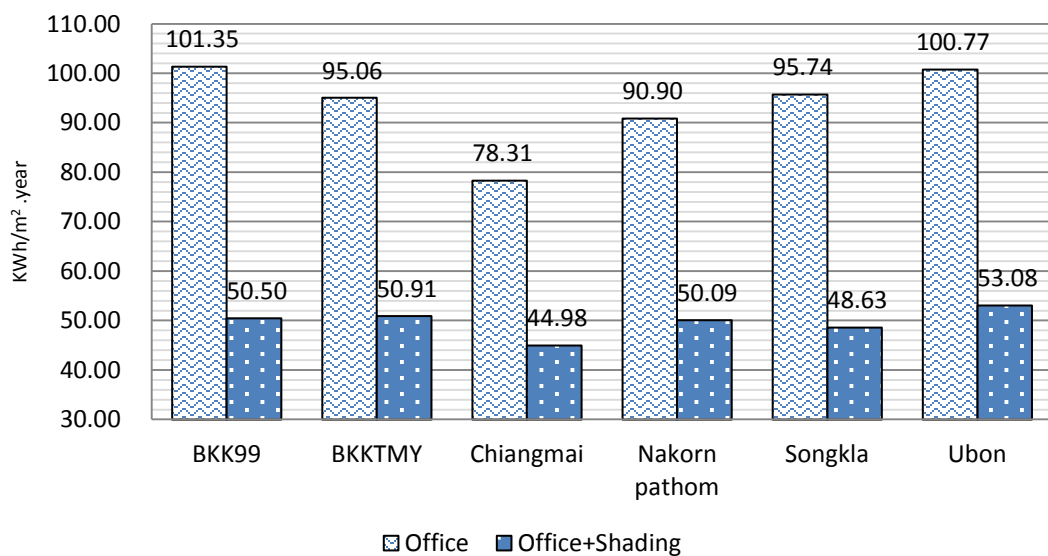
รูปที่ 4.1 แสดงป้องกันรังสีดวงอาทิตย์โดย External Shading ด้วยโปรแกรม VisualDOE4.1

แผนภูมิที่ 4.13 เปรียบเทียบการใช้พลังงาน บ้านพักอาศัยกรณีมี Shading และ ไม่มี Shading



จากแผนภูมิ แสดงให้เห็นว่าเมื่อไม่มีรังสีดวงอาทิตย์ทำให้การใช้พลังงานลดลง อย่างเห็นได้ชัด ทำให้การใช้พลังงานจากทั้ง 6 ชุดข้อมูลอากาศ ใกล้เคียงกันมาก

แผนภูมิที่ 4.14 เปรียบเทียบการใช้พลังงาน สำนักงาน กรณีมี Shading และ ไม่มี Shading



จากแผนภูมิ แสดงให้เห็นว่าเมื่อไม่มีรังสีดวงอาทิตย์ทำให้การใช้พลังงานลดลง อย่างเห็นได้ชัด ทำให้การใช้พลังงานจากทั้ง 6 ชุดข้อมูลอากาศ ใกล้เคียงกันมากที่สุดอดคล้องกับ กรณีบ้านพักอาศัย

นำค่าไฟฟ้ามีหน่วยเป็นบาท มาเปรียบเทียบสัดส่วน โดยเลือกข้อมูลอากาศ BKKTMY เป็น base case

ตารางที่ 4.5 แสดงการเปรียบเทียบค่าไฟฟ้ารายปี กรณีบ้านพักอาศัย + แผงกันแดด

ข้อมูลหลัก	เปรียบเทียบ	ข้อมูลเปรียบเทียบ	แตกต่าง(%)
BKKTMY	น้อยกว่า	BKK99	2.9
BKKTMY	มากกว่า	Chiangmai	20.4
BKKTMY	มากกว่า	Nakhorn pathom	5.4
BKKTMY	มากกว่า	Songkhla	5.0
BKKTMY	มากกว่า	Ubon	1.2

จากตารางแสดงให้เห็นว่า ค่าไฟฟ้ารายปี กรณีบ้านพักอาศัย เมื่อคลุมอาคารด้วย Shading แสดงให้เห็นว่า ที่จังหวัด เชียงใหม่ แตกต่าง กับ กรุงเทพฯ TMY มากที่สุด 20.4% และแตกต่างน้อยที่สุด ที่จังหวัดอุบลราชธานี 1.2 %

ตารางที่ 4.6 แสดงการเปรียบเทียบค่าไฟฟ้ารายปี กรณีอาคารสำนักงาน + แผงกันแดด

ข้อมูลหลัก	เปรียบเทียบ	ข้อมูลเปรียบเทียบ	แตกต่าง (%)
BKKTMY	น้อยกว่า	BKK99	0.8
BKKTMY	มากกว่า	Chiangmai	11.6
BKKTMY	มากกว่า	Nakornpathom	1.6
BKKTMY	น้อยกว่า	Songkhla	4.5
BKKTMY	น้อยกว่า	Ubon	4.3

จากตารางแสดงให้เห็นว่า ค่าไฟฟ้ารายปี กรณีอาคารสำนักงาน เมื่อคลุมอาคารด้วย Shading แสดงให้เห็นว่า ที่จังหวัด เชียงใหม่ แตกต่าง กับ กรุงเทพฯ TMY มากที่สุด 11.6% และแตกต่างน้อยที่สุด ที่จังหวัดกรุงเทพฯ99 0.8 %

## บทที่ 5

### สรุปผลและข้อเสนอแนะ

#### 5.1 สรุปผลการศึกษาและอภิปรายผล

การศึกษาวิจัยนี้ประกอบด้วยการศึกษา 2 ส่วนหลัก ส่วนแรก เป็นการจำลองการใช้พลังงานด้วยข้อมูลอากาศ ที่แตกต่างกันเพื่อศึกษาการใช้พลังงานไฟฟ้า สำหรับอาคารที่พักอาศัย และสำนักงาน ส่วนหลังเป็นการวิเคราะห์ความแตกต่างของการใช้พลังงานด้วยวิธีทางสถิติ จากการศึกษาในบทที่ผ่านมา สามารถสรุปผลการศึกษาวิจัยได้ดังนี้

จากผลการทดลองทำให้ทราบว่าข้อมูลอากาศสำหรับประเทศไทยให้ผลการจำลองการใช้พลังงานพบว่า ค่าไฟฟ้าที่มาจาก ข้อมูลอากาศกรุงเทพ TMY แตกต่างจาก จังหวัดเชียงใหม่อย่างชัดเจน ในกรณีบ้านพักอาศัยที่ 38.9% และ อาคารสำนักงานที่ 17.6% แสดงว่าชุดข้อมูลตัวแทนอากาศ ของจังหวัด กรุงเทพ TMY, กรุงเทพ 99, นครปฐม, อุบลราชธานี และ สงขลา สามารถเป็นตัวแทนอากาศของประเทศไทยได้ การจำลองการใช้พลังงานในอาคาร ด้วยข้อมูลอากาศให้สัดส่วนของค่าการใช้พลังงานที่ข้อมูลรังสีดวงอาทิตย์ ที่ 50% จากผลการทดลองพบว่า ค่า Radiation เป็นปัจจัยที่สำคัญที่ทำให้การใช้พลังงานที่ภูมิอากาศแตกต่างกัน มีผลการใช้พลังงานที่แตกต่างกันตามแต่ละภูมิภาค เมื่อศึกษาหาค่าการใช้พลังงานที่แตกต่างกัน โดยควบคุมรังสีดวงอาทิตย์ โดยการสร้างแผงกันแดดภายนอก (External Shading) ความแตกต่างระหว่าง อาคารที่มีการบังแดด(Shading) 100% และ อาคารที่ไม่มีการบังแดด เมื่อวิเคราะห์ความแตกต่าง พบความแตกต่างระหว่างกรุงเทพ TMY และ จังหวัดเชียงใหม่ กรณีบ้านพักอาศัย 20.4% และ อาคารสำนักงาน 11.6%

การจำลองการใช้พลังงานด้วย External Shading ด้วยโปรแกรม DOE2.1E นั้นจะเป็นการควบคุมเฉพาะ รังสีดวงอาทิตย์ตรงเท่านั้น รังสีดวงอาทิตย์จะประกอบด้วยรังสีตรง (Direct Normal Radiation) และรังสีกระจาย (Diffuse Horizontal Radiation) ดังนั้นปัจจัยที่ทำให้ค่า การใช้พลังงานแตกต่างกัน ในแต่ละภูมิภาค รังสีกระจาย ก็จะมีผลสำคัญต่อค่าการใช้พลังงานด้วยเช่นกัน

#### 5.2 ข้อเสนอแนะ

1. ข้อมูลอากาศสำหรับสร้างชุดตัวแทนอากาศมีจำกัด ประการแรก สถานีตรวจวัดอากาศส่วนใหญ่จะจัดเก็บข้อมูล ราย 3 ชั่วโมง สถานีที่จัดเก็บข้อมูลรายชั่วโมง จะมีเฉพาะเป็นจังหวัดที่มีสนามบิน เช่น กรุงเทพมหานคร เชียงใหม่ สงขลา (หาดใหญ่) ฯลฯ จึงไม่สามารถสร้างชุดข้อมูลอากาศในแต่ละจังหวัดทั่วประเทศได้

2. งานวิจัยนี้ได้เลือกใช้ข้อมูลอากาศ 10 ปี (ค.ศ.1995-2004) เนื่องจากติดปัญหาช่วงเวลาจัดพิมพ์ ผลงานวิจัย จึงไม่สามารถใช้ข้อมูลรังสีดวงอาทิตย์ จาก คณะวิจัยของหน่วยวิจัยพลังงานแสงอาทิตย์ ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร ที่มีจนถึงปีล่าสุด (2011) ได้ การการศึกษาพบว่า 3 ปีล่าสุดท้องฟ้ามีปริมาณ เมฆมากทำให้ค่ารังสีตรง ต่ำกว่าค่าเฉลี่ย ผู้วิจัยเชื่อว่า น่าจะส่งผลกระทบต่อการใช้พลังงานไม่มากนัก



## รายการอ้างอิง

### ภาษาไทย

คมนาคม, กระทรวง. กรมอุตุนิยมวิทยา. สถิติภูมิอากาศของประเทศไทยในคาบ 30 ปี (พ.ศ.2504-2533). กรุงเทพมหานคร : กรมอุตุนิยมวิทยา, กระทรวงคมนาคม, พ.ศ. 2538

ปณกมล ดีใหญ่. การสร้างชุดข้อมูลอุตุนิยมวิทยาตัวแทนสำหรับประเทศไทย. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารธุรกิจ, สาขาวิชาฟิสิกส์ ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร, 2548.

วิรัช มณีสาร. ลักษณะภูมิประเทศและลักษณะอากาศตามฤดูกาลของภาคต่างๆ ในประเทศไทย. กรุงเทพมหานคร : กรมอุตุนิยมวิทยา, กระทรวงคมนาคม 2538.

วิรัช มณีสาร. สถิติองค์ประกอบอุตุนิยมวิทยาของภาคต่างๆ ในประเทศไทย คาบ 30 ปี (พ.ศ. 2504-2533). กรุงเทพมหานคร : กรมอุตุนิยมวิทยา, กระทรวงคมนาคม 2538.

สมศักดิ์ ไชยะภินันท์และคณะ. ข้อมูลภูมิอากาศมาตรฐานสำหรับใช้กับโปรแกรมคอมพิวเตอร์ในการทำงานการใช้พลังงานของอาคาร, รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์, ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2542.

อรรถจันทร์ เศรษฐบุตร. การพัฒนาเกณฑ์ขั้นต่ำของคุณสมบัติการป้องกันความร้อนของเปลือกอาคารในอาคารบ้านเดี่ยว. ใน การประชุมเชิงวิชาการเครือข่ายพลังงานแห่งประเทศไทยครั้งที่3, 23-25 พฤษภาคม 2550 ณ โรงแรมไบเทคทศกษ กรุงเทพมหานคร, 2550.

### ภาษาอังกฤษ

Chairarattananon, S. and TaveeKun, J. , An OTTV-based energy estimation model for commercial buildings in Thailand. International Journal of Energy Research, 2004.

Kwanho, L., and Hochun, Y. Generation of typical weather data using the ISO Test Reference, Year(TRY) method for major cities of South Korea. International Journal of Building and Environment, 2009.

Robert, S. and Todd, T. Climate Classification for Building Energy Codes and Standard, Pacific NW Nation laboratory, 2002.

Tristan, Y. Weather File for Current and Future Climate, UK Climate Project, 2008

Zhoungliang, K. and Jingye, Z. More Issue of Building Energy Simulation. 2006.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก  
ผลการจำลองการใช้พลังงานกรณีบ้านพักอาศัย

ภาคผนวก ข  
ผลการจำลองการใช้พลังงานกรณีอาคารสำนักงาน

ภาคผนวก ค  
ผลการวิเคราะห์ความแตกต่างด้วยโปรแกรม SPSS

ภาคผนวก ง

การเปรียบเทียบพลังงานทำความเข้าใจกับปริมาณรังสีดวงอาทิตย์

## ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

ชื่อ-นามสกุล	นายปกป้อง บัตทวีคงคา
วัน เดือน ปีเกิด	วันที่ 11 ธันวาคม พ.ศ. 2527 จังหวัดกรุงเทพมหานคร
ประวัติการศึกษา	โรงเรียนโพธิสารพิทยากร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ คณะเทคโนโลยีและการจัดการอุตสาหกรรม ภาควิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ สาขาเทคโนโลยีเครือข่าย ปีการศึกษา 2551
ประวัติการทำงาน	The Value System Co.,Ltd. ในตำแหน่ง Presale Support Engineer ปีพ.ศ. 2552-2554 Next Step Solution Co.,Ltd. ในตำแหน่ง Enable Technology Architect ปีพ.ศ. 2555 ถึงปัจจุบัน