

ผลกระทบจากภาวะอากาศเปลี่ยนแปลงต่อการใช้พลังงานอาคารในเขตร้อนชื้น

นางสาวณัฐา ตระกูลไทย



จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

CHULALONGKORN UNIVERSITY

บทคัดย่อและแฟ้มข้อมูลฉบับเต็มของวิทยานิพนธ์ตั้งแต่ปีการศึกษา 2554 ที่ให้บริการในคลังปัญญาจุฬาฯ (CUIR)

เป็นแฟ้มข้อมูลของนิสิตเจ้าของวิทยานิพนธ์ ที่ส่งผ่านทางบัณฑิตวิทยาลัย

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

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาสถาปัตยกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาสถาปัตยกรรม ภาควิชาสถาปัตยกรรมศาสตร์

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

คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปีการศึกษา 2558

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

IMPACT OF CLIMATE CHANGE ON ENERGY CONSUMPTION IN BUILDINGS IN TROPICAL
CLIMATE

Miss Nattha Trakoonthai



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

Department of Architecture

Faculty of Architecture

Chulalongkorn University

Academic Year 2015

Copyright of Chulalongkorn University

หัวข้อวิทยานิพนธ์

ผลกระทบจากภาวะอากาศเปลี่ยนแปลงต่อการใช้พลังงาน

อาคารในเขตร้อนชื้น

โดย

นางสาวณัฐภา ตระกูลไทย

สาขาวิชา

สถาปัตยกรรม

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. อรรถนัย เศรษฐบุญสุข

คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้บัณฑิตวิทยาลัย
เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต

..... คณบดีคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์

(รองศาสตราจารย์ ดร. ปิ่นรัชฎ์ กาญจนนัฐติ)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ

(รองศาสตราจารย์ พรรณชลิท สุริโยธิน)

..... อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. อรรถนัย เศรษฐบุญสุข)

..... กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. วรภัทร์ ینگโรจน์ฤทธิ์)

..... กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย

(อาจารย์ ดร. โสภา วิศิษฐ์ศักดิ์)

ณัฐฐา ตระกุลไทย : ผลกระทบจากภาวะอากาศเปลี่ยนแปลงต่อการใช้พลังงานอาคารในเขตร้อนชื้น (IMPACT OF CLIMATE CHANGE ON ENERGY CONSUMPTION IN BUILDINGS IN TROPICAL CLIMATE) อ.ที่ปรีกษาวิทยานิพนธ์หลัก: ผศ. ดร. อรรถนั เศรษฐบุตุตร, 95 หน้า.

ภาวะอากาศเปลี่ยนแปลง หรือ Climate Change เป็นปัญหาที่กำลังเกิดขึ้นกับโลกในปัจจุบัน และส่งผลกระทบต่อการใช้ชีวิตของมนุษย์ทุกด้าน รวมทั้งด้านสถาปัตยกรรม ซึ่งเป็นสิ่งที่จะคงอยู่และถูกใช้งานไปนานอีกหลายสิบปี การออกแบบอาคารที่ดีควรมีการจำลองประสิทธิภาพของอาคารในขั้นตอนการออกแบบก่อนเพื่อให้ออกแบบได้ตรงตามที่ต้องการ และสิ่งสำคัญในการจำลองประสิทธิภาพอาคาร คือ ข้อมูลอากาศรายชั่วโมงที่เป็นข้อมูลที่ถูกต้องตามภาวะอากาศที่เปลี่ยนแปลงไป ซึ่งข้อมูลอากาศที่ใช้ในปัจจุบันเป็นข้อมูลอากาศที่ถูกสร้างขึ้นจากข้อมูลในปี 1961-1990 ซึ่งเป็นข้อมูลที่ไม่มีการคำนึงถึงเรื่องภาวะการเปลี่ยนแปลงของอากาศในปัจจุบัน งานวิจัยนี้จึงมีจุดประสงค์เพื่อสร้างไฟล์ข้อมูลอากาศของกรุงเทพมหานคร ที่เป็นไปตามการคาดคะเนผลกระทบจากภาวะการเปลี่ยนแปลงของอากาศในอนาคตใน 3 ปี คือ ปี 2020 2050 และ 2080 ตามวิธีการของ SE Belcher, JN Hacker และ DS Powell (2005) ด้วยการใช้ข้อมูลอากาศเดิมมาเข้าสู่กระบวนการ 'morphing' รวมเข้ากับข้อมูลการคาดการณ์เปลี่ยนแปลงของอากาศ และนำข้อมูลอากาศที่สร้างขึ้นมาจำลองการใช้พลังงานอาคารสำนักงานด้วยโปรแกรม Visual DOE4.0 และเปรียบเทียบกับจำลองพลังงานโดยใช้ข้อมูลอากาศปัจจุบันที่เป็นข้อมูลอากาศ IWEA ที่จัดทำโดย ASHRAE ซึ่งเป็นข้อมูลที่อยู่ในช่วงปี 1990 ผลการวิจัยพบว่าอุณหภูมิกรุงเทพมหานครจนถึงปี 2080 โดยเฉลี่ยจะเพิ่มสูงขึ้นประมาณ 4 องศาเซลเซียส และความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศจะลดลง เมื่อจำลองการใช้พลังงานด้วยการใช้ข้อมูลอากาศปัจจุบัน พบว่าอาคารสำนักงานจะมีการใช้พลังงานอยู่ที่ 193 kWh/m²y อาคารพักอาศัยรวมจะมีการใช้พลังงานอยู่ที่ 59 kWh/m²y และเมื่อใช้ข้อมูลอากาศของปี 2080 พบว่าการใช้พลังงานเพิ่มขึ้น 8% ซึ่งแสดงว่าภาวะอากาศเปลี่ยนจะทำให้การใช้พลังงานในอาคารเพิ่มขึ้น 8% ทั้งอาคารสำนักงานและอาคารพักอาศัยรวม แต่เนื่องจากรัฐบาลได้ตั้งเป้าว่าจะต้องลดการใช้พลังงานลง 25% ในปี 2030 ดังนั้นการออกแบบอาคารเพื่อให้ลดการใช้พลังงานในภาวะอากาศเปลี่ยนแปลงจึงต้องมีการปรับปรุงอาคารมากเป็นพิเศษ เมื่อทำการปรับปรุงอาคารแล้วพบว่า อาคารสำนักงานมีการใช้พลังงานลดลงประมาณ 35% และอาคารพักอาศัยรวมใช้พลังงานลดลงประมาณ 25% เมื่อใช้ข้อมูลอากาศปี 2080

ภาควิชา สถาปัตยกรรมศาสตร์

ลายมือชื่อนิสิต

สาขาวิชา สถาปัตยกรรม

ลายมือชื่อ อ.ที่ปรีกษาหลัก

ปีการศึกษา 2558

5873351425 : MAJOR ARCHITECTURE

KEYWORDS: CLIMATE CHANGE / WEATHER DATA / ENERGY CONSUMPTION

NATTHA TRAKOONTHAI: IMPACT OF CLIMATE CHANGE ON ENERGY CONSUMPTION IN BUILDINGS IN TROPICAL CLIMATE. ADVISOR: ASST. PROF. ATCH SRESHTHAPUTRA, Ph.D., 95 pp.

Climate Change is happening and causing an impact on every sector including buildings. Buildings will continue to operate for many decades so it is necessary to analyze the building performance from the design stage by using simulation. The most important thing for building simulation is the weather data. Due to climate change, there is a need to create weather data that correspond with climate change effect so that the building designers can acquire the meaningful result of the simulation. However, the current weather files used for building simulation are using the data of 1961-1991 which do not follow the pattern of climate change. The purpose of this research is to generate the weather data of Bangkok for three future years; 2020, 2050 and 2080 using the 'morphing' method (SE Belcher, JN Hacker and DS Powell, 2005) to the existing weather files. Then simulations of energy consumption of the reference buildings will be performed by using the new weather files. The weather data show that the temperatures of Bangkok will rise 4°C and the relative humidity will be lower in 2080. The simulation results show that using the current weather data, the reference office building will use 193 kWh/m²y and by using the new weather file, the energy consumption could increase by 8% in 2080. When building design is improved, the energy use could decrease by 35%. For apartment buildings, when using the current weather file the apartment building will use 59 kWh/m²y and by using the new weather file, the energy consumption could increase by 8% in 2080. 25% of energy saving can be achieved through high performance design.

Department: Architecture

Student's Signature

Field of Study: Architecture

Advisor's Signature

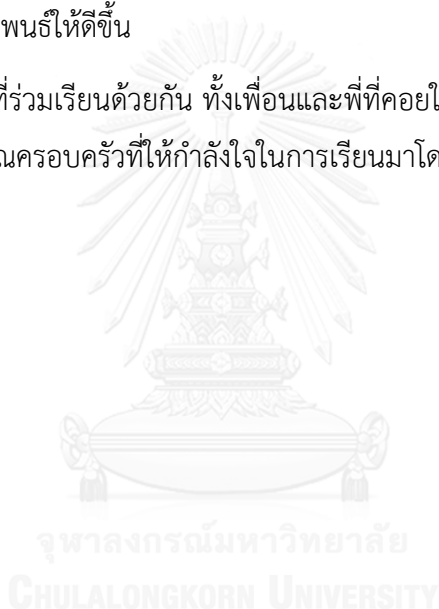
Academic Year: 2015

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์นี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดีด้วยความช่วยเหลือและอนุเคราะห์จากผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. อรรถจน์ เศรษฐบุตตร ซึ่งเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่คอยสั่งสอนให้ความรู้ ช่วยเหลือ และให้คำแนะนำที่ดีมาตลอด รวมทั้งช่วยแก้ไขข้อบกพร่องของวิทยานิพนธ์ ทำให้กลายเป็นวิทยานิพนธ์ที่สำเร็จได้ด้วยดี

ขอขอบพระคุณผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. วรภัทร์ อิงคโรจน์ฤทธิ์ รองศาสตราจารย์ พรรณชลัท สุริโยธิน ที่ให้ความรู้มาตลอด รวมทั้งอาจารย์ ดร. โสภา วิชาญศักดิ์ ที่ให้คำแนะนำและปรับปรุงเล่มวิทยานิพนธ์ให้ดีขึ้น

ขอขอบคุณผู้ที่ร่วมเรียนด้วยกัน ทั้งเพื่อนและพี่ที่คอยให้คำแนะนำและคอยช่วยเหลือในการเรียน และขอขอบคุณครอบครัวที่ให้อำลงใจในการเรียนมาโดยตลอด



สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย.....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	จ
กิตติกรรมประกาศ.....	ฉ
สารบัญ.....	ช
สารบัญตาราง.....	ฅ
สารบัญภาพ	ญ
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา	3
1.3 ขอบเขตของการศึกษา	4
1.4 ระเบียบวิธีการศึกษา.....	4
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	5
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	6
2.1 ข้อมูลเกี่ยวกับสภาพภูมิอากาศที่กำลังเปลี่ยนแปลงไปเนื่องจากภาวะอากาศเปลี่ยนแปลง	6
2.2 ไฟล์ข้อมูลอากาศ	13
2.3 วิธีการสร้างไฟล์ข้อมูลอากาศจากภาวะอากาศเปลี่ยนแปลง	14
2.4 การใช้พลังงานของอาคาร	17
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย	22
3.1 สร้างไฟล์ข้อมูลอากาศ	22
3.2 วิเคราะห์ข้อมูลอากาศ.....	24
3.3 กำหนดอาคารกรณีศึกษา	25
3.4 ทำการจำลองการใช้พลังงานอาคาร	28

3.5	เสนอแนวทางในการออกแบบอาคารตามภาวะอากาศที่เปลี่ยนแปลง.....	29
3.6	สรุปผลการจำลองและสรุปแนวทางการออกแบบที่เหมาะสมตามภาวะอากาศที่เปลี่ยนแปลง.....	29
บทที่ 4	ผลการวิจัย	30
4.1	วิเคราะห์ไฟล์ข้อมูลอากาศ	30
4.1.1	อุณหภูมิกระเปาะแห้ง Dry Bulb Temperature.....	30
4.1.2	ความชื้นสัมพัทธ์ Relative Humidity.....	36
4.1.3	รังสีอาทิตย์ Global Horizontal Radiation.....	40
4.1.4	ความเร็วลม Wind Speed.....	46
4.1.5	สภาวะน่าสบาย	47
4.2	การจำลองการใช้พลังงานอาคาร.....	54
4.2.1	อาคารสำนักงาน.....	54
4.2.2	อาคารพักอาศัยรวม.....	71
บทที่ 5	สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ.....	86
5.1	สรุปผลการวิจัย.....	87
5.2	ข้อเสนอแนะ	90
	รายการอ้างอิง	92
	ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์	95

สารบัญตาราง

ตารางที่ 1 ข้อมูลอุณหภูมิกระเปาะแห้ง (องศาเซลเซียส).....	31
ตารางที่ 2 ลักษณะอาคารสำนักงาน Base Case	54
ตารางที่ 3 ผลการใช้พลังงานในส่วนต่างๆ ของอาคารสำนักงาน Base Case	55
ตารางที่ 4 ลักษณะอาคารสำนักงานแบบปรับปรุง.....	62
ตารางที่ 5 ผลการใช้พลังงานในส่วนต่างๆ ของอาคารสำนักงานแบบปรับปรุง.....	63
ตารางที่ 6 ค่าการใช้พลังงานต่อปีของอาคารสำนักงานเมื่อทำการปรับปรุงเฉพาะค่า OTTV	66
ตารางที่ 7 ค่าการใช้พลังงานต่อปีของอาคารสำนักงานเมื่อทำการปรับปรุงเฉพาะค่า LPD	67
ตารางที่ 8 ค่าการใช้พลังงานต่อปีของอาคารสำนักงานเมื่อทำการปรับปรุงเฉพาะค่า COP.....	68
ตารางที่ 9 ค่าการใช้พลังงานต่อปีของอาคารสำนักงานที่ปรับปรุงทุกปัจจัย	69
ตารางที่ 10 ค่าการใช้พลังงานรวมของอาคารสำนักงานเมื่อเปรียบเทียบอาคารสำนักงาน Base Case กับอาคารสำนักงานแบบปรับปรุงในปี 2020 (kWh/y)	70
ตารางที่ 11 ลักษณะอาคารพักอาศัยรวม Base Case	71
ตารางที่ 12 ผลการใช้พลังงานในส่วนต่างๆ ของอาคารพักอาศัยรวม Base Case	72
ตารางที่ 13 ลักษณะอาคารพักอาศัยรวมแบบปรับปรุง	79
ตารางที่ 14 ผลการใช้พลังงานในส่วนต่างๆ ของอาคารพักอาศัยรวมแบบปรับปรุง	80
ตารางที่ 15 ค่าการใช้พลังงานต่อปีของอาคารพักอาศัยรวมที่ปรับปรุงเฉพาะค่า OTTV	82
ตารางที่ 16 ค่าการใช้พลังงานต่อปีของอาคารพักอาศัยที่ปรับปรุงเฉพาะค่า LPD และ EPD	83
ตารางที่ 17 ค่าการใช้พลังงานต่อปีของอาคารพักอาศัยที่ปรับปรุงเฉพาะค่า COP	84
ตารางที่ 18 ค่าการใช้พลังงานต่อปีของอาคารพักอาศัยที่ปรับปรุงทุกปัจจัย	84
ตารางที่ 19 ค่าการใช้พลังงานรวมของอาคารพักอาศัยเมื่อเปรียบเทียบอาคารพักอาศัยรวม Base Case กับอาคารพักอาศัยรวมแบบปรับปรุงในปี 2020	85
ตารางที่ 20 สรุปลักษณะอาคารสำนักงานและการใช้พลังงานก่อนและหลังปรับปรุง.....	89
ตารางที่ 21 สรุปลักษณะอาคารพักอาศัยรวมและการใช้พลังงานก่อนและหลังปรับปรุง.....	90

สารบัญภาพ

รูปที่ 1 ปริมาณการปล่อยผลพิษทางอากาศจากการใช้พลังงานจำแนกตามชนิดปี 2551	2
รูปที่ 2 การใช้ไฟฟ้ารายสาขา ช่วง 3 เดือนแรกของปี 2558.....	3
รูปที่ 3 อุณหภูมิพื้นผิวโลกและมหาสมุทรรายปีเฉลี่ยที่ต่างจากอุณหภูมิเฉลี่ยของปีค.ศ.1961-1990.....	8
รูปที่ 4 การเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิในภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้	9
รูปที่ 5 ค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิโลก (เส้นสีน้ำเงิน) และประเทศไทย (เส้นสีแดง) ที่แตกต่างจากอุณหภูมิในช่วงปีค.ศ.1961-1990	10
รูปที่ 6 ระดับน้ำทะเลเฉลี่ยของโลกที่เปลี่ยนแปลงจากปีค.ศ.1986-2005	11
รูปที่ 7 อุณหภูมิรายปีเฉลี่ยในศตวรรษที่ 21 ที่ต่างจากอุณหภูมิเฉลี่ยของปี 1986-2005	12
รูปที่ 8 ลักษณะของระบบอาคารและประสิทธิภาพด้านพลังงานในแต่ละทางเลือก	21
รูปที่ 9 โปรแกรม CCWorldWeatherGen ที่ใช้ในการสร้างข้อมูลอากาศ.....	24
รูปที่ 10 วิธีการอ่านค่าของแผนภาพกล่อง box-plot.....	25
รูปที่ 11 อาคารสำนักงานต้นแบบ	26
รูปที่ 12 แปลนอาคารพักอาศัยรวมต้นแบบ	28
รูปที่ 13 การหมุนอาคาร 4 ทิศ	28
รูปที่ 14 อุณหภูมิกระเปาะแห้งในแต่ละเดือนของข้อมูลอากาศปี 1990	31
รูปที่ 15 อุณหภูมิกระเปาะแห้งในแต่ละเดือนของข้อมูลอากาศปี 2020	32
รูปที่ 16 อุณหภูมิกระเปาะแห้งในแต่ละเดือนของข้อมูลอากาศปี 2050	32
รูปที่ 17 อุณหภูมิกระเปาะแห้งในแต่ละเดือนของข้อมูลอากาศปี 2080	33
รูปที่ 18 อุณหภูมิกระเปาะแห้งเฉลี่ยรายเดือนของข้อมูลอากาศปัจจุบัน (1990) และข้อมูลอากาศที่สร้างขึ้นใหม่ (2020 2050 2080)	34
รูปที่ 19 ผลต่างของอุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงจากข้อมูลอากาศปี 1990 ในแต่ละเดือน	35
รูปที่ 20 ผลต่างของอุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงในช่วงเวลา 30 ปี	35

รูปที่ 21 ค่าความชื้นสัมพัทธ์ในแต่ละเดือนของข้อมูลอากาศปี 1990.....	36
รูปที่ 22 ค่าความชื้นสัมพัทธ์ในแต่ละเดือนของข้อมูลอากาศปี 2020.....	37
รูปที่ 23 ค่าความชื้นสัมพัทธ์ในแต่ละเดือนของข้อมูลอากาศปี 2050.....	37
รูปที่ 24 ค่าความชื้นสัมพัทธ์ในแต่ละเดือนของข้อมูลอากาศปี 2080.....	38
รูปที่ 25 ค่าความชื้นสัมพัทธ์ในแต่ละปี.....	39
รูปที่ 26 ค่าความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยรายเดือนของข้อมูลอากาศปัจจุบัน (1990) และข้อมูลอากาศที่สร้างขึ้นใหม่ (2020 2030 2050).....	39
รูปที่ 27 ค่ารังสีอาทิตย์ในแต่ละเดือนของข้อมูลอากาศปี 1990.....	41
รูปที่ 28 ค่ารังสีอาทิตย์ในแต่ละเดือนของข้อมูลอากาศปี 2020.....	42
รูปที่ 29 ค่ารังสีอาทิตย์ในแต่ละเดือนของข้อมูลอากาศปี 2050.....	42
รูปที่ 30 ค่ารังสีอาทิตย์ในแต่ละเดือนของข้อมูลอากาศปี 2080.....	43
รูปที่ 31 ค่ารังสีอาทิตย์ในแต่ละปี.....	43
รูปที่ 32 ค่ารังสีอาทิตย์เฉลี่ยรายเดือนของข้อมูลอากาศปัจจุบัน (1990) และข้อมูลอากาศที่สร้างขึ้นใหม่ (2020 2050 2080).....	44
รูปที่ 33 ค่ารังสีอาทิตย์เฉลี่ยรายเดือนของข้อมูลอากาศปัจจุบัน (1990) และข้อมูลอากาศที่สร้างขึ้นใหม่ (2020 2050 2080).....	44
รูปที่ 34 ค่าการปกคลุมท้องฟ้าเฉลี่ยรายเดือนของข้อมูลอากาศปัจจุบัน (1990) และข้อมูลอากาศที่สร้างขึ้นใหม่ (2020 2050 2080).....	45
รูปที่ 35 ค่าความเร็วลมเฉลี่ยรายเดือนของข้อมูลอากาศปัจจุบัน (1990) และข้อมูลอากาศที่สร้างขึ้นใหม่ (2020 2050 2080).....	46
รูปที่ 36 ค่าความเร็วลมเฉลี่ยรายเดือนของข้อมูลอากาศปัจจุบัน (1990) และข้อมูลอากาศที่สร้างขึ้นใหม่ (2020 2050 2080).....	47
รูปที่ 37 แผนภูมิไซโครเมตริกเมื่อใช้ข้อมูลอากาศปี 1990 และ 2020 เรียงลำดับจากบนลงล่าง.....	48
รูปที่ 38 แผนภูมิไซโครเมตริกเมื่อใช้ข้อมูลอากาศปี 2050 และ 2080 เรียงลำดับจากบนลงล่าง.....	49

รูปที่ 39 แผนภูมิไฮโครเมตริกแสดงสภาพภูมิอากาศเมื่อใช้ข้อมูลอากาศปี 1990.....50

รูปที่ 40 แผนภูมิไฮโครเมตริกแสดงสภาพภูมิอากาศเมื่อใช้ข้อมูลอากาศปี 2080.....51

รูปที่ 41 แผนภูมิไฮโครเมตริกแสดงกรอบของสภาวะน่าสบายที่กว้างขึ้นเมื่อใช้ลมธรรมชาติในอาคารเมื่อใช้ข้อมูลอากาศปี 1990 (บน) และ 2080 (ล่าง).....52

รูปที่ 42 ค่าสภาวะน่าสบายก่อนใช้วิธี passive design (สีน้ำเงิน) และหลังใช้ passive design โดยการใช้ลมธรรมชาติ (สีแดง) เมื่อใช้ข้อมูลอากาศปี 1990 2020 2050 และ 208053

รูปที่ 43 สัดส่วนการใช้พลังงานอาคารสำนักงาน Base Case เมื่อใช้ข้อมูลอากาศปี 1990.....55

รูปที่ 44 สัดส่วนการใช้พลังงานอาคารสำนักงาน Base Case เมื่อใช้ข้อมูลอากาศปี 2020.....56

รูปที่ 45 สัดส่วนการใช้พลังงานอาคารสำนักงาน Base Case เมื่อใช้ข้อมูลอากาศปี 2050.....56

รูปที่ 46 สัดส่วนการใช้พลังงานอาคารสำนักงาน Base Case เมื่อใช้ข้อมูลอากาศปี 2080.....56

รูปที่ 47 ค่าพลังงานในอาคารสำนักงาน Base Case เมื่อหันอาคารในแต่ละทิศและใช้ข้อมูลอากาศปัจจุบัน (1990) และข้อมูลอากาศที่สร้างขึ้นใหม่ (2020 2050 2080)57

รูปที่ 48 ค่าพลังงานเฉลี่ยทุกทิศของอาคารสำนักงาน Base Case เมื่อใช้ข้อมูลอากาศปัจจุบัน (1990) และข้อมูลอากาศที่สร้างขึ้นใหม่ (2020 2050 2080).....57

รูปที่ 49 ค่าพลังงานในอาคารสำนักงาน Base Case เฉลี่ยต่อตารางเมตรเมื่อใช้ข้อมูลอากาศปัจจุบัน (1990) และข้อมูลอากาศที่สร้างขึ้นใหม่ (2020 2050 2080)58

รูปที่ 50 ค่าความแตกต่างของการใช้พลังงานในอาคารสำนักงาน Base Case เมื่อใช้ข้อมูลอากาศปี 2020 2050 และ 2080 เมื่อเทียบกับการใช้ข้อมูลอากาศปี 1990.....58

รูปที่ 51 การใช้พลังงานรวมในอาคารสำนักงาน Base Case เฉลี่ยต่อวันในแต่ละเดือน เมื่อใช้ข้อมูลอากาศปัจจุบัน (1990) และข้อมูลอากาศที่สร้างขึ้นใหม่ (2020 2050 2080).....59

รูปที่ 52 ค่าพลังงานในการทำความเย็นเฉลี่ยทุกทิศของอาคารสำนักงาน Base Case เมื่อใช้ข้อมูลอากาศปัจจุบัน (1990) และข้อมูลอากาศที่สร้างขึ้นใหม่ (2020 2050 2080).....60

รูปที่ 53 ค่าความแตกต่างของการใช้พลังงานในการทำความเย็นของอาคารสำนักงาน Base Case เมื่อใช้ข้อมูลอากาศปี 2020 2050 และ 2080 เมื่อเทียบกับการใช้ข้อมูลอากาศปี 1990.60

รูปที่ 54 ค่าการปล่อยก๊าซ CO ₂ เทียบเท่าจากการใช้พลังงานรวมในอาคารสำนักงาน Base Case เมื่อหันอาคารในแต่ละทิศและใช้ข้อมูลอากาศปัจจุบัน (1990) และข้อมูลอากาศที่สร้างขึ้นใหม่ (2020 2050 2080)	61
รูปที่ 55 ค่าพลังงานเฉลี่ยทุกทิศของอาคารสำนักงานแบบปรับปรุงเมื่อใช้ข้อมูลอากาศปัจจุบัน (1990) และข้อมูลอากาศที่สร้างขึ้นใหม่ (2020 2050 2080).....	64
รูปที่ 56 ค่าพลังงานในอาคารสำนักงานแบบปรับปรุงเฉลี่ยต่อตารางเมตรเมื่อใช้ข้อมูลอากาศปัจจุบัน (1990) และข้อมูลอากาศที่สร้างขึ้นใหม่ (2020 2050 2080)	64
รูปที่ 57 ค่าการปล่อยก๊าซ CO ₂ เทียบเท่าจากการใช้พลังงานรวมในอาคารสำนักงานที่ปรับปรุงแล้วเมื่อหันอาคารในแต่ละทิศและใช้ข้อมูลอากาศปัจจุบัน (1990) และข้อมูลอากาศที่สร้างขึ้นใหม่ (2020 2050 2080).....	65
รูปที่ 58 การใช้พลังงานของอาคารสำนักงาน Base Case ในปัจจุบันเทียบกับการใช้พลังงานของอาคารสำนักงานแบบปรับปรุงในปี 2020	70
รูปที่ 59 สัดส่วนการใช้พลังงานอาคารพักอาศัยรวม Base Case เมื่อใช้ข้อมูลอากาศปี 1990 ..	72
รูปที่ 60 สัดส่วนการใช้พลังงานอาคารพักอาศัยรวม Base Case เมื่อใช้ข้อมูลอากาศปี 2020 ..	73
รูปที่ 61 สัดส่วนการใช้พลังงานอาคารพักอาศัยรวม Base Case เมื่อใช้ข้อมูลอากาศปี 2050 ..	73
รูปที่ 62 สัดส่วนการใช้พลังงานอาคารพักอาศัยรวม Base Case เมื่อใช้ข้อมูลอากาศปี 2080 ..	73
รูปที่ 63 ค่าพลังงานในอาคารพักอาศัยรวม Base Case เมื่อหันอาคารในแต่ละทิศและใช้ข้อมูลอากาศปัจจุบัน (1990) และข้อมูลอากาศที่สร้างขึ้นใหม่ (2020 2050 2080)	74
รูปที่ 64 ค่าพลังงานเฉลี่ยทุกทิศของอาคารพักอาศัยรวม Base Case เมื่อใช้ข้อมูลอากาศปัจจุบัน (1990) และข้อมูลอากาศที่สร้างขึ้นใหม่ (2020 2050 2080).....	74
รูปที่ 65 ค่าพลังงานในอาคารพักอาศัยรวม Base Case เฉลี่ยต่อตารางเมตรเมื่อใช้ข้อมูลอากาศปัจจุบัน (1990) และข้อมูลอากาศที่สร้างขึ้นใหม่ (2020 2050 2080)	75
รูปที่ 66 ค่าความแตกต่างของการใช้พลังงานในอาคารพักอาศัยรวม Base Case เมื่อใช้ข้อมูลอากาศปี 2020 2050 และ 2080 เมื่อเทียบกับการใช้ข้อมูลอากาศปี 1990.....	75
รูปที่ 67 การใช้พลังงานรวมในอาคารพักอาศัยรวม Base Case เฉลี่ยต่อวันในแต่ละเดือน เมื่อใช้ข้อมูลอากาศปัจจุบัน (1990) และข้อมูลอากาศที่สร้างขึ้นใหม่ (2020 2050 2080).....	76

รูปที่ 68 ค่าพลังงานในการทำความเย็นเฉลี่ยทุกทศวรรษของอาคารพักอาศัยรวม Base Case เมื่อใช้ข้อมูลอากาศปัจจุบัน (1990) และข้อมูลอากาศที่สร้างขึ้นใหม่ (2020 2050 2080).....	77
รูปที่ 69 ค่าความแตกต่างของการใช้พลังงานในการทำความเย็นของอาคารพักอาศัยรวม Base Case เมื่อใช้ข้อมูลอากาศปี 2020 2050 และ 2080 เมื่อเทียบกับการใช้ข้อมูลอากาศปี 1990.	77
รูปที่ 70 ค่าการปล่อยก๊าซ CO ₂ เทียบเท่าจากการใช้พลังงานรวมในอาคารพักอาศัยรวม Base Case เมื่อหันอาคารในแต่ละทิศและใช้ข้อมูลอากาศปัจจุบัน (1990) และข้อมูลอากาศที่สร้างขึ้นใหม่ (2020 2050 2080).....	78
รูปที่ 71 ค่าพลังงานรวมเฉลี่ยทุกทศวรรษของอาคารพักอาศัยรวมแบบปรับปรุงเมื่อใช้ข้อมูลอากาศปัจจุบัน (1990) และข้อมูลอากาศที่สร้างขึ้นใหม่ (2020 2050 2080).....	80
รูปที่ 72 ค่าพลังงานในอาคารพักอาศัยรวมแบบปรับปรุงเฉลี่ยต่อตารางเมตรเมื่อใช้ข้อมูลอากาศปัจจุบัน (1990) และข้อมูลอากาศที่สร้างขึ้นใหม่ (2020 2050 2080).....	81
รูปที่ 73 ค่าการปล่อยก๊าซ CO ₂ จากการใช้พลังงานรวมในอาคารพักอาศัยรวมที่ปรับปรุงแล้วเมื่อหันอาคารในแต่ละทิศและใช้ข้อมูลอากาศปัจจุบัน (1990) และข้อมูลอากาศที่สร้างขึ้นใหม่ (2020 2050 2080)	81
รูปที่ 74 การใช้พลังงานของอาคารพักอาศัย Base Case ในปัจจุบันเทียบกับการใช้พลังงานของอาคารสำนักงานแบบปรับปรุงในปี 2020	85

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ภาวะการเปลี่ยนแปลงของอากาศ (Climate Change) เป็นสิ่งที่กำลังเกิดขึ้นกับโลกของเราในปัจจุบัน เป็นปรากฏการณ์ของการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิเฉลี่ยของอากาศใกล้พื้นผิวโลกและน้ำในมหาสมุทร โดยเกิดขึ้นจากการเพิ่มความเข้มข้นของก๊าซเรือนกระจกที่เกิดจากกิจกรรมของมนุษย์ ซึ่งคณะกรรมการระหว่างรัฐบาลว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (Intergovernmental Panel on Climate Change: IPCC) ของสหประชาชาติได้จัดทำรายงานฉบับที่ 5 (IPCC's Fifth Assessment Report: AR5) ขึ้นในปี 2013 เพื่อรายงานการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศของโลก โดยศึกษาอุณหภูมิเฉลี่ยของโลกพบว่าในช่วงปี 1888-2012 โลกมีแนวโน้มของอุณหภูมิสูงขึ้นโดยเฉลี่ย 0.85 องศาเซลเซียส

ในภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ อุณหภูมิเฉลี่ยเพิ่มสูงขึ้น 0.1-0.3 องศาเซลเซียสทุก 10 ปี ตลอด 50 ปีที่ผ่านมา และสำหรับประเทศไทยมีอุณหภูมิเฉลี่ยสูงขึ้น 1.04-1.80 องศาเซลเซียสใน 100 ปีที่ผ่านมา (ADB, 2009)

การออกแบบอาคารที่ตื่นอกจากจะต้องใส่ใจในประสิทธิภาพอาคารในสภาพอากาศปัจจุบัน จากปัญหาอากาศเปลี่ยนแปลงที่กล่าวข้างต้น ทำให้ควรหันมาใส่ใจถึงประสิทธิภาพอาคารต่อไปในอนาคตด้วย เนื่องจากอาคารหลังหนึ่งโดยทั่วไปมีอายุการใช้งานยาวนานหลายสิบปี เช่น อาคารคอนกรีตเสริมเหล็กมีอายุประมาณ 50-60 ปี เป็นต้น

มีเกณฑ์การประเมินอาคารประหยัดพลังงานที่เริ่มคำนึงถึงปัญหาภาวะโลกร้อนที่กำลังเกิดขึ้นแล้ว เช่น เกณฑ์ BREEAM (Building Research Establishment's Environmental Assessment Method) ที่ถูกสร้างขึ้นโดย Building Research Establishment (BRE) ในประเทศอังกฤษ ซึ่งในเกณฑ์ BREEAM 2014 นั้น ได้ตั้งข้อกำหนดเพิ่มขึ้นมาที่เกี่ยวกับการปรับตัวต่อภาวะโลกร้อน เช่น ในหมวด Thermal Comfort ที่มีการกำหนดให้จำลองประสิทธิภาพอาคารในเรื่องสภาวะน่าสบายภายใต้ภาวะการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศที่จะเกิดในอนาคตด้วย โดยกำหนดปีที่ทำการประเมิน

คือ ปี 2050s สำหรับอาคารที่ไม่ปรับอากาศ และปี 2030s สำหรับอาคารที่ติดตั้งระบบปรับอากาศ (BRE, 2014)

การจำลองประสิทธิภาพอาคารในขั้นตอนการออกแบบนั้น นอกจากเป็นสิ่งที่จะช่วยประเมินทางเลือกในการออกแบบแล้ว ยังช่วยให้การออกแบบออกมาได้ตรงตามที่ต้องการ โดยทั่วไปในการจำลองประสิทธิภาพอาคารทั้งในเรื่องของการใช้พลังงานของอาคาร แสงธรรมชาติ ลม หรือสภาวะนำสบายในอาคาร สิ่งจำเป็นและสิ่งสำคัญที่ต้องใช้ในการจำลอง คือ ข้อมูลอากาศรายชั่วโมง ซึ่งจะเป็นตัวบ่งชี้ถึงปริมาณความร้อนที่จะเข้ามาในอาคาร อุณหภูมิของอากาศ ลมที่จะพัดเข้ามา เป็นต้น ซึ่งข้อมูลอากาศที่ใช้ในปัจจุบันเป็นข้อมูลอากาศที่ได้จากการวัดในปี 1961-1990 (Marion & Urban, 1995) ซึ่งเห็นได้ว่า ไม่มีการเพิ่มเติมข้อมูลในเรื่องภาวะการเปลี่ยนแปลงของอากาศในปัจจุบัน ทำให้มีความเป็นไปได้ว่าข้อมูลอากาศที่ใช้กันอยู่อาจทำให้เกิดความคลาดเคลื่อนในการจำลองประสิทธิภาพอาคารในปัจจุบัน รวมทั้งในอนาคต

นอกจากการใช้ไฟล์ข้อมูลอากาศที่สอดคล้องกับภาวะอากาศที่เปลี่ยนแปลงแล้ว การออกแบบที่ดีควรต้องพิจารณาเรื่องการใช้พลังงานในอาคารด้วย โดยพลังงานที่ใช้มากที่สุด คือ พลังงานไฟฟ้า ซึ่งส่วนใหญ่ถูกนำไปใช้ในการปรับอากาศในอาคาร โดยการใช้ไฟฟ้านั้น จะทำให้เกิดการปล่อยมลพิษทางอากาศ อันที่จะทำให้เกิดภาวะโลกร้อนในปริมาณมากที่สุด ดังแสดงในรูปที่ 1 และจากรายงานสถานการณ์พลังงานไทย ช่วง 3 เดือนแรกของปี 2558 ที่จัดทำโดยศูนย์พยากรณ์และสารสนเทศพลังงาน กระทรวงพลังงาน พบว่ามีการใช้ไฟฟ้าเพิ่มขึ้นในเกือบทุกสาขา โดยในภาคครัวเรือนมีสัดส่วนการใช้ไฟฟ้าเพิ่มขึ้นร้อยละ 6.5 และในภาคธุรกิจเพิ่มขึ้นร้อยละ 6.7 ดังแสดงในรูปที่ 2

ปริมาณการปล่อยมลพิษทางอากาศจากการใช้พลังงานจำแนกตามชนิดปี 2551

หน่วย : 1,000 ตัน

สาขา	CO ₂	CO	NO _x	CH ₄	SO ₂
ขนส่ง	52,379	514	237	20	11
ไฟฟ้า	83,370	68	261	7	353
อุตสาหกรรมการผลิต	45,023	200	219	5	295
บ้านและธุรกิจการค้า	6,389	2,484	35	52	0
อื่นๆ ^{1/}	10,984	105	171	1	4

^{1/} อื่นๆ ประกอบด้วย เกษตรกรรม ก่อสร้าง และเหมืองแร่

รูปที่ 1 ปริมาณการปล่อยมลพิษทางอากาศจากการใช้พลังงานจำแนกตามชนิดปี 2551
(ที่มา : การใช้ไฟฟ้าและการผลิตไฟฟ้าของประเทศไทย กระทรวงพลังงาน)

การใช้ไฟฟ้ารายสาขา

หน่วย : กิกะวัตต์ชั่วโมง

สาขา	2555	2556	2557	ม.ค.-มี.ค.		2558 (ม.ค.-มี.ค.)	
				2557	2558	เปลี่ยนแปลง (%)	สัดส่วน(%)
ครัวเรือน	36,447	37,657	38,993	8,293	8,834	6.5	22
กิจการขนาดเล็ก	17,013	18,374	18,807	4,177	4,421	5.8	11
ธุรกิจ	27,088	30,413	31,362	7,137	7,618	6.7	19
อุตสาหกรรม	72,336	72,536	73,782	17,778	18,326	3.1	45
ส่วนราชการและองค์กร ที่ไม่แสวงหากำไร	3,799	149	152	33	35	5.0	0.1
เกษตรกรรม	377	354	414	171	100	-41.9	0.2
ไฟฟ้าไม่คิดมูลค่า	2,191	2,379	2,517	611	676	10.7	2
อื่นๆ	2,527	2,479	2,592	625	574	-8.2	1
รวม	161,779	164,341	168,620	38,825	40,583	4.5	100

รูปที่ 2 การใช้ไฟฟ้ารายสาขา ช่วง 3 เดือนแรกของปี 2558

(ที่มา : รายงานสถานการณ์พลังงานไทย ช่วง 3 เดือนแรกของปี 2558 กระทรวงพลังงาน)

ดังนั้น จึงควรออกแบบอาคารให้มีการประหยัดพลังงาน แต่เนื่องจากการลงทุนทำอาคารประหยัดพลังงาน มักต้องใช้ต้นทุนค่าก่อสร้างที่เพิ่มมากขึ้น โดยอาจมีการลงทุนค่าก่อสร้างด้านอาคารที่เป็นอาคารเขียวเพิ่มขึ้นจากปกติประมาณร้อยละ 5-10 ของค่าก่อสร้างปกติขึ้นอยู่กับการออกแบบและการวางแผน (พรรณวดี มงคลเจริญ, 2556) ฉะนั้น จึงต้องแน่ใจว่าเงินที่ลงทุนไปสามารถใช้งานได้จริงไปจนถึงอนาคต ตามอายุอาคาร

1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา

1.2.1 เพื่อศึกษารูปแบบการเปลี่ยนแปลงของอากาศและสร้างไฟล์ข้อมูลอากาศของประเทศไทย ที่เป็นไปตามการคาดคะเนผลกระทบจากภาวะการเปลี่ยนแปลงของอากาศในอนาคต

1.2.2 เพื่อประเมินการใช้พลังงานของอาคารพาณิชย์ และอาคารพักอาศัยในประเทศไทย เมื่อใช้ไฟล์ข้อมูลอากาศที่สร้างขึ้นใหม่ของปี 2020 2050 และ 2080 และเปรียบเทียบกับการใช้พลังงานของอาคารเมื่อใช้ไฟล์ข้อมูลอากาศปัจจุบัน

1.2.3 เพื่อเสนอแนะแนวทางในการออกแบบอาคารให้ใช้พลังงานลดลงเมื่อใช้ไฟล์ข้อมูลอากาศปี 2020 2050 และ 2080

1.3 ขอบเขตของการศึกษา

1.3.1 ศึกษาโดยใช้ไฟล์ข้อมูลอากาศของกรุงเทพมหานคร ที่เป็นข้อมูลอากาศ IWEC (International Weather Year for Energy Calculation) สร้างขึ้นโดย ASHRAE

1.3.2 ประเมินประสิทธิภาพการใช้พลังงาน ในอาคาร 2 ประเภท คือ อาคารสำนักงาน และ อาคารอยู่อาศัยรวม

1.3.3 ศึกษาโดยใช้การจำลองด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ VisualDOE 4.0

1.4 ระเบียบวิธีการศึกษา

1.4.1 ศึกษาทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

1.4.1.1 ศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับสภาพภูมิอากาศที่กำลังเปลี่ยนแปลงไปเนื่องจากภาวะอากาศเปลี่ยนแปลง

1.4.1.2 ศึกษาวิธีการสร้างไฟล์ข้อมูลอากาศของประเทศไทยที่สามารถนำไปใช้จำลองการใช้พลังงานในอาคารได้

1.4.1.3 ศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการใช้พลังงานของอาคาร ทั้งก่อนและหลังการใช้ไฟล์ข้อมูลอากาศที่พิจารณาผลกระทบจากสภาพอากาศเปลี่ยนแปลง

1.4.2 สร้างไฟล์ข้อมูลอากาศในอนาคตที่เป็นผลจากภาวะอากาศเปลี่ยนแปลง โดยสร้างข้อมูลอากาศในปี 2020 2050 และ 2080

1.4.3 วิเคราะห์ข้อมูลอากาศปี 2020 2050 และ 2080 ที่สร้างขึ้น เปรียบเทียบกับไฟล์ข้อมูลอากาศในปัจจุบัน

1.4.4 กำหนดอาคารกรณีศึกษา โดยใช้เป็นอาคาร 2 ประเภท คือ อาคารสำนักงาน และ อาคารพักอาศัย

1.4.5 ทำการจำลองการใช้พลังงานอาคารทั้ง 2 อาคาร โดยใช้ข้อมูลอากาศปัจจุบัน และ ข้อมูลอากาศปี 2020 2050 และปี 2080

1.4.4 วิเคราะห์และประเมินผลข้อมูลการใช้พลังงานที่จำลองได้จากการใช้ไฟล์ข้อมูลอากาศ ปัจจุบัน มาเปรียบเทียบกับการใช้ไฟล์ข้อมูลอากาศปี 2020 2050 และ 2080

1.4.6 เสนอแนวทางในการออกแบบอาคารตามภาวะอากาศที่เปลี่ยนแปลง และจำลองการใช้พลังงานอาคารที่ปรับปรุงโดยใช้ข้อมูลอากาศปัจจุบัน และข้อมูลอากาศปี 2020 2050 และ 2080

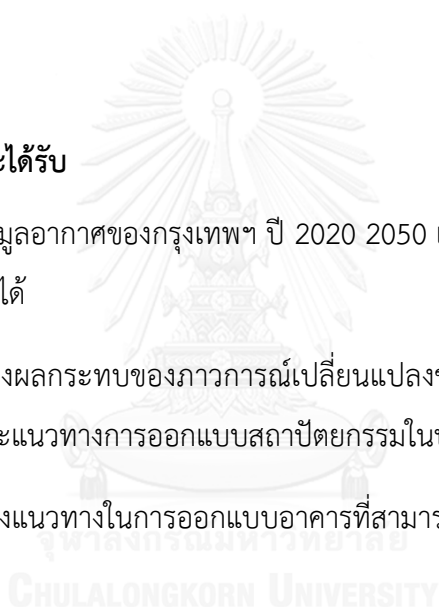
1.4.7 สรุปผลการจำลองและสรุปแนวทางการออกแบบที่เหมาะสมตามภาวะอากาศที่เปลี่ยนแปลงไป

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.5.1 ได้ไฟล์ข้อมูลอากาศของกรุงเทพฯ ปี 2020 2050 และ 2080 เพื่อใช้ในการจำลองการใช้พลังงานในอาคารต่อไปได้

1.5.2 ได้ทราบถึงผลกระทบของภาวะการเปลี่ยนแปลงของอากาศที่มีต่อประสิทธิภาพการใช้พลังงานของอาคาร และแนวทางการออกแบบสถาปัตยกรรมในประเทศไทย

1.5.3 ได้ทราบถึงแนวทางในการออกแบบอาคารที่สามารถรองรับต่อภาวะการเปลี่ยนแปลงของอากาศได้



บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องนั้น ได้ศึกษาเกี่ยวกับสภาพภูมิอากาศที่กำลังเปลี่ยนแปลงไปเนื่องจากภาวะอากาศเปลี่ยนแปลง และศึกษาวิธีการสร้างไฟล์ข้อมูลอากาศ รวมทั้งการใช้พลังงานอาคาร โดยมีการศึกษาดังนี้

2.1 ข้อมูลเกี่ยวกับสภาพภูมิอากาศที่กำลังเปลี่ยนแปลงไปเนื่องจากภาวะอากาศเปลี่ยนแปลง

สภาพภูมิอากาศ (climate) หมายถึง ค่าเฉลี่ยในระยะยาวของสภาพอากาศ (weather) ในพื้นที่เฉพาะหนึ่งๆ ซึ่งสภาพอากาศนั้นจะเป็นการเปลี่ยนแปลงในเวลาสั้นๆ แต่สภาพภูมิอากาศจะเป็นการเปลี่ยนแปลงในระยะยาว ซึ่งตามมาตรฐานขององค์การอุตุนิยมวิทยาโลก (World Meteorological Organization : WMO) นั้นสภาพภูมิอากาศจะต้องเป็นค่าเฉลี่ยของอย่างน้อย 30 ปี โดยข้อมูลอากาศนั้นจะเป็นข้อมูลหลายอย่าง เช่น อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ ความเร็วลม หยาดน้ำฟ้า เป็นต้น

การเปลี่ยนแปลงของสภาพภูมิอากาศ (Climate Change) เป็นสิ่งกำลังเกิดขึ้นในปัจจุบัน โดยคณะกรรมการระหว่างรัฐบาลว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (Intergovernmental Panel on Climate Change: IPCC) ได้ให้คำจำกัดความของภาวะการเปลี่ยนแปลงของสภาพอากาศไว้ว่าเป็น “ความแปรปรวนอย่างมีนัยยะสำคัญทางสถิติของสภาวะภูมิอากาศ หรือความแปรปรวนที่เกิดขึ้นอย่างถาวรเป็นเวลานาน (ทศวรรษหรือนานกว่านั้น) การเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศเกิดขึ้นเนื่องจากกระบวนการภายในหรือแรงกดดันภายนอก หรือเกิดจากการเปลี่ยนแปลงของบรรยากาศ หรือพื้นดิน ที่เกิดจากกิจกรรมต่อเนื่องของมนุษย์” (กัณฑ์รีย์ บุญประกอบ, 2548)

คณะกรรมการระหว่างรัฐบาลว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ หรือ Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) คือ องค์กรระหว่างประเทศที่ก่อตั้งขึ้นในปีค.ศ.1988 โดยองค์กรของสหประชาชาติ 2 องค์กร คือ องค์กรอุตุนิยมวิทยาโลก (World Meteorological Organization : WMO) และโครงการสิ่งแวดล้อมแห่งสหประชาชาติ (United Nations Environment Programme : UNEP) กลุ่มประเทศที่เป็นสมาชิกของ 2 องค์กรนี้สามารถเข้าร่วมใน IPCC ได้

บทบาทของ IPCC คือ ให้ข้อมูลทางวิทยาศาสตร์ เทคนิค และสังคมเศรษฐกิจ ที่ครอบคลุม ตรงไปตรงมา และโปร่งใส เพื่อสร้างความเข้าใจในเรื่องการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศของโลก ผลกระทบที่เกิดขึ้น และแนวทางการตอบสนอง เพื่อให้คำแนะนำกับผู้สร้างนโยบาย อีกทั้งจัดทำ รายงานเพื่อให้ข้อมูลเกี่ยวกับภาวะอากาศเปลี่ยนแปลงที่กำลังเกิดขึ้น เพื่อสนับสนุนอนุสัญญา สหประชาชาติว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงสภาพอากาศ (United Nations Framework Convention on Climate Change : UNFCCC) (Renate Christ, 2008) ซึ่งเป็นอนุสัญญาที่เกิดจากความพยายาม ของประชาคมโลกในการแก้ไขปัญหาการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ โดยมีจุดมุ่งหมายในการลด ความเข้มข้นของก๊าซเรือนกระจกในชั้นบรรยากาศให้คงที่ภายในระยะเวลาที่กำหนด เพื่อให้ระบบ นิเวศปรับตัวได้ตามธรรมชาติต่อภาวะอากาศเปลี่ยนแปลง เพื่อให้มีการผลิตอาหารต่อไปได้ และ เพื่อให้เศรษฐกิจสามารถดำเนินต่อไปได้อย่างยั่งยืน (United Nations, 1992)

IPCC ไม่ได้ดำเนินการศึกษาวิจัยด้วยตนเอง หรือทำการสังเกตสภาพอากาศและปรากฏการณ์ ที่เกิดขึ้นด้วยตนเองแต่อย่างใด แต่ใช้วิธีการทบทวนเอกสารทางวิชาการที่ได้รับการตีพิมพ์ รวมทั้งที่ ผ่านการรับรองโดยผู้เชี่ยวชาญ โดยมีการทำงานแบ่งเป็น 3 กลุ่ม คือ คณะทำงานกลุ่มที่ 1 รับผิดชอบ เรื่องมุมมองทางวิทยาศาสตร์ต่อสภาพภูมิอากาศ คณะทำงานกลุ่มที่ 2 รับผิดชอบเรื่องผลกระทบ การปรับตัว และความล่อแหลม และคณะทำงานกลุ่มที่ 3 รับผิดชอบเรื่องการลดผลกระทบจากภาวะ อากาศเปลี่ยนแปลงโดยการลดก๊าซเรือนกระจก

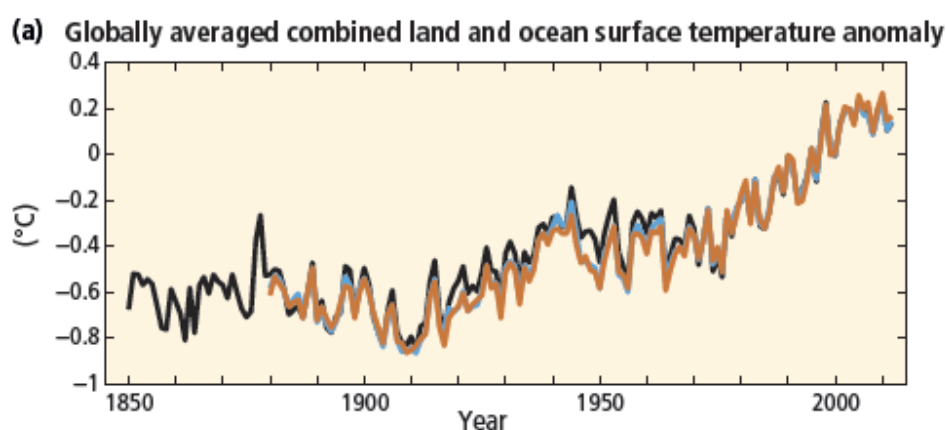
สำหรับข้อมูลของประเทศไทย มีการจัดทำรายงานการสังเคราะห์และประมวลสถานภาพองค์ ความรู้ด้านการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศของไทยครั้งที่ 1 ขึ้นในปีพ.ศ.2554 โดยศูนย์ประสานงานและ พัฒนางานวิจัยด้านโลกร้อนและการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (Thailand Research Fund's Research Development and Co-ordination Center for Global Warming and Climate Change : TGLOBAL) ภายใต้การสนับสนุนของสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.) โดยแบ่งเป็น 3 กลุ่มคณะทำงานเช่นเดียวกับ IPCC

2.1.1 การเปลี่ยนแปลงของสภาพภูมิอากาศ

จากรายงานฉบับที่ 5 ของ IPCC (IPCC's Fifth Assessment Report: AR5) ที่จัดทำขึ้นในปี ค.ศ.2014 พบเป็นที่แน่ชัดว่าอุณหภูมิเฉลี่ยของพื้นผิวโลกนั้นเพิ่มสูงขึ้นตั้งแต่ช่วงศตวรรษที่ 19 (ค.ศ. 1801-1900) ตอนปลาย ใน 3 ทศวรรษที่ผ่านมาอุณหภูมิของพื้นผิวโลกนั้นอุ่นขึ้นกว่าปีก่อนตั้งแต่ปี ค.ศ.1850 เป็นต้นมา ช่วงปีค.ศ.1983-2012 นั้นเป็นช่วงเวลา 30 ปีที่พื้นที่ซีกโลกเหนือมีอุณหภูมิสูง

ที่สุดในรอบ 1400 ปีที่ผ่านมา เมื่อศึกษาแนวโน้มของอุณหภูมิเฉลี่ยพื้นผิวโลกและมหาสมุทรพบว่า ในช่วงปีค.ศ.1880-2012 โลกมีแนวโน้มของอุณหภูมิสูงขึ้น 0.65-1.06 องศาเซลเซียส หรือโดยเฉลี่ย 0.85 องศาเซลเซียส ดังแสดงในรูปที่ 3 ซึ่งเป็นกราฟเส้นแสดงแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิเฉลี่ยของพื้นผิวโลกและมหาสมุทรของปีค.ศ.1850-2012 เมื่อเทียบกับอุณหภูมิเฉลี่ยของปีค.ศ.1961-1990 เป็นข้อมูลที่ประกอบขึ้นจากข้อมูล 3 ชุด โดยสีที่ต่างกันแสดงข้อมูลต่างชุดกัน โดยข้อมูลแต่ละชุดเป็นดังนี้ (IPCC, 2013)

- สีดำเป็นข้อมูลของ HadCRUT4 (version 4.1.1.0) ซึ่งเป็นข้อมูลที่จัดเก็บโดย Hadley Centre สำนักอุตุนิยมวิทยาสหราชอาณาจักร และ Climatic Research Unit (CRU) แห่งมหาวิทยาลัย East Anglia เป็นข้อมูลของปีค.ศ.1850-2012
- สีฟ้าเป็นข้อมูลของ NASA GISS (NASA Goddard Institute for Space Studies) เป็นข้อมูลของปีค.ศ.1880 - 2012
- สีส้มเป็นข้อมูลของ NCDC MLOST (Merged Land-Ocean Surface Temperature Analysis) (version 3.5.2) ที่จัดเก็บโดย ศูนย์ข้อมูลสภาพอากาศแห่งชาติ National Climatic Data Center (NCDC) ซึ่งภายหลังเปลี่ยนชื่อเป็น National Centers for Environmental Information (NCEI) องค์การบริหารสมุทรศาสตร์และบรรยากาศแห่งชาติ (National Oceanic and Atmospheric Administration: NOAA) กระทรวงพาณิชย์สหรัฐอเมริกา เป็นข้อมูลของปีค.ศ.1880-2012



รูปที่ 3 อุณหภูมิพื้นผิวโลกและมหาสมุทรรายปีเฉลี่ยที่ต่างจากอุณหภูมิเฉลี่ยของปีค.ศ.1961-1990 (ที่มา : IPCC. Climate Change 2014: Synthesis Report, 2015: 3)

นอกจากนี้อุณหภูมิของน้ำทะเลก็เพิ่มสูงขึ้น โดยน้ำทะเลส่วนบน ตั้งแต่ 0-700 เมตร อุ่นขึ้น ตั้งแต่ปีค.ศ.1971-2010 โดยที่ระดับ 75 เมตรบนนั้นอุ่นขึ้นเฉลี่ย 0.11 องศาเซลเซียสในทุก 10 ปี ในช่วงเวลาของปีค.ศ.1970-2010 (IPCC, 2015)

สำหรับในภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ อุณหภูมิเฉลี่ยเพิ่มสูงขึ้น 0.1-0.3 องศาเซลเซียส ทุก 10 ปี ตลอด 50 ปีที่ผ่านมา และมีการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิแต่ละประเทศประมาณ 1 องศาเซลเซียสใน 100 ปีที่ผ่านมา (ADB, 2009) ดังแสดงในรูปที่ 4

Table 3.1. Observed Temperature Changes in Southeast Asia		
	Temperature change (°C)	Source
Indonesia	Increase of 1.04–1.40° C per century	Rataq (2007)
Philippines	Increase of 1.4° C per century	IPCC (2007)
Singapore	Increasing by about 0.3° C per decade as observed between 1987–2007	Ho (2008)
Thailand	Increase of 1.04–1.80° C per century	Jesdapipat (2008)
Viet Nam	Increase of 1.0° C per century	Cuong (2008)

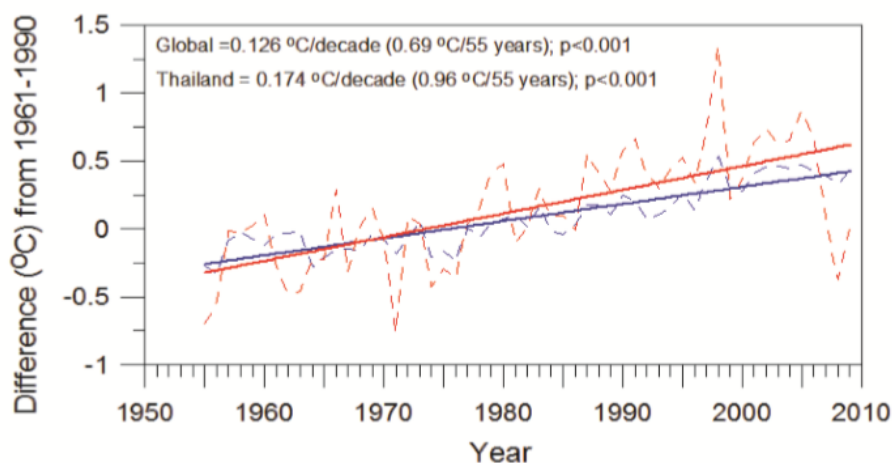
Source: Compiled by ADB study team.

รูปที่ 4 การเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิในภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้

(ที่มา : ADB. The Economics of Climate Change in Southeast Asia: A Regional Review.

Asian Development Bank, Manila, 2009: 23.)

สำหรับประเทศไทยจากรายงานการสังเคราะห์และประมวลสถานการณ์องค์ความรู้ด้านการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศของไทยครั้งที่ 1 พ.ศ.2554 พบว่าอุณหภูมิในรอบ 55 ปีที่ผ่านมา คือ ในช่วงปี พ.ศ.2498-2552 (ค.ศ.1955-2009) มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ โดยอุณหภูมิเฉลี่ยมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น 0.95 องศาเซลเซียส อุณหภูมิสูงสุดเพิ่มขึ้น 0.86 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิต่ำสุดเพิ่มขึ้น 1.45 องศาเซลเซียส โดยอัตราการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิเฉลี่ยของประเทศไทยในช่วง 55 ปีดังกล่าวนี้ จะสูงกว่าอัตราการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิเฉลี่ยของโลกซึ่งคือ 0.69 องศาเซลเซียส (อัศมน ลีมสกุล, 2554) ดังแสดงในรูปที่ 5



รูปที่ 5 ค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิโลก (เส้นสีน้ำเงิน) และประเทศไทย (เส้นสีแดง) ที่แตกต่างจากอุณหภูมิในช่วงปีค.ศ.1961-1990

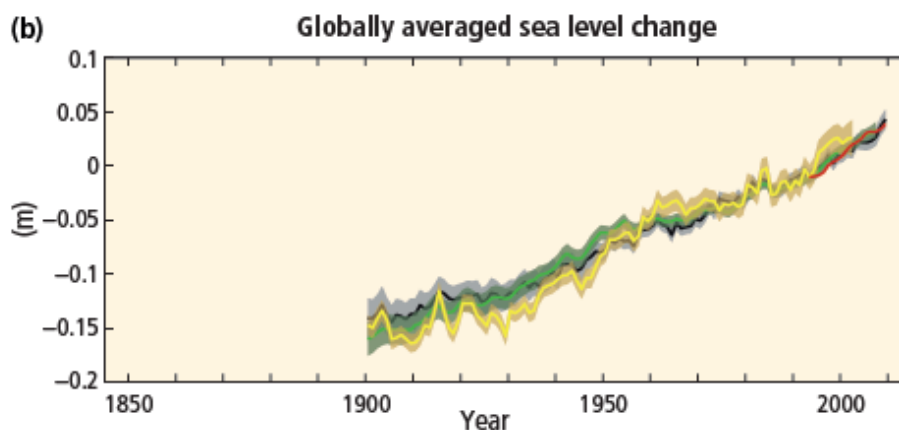
(ที่มา : รายงานการสังเคราะห์และประมวลสถานภาพองค์ความรู้ด้านการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศของประเทศไทยครั้งที่ 1 พ.ศ.2554: 5)

ปริมาณหยาดน้ำฟ้า (precipitation) บนพื้นดินโลกมีการเปลี่ยนแปลงแต่ยังไม่แน่ชัดนัก โดยมีปริมาณเพิ่มขึ้นในพื้นที่ซีกโลกเหนือ ตั้งแต่ปีค.ศ.1951 (IPCC, 2015) นอกจากนี้ปริมาณน้ำฝนในประเทศไทยในช่วงปีค.ศ.1955-2009 ก็มีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงอย่างไม่มีนัยสำคัญเช่นเดียวกัน (อัศมน ลิ้มสกุล, 2554)

จากอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นทำให้ในช่วงปีค.ศ.1992-2011 แผ่นน้ำแข็งกรีนแลนด์และแอนตาร์กติคมีมวลลดลง และน้ำแข็งทั่วโลกกำลังละลายอย่างต่อเนื่อง ซึ่งมีผลทำให้ระดับน้ำทะเลเพิ่มสูงขึ้น (IPCC, 2015) การเพิ่มขึ้นของระดับน้ำทะเลจากการขยายตัวของมวลน้ำเนื่องจากอุณหภูมิที่สูงขึ้นนั้นคิดเป็นร้อยละ 30 และการเพิ่มขึ้นของระดับน้ำทะเลจากการละลายของน้ำแข็งคิดเป็นร้อยละ 55 ของอัตราการเพิ่มขึ้นของระดับน้ำทะเลระหว่างปีค.ศ.1993-2008 (อัศมน ลิ้มสกุล, 2554)

ระดับน้ำทะเลเพิ่มสูงขึ้นและเร็วขึ้นมากกว่าในอดีต โดยที่ระดับน้ำทะเลที่เพิ่มขึ้นตั้งแต่กลางศตวรรษที่ 19 นั้นสูงกว่าค่าเฉลี่ยการเพิ่มขึ้นของช่วง 2,000 ปีก่อนหน้า และน้ำทะเลเพิ่มสูงขึ้นแล้ว 0.19 เมตร ในช่วงปีค.ศ.1901-2010 โดยในปีค.ศ.1901-2010 มีค่าเฉลี่ยการเพิ่มขึ้นอยู่ที่ 1.7 มิลลิเมตรต่อปี ในปี 1971-2010 มีค่าเฉลี่ยการเพิ่มขึ้นอยู่ที่ 2 มิลลิเมตรต่อปี และ 3.2 มิลลิเมตรต่อปี ในปี 1993-2010 (IPCC, 2015) ดังแสดงในรูปที่ 6 โดยกราฟแต่ละสีแสดงข้อมูลต่างชุดกัน และแสดงความไม่แน่นอนของข้อมูลโดยการทำเจดสี ซึ่งแต่ละสีแสดงข้อมูลดังนี้

- สีดำ เป็นข้อมูลของ Church and White (2011) เป็นข้อมูลในปีค.ศ.1900-2009
- สีเหลือง เป็นข้อมูลของ Jevrejeva et al. (2008) เป็นข้อมูลในปีค.ศ.1900-2002
- สีเขียว เป็นข้อมูลของ Ray and Douglas (2011) เป็นข้อมูลในปีค.ศ.1900-2007
- สีแดง เป็นข้อมูลของ Nerem et al. (2010) เป็นข้อมูลการตรวจวัดระดับน้ำทะเลด้วยดาวเทียมอัลติมิเตอร์ ในปีค.ศ.1903-2009



รูปที่ 6 ระดับน้ำทะเลเฉลี่ยของโลกที่เปลี่ยนแปลงจากปีค.ศ.1986-2005
(ที่มา : IPCC. Climate Change 2014: Synthesis Report, 2015: 3)

สำหรับประเทศไทย แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของระดับน้ำทะเลยังมีแนวโน้มไม่แน่ชัด จากการวัดระดับน้ำโดยใช้ดาวเทียมอัลติมิเตอร์ระหว่างปีค.ศ.1993-2008 พบว่าระดับน้ำทะเลเฉลี่ยในอ่าวไทยมีอัตราการเพิ่มขึ้น 3-5 มิลลิเมตรต่อปี (อัศมน ลิมสกุล, 2554)

สาเหตุที่ทำให้ภูมิอากาศมีการเปลี่ยนแปลง คือ การเพิ่มขึ้นของการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เกิดจากกิจกรรมของมนุษย์ตั้งแต่ก่อนยุคอุตสาหกรรม และเพิ่มมากขึ้นจากการเติบโตของเศรษฐกิจและจำนวนประชากร ทำให้เกิดความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ มีเทน และไนตรัสออกไซด์ในชั้นบรรยากาศอย่างที่ไม่เคยเกิดขึ้นมาก่อนใน 800,000 ปี ร่วมกับปัจจัยอื่นที่มนุษย์สร้างขึ้น ทำให้ภูมิอากาศเปลี่ยนแปลงตั้งแต่กลางศตวรรษที่ 20 ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากกิจกรรมของมนุษย์ถูกปลดปล่อยโดยที่ปริมาณ 40% จะค้างอยู่ในชั้นบรรยากาศ 30% จะอยู่ในมหาสมุทรทำให้น้ำทะเลมีความเป็นกรดมากขึ้น และส่วนที่เหลือจะค้างอยู่ในพื้นดินและพืช โดยปริมาณการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในช่วงค.ศ.1750-2011 นั้นครึ่งหนึ่งเกิดขึ้นในช่วง 40 ปีหลังนี้เอง (IPCC, 2015)

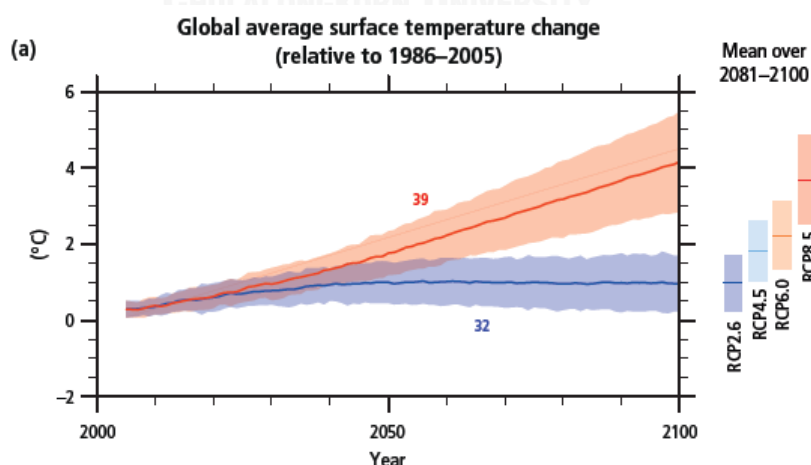
2.1.2 การคาดคะเนการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศในอนาคต

การคาดคะเนการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศในอนาคตเกิดจากการสร้างภาพจำลองภูมิอากาศที่จะเปลี่ยนแปลงไปจากแบบจำลองภูมิอากาศโลก เรียกว่า climate change scenario และการสร้างภาพจำลองของการเปลี่ยนแปลงของการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกซึ่งเป็นสาเหตุหลักของการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ หรือเรียกว่า emission scenario

จาก AR5 ของ IPCC มีการจำลองการคาดคะเนภูมิอากาศในอนาคตในช่วงคริสต์ศตวรรษที่ 21 (ค.ศ.2001-2100) โดยจำลองสถานการณ์ของการแผ่ขยายก๊าซเรือนกระจกที่อาจเกิดขึ้นในรูปแบบต่างๆ ที่อาจส่งผลกระทบต่อเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศแตกต่างกันออกไป เรียกว่า Representative Concentration Pathways (RCP) โดยจัดทำขึ้นมาทั้งหมด 4 กรณี คือ

- กรณีที่ไม่ได้ใช้มาตรการป้องกันภาวะโลกร้อนใดๆ RCP 8.5 (หมายความว่าค่าพลังงานในบรรยากาศจะเพิ่มเป็น 8.5 วัตต์ต่อตารางเมตร)
- กรณีที่ใช้มาตรการป้องกันภาวะโลกร้อนเล็กน้อย RCP 6.0
- กรณีที่ใช้มาตรการป้องกันภาวะโลกร้อนอย่างมาก RCP 4.5
- กรณีที่ใช้มาตรการป้องกันภาวะโลกร้อนอย่างหนักหน่วง RCP 2.6

กราฟแสดงอุณหภูมิเฉลี่ยพื้นผิวโลกในปีค.ศ.2006-2100 ที่แตกต่างจากปีค.ศ.1986-2005 แสดงในรูปที่ 7 โดยมีการแสดงความไม่แน่นอนของข้อมูลในรูปของแถบสี และค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิในแต่ละกรณีจะแสดงอยู่ทางด้านขวาของกราฟ



รูปที่ 7 อุณหภูมิรายปีเฉลี่ยในศตวรรษที่ 21 ที่ต่างจากอุณหภูมิเฉลี่ยของปี 1986-2005

(ที่มา : IPCC. Climate Change 2014: Synthesis Report, 2015: 21)

อุณหภูมิเฉลี่ยของพื้นผิวโลกในช่วงปีค.ศ.2016-2035 จะเพิ่มสูงขึ้นจากปีค.ศ.1986-2005 ใกล้เคียงกันทั้ง 4 กรณี คือ 0.3-0.7 องศาเซลเซียส ส่วนอุณหภูมิเฉลี่ยของพื้นผิวโลกในช่วงปีค.ศ. 2081-2100 นั้นจะเพิ่มขึ้น 0.3-1.7 องศาเซลเซียสสำหรับกรณี RCP2.6 เพิ่มขึ้น 1.1-2.6 องศาเซลเซียสสำหรับกรณี RCP4.5 เพิ่มขึ้น 1.4-3.1 องศาเซลเซียสในกรณี RCP6.0 และเพิ่มขึ้น 2.6-4.8 องศาเซลเซียสสำหรับกรณี RCP8.5 (IPCC, 2015)

การเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิเฉลี่ยของโลกในช่วงปีค.ศ.2081-2100 จากปีค.ศ.1850-1900 จะเพิ่มขึ้น 1.5 องศาเซลเซียส และพอมีความเป็นไปได้ที่จะเพิ่มขึ้น 2 องศาเซลเซียสสำหรับกรณี RCP4.5 และมีความเป็นไปได้สูงที่จะเพิ่มขึ้น 2 องศาเซลเซียสสำหรับกรณี RCP6.5 และ RCP8.5 และมีความเป็นไปได้น้อยที่อุณหภูมิจะเพิ่มขึ้น 2 องศาเซลเซียสสำหรับกรณี RCP2.6 (IPCC, 2015)

จากการคาดการณ์การเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิและการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศที่อาจจะเกิดขึ้นนั้นทำให้เกิดแนวคิดที่จะต้องปรับตัวและช่วยกันบรรเทาภาวะอากาศเปลี่ยนแปลงนี้ โดยมีการจัดทำกรอบอนุสัญญาสหประชาชาติว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (United Nations Framework Convention on Climate Change: UNFCCC หรือ FCCC) เพื่อกำหนดกรอบการทำงานเพื่อที่จะลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก และมีการจัดประชุมสมัชชาประเทศภาคีอนุสัญญาสหประชาชาติว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (Conference of Parties: COP) ขึ้นทุกปี โดยมีเป้าหมายเพื่อจำกัดการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิเฉลี่ยผิวโลกไม่ให้เพิ่มมากเกินไปเกินกว่า 2 องศาเซลเซียส จากอุณหภูมิอ้างอิงเมื่อก่อนเกิดการปฏิวัติอุตสาหกรรม จากการประชุมครั้งล่าสุดเมื่อเดือนธันวาคม ปี ค.ศ.2015 ที่กรุงปารีส ซึ่งเป็นการประชุมครั้งที่ 21 หรือ COP21 นั้นสำหรับประเทศไทยได้ตั้งเป้าลดก๊าซเรือนกระจกของประเทศไทยให้ได้ร้อยละ 20-25 จากเดิมร้อยละ 15 ภายในปีพ.ศ.2573 (ค.ศ. 2030) (สำนักข่าวแห่งชาติ กรมประชาสัมพันธ์, 2557)

2.2 ไฟล์ข้อมูลอากาศ

ข้อมูลอากาศ หรือ weather data คือ ข้อมูลของสภาพอากาศในพื้นที่ต่าง ๆ บนโลก โดยมีข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับอากาศหลายอย่างประกอบกัน เช่น อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ ความเร็วลม รังสีอาทิตย์ หยาดน้ำฟ้า เป็นต้น

การจำลองประสิทธิภาพอาคารโดยโปรแกรมคอมพิวเตอร์นั้นจำเป็นต้องใช้ข้อมูลอากาศรายปีในการจำลอง และความถูกต้องของผลการจำลองส่วนหนึ่งก็ขึ้นอยู่กับข้อมูลอากาศที่ใช้ด้วย แต่ข้อมูลอากาศนั้นก็มิได้อยู่หลายประเภท เช่น (Doggett)

TRY (Test Reference Year) เป็นข้อมูลอากาศรายชั่วโมงที่สร้างโดย NOAA's NCDC ซึ่งเป็นข้อมูลที่เลือกมาให้เหลือเป็น 1 ปีจากการรวบรวมข้อมูลจากปีค.ศ.1948-1975 คัดเลือกโดยการตัดปีที่มีอุณหภูมิสูงมากและต่ำมากออกจนเหลือเพียงข้อมูลที่มีอุณหภูมิกลาง ๆ ข้อเสียของ TRY คือไม่มีข้อมูลรังสีอาทิตย์

TMY (Typical Meteorological Year) สร้างขึ้นโดย NCDC และกระทรวงพลังงานสหรัฐ โดยเพิ่มเติมข้อมูลจากที่มีใน TRY โดยเพิ่มข้อมูลรังสีอาทิตย์เข้าไป ข้อมูล TMY เป็นข้อมูล 1 ปี (12 เดือนจากต่างปีกัน) จากข้อมูล 23 ปีของปีค.ศ.1952-1975 โดยการคัดเลือกคล้ายกับ TRY แต่ TMY จะคัดเลือกแยกเป็นเดือนแทนที่จะคัดออกทีละปี

IWEC (International Weather Year for Energy Calculation) เป็นข้อมูลอากาศที่ทำขึ้นโดย ASHRAE (American Society of Heating, Refrigerating, and Air-conditioning Engineers) เป็นชุดข้อมูลที่เป็นข้อมูลอากาศแบบ typical ที่สร้างจากข้อมูล TMY จุดประสงค์เพื่อให้นำไปใช้กับโปรแกรมจำลองพลังงานของอาคาร โดยเป็นข้อมูลรายชั่วโมงที่สร้างขึ้นจากข้อมูลปีค.ศ.1983-1999

EPW (EnergyPlus) เป็นรูปแบบไฟล์ข้อมูลอากาศหนึ่งที่ใช้งานโดยโปรแกรมจำลองพลังงาน EnergyPlus ซึ่งสร้างโดยกระทรวงพลังงาน สหรัฐอเมริกา EPW เป็นรูปแบบไฟล์ข้อมูลอากาศที่สร้างขึ้นจากชุดข้อมูล TMY และข้อมูลนานาชาติอื่นๆ

2.3 วิธีการสร้างไฟล์ข้อมูลอากาศจากภาวะอากาศเปลี่ยนแปลง

2.3.1 การสร้างไฟล์ข้อมูลอากาศของโครงการ Prometheus

มีการศึกษาของศูนย์พลังงานและสิ่งแวดล้อม(Centre for Energy and the Environment) แห่งมหาวิทยาลัยเอ็กซีเตอร์ ประเทศอังกฤษ ชื่อว่าโครงการ Prometheus เป็นการสร้างข้อมูลอากาศรายชั่วโมงของประเทศอังกฤษในปี 2020 2050 และ 2080 โดยใช้ข้อมูลการคาดคะเนอุณหภูมิที่คาดว่าจะเปลี่ยนแปลงไปโดยการใช้ข้อมูลน้ำฝนเป็นหลัก ซึ่งสามารถทำให้คนทั่วไปนำข้อมูลอากาศ

ของประเทศอังกฤษในอนาคตนี้ไปใช้ในการออกแบบได้ โดยมีอาคารหลายอาคารที่ได้ใช้ประโยชน์จากโครงการนี้แล้ว เช่น โรงเรียน สยามกีฬา สถานีรถไฟ เป็นต้น (University of Exeter, 2011)

2.3.2 การสร้างไฟล์อากาศโดยวิธี Morphing

Belcher, Hacker, and Powell (2005) ได้คิดค้นและพัฒนาวิธีการสร้างไฟล์ข้อมูลอากาศ โดยทำการแปรรูปข้อมูลอากาศเดิมให้เป็นข้อมูลอากาศใหม่โดยใช้วิธีที่เรียกว่า “morphing” ซึ่งเป็นวิธีการสร้างไฟล์ข้อมูลอากาศตามภาวะอากาศเปลี่ยนแปลงสำหรับใช้ในการจำลองอาคาร โดยการรวมข้อมูลอากาศปัจจุบันของพื้นที่ที่ต้องการเข้ากับข้อมูลการคาดการณ์เปลี่ยนแปลงของอากาศในอนาคต

การจัดทำไฟล์อากาศอนาคตนี้ หากใช้ไฟล์อากาศปัจจุบันที่สร้างขึ้นในช่วงเวลาเดียวกับข้อมูลการคาดการณ์การเปลี่ยนแปลงอากาศในอนาคต จะทำให้มีความแม่นยำมากขึ้น โดยการคำนวณนั้น จะคิดแยกแต่ละเดือน และแยกกันไปแต่ละตัวแปรของข้อมูล (เช่น อุณหภูมิกระเปาะแห้ง รังสีอาทิตย์ ระดับเมฆ ความเร็วลม เป็นต้น) โดยค่าเฉลี่ยรายเดือนของข้อมูลตัวแปรของไฟล์อากาศปัจจุบันในแต่ละเดือน แสดงเป็นสมการได้ดังสมการที่ 1

$$(X_0)_m = 1 / (24 \times d_m \times N) \sum_{N \text{ years}} \sum_{\text{month } m} X_0 \quad (1)$$

X_0 คือ ข้อมูลตัวแปรในไฟล์อากาศปัจจุบัน

m คือ เดือน

N คือ จำนวนปีที่ใช้ในไฟล์อากาศ

d_m คือ จำนวนวันในเดือน m

24 คือ จำนวนชั่วโมงที่ใช้คำนวณในแต่ละวัน

ค่าเฉลี่ยของตัวแปรในไฟล์อากาศปัจจุบันนี้จะใช้ในกระบวนการ morph ต่อไป โดยมีขั้นตอนหลัก 3 ขั้นตอน คือ

1. Shift คือการปรับค่าข้อมูลในไฟล์อากาศปัจจุบันโดยการบวกค่าเปลี่ยนแปลงแบบสัมบูรณ์ (absolute change) ของค่าเฉลี่ยรายเดือนในแต่ละตัวแปรของข้อมูล ซึ่งค่าการแปรผันรายเดือนของข้อมูลยังไม่เปลี่ยนแปลง โดยคำนวณได้ตามสมการที่ 2

$$x = x_0 + \Delta x_m \quad (2)$$

2. Linear Stretch คือการบวกผลต่างที่เป็นเศษ (fractional change) เข้าไปในค่าเฉลี่ยรายเดือนของข้อมูล ดังสมการที่ 3 เป็นวิธีทำให้ค่าการแปรผันรายเดือนของข้อมูลเปลี่ยนแปลง

$$X = \alpha_m X_0 \quad (3)$$

3. Shift and Stretch รวม 2 สมการเข้าด้วยกัน ดังสมการที่ 4

$$\begin{aligned} X &= X_0 + \Delta X_m + \alpha_m \times (X_0 - (X_0)_m) \\ &= (X_0)_m + \Delta X_m + (1 + \alpha_m) (X_0 - (X_0)_m) \end{aligned} \quad (4)$$

X คือ ข้อมูลตัวแปรในไฟล์อากาศใหม่

ΔX_m คือ ผลต่างจำนวนเต็มของค่าเฉลี่ยรายเดือน m ในแต่ละตัวแปรของข้อมูล

α_m คือ ผลต่างที่เป็นเศษของค่าเฉลี่ยรายเดือน m ในแต่ละตัวแปรของข้อมูล

โดยที่วิธีการ Shift จะถูกใช้เมื่อการคาดคะเนอากาศเปลี่ยนแปลงแบบสัมบูรณ์ และวิธี Stretch จะใช้เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงที่คิดเป็นเปอร์เซ็นต์ หรือเป็นเศษ หรือเปลี่ยนจากมีเป็นไม่มี เช่น กรณีของพลังงานรังสีอาทิตย์ ที่ในตอนกลางคืนจะกลายเป็น 0 เป็นต้น

เมื่อสร้างเสร็จจะได้ไฟล์ข้อมูลอากาศใหม่ 3 ช่วงเวลา คือ ข้อมูลอากาศของปี 2020 2050 และ 2080 ที่สามารถนำไปใช้ทำการจำลองการใช้พลังงานด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ต่อไปได้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

มีงานวิจัยที่ได้นำเอาวิธี morphing มาใช้ เช่น งานวิจัยของ Chan (2011) ที่สร้างข้อมูลอากาศของฮ่องกงด้วยวิธี morphing โดยการใช้ข้อมูลอากาศตั้งต้นเป็นข้อมูลอากาศ TMY ที่เป็นข้อมูลของปี 1979-2003 และใช้ข้อมูลการคาดการณ์การเปลี่ยนแปลงของอากาศโดยใช้ 2 กรณี คือ กรณีที่มีการเติบโตของประชากรและเศรษฐกิจอย่างรวดเร็ว และกรณีที่มีการเติบโตของประชากรรวดเร็วเช่นกันแต่มีการปรับตัวทางเศรษฐกิจ

นอกจากนี้ Sustainable Energy Research Group (2013) แห่งมหาวิทยาลัยเซาแธมป์ตัน ได้นำวิธี morphing มาประยุกต์ใช้ในการสร้างโปรแกรมสำหรับสร้างไฟล์อากาศของ 3 ปีในอนาคต นั่นคือ ปี 2020 2050 และ 2080 ชื่อโปรแกรมว่า Climate Change World Weather File Generator หรือ CCWorldWeatherGen เป็นโปรแกรมที่สร้างจาก Microsoft Excel และเป็น freeware ที่อนุญาตให้ผู้ใช้ได้สร้างไฟล์อากาศที่เกิดจากภาวะอากาศเปลี่ยนแปลงในรูปแบบของไฟล์

EPW และ TMY2 ได้ โดยใช้ไฟล์ข้อมูลอากาศปัจจุบัน ซึ่งเป็นไฟล์ IWEA ร่วมกับข้อมูลการคาดคะเนอากาศในอนาคตโดยใช้ไฟล์ HadCM3 ซึ่งเป็นการคาดคะเนโดยใช้สถานการณ์ที่ประชากรเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง การปรับตัวทางเศรษฐกิจเพิ่งเริ่มต้น ยังไม่มีมาตรการลดภาวะโลกร้อนที่จริงจัง ทำให้ได้ข้อมูลอากาศในปี 2020 2050 และปี 2080 ในรูปแบบไฟล์ EPW และ TMY2 ซึ่งเป็นไฟล์ข้อมูลอากาศรายชั่วโมง ที่สามารถนำมาใช้ในการจำลองประสิทธิภาพอาคารได้

จากการศึกษาของ Jentsch, Chang, James, Bahaj, and Yau (2009) ซึ่งศึกษาเรื่องการสร้างไฟล์ข้อมูลอากาศที่ปรับปรุงจากข้อมูลภาวะอากาศเปลี่ยนแปลงของข้อมูลอากาศในภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ และได้นำเอาวิธี morphing และใช้โปรแกรม CCWorldWeatherGen ในการสร้างข้อมูลอากาศของกรุงเทพมหานคร และวิเคราะห์เปรียบเทียบกับข้อมูลอากาศแบบ long-term ที่รวบรวมโดยองค์การอาหารและการเกษตรแห่งสหประชาชาติ (Food and Agriculture Organization of the United Nations; FAO) และข้อมูลการคาดการณ์ของ IPCC โดยผลที่ได้ คือ ไฟล์อากาศที่สร้างขึ้นโดยใช้วิธี morphing ด้วยโปรแกรม CCWorldWeatherGen นั้นมีความถูกต้องและข้อมูลไปในแนวทางเดียวกัน

2.4 การใช้พลังงานของอาคาร

การออกแบบอาคารให้ประหยัดพลังงานนั้น ต้องศึกษาเรื่องปัจจัยที่มีผลต่อการใช้พลังงานของอาคาร ซึ่งมีปัจจัยหลายอย่าง สามารถแบ่งออกได้เป็น 4 กลุ่ม (สมสิทธิ์ นิตยะ, 2541) คือ

1. ที่ตั้ง และสภาพแวดล้อมทางธรรมชาติ ในการออกแบบต้องทำการวิเคราะห์ที่ตั้งและสภาพแวดล้อมของอาคารก่อน โดยเฉพาะสภาพภูมิอากาศซึ่งเป็นสิ่งสำคัญที่มีผลต่อการใช้พลังงานของอาคาร การใช้ข้อมูลอากาศที่ถูกต้องนั้น ย่อมทำให้สามารถวิเคราะห์การใช้พลังงานของอาคารได้อย่างถูกต้องเช่นกัน

2. ตัวอาคาร ประกอบไปด้วยการจัดพื้นที่ใช้สอยภายในอาคาร และการออกแบบกรอบอาคาร ได้แก่ ทิศทางในการวางอาคาร การออกแบบรูปทรงอาคาร สัดส่วนพื้นที่ช่องเปิดต่อพื้นที่ผนัง การเลือกใช้กระจกที่มีประสิทธิภาพในการป้องกันความร้อน การเลือกใช้วัสดุเปลือกอาคารที่มีค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนน้อย เป็นต้น

ทิศทางอาคาร ควรหันด้านแคบของอาคารไปทางทิศตะวันออก-ตะวันตก หรือให้ด้านแคบของอาคารหันไปทางที่รับแสงอาทิตย์ตอนบ่าย ซึ่งก็คือทิศตะวันตก หรือตะวันตกเฉียงใต้

ในเรื่องรูปทรงอาคาร จากการศึกษาของการ์ณย์ ศุภมิตรโยธิน (2548) ซึ่งศึกษาถึงอัตราส่วนของพื้นที่ผิวภายนอกต่อพื้นที่ใช้สอยของอาคารที่มีผลต่อการใช้พลังงานอาคาร พบว่าอาคารที่มีอัตราส่วนพื้นที่ผิวอาคารภายนอกต่อพื้นที่ใช้สอยน้อย จะมีประสิทธิภาพในการประหยัดพลังงานได้ดี

ในเรื่องสัดส่วนพื้นที่ช่องเปิดต่อพื้นที่ผนัง (Window to Wall Ratio; WWR) จากการศึกษาของวิรดา ตีราชฎวิเศษ และ ชูพงษ์ ทองคำสมุทร (2556) ที่ศึกษาเรื่องอิทธิพลของช่องเปิดและวัสดุอาคารต่อภาระการทำความเย็นของระบบปรับอากาศ พบว่า ในประเทศไทย อาคารที่มี WWR มาก จะมีการใช้พลังงานในการทำความเย็นมาก

วัสดุเปลือกอาคารเป็นอีกสิ่งหนึ่งที่มีผลต่อการใช้พลังงานของอาคาร ภาระการทำความเย็นของอาคารส่วนใหญ่มาจากปริมาณความร้อนที่ผ่านวัสดุเปลือกอาคารเข้ามาภายในอาคาร สำหรับประเทศไทย ควรเลือกวัสดุเปลือกอาคารที่ช่วยลดการถ่ายเทความร้อนเข้าสู่อาคารได้ โดยค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน (U-value) ของวัสดุควรมีค่าต่ำ (การ์ณย์ ศุภมิตรโยธิน, 2548) การลดปริมาณความร้อนที่ผ่านเปลือกอาคารจึงเป็นปัจจัยหลักที่จะช่วยทำให้สามารถลดการใช้พลังงานลงได้ ซึ่งวัสดุเปลือกอาคารโดยทั่วไปแบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ วัสดุทึบแสง (opaque) และวัสดุโปร่งแสง (transparent)

กระจกเป็นวัสดุเปลือกอาคารที่ส่งถ่ายความร้อนผ่านเข้ามาภายในอาคารได้มาก จึงควรเลือกใช้กระจกที่มีคุณสมบัติในการช่วยลดความร้อน แต่ยังคงให้แสงธรรมชาติผ่านเข้ามา ซึ่งคุณสมบัติของกระจกมีหลายค่า ควรใช้กระจกที่มีค่าสัมประสิทธิ์การบังแดด (shading coefficient; SC) ต่ำ เพื่อลดปริมาณรังสีอาทิตย์ (คลื่นสั้น) ที่ผ่านกระจกเข้าสู่ภายในอาคาร และเปลี่ยนเป็นความร้อน (คลื่นยาว) และใช้กระจกที่มีค่าการส่องผ่านของแสง (light transmittance; LT) ในช่วงคลื่นที่จำเป็นต่อการมองเห็น (visible light) สูงมากพอที่จะนำแสงธรรมชาติมาใช้ประโยชน์ในอาคารได้ โดยที่ค่า LT ไม่ควรน้อยกว่า 20% ควรใช้กระจกที่มีค่าสัมประสิทธิ์การส่งผ่านความร้อนจากรังสีอาทิตย์ (Solar Heat Gain Coefficient; SHGC) ต่ำ เพื่อป้องกันรังสีอาทิตย์ และใช้กระจกที่มีค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวม (U-value) ต่ำ เพื่อลดปริมาณความร้อนที่เกิดจากการนำจากภายนอกเข้าสู่ภายในอาคาร (วสท., 2558) จากการศึกษาของ Blázquez (2015) เรื่องผลกระทบของส่วนประกอบอาคารต่อประสิทธิภาพพลังงานในอาคารสำนักงาน พบว่าปัจจัยค่าสัมประสิทธิ์การส่งผ่านความร้อนจากรังสีอาทิตย์ และค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวม ของกระจกเป็นปัจจัยที่มีผลสูงสุดตามลำดับ

แผงบังแดดก็เป็นสิ่งที่สามารถช่วยลดการใช้พลังงานในอาคารได้ โดยแผงบังแดดจะทำให้เกิดเงาบนหน้าต่าง ซึ่งถ้าหากมีสวนของเงาบนหน้าต่างมากก็จะทำให้พลังงานรวมจากรังสีอาทิตย์ส่องเข้ามาได้น้อยลง (นุภาพ แยมไทรพัฒน์, 2549) จากงานวิจัยของรรฐา จิตตวิสุทธิกุล และ จตุวัฒน์ วโรดมพันธ์ (2014) พบว่า การติดตั้งแผงบังแดดที่มีระยะยื่นมาก ทำช่วยให้อาคารใช้พลังงานน้อยกว่าอาคารที่ติดตั้งแผงบังแดดที่มีระยะยื่นน้อย

นอกจากนี้ต้องมีการคำนวณค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของกรอบอาคารเพื่อประเมินปริมาณความร้อนที่จะเข้าสู่อาคาร และสำหรับประเทศไทยได้มีการควบคุมให้อาคารต้องมีค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของกรอบอาคารตามที่กฎกระทรวง กำหนดประเภท หรือขนาดของอาคาร และมาตรฐาน หลักเกณฑ์ และวิธีการในการออกแบบอาคารเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ.2552 ได้กำหนดไว้ โดยแยกตามประเภทอาคาร ดังนี้

ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนังด้านนอกของอาคาร (OTTV)

- สถานศึกษา สำนักงาน ไม่เกิน 50 W/m²
- โรงมหรสพ ศูนย์การค้า สถานบริการ ห้างสรรพสินค้า อาคารชุมนุมคน ไม่เกิน 40 W/m²
- โรงแรม สถานพยาบาล อาคารชุด ไม่เกิน 30 W/m²

ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของหลังคาอาคาร(RTTV)

- สถานศึกษา สำนักงาน ไม่เกิน 15 W/m²
- โรงมหรสพ ศูนย์การค้า สถานบริการ ห้างสรรพสินค้า อาคารชุมนุมคน ไม่เกิน 12 W/m²
- โรงแรม สถานพยาบาล อาคารชุด ไม่เกิน 10 W/m²

3. งานระบบอาคาร ในปัจจุบัน ไม่ว่าจะเป็อาคารขนาดเล็กหรืออาคารขนาดใหญ่ก็มักมีการใช้ระบบปรับอากาศเพื่อสร้างสภาวะน่าสบาย โดยระบบปรับอากาศนั้น มีการใช้พลังงานสูง ซึ่งโดยทั่วไปการใช้พลังงานของระบบปรับอากาศจะคิดเป็นร้อยละ 60 ของการใช้พลังงานรวมของอาคาร (พิพัฒน์ ชัยวิวัฒน์วรกุล และพัฒนา รักษามสุข, 2556)

4. ผู้ใช้อาคารและการบริหารจัดการอาคาร โดยกิจกรรมของผู้ใช้อาคารและลักษณะการใช้งานอาคารก็มีผลต่อการใช้พลังงานของอาคาร รวมทั้งการบริหารจัดการอาคาร เช่น การปิดไฟเมื่อไม่มีการหลีกเลี่ยงการใช้ไฟฟ้าในช่วงที่มีความต้องการใช้ไฟฟ้าสูง เป็นต้น

เนื่องจากการลงทุนทำอาคารประหยัดพลังงาน มักต้องใช้ต้นทุนค่าก่อสร้างที่เพิ่มมากขึ้น โดยอาจมีการลงทุนค่าก่อสร้างด้านอาคารที่เป็นอาคารเขียวเพิ่มขึ้นจากปกติประมาณร้อยละ 5-10 ของค่าก่อสร้างปกติขึ้นอยู่กับการออกแบบและการวางแผน (พรรณวดี มงคลเจริญ, 2556)

นอกจากนี้ยังมีผู้เสนอแนวทางการออกแบบอาคารประหยัดพลังงาน จากงานวิจัยของสุรพงษ์ จิระรัตนานนท์ (2553) ได้ทำการวิจัยเรื่อง Zero Energy Building in the Context of Thailand โดยได้เสนอแนวทางการออกแบบอาคารประหยัดพลังงาน ไปจนถึงอาคารที่ใช้พลังงานเป็นศูนย์ (Zero energy building) โดยได้ทำการจำลองการใช้พลังงานของอาคารที่มีการออกแบบตามทางเลือกที่แตกต่างกัน โดยแบ่งเป็นระดับของประสิทธิภาพด้านพลังงานของอาคาร ดังนี้

อาคารอ้างอิง (Reference; REF) เป็นอาคารที่มีประสิทธิภาพด้านพลังงานเฉลี่ยของอาคารทั่วไปในปัจจุบันจากการรวบรวมข้อมูลของกรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน

อาคารที่ออกแบบตามที่กำหนดในมาตรฐานการออกแบบเพื่อการอนุรักษ์พลังงานอาคาร (Building Energy Code; BEC)

อาคารประหยัดพลังงานระดับสูง (Higher Energy Performance Standard; HEPS) ซึ่งเป็นเป้าหมายสูงซึ่งจะแนะนำให้ผู้ออกแบบอาคารได้นำไปใช้

อาคารที่คุ้มค่าในทางเศรษฐกิจ (Economic; ECON) เป็นระดับของประสิทธิภาพด้านพลังงานที่สามารถปฏิบัติได้จริงโดยใช้เทคโนโลยีสมัยใหม่และการก่อสร้างที่ทำได้จริง แต่ประสิทธิภาพในแต่ละระบบอาคารจะดีขึ้นกว่าระดับ HEPS

อาคารที่ใช้พลังงานเป็นศูนย์ (Zero Energy Building; ZEB) เป็นทางเลือกที่ใช้เทคโนโลยีการประหยัดพลังงานแบบใหม่ที่กำลังจะมีในอนาคต แต่ละระบบมีประสิทธิภาพที่ดีขึ้นกว่า ECON และมีการสร้างพลังงานจากแสงอาทิตย์มาใช้ในอาคารได้เกือบทั้งหมด

ลักษณะอาคารแต่ละทางเลือกและประสิทธิภาพการใช้พลังงาน เป็นไปดังรูปที่ 8

Table 3 Performance of building systems and other parameter values of each scenario.

System or Equipment	Reference	BEC	HEPS	ECON	ZEB
Building Envelope					
OTTV	61.4	50	30	20	15
RTTV	29.1	15	15	12	10
LCC of wall (B.m ⁻² wall.Y ⁻¹)	288	274	252	230	?
Air-conditioning					
System COP (kW.RFT ⁻¹)	2.21 (1.59)	3.13 (1.12)	3.64 (0.97)	4.42 (0.8)	6.30 (0.56)
LCC (B.m ⁻² floor.Y ⁻¹)	321	304	291	296	?
Lighting					
LPD in air-conditioned area (Wm ⁻²)	20	14	9	6	1
LCC (B.m ⁻² floor.Y ⁻¹)	160	140	80	58	?
LPD in un-conditioned space (Wm ⁻²)	10	8	6	4	1
Equipment					
EQD in air-conditioned area (Wm ⁻²)	45	45	45	25	20
EQD in un-conditioned space (Wm ⁻²)	10	10	10	5	4
Occupancy					
Load from occupant (Wm ⁻²)	10	10	10	10	10
Ventilation (l.m ⁻² .s ⁻¹)	0.75	0.75	0.75	0.5	0.5
Night and off hours security					
Light (Wm ⁻²)	2	2	2	1	1
Equipment (Wm ⁻²)	1	1	1	0.8	0.8
Number of normal office hours	2340	2340	2340	2340	2340
Number of outside hours	6425	6425	6425	6425	6425
Building energy consumption (kWh.m ⁻² .Y ⁻¹)	219	175	141	82	55
LCC of 3 systems	769	718	623	584	?
Annual electricity from roof top pv	-	-	-	-	28
Net consumption (kWh.m ⁻² .Y ⁻¹)	219	175	141	82	27

รูปที่ 8 ลักษณะของระบบอาคารและประสิทธิภาพด้านพลังงานในแต่ละทางเลือก

(ที่มา : สุรพงษ์ จิระรัตนานนท์ (2553): 9)

การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้พลังงานอาคาร

สามารถคำนวณค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเทียบเท่าจากการใช้พลังงานอาคารได้ เป็นการประเมินว่าอาคารที่มีการใช้งานนี้มี การปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ออกสู่ชั้นบรรยากาศมากเท่าไร โดยใช้ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจก (Emission Factor) จากการใช้ไฟฟ้าจากแหล่งภายนอก คือ 0.5610 kgCO₂e ต่อการใช้ไฟฟ้า 1 kWh (องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน), 2555)

สรุปจากการทบทวนวรรณกรรม

จากการทบทวนวรรณกรรมทำให้ได้ข้อมูลภาวะอากาศเปลี่ยนแปลงเป็นข้อมูลในการวิเคราะห์ข้อมูลอากาศ และได้วิธีสร้างไฟล์ข้อมูลอากาศที่สอดคล้องกับภาวะอากาศเปลี่ยนแปลงในอนาคตด้วยโปรแกรม CCWorldWeatherGen และได้แนวทางในการออกแบบอาคารให้เป็นอาคารประหยัดพลังงาน

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

งานวิจัยผลกระทบจากภาวะอากาศเปลี่ยนแปลงต่อการใช้พลังงานอาคารในเขตร้อนชื้นนี้ได้ทำการวิจัยโดยการสร้างไฟล์ข้อมูลอากาศของกรุงเทพมหานครในอนาคตที่มีผลมาจากภาวะอากาศเปลี่ยนแปลงขึ้นมา 3 ไฟล์ คือ ข้อมูลอากาศปี 2020 ปี 2050 และปี 2080 และเปรียบเทียบข้อมูลอากาศกับไฟล์ข้อมูลอากาศที่ใช้ปัจจุบัน จากนั้นนำไฟล์ข้อมูลอากาศทั้ง 4 ไฟล์มาใช้ในการจำลองการใช้พลังงานอาคาร และศึกษาและวิเคราะห์ผลกระทบ โดยมีรายละเอียดดังนี้

3.1 สร้างไฟล์ข้อมูลอากาศ

สร้างไฟล์ข้อมูลอากาศในอนาคตที่เป็นผลมาจากภาวะอากาศเปลี่ยนแปลง โดยจะสร้างข้อมูลอากาศในปี 2020 2050 และ 2080 โดยใช้ข้อมูลอากาศในปัจจุบันร่วมกับข้อมูลการคาดการณ์สภาพการเปลี่ยนแปลงของอากาศในอนาคต โดยใช้วิธีการ morph ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

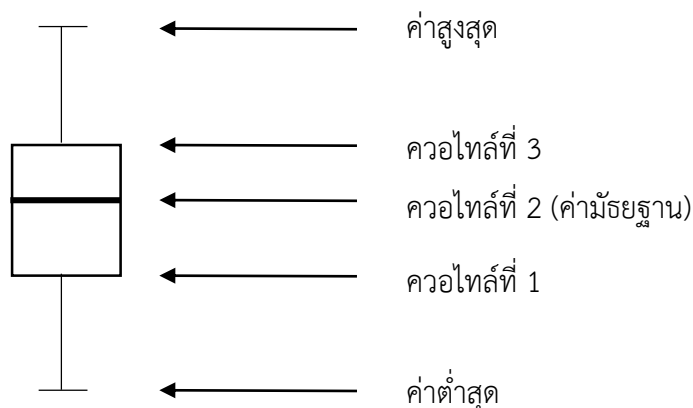
3.1.1 ไฟล์ข้อมูลอากาศปัจจุบัน ใช้ข้อมูลอากาศกรุงเทพมหานคร ในรูปแบบ EPW (EnergyPlus weather file) ซึ่งเป็นไฟล์ข้อมูลอากาศ IWEC (International Weather for Energy Calculations) สำหรับใช้ในการจำลองการใช้พลังงานและประสิทธิภาพอาคาร ที่จัดทำโดย ASHRAE (American Society of Heating, Refrigerating, and Air-conditioning Engineers) เป็นข้อมูลอากาศที่สร้างขึ้นจากข้อมูลปี 1983-1999 ซึ่งสามารถดาวน์โหลดไฟล์ข้อมูลอากาศนี้ได้จากฐานข้อมูลของเว็บไซต์กระทรวงพลังงานสหรัฐอเมริกา (Department of Energy)

3.1.2 ข้อมูลการคาดการณ์สภาพการเปลี่ยนแปลงของอากาศในอนาคต ใช้ข้อมูลที่เรียกว่า General Circulation Model (GCM) ซึ่งข้อมูลที่น่ามาใช้เป็นข้อมูลของ UK Met Office Hadley Centre Coupled Model 3 (HadCM3) ซึ่งครอบคลุมพื้นที่ละติจูด 2.5 องศา x ลองจิจูด 3.75 องศา โดยจัดทำขึ้นสำหรับรายงานฉบับที่ 3 ของ IPCC เป็นข้อมูลที่จำลองโดยใช้สถานการณ์ A2 คือ สถานการณ์ที่ประชากรเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง การปรับตัวทางเศรษฐกิจเพิ่งเริ่มต้น ยังไม่มีมาตรการลดภาวะโลกร้อนที่จริงจัง ซึ่งข้อมูล HadCM3 นั้นเป็นข้อมูลจากช่วงเวลา 1961-1999 และนำมาปรับ

เป็นข้อมูลเฉลี่ยรายเดือนของ 3 ช่วงเวลา คือ ปี 2020 2050 และ 2080 สามารถดาวน์โหลดไฟล์ข้อมูล HadCM3 ได้จากเว็บไซต์ฐานข้อมูลของ IPCC

3.1.3 วิธีการแปรรูปข้อมูลอากาศ ใช้วิธีที่เรียกว่า “morphing” ซึ่งเป็นวิธีการสร้างข้อมูลอากาศตามภาวะอากาศเปลี่ยนแปลงสำหรับใช้ในการจำลองอาคาร (Belcher et al., 2005) โดยการรวมข้อมูลอากาศปัจจุบันของพื้นที่ที่ต้องการ เข้ากับข้อมูลการคาดการณ์สภาพการเปลี่ยนแปลงของอากาศในอนาคต และเปลี่ยนให้กลายเป็นข้อมูลเฉลี่ยรายชั่วโมงสำหรับนำไปใช้ในการจำลองประสิทธิภาพของอาคาร

3.1.4 โปรแกรมที่ใช้ในการสร้างไฟล์อากาศ ใช้โปรแกรม CCWorldWeatherGen ที่ถูกสร้างขึ้นโดย Sustainable Energy Research Group (SERG) มหาวิทยาลัย Southampton ซึ่งเป็นโปรแกรม freeware ที่อนุญาตให้ผู้ใช้ได้สร้างไฟล์อากาศที่เกิดจากภาวะอากาศเปลี่ยนแปลงในรูปแบบของไฟล์ EPW และ TMY2 ได้ โดยนำเอาวิธี morphing มาใช้ในการสร้างไฟล์ข้อมูลอากาศ โดยใช้ไฟล์ข้อมูลอากาศตั้งต้น คือ ไฟล์ข้อมูลอากาศ IWEC ปัจจุบัน ร่วมกับไฟล์ HadCM3 ทำให้ได้ข้อมูลอากาศในปี 2020 2050 และปี 2080 ในรูปแบบไฟล์ EPW และ TMY2 ซึ่งเป็นไฟล์ข้อมูลอากาศรายชั่วโมง ที่สามารถนำมาใช้ในการจำลองประสิทธิภาพอาคารได้ โดยตัวโปรแกรมมีหน้าตาดังแสดงในรูปที่ 9



รูปที่ 10 วิธีการอ่านค่าของแผนภาพกล่อง box-plot

นอกจากนี้จะทำแผนภูมิไซโครเมตริก (Psychrometric Chart) โดยจะสร้างจากโปรแกรม Werahter Tool เพื่อทำการวิเคราะห์ค่าสถานะนำสบายของอากาศในแต่ละปี

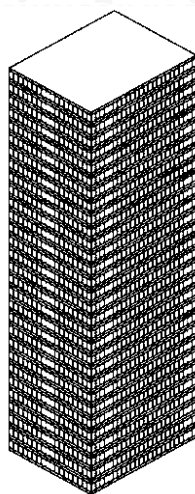
3.3 กำหนดอาคารกรณีศึกษา

อาคารกรณีศึกษากำหนดให้เป็นอาคาร 2 ประเภท คือ อาคารสำนักงาน ซึ่งเป็นอาคารที่เน้นการใช้งานในตอนกลางวัน และอาคารพักอาศัย ซึ่งเป็นอาคารที่เน้นการใช้งานในตอนกลางคืน โดยเลือกอาคารกรณีศึกษาที่เป็นอาคารสูง เนื่องจากในปัจจุบัน และอนาคต อาคารสูงจะมีจำนวนเพิ่มมากขึ้น จากกฎกระทรวงผังเมืองรวมกรุงเทพมหานคร พ.ศ.2556 ที่ปรับเขตที่ดินประเภทที่อยู่อาศัยหนาแน่นปานกลาง โดยเฉพาะที่เป็นแนวรถไฟฟ้า ทำให้สร้างอาคารอยู่อาศัยรวมได้ รวมทั้ง FAR bonus ที่จะทำให้อาคารสามารถสร้างได้สูงมากขึ้น

3.3.1 อาคารสำนักงาน ใช้อาคารสำนักงานต้นแบบ base case โดยอ้างอิงจากงานวิจัยของ สวิชญา ดาวประกายมงคล (2552) ซึ่งได้ไปสำรวจความคิดเห็นของกลุ่มตัวอย่างที่เป็นสถาปนิกที่มีประสบการณ์ในการออกแบบอาคารสำนักงานขนาดใหญ่จำนวน 10 คน จาก 22 บริษัท ในประเด็นที่เกี่ยวข้องกับการออกแบบอาคารสำนักงานขนาดใหญ่ทั่วไป (typical large office building) ทำให้ได้ข้อมูลสำหรับเป็นอาคารสำนักงานต้นแบบที่มีรายละเอียดดังนี้

ความกว้าง	28.00 เมตร
ความยาว	36.00 เมตร

ความสูง	120.00 เมตร
ความสูงแต่ละชั้น	4.00 เมตร
จำนวนชั้น	30 ชั้น
พื้นที่ปรับอากาศแต่ละชั้น	1,008 ตร.ม.
พื้นที่ปรับอากาศทั้งหมด	30,204 ตร.ม.
ผนัง	ผนังอลูมิเนียมสำเร็จรูป หนา 4 มม. ช่องว่างอากาศ ภายในผนัง หนา 100 มม. ในฉนวนใยแก้วความหนาแน่น 24 กก./ลบ.ม. หนา 2 นิ้ว
ผนังภายใน	ผนังแผ่นยิปซั่ม หนา 12 มม.
กระจก	กระจกลามิเนตสีเขียว หนา 12.76 มม. VT 71% SC 0.60 SHGC 0.522 LSG 1.36 U = 5.52 W/m ² k
WWR (Window-to-Wall Ratio)	60%
LPD (Lighting Power Density)	10.5 W/m ²
EQD (equipment power density)	10.5 W/m ²
COP (Coefficient of performance)	3.14
HVAC system	Variable Air Volume



รูปที่ 11 อาคารสำนักงานต้นแบบ
(ที่มา : สวิชญา ดาวประกายมงคล, 2552)

3.3.2 อาคารพักอาศัย ใช้อาคารพักอาศัยรวมต้นแบบโดยอ้างอิงจากงานวิจัยของอภิญา บุญมา (2555) ซึ่งได้ไปสำรวจอาคารคอนโดมิเนียมในกทม.จำนวน 13 อาคาร และสำรวจข้อมูลผู้พักอาศัย จำนวน 381 คน และข้อมูลจากงานวิจัยของไยชมพู นาคประสิทธิ์ (2557) ทำให้ได้ข้อมูลอาคารพักอาศัยรวมต้นแบบ ดังนี้

ความกว้าง	18.00 เมตร
ความยาว	78.00 เมตร
ความสูง	101.50 เมตร
ความสูงแต่ละชั้น	3.50 เมตร
จำนวนชั้นพักอาศัย	29 ชั้น
ความกว้างของทางเดิน	1.50 เมตร
จำนวนยูนิต	699 ยูนิต
จำนวนยูนิตใน 1 ชั้น	24 ยูนิต
พื้นที่อาคารทั้งหมด	37,587 ตร.ม.
พื้นที่ปรับอากาศทั้งหมด	25,056 ตร.ม.
ผนัง	ผนังคอนกรีตสำเร็จรูป ฉาบปูนเรียบ หนา 10 ซม.
พื้น	พื้นคอนกรีตเสริมเหล็ก หนา 25 ซม.
หลังคา	คอนกรีตเสริมเหล็ก หนา 25 ซม.
กระจก	$U = 6.81 \text{ W/m}^2\text{k}$ SHGC 0.25
WWR	40%
LPD	8.13 W/m^2
EQD	8.96 W/m^2
COP	3.22
HVAC System	Residential System

วิเคราะห์การปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกอันเป็นสาเหตุให้เกิดภาวะอากาศเปลี่ยนแปลงจากค่าการใช้พลังงานอาคารที่จำลองมาได้ ซึ่งเป็นค่าไฟฟ้าที่ใช้ มีหน่วยเป็น kWh โดยการคำนวณหาค่าการปล่อยก๊าซ CO₂ เทียบเท่าจากการใช้ไฟฟ้า โดยใช้ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจก (Emission Factor) 0.5610 kgCO₂e/kWh (องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน), 2555)

3.5 เสนอแนวทางในการออกแบบอาคารตามภาวะอากาศที่เปลี่ยนแปลง

3.5.1 เสนอแนวทางการปรับปรุงอาคารตามข้อมูลจากการวิเคราะห์ผลการใช้พลังงาน เช่น การเปลี่ยนแปลงการออกแบบเปลือกอาคารให้มีค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนังด้านนอกของอาคาร (OTTV) น้อยลง เช่น ปรับค่า U-value และ ค่า SHGC ของกระจก ปรับปรุงระบบปรับอากาศให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น และปรับปรุงเครื่องใช้ไฟฟ้าให้ประหยัดไฟมากขึ้น เป็นต้น โดยแนวทางการปรับปรุงค่าต่างๆ นั้นจะอ้างอิงจากงานวิจัยของสุรพงษ์ จิระรัตนานนท์ (2553)

3.5.2 เปรียบเทียบค่าการใช้พลังงานก่อน และหลังการปรับปรุงอาคาร โดยใช้ไฟล์ข้อมูลอากาศปี 2020 2050 และปี 2080 และประเมินการประหยัดพลังงานของอาคารตามนโยบาย COP21 ที่ต้องการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก 20-25% ในปี 2030

3.6 สรุปผลการจำลองและสรุปแนวทางการออกแบบที่เหมาะสมตามภาวะอากาศที่เปลี่ยนแปลง

สรุปผลการใช้พลังงานของอาคารก่อนปรับปรุงเมื่อใช้ข้อมูลอากาศปัจจุบันเปรียบเทียบกับการใช้พลังงานของอาคารที่ปรับปรุงแล้วเมื่อใช้ข้อมูลอากาศในอนาคต เพื่อประเมินประสิทธิภาพของอาคารที่ทำการปรับปรุงแล้วเมื่อใช้งานในสภาวะอากาศเปลี่ยนแปลง

บทที่ 4

ผลการวิจัย

เมื่อทำการสร้างไฟล์ข้อมูลอากาศในอนาคตเมื่อได้รับอิทธิพลจากภาวะอากาศเปลี่ยนแปลงของปี 2020 2050 และ 2080 แล้วนำมาวิเคราะห์เปรียบเทียบกับไฟล์ข้อมูลอากาศปัจจุบัน ซึ่งเป็นข้อมูลของช่วงปี 1990 เพื่อศึกษาสภาพอากาศที่เปลี่ยนแปลงไป และนำไฟล์อากาศไปจำลองการใช้พลังงานอาคารของอาคารสำนักงานและอาคารพักอาศัย และวิเคราะห์ผลการใช้พลังงานอาคารเมื่อใช้ข้อมูลอากาศปัจจุบัน (ปี 1990) เปรียบเทียบกับข้อมูลอากาศที่สร้างขึ้นใหม่ (ปี 2020 2050 และ 2080) และเสนอการปรับปรุงอาคาร และจำลองผลการใช้พลังงานของการปรับปรุงอาคารโดยใช้ข้อมูลอากาศที่สร้างขึ้นใหม่ เพื่อดูผลการประหยัดพลังงานในอนาคต โดยมีผลการวิจัยดังนี้

4.1 วิเคราะห์ไฟล์ข้อมูลอากาศ

เมื่อสร้างไฟล์ข้อมูลอากาศของปี 2020 2050 และ 2080 แล้ว นำมาวิเคราะห์เปรียบเทียบกับข้อมูลอากาศปัจจุบัน ซึ่งเป็นข้อมูลอากาศในช่วงปี 1990 โดยวิเคราะห์ตามแต่ละข้อมูล ได้แก่ อุณหภูมิกระเปาะแห้ง ความชื้นสัมพัทธ์ ค่าการแผ่รังสีอาทิตย์ ความเร็วลม และสภาวะน่าสบาย ได้ดังนี้

4.1.1 อุณหภูมิกระเปาะแห้ง Dry Bulb Temperature

เนื่องจากข้อมูลการคาดการณ์ของอุณหภูมิกระเปาะแห้งนั้นมาในรูปแบบการเปลี่ยนแปลงของค่าเฉลี่ย (TEMP) ค่าอุณหภูมิรายวันสูงสุด (TMAX) และค่าอุณหภูมिरายวันต่ำสุด (TMIN) จึงต้องเปลี่ยนข้อมูลเหล่านี้ให้กลายเป็นค่าเฉลี่ย (mean) โดยใช้วิธี Shift และค่าการแปรผันของข้อมูล (variance) โดยใช้วิธี Stretch โดยใช้ข้อมูลช่วงการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิ TMAX-TMIN ซึ่งมีสมการดังสมการที่ 5 (Belcher et al., 2005)

$$adb_{t_m} = \frac{\Delta TMAX_m - \Delta TMIN_m}{(db_{t_0 \max})_m - (db_{t_0 \min})_m} \quad (5)$$

αdb_{t_m} คือ ค่าการแปรผันข้อมูลของอุณหภูมิกระเปาะแห้งในเดือน m

ค่าอุณหภูมิกระเปาะแห้งรายชั่วโมงใหม่นั้นสามารถสร้างได้ด้วยสมการที่ 6

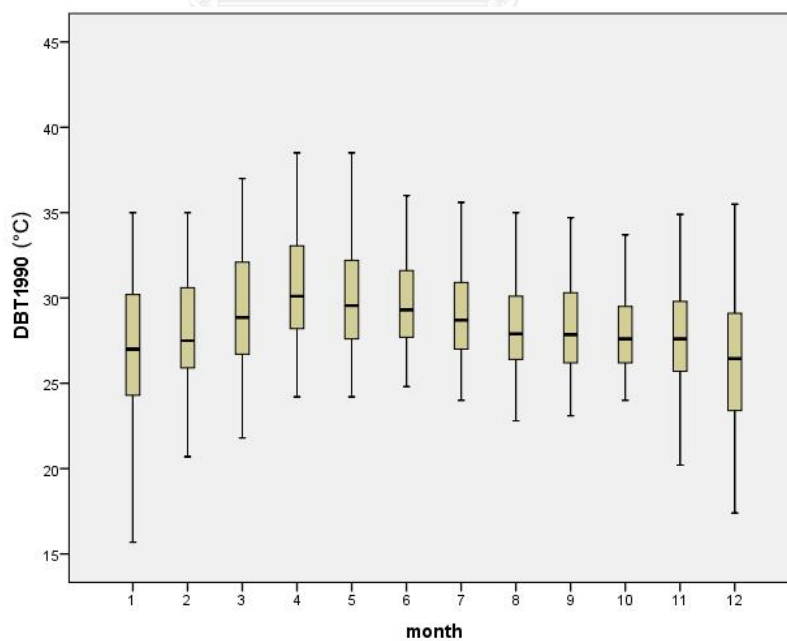
$$dbt = dbt_0 + \Delta TEMP_m + adb_{t_m}(dbt_0 - (dbt_0)_m) \quad (6)$$

เมื่อสร้างข้อมูลอุณหภูมิกระเปาะแห้งขึ้นมาใหม่ในปี 2020 2050 และ 2080 แล้วจะได้ค่าอุณหภูมิดังตารางที่ 1

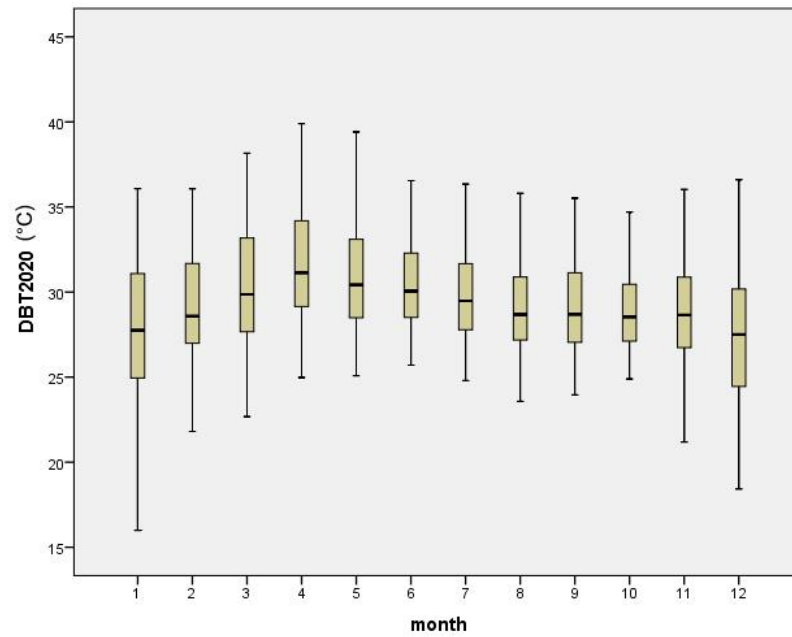
ตารางที่ 1 ข้อมูลอุณหภูมิกระเปาะแห้ง (องศาเซลเซียส)

	ปี 1990	ปี 2020	ปี 2050	ปี 2080
ค่าเฉลี่ย	28.51	29.43	30.59	32.24
ค่าต่ำสุด	15.00	15.26	17.29	19.69
ค่าสูงสุด	38.50	39.90	41.29	41.99

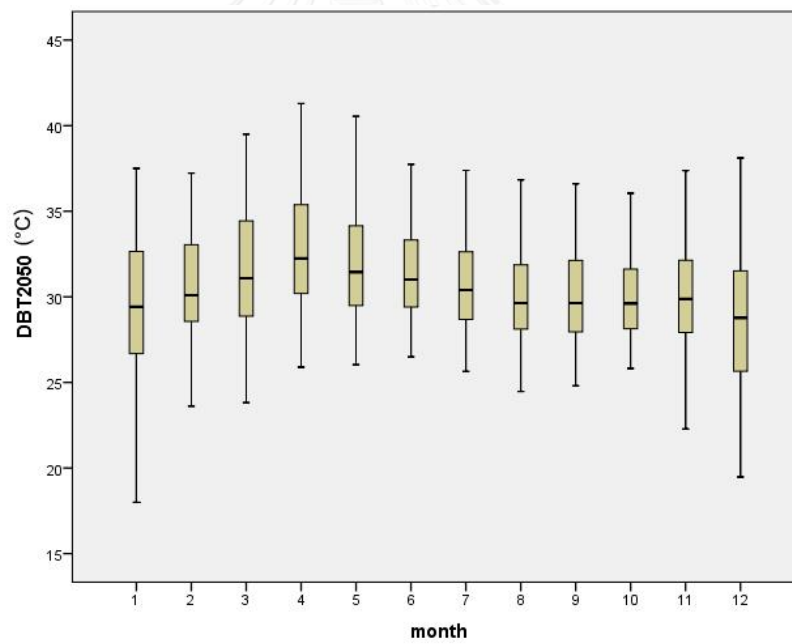
จากตารางที่ 1 จะเห็นได้ว่า อุณหภูมิเฉลี่ยทั้งปีในปี 1990 อยู่ที่ 28.51 องศาเซลเซียส และเพิ่มสูงขึ้นทุกปี โดยในปี 2020 อยู่ที่ 29.43 องศาเซลเซียส ในปี 2050 อยู่ที่ 30.59 องศาเซลเซียส และปี 2080 อยู่ที่ 32.24 องศาเซลเซียส แสดงให้เห็นว่าอุณหภูมิจะเพิ่มขึ้นถึง 4 องศาเซลเซียสในปลายศตวรรษที่ 21 นอกจากนี้อุณหภูมิต่ำสุดและต่ำสุดในแต่ละปีก็เพิ่มมากขึ้นในทุกปีเช่นกัน ทำให้เห็นว่าอุณหภูมิจะขยับขึ้นไปทั้งชุดข้อมูล ดังแสดงในรูปที่ 14-17 ซึ่งเป็นข้อมูลอุณหภูมิตรายเดือนที่จะแสดงโดยแผนภาพกล่อง box-plot โดยที่ขีดล่างคืออุณหภูมิต่ำสุด ขีดบนคืออุณหภูมิสูงสุด และขีดกลางคือค่ามัธยฐาน



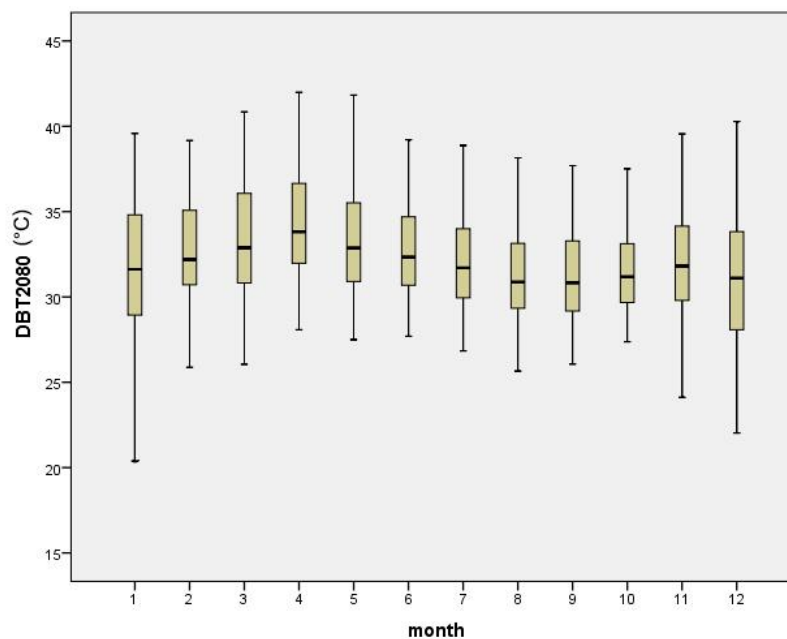
รูปที่ 14 อุณหภูมิกระเปาะแห้งในแต่ละเดือนของข้อมูลอากาศปี 1990



รูปที่ 15 อุณหภูมิกระเปาะแห้งในแต่ละเดือนของข้อมูลอากาศปี 2020



รูปที่ 16 อุณหภูมิกระเปาะแห้งในแต่ละเดือนของข้อมูลอากาศปี 2050



รูปที่ 17 อุณหภูมิกระเปาะแห้งในแต่ละเดือนของข้อมูลอากาศปี 2080

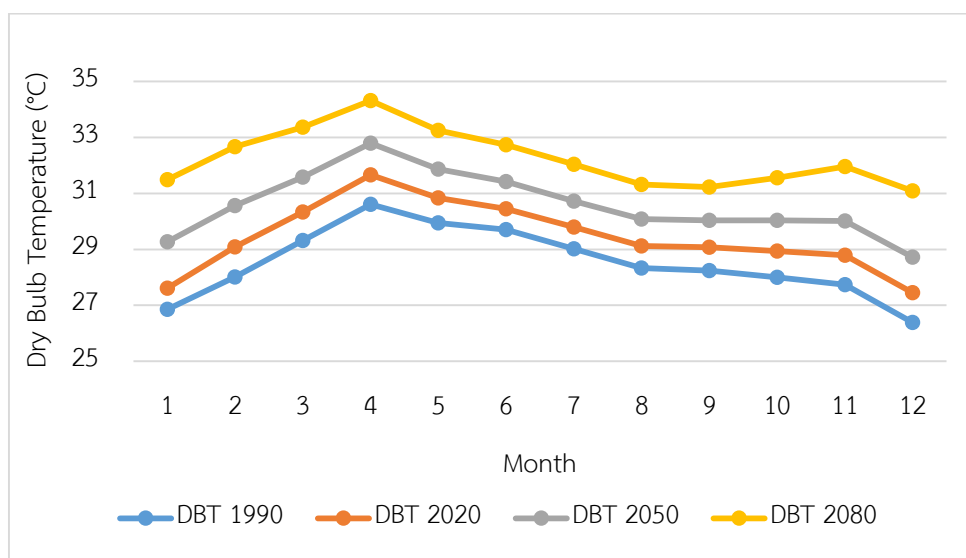
จากรูปที่ 14-17 แสดงให้เห็นค่าการกระจายตัวของข้อมูลอุณหภูมิในแต่ละเดือน เห็นได้ว่าในฤดูหนาวเดือนพฤศจิกายนถึงเดือนมกราคมมีการกระจายตัวของอุณหภูมิมากที่สุด โดยเฉพาะเดือนมกราคม นั่นคือมีช่วงของข้อมูลกว้างและมีความแตกต่างของอุณหภูมิสูงสุดและต่ำสุดมากกว่าเดือนอื่น ๆ โดยเดือนมกราคมมีอุณหภูมิตั้งแต่ประมาณ 15-35 องศาเซลเซียส โดยส่วนใหญ่จะอยู่ที่ประมาณ 24-30 องศาเซลเซียสในปี 1990 เมื่อถึงปี 2080 จะมีอุณหภูมิตั้งแต่ประมาณ 20-40 องศาเซลเซียส และส่วนใหญ่จะอยู่ที่ประมาณ 29-35 องศาเซลเซียส

ในฤดูฝนการกระจายตัวของอุณหภูมินจะน้อยกว่าฤดูอื่น อุณหภูมิจะมีค่าแตกต่างกันไม่มากนัก โดยที่อุณหภูมิต่ำสุดในเดือนมิถุนายนถึงเดือนตุลาคมนั้นสูงกว่าในฤดูหนาว แต่อุณหภูมิสูงสุดนั้นฤดูหนาวจะสูงกว่า เดือนตุลาคมมีการกระจายตัวของอุณหภูมิน้อยที่สุด โดยส่วนใหญ่จะอยู่ที่ประมาณ 26-29 องศาเซลเซียส ในปี 1990 และเมื่อถึงปี 2080 อุณหภูมิส่วนใหญ่จะเป็น 30-33 องศาเซลเซียส

ฤดูร้อน เดือนมีนาคมถึงเดือนพฤษภาคมจะเป็นช่วงที่มีอุณหภูมิสูงสุดของปี โดยเฉพาะเดือนเมษายน ในปี 1990 อุณหภูมิส่วนใหญ่ในเดือนเมษายนจะอยู่ประมาณ 28-33 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิสูงสุดคือประมาณ 39 องศาเซลเซียส และเมื่อถึงปี 2080 อุณหภูมิส่วนใหญ่จะอยู่ประมาณ 28-33 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิสูงสุดคือประมาณ 42 องศาเซลเซียส เดือนที่มี

อุณหภูมิเกิน 40 องศาเซลเซียส ได้แก่ เดือนมีนาคม เดือนเมษายน และเดือนพฤษภาคม แต่นอกจากฤดูร้อนแล้ว ในปี 2080 ยังมีเดือนธันวาคมด้วยที่มีช่วงเวลาที่มียุณหภูมิเกิน 40 องศาเซลเซียส ซึ่งอุณหภูมิที่เกิน 40 องศาเซลเซียสนั้นกรมอุตุนิยมวิทยาจะจัดว่าเป็นอากาศร้อนจัด และมีช่วงเวลาที่อุณหภูมิเกิน 40 องศาเซลเซียสตั้งแต่ปี 2050 ในเดือนเมษายนและเดือนพฤษภาคม

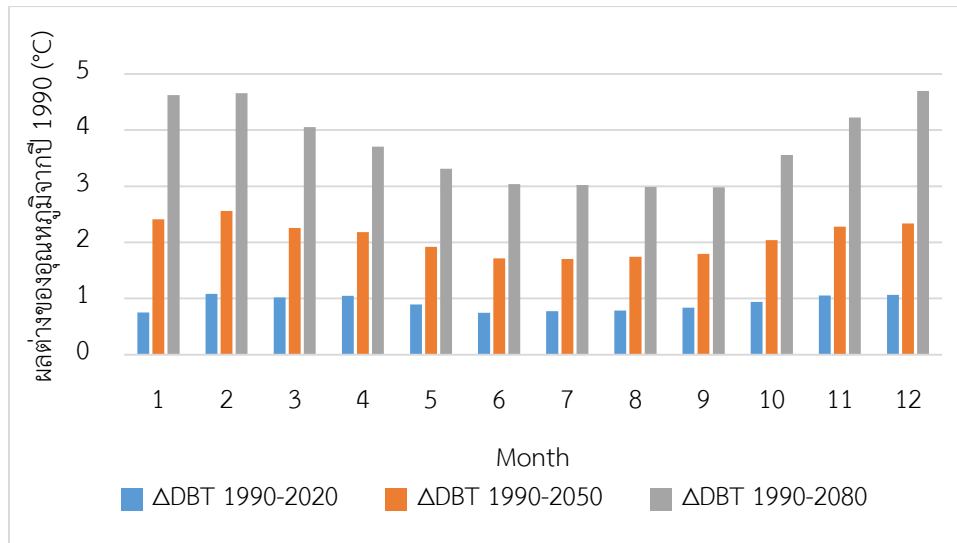
เมื่อพิจารณาอุณหภูมิเฉลี่ยรายเดือนของแต่ละปี จะได้ดังรูปที่ 18



รูปที่ 18 อุณหภูมิกระเปาะแห้งเฉลี่ยรายเดือนของข้อมูลอากาศปัจจุบัน (1990) และข้อมูลอากาศที่สร้างขึ้นใหม่ (2020 2050 2080)

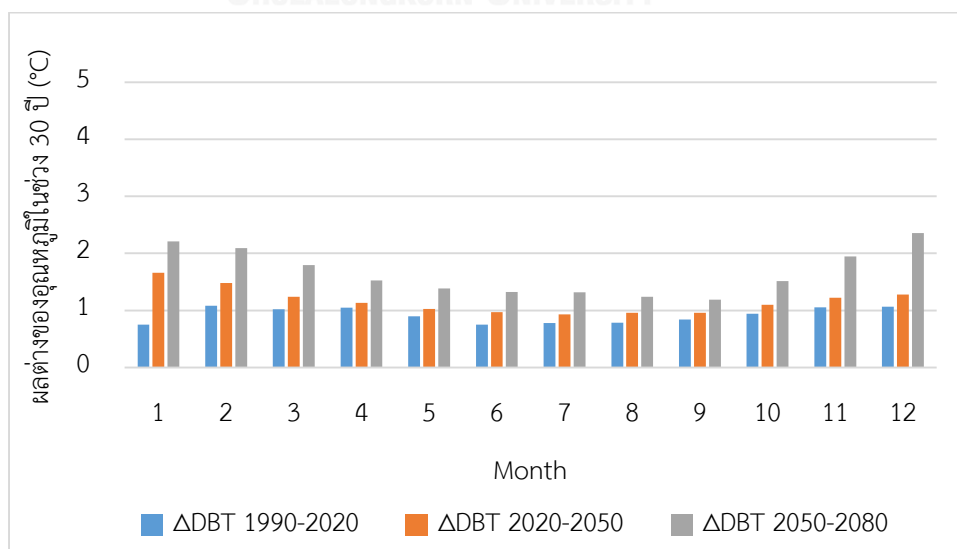
เมื่อพิจารณาค่าอุณหภูมิเฉลี่ย จากรูปที่ 18 จะเห็นได้ว่าอุณหภูมิเฉลี่ยในแต่ละเดือนใน 1 ปี จะมีค่าแตกต่างกันประมาณ 5-6 องศาเซลเซียส เดือนเมษายนเป็นเดือนที่มีอุณหภูมิเฉลี่ยสูงที่สุด และเดือนธันวาคมเป็นเดือนที่มีอุณหภูมิเฉลี่ยต่ำที่สุด นอกจากนี้อุณหภูมิเฉลี่ยจะใกล้เคียงกันในเดือนสิงหาคมถึงเดือนพฤศจิกายนในปี 1990-2050 เมื่อถึงปี 2080 อุณหภูมิเฉลี่ยเดือนพฤศจิกายนจะขยับสูงขึ้นกว่าเดือนอื่น

เมื่อเปรียบเทียบในแต่ละปีจะเห็นว่าอุณหภูมิเฉลี่ยเพิ่มสูงขึ้นทุกปี และสูงขึ้นในทุกเดือน โดยในช่วงฤดูหนาว คือ เดือนพฤศจิกายนถึงเดือนกุมภาพันธ์ อุณหภูมิจะเพิ่มขึ้นมากกว่าเดือนอื่น ๆ โดยจะเพิ่มขึ้นจากปี 1990 ถึงปี 2080 เกือบ 5 องศาเซลเซียส ในขณะที่เดือนอื่น ๆ อุณหภูมิจะเพิ่มขึ้นประมาณ 3-4 องศาเซลเซียส ดังแสดงในรูปที่ 19



รูปที่ 19 ผลต่างของอุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงจากข้อมูลอากาศปี 1990 ในแต่ละเดือน

นอกจากนี้ปริมาณการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิยังเพิ่มอย่างมากขึ้นในแต่ละช่วงเวลา 30 ปี ดังแสดงในรูปที่ 20 นั่นคือ จากปี 1990 ถึงปี 2020 อุณหภูมิขยับเพิ่มขึ้นน้อยกว่าการเพิ่มขึ้นของปี 2020 ถึงปี 2050 และน้อยกว่าการเพิ่มขึ้นของปี 2050 ถึงปี 2080 โดยที่จากปี 1990 ถึงปี 2020 อุณหภูมิจะเพิ่มขึ้นโดยเฉลี่ย 0.9 องศาเซลเซียส จากปี 2020 ถึงปี 2050 อุณหภูมิเพิ่มขึ้นโดยเฉลี่ย 1.2 องศาเซลเซียส และ จากปี 2050 ถึงปี 2080 อุณหภูมิเพิ่มขึ้นโดยเฉลี่ย 1.7 องศาเซลเซียส ซึ่งแสดงให้เห็นว่ายิ่งเวลาผ่านไปการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิจะยิ่งเพิ่มในสัดส่วนที่มากขึ้น ทำให้มีอุณหภูมิสูงได้รวดเร็วมากขึ้น



รูปที่ 20 ผลต่างของอุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงในช่วงเวลา 30 ปี

4.1.2 ความชื้นสัมพัทธ์ Relative Humidity

ข้อมูลการคาดการณ์เรื่องความชื้นสัมพัทธ์นั้นนำมาในรูปแบบของการเปลี่ยนแปลงแบบสมบูร์น สามารถคำนวณความชื้นสัมพัทธ์ใหม่ได้ด้วยสมการที่ 7 (Sustainable Energy Research Group, 2013)

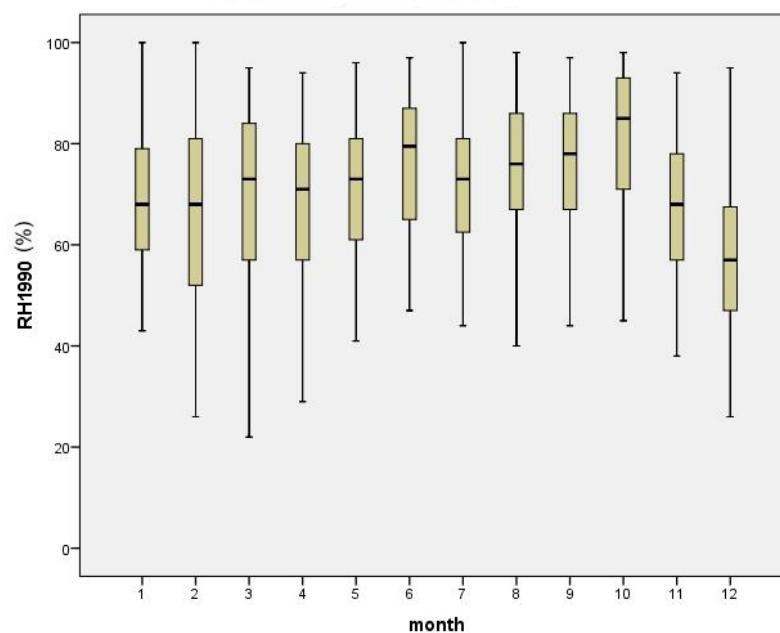
$$\Phi = \Phi_0 + \Delta RHUM_m \quad (7)$$

Φ คือ ค่าความชื้นสัมพัทธ์ในอนาคต (%)

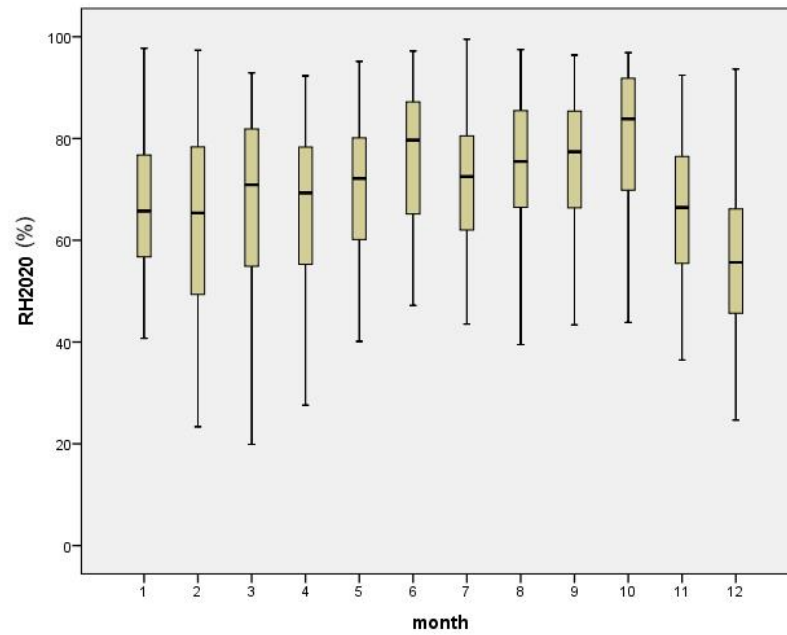
Φ_0 คือ ค่าความชื้นสัมพัทธ์ในไฟล์อากาศปัจจุบัน (%)

$\Delta RHUM_m$ คือ ค่าการคาดการณ์การเปลี่ยนแปลงความชื้นสัมพัทธ์แบบเป็นค่าสมบูร์น (%)

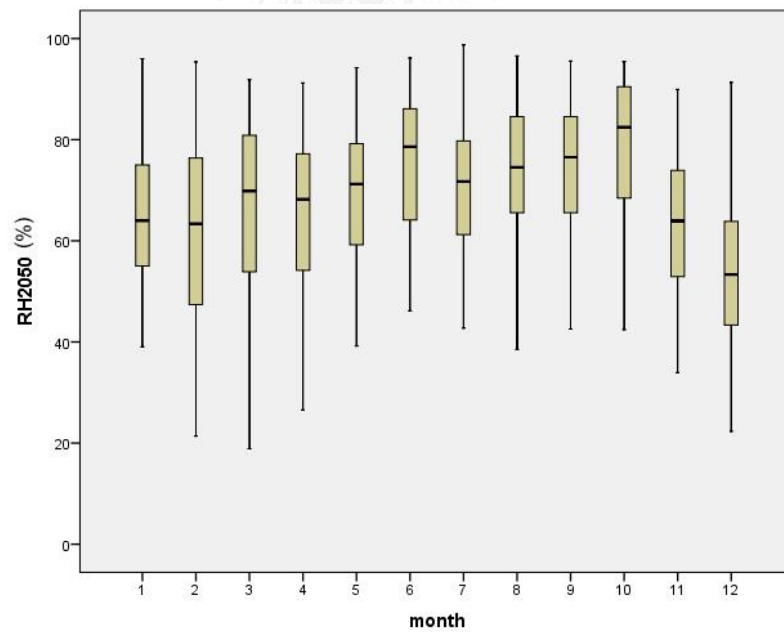
เมื่อสร้างข้อมูลความชื้นสัมพัทธ์ขึ้นมาใหม่ในปี 2020 2050 และ 2080 แล้วจะได้ข้อมูลความชื้นสัมพัทธ์รายเดือนดังรูปที่ 21-24 ซึ่งจะเห็นว่าความชื้นสัมพัทธ์จะอยู่ในช่วงค่อนข้างสูง ซึ่งเป็นลักษณะของประเทศไทยที่ตั้งอยู่ในเขตร้อนใกล้เส้นศูนย์สูตร ทำให้มีอากาศร้อนชื้นเกือบตลอดทั้งปี และจะมีค่าความชื้นสัมพัทธ์แตกต่างกันไม่มากนักในแต่ละเดือน ยกเว้นเดือนธันวาคมที่มีความชื้นสัมพัทธ์น้อยกว่าเดือนอื่น ๆ อย่างชัดเจน



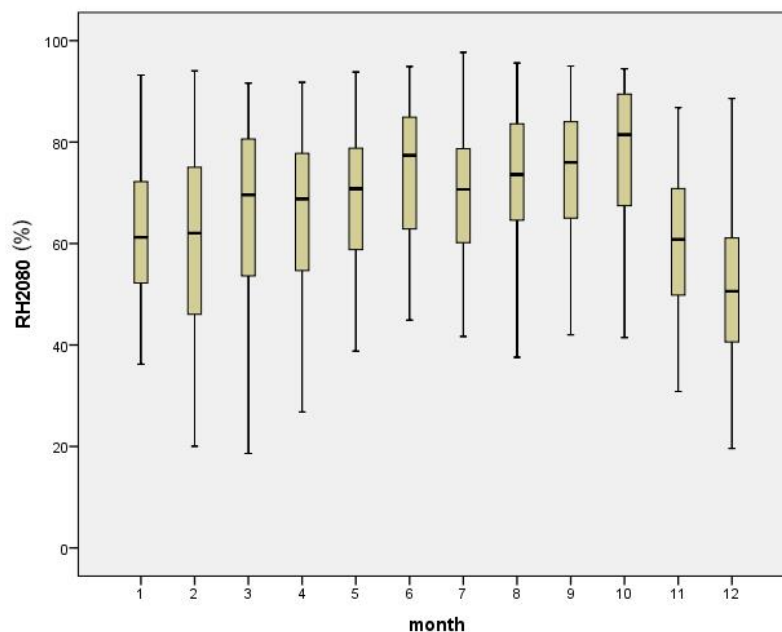
รูปที่ 21 ค่าความชื้นสัมพัทธ์ในแต่ละเดือนของข้อมูลอากาศปี 1990



รูปที่ 22 ค่าความชื้นสัมพัทธ์ในแต่ละเดือนของข้อมูลอากาศปี 2020



รูปที่ 23 ค่าความชื้นสัมพัทธ์ในแต่ละเดือนของข้อมูลอากาศปี 2050



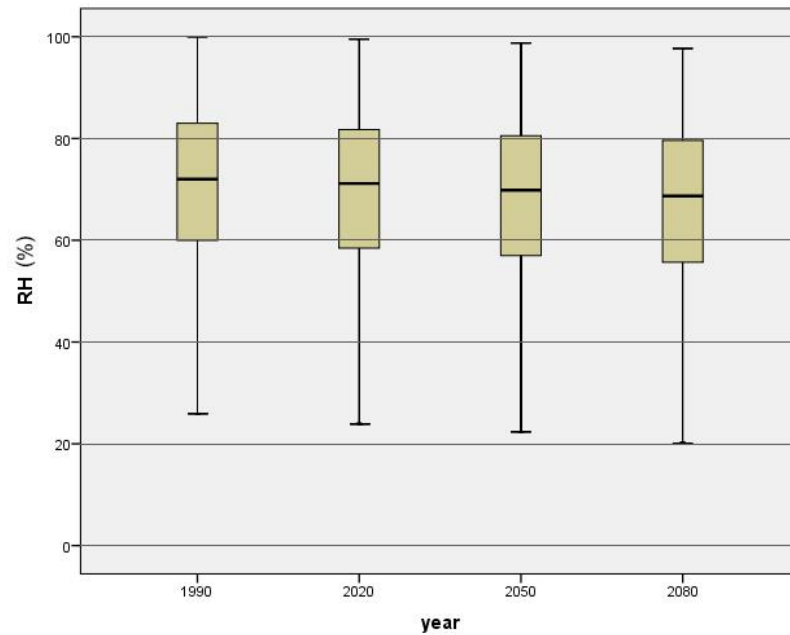
รูปที่ 24 ค่าความชื้นสัมพัทธ์ในแต่ละเดือนของข้อมูลอากาศปี 2080

จากรูปที่ 21-24 จะเห็นว่าค่าต่ำสุดของความชื้นสัมพัทธ์อยู่ที่ประมาณ 20% และค่าสูงสุดนั้นถึงเกือบ 100% ในช่วงปลายฤดูร้อนเดือนพฤษภาคมจนถึงปลายฤดูฝนมีค่าการกระจายของความชื้นสัมพัทธ์ในแต่ละเดือนต่างกันไม่มากนัก แต่ช่วงที่เหลือคือฤดูหนาวถึงกลางฤดูร้อนการกระจายตัวของข้อมูลจะมากขึ้น โดยช่วงนี้จะมีค่าความชื้นสัมพัทธ์ที่ต่ำลงมากกว่าช่วงอื่น

ฤดูร้อนและฤดูฝน เดือนมีนาคมถึงเดือนตุลาคม ความชื้นสัมพัทธ์จะสูงกว่าฤดูหนาว ส่วนใหญ่จะมีค่าเกิน 70% โดยเดือนตุลาคมเป็นเดือนที่มีความชื้นสัมพัทธ์สูงที่สุด โดยช่วงเวลาเกินครึ่งของเดือนจะมีความชื้นสัมพัทธ์เกิน 80% แสดงให้เห็นว่าอากาศในช่วงเวลานี้จะขึ้นมาก

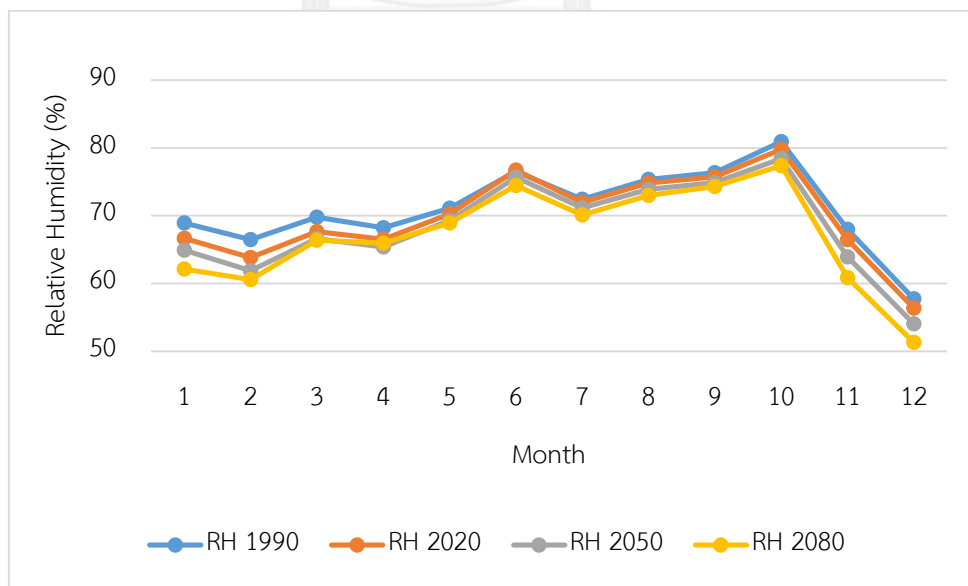
สำหรับฤดูหนาว เดือนพฤศจิกายนถึงเดือนกุมภาพันธ์ ค่าความชื้นสัมพัทธ์จะลดต่ำกว่าช่วงเดือนอื่นลงมาก ส่วนใหญ่จะมีค่าน้อยกว่า 70% เดือนธันวาคมเป็นเดือนที่มีความชื้นสัมพัทธ์น้อยที่สุด ข้อมูลส่วนใหญ่จะมีค่าต่ำกว่า 60% อากาศในเดือนนี้จึงแห้งที่สุด

เมื่อพิจารณาค่าความชื้นสัมพัทธ์ตลอดทั้งปีของแต่ละปีพบว่า ค่าความชื้นสัมพัทธ์นั้นค่อย ๆ ลดลงในทุกปี ดังแสดงในรูปที่ 25



รูปที่ 25 ค่าความชื้นสัมพัทธ์ในแต่ละปี

จากรูปที่ 21-25 จะเห็นได้ว่าข้อมูลความชื้นสัมพัทธ์จะค่อยๆ ลดลงในทุกปี แต่จะลดลงเพียงเล็กน้อย โดยที่มีค่าเฉลี่ยของความชื้นสัมพัทธ์ในปี 1990 อยู่ที่ 71% ลดลงจนมีค่า 70% ในปี 2020 68% ในปี 2050 และ 67% ในปี 2080 เมื่อคิดค่าเฉลี่ยรายเดือนจะได้ดังรูปที่ 26



รูปที่ 26 ค่าความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยรายเดือนของข้อมูลอากาศปัจจุบัน (1990) และข้อมูลอากาศที่สร้างขึ้นใหม่ (2020 2030 2050)

เมื่อพิจารณาค่าเฉลี่ยความชื้นสัมพัทธ์รายเดือนในรูปที่ 26 พบว่าระดับความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยที่ลดลงในทุกปีนั้นก็มียค่าลดลงในทุกเดือนด้วย ซึ่งสอดคล้องกับค่าอุณหภูมิที่เพิ่มมากขึ้น โดยที่ค่าความชื้นสัมพัทธ์จะลดลงในแต่ละปีมากที่สุดในฤดูหนาว ซึ่งจะเห็นว่าเดือนพฤศจิกายนถึงเดือนกุมภาพันธ์ระดับความชื้นสัมพัทธ์จะลดลงในแต่ละปีอย่างเห็นได้ชัดกว่าเดือนอื่นๆ โดยมีค่าเฉลี่ยของฤดูหนาวอยู่ที่ 65% ในปี 1990 และลดลงจนถึง 59% ในปี 2080 ในฤดูร้อนมีความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยอยู่ที่ 71% ในปี 1990 และลดต่ำลงจนถึง 69% ในปี 2080 และฤดูฝนมีความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยอยู่ที่ 76% ในปี 1990 และลดลงจนถึง 74% ในปี 2080

4.1.3 รังสีอาทิตย์ Global Horizontal Radiation

ข้อมูลรังสีอาทิตย์ในอนาคตนั้นจะคำนวณได้จากค่าการคาดการณ์การเปลี่ยนแปลงแบบค่าสัมบูรณ์ของค่าเฉลี่ยรายเดือนของ downward surface shortwave flux หรือพลังงานรังสีคลื่นสั้นที่ส่งมาถึงโลกในพื้นที่หนึ่งและในช่วงเวลาหนึ่ง และค่ารังสีอาทิตย์เฉลี่ยจากข้อมูลอากาศปัจจุบัน ซึ่งข้อมูลรังสีอาทิตย์ในไฟล์อากาศปัจจุบันจะอยู่ในรูปข้อมูลรายเดือน ต้องเปลี่ยนให้เป็นค่าเฉลี่ยรายเดือน ด้วยสมการที่ 8 (Belcher et al., 2005)

$$(I_{glhor\ 0})_m = \frac{\sum x \in m I_{glhor\ 0} \cdot 1000}{h_m} \quad (8)$$

$(I_{glhor\ 0})_m$ คือ ค่าเฉลี่ยรังสีอาทิตย์ของข้อมูลอากาศปัจจุบัน (W/m^2)

$\sum(x \in m) I_{glhor\ 0}$ คือ ค่ารังสีอาทิตย์รวมของข้อมูลอากาศปัจจุบัน (kWh/m^2)

h_m คือ จำนวนชั่วโมงในเดือน m

จากนั้นต้องคำนวณค่าการเปลี่ยนแปลงด้วยสมการที่ 9

$$\alpha I_m = 1 + \left(\frac{\Delta DSWF_m}{(I_{glhor\ 0})_m} \right) \quad (9)$$

αI_m คือ ค่าการเปลี่ยนแปลงรายเดือนของ downward surface shortwave flux

$\Delta DSWF_m$ คือ ค่าการคาดการณ์การเปลี่ยนแปลงแบบค่าสัมบูรณ์ของ downward surface shortwave flux ในเดือน m

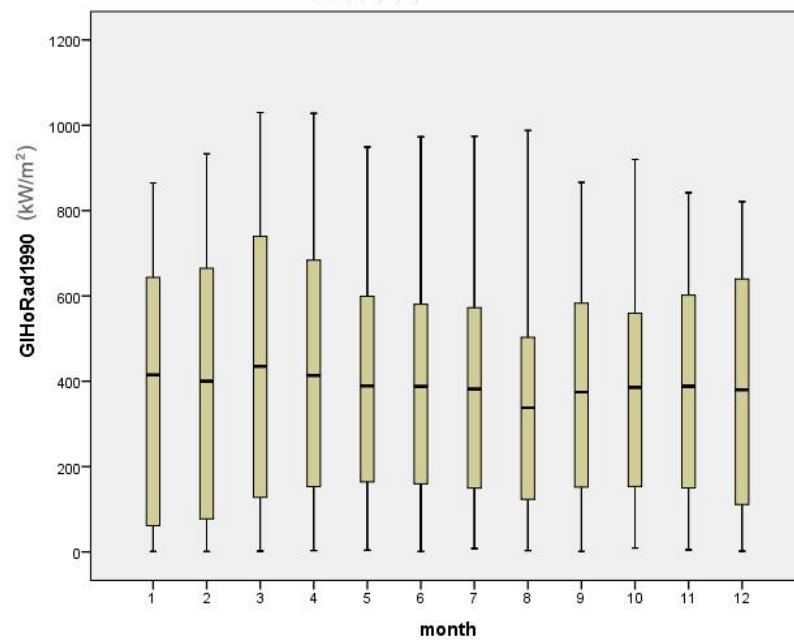
ค่ารังสีอาทิตย์ในอนาคตรายชั่วโมงสามารถคำนวณได้จากวิธี stretch ด้วยสมการที่ 10

$$I_{glhor} = \alpha I_m + I_{glhor 0} \quad (10)$$

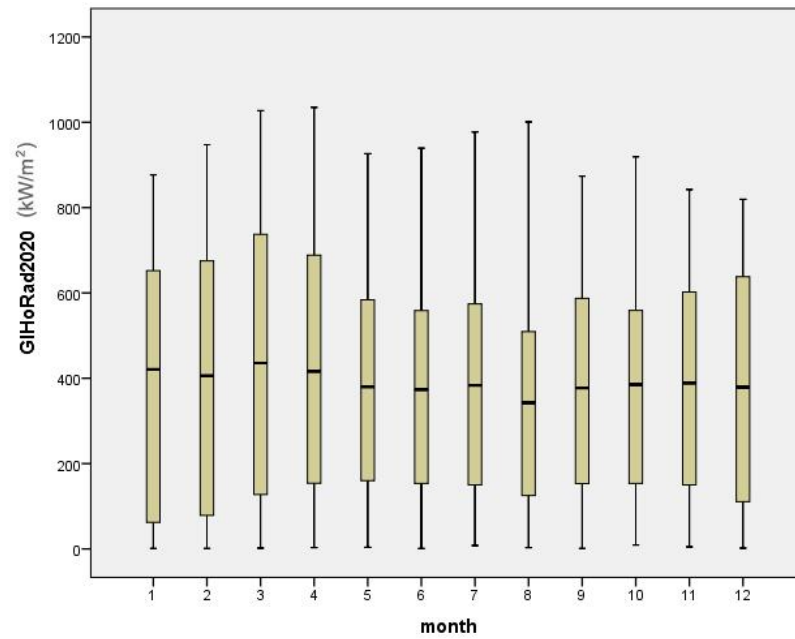
I_{glhor} คือ ค่ารังสีอาทิตย์ในอนาคต (Wh/m^2)

$I_{glho 0r}$ คือ ค่ารังสีอาทิตย์ในข้อมูลอากาศปัจจุบัน (Wh/m^2)

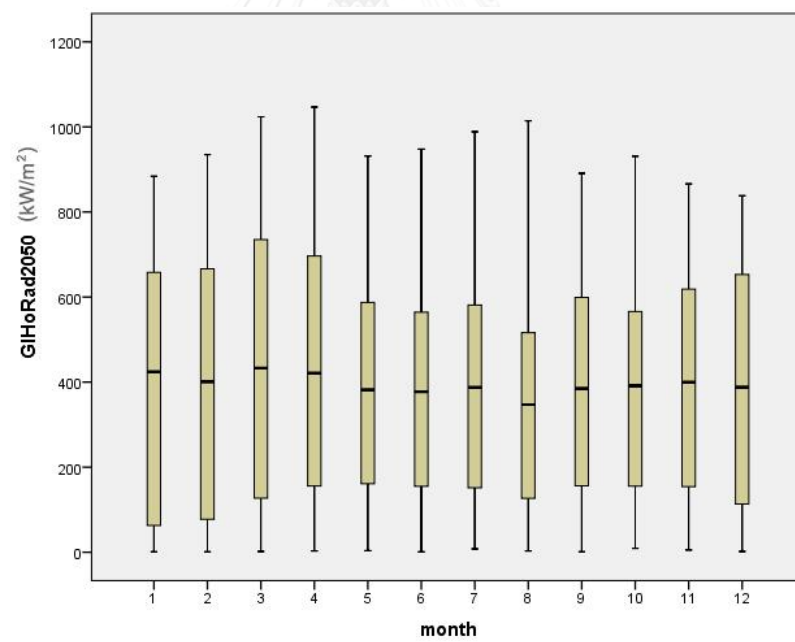
เมื่อสร้างข้อมูลรังสีอาทิตย์ขึ้นมาใหม่ในปี 2020 2050 และ 2080 แล้วจะได้ข้อมูลรังสีอาทิตย์รายเดือนในแต่ละปีดังรูปที่ 27-30



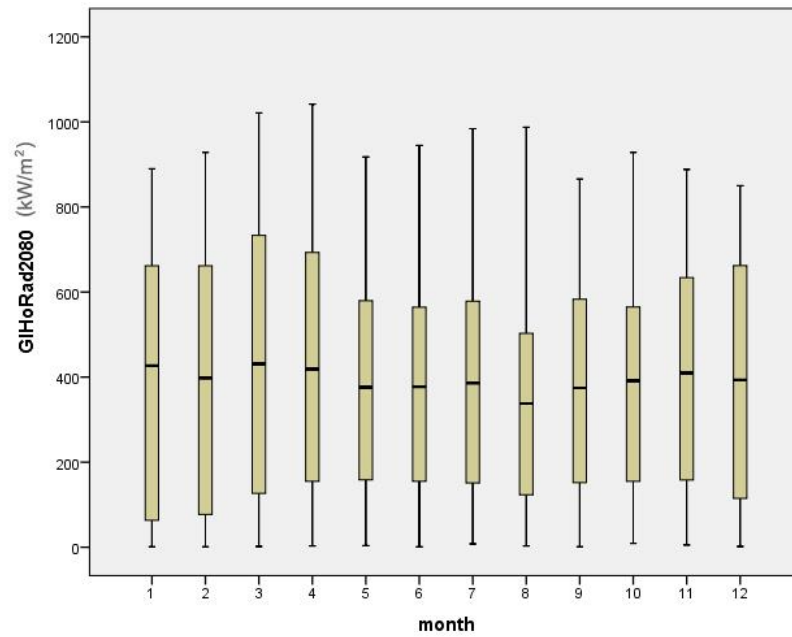
รูปที่ 27 ค่ารังสีอาทิตย์ในแต่ละเดือนของข้อมูลอากาศปี 1990



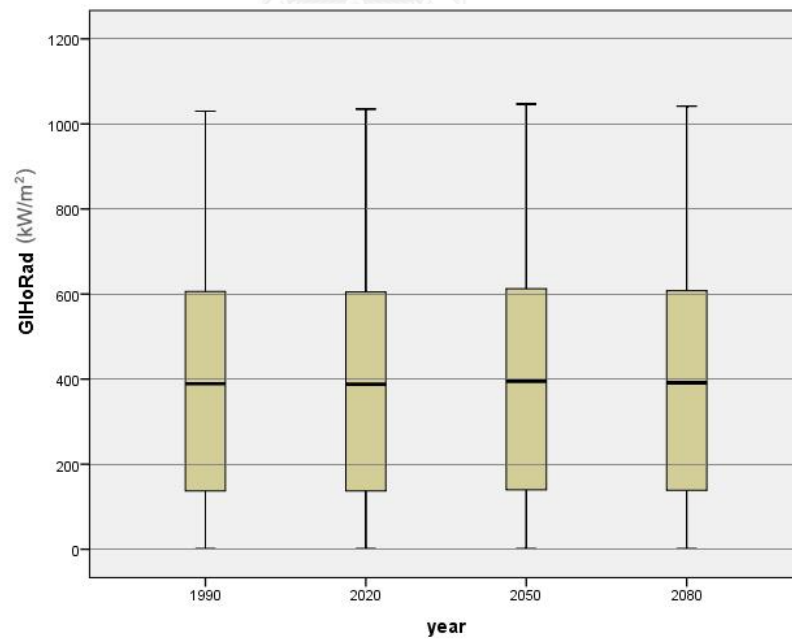
รูปที่ 28 ค่ารังสีอาทิตย์ในแต่ละเดือนของข้อมูลอากาศปี 2020



รูปที่ 29 ค่ารังสีอาทิตย์ในแต่ละเดือนของข้อมูลอากาศปี 2050

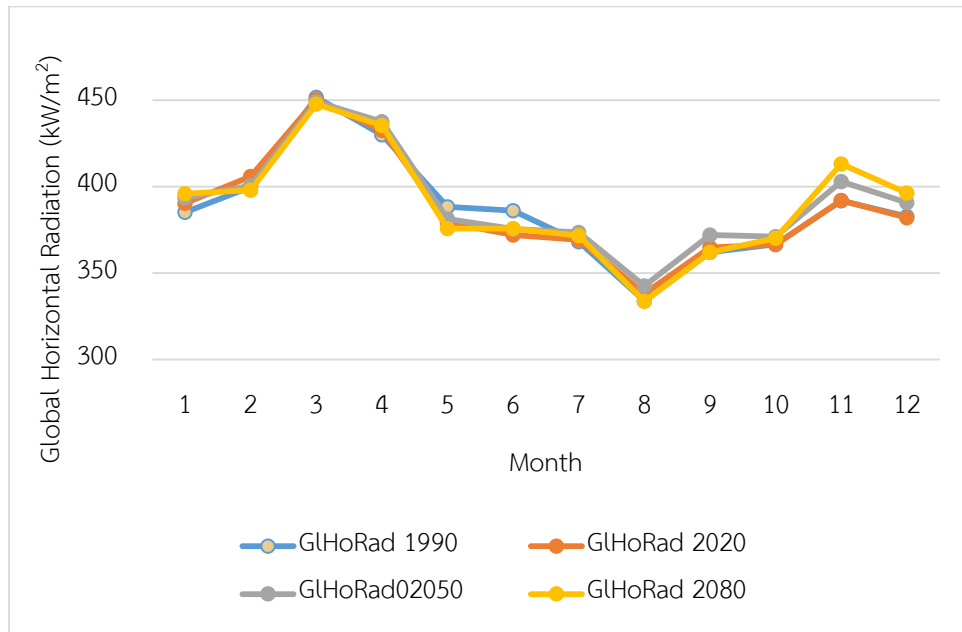


รูปที่ 30 ค่ารังสีอาทิตย์ในแต่ละเดือนของข้อมูลอากาศปี 2080

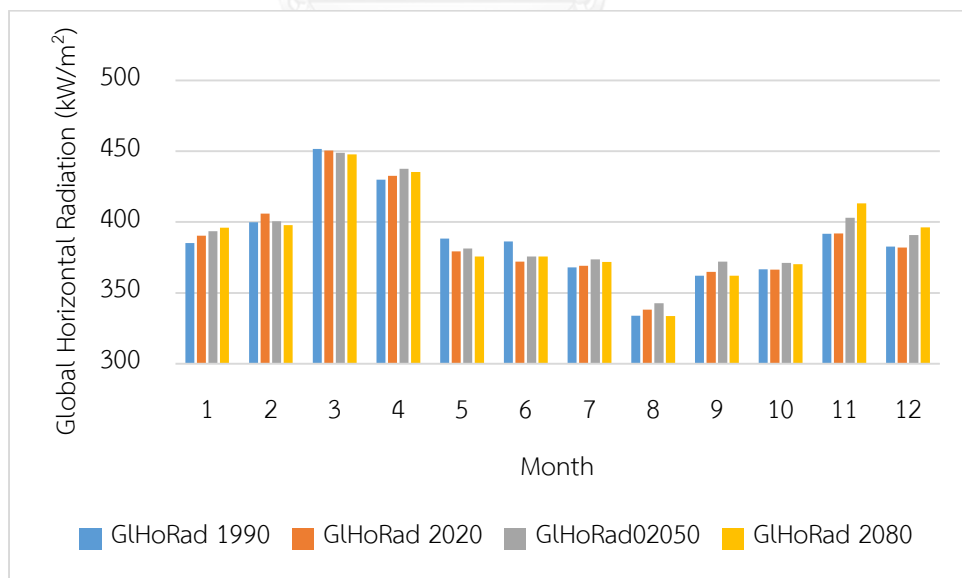


รูปที่ 31 ค่ารังสีอาทิตย์ในแต่ละปี

จากรูปที่ 27-31 เมื่อพิจารณาข้อมูลแต่ละปีด้วยแผนภาพกล่อง box-plot จะเห็นว่าข้อมูลรังสีอาทิตย์ไม่เปลี่ยนแปลงมาก แต่เมื่อวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยแต่ละเดือน ดังรูปที่ 32-33 จะเห็นว่าค่ารังสีอาทิตย์มีความแปรปรวนในแต่ละปี



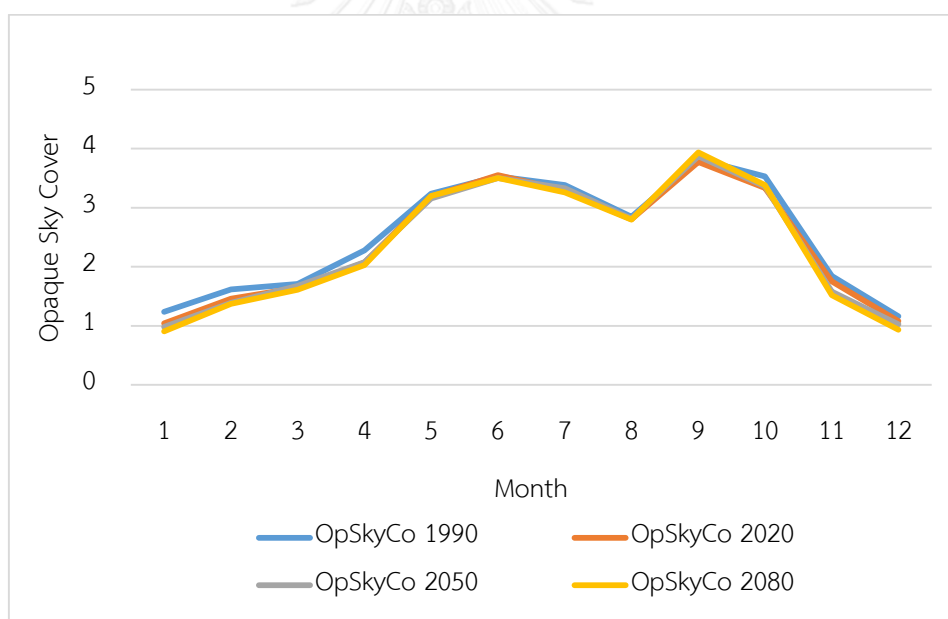
รูปที่ 32 ค่ารังสีอาทิตย์เฉลี่ยรายเดือนของข้อมูลอากาศปัจจุบัน (1990) และข้อมูลอากาศที่สร้างขึ้นใหม่ (2020 2050 2080)



รูปที่ 33 ค่ารังสีอาทิตย์เฉลี่ยรายเดือนของข้อมูลอากาศปัจจุบัน (1990) และข้อมูลอากาศที่สร้างขึ้นใหม่ (2020 2050 2080)

เมื่อวิเคราะห์ร่วมกับข้อมูลตัวแปรอากาศอื่นๆ จะเห็นว่าการที่อากาศแห้งลงจะทำให้ค่ารังสีอาทิตย์มีมากขึ้น ค่ารังสีอาทิตย์ในฤดูหนาวจะเพิ่มมากขึ้นเนื่องจากปริมาณความชื้นสัมพัทธ์ที่ลดต่ำลงเป็นอย่างมาก แต่ในฤดูร้อนและฤดูฝนค่าเฉลี่ยของรังสีอาทิตย์จะมีความแปรปรวน ทำให้ไม่สามารถสรุปรูปแบบการเปลี่ยนแปลงของค่าเฉลี่ยรังสีอาทิตย์ได้

เมื่อดูจากค่าการปกคลุมท้องฟ้า (Opaque Sky Cover) ในรูปที่ 34 ซึ่งเป็นกราฟแสดงค่าการปกคลุมท้องฟ้าเฉลี่ยรายเดือนในแต่ละปี ซึ่งแสดงเป็นหน่วยปกคลุม 1 ใน 10 ของท้องฟ้า โดยที่ค่า 10 คือท้องฟ้าถูกปกคลุมทั้งหมด พบว่าในฤดูร้อนและฤดูฝนท้องฟ้าถูกเมฆปกคลุมมากกว่าฤดูหนาวอาจเป็นสาเหตุที่ทำให้รังสีอาทิตย์ในช่วงนั้นเกิดการแปรปรวน และคาดเดาได้อีกว่ารังสีอาทิตย์อาจเกี่ยวข้องกับปริมาณการตกของฝนที่เปลี่ยนแปลงไป แต่เนื่องจากไม่มีข้อมูลน้ำฝนในไฟล์อากาศ IWEC ที่นำมาใช้จึงไม่สามารถแสดงให้เห็นได้



รูปที่ 34 ค่าการปกคลุมท้องฟ้าเฉลี่ยรายเดือนของข้อมูลอากาศปัจจุบัน (1990) และข้อมูลอากาศที่สร้างขึ้นใหม่ (2020 2050 2080)

4.1.4 ความเร็วลม Wind Speed

ค่าความเร็วลมจากข้อมูลการคาดการณ์ได้ให้มาในรูปแบบของเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลง สมการที่ใช้ในการคำนวณความเร็วลมใหม่เป็นดังสมการที่ 11 (Belcher et al., 2005)

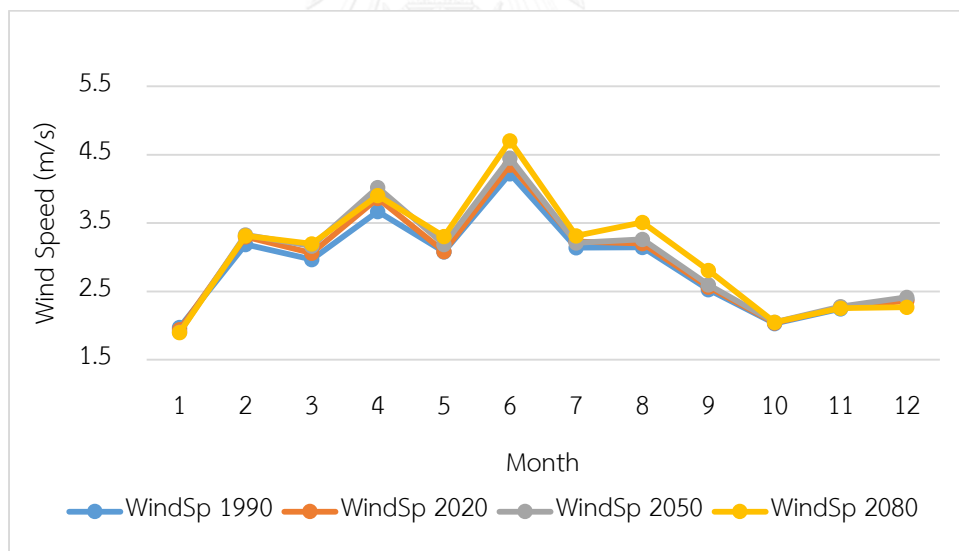
$$ws = 1 + WIND_m/100 \cdot ws_0 \quad (11)$$

ws คือ ค่าความเร็วลมในอนาคต (m/s)

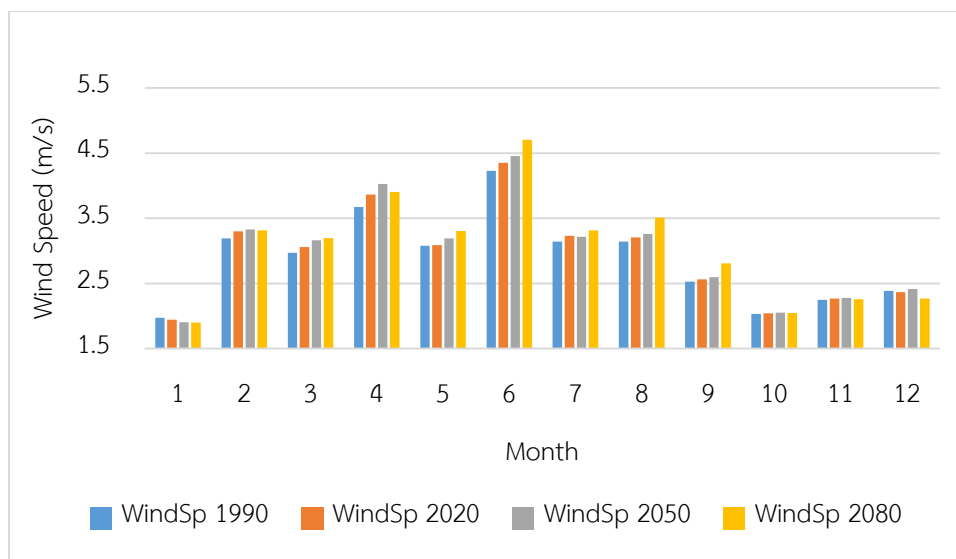
ws_0 คือ ค่าความเร็วลมในไฟล์อากาศปัจจุบัน (m/s)

$WIND_m$ คือ ค่าการคาดการณ์การเปลี่ยนแปลงของความเร็วลมในเดือน m (%)

เมื่อสร้างข้อมูลความเร็วลมขึ้นมาใหม่ในปี 2020 2050 และ 2080 แล้วจะได้ค่าความเร็วลมในหน่วยเมตรต่อวินาที ดังรูปที่ 35



รูปที่ 35 ค่าความเร็วลมเฉลี่ยรายเดือนของข้อมูลอากาศปัจจุบัน (1990) และข้อมูลอากาศที่สร้างขึ้นใหม่ (2020 2050 2080)

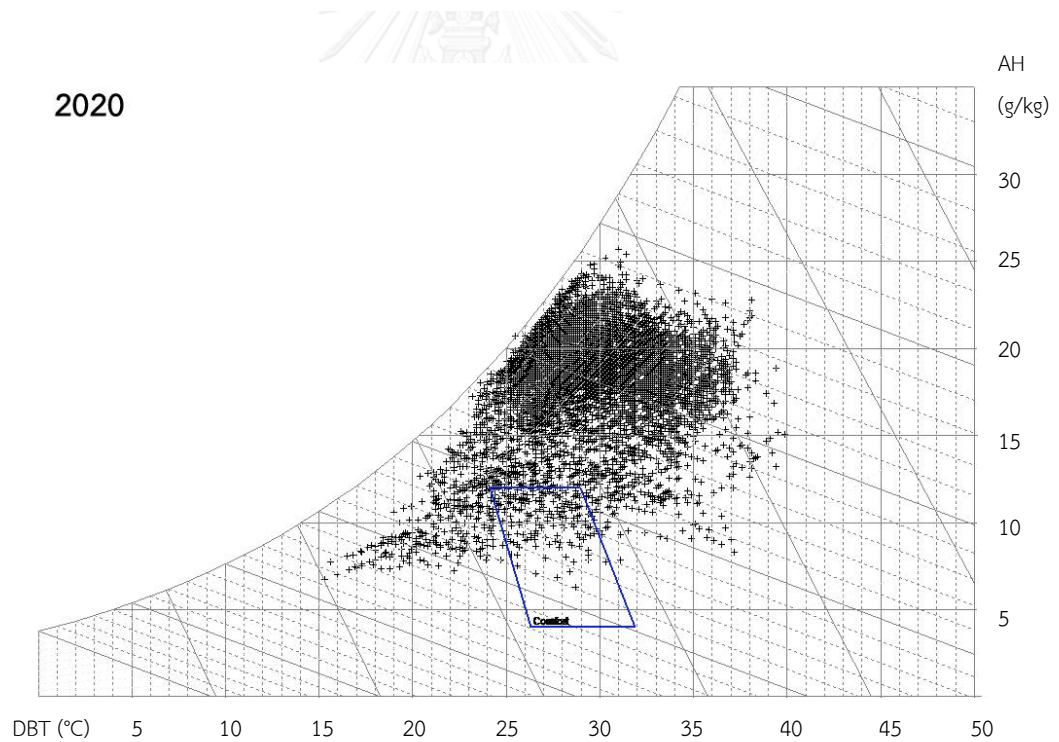
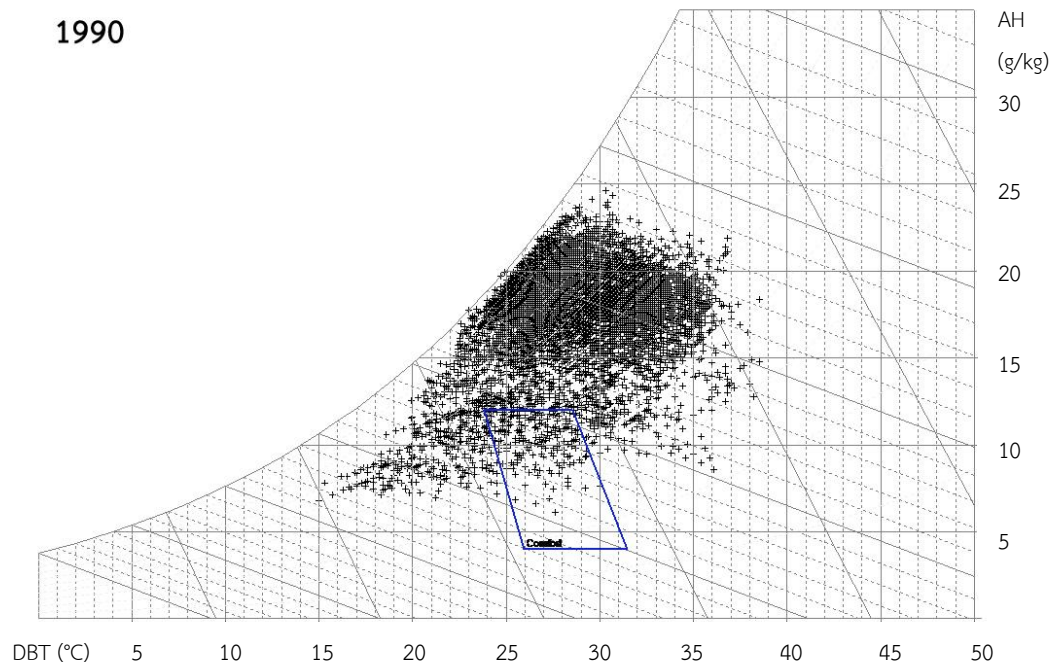


รูปที่ 36 ค่าความเร็วลมเฉลี่ยรายเดือนของข้อมูลอากาศปัจจุบัน (1990) และข้อมูลอากาศที่สร้างขึ้นใหม่ (2020 2050 2080)

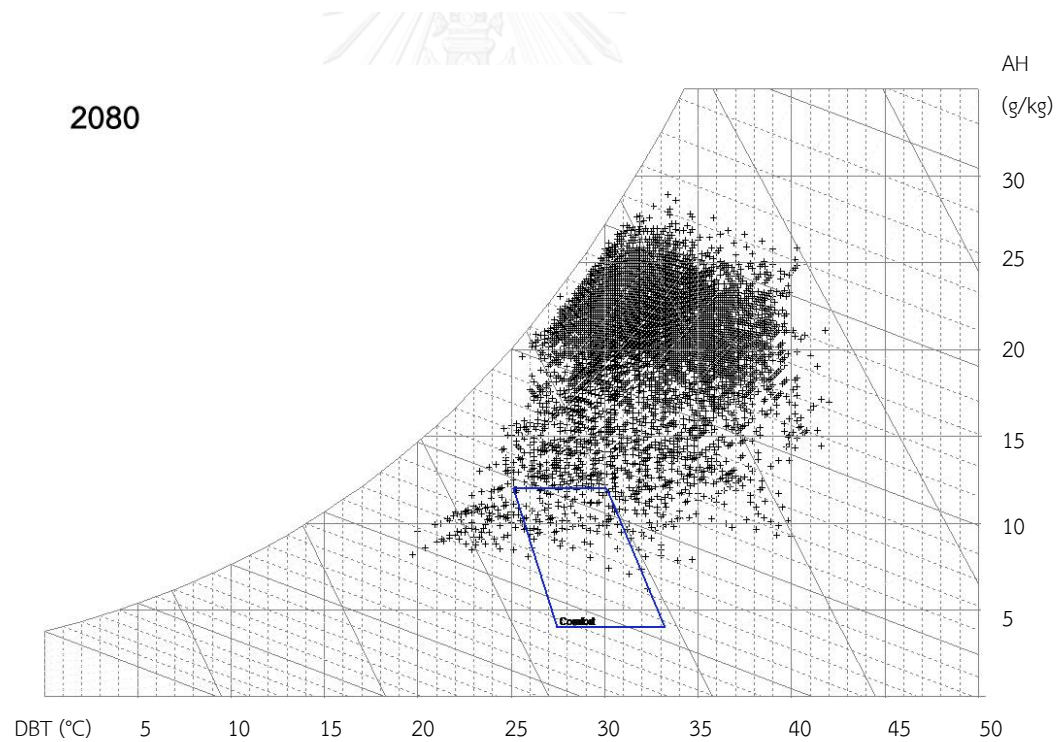
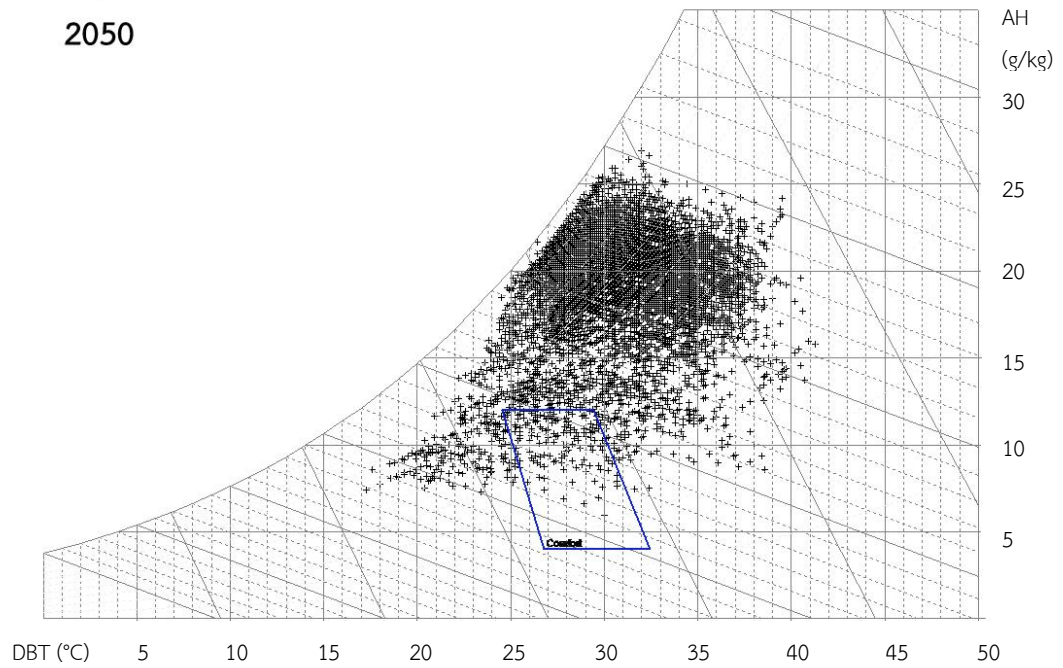
จากการเปรียบเทียบค่าความเร็วลมเฉลี่ยรายเดือน ของข้อมูลอากาศปัจจุบันและข้อมูลอากาศที่สร้างขึ้นใหม่ 3 ปี ในรูปที่ 35-36 พบว่าเดือนกุมภาพันธ์ถึงเดือนกันยายน ระดับความเร็วลมเฉลี่ยเพิ่มขึ้นจากปี 1990 โดยที่เดือนพฤษภาคมถึงเดือนกันยายน ระดับความเร็วลมเฉลี่ยเพิ่มขึ้นทุกปี และเดือนตุลาคมและเดือนพฤศจิกายนความเร็วลมเฉลี่ยมีค่าไม่เปลี่ยนแปลง และเดือนธันวาคมและเดือนมกราคม ความเร็วลมเฉลี่ยลดต่ำลงเล็กน้อย

4.1.5 สภาวะน่าสบาย

นำข้อมูลอากาศปัจจุบันและข้อมูลอากาศที่สร้างขึ้นใหม่ 3 ปี มาวิเคราะห์ค่าความน่าสบาย โดยการสร้างแผนภูมิไซโครเมตริก (Psychrometric Chart) ด้วยการใช้โปรแกรม Weather Tool ได้ดังรูปที่ 37-38 ซึ่งแผนภูมิไซโครเมตริกนั้นเป็นแผนภูมิที่ใช้แสดงสภาวะอากาศในช่วงเวลาหนึ่ง โดยแสดงถึงความสัมพันธ์ของข้อมูลอากาศแต่ละข้อมูล และแสดงช่วงของสภาวะน่าสบาย ซึ่งพื้นที่ภายในกล่องสี่เหลี่ยม คือ ช่วงของสภาวะน่าสบายของภูมิอากาศทอมที่กำหนดโดย ASHRAE ซึ่งสภาวะน่าสบายจะอยู่ในช่วงที่มีอุณหภูมิประมาณ 25 องศาเซลเซียส ค่าความชื้นสัมบูรณ์ 10 g/kg ค่าความชื้นสัมพัทธ์ 50%



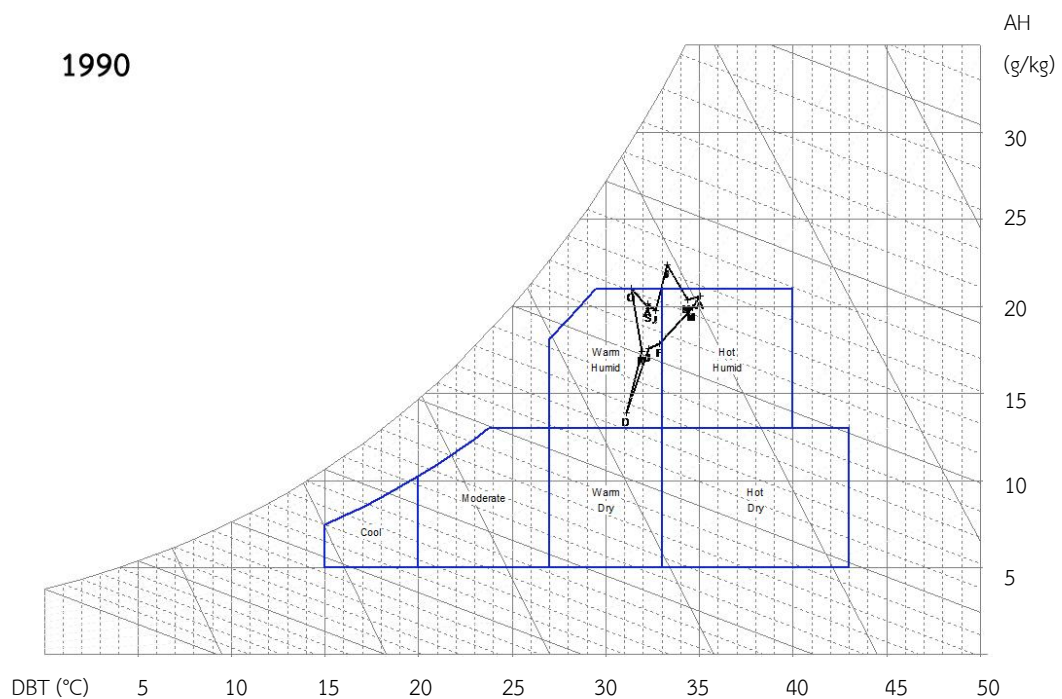
รูปที่ 37 แผนภูมิไซโครเมตริกเมื่อใช้ข้อมูลอากาศปี 1990 และ 2020 เรียงลำดับจากบนลงล่าง



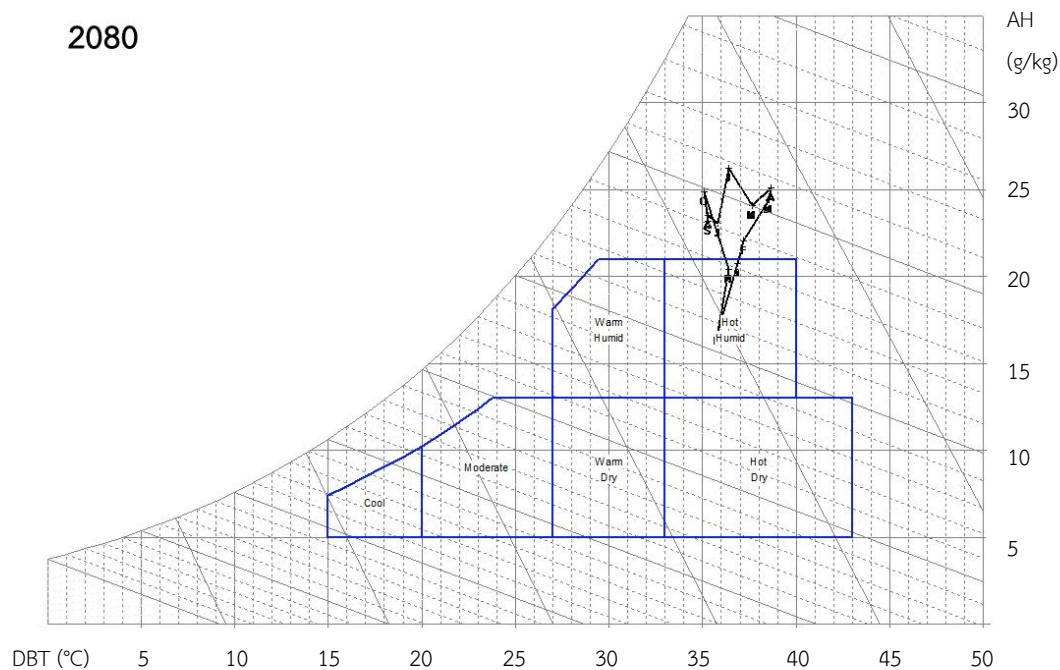
รูปที่ 38 แผนภูมิไซโครเมตริกเมื่อใช้ข้อมูลอากาศปี 2050 และ 2080 เรียงลำดับจากบนลงล่าง

จากรูปที่ 37-38 เห็นได้ว่าข้อมูลอากาศของช่วงเวลาส่วนใหญ่อยู่นอกกรอบของสภาวะน่าสบายในปี 1990 และเมื่อเวลาผ่านไปก็จะยิ่งออกนอกกรอบสภาวะน่าสบายมากขึ้น

เมื่อเกิดภาวะอากาศเปลี่ยนแปลงทำให้อุณหภูมิสูงขึ้นทุกปีและความชื้นสัมพัทธ์ต่ำลง เฟอร์เซ็นต์ของสภาวะน่าสบายจะลดต่ำลง จากรูปที่ 37-38 แสดงให้เห็นว่าข้อมูลอากาศในปี 2020 2050 และ 2080 จะขยับไปในทิศทางขวาและสูงขึ้นจากปี 1990 และขยับไปมากเรื่อยๆ ในทุกช่วงปี ซึ่งคือขยับไปในตำแหน่งที่มีอุณหภูมิสูงขึ้น (DBT สูงขึ้น) และค่าความชื้นสัมบูรณ์ที่มากขึ้น (AH มากขึ้น) หรือถ้าอธิบายในลักษณะภูมิอากาศจะบอกได้ดังที่แสดงในรูปที่ 39-40 ซึ่งเป็นแผนภูมิไซโครเมตริกที่แสดงค่าเฉลี่ยในแต่ละเดือน จะเห็นว่าข้อมูลขยับไปจากเดิมที่อยู่ในช่วงอบอุ่นชื้น (Warm Humid) เข้าไปสู่ช่วงร้อนชื้น (Hot Humid)



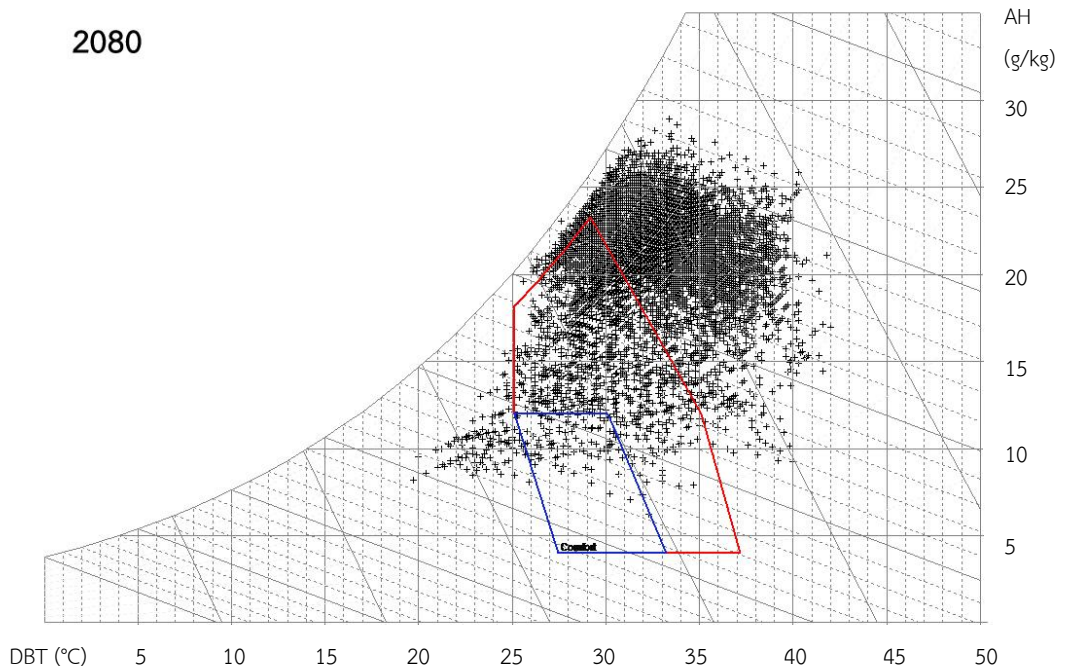
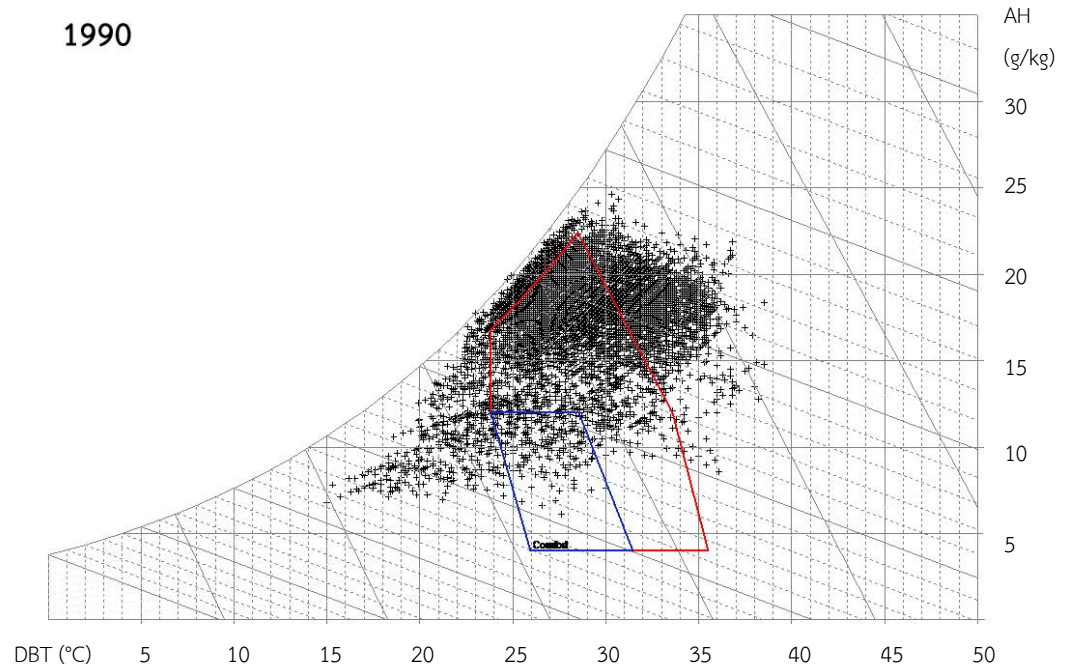
รูปที่ 39 แผนภูมิไซโครเมตริกแสดงสภาพภูมิอากาศเมื่อใช้ข้อมูลอากาศปี 1990



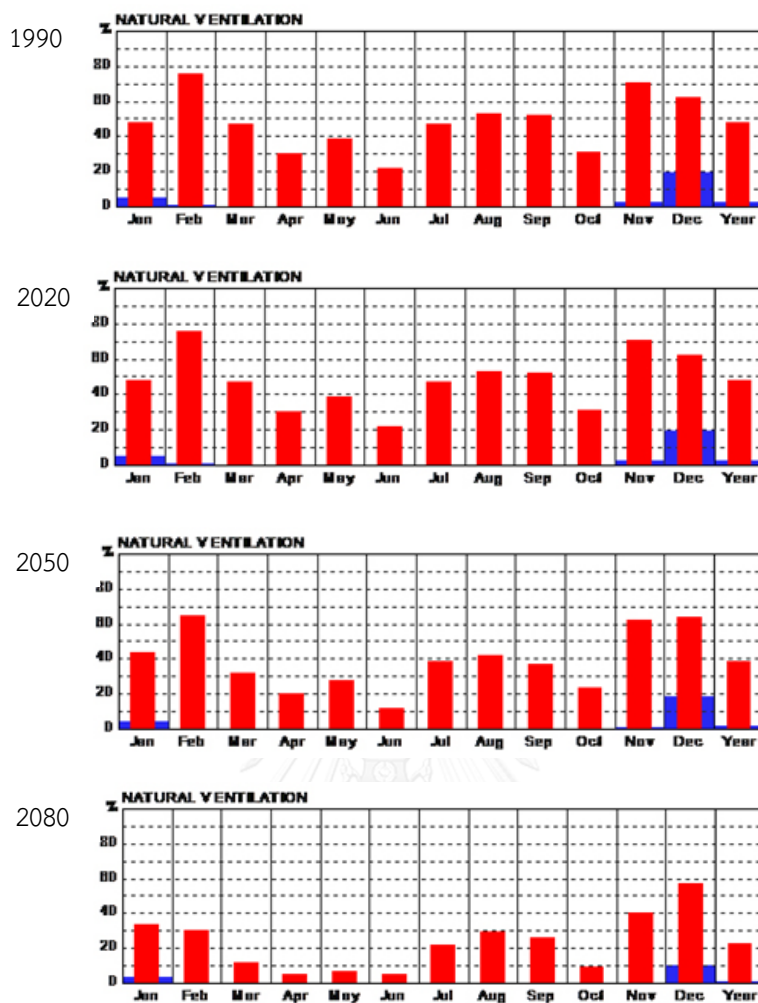
รูปที่ 40 แผนภูมิไซโครเมตริกแสดงสภาพภูมิอากาศเมื่อใช้ข้อมูลอากาศปี 2080

การใช้ลมธรรมชาติ Natural Ventilation

เมื่อใช้วิธี passive design โดยการใช้ลมธรรมชาติ หรือ Natural Ventilation ซึ่งเป็นวิธีที่ทำได้ง่ายและใช้อย่างแพร่หลายในประเทศไทย ทำได้โดยการเปิดหน้าต่างให้ลมเข้ามาภายในอาคาร ถึงแม้จะเป็นช่วงที่มีอุณหภูมิสูง แต่ลมที่พัดเข้ามาจะช่วยให้เกิดการระเหยของเหงื่อได้ดีขึ้น ทำให้ร่างกายรู้สึกเย็นลง จึงเป็นวิธีที่ทำให้มีเปอร์เซ็นต์สภาวะน่าสบายเพิ่มมากขึ้นได้ดีที่สุดและมีความเหมาะสมมากที่สุดสำหรับอากาศในประเทศไทยเมื่อเทียบกับการใช้วิธีอื่น เมื่อนำลมธรรมชาติเข้ามาใช้ในอาคารแล้วจะทำให้กรอบของสภาวะน่าสบายขยายกว้างขึ้น ทำให้มีช่วงเวลาที่อยู่ในสภาวะน่าสบายเพิ่มมากขึ้น ดังแสดงในรูปที่ 41 และ 42 โดยกรอบสภาวะน่าสบายเดิม คือ กรอบสีน้ำเงิน และกรอบสภาวะน่าสบายเมื่อใช้ลมธรรมชาติ คือ กรอบสีแดง



รูปที่ 41 แผนภูมิไฮโครเมตริกแสดงกรอบของสภาวะน่าสบายที่กว้างขึ้นเมื่อใช้ลมธรรมชาติในอาคาร
เมื่อใช้ข้อมูลอากาศปี 1990 (บน) และ 2080 (ล่าง)



รูปที่ 42 ค่าสภาวะน่าสบายก่อนใช้วิธี passive design (สีน้ำเงิน) และหลังใช้ passive design โดยการใช้ลมธรรมชาติ (สีแดง) เมื่อใช้ข้อมูลอากาศปี 1990 2020 2050 และ 2080

จากรูปที่ 42 ซึ่งแสดงเปอร์เซ็นต์ของช่วงเวลาที่อยู่ในสภาวะน่าสบาย พบว่าจากข้อมูลอากาศในปี 1990 มีช่วงเวลาที่อยู่ในสภาวะน่าสบายส่วนใหญ่อยู่ในเดือนกุมภาพันธ์ พฤษภาคม และ ธันวาคม และมีช่วงที่อยู่ในสภาวะน่าสบายลดน้อยลงในปี 2020 2050 และ 2080 ตามลำดับ

เมื่อใช้วิธี passive design โดยการใช้ลมธรรมชาติ จะทำให้มีเปอร์เซ็นต์สภาวะน่าสบายเพิ่มขึ้นได้มากที่สุดเมื่อใช้ข้อมูลอากาศของปี 1990 โดยเพิ่มขึ้นจากประมาณ 3% กลายเป็นประมาณ 55% แต่เมื่อเวลาผ่านไปการใช้วิธีนี้ทำให้เปอร์เซ็นต์สภาวะน่าสบายที่เพิ่มขึ้นได้นั้นมีค่าลดลง ในปี 2080 สามารถเพิ่มขึ้นได้จากประมาณ 1% กลายเป็น 22% การใช้ลมธรรมชาติเพียงอย่างเดียวจะช่วยให้ลดน้อยลงในการทำให้มีสภาวะน่าสบายที่ดีขึ้น โดยเฉพาะในฤดูร้อนและฤดูฝนที่มีอุณหภูมิและความชื้นสูง ทำให้จำเป็นต้องใช้วิธีการทำความเย็นแบบ active มากขึ้น

4.2 การจำลองการใช้พลังงานอาคาร

ทำการจำลองการใช้พลังงานอาคารด้วยโปรแกรม VisualDOE 4.0 โดยใช้ข้อมูลอากาศปัจจุบันซึ่งเป็นข้อมูลอากาศ EPW ที่สร้างจากข้อมูลช่วงปี 1900 และข้อมูลอากาศที่สร้างขึ้นใหม่ของปี 2020 2050 และ 2080 โดยใช้ข้อมูลภาวะการเปลี่ยนแปลงของอากาศ ได้ผลดังนี้

4.2.1 อาคารสำนักงาน

4.2.1.1 อาคารสำนักงาน Base Case

อาคารสำนักงานที่ใช้ในการจำลองเป็นอาคารสำนักงาน base case นั้นเป็นอาคารสำนักงานที่ออกแบบและสร้างกันเป็นปกติในประเทศไทย โดยอ้างอิงจากงานวิจัยของสวิชญา ดาวประกายมงคล (2552) ซึ่งได้ไปสำรวจความคิดเห็นของกลุ่มตัวอย่างที่เป็นสถาปนิกที่มีประสบการณ์ในการออกแบบอาคารสำนักงานขนาดใหญ่ในประเด็นที่เกี่ยวข้องกับการออกแบบอาคารสำนักงานขนาดใหญ่ทั่วไป (typical large office building) ทำให้ได้ข้อมูลสำหรับเป็นอาคารสำนักงานต้นแบบที่มีลักษณะดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ลักษณะอาคารสำนักงาน Base Case

ขนาด	28 x 36 เมตร
ความสูงแต่ละชั้น	4 เมตร
จำนวนชั้น	30 ชั้น
ผนัง	ผนังอลูมิเนียมสำเร็จรูป หนา 4 มม. ช่องว่างอากาศภายในผนัง หนา 100 มม. ในฉนวนใยแก้วความหนาแน่น 24 กก./ลบ.ม. หนา 2 นิ้ว ผนังภายในยิปซัมบอร์ด หนา 12 มม.
หลังคา	หลังคาคอนกรีตเสริมเหล็ก ฉนวนใยแก้ว ฝ้าเพดานยิปซัมบอร์ด
พื้น	พื้นโครงเหล็ก $U=1.986 \text{ W/m}^2\text{k}^*$
กระจก	กระจกลามิเนตสีเขียว หนา 12.76 มม. VT 71% SC 0.60 SHGC 0.522 $U = 5.52 \text{ W/m}^2\text{k}$
OTTV	91 W/m^2
WWR	60%
LPD	10.5 W/m^2
EQD	10.5 W/m^2

COP	3.14
-----	------

* เนื่องจากข้อมูลจากงานวิจัยของสวิชญา ดาวประกายมงคล (2552) ไม่ได้ครอบคลุมถึงวัสดุพื้นอาคารจึงใช้พื้นที่ตาม ASHRAE 90.1 (2010)

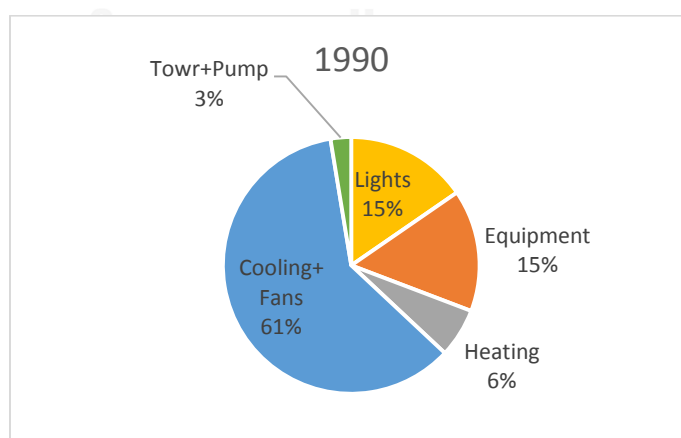
เมื่อทำการจำลองการใช้พลังงานในอาคารสำนักงาน Base Case เมื่อใช้ข้อมูลอากาศปี 1990 ในการจำลอง และการใช้ข้อมูลอากาศที่สร้างขึ้นใหม่ ปี 2020 2050 และ 2080 ได้ผลดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ผลการใช้พลังงานในส่วนต่างๆ ของอาคารสำนักงาน Base Case

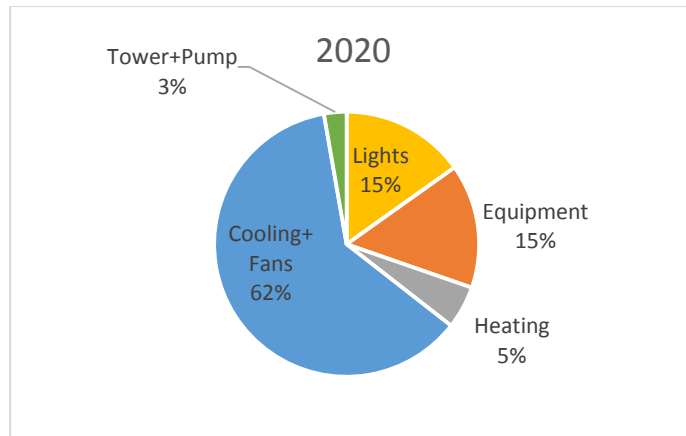
ข้อมูลอากาศ	Lighting (kWh/y)	Equipment (kWh/y)	Heating* (kWh/y)	Cooling +Fans (kWh/y)	Tower +Pump (kWh/y)	Total (kWh/y)	พลังงานต่อตร.ม. (kWh/m ² y)
1990	898,686	898,686	361,734	3,528,366	151,603	5,839,075	193.09
2020	898,686	898,686	309,824	3,658,008	163,135	5,928,339	196.04
2050	898,686	898,686	276,014	3,856,634	172,632	6,102,651	201.81
2080	898,686	898,686	217,829	4,125,525	186,340	6,327,067	209.23

*Heating นี้คือการ Reheat เพื่อให้เกิด comfort ตามวิธีการของ VisualDOE

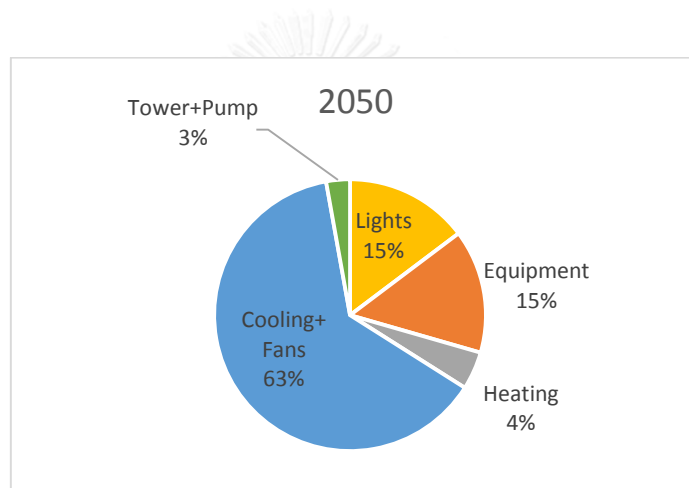
เมื่อนำมาคิดเป็นสัดส่วนการใช้พลังงานในด้านต่างๆ ในแต่ละปี จะได้ดังรูปที่ 43-46 ซึ่งจะเห็นว่าพลังงานในการทำความเย็น หรือ Cooling นั้นเป็นสัดส่วนที่มากกว่าการใช้พลังงานด้านอื่นๆ และเป็นสัดส่วนประมาณ 60 เปอร์เซ็นต์ของการใช้พลังงานทั้งหมด อีกทั้งยังมีการเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ เมื่อใช้ข้อมูลอากาศในอนาคต



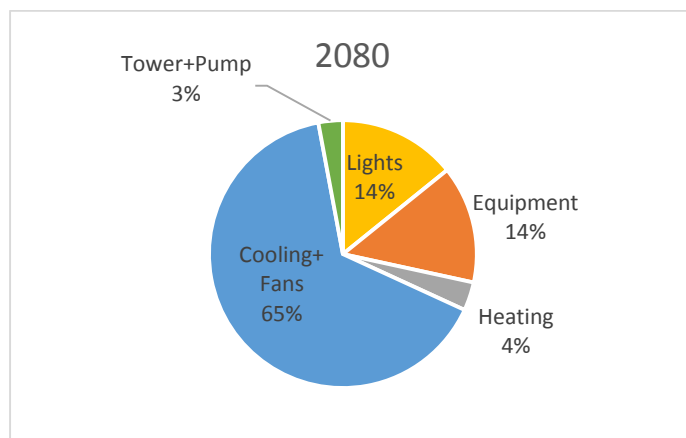
รูปที่ 43 สัดส่วนการใช้พลังงานอาคารสำนักงาน Base Case เมื่อใช้ข้อมูลอากาศปี 1990



รูปที่ 44 สัดส่วนการใช้พลังงานอาคารสำนักงาน Base Case เมื่อใช้ข้อมูลอากาศปี 2020

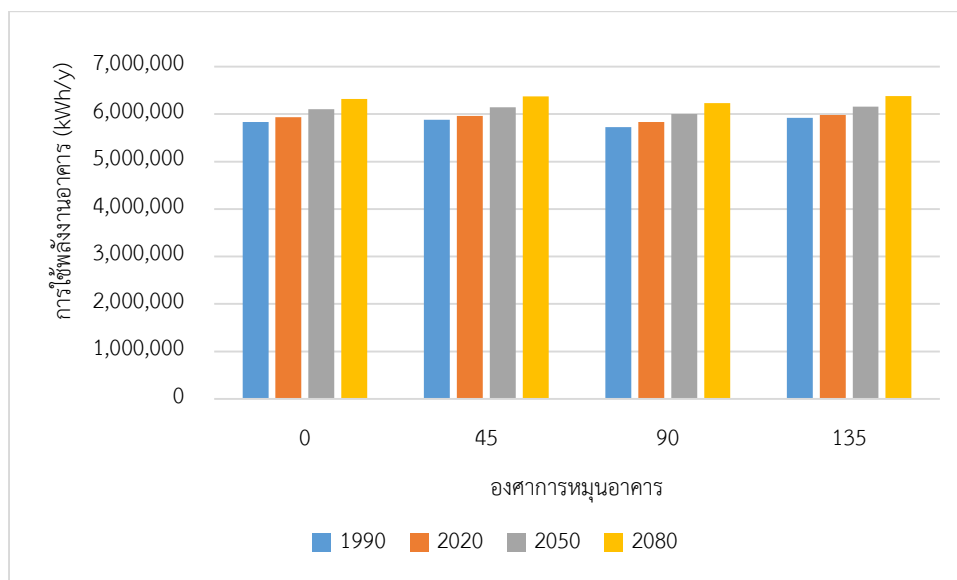


รูปที่ 45 สัดส่วนการใช้พลังงานอาคารสำนักงาน Base Case เมื่อใช้ข้อมูลอากาศปี 2050

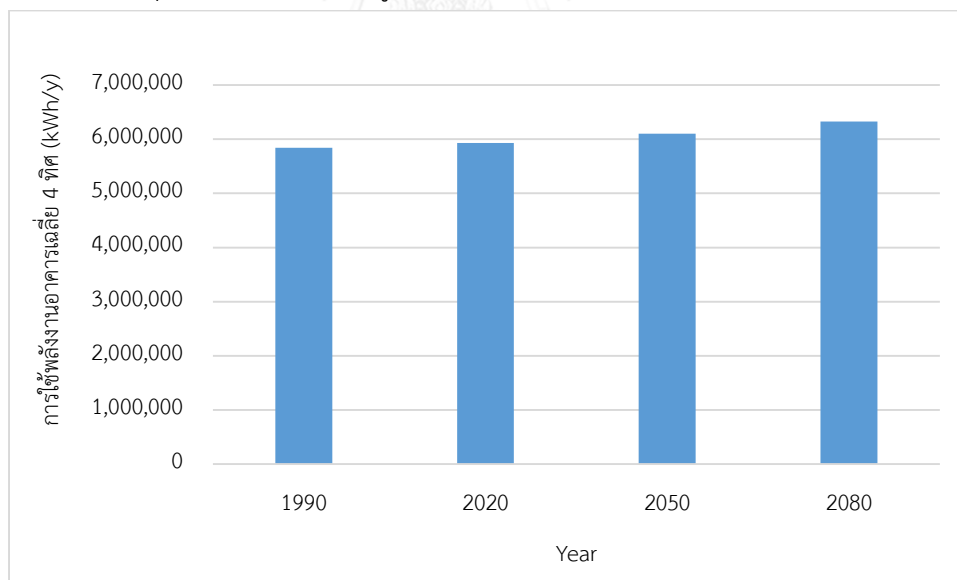


รูปที่ 46 สัดส่วนการใช้พลังงานอาคารสำนักงาน Base Case เมื่อใช้ข้อมูลอากาศปี 2080

เมื่อเปรียบเทียบการใช้พลังงานรวมในอาคารสำนักงาน Base Case ที่ใช้ข้อมูลอากาศปี 1990 ในการจำลอง กับการใช้ข้อมูลอากาศปี 2020 2050 และ 2080 ในการจำลอง ได้ผลดังรูปที่ 47



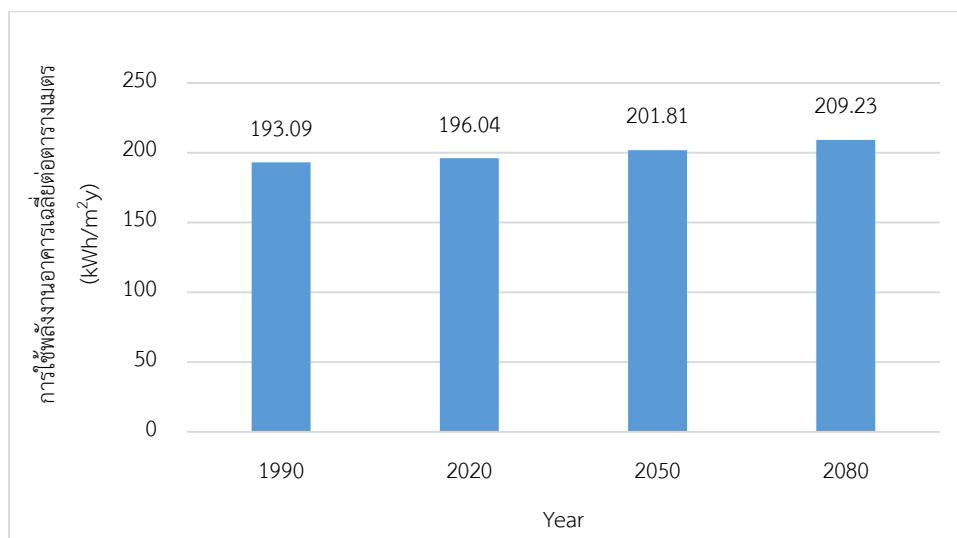
รูปที่ 47 ค่าพลังงานในอาคารสำนักงาน Base Case เมื่อหันอาคารในแต่ละทิศและใช้ข้อมูลอากาศปัจจุบัน (1990) และข้อมูลอากาศที่สร้างขึ้นใหม่ (2020 2050 2080)



รูปที่ 48 ค่าพลังงานเฉลี่ยทุกทิศของอาคารสำนักงาน Base Case เมื่อใช้ข้อมูลอากาศปัจจุบัน (1990) และข้อมูลอากาศที่สร้างขึ้นใหม่ (2020 2050 2080)

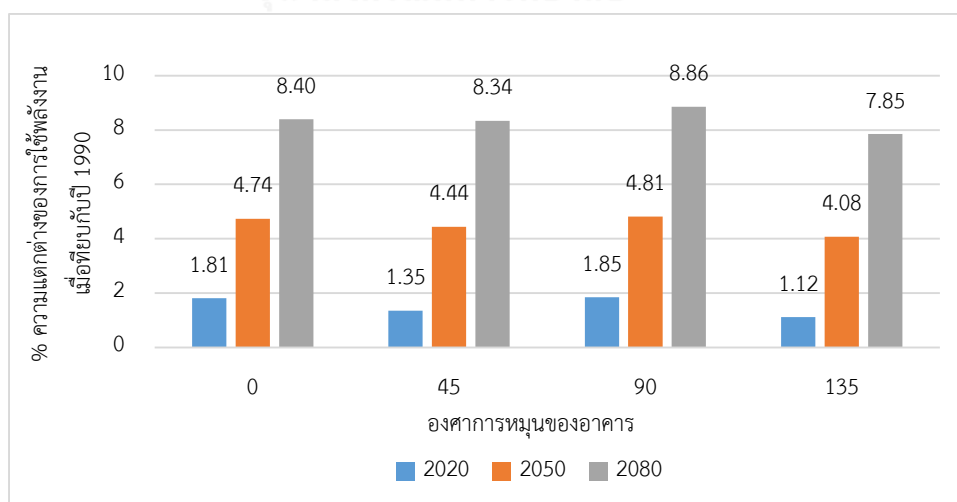
พบว่ามีการใช้พลังงานรวมในอาคารเพิ่มมากขึ้นในทุกปี ดังแสดงในรูปที่ 48 ค่าเฉลี่ยการใช้พลังงานอาคารเมื่อใช้ข้อมูลอากาศปี 1990 อยู่ที่ประมาณ 5,840,000 kWh/y เมื่อใช้ข้อมูลอากาศปี

2020 การใช้พลังงานในอาคารเพิ่มขึ้นเป็น 5,930,000 kWh/y และกลายเป็น 6,100,000 kWh/y ในปี 2050 และ 6,320,000 kWh/y ในปี 2080



รูปที่ 49 ค่าพลังงานในอาคารสำนักงาน Base Case เฉลี่ยต่อตารางเมตรเมื่อใช้ข้อมูลอากาศปัจจุบัน (1990) และข้อมูลอากาศที่สร้างขึ้นใหม่ (2020 2050 2080)

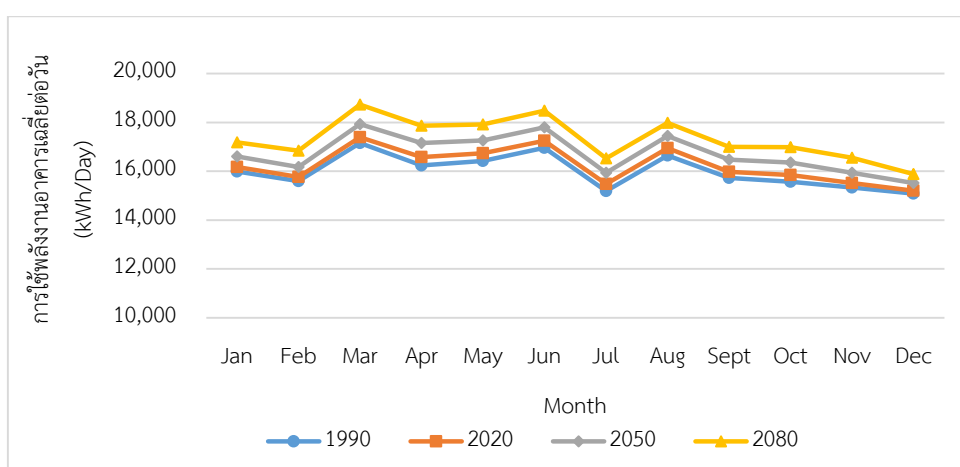
เมื่อคิดเป็นการใช้พลังงานรวมต่อตารางเมตร หรือ EUI จะได้การใช้พลังงานรวมอยู่ที่ 193 kWh/m²y เมื่อใช้ข้อมูลอากาศปี 1990 และเพิ่มขึ้นจนเป็น 196 kWh/m²y เมื่อใช้ข้อมูลอากาศปี 2020 เป็น 202 kWh/m²y เมื่อใช้ข้อมูลอากาศปี 2050 และ 209 kWh/m²y ในปี 2080 ดังแสดงในรูปที่ 49



รูปที่ 50 ค่าความแตกต่างของการใช้พลังงานในอาคารสำนักงาน Base Case เมื่อใช้ข้อมูลอากาศปี 2020 2050 และ 2080 เมื่อเทียบกับการใช้ข้อมูลอากาศปี 1990

เมื่อเปรียบเทียบการเพิ่มขึ้นของการใช้พลังงานรวมในอาคารสำนักงาน Base Case ที่ใช้ข้อมูลอากาศปี 2020 2050 และ 2080 เปรียบเทียบกับปี 1990 พบว่า เมื่อใช้ข้อมูลอากาศปี 2020 2050 2080 ในการจำลองจะมีการใช้พลังงานรวมในอาคารเพิ่มขึ้นมาประมาณ 2% 5% และ 8% ตามลำดับ ดังแสดงในรูปที่ 50

เมื่อพิจารณาการใช้พลังงานรวมแยกตามแต่ละเดือน ได้ผลดังรูปที่ 51 ซึ่งจะเห็นค่าการใช้พลังงานที่เพิ่มขึ้นเรื่อยๆ แต่ละปี ในทุกๆ เดือน โดยในช่วงปี 1990 – 2020 พลังงานจะเพิ่มขึ้นน้อยกว่าเมื่อเทียบกับช่วงปีอื่น



รูปที่ 51 การใช้พลังงานรวมในอาคารสำนักงาน Base Case เฉลี่ยต่อวันในแต่ละเดือน เมื่อใช้ข้อมูลอากาศปัจจุบัน (1990) และข้อมูลอากาศที่สร้างขึ้นใหม่ (2020 2050 2080)

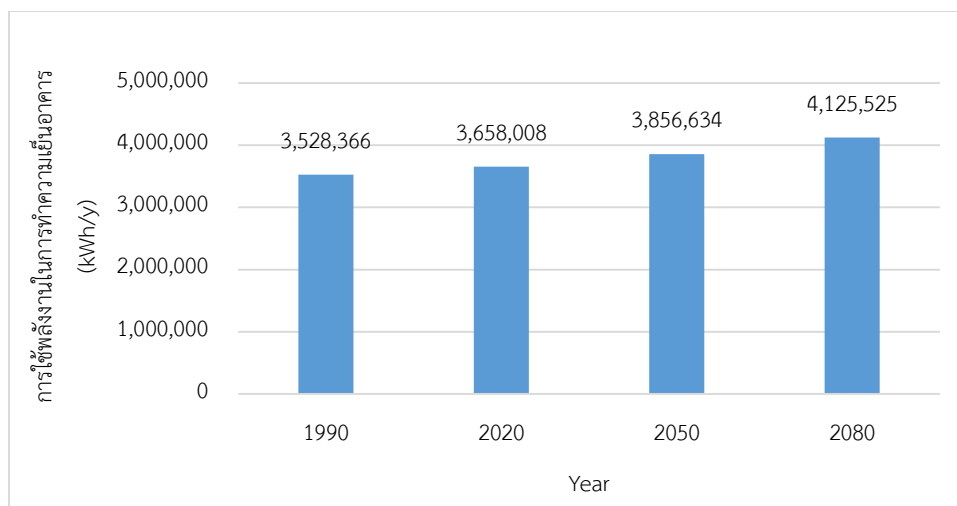
จากรูปที่ 51 เดือนที่ใช้พลังงานต่อวันมากที่สุด คือ เดือนมีนาคม โดยใช้พลังงาน 17,163 kWh/day เมื่อใช้ข้อมูลอากาศปี 1990 ใช้พลังงาน 17,395 kWh/day เมื่อใช้ข้อมูลอากาศปี 2020 ใช้พลังงาน 17,930 kWh/day เมื่อใช้ข้อมูลอากาศปี 2050 และใช้พลังงาน 18,735 kWh/day เมื่อใช้ข้อมูลอากาศปี 2080

ส่วนเดือนที่ใช้พลังงานต่อวันน้อยที่สุด คือ เดือนธันวาคม โดยใช้พลังงาน 15,086 kWh/day เมื่อใช้ข้อมูลอากาศปี 1990 ใช้พลังงาน 15,210 kWh/day เมื่อใช้ข้อมูลอากาศปี 2020 ใช้พลังงาน 15,513 kWh/day เมื่อใช้ข้อมูลอากาศปี 2050 และใช้พลังงาน 15,886 kWh/day เมื่อใช้ข้อมูลอากาศปี 2080

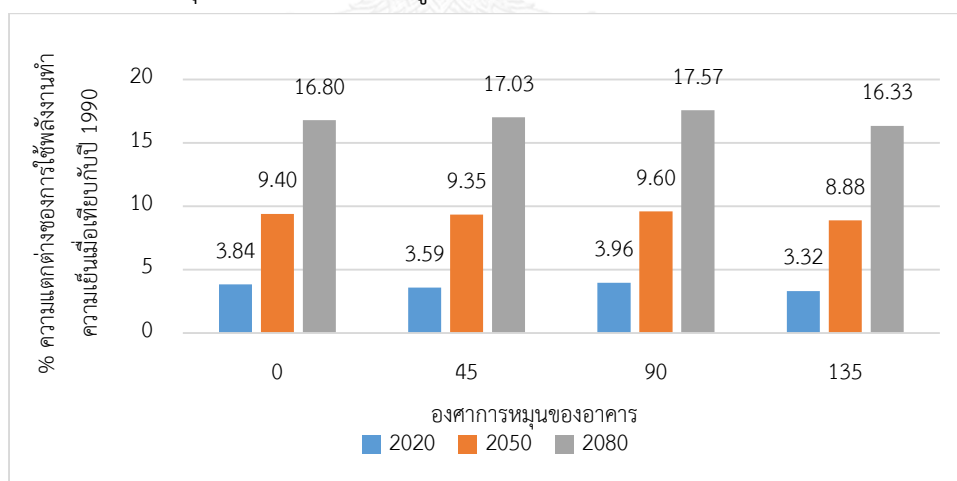
อีกทั้งในช่วงฤดูร้อนค่าการใช้พลังงานในแต่ละปีจะขยับเพิ่มขึ้นมากกว่าในช่วงอื่น ๆ ที่ค่าพลังงานในแต่ละปีจะเพิ่มขึ้นในสัดส่วนที่น้อยกว่า

พลังงานในการทำความเย็น

ในแผนภูมิวงกลมที่แสดงสัดส่วนการใช้พลังงานของอาคารในด้านต่างๆ จะเห็นได้ว่าอาคารมีการใช้พลังงานในการทำความเย็นมากที่สุด ถ้าหากพิจารณาเฉพาะพลังงานในการทำความเย็น จะได้ผลดังรูปที่ 52



รูปที่ 52 ค่าพลังงานในการทำความเย็นเฉลี่ยทุกทิศของอาคารสำนักงาน Base Case เมื่อใช้ข้อมูลอากาศปัจจุบัน (1990) และข้อมูลอากาศที่สร้างขึ้นใหม่ (2020 2050 2080)



รูปที่ 53 ค่าความแตกต่างของการใช้พลังงานในการทำความเย็นของอาคารสำนักงาน Base Case เมื่อใช้ข้อมูลอากาศปี 2020 2050 และ 2080 เมื่อเทียบกับการใช้ข้อมูลอากาศปี 1990

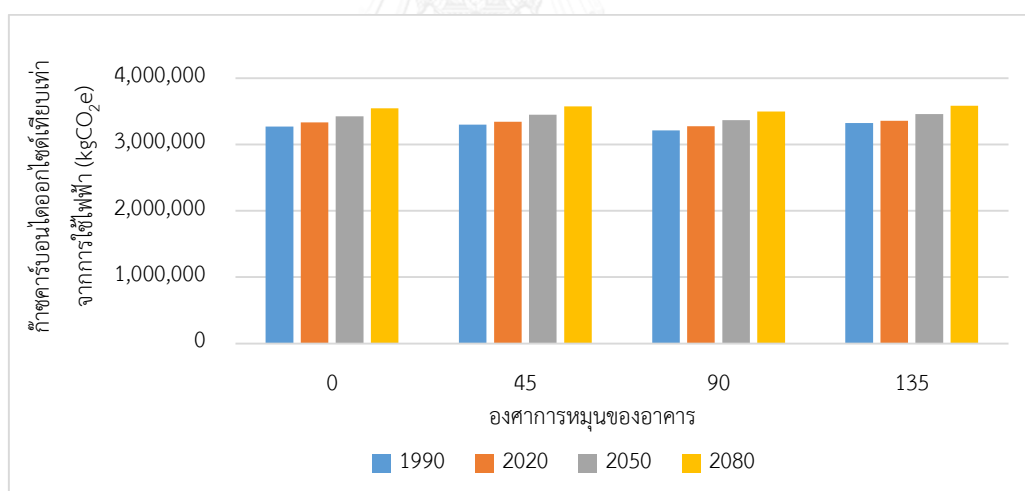
เมื่อคิดเปอร์เซ็นต์การเพิ่มขึ้นของการใช้พลังงานในการทำความเย็นของอาคารที่ใช้ข้อมูลอากาศปี 2020 2050 และ 2080 เปรียบเทียบกับปี 1990 พบว่า เมื่อใช้ข้อมูลอากาศปี 2020 2050

2080 ในการจำลองจะมีการใช้พลังงานในการทำความเย็นเพิ่มขึ้นมาประมาณ 4% 9% และ 17% ในปี 2020 2050 และ 2080 ตามลำดับเมื่อเทียบกับปี 1990 ดังแสดงในรูปที่ 53 ทำให้เห็นว่าเมื่อเวลาผ่านไปการประสพภาวะอากาศเปลี่ยนแปลง อุณหภูมิอากาศเพิ่มมากขึ้น จะทำให้อาคารต้องใช้พลังงานในการทำความเย็นเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ

การปล่อยก๊าซเรือนกระจก

เมื่อต้องใช้พลังงานไฟฟ้าเพิ่มขึ้นนั้นทำให้เกิดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกอันเป็นสาเหตุให้เกิดภาวะโลกร้อนเพิ่มมากขึ้นด้วย เมื่อคิดเป็นค่าการปล่อยก๊าซ CO₂ เทียบเท่าจากการใช้พลังงานในอาคาร โดยใช้ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจก (Emission Factor) 0.5610 kgCO₂e/kWh (องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน), 2555) เมื่อคิดเป็นสมการที่ 12 ได้ผลดังรูปที่ 54

$$\text{CO}_2 \text{ emission} = \text{ปริมาณไฟฟ้า (kWh)} \times 0.5610 \text{ kgCO}_2\text{e/kWh} \quad (12)$$



รูปที่ 54 ค่าการปล่อยก๊าซ CO₂ เทียบเท่าจากการใช้พลังงานรวมในอาคารสำนักงาน Base Case เมื่อหันอาคารในแต่ละทิศและใช้ข้อมูลอากาศปัจจุบัน (1990) และข้อมูลอากาศที่สร้างขึ้นใหม่ (2020 2050 2080)

จะเห็นได้ว่ามีอัตราการปล่อยก๊าซ CO₂ เพิ่มมากขึ้น โดยเมื่อเฉลี่ยการหันอาคาร 4 ทิศ ค่าก๊าซ CO₂ เทียบเท่าจะเพิ่มมากขึ้นแต่ละปี จากประมาณ 3,275 TonsCO₂e ในปี 1990 เป็นประมาณ 3,325 TonsCO₂e ในปี 2020 และ 3,424 TonsCO₂e และ 3,549 TonsCO₂e ในปี 2050 และ 2080 ตามลำดับ

สรุปการใช้พลังงานของอาคารสำนักงาน Base Case

จากการจำลองการใช้พลังงานของอาคารสำนักงาน Base Case ทำให้ได้เห็นว่า การใช้พลังงานในการทำความเย็นนั้นเป็นสัดส่วนที่มากที่สุด ซึ่งสาเหตุของการใช้พลังงานในการทำความเย็น มากนั้นเนื่องจากปริมาณความร้อนที่เข้ามาได้มาก ซึ่งเกิดจากการใช้กระจกที่มีประสิทธิภาพต่ำ ทำให้ค่า OTTV นั้นสูงมาก อีกสาเหตุหนึ่งคือ การใช้เครื่องปรับอากาศที่มีประสิทธิภาพไม่สูงพอที่จะรับกับสภาพอากาศที่เปลี่ยนแปลงไป

4.2.1.2 อาคารสำนักงานแบบปรับปรุง

จากการจำลองการใช้พลังงานของอาคารสำนักงาน Base Case นั้นทำให้ทราบว่าควรปรับปรุงเรื่องค่า OTTV ให้ลดต่ำลง และควรเพิ่มประสิทธิภาพของเครื่องปรับอากาศ นอกจากนี้การปรับปรุงค่ากำลังไฟฟ้าแสงสว่างให้ลดต่ำลงนั้นก็ยังสามารถช่วยลดการใช้พลังงานได้ จึงทำการปรับปรุง 3 ปัจจัยนี้เป็นหลัก

อาคารสำนักงานแบบปรับปรุงนี้ได้แนวทางมาจากงานวิจัยของสุรพงษ์ จิระรัตนานนท์ (2553) ที่ได้เสนอแนวทางการปรับปรุงอาคารให้เป็นประหยัดพลังงานในอนาคตไว้ ทำให้ได้นำแนวทางปรับปรุงอาคารนั้นมาปรับใช้ในการปรับปรุงอาคารสำนักงาน base case เพื่อประเมินการใช้พลังงานในอนาคตเมื่อใช้ข้อมูลอากาศที่สร้างขึ้นใหม่

อาคารสำนักงานแบบปรับปรุงมีลักษณะดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ลักษณะอาคารสำนักงานแบบปรับปรุง

ขนาด	28 x 36 เมตร
ความสูงแต่ละชั้น	4 เมตร
จำนวนชั้น	30 ชั้น
ผนัง	ผนังอลูมิเนียมสำเร็จรูป หนา 4 มม. ช่องว่างอากาศภายในผนัง หนา 100 มม. ในฉนวนใยแก้วความหนาแน่น 24 กก./ลบ.ม. หนา 2 นิ้ว ผนังภายในยิปซัมบอร์ด หนา 12 มม. *
หลังคา	หลังคาคอนกรีตเสริมเหล็ก ฉนวนใยแก้ว ฝ้าเพดานยิปซัมบอร์ด *
พื้น	พื้นโครงเหล็ก $U=1.986 \text{ W/m}^2\text{k}$ **

กระจก	กระจก Low-E VT 57% SC 0.31 SHGC 0.27 U = 1.46 W/m ² k *
OTTV	46 W/m ²
WWR	54%
LPD	6 W/m ² ***
EQD	10.5 W/m ² ***
COP	4.39 ***

* ค่าที่ใช้อ้างอิงจากงานวิจัยของสวิชญา ดาวประกายมงคล (2552)

** ค่าที่ใช้อ้างอิงจาก ASHRAE 90.1 (2010)

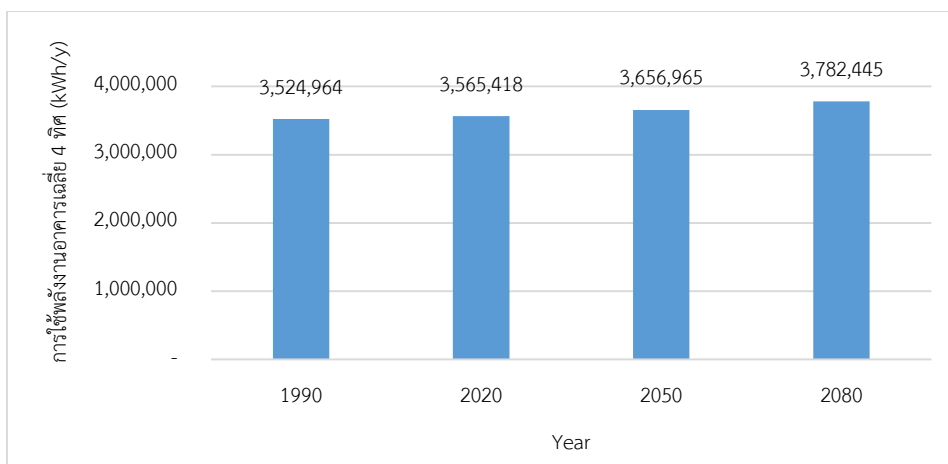
*** ค่าที่ใช้อ้างอิงจากงานวิจัยของสุรพงษ์ จิระรัตนานนท์ (2553)

เมื่อทำการจำลองการใช้พลังงานในอาคารที่ทำการปรับปรุงแล้ว เมื่อใช้ข้อมูลอากาศปี 1990 และข้อมูลอากาศที่สร้างขึ้นใหม่ ปี 2020 2050 และ 2080 ในการจำลอง ได้ผลตารางที่ 5

ตารางที่ 5 ผลการใช้พลังงานในส่วนต่างๆ ของอาคารสำนักงานแบบปรับปรุง

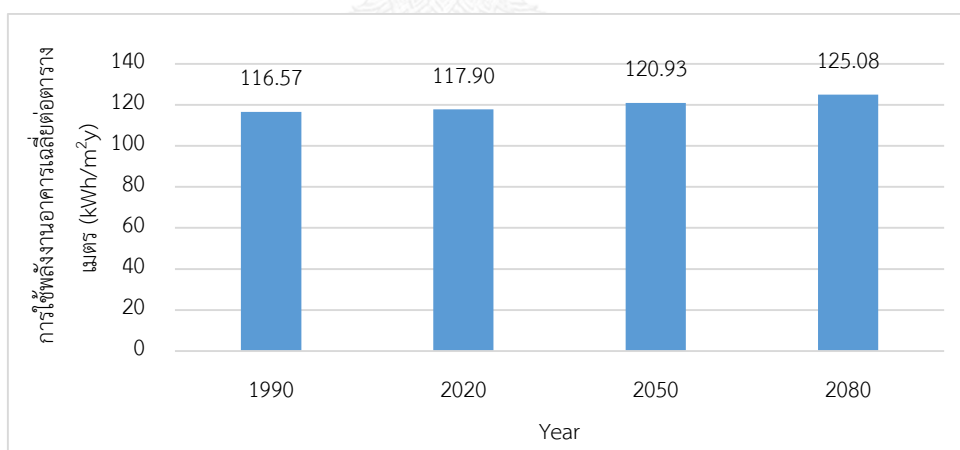
ข้อมูล อากาศ	Lighting (kWh/y)	Equipment (kWh/y)	Heating* (kWh/y)	Cooling +Fans (kWh/y)	Tower +Pump (kWh/y)	Total (kWh/y)	พลังงาน ต่อตร.ม. (kWh/m ² y)
1990	513,528	898,686	165,516	1,840,124	107,109	3,524,964	116.57
2020	513,528	898,686	141,025	1,898,841	113,339	3,565,418	117.90
2050	513,528	898,686	126,265	1,997,147	121,340	3,656,965	120.93
2080	513,528	898,686	102,372	2,136,302	131,557	3,782,445	125.08

*Heating นี้คือการ Reheat เพื่อให้เกิด comfort ตามวิธีการของ VisualDOE



รูปที่ 55 ค่าพลังงานเฉลี่ยทุกทิศของอาคารสำนักงานแบบปรับปรุงเมื่อใช้ข้อมูลอากาศปัจจุบัน (1990) และข้อมูลอากาศที่สร้างขึ้นใหม่ (2020 2050 2080)

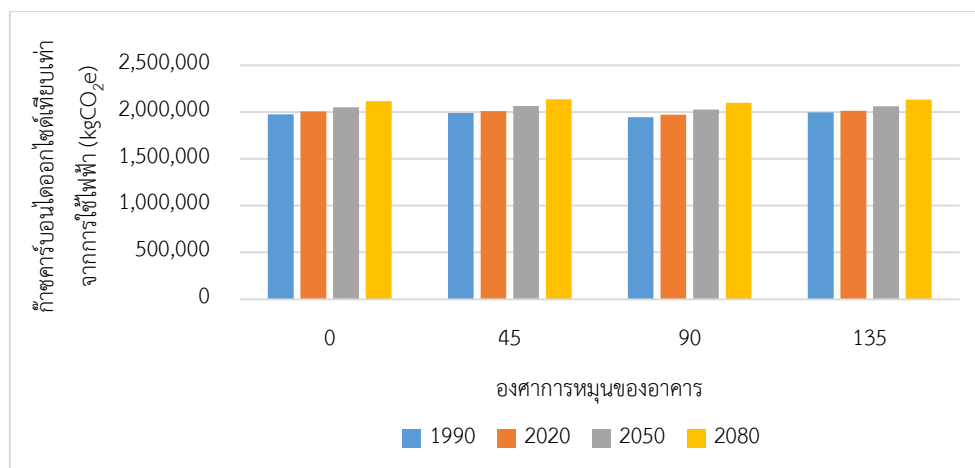
จากรูปที่ 55 พบว่าเมื่อทำการปรับปรุงอาคารทำให้มีค่าเฉลี่ยการใช้งลังงานอาคารเมื่อใช้ข้อมูลอากาศปี 1990 อยู่ที่ประมาณ 3,524,963 kWh/y เมื่อใช้ข้อมูลอากาศปี 2020 การใช้งลังงานในอาคารจะเป็น 3,565,418 kWh/y และ 3,656,965 kWh/y ในปี 2050 และ 3,782,445 kWh/y ในปี 2080



รูปที่ 56 ค่าพลังงานในอาคารสำนักงานแบบปรับปรุงเฉลี่ยต่อตารางเมตรเมื่อใช้ข้อมูลอากาศปัจจุบัน (1990) และข้อมูลอากาศที่สร้างขึ้นใหม่ (2020 2050 2080)

เมื่อคิดเป็นค่า EUI จะได้ 117 kWh/m²y เมื่อใช้ข้อมูลอากาศปี 1990 และเป็น 118 kWh/m²y เมื่อใช้ข้อมูลอากาศปี 2020 เป็น 121 kWh/m²y เมื่อใช้ข้อมูลอากาศปี 2050 และ 125 kWh/m²y เมื่อใช้ข้อมูลอากาศปี 2080 ดังแสดงในรูปที่ 56

เมื่อคิดเป็นค่าการปล่อยก๊าซ CO₂ เทียบเท่าจากการใช้พลังงานในอาคารสำนักงานที่ทำการปรับปรุงแล้ว ได้ผลดังรูปที่ 57



รูปที่ 57 ค่าการปล่อยก๊าซ CO₂ เทียบเท่าจากการใช้พลังงานรวมในอาคารสำนักงานที่ปรับปรุงแล้ว เมื่อหันอาคารในแต่ละทิศและใช้ข้อมูลอากาศปัจจุบัน (1990) และข้อมูลอากาศที่สร้างขึ้นใหม่ (2020 2050 2080)

ปริมาณก๊าซ CO₂ เทียบเท่าเฉลี่ยการหันอาคาร 4 ทิศ คือ ประมาณ 1,978 TonsCO₂e ในปี 1990 เป็นประมาณ 2,000 TonsCO₂e ในปี 2020 และ 2,052 TonsCO₂e และ 2,122 TonsCO₂e ในปี 2050 และ 2080 ตามลำดับ

4.2.1.3 เปรียบเทียบการใช้พลังงานของอาคารสำนักงาน

อาคารที่ทำการปรับปรุงนั้นได้ถูกเปลี่ยนแปลงค่าหลักๆ ใน 3 ปัจจัย คือ 1. ค่า OTTV โดยการปรับปรุงเปลือกอาคาร 2. ค่าการใช้พลังงานไฟฟ้าแสงสว่าง LPD และ 3. ค่าสมรรถนะการทำความเย็นของเครื่องปรับอากาศ หรือ COP ซึ่งจะทำการพิจารณาแต่ละปัจจัย โดยทำการจำลองกรณี queปรับปรุงอาคารทีละปัจจัย ได้ผลดังนี้

ปรับปรุงค่า OTTV

เมื่อปรับปรุงเฉพาะค่า OTTV โดยการเปลี่ยนการใช้กระจกให้กลายเป็นกระจกที่มีประสิทธิภาพมากขึ้น จากเดิมที่ใช้กระจกลามิเนตสีเขียว ที่มีค่า $SC=0.60$ $SHGC=0.522$ $VT=71\%$ และ $U=5.52$ W/m^2k เปลี่ยนเป็นกระจก Low-E ที่มีค่า $SC=0.31$ $SHGC=0.27$ $VT=57\%$ และ $U=1.46$ W/m^2k ทำให้ค่า OTTV จากเดิม 91 W/m^2 ลดลงเหลือ 46 W/m^2 ได้ผลการจำลองการใช้พลังงานดังตารางที่ 6

ตารางที่ 6 ค่าการใช้พลังงานต่อปีของอาคารสำนักงานเมื่อทำการปรับปรุงเฉพาะค่า OTTV

กรณี	ปี	Lighting (kWh/y)	Equip ment (kWh/y)	Heating* (kWh/y)	Cooling +Fans (kWh/y)	Tower +Pump (kWh/y)	Total (kWh/y)	พลังงาน ต่อตร.ม. (kWh/m ² y)	%การใช้ พลังงาน ที่ลดลง
Base Case	1990	898,686	898,686	361,734	3,528,366	151,603	5,839,075	193.09	
ปรับ ปรุง	1990	898,686	898,686	159,400	2,657,833	114,894	4,729,499	156.40	19.00
	2020	898,686	898,686	135,504	2,746,122	121,515	4,800,513	158.75	17.79
OTTV	2050	898,686	898,686	122,006	2,888,381	129,890	4,937,649	163.28	15.44
	2080	898,686	898,686	98,892	3,091,166	140,854	5,128,284	169.59	12.17

*Heating นี้คือการ Reheat เพื่อให้เกิด comfort ตามวิธีการของ VisualDOE

การลดค่า OTTV โดยการเปลี่ยนชนิดกระจกให้มีสมรรถนะในการกันความร้อนได้ดีขึ้นนั้น สามารถลดการใช้พลังงานลงจากเดิมได้อย่างมาก โดยสามารถลดได้ 19% ในปัจจุบัน และจะลดลงได้ 17.79% เมื่อถึงปี 2020 และยังคงสามารถทำให้การใช้พลังงานน้อยลงจากเดิมได้มาก อย่างต่อเนื่อง ในปี 2050 โดยลดการใช้พลังงานลง 15.44% จากปัจจุบัน และในปี 2080 ยังสามารถใช้พลังงานน้อยกว่าปัจจุบัน 12.17%

จากค่าการใช้พลังงานข้างต้นสามารถบอกได้ว่าการเลือกใช้กระจกที่ดีก็เป็นปัจจัยหนึ่งที่จะสามารถช่วยลดการใช้พลังงานลงไปได้มาก และมีผลต่อเนื่องได้ถึงในอนาคต

ปรับปรุงค่า LPD

เมื่อปรับปรุงเฉพาะค่ากำลังไฟฟ้าแสงสว่าง จากเดิมที่ใช้ค่า LPD=10.50 W/m² เปลี่ยนมาเป็น 6 W/m² ซึ่งทำได้โดยการใช้หลอดไฟที่ประหยัดพลังงานมากขึ้น เช่น การใช้หลอด LED เป็นต้น ได้ผลการจำลองการใช้พลังงานดังตารางที่ 7

ตารางที่ 7 ค่าการใช้พลังงานต่อปีของอาคารสำนักงานเมื่อทำการปรับปรุงเฉพาะค่า LPD

กรณี	ปี	Lighting (kWh/y)	Equip ment (kWh/y)	Heating* (kWh/y)	Cooling +Fans (kWh/y)	Tower +Pump (kWh/y)	Total (kWh/y)	พลังงาน ต่อตร.ม. (kWh/m ² y)	%การใช้ พลังงาน ที่ลดลง
Base Case	1990	898,686	898,686	361,734	3,528,366	151,603	5,839,075	193.09	
ปรับ ค่า LPD	1990	513,528	898,686	372,810	3,356,648	144,153	5,285,825	174.80	9.47
	2020	513,528	898,686	316,991	3,484,654	155,053	5,368,912	177.54	8.05
	2050	513,528	898,686	283,214	3,680,651	165,611	5,541,689	183.26	5.09
	2080	513,528	898,686	222,979	3,946,421	179,129	5,760,743	190.50	1.34

*Heating นี้คือการ Reheat เพื่อให้เกิด comfort ตามวิธีการของ VisualDOE

การลดการใช้กำลังไฟฟ้าแสงสว่าง หรือ LPD นั้นส่งผลต่อการประหยัดพลังงาน โดยสามารถลดการใช้พลังงานลงจากเดิมได้ 9.47% ในปัจจุบัน และเมื่อถึงปี 2020 สามารถทำให้ใช้พลังงานน้อยกว่าที่ใช้ในปัจจุบัน 8.05% และยังสามารถใช้พลังงานน้อยกว่าปัจจุบันได้ 5.09% ในปี 2050 จนถึงปี 2080 ยังคงสามารถใช้พลังงานน้อยกว่าเดิมได้ 1.34%

เพราะฉะนั้นการปรับปรุงอาคารโดยลดการใช้กำลังไฟฟ้าแสงสว่าง หรือ ปรับค่า LPD เพียงอย่างเดียวนั้นสามารถลดการใช้พลังงานในอนาคตได้ ถึงแม้ปัจจัยการปรับปรุงค่า LPD จะทำให้ลดการใช้พลังงานได้น้อยที่สุดในทั้งหมด 3 ปัจจัยที่พิจารณา แต่ก็สามารถทำให้ลดการใช้พลังงานในอนาคตได้จนถึงปี 2080

ปรับปรุงค่า COP

เมื่อปรับปรุงเฉพาะสมรรถนะการทำความเย็นของเครื่องปรับอากาศ หรือ COP จากเดิมที่ใช้ค่า COP 3.14 เปลี่ยนเป็น COP 4.39 จะได้ผลการจำลองการใช้พลังงานดังตารางที่ 8

ตารางที่ 8 ค่าการใช้พลังงานต่อปีของอาคารสำนักงานเมื่อทำการปรับปรุงเฉพาะค่า COP

กรณี	ปี	Lighting (kWh/y)	Equip- ment (kWh/y)	Heating* (kWh/y)	Cooling +Fans (kWh/y)	Tower +Pump (kWh/y)	Total (kWh/y)	พลังงาน ต่อตร.ม. (kWh/m ² y)	%การใช้ พลังงาน ที่ลดลง
Base Case	1990	898,686	898,686	361,734	3,528,366	151,603	5,839,075	193.09	
ปรับ ปรุง ค่า COP	1990	898,686	898,686	361,734	2,646,303	149,781	4,955,190	163.86	15.14
	2020	898,686	898,686	309,824	2,736,397	159,182	5,002,776	165.44	14.32
	2050	898,686	898,686	276,014	2,879,504	168,748	5,121,637	169.37	12.29
	2080	898,686	898,686	217,829	3,070,289	182,338	5,267,828	174.20	9.78

*Heating นี้คือการ Reheat เพื่อให้เกิด comfort ตามวิธีการของ VisualDOE

การเพิ่มสมรรถนะการทำความเย็นของเครื่องปรับอากาศก็สามารถลดการใช้พลังงานอาคารจากเดิมลงได้มากเช่นกัน โดยสามารถลดลงไปได้ 15.14% ในปัจจุบัน เมื่อถึงปี 2020 สามารถทำให้ใช้พลังงานน้อยลงกว่าปัจจุบัน 14.32% และลดลงได้ 12.29% ในปี 2050 และยังคงใช้พลังงานน้อยกว่าปัจจุบันได้ 9.78% ในปี 2080

จากข้อมูลข้างต้นสามารถบอกได้ว่าปัจจัยการเพิ่มสมรรถนะการทำความเย็นของเครื่องปรับอากาศเพียงอย่างเดียวสามารถลดการใช้พลังงานอาคารในอนาคตได้มาก และใช้ได้ต่อเนื่องในอนาคต

ปรับปรุงทั้งค่า OTTV LPD และ COP ทั้ง 3 ค่า

เมื่อปรับปรุงอาคารโดยทำการปรับปรุงทั้ง 3 ส่วนพร้อมกัน คือ การปรับค่า OTTV ค่า LPD และค่า COP จะได้ผลการใช้พลังงานดังตารางที่ 9

ตารางที่ 9 ค่าการใช้พลังงานต่อปีของอาคารสำนักงานที่ปรับปรุงทุกปีจจัย

กรณี	ปี	Lighting (kWh/y)	Equip ment (kWh/y)	Heating* (kWh/y)	Cooling +Fans (kWh/y)	Tower +Pump (kWh/y)	Total (kWh/y)	พลังงาน ต่อตร.ม. (kWh/m ² /y)	%การใช้ พลังงาน ที่ลดลง
Base Case	1990	898,686	898,686	361,734	3,528,366	151,603	5,839,075	193.09	
ปรับ ปรุง ทุกค่า	1990	513,528	898,686	165,516	1,840,124	107,109	3,524,964	116.57	39.63
	2020	513,528	898,686	141,025	1,898,841	113,339	3,565,418	117.90	38.94
	2050	513,528	898,686	126,265	1,997,147	121,340	3,656,965	120.93	37.37
	2080	513,528	898,686	102,372	2,136,302	131,557	3,782,445	125.08	35.22

*Heating นี้คือการ Reheat เพื่อให้เกิด comfort ตามวิธีการของ VisualDOE

เมื่อปรับปรุงอาคารโดยปรับค่าทั้ง 3 ปัจจัย จะสามารถลดการใช้พลังงานจากเดิมลงได้ 39.63% ในปัจจุบัน และยังคงลดลงได้มากในอนาคต โดยในปี 2020 สามารถใช้พลังงานอาคารน้อยกว่าปัจจุบัน 38.94% ในปี 2050 สามารถใช้พลังงานน้อยกว่าปัจจุบัน 37.37% และในปี 2080 ยังคงสามารถใช้พลังงานน้อยกว่าปัจจุบัน 35.22%

การใช้พลังงานตามนโยบาย COP21

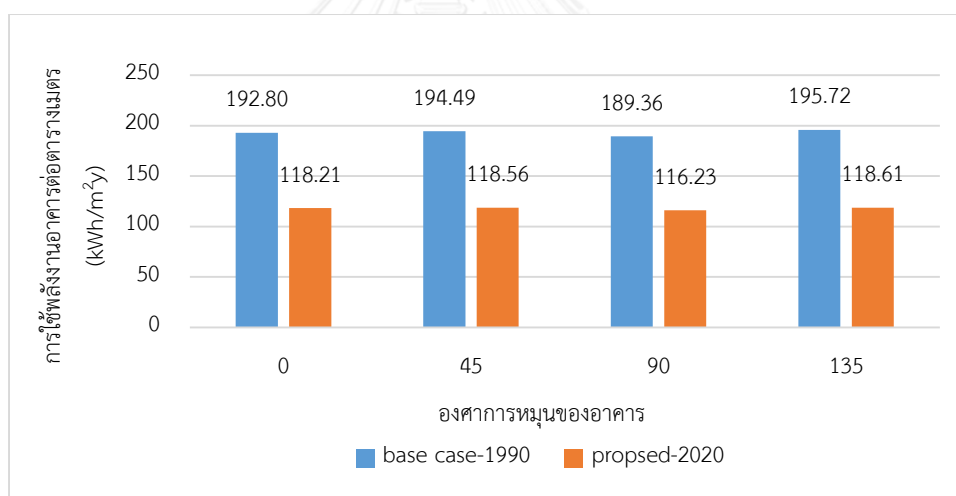
จากการการประชุมสมัชชาประเทศภาคีอนุสัญญาสหประชาชาติว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ สมัยที่ 21 (Conference of Parties: COP21) ที่ปารีสที่ผ่านมาเมื่อปลายปี 2015 นั้น ประเทศไทยได้ตั้งเป้าหมายการลดก๊าซเรือนกระจกลง 20-25% ในปี 2030 ด้วยเหตุนี้จึงทำการประเมินการใช้พลังงานว่าจะทำให้สามารถลดการใช้พลังงานลงได้ 20-25% ตามเป้าหมายหรือไม่ และเนื่องจากไม่มีข้อมูลอากาศปี 2030 จึงใช้ข้อมูลอากาศปี 2020 แทน

การประเมินจึงวัดการใช้พลังงานของอาคารสำนักงาน Base Case ที่จำลองโดยใช้ข้อมูลอากาศปัจจุบัน ซึ่งคือปี 1990 มาเปรียบเทียบกับการใช้พลังงานของอาคารสำนักงานแบบปรับปรุง ที่จำลองโดยใช้ข้อมูลอากาศปี 2020 จะได้ผลการใช้พลังงานรวมดังตารางที่ 10

ตารางที่ 10 ค่าการใช้พลังงานรวมของอาคารสำนักงานเมื่อเปรียบเทียบกับอาคารสำนักงาน Base Case กับอาคารสำนักงานแบบปรับปรุงในปี 2020 (kWh/y)

องศาการหมุนอาคาร	0°	45°	90°	135°	เฉลี่ย
base case-1990	5,830,197	5,881,228	5,726,325	5,918,551	5,839,075
proposed-2020	3,574,708	3,585,305	3,514,785	3,586,874	3,565,411
%ลด	38.69	39.04	38.62	39.40	38.94

เมื่อนำผลการจำลองการใช้พลังงานของทั้ง 2 กรณีมาเปรียบเทียบกันจะได้ดังรูปที่ 58 ซึ่งจะเห็นว่าการใช้พลังงานของอาคารสำนักงานแบบปรับปรุง เมื่อถึงเวลาในอนาคตปี 2020 การใช้พลังงานจะยังคงน้อยกว่าอาคารสำนักงาน Base Case ในปัจจุบัน โดยที่อาคารสำนักงานปัจจุบันมีค่าการใช้พลังงานเฉลี่ยทั้ง 4 ทิศ 193 kWh/m²y และอาคารสำนักงานแบบปรับปรุงในปี 2020 มีค่าการใช้พลังงาน 118 kWh/m²y



รูปที่ 58 การใช้พลังงานของอาคารสำนักงาน Base Case ในปัจจุบันเทียบกับการใช้พลังงานของอาคารสำนักงานแบบปรับปรุงในปี 2020

เมื่อกำหนดค่าความแตกต่างของการใช้พลังงาน พบว่าอาคารสำนักงานแบบปรับปรุง ในปี 2020 มีการใช้พลังงานน้อยกว่าอาคารสำนักงาน Base Case เฉลี่ยทั้ง 4 ทิศประมาณ 39% ซึ่งหมายความว่า แนวทางการปรับปรุงอาคารสำนักงานที่นำมาใช้นั้นสามารถลดการใช้พลังงานลงได้มากกว่าที่กำหนดตามนโยบายของรัฐบาล คือ 20-25% จากปัจจุบัน

4.2.2 อาคารพักอาศัยรวม

4.2.2.1 อาคารพักอาศัยรวม Base Case

อาคารพักอาศัยรวมที่ใช้เป็น Base Case นั้นเป็นอาคารพักอาศัยต้นแบบที่เป็นอาคารพักอาศัยรวมทั่วไป อ้างอิงจากงานวิจัยของอภิญา บุญมา (2555) ซึ่งมีลักษณะดังตารางที่ 11

ตารางที่ 11 ลักษณะอาคารพักอาศัยรวม Base Case

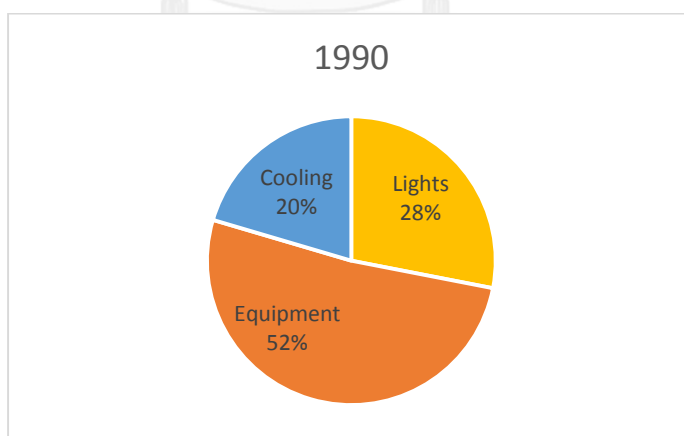
ขนาด	18 x 78 เมตร
ความสูงแต่ละชั้น	3.5 เมตร
จำนวนชั้น	29 ชั้น
ผนัง	ผนังคอนกรีตสำเร็จรูป ฉาบปูนเรียบ หนา 10 ซม.
หลังคา	คอนกรีตเสริมเหล็ก หนา 25 ซม.
พื้น	พื้นคอนกรีตเสริมเหล็ก หนา 25 ซม.
กระจก	VLT 88% SC 0.85 SHGC 0.73 U = 4.42 W/m ² k
WWR	37%
LPD	8.13 W/m ²
EQD	8.96 W/m ²
COP	3.22

เมื่อทำการจำลองการใช้พลังงานในอาคารพักอาศัยรวม Base Case ด้วยข้อมูลอากาศปัจจุบันปี 1990 และข้อมูลอากาศที่สร้างขึ้นใหม่ปี 2020 2050 และ 2080 ได้ผลการจำลองตารางที่ 12 ซึ่งประกอบไปด้วยผลการใช้พลังงานแสงสว่าง (Lighting) พลังงานจากเครื่องใช้ไฟฟ้า (Equipment) และพลังงานในการทำความเย็น (Cooling+Fans)

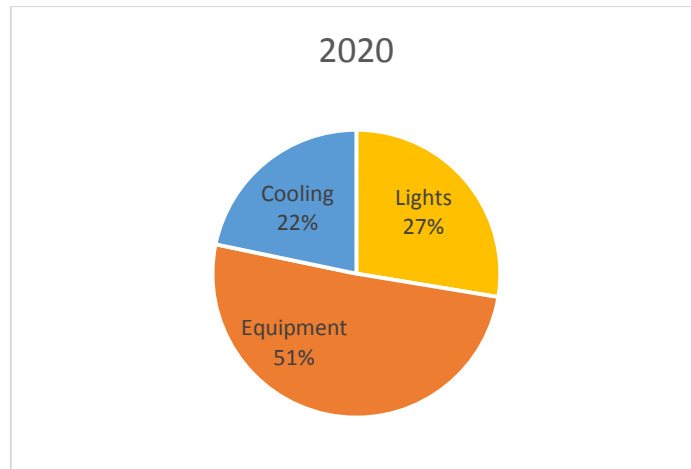
ตารางที่ 12 ผลการใช้พลังงานในส่วนต่างๆ ของอาคารพักอาศัยรวม Base Case

ข้อมูล อากาศ	Lighting (kWh/y)	Equipment (kWh/y)	Cooling+Fans (kWh/y)	Total (kWh/y)	พลังงานต่อตร.ม. (kWh/m ² y)
1990	676,606	1,242,095	492,898	2,411,599	59.23
2020	676,606	1,242,095	532,582	2,451,283	60.20
2050	676,606	1,242,095	594,080	2,512,781	61.71
2080	676,606	1,242,095	678,098	2,596,799	63.78

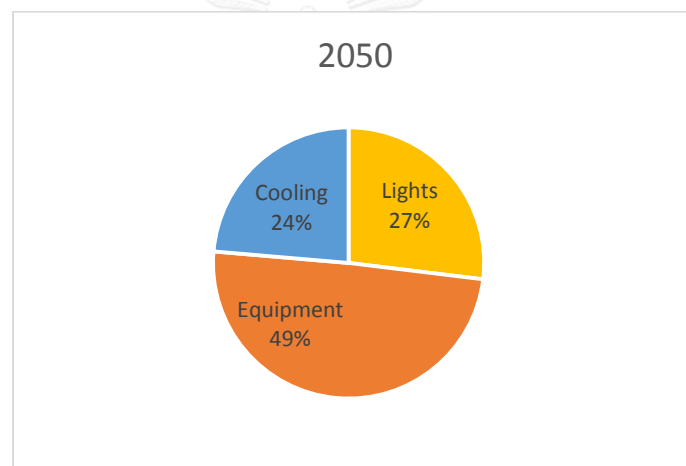
เมื่อนำมาคิดเป็นสัดส่วนการใช้พลังงานในด้านต่างๆ ในแต่ละปี จะได้ดังรูปที่ 59-62 จะเห็นได้ว่าอาคารพักอาศัยรวมมีการใช้พลังงานหลักอยู่ 3 หมวด คือ พลังงานในการทำความเย็น (Cooling) พลังงานแสงสว่าง (Lights) และพลังงานจากเครื่องใช้ไฟฟ้า (Equipment) โดยการใช้พลังงานจากเครื่องใช้ไฟฟ้านั้นเป็นสัดส่วนที่มากกว่าการใช้พลังงานด้านอื่นๆ และเป็นสัดส่วนประมาณ 50% ของการใช้พลังงานทั้งหมด ส่วนพลังงานในการทำความเย็นจะเป็นสัดส่วนที่น้อยที่สุด คิดเป็นประมาณ 20% จากการใช้พลังงานทั้งหมด แต่เมื่อใช้ข้อมูลอากาศในอนาคตในการจำลอง จะพบว่าสัดส่วนของการใช้พลังงานในการทำความเย็นจะมากขึ้นเรื่อย ๆ ในแต่ละปี



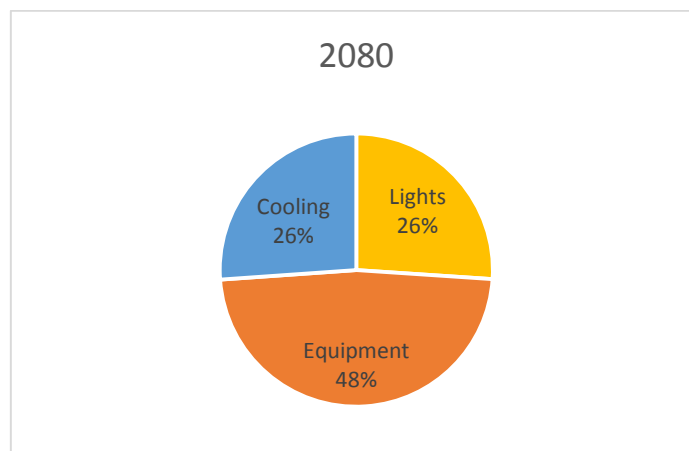
รูปที่ 59 สัดส่วนการใช้พลังงานอาคารพักอาศัยรวม Base Case เมื่อใช้ข้อมูลอากาศปี 1990



รูปที่ 60 สัดส่วนการใช้พลังงานอาคารพักอาศัยรวม Base Case เมื่อใช้ข้อมูลอากาศปี 2020

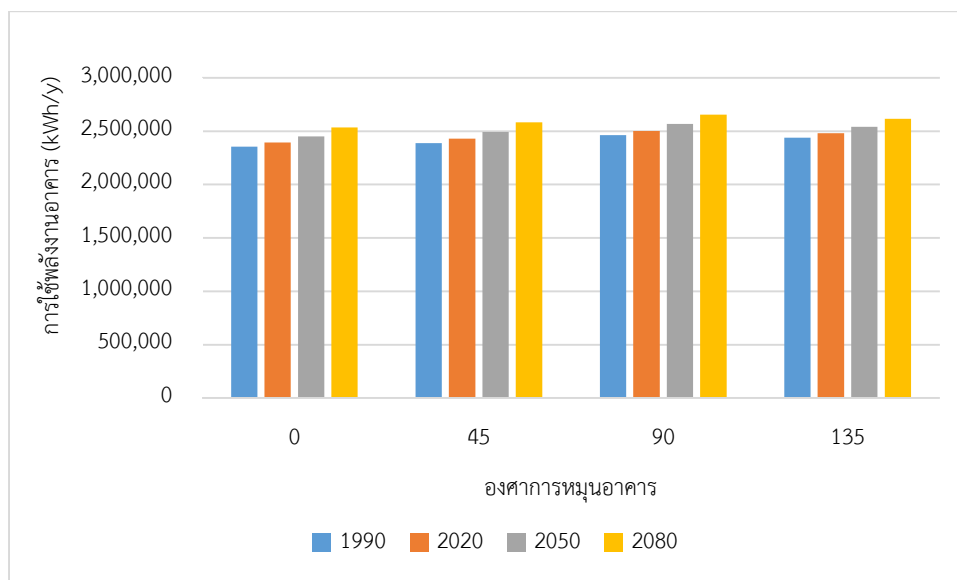


รูปที่ 61 สัดส่วนการใช้พลังงานอาคารพักอาศัยรวม Base Case เมื่อใช้ข้อมูลอากาศปี 2050

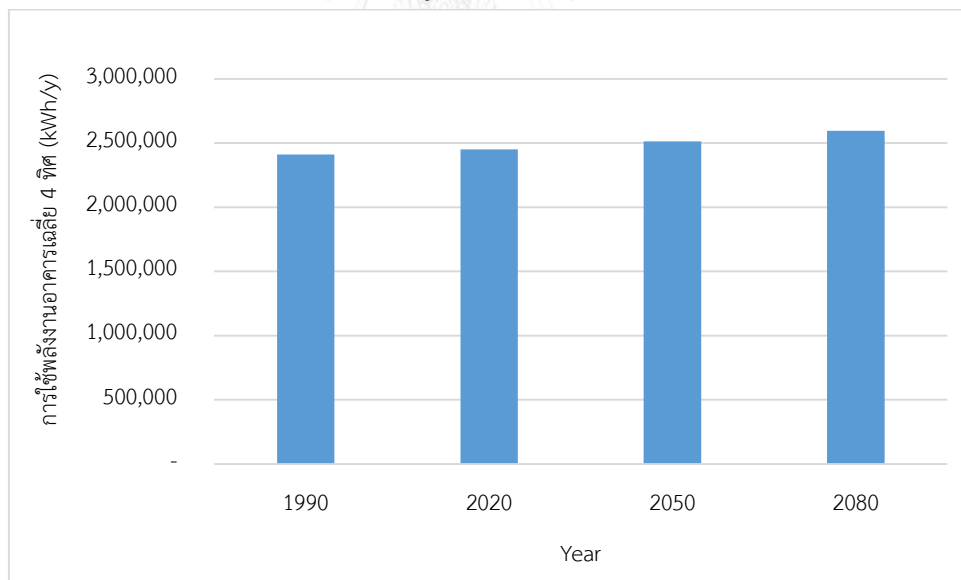


รูปที่ 62 สัดส่วนการใช้พลังงานอาคารพักอาศัยรวม Base Case เมื่อใช้ข้อมูลอากาศปี 2080

เมื่อเปรียบเทียบการใช้พลังงานรวมในอาคารพักอาศัย Base Case ที่ใช้ข้อมูลอากาศปี 1990 ในการจำลอง กับการใช้ข้อมูลอากาศปี 2020 2050 และ 2080 ในการจำลอง ได้ผลดังรูปที่ 63



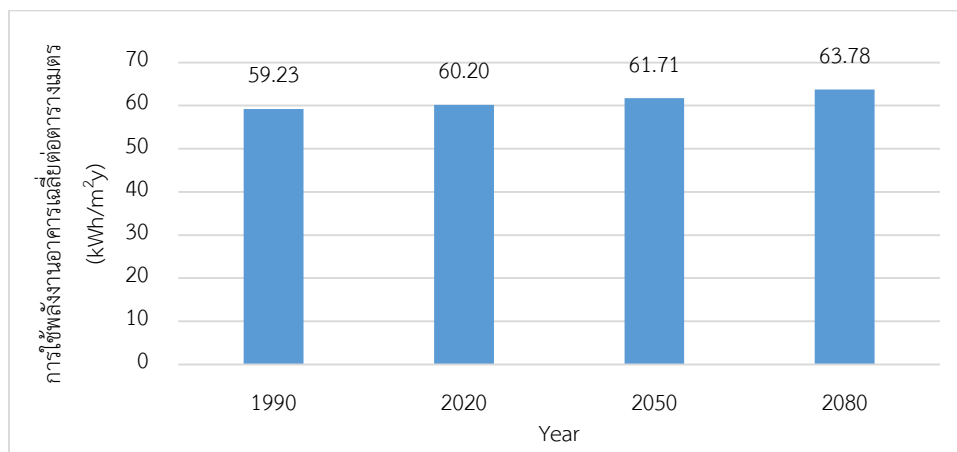
รูปที่ 63 ค่าพลังงานในอาคารพักอาศัยรวม Base Case เมื่อหันอาคารในแต่ละทิศและใช้ข้อมูลอากาศปัจจุบัน (1990) และข้อมูลอากาศที่สร้างขึ้นใหม่ (2020 2050 2080)



รูปที่ 64 ค่าพลังงานเฉลี่ยทุกทิศของอาคารพักอาศัยรวม Base Case เมื่อใช้ข้อมูลอากาศปัจจุบัน (1990) และข้อมูลอากาศที่สร้างขึ้นใหม่ (2020 2050 2080)

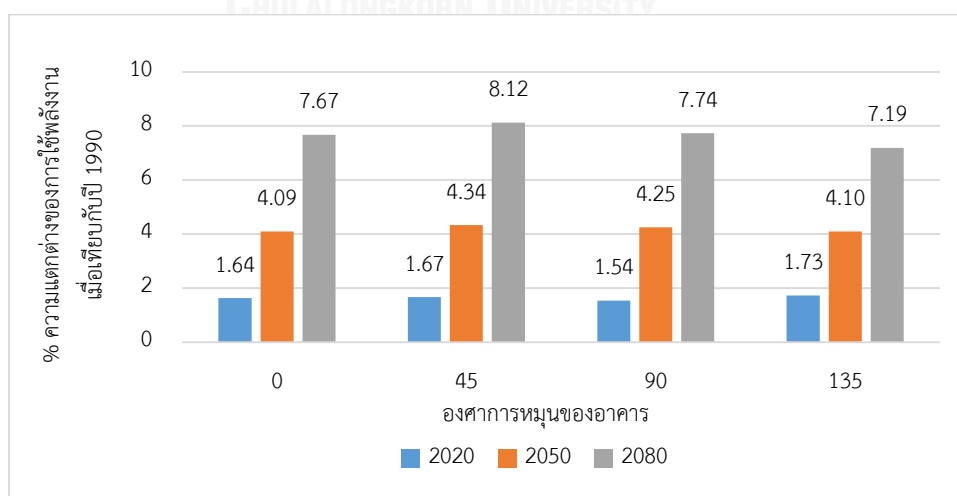
จากรูปที่ 64 จะเห็นได้ว่าการใช้พลังงานรวมในอาคารเพิ่มมากขึ้นทุกปี โดยที่ค่าเฉลี่ยการใช้พลังงานรวมของอาคารพักอาศัย Base Case เมื่อหันอาคารในทุกทิศ โดยการใช้อากาศปี 1990

ในการจำลอง อยู่ที่ 2,411,599 kWh/y เมื่อใช้ข้อมูลอากาศปี 2020 การใช้พลังงานในอาคารเพิ่มขึ้น เป็น 2,451,283 kWh/y และกลายเป็น 2,512,781 kWh/y ในปี 2050 และ 2,596,799 kWh/y ในปี 2080



รูปที่ 65 ค่าพลังงานในอาคารพักอาศัยรวม Base Case เฉลี่ยต่อตารางเมตรเมื่อใช้ข้อมูลอากาศ ปัจจุบัน (1990) และข้อมูลอากาศที่สร้างขึ้นใหม่ (2020 2050 2080)

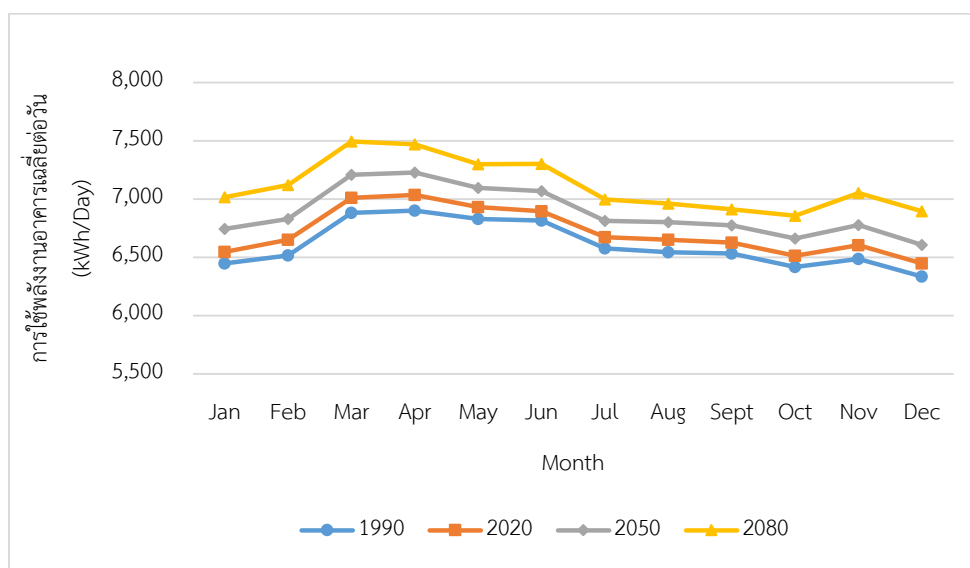
เมื่อคิดเป็นการใช้พลังงานรวมต่อตารางเมตร หรือ EUI จะได้การใช้พลังงานรวมอยู่ที่ 59 kWh/m²y เมื่อใช้ข้อมูลอากาศปี 1990 และเพิ่มขึ้นจนเป็น 60 kWh/m²y เมื่อใช้ข้อมูลอากาศปี 2020 เป็น 62 kWh/m²y เมื่อใช้ข้อมูลอากาศปี 2050 และ 64 kWh/m²y ในปี 2080 ดังแสดงในรูปที่ 65



รูปที่ 66 ค่าความแตกต่างของการใช้พลังงานในอาคารพักอาศัยรวม Base Case เมื่อใช้ข้อมูลอากาศปี 2020 2050 และ 2080 เมื่อเทียบกับการใช้ข้อมูลอากาศปี 1990

เมื่อเปรียบเทียบการเพิ่มขึ้นของการใช้พลังงานรวมในอาคารพักอาศัย Base Case ที่ใช้ข้อมูลอากาศปี 2020 2050 และ 2080 เปรียบเทียบกับปี 1990 พบว่า เมื่อใช้ข้อมูลอากาศปี 2020 2050 2080 ในการจำลองจะมีการใช้พลังงานรวมในอาคารพักอาศัยรวมเฉลี่ยทั้ง 4 ทิศเพิ่มขึ้นมาประมาณ 1.6% 4.2% และ 7.6% ตามลำดับ ดังแสดงในรูปที่ 66

เมื่อพิจารณาการใช้พลังงานรวมแยกตามแต่ละเดือน ได้ผลดังรูปที่ 67 ซึ่งจะเห็นค่าการใช้พลังงานที่เพิ่มขึ้นเรื่อยๆ แต่ละปี ในทุกๆ เดือน



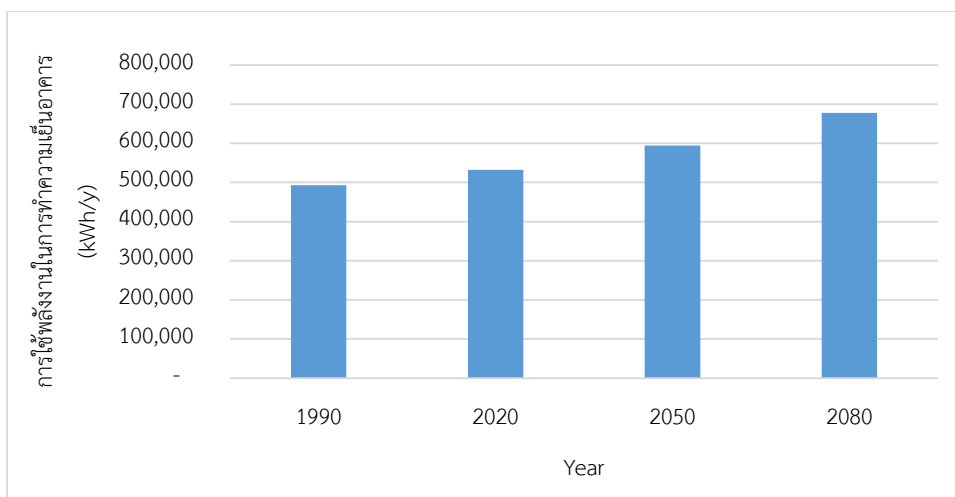
รูปที่ 67 การใช้พลังงานรวมในอาคารพักอาศัยรวม Base Case เฉลี่ยต่อวันในแต่ละเดือน เมื่อใช้ข้อมูลอากาศปัจจุบัน (1990) และข้อมูลอากาศที่สร้างขึ้นใหม่ (2020 2050 2080)

จากรูปที่ 67 จะเห็นได้ว่าช่วงเดือนในฤดูร้อนจะมีการใช้พลังงานมากกว่าช่วงเดือนอื่นๆ เดือนที่ใช้พลังงานต่อวันมากที่สุดโดยใช้ข้อมูลอากาศปี 1990 2020 และ 2050 คือ เดือนเมษายน โดยใช้พลังงาน 6,901 kWh/day 7,037 kWh/day และ 7,228 kWh/day ตามลำดับ สำหรับการใช้อากาศปี 2080 นั้น เดือนที่ใช้พลังงานต่อวันมากที่สุด คือ เดือนมีนาคม โดยมีการใช้พลังงานอยู่ที่ 7,495 kWh/day

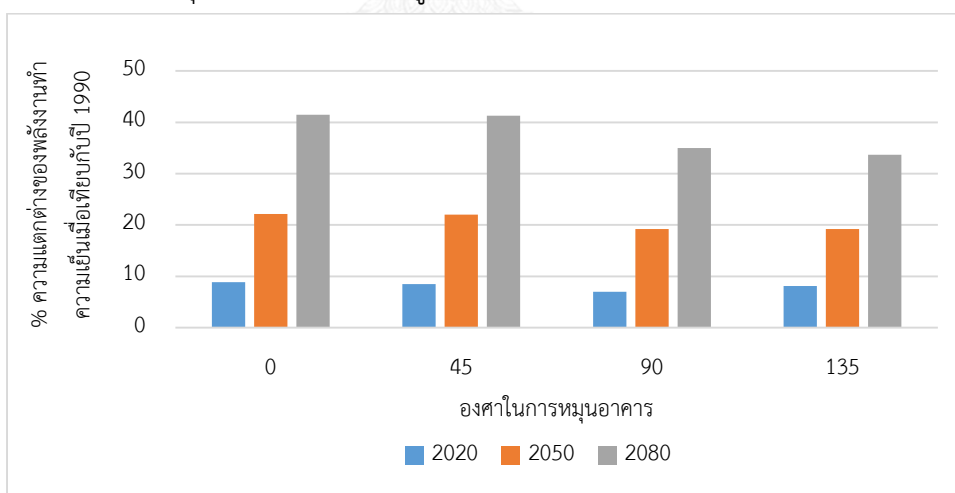
ส่วนเดือนที่ใช้พลังงานต่อวันน้อยที่สุดโดยใช้ข้อมูลอากาศปี 1990 2020 และ 2050 คือ เดือนธันวาคม โดยใช้พลังงาน 6,336 kWh/day 6,449 kWh/day และ 6,608 kWh/day ตามลำดับ สำหรับการใช้อากาศปี 2080 เดือนที่ใช้พลังงานต่อวันน้อยที่สุด คือ เดือนตุลาคม โดยมีการใช้พลังงานอยู่ที่ 6,856 kWh/day

พลังงานในการทำความเย็น

หากพิจารณาเฉพาะพลังงานในการทำความเย็นของอาคารพักอาศัยรวม Base Case เนื่องจากพลังงานในการทำความเย็นเป็นการใช้พลังงานที่ได้รับผลกระทบจากภาวะอากาศเปลี่ยนแปลงเป็นอย่างมาก จะได้ผลดังรูปที่ 68



รูปที่ 68 ค่าพลังงานในการทำความเย็นเฉลี่ยทุกทิศของอาคารพักอาศัยรวม Base Case เมื่อใช้ข้อมูลอากาศปัจจุบัน (1990) และข้อมูลอากาศที่สร้างขึ้นใหม่ (2020 2050 2080)



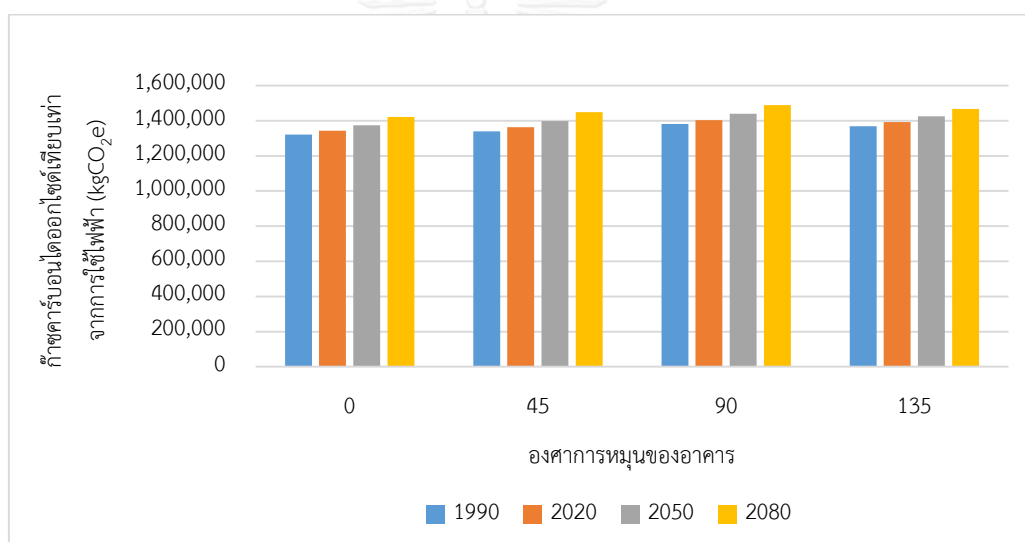
รูปที่ 69 ค่าความแตกต่างของการใช้พลังงานในการทำความเย็นของอาคารพักอาศัยรวม Base Case เมื่อใช้ข้อมูลอากาศปี 2020 2050 และ 2080 เมื่อเทียบกับการใช้ข้อมูลอากาศปี 1990

เมื่อคิดเปอร์เซ็นต์การเพิ่มขึ้นของการใช้พลังงานในการทำความเย็นของอาคารที่ใช้ข้อมูลอากาศปี 2020 2050 และ 2080 เปรียบเทียบกับปี 1990 ดังแสดงในรูปที่ 69 พบว่า เมื่อใช้ข้อมูล

อากาศปี 2020 2050 2080 ในการจำลองจะมีการใช้พลังงานในการทำความเย็นเพิ่มขึ้นโดยเฉลี่ยทั้ง 4 ทิศประมาณ 8% 21% และ 38% ตามลำดับเมื่อเทียบกับปี 1990 ทำให้เห็นว่าอาคารพักอาศัยจะได้รับผลกระทบจากภาวะอากาศเปลี่ยนแปลงต่อการใช้พลังงานในการทำความเย็นเป็นอย่างมาก ทำให้อาคารต้องใช้พลังงานในการทำความเย็นเพิ่มขึ้นมาก

การปล่อยก๊าซเรือนกระจก

เมื่อคิดเป็นค่าการปล่อยก๊าซ CO₂ จากการใช้พลังงานรวมในอาคารพักอาศัยรวม Base Case จากการใช้ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจก (Emission Factor) 0.5610 kgCO₂e/kWh (องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน), 2555) ได้ผลดังรูปที่ 70



รูปที่ 70 ค่าการปล่อยก๊าซ CO₂ เทียบเท่าจากการใช้พลังงานรวมในอาคารพักอาศัยรวม Base Case เมื่อหันอาคารในแต่ละทิศและใช้ข้อมูลอากาศปัจจุบัน (1990) และข้อมูลอากาศที่สร้างขึ้นใหม่ (2020 2050 2080)

อาคารพักอาศัยรวมมีอัตราการปล่อยก๊าซ CO₂ เทียบเท่าจากการใช้พลังงานอาคารเฉลี่ยการหันอาคาร 4 ทิศ เพิ่มขึ้นตั้งแต่ละปี จากประมาณ 1,353 TonsCO₂e ในปี 1990 เป็นประมาณ 1,375 TonsCO₂e ในปี 2020 และ 1,410 TonsCO₂e และ 1,457 TonsCO₂e ในปี 2050 และ 2080 ตามลำดับ

สรุปการใช้พลังงานของอาคารพักอาศัยรวม Base Case

จากการจำลองการใช้พลังงานของอาคารพักอาศัยรวม Base Case พบว่ามีการใช้พลังงาน 3 ส่วนหลัก และการใช้พลังงานจากเครื่องใช้ไฟฟ้าเป็นอัตราส่วนที่มากที่สุด การใช้ไฟฟ้าแสงสว่างเป็นอันดับสอง และพลังงานในการทำความเย็นเป็นอันดับสุดท้าย แต่เมื่อเวลาผ่านไปพบว่าค่าพลังงานในการทำความเย็นนั้นจะเพิ่มสูงขึ้นเรื่อยๆ

4.2.2.2 อาคารพักอาศัยรวมแบบปรับปรุง

จากการจำลองการใช้พลังงานของอาคารพักอาศัยรวม Base Case ทำให้เห็นว่าควรต้องปรับปรุงอาคารใน 3 ด้าน นั่นคือ ค่ากำลังการใช้เครื่องใช้ไฟฟ้าและไฟฟ้าแสงสว่าง เนื่องจากเป็นค่าพลังงานที่ใช้ในอาคารพักอาศัยมากที่สุด ค่าสมรรถนะเครื่องปรับอากาศ และค่า OTTV อันจะเป็นสาเหตุให้ช่วยลดพลังงานในการทำความเย็น เนื่องจากเป็นค่าพลังงานจะได้รับผลจากภาวะอากาศเปลี่ยนแปลง ทำให้มีการใช้พลังงานในการทำความเย็นเพิ่มมากขึ้น

อาคารพักอาศัยรวมแบบปรับปรุงนี้ได้ทำการปรับปรุงให้มีลักษณะดังตารางที่ 13

ตารางที่ 13 ลักษณะอาคารพักอาศัยรวมแบบปรับปรุง

ขนาด	18 x 78 เมตร
ความสูงแต่ละชั้น	3.5 เมตร
จำนวนชั้น	29 ชั้น
ผนัง	ผนังคอนกรีตสำเร็จรูป ฉาบปูนเรียบ หนา 10 ซม.
หลังคา	คอนกรีตเสริมเหล็ก หนา 25 ซม.
พื้น	พื้นคอนกรีตเสริมเหล็ก หนา 25 ซม.
กระจก	กระจก Low-E VT 58% SC 0.40 SHGC 0.34 $U = 1.46 \text{ W/m}^2\text{k}^*$
WWR	24%
LPD	$6 \text{ W/m}^2 \text{ **}$
EQD	$6 \text{ W/m}^2 \text{ **}$
COP	3.6 **

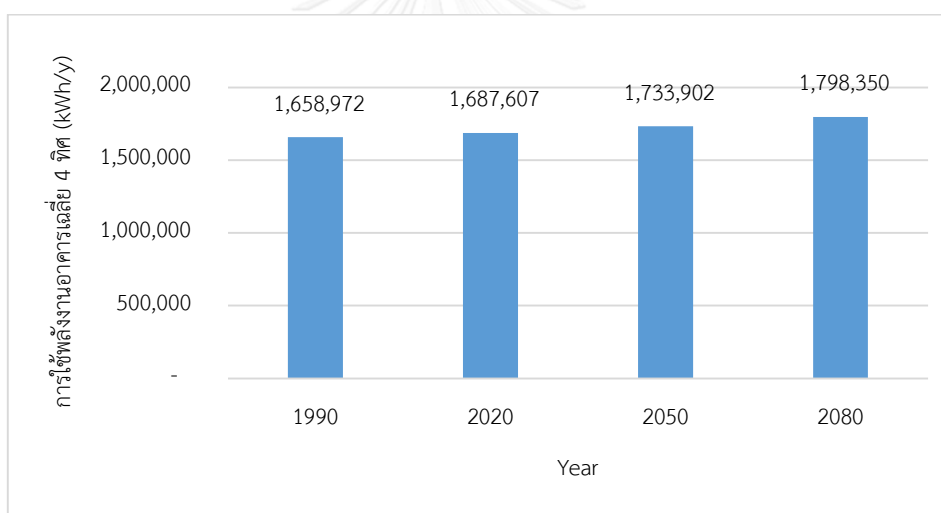
* ค่าที่ใช้อ้างอิงจากงานวิจัยของสวชญา ดาวประกายมงคล (2552)

** ค่าที่ใช้อ้างอิงจากงานวิจัยของสุรพงษ์ จิระรัตนานนท์ (2553)

เมื่อทำการจำลองการใช้พลังงานในอาคารพักอาศัยรวมที่ทำการปรับปรุงแล้ว เมื่อใช้ข้อมูลอากาศปี 1990 และข้อมูลอากาศที่สร้างขึ้นใหม่ ปี 2020 2050 และ 2080 ในการจำลอง ได้ผลตารางที่ 14

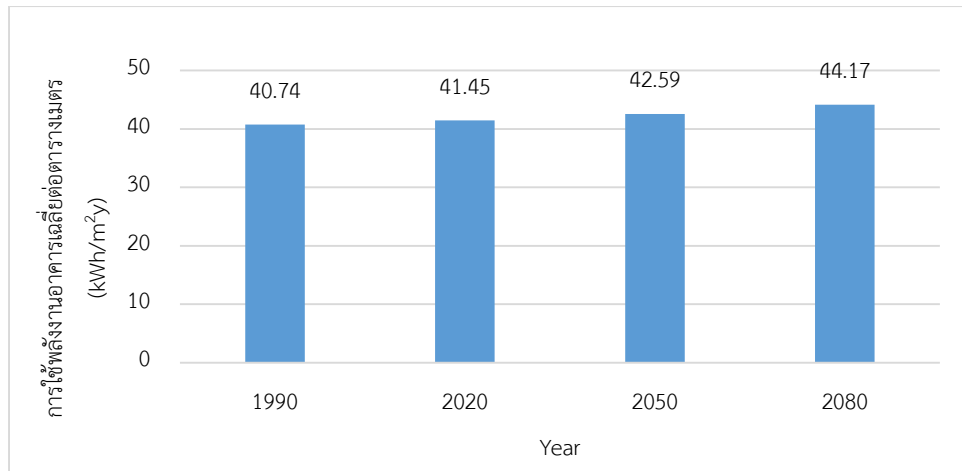
ตารางที่ 14 ผลการใช้พลังงานในส่วนต่างๆ ของอาคารพักอาศัยรวมแบบปรับปรุง

ข้อมูลอากาศ	Lighting (kWh/y)	Equipment (kWh/y)	Cooling+Fans (kWh/y)	Total (kWh/y)	พลังงานต่อตร.ม. (kWh/m ² y)
1990	499,338	831,733	327,901	1,658,972	40.74
2020	499,338	831,733	356,536	1,687,607	41.45
2050	499,338	831,733	402,831	1,733,902	42.59
2080	499,338	831,733	467,279	1,798,350	44.17



รูปที่ 71 ค่าพลังงานรวมเฉลี่ยทุกทิศของอาคารพักอาศัยรวมแบบปรับปรุงเมื่อใช้ข้อมูลอากาศปัจจุบัน (1990) และข้อมูลอากาศที่สร้างขึ้นใหม่ (2020 2050 2080)

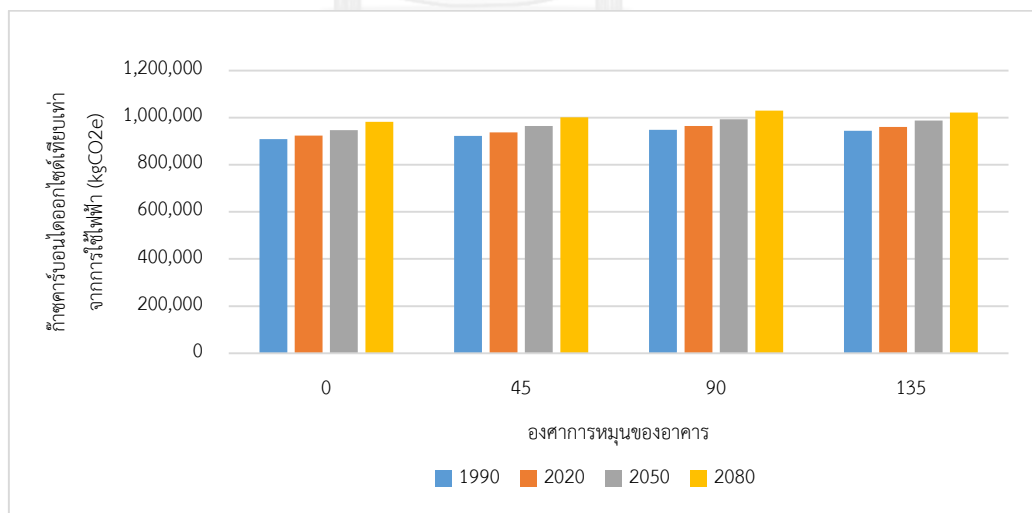
จากรูปที่ 71 พบว่าเมื่อทำการปรับปรุงอาคารทำให้มีค่าเฉลี่ยการใช้พลังงานอาคารพักอาศัยรวมแบบปรับปรุง เมื่อใช้ข้อมูลอากาศปี 1990 อยู่ที่ 1,658,972 kWh/y เมื่อใช้ข้อมูลอากาศปี 2020 การใช้พลังงานในอาคารจะเป็น 1,687,607 kWh/y และ 1,733,902 kWh/y ในปี 2050 และ 1,798,350 kWh/y ในปี 2080



รูปที่ 72 ค่าพลังงานในอาคารพักอาศัยรวมแบบปรับปรุงเฉลี่ยต่อตารางเมตรเมื่อใช้ข้อมูลอากาศปัจจุบัน (1990) และข้อมูลอากาศที่สร้างขึ้นใหม่ (2020 2050 2080)

เมื่อคิดเป็นค่า EUI จะได้ 40.7 kWh/m²y เมื่อใช้ข้อมูลอากาศปี 1990 และเป็น 41.5 kWh/m²y เมื่อใช้ข้อมูลอากาศปี 2020 เป็น 42.6 kWh/m²y เมื่อใช้ข้อมูลอากาศปี 2050 และ 44.1 kWh/m²y เมื่อใช้ข้อมูลอากาศปี 2080 ดังแสดงในรูปที่ 72

เมื่อคิดเป็นค่าการปล่อยก๊าซ CO₂ เทียบเท่าจากการใช้พลังงานในอาคารพักอาศัยรวมที่ทำการปรับปรุงแล้ว ได้ผลดังรูปที่ 73



รูปที่ 73 ค่าการปล่อยก๊าซ CO₂ จากการใช้พลังงานรวมในอาคารพักอาศัยรวมที่ปรับปรุงแล้วเมื่อหันอาคารในแต่ละทิศและใช้ข้อมูลอากาศปัจจุบัน (1990) และข้อมูลอากาศที่สร้างขึ้นใหม่ (2020 2050 2080)

จากรูป จะเห็นได้ว่าอาคารพักอาศัยรวมแบบปรับปรุงมีอัตราการปล่อยก๊าซ CO₂ เฉลี่ยการหันอาคาร 4 ทิศ 931 TonsCO₂e ในปี 1990 เป็น 947 TonsCO₂e ในปี 2020 และ 973 TonsCO₂e และ 1,009 TonsCO₂e ในปี 2050 และ 2080 ตามลำดับ

4.2.2.3 เปรียบเทียบการใช้พลังงานของอาคารพักอาศัยรวม

อาคารที่ทำการปรับปรุงได้ปรับค่าหลัก 3 ค่า คือ ค่า OTTV ค่ากำลังไฟฟ้าแสงสว่าง LPD และเครื่องใช้ไฟฟ้า EPD และค่าสมรรถนะการทำความเย็น COP เมื่อพิจารณาแต่ละปัจจัย โดยการจำลองปรับปรุงอาคารที่ละปัจจัย ได้ผลดังนี้

ปรับปรุงค่า OTTV

เมื่อปรับปรุงเฉพาะค่า OTTV โดยการเปลี่ยนการใช้กระจก จากเดิมที่ใช้กระจกใส ที่มีค่า SC=0.85 SHG =0.73 VT=88% และ U=4.42 W/m²k กลายเป็นกระจก Low-E ที่มีค่า SC=0.40 SHGC=0.34 VT=58% และ U=1.46 W/m²k ทำให้ค่า OTTV จากเดิม 37 W/m² ลดลงเหลือ 26 W/m² ได้ผลการจำลองการใช้พลังงานดังตารางที่ 15

ตารางที่ 15 ค่าการใช้พลังงานต่อปีของอาคารพักอาศัยรวมที่ปรับปรุงเฉพาะค่า OTTV

กรณี	ปี	Lighting (kWh/y)	Equipment (kWh/y)	Cooling +Fans (kWh/y)	Total (kWh/y)	พลังงาน ต่อตร.ม. (kWh/m ² y)	&การใช้ พลังงาน ที่ลดลง
Base Case	1990	676,606	1,242,095	492,898	2,411,599	59.23	
ปรับปรุง ค่า OTTV	1990	676,606	1,242,095	379,946	2,298,647	56.46	4.68
	2020	676,606	1,242,095	411,607	2,330,308	57.23	3.37
	2050	676,606	1,242,095	462,973	2,381,674	58.49	1.24
	2080	676,606	1,242,095	535,128	2,453,829	60.27	-1.75

การลดค่า OTTV เพียงอย่างเดียวสามารถลดการใช้พลังงานลงจากเดิมได้ 4.68% ในปัจจุบัน และลดลงได้ 3.37% ในปี 2020 และ 1.24% ในปี 2050 แต่เมื่อถึงปี 2080 การใช้พลังงานของอาคารจะเพิ่มขึ้นจากเดิม 1.75% ทำให้การปรับปรุง OTTV เพียงอย่างเดียวไม่สามารถช่วยลดการใช้

พลังงานอาคารพักอาศัยรวมได้อย่างยาวนานไปจนถึงปี 2080 เนื่องจากความร้อนที่มากขึ้นจากสภาพอากาศที่เปลี่ยนแปลง จึงควรต้องใช้วิธีอื่นควบคู่ไปด้วย

ปรับปรุงค่า LPD และ EPD

เมื่อปรับปรุงเฉพาะค่าการใช้ไฟฟ้าแสงสว่างและการใช้เครื่องใช้ไฟฟ้านั้น จากเดิมที่ใช้ค่า LPD=8.13 และ EPD=8.96 W/m² เปลี่ยนมาเป็น 6 W/m² ทั้งสองค่า ได้ผลการจำลองการใช้พลังงานดังตารางที่ 16

ตารางที่ 16 ค่าการใช้พลังงานต่อปีของอาคารพักอาศัยที่ปรับปรุงเฉพาะค่า LPD และ EPD

กรณี	ปี	Lighting (kWh/y)	Equipment (kWh/y)	Cooling +Fans (kWh/y)	Total (kWh/y)	พลังงาน ต่อตร.ม. (kWh/m ² y)	&การใช้ พลังงาน ที่ลดลง
Base Case	1990	676,606	1,242,095	492,898	2,411,599	59.23	
ปรับปรุง ค่า LPD/EPD	1990	499,338	831,733	458,848	1,789,919	43.96	25.78
	2020	499,338	831,733	497,990	1,829,061	44.92	24.16
	2050	499,338	831,733	557,992	1,889,063	46.40	21.67
	2080	499,338	831,733	640,409	1,971,480	48.42	18.25

การลดการใช้กำลังไฟฟ้าแสงสว่างและกำลังไฟฟ้าของเครื่องใช้ไฟฟ้านั้นส่งผลในการประหยัดพลังงานที่ดีต่ออาคารพักอาศัยรวม โดยสามารถลดการใช้พลังงานลงจากเดิมได้ 25.78% ในปัจจุบัน และยังคงสามารถช่วยให้ใช้พลังงานน้อยลงจากเดิมไปจนถึงปี 2080 ได้ โดยที่ลดลงได้ 18.25%

ปรับปรุงค่า COP

เมื่อปรับปรุงเฉพาะสมรรถนะการทำความเย็นของเครื่องปรับอากาศ หรือ COP จากเดิมที่ใช้ค่า COP 3.22 เปลี่ยนเป็น COP 3.6 จะได้ผลการจำลองการใช้พลังงานดังตารางที่ 17

ตารางที่ 17 ค่าการใช้พลังงานต่อปีของอาคารพักอาศัยที่ปรับปรุงเฉพาะค่า COP

กรณี	ปี	Lighting (kWh/y)	Equipment (kWh/y)	Cooling (kWh/y)	Total (kWh/y)	พลังงาน ต่อตร.ม. (kWh/m ² y)	&การใช้ พลังงานที่ ลดลง
Base Case	1990	676,606	1,242,095	492,898	2,411,599	59.23	
ปรับปรุง ค่า COP	1990	676,606	1,242,095	464,224	2,382,925	58.53	1.19
	2020	676,606	1,242,095	501,278	2,419,979	59.44	-0.35
	2050	676,606	1,242,095	558,729	2,477,430	60.85	-2.73
	2080	676,606	1,242,095	637,133	2,555,834	62.77	-5.98

การเพิ่มสมรรถนะการทำความเย็นของเครื่องปรับอากาศเพียงอย่างเดียวสามารถช่วยลดการใช้พลังงานจากเดิมในปัจจุบันได้ 1.19% แต่ไม่สามารถช่วยลดการใช้พลังงานได้ในอนาคตเมื่อสภาวะอากาศเปลี่ยนแปลงไป อาจเป็นเพราะค่า COP ที่ปรับปรุงใหม่นั้นมีค่าที่เพิ่มขึ้นน้อยเกินไป

ปรับปรุงทั้งค่า OTTV LPD EPD และ COP

เมื่อปรับปรุงอาคารโดยการรวมทุกปัจจัยเข้าด้วยกัน จะได้ผลการใช้พลังงานดังตารางที่ 18

ตารางที่ 18 ค่าการใช้พลังงานต่อปีของอาคารพักอาศัยที่ปรับปรุงทุกปัจจัย

กรณี	ปี	Lighting (kWh/y)	Equipment (kWh/y)	Cooling (kWh/y)	Total (kWh/y)	พลังงาน ต่อตร.ม. (kWh/m ² y)	&การใช้ พลังงานที่ ลดลง
Base Case	1990	676,606	1,242,095	492,898	2,411,599	59.23	
ปรับปรุง ทุกค่า	1990	499,338	831,733	327,901	1,658,972	40.74	31.21
	2020	499,338	831,733	356,536	1,687,607	41.45	30.02
	2050	499,338	831,733	402,831	1,733,902	42.59	28.10
	2080	499,338	831,733	467,279	1,798,350	44.17	25.43

เมื่อปรับปรุงอาคารโดยปรับค่าทุกปัจจัย สามารถลดการใช้พลังงานของอาคารพักอาศัยรวมจากเดิมลงได้ 31.21% และยังคงลดลงได้มากในอนาคต โดยลดลงจากเดิมได้ถึง 25.43% ในปี 2080

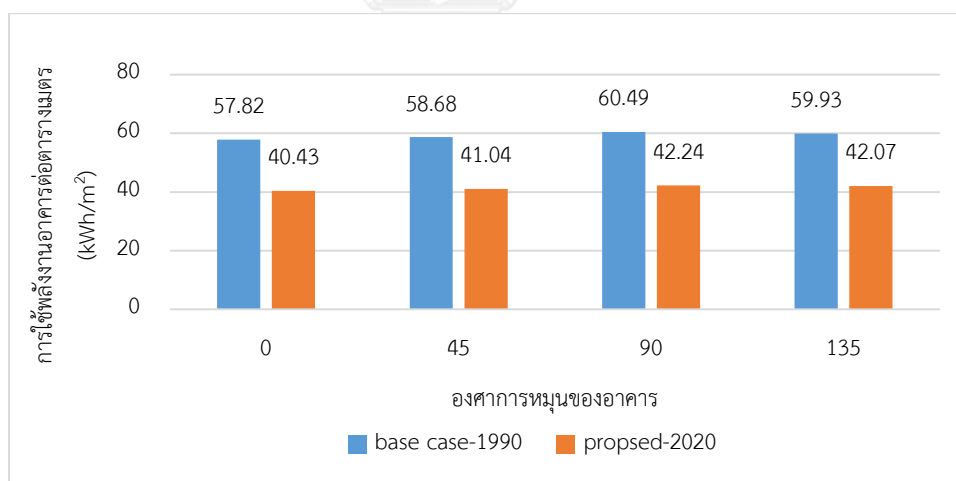
การใช้พลังงานตามนโยบาย COP21

การประเมินการใช้พลังงานของอาคารพักอาศัยรวม Base Case ที่จำลองโดยใช้ข้อมูลอากาศปัจจุบัน ปี 1990 มาเปรียบเทียบกับการใช้พลังงานของอาคารพักอาศัยแบบปรับปรุง ที่จำลองโดยใช้ข้อมูลอากาศปี 2020 ได้ผลการใช้พลังงานรวมดังตารางที่ 19

ตารางที่ 19 ค่าการใช้พลังงานรวมของอาคารพักอาศัยเมื่อเปรียบเทียบกับอาคารพักอาศัยรวม Base Case กับอาคารพักอาศัยรวมแบบปรับปรุงในปี 2020

องศาการหมุนอาคาร	0°	45°	90°	135°	เฉลี่ย
base case-1990	2,354,127	2,389,223	2,463,040	2,440,005	2,412,099
proposed-2020	1,646,326	1,671,183	1,720,028	1,712,891	1,687,607
%ลด	30.01	30.05	30.17	29.80	30.00

เมื่อนำผลการจำลองการใช้พลังงานของทั้ง 2 กรณีมาเปรียบเทียบกันจะได้ดังรูปที่ 74 ซึ่งจะเห็นว่า การใช้พลังงานของอาคารพักอาศัยแบบปรับปรุง เมื่อถึงเวลาในอนาคตปี 2020 การใช้พลังงานจะยังคงน้อยกว่าอาคารพักอาศัย Base Case ในปัจจุบัน



รูปที่ 74 การใช้พลังงานของอาคารพักอาศัย Base Case ในปัจจุบันเทียบกับ การใช้พลังงานของอาคารสำนักงานแบบปรับปรุงในปี 2020

เมื่อดำเนินการคำนวณค่าความแตกต่างของการใช้พลังงาน พบว่าอาคารสำนักงานแบบปรับปรุง ในปี 2020 มีการใช้พลังงานน้อยกว่าอาคารสำนักงาน Base Case โดยเฉลี่ย 30% ซึ่งหมายความว่า แนวทางการปรับปรุงอาคารสำนักงานที่นำมาใช้นั้นสามารถลดการใช้พลังงานลงได้มากกว่าที่นโยบาย COP21 กำหนด คือ 20-25% จากปัจจุบัน

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

การที่โลกเปลี่ยนแปลงเข้าสู่ยุคอุตสาหกรรมทำให้มนุษย์มีการดำเนินชีวิตที่เปลี่ยนแปลงไป โดยได้ก่อให้เกิดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกออกสู่ชั้นบรรยากาศโลกมากขึ้น ทำให้ชั้นบรรยากาศโลกเกิดการเปลี่ยนแปลงจนทำให้โลกเกิดปรากฏการณ์ที่เรียกว่าภาวะอากาศเปลี่ยนแปลง หรือ Climate change ขึ้น ซึ่งทำให้อุณหภูมิของพื้นผิวโลกและพื้นผิวน้ำในมหาสมุทรเพิ่มสูงขึ้น ทำให้น้ำแข็งในโลกเกิดการละลาย และปริมาณน้ำทะเลเพิ่มสูงขึ้น และมีแนวโน้มว่าอุณหภูมิจะเพิ่มสูงขึ้นเรื่อย ๆ ในอนาคต ทำให้มนุษย์ต้องหันมาใส่ใจกับการปรับตัวและรับมือกับปัญหาอากาศเปลี่ยนแปลงที่กำลังเกิดขึ้น และต้องช่วยกันการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกอันเป็นสาเหตุของภาวะอากาศเปลี่ยนแปลง

งานวิจัยนี้ได้ทำการสร้างไฟล์ข้อมูลอากาศของกรุงเทพมหานครในอนาคตที่ได้รับผลจากภาวะอากาศเปลี่ยนแปลงขึ้น โดยใช้ข้อมูลการคาดการณ์สภาวะอากาศในอนาคต HadCM3 ซึ่งสร้างขึ้นจากสถานการณ์ในอนาคตที่มีความใกล้เคียงกับการใช้ชีวิตปกติในปัจจุบัน คือ สถานการณ์ที่ประชากรเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง การปรับตัวทางเศรษฐกิจเพิ่งเริ่มต้น ยังไม่มีมาตรการลดภาวะโลกร้อนที่จริงจัง โดยใช้ข้อมูลอากาศปัจจุบันเป็นข้อมูลอากาศตั้งต้น คือ ข้อมูลอากาศ IWEC ซึ่งเป็นข้อมูลของช่วงปี 1990 และใช้โปรแกรม CCWorldWeatherGen ในการสร้างข้อมูลอากาศในอนาคต ทำให้ได้ข้อมูลอากาศของ 3 ปีในอนาคต คือ ปี 2020 2050 และ 2080 จากนั้นทำการวิเคราะห์ข้อมูลอากาศที่สร้างขึ้นใหม่เปรียบเทียบกับข้อมูลอากาศปัจจุบัน และทำการจำลองการใช้พลังงานของอาคารสำนักงาน และอาคารพักอาศัยรวม โดยใช้ข้อมูลอากาศที่สร้างขึ้นใหม่ เปรียบเทียบกับการใช้พลังงานของการใช้ข้อมูลอากาศปัจจุบัน เพื่อศึกษาผลการใช้พลังงานที่เปลี่ยนแปลงไปเนื่องจากภาวะอากาศเปลี่ยนแปลง จากนั้นได้เสนอแนะแนวทางการปรับปรุงอาคารให้มีการใช้พลังงานลดน้อยลงเมื่อเกิดภาวะอากาศเปลี่ยนแปลง โดยใช้แนวทางการออกแบบอาคารจากงานวิจัยของสุรพงษ์ จิระรัตนานนท์ (2553) โดยมีผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ ดังนี้

5.1 สรุปผลการวิจัย

5.1.1 ไฟล์ข้อมูลอากาศที่สร้างขึ้นใหม่

ไฟล์ข้อมูลอากาศที่สร้างขึ้นใหม่ที่ได้รับผลจากสภาวะอากาศเปลี่ยนแปลง โดยสร้างขึ้นจากไฟล์ข้อมูลอากาศปัจจุบันซึ่งเป็นข้อมูลในช่วงปี 1990 นั้นมีความแตกต่างจากไฟล์ข้อมูลอากาศปัจจุบันอย่างเห็นได้ชัด โดยสามารถสรุปแยกตามการพิจารณาแต่ละข้อมูลดังนี้

ค่าอุณหภูมิ มีอุณหภูมิสูงขึ้นประมาณ 4 องศาเซลเซียส จากเดิมในปี 1990 มีค่า 28.51 องศาเซลเซียส เพิ่มขึ้นเป็น 32.24 องศาเซลเซียสในปี 2080

ค่าความชื้นสัมพัทธ์ มีค่าลดลงเล็กน้อยในทุกปี จากเดิมในปี 1990 มีค่าความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย 71% ลดลงจนมีค่าเฉลี่ย 67% ในปี 2080

ค่ารังสีอาทิตย์ มีความแปรปรวนในแต่ละปี โดยในเดือนพฤศจิกายนถึงเดือนมกราคมค่าเฉลี่ยรังสีอาทิตย์จะเพิ่มมากขึ้นในแต่ละปี แต่ในเดือนกุมภาพันธ์ถึงเดือนตุลาคมค่าเฉลี่ยของรังสีอาทิตย์จะมีความแปรปรวน

ค่าความเร็วลม เดือนกุมภาพันธ์ถึงเดือนกันยายน ระดับความเร็วลมเฉลี่ยเพิ่มขึ้นในแต่ละปี เดือนตุลาคมและเดือนพฤศจิกายนความเร็วลมเฉลี่ยมีค่าไม่เปลี่ยนแปลง และเดือนธันวาคมและเดือนมกราคม ความเร็วลมเฉลี่ยลดต่ำลง

สภาวะน่าสบาย ภูมิอากาศในอนาคตจะค่อยๆ เข้าสู่ลักษณะของร้อนชื้นมากขึ้น จากเดิมที่เป็นลักษณะอบอุ่นชื้น และช่วงเวลาในสภาวะน่าสบายจากเดิมประมาณ 3% ต่อปีในปี 1990 ก็จะมีอย่างน้อยลงจนเป็นประมาณ 1% ต่อปี ในปี 2080 เมื่อใช้การออกแบบแบบ passive design โดยการใช้ลมธรรมชาติเข้าช่วยจะเพิ่มช่วงเวลาในสภาวะน่าสบายให้มากขึ้นได้ จาก 3% เป็น 55% ต่อปี ในปี 1990 แต่ในปี 2080 จะช่วยเพิ่มช่วงเวลาที่มิสภาวะน่าสบายจาก 1% ต่อปี เป็น 22% ต่อปี จะเห็นได้ว่าเมื่อเวลาผ่านไปการใช้ลมธรรมชาติเพียงอย่างเดียวจะช่วยเพิ่มให้มีสภาวะน่าสบายได้ในปริมาณที่น้อยลง

5.1.2 การใช้พลังงานอาคาร

เมื่อเกิดภาวะอากาศเปลี่ยนแปลงทำให้อาคารมีการใช้พลังงานรวมของอาคารสูงขึ้น และพลังงานในการทำความเย็นจะเพิ่มสูงขึ้นมากที่สุดเมื่อเทียบกับการใช้พลังงานด้านอื่น ๆ ทั้งอาคารสำนักงานและอาคารพักอาศัย โดยการใช้พลังงานรวมมีการเพิ่มขึ้นประมาณ 8% ในปี 2080 เมื่อเทียบกับปี 1990 และเมื่อทำการปรับปรุงอาคาร ทำให้อาคารที่ปรับปรุงแล้วมีการใช้พลังงานในอนาคตน้อยกว่าอาคาร Base Case ที่ใช้งานในปัจจุบัน โดยมีผลการใช้พลังงานและแนวทางการปรับปรุงอาคารตามแต่ละประเภทอาคารดังต่อไปนี้

อาคารสำนักงาน

อาคารสำนักงานในปัจจุบัน หรืออาคาร Base Case นั้นมีการใช้พลังงานรวมอยู่ที่ 193 kWh/m²y เมื่อใช้ข้อมูลอากาศปัจจุบัน (ปี 1990) และเพิ่มขึ้นเป็น 209 kWh/m²y เมื่อใช้ข้อมูลอากาศปี 2080 คิดเป็นการเพิ่มขึ้น 8% และมีสัดส่วนการใช้พลังงานในการทำความเย็นมากที่สุด คือ ประมาณ 60% ของการใช้พลังงานทั้งหมด และพลังงานในการทำความเย็นนั้นมีการเพิ่มขึ้น 17% ในปี 2080 เมื่อเทียบกับปี 1990

การใช้พลังงานในแต่ละเดือนนั้น เดือนที่ใช้พลังงานต่อวันมากที่สุด คือ เดือนมีนาคม เดือนที่ใช้พลังงานต่อวันน้อยที่สุด คือ เดือนธันวาคม และในช่วงฤดูร้อนค่าการใช้พลังงานในแต่ละปีจะขยับเพิ่มขึ้นในสัดส่วนที่มากกว่าในช่วงฤดูอื่น ๆ

เมื่อปรับปรุงอาคารสำนักงานให้มีลักษณะดังแสดงในตารางที่ 20 ทำให้อาคารสำนักงานแบบปรับปรุงมีการใช้พลังงานรวมในปัจจุบันปี 1990 อยู่ที่ 117 kWh/m²y และเมื่อใช้ข้อมูลอากาศปี 2080 มีการใช้พลังงานรวม 125 kWh/m²y

อาคารสำนักงานแบบปรับปรุงเมื่อใช้งานในอนาคตนั้นมีการใช้พลังงานน้อยกว่าอาคารสำนักงานทั่วไปในปัจจุบัน (Base Case) โดยในปี 2020 อาคารสำนักงานแบบปรับปรุงมีการใช้พลังงานน้อยกว่าอาคารสำนักงานทั่วไปในปัจจุบัน 39% ในปี 2050 มีการใช้พลังงานน้อยลง 38% และในปี 2080 มีการใช้พลังงานน้อยลงจากปัจจุบัน 35% และเป็นไปตามนโยบาย COP21

สามารถสรุปลักษณะอาคารสำนักงานและการใช้พลังงานรวมของอาคารก่อนและหลังปรับปรุงได้ดังตารางที่ 20

ตารางที่ 20 สรุปลักษณะอาคารสำนักงานและการใช้พลังงานก่อนและหลังปรับปรุง

	Base Case	proposed		
OTTV (W/m ²)	91	46		
WWR	60%	60%		
SC	0.6	0.31		
LPD (W/m ²)	10.5	6		
EQD (W/m ²)	10.5	10.5		
COP	3.14	4.39		
EUI (kWh/m ² y)	100%	61%	63%	65%
weather file	1990	2020	2050	2080

อาคารพักอาศัยรวม

อาคารพักอาศัยรวมในปัจจุบันมีการใช้พลังงานรวมอยู่ที่ 59 kWh/m²y เมื่อใช้ข้อมูลอากาศปัจจุบันปี 1990 และเพิ่มขึ้นเป็น 64 kWh/m²y เมื่อใช้ข้อมูลอากาศปี 2080 คิดเป็นการเพิ่มขึ้น 7.6% และพลังงานในการทำความเย็นจะเพิ่มขึ้นมาก โดยในปี 2080 พลังงานในการทำความเย็นจะเพิ่มขึ้น 38% เมื่อเทียบกับปี 1990

การใช้พลังงานในแต่ละเดือนนั้น ช่วงเดือนในฤดูร้อนจะมีการใช้พลังงานมากกว่าช่วงเดือนอื่น เดือนที่ใช้พลังงานต่อวันมากที่สุด คือ เดือนเมษายน เมื่อใช้ข้อมูลอากาศปี 1990 2020 และ 2050 และเดือนมีนาคม เมื่อใช้ข้อมูลอากาศปี 2080 ส่วนเดือนที่ใช้พลังงานต่อวันน้อยที่สุดคือ เดือนธันวาคม เมื่อใช้ข้อมูลอากาศปี 1990 2020 และ 2050 และเดือนตุลาคม เมื่อใช้ข้อมูลอากาศปี 2080

เมื่อปรับปรุงอาคารพักอาศัยรวมให้มีลักษณะดังแสดงในตารางที่ 21 ทำให้อาคารพักอาศัยรวมแบบปรับปรุงมีการใช้พลังงานรวมในปัจจุบันปี 1990 อยู่ที่ 40.7 kWh/m²y และเมื่อใช้ข้อมูลอากาศปี 2080 มีการใช้พลังงานรวม 44.1 kWh/m²y

อาคารพักอาศัยรวมแบบปรับปรุงเมื่อใช้งานในอนาคตมีการใช้พลังงานน้อยกว่าอาคารพักอาศัยรวมทั่วไปในปัจจุบัน (Base Case) โดยในปี 2020 อาคารพักอาศัยรวมแบบปรับปรุงมีการใช้พลังงานน้อยกว่าอาคารพักอาศัยรวมทั่วไปในปัจจุบัน 31% ในปี 2050 มีการใช้พลังงานน้อยลง 30% และในปี 2080 มีการใช้พลังงานน้อยลงจากปัจจุบัน 25% และเป็นไปตามนโยบาย COP21

สามารถสรุปลักษณะอาคารพักอาศัยรวมและการใช้พลังงานรวมของอาคารก่อนและหลังปรับปรุงได้ดังตารางที่ 21

ตารางที่ 21 สรุปลักษณะอาคารพักอาศัยรวมและการใช้พลังงานก่อนและหลังปรับปรุง

	Base Case	Proposed		
OTTV (W/m ²)	37	26		
WWR	24%	24%		
SC	0.85	0.4		
LPD (W/m ²)	8.13	6		
EQD (W/m ²)	8.96	6		
COP	3.22	3.6		
EUI (kWh/m ² y)	100%	70%	72%	75%
weather file	1990	2020	2050	2080

5.2 ข้อเสนอแนะ

ข้อมูลอากาศของกรุงเทพมหานครที่ใช้ในงานวิจัยนี้เป็นข้อมูลอากาศ IWEC ที่สร้างขึ้นโดย ASHRAE ซึ่งอาจมีความแตกต่างจากข้อมูลอากาศที่วัดโดยกรมอุตุนิยมวิทยาของประเทศไทย ดังนั้นในงานวิจัยครั้งต่อไปควรใช้ข้อมูลอากาศของกรมอุตุนิยมวิทยาในการเป็นข้อมูลอากาศตั้งต้นสำหรับสร้างข้อมูลอากาศในอนาคตเพื่อศึกษาเปรียบเทียบกัน

งานวิจัยนี้ได้ศึกษาเฉพาะข้อมูลอากาศของกรุงเทพมหานคร แต่ในประเทศไทยมีหลายภูมิภาคและมีจังหวัดอื่น ๆ ที่มีการเติบโตพัฒนามากเช่นกัน เช่น เชียงใหม่ ภูเก็ต เป็นต้น การวิจัยครั้งต่อไปจึงควรศึกษาข้อมูลอากาศของจังหวัดอื่นในภูมิภาคอื่นเพิ่มเติม

ในการพิจารณาค่าสถานะน่าสบายในงานวิจัยนี้ได้พิจารณาอุณหภูมิอากาศทั่วไปซึ่งทำให้ไม่ตรงตามการใช้งานอาคารจริง จึงควรนำอุณหภูมิภายในอาคารมาพิจารณาเป็นค่าสถานะน่าสบายภายในอาคาร ซึ่งจะทำให้ได้ผลที่ชัดเจนตรงตามการใช้งานจริงมากขึ้น

การออกแบบอาคารโดยใช้ Passive Design นั้นสามารถทำได้หลายวิธี เช่น วิธีการทำความเย็นอาคารโดยใช้การระเหยของน้ำ (Evaporative Cooling) การใช้มวลอุณหภูมิกว้าง (Thermal Mass

Effect) เป็นต้น แต่ในงานวิจัยนี้ใช้เพียงวิธีเดียว คือ การใช้ลมธรรมชาติ (Natural Ventilation) ซึ่งงานวิจัยครั้งต่อไปอาจพิจารณาการใช้วิธีอื่น ๆ เพิ่มขึ้น

ในการจำลองการใช้พลังงานอาคารในอนาคตนั้น ได้จำลองอาคารที่มีช่วงระยะเวลาห่างกันยาวนาน นั่นคือ ตั้งแต่ปี 2020 จนถึง 2080 แต่ในการวิจัยนี้ได้ใช้แนวทางปรับปรุงอาคารแบบเดิมในการจำลอง ซึ่งในอนาคตอาจมีการปรับปรุงของเทคโนโลยีที่ก้าวหน้ามากขึ้น เช่น เครื่องปรับอากาศที่อาจมีประสิทธิภาพที่เพิ่มขึ้น เป็นต้น ดังนั้นจึงควรมีการจำลองโดยคำนึงถึงการพัฒนาของเทคโนโลยีที่แตกต่างกันในอนาคตด้วยเพื่อให้ผลการจำลองเป็นจริงมากขึ้น



รายการอ้างอิง

ภาษาไทย

- กัณฑ์ชัย บุญประกอบ. (2548). ความเชื่อมโยงของอนุสัญญาสหประชาชาติว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศกับอนุสัญญาความหลากหลายทางชีวภาพ. Paper presented at the การประชุมเชิงปฏิบัติการความหลากหลายทางชีวภาพด้านป่าไม้และสัตว์ป่า: ความก้าวหน้าของผลงานวิจัยและกิจกรรม ปี 2548, เพชรบุรี.
- การุณย์ ศุภมิตรโยธิน. (2548). การศึกษาเกณฑ์ชี้วัดการใช้พลังงานในอาคารสำนักงานเขตร้อนชื้น. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารธุรกิจ, สาขาสถาปัตยกรรม คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- นุภาพ แยมไทรพัฒน์. (2549). การจำลองสภาพการเกิดเงาบนหน้าต่างจากอุปกรณ์บังแดดชนิดแนวนอนและแนวตั้งด้วยคอมพิวเตอร์. วิศวกรรมสาร มข., 33(4), 391-402.
- พรหมวดี มงคลเจริญ. (2556). ประโยชน์เชิงธุรกิจในการพัฒนาอาคารสำนักงานที่เป็นอาคารเขียว. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารธุรกิจ, สาขาสถาปัตยกรรม คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- พิพัฒน์ ชัยวิวัฒน์วรกุล และพัฒนะ รักความสุข. (2556). Glass and Energy Conservation (กระจกอนุรักษ์พลังงาน). Retrieved 29 พฤศจิกายน, 2558, from <http://www.thaienergy.org/glass-and-energy-conservation-กระจกอนุรักษ์พลังงาน>
- รัฐา จิตตวิสุทธิกุล และ จตุวัฒน์ วโรตมพันธ์. (2014). แนวทางการออกแบบกรอบอาคารสำนักงาน โดยการบังแดดด้วยรูปทรงอาคารเพื่อการประหยัดพลังงานในเขตร้อนชื้น. *JARS*, 11(1), 93-107.
- วสท. (2558). แนวทางการออกแบบกรอบอาคาร (BUILDING ENVELOPE DESIGN) Retrieved 29 พฤศจิกายน, 2558, from <http://www.thaiengineering.com/2015/index.php/component/k2/item/461-building-envelope-design>
- วิรดา ตีราชภัฏวิเศษ และ ชูพงษ์ ทองคำสมุทร. (2556). อิทธิพลของช่องเปิดและวัสดุอาคารต่อภาวะการทำความเย็นของระบบปรับอากาศ. วารสารวิชาการ คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น, 2, 60-73.
- สมสิทธิ์ นิตยะ. (2541). การออกแบบอาคารสำหรับภูมิอากาศเขตร้อนชื้น. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

สวิชญา ดาวประกายมงคล. (2552). แนวทางการเลือกใช้กระจกเป็นผนังอาคารสำนักงานปรับอากาศ เพื่อให้สอดคล้องกับกฎกระทรวงการออกแบบอาคารเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ.2552. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารธุรกิจ, สาขาสถาปัตยกรรม คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

สำนักข่าวแห่งชาติ กรมประชาสัมพันธ์. (2557). ประเทศไทย ปรับตัวเลขลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกให้ได้อย่างละ 20 - 25 ในปี 2573. from http://nwnt.prd.go.th/centerweb/News/NewsDetail?NT01_NewsID=TNEVN5809240010004

สุรพงษ์ จิระรัตนานนท์. (2553). *Zero Energy Building in the Context of Thailand*. Paper presented at the งานสัมมนาแสดงผล โครงการส่งเสริมการออกแบบอาคารเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน, กรุงเทพมหานคร.

องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน). (2555). ช่วยโลกคลายร้อน @ องค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น. กรุงเทพฯ: บริษัท พีทู ดีไซน์ แอนด์ พรินท์ จำกัด.

อภิญา บุญมา. (2555). ผลกระทบจากการกำหนดค่าการใช้พลังงานรวมของอาคารตามกฎหมายที่มีต่อการออกแบบคอนโดมิเนียม. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารธุรกิจ, สาขาสถาปัตยกรรม คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

อัศมน ลิมสกุล. (2554). รายงานการสังเคราะห์และประมวลสถานการณ์องค์ความรู้ด้านการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศของไทยครั้งที่ 1 พ.ศ.2554 คณะทำงานกลุ่มที่ 1 องค์ความรู้ด้านวิทยาศาสตร์ของการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ. กรุงเทพฯ บัณฑิตวิทยาลัยร่วมด้านพลังงานและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.

ภาษาอังกฤษ

ADB. (2009). *The Economics of Climate Change in Southeast Asia: A Regional Review*. Manila, Philippines.

Belcher, S. E., Hacker, J. N., & Powell, D. S. (2005). Constructing design weather data for future climates. *Building Serv. Eng. Res. Technol*, 26(1), 49-61.

Blázquez, J., Cubillas, P., Gallero, F., and Maestre, I. (2015). Influence of Selected Solar Positions for Shading Device Calculations in Building Energy Performance Simulations. *Building and Environment*, 103, 1-13.

BRE. (2014). *BREEAM UK New Construction Non-Domestic Building Technical Manual: VersionSD5076*.

- Chan, A. L. S. (2011). Developing future hourly weather files for studying the impact of climate change on building energy performance in Hong Kong. *Energy and Buildings*, 43, 2860-2868.
- Department of Energy. Weather Data. Retrieved 25 November 2015, from http://apps1.eere.energy.gov/buildings/energyplus/cfm/weather_data3.cfm/region=2_asia_wmo_region_2/country=THA/cname=Thailand
- Doggett, S. Climate Data for Building Simulations. Retrieved 27 June 2016, from <https://builtenv.wordpress.com/2014/02/27/climate-data-for-building-simulations>
- IPCC. HadCM3 Climate Scenario Data. Retrieved 25 November 2015, from http://www.ipcc-data.org/sres/hadcm3_download.html
- IPCC. (2013). Technical Summary Supplementary Material *Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Geneva, Switzerland.
- IPCC. (2015). *Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, R.K. Pachauri and L.A. Meyer (eds.)]*. Geneva, Switzerland: 2015.
- Jentsch, M. F., Chang, C. K., James, P. A. B., Bahaj, A. S., & Yau, Y. H. (2009). *Development of Change Adapted Weather Files for Building Performance Simulation Implications for Southeast Asia*. Paper presented at the World Renewable Energy Congress.
- Marion, W., & Urban, K. (1995). *User's Manual for TMY2s - Typical Meteorological Years*. USA: National Renewable Energy Laboratory Golden.
- Sustainable Energy Research Group. (2013). *Manual CCWorldWeatherGen Climate change world weather file generator Version 1.8*. UK.
- United Nations. (1992). *United Nations Framework Convention on Climate Change*.
- University of Exeter. (2011). *Research Briefing*. UK.

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นางสาว ณิชฎฐา ตระกูลไทย เกิดเมื่อวันที่ 2 สิงหาคม พ.ศ.2534 จังหวัดชลบุรี สำเร็จการศึกษาหลักสูตรปริญญาตรี คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ สาขา สถาปัตยกรรม จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในปีการศึกษา 2557 และเข้าศึกษาต่อในหลักสูตร สถาปัตยกรรมศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวิชาสถาปัตยกรรม จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในปีการศึกษา 2558

