

ผลกระทบของภาวะอากาศเปลี่ยนแปลงในอนาคตต่อการออกแบบพลังงาน หมุนเวียนของอาคารคอนโดมิเนียมพักอาศัยปล่อยคาร์บอนสุทธิเป็นศูนย์

Impact of Future Climate Change on Renewable Energy Design of Net Zero-carbon in Low-Rise Condominium

รับบทความ	01/05/2566
แก้ไขบทความ	29/05/2566
ยอมรับบทความ	09/06/2566

อภิญญา เวชกามา อรรถจัน เศรษฐบุตร สริน พินิจ
ภาควิชาสถาปัตยกรรมศาสตร์ คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Apinya Wetchakama, Atch Sreshthaputra, Sarin Pinich

Department of Architecture, Faculty of Architecture, Chulalongkorn University

6372026825@student.chula.ac.th, Atch.s@chula.ac.th, Sarin.pi@chula.ac.th

บทคัดย่อ

การจำลองประสิทธิภาพอาคาร จำเป็นต้องใช้ข้อมูลอากาศรายชั่วโมง แต่ข้อมูลอากาศที่ใช้อยู่ในปัจจุบัน เป็นข้อมูลในปี ค.ศ.1983-1993 ซึ่งเป็นข้อมูลที่ยังไม่มีการคำนึงถึงผลกระทบจากภาวะการเปลี่ยนแปลงของอากาศในปัจจุบัน และอนาคต งานวิจัยนี้ เป็นการศึกษาและสร้างไฟล์อากาศของกรุงเทพมหานคร ที่เป็นไปตามการคาดคะเนผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงของสภาพภูมิอากาศในอนาคตทุก ๆ 30 ปี ได้แก่ ไฟล์อากาศปี ค.ศ. 1990, 2020, 2050 และ 2080 และใช้ไฟล์อากาศเหล่านี้ในการวิเคราะห์และเปรียบเทียบผลการจำลองการใช้พลังงานภายในอาคาร ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม และการชดเชยการปล่อยคาร์บอนสุทธิเป็นศูนย์ตลอดช่วงชีวิตอาคาร

งานวิจัยนี้ได้ทำการนำข้อมูลอาคารคอนโดมิเนียมพักอาศัยในกรุงเทพฯ มาเพื่อใช้เป็นอาคารกรณีศึกษา โดยศึกษาการใช้พลังงานตลอด 60 ปี ด้วยโปรแกรม DesignBuilder และการประเมินวัฏจักรชีวิตอาคารตลอดอายุอาคาร 60 ปี (life cycle assessment) โดยใช้โปรแกรม One Click LCA เพื่อประเมินผลกระทบในเชิงปริมาณของการใช้ทรัพยากร และผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้น ตลอดการดำรงอยู่ของอาคาร และเสนอการชดเชยคาร์บอนสุทธิเป็นศูนย์ (net zero carbon) ด้วยวิธีการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ โดยแบ่งการลดการปล่อยคาร์บอนตามลำดับ ได้แก่ 20%, 50%, 70% และ 100%

จากการศึกษาพบว่า ตลอดช่วงชีวิตอาคาร 60 ปี ของอาคารคอนโดมิเนียมพักอาศัย เมื่อเปรียบเทียบระหว่างการใช้ไฟล์อากาศปีปัจจุบัน (ปี ค.ศ. 1990) กับการใช้ไฟล์อากาศที่เป็นไปตามการคาดคะเนสถานการณ์การเปลี่ยนแปลงในอนาคต (ปี ค.ศ. 2020-2050) มีผลการจำลองการใช้พลังงานในอาคารเพิ่มมากขึ้นเป็น 57% ของผลจากการจำลองการใช้พลังงานโดยใช้ไฟล์อากาศปีปัจจุบัน (ปี ค.ศ. 1990) ซึ่งส่งผลให้การประเมินวัฏจักรชีวิตอาคารมีค่าการปล่อยคาร์บอนที่เพิ่มมากขึ้นด้วย โดยเพิ่มขึ้นเป็น 59% ของการปล่อยคาร์บอนทั้งหมดเมื่อประเมินโดยใช้ไฟล์อากาศที่ปีปัจจุบัน (ปี ค.ศ. 1990) และหากพิจารณาเรื่องการชดเชยการปล่อยคาร์บอนสุทธิเป็นศูนย์นั้น จำเป็นจะต้องผลิตพลังงานจากการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ในปริมาณที่เพิ่มมากขึ้นด้วยเช่นกัน โดยเพิ่มขึ้นเป็น 52-53%

คำสำคัญ: ภาวะอากาศเปลี่ยนแปลง ไฟล์อากาศในอนาคต การประเมินวัฏจักรชีวิตอาคาร การปล่อยคาร์บอนสุทธิเป็นศูนย์ พลังงานหมุนเวียน

Abstract

This research study aims to simulate performance of a low-rise condominium in Bangkok, considering the effects of changing weather patterns over the next 60 years. To achieve this, the study used hourly weather data files from the years between 1983 and 1993 to create weather files for 2020, 2050, and 2080, which are then used to analyze and to compare energy consumption, environmental impacts, and net-zero carbon offsetting strategies of the building throughout its 60-year life cycle.

The study utilizes the study low-rise condominium data from a previous research study includes a 60-year energy consumption analysis using DesignBuilder software and a life cycle assessment using One Click LCA software to evaluate the environmental impacts of the building. The study also proposes net-zero carbon offsetting using photovoltaics cells installations, with reduction percentages of 20%, 50%, 70%, and 100%

From the study, it was found that throughout the 60-year lifespan of a low-rise condominium, when comparing using typical weather file in the year of 1990 to the predicted future energy consumption (from 2020-2050), the simulated energy use in the building increased by 57%. This increase in energy consumption led to an increase of 59% in the building's estimated carbon emissions when assessed using current energy consumption as the baseline. To achieve net-zero carbon emissions, it is necessary to generate energy from the installation of Photovoltaic cells systems, with an increase of 52-53% from current energy consumption.

Keywords: *Climate change, future weather files, Building life cycle assessment, Net zero carbon emission, Renewable energy*

บทนำ

การเปลี่ยนแปลงของสภาพภูมิอากาศ (climate change) ส่งผลให้สถานการณ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกเพิ่มสูงขึ้นตามรายงานฉบับที่ 6 ของคณะกรรมการระหว่างรัฐบาลว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (Intergovernmental Panel on Climate Change : IPCC) ของสหประชาชาติ พบว่าในช่วงปี ค.ศ. 1955-2055 โลกมีแนวโน้มของอุณหภูมิสูงขึ้นโดยเฉลี่ย 2 °C จึงมีการหารือและได้มีคำมั่นสัญญาเพื่อบรรลุปเป้าหมายการควบคุมอุณหภูมิเพื่อไม่ให้เพิ่มเกิน 1.5 °C ที่ตั้งไว้ในการประชุมรัฐภาคีกรอบอนุสัญญาสหประชาชาติว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงอากาศ สมัยที่ 26 โดยแนวทางไปสู่เป้าหมายคือ การลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกให้เป็นศูนย์ ภายในปี ค.ศ. 2050 หรือ พ.ศ. 2593 (United Nations, 2021)

การจำลองประสิทธิภาพอาคาร จำเป็นต้องใช้ไฟล์ข้อมูลอากาศรายชั่วโมง ซึ่งเป็นตัวบ่งชี้ถึงปริมาณความร้อนที่จะเข้ามาในอาคาร อุณหภูมิของอาคาร และการใช้พลังงานโดยรวม เป็นต้น ซึ่งข้อมูลอากาศที่ใช้ในปัจจุบันเป็นข้อมูลที่ได้จากการเก็บในปี ค.ศ. 1983-1993 ซึ่งเห็นได้ว่าไม่มีการเพิ่มเติมข้อมูลในเรื่องสภาพการเปลี่ยนแปลงของอากาศในปัจจุบัน และอนาคต ทำให้มีความเป็นไปได้ว่าข้อมูลที่ใช้อยู่อาจทำให้เกิดความคลาดเคลื่อนในการจำลองประสิทธิภาพอาคารได้ (ณัฐภา ตระกูลไทย, 2558)

นอกจากการใช้ไฟล์ข้อมูลอากาศที่สอดคล้องกับสภาพอากาศที่เปลี่ยนแปลงแล้ว การดำรงอยู่ของอาคารหนึ่งหลัง ตั้งแต่การผลิตรายวัสดุ การก่อสร้าง การใช้พลังงาน ตลอดจนการรื้อถอนอาคารนั้น ยังส่งผลกระทบต่อในเชิงปริมาณการใช้ทรัพยากรและมลพิษสู่ชั้นบรรยากาศ การประเมินวัฏจักรตลอดช่วงชีวิตอาคาร (life cycle assessment) จึงมีความสำคัญในการช่วยให้ทราบถึงปริมาณการปล่อยคาร์บอนสู่สิ่งแวดล้อม ในการสรุปจึงเลือกใช้เครื่องมือ One click LCA ซึ่งเป็นเครื่องมือที่ได้มาตรฐาน EN/ISO และเป็นที่ยอมรับมากกว่า 140 ประเทศทั่วโลก (One click LCA, 2001)

จากที่กล่าวมาข้างต้น ทำให้เห็นถึงปัญหาและความสำคัญของการลดการปล่อยคาร์บอน ซึ่งส่งผลให้เกิดการศึกษาเรื่องการชดเชยการปล่อยคาร์บอนด้วยวิธีต่าง ๆ ตามมา โดยเลือกวิธีการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ (photovoltaic cell) ซึ่งเป็นวิธีที่มีประสิทธิภาพสูงสุด และใช้กันอย่างแพร่หลายทั่วโลก จึงนำไปสู่การตั้งคำถามงานวิจัยว่า “การจะทำให้อาคารพักอาศัยปล่อยคาร์บอนสุทธิเป็นศูนย์ตลอดช่วงชีวิตอาคาร ด้วยการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ในสภาพอากาศที่เปลี่ยนแปลงไปในอนาคตนั้นจะเป็นไปได้ยากมากขึ้นเพียงใด และต้องใช้ในการผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์มากเท่าไร” ซึ่งสนับสนุนแนวทางการลดการปล่อยคาร์บอนของประเทศไทยโดยศึกษาในอาคารคอนโดมิเนียมพักอาศัย

วัตถุประสงค์ของการศึกษา

1. เพื่อศึกษาและวิเคราะห์รูปแบบการเปลี่ยนแปลงของอากาศ และสร้างไฟล์ข้อมูลอากาศของประเทศไทย ที่เป็นไปตามการคาดคะเนผลกระทบจากสภาพอากาศเปลี่ยนแปลงในอนาคต
2. เพื่อประเมินการใช้พลังงานของอาคารชุดพักอาศัยในกรุงเทพฯ เมื่อใช้ไฟล์ข้อมูลอากาศที่สร้างขึ้นใหม่ ปี ค.ศ. 2020, 2050, 2080 และเปรียบเทียบกับการใช้พลังงานของอาคารเมื่อใช้ไฟล์ ปี ค.ศ. 1990
3. เพื่อประเมินวัฏจักรชีวิตอาคาร (60ปี) ของอาคารในปีปัจจุบัน (ปี ค.ศ. 2020) ที่ได้รับผลกระทบจากสภาพอากาศเปลี่ยนแปลง พิจารณาเปรียบเทียบกับอาคารใน ปี ค.ศ. 1990
4. เพื่อเสนอแนวทางการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ในอาคารชุดพักอาศัยเพื่อชดเชยการปล่อยคาร์บอนสุทธิเป็นศูนย์ตลอดช่วงชีวิตอาคาร (60 ปี) เมื่อใช้ไฟล์อากาศ ปี ค.ศ 1990 พิจารณาเปรียบเทียบกับ ปี ค.ศ 2020

ขอบเขตของการศึกษา

1. ศึกษาในอาคารคอนโดมิเนียมพักอาศัยในกรุงเทพมหานคร ที่มีพื้นที่ไม่เกิน 10,000 ตร.ม. และสูงไม่เกิน 23 ม.
2. ศึกษาโดยใช้ไฟล์ข้อมูลอากาศของกรุงเทพฯ ที่เป็นข้อมูลอากาศ IWE (International Weather Year For Energy Calculation) ที่สร้างโดย Energyplus และไฟล์ข้อมูลอากาศในอนาคตที่สร้างขึ้นใหม่
3. ศึกษาและประเมินการใช้พลังงานในอาคาร โดยเปรียบเทียบเมื่อใช้ไฟล์อากาศปีเก่า และไฟล์ที่สร้างขึ้นใหม่
4. ศึกษาและประเมินการใช้พลังงานในอาคารคอนโดมิเนียมพักอาศัย เมื่อใช้ไฟล์ข้อมูลอากาศที่สร้างขึ้นใหม่ ปี ค.ศ. 2020, 2050, 2080 และเปรียบเทียบกับการใช้พลังงานของอาคารเมื่อใช้ไฟล์ปี ค.ศ. 1990
5. ศึกษาผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม โดยการประเมินวัฏจักรชีวิตอาคาร (60 ปี) โดยใช้เครื่อง One click LCA
6. ศึกษาการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์เพื่อชดเชยการปล่อยคาร์บอนสุทธิเป็นศูนย์ ตลอดช่วงชีวิตของอาคารคอนโดมิเนียมพักอาศัย

การทบทวนวรรณกรรม

การสร้างไฟล์ข้อมูลอากาศจากภาวะอากาศเปลี่ยนแปลงในอนาคต

งานวิจัยของ M.F.Patrick et al. (2009) เป็นตัวอย่างการสร้างไฟล์อากาศโดยใช้วิธี Morphing ซึ่งเป็นการรวมข้อมูลอากาศปัจจุบันที่สร้างขึ้นในช่วงเวลาเดียวกันของพื้นที่ที่ต้องการ รวมเข้ากับข้อมูลการคาดการณ์การเปลี่ยนแปลงอากาศในอนาคต โดยการคำนวณนั้นจะคิดแยกแต่ละเดือน และแยกกันไปแต่ละตัวแปรของข้อมูล เช่น อุณหภูมิกระเปาะแห้ง รังสีอาทิตย์ ความเร็วลม เป็นต้น ซึ่งทำให้มีความแม่นยำมาก ในการสร้างโปรแกรมสำหรับสร้างไฟล์อากาศของ 3 ปีในอนาคตนั้น คือ ปี ค.ศ. 2020, 2050 และ 2080 โดยใช้กับโปรแกรม CCWorldWeatherGen เป็นโปรแกรมที่สร้างจาก Microsoft Excel ที่อนุญาตให้ผู้สร้างไฟล์ข้อมูลอากาศที่เกิดจากภาวะอากาศเปลี่ยนแปลงในรูปแบบไฟล์ EPW และ TMY2 ได้ โดยใช้ไฟล์ข้อมูลอากาศ ปี ค.ศ. 1990 เป็นไฟล์ IWE รวมกับข้อมูลการคาดคะเนอากาศเปลี่ยนแปลงในอนาคตโดยใช้ไฟล์ HadCM3 A2 ซึ่งเป็นการคาดคะเนโดยใช้สถานการณ์ที่ประชากรเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง และยังไม่มีการลดภาวะโลกร้อนที่จริงจังที่ทาง IPCC ได้จัดทำขึ้น และทำให้ได้ไฟล์ข้อมูลในรูปแบบไฟล์ EPW และ TMY2 ซึ่งเป็นไฟล์อากาศรายชั่วโมง ที่สามารถนำมาใช้ในการจำลองประสิทธิภาพอาคารได้ (ณัฐฐา ตระกูลไทย, 2558)

หลักการประเมินวัฏจักรชีวิตอาคาร

Life Cycle Assessment หรือ LCA เป็นเครื่องมือทางวิทยาศาสตร์ที่เป็นมาตรฐาน EN 15978 (การประเมินผลกระทบการปฏิบัติงานด้านสิ่งแวดล้อมของอาคาร) และ มาตรฐาน EN 15804 (การประเมินสิ่งแวดล้อมในวัสดุก่อสร้าง) สำหรับประเมินผลกระทบในเชิงปริมาณของการใช้ทรัพยากร และผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้น ตลอดจนการดำรงอยู่ของอาคาร โดยคำนึงถึงทุกขั้นตอน ตั้งแต่การผลิตวัสดุ การขนส่ง ตลอดจนขั้นตอนการก่อสร้าง การใช้งาน การรื้อถอน และการกำจัดทิ้งในขั้นตอนสุดท้าย ซึ่งมีความสำคัญต่อการบรรลุเป้าหมายการก่อสร้างคาร์บอนเป็นกลางและคาร์บอนสุทธิเป็นศูนย์ ทำ Life Cycle Assessment จะถูกแบ่งขั้นตอนการประเมิน ดังนี้ ข้อมูลพลังงานที่ใช้ตั้งแต่การสกัดวัตถุดิบ การขนส่งสู่โรงงานผลิต และการผลิตวัสดุ (A1-A4 product stage) ข้อมูลพลังงานที่ใช้ในการขนส่งวัสดุมายังไซต์งาน การติดตั้งและการประกอบวัสดุในการก่อสร้าง (A4-A5 construction stage) ข้อมูลพลังงานที่ใช้ในการขนส่งวัสดุมายังไซต์งาน และพลังงานในการใช้งานอาคาร (B1-B5 use stage) ข้อมูลพลังงานการใช้งานวัสดุ การดูแลรักษา การซ่อมบำรุง การเปลี่ยนวัสดุเมื่อหมดอายุการใช้งาน ไปจนถึงการตกแต่งใหม่ (C1-C4 end of life stage)

สุดท้ายข้อมูลโครงสร้างและการรื้อถอน การขนส่งสู่แหล่งกำจัดขยะวัสดุ และสุดท้ายการกำจัดทิ้ง (D externalized impacts beyond the system boundary) ผลกระทบภายนอกที่นอกเหนือจากขอบเขตของระบบ (Life Cycle Stage) (One click LCA, 2001)

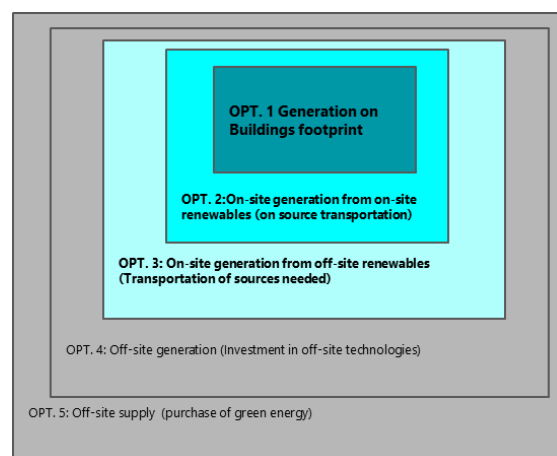
ซอฟต์แวร์ One click LCA เป็นหนึ่งในเครื่องมือที่เป็นที่ยอมรับทั่วโลก จากการใช้งานมากกว่า 140 ประเทศ ซึ่งได้รวบรวมรายการวัสดุมากกว่า 150,000 วัสดุทั่วโลกที่มีใบรับรอง EPD (Environmental Product Declaration) ที่บอกส่วนผสมของผลิตภัณฑ์ รวมถึงผลกระทบที่มีต่อสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้นตลอดอายุการใช้งานของผลิตภัณฑ์ เพื่อเพิ่มความสอดคล้องกับมาตรฐานอาคารเขียวของ BREEAM, LEED และ TREES (One click LCA, 2001) ซึ่งใช้ฐานข้อมูลค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจก (CO_2 emission factor) มาจากหลายแหล่งที่น่าเชื่อถือ เช่น ICE และ IEA เป็นค่าที่ต้องใช้แปลงการใช้พลังงานไฟฟ้า เป็นค่าการปล่อยคาร์บอน ซึ่งในแต่ละประเทศจะแตกต่างกันไป โดยประเทศไทยใช้ค่าจากข้อมูลสถิติของ IEA (International agency) ที่เก็บข้อมูลตั้งแต่ ปี ค.ศ. 1990-2020 มีค่าเท่ากับ $0.69 \text{ kgCO}_2\text{e/kwh}$ (IEA, 2022)

การชดเชยการปล่อยคาร์บอนสุทธิเป็นศูนย์ของอาคาร

จากการศึกษาวิจัยของ Satola et al. (2021) เป็นตัวอย่างการสรุปผลข้อมูลจาก IEA ซึ่งเคยได้จัดทำ Road map สำหรับอาคารปล่อยคาร์บอนเป็นศูนย์ในภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้เอาไว้ด้วย โดยได้รวบรวมแนวทางและข้อกำหนดทั้งหมด 35 แนวทางจาก 25 ประเทศทั่วโลก ศึกษาเรื่องการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของอาคารว่ามักประกอบไปด้วย 2 ส่วน คือ ช่วงการใช้งานอาคาร (operational part) และ วัสดุประกอบอาคาร (embodied part) และศึกษาเรื่องการชดเชยการปล่อยคาร์บอนเป็นศูนย์ของอาคาร โดยวิธีที่ดีที่สุดคือ

1. การผลิตพลังงานหมุนเวียนแบบบูรณาการในอาคาร หรือตั้งบนอาคาร (Building-integrated generation)
2. การผลิตพลังงานหมุนเวียนแบบบูรณาการกับอาคาร โดยใช้วัสดุเซลล์แสงอาทิตย์แทนวัสดุเปลือกอาคาร เช่น หลังคา Skylight หรือ ผนัง เป็นต้น (Building Integrated Photovoltaics: BIPV)
3. การผลิตพลังงานหมุนเวียนภายในขอบเขตพื้นที่ก่อสร้าง เช่น ของลานจอดรถ เป็นต้น (generation within building site boundaries)

โดย 3 วิธีนี้ เป็นแนวทางที่มีการเลือกใช้มากที่สุด 11 ประเทศ จาก 25 ประเทศทั้งหมด เพราะไม่ได้เป็นการนำพลังงานหมุนเวียนเข้ามาใช้โดยการจัดซื้อ หรือนำเงินไปลงทุนกับโครงการอื่นนอกสถานที่โครงการ แสดงในภาพ 1



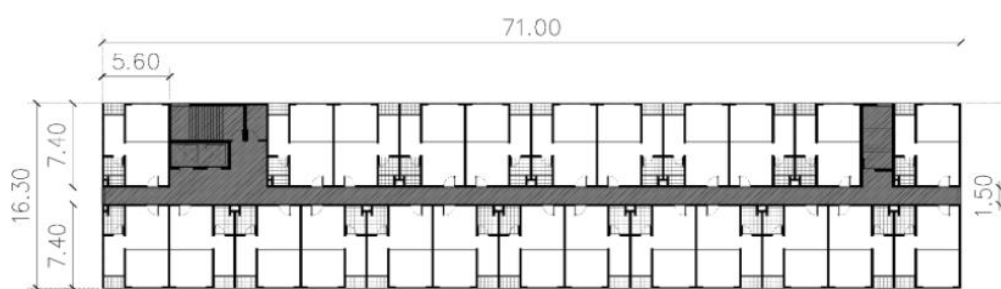
ภาพ 1 แนวทางการชดเชยการปล่อยคาร์บอนด้วยการจัดหาพลังงานหมุนเวียน

ที่มา: จาก How to define (net) zero greenhouse gas emissions buildings: The results of an international survey as part of IEA EBC annex 72 โดย Satola et al., 2021. *Building and Environment*, 192, 107619,5.

วิธีดำเนินการวิจัย

การศึกษาลักษณะแบบอาคารกรณีศึกษา อาคารชุดพักอาศัย

งานวิจัยนี้ใช้ลักษณะแบบอาคารกรณีศึกษา จากตัวอย่างงานวิจัยของ กันตพงศ์ ศรีเมือง (2564) ซึ่งได้สำรวจอาคาร คอนโดมิเนียมพักอาศัยในกรุงเทพมหานคร ที่ความสูงไม่เกิน 23 เมตร และพื้นที่ไม่เกิน 10,000 ตร.ม. เพื่อไม่ให้เข้าข่าย กฎหมายควบคุมอาคารสูง จำนวน 21 อาคาร โดยผังอาคารส่วนใหญ่ที่พบมีลักษณะเป็นสี่เหลี่ยมผืนผ้า คิดเป็นร้อยละ 61.60 ของลักษณะอาคารทั้งหมด และเพิ่มข้อมูลจากตัวอย่างงานวิจัยของ อภิญา บุญมา (2555) ในการจำลองสภาพแวดล้อมในการศึกษา โดยให้เป็นอาคารที่มีอัตราส่วนพื้นที่ของหน้าต่างโปร่งแสง หรือของผนังโปร่งแสงต่อพื้นที่ผนังทั้งหมด (Window to Wall Ratio: WWR) ร้อยละ 40 สัดส่วนของอาคารเป็น 1 ต่อ 4.3 ระบบปรับอากาศเป็นแบบแยกส่วน มีการตั้งอุณหภูมิที่ 25 °C ส่วนพลังงานไฟฟ้าและแสงสว่างเท่ากับ 8.13 วัตต์/ตร.ม. พลังงานไฟฟ้า อุปกรณ์สำนักงานเท่ากับ 8.96 วัตต์/ตร.ม. และมีการใช้งานทุกวันตลอด 24 ชม. ซึ่งได้ข้อมูลมาโดยการสำรวจอาคารคอนโดมิเนียมพักอาศัยในกรุงเทพฯ ทั้งหมด 50 อาคารจนได้รูปแบบ และข้อมูลเป็นอาคารพักอาศัยต้นแบบ ซึ่งมีลักษณะดังนี้ ความกว้าง 16.30 เมตร ความยาว 71.00 เมตร ความสูง 22.40 เมตร ความสูงของแต่ละชั้น 3.20 เมตร จำนวนชั้นพักอาศัย 7 ชั้น ความกว้างทางเดิน 1.50 เมตร จำนวนยูนิต 175 ยูนิต จำนวนยูนิตใน 1 ชั้น 25 ยูนิต พื้นที่อาคารทั้งหมด 8,101.1 ตร.ม. แสดงในภาพ 2



ภาพ 2 แปลนอาคารพักอาศัยกรณีศึกษา

ที่มา: จาก การประเมินผลกระทบการประหยัดพลังงานและการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในอาคารสำนักงานและคอนโดมิเนียมพักอาศัยด้วยการประเมินต้นทุนส่วนเพิ่มสุทธิของการลดการปล่อยคาร์บอน โดย กันตพงศ์ ศรีเมือง, 2564. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารธุรกิจ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

วิธีสร้างไฟล์ข้อมูลอากาศตามการคาดการณ์ภาวะอากาศเปลี่ยนแปลงในอนาคต

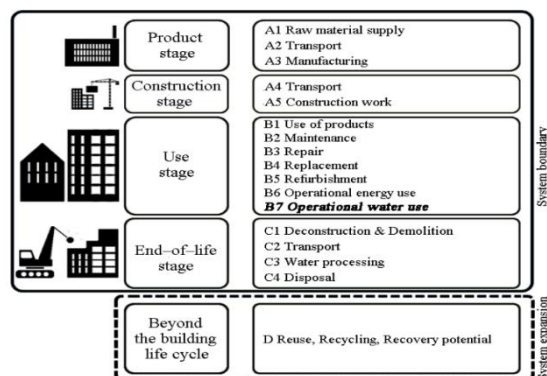
ไฟล์อากาศปีเก่า (ค.ศ. 1983-1993) สามารถนำมาศึกษาและสร้างไฟล์อากาศใหม่ ด้วยโปรแกรมที่ใช้สร้างไฟล์อากาศ Climate Change World Weather File Generator for World-Wide Weather Data (CCWorldWeatherGen) โดยใช้ไฟล์อากาศเก่า ร่วมกับข้อมูล HadCM3 ซึ่งเป็นการคาดคะเนโดยใช้สถานการณ์ที่ประชากรเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง และยังไม่มีการลดภาวะโลกร้อนที่จริงจัง ที่ทาง IPCC ได้จัดทำขึ้น โดยมีการคาดการณ์ไว้เป็นลำดับทุก ๆ 30 ปี คือ ปี ค.ศ. 2020, 2050, 2080 ตาม Climate Zone ของแต่ละประเทศ โดยประเทศไทยนั้นเป็น Zone A2 หรือ ภูมิอากาศแบบร้อนชื้น เมื่อได้ไฟล์อากาศใหม่ทั้ง 3 ไฟล์ จากนั้นทำการแปลงให้อยู่ในรูปแบบไฟล์ Excel เพื่อให้เห็นค่าตัวเลขต่าง ๆ ของข้อมูลทุกส่วนของไฟล์อากาศ เพื่อทำการวิเคราะห์และเปรียบเทียบกับไฟล์อากาศปีเก่า

การคำนวณการใช้พลังงานในอาคาร 60 ปี

จากแบบอาคารกรณีศึกษา สามารถนำไปศึกษาการใช้พลังงานในระยะเวลา 60 ปี ในโปรแกรม ทำการจำลองในโปรแกรม DesignBuilder ซึ่งโดยทั่วไปการจำลองพลังงานเป็นเวลา 1 ปี เพื่อให้ได้ Net Site Energy (kWh/year) และ Energy Per Building Area (kWh/m²) จะคูณจำนวนปี (60 ปี) โดยตรง ซึ่งไม่มีการเปลี่ยนแปลงของการใช้พลังงานตลอดช่วงอายุอาคาร หรือเรียกได้ว่าค่าการใช้พลังงานจะคงที่ไปตลอด 60 ปี แต่งานวิจัยนี้มีจุดประสงค์ที่จะคำนวณค่าการใช้พลังงานให้มีความสอดคล้องไปตามสถานการณ์การเปลี่ยนแปลงของสภาพอากาศในอนาคตด้วย การคำนวณจะทำได้โดยการจำลองการใช้พลังงานของทุกไฟล์อากาศ ตั้งแต่ไฟล์อากาศ ปี ค.ศ. 1990 ไปจนถึง ปี ค.ศ. 2080 แล้ววิเคราะห์และเปรียบเทียบทิศทางของการใช้พลังงานที่ได้รับผลกระทบจากการคาดคะเนสถานการณ์การเปลี่ยนแปลงสภาพอากาศในอนาคต จากนั้นทำการวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้น (Linear regression) ซึ่งเป็นการคำนวณหาความสัมพันธ์ระหว่าง 2 ตัวแปรคือตัวแปรที่ทราบค่า (Predictor : x) และตัวแปรที่ไม่ทราบค่า (Response : y) โดยใช้สมการ $y=ax+b$ เพื่อหาค่าการใช้พลังงานระยะเวลา 1 ปี ในทุก ๆ ปี ที่อยู่ตรงกลางระหว่างปี ค.ศ. 1990 ไปจนถึงปี ค.ศ. 2080 และนำผลรวมค่าการใช้พลังงานจากปีแรกถึงปีที่ 60 มาเป็นผลรวมสุดท้ายของค่าพลังงานในอาคารตลอดช่วงชีวิตอาคาร

การประเมินวัฏจักรชีวิตของอาคาร

จากการจำลอง และคำนวณค่าพลังงานตามสถานการณ์เปลี่ยนแปลงสภาพอากาศในอนาคต ตลอด 60 ปี สามารถนำไปศึกษาการประเมินวัฏจักรชีวิตอาคารตลอด 60 ปี โดยใช้ข้อมูลค่าพลังงาน รวมกับผลรวมของค่า Construction material (A1-A3) ค่า Construction / installation process (A5) ค่า Maintenance and material replacement (B1-B5) ค่า Energy consumption (B6) โดยค่าพลังงานนี้ งานวิจัยนี้ใช้ค่าพลังงานที่เป็นไปตามสถานการณ์การเปลี่ยนแปลงสภาพอากาศ ซึ่งเป็นค่าที่มากกว่าค่าพลังงานที่คงที่ไปตลอด 60 ปี ต่อไปเป็นค่า Water use (B7) ค่า End of life (C1-C4) และสุดท้ายเป็นค่า External impacts เป็นค่าที่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมอื่น ๆ ที่นอกเหนือจากขอบเขตอาคาร จะมีการแสดงในการคำนวณด้วย แต่จะไม่รวมผลอยู่ในค่ารวมของปริมาณที่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม โดยผลที่ได้จะเรียกว่า Global warming (kg CO₂e) แสดงในภาพ 3



ภาพ 3 แสดงขั้นตอนการประเมินวัฏจักรชีวิตอาคาร อ้างอิงตาม EN 15978

การคำนวณการลดการปล่อยคาร์บอนสุทธิเป็นศูนย์ของอาคาร

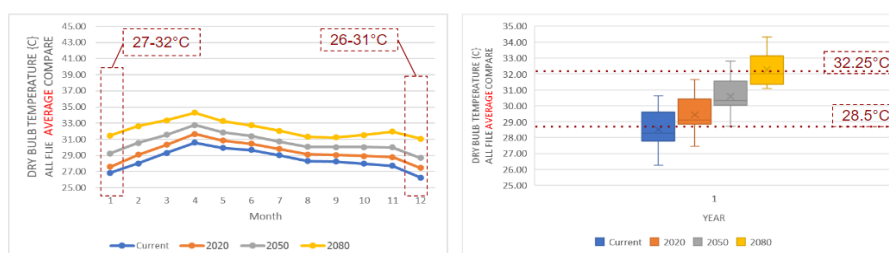
จากค่า Global warming (kg CO₂e) สามารถนำไปศึกษาการลดการปล่อยคาร์บอนของอาคาร เพื่อไปสู่อาคารปล่อยคาร์บอนสุทธิเป็นศูนย์ โดยการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ (Photovoltaic cell) บนตัวอาคาร จากแบบอาคารกรณีศึกษา ที่ได้จำลองพลังงานแล้ว จึงนำมาศึกษาการลดการปล่อยคาร์บอนโดยการ จำลองการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ (Photovoltaic cell) ด้วยเครื่องมือ Photovoltaic installation ในโปรแกรม DesignBuilder

เพื่อผลิตพลังงานจากการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ โดยใช้การจำลองทั้งหมด 4 ไฟล์อากาศและเปรียบเทียบกัน โดยแผงโซลาร์เซลล์ที่เลือกใช้เป็นของ Solar PPM รุ่นSPPM 450W-Monocrystalline Monofacial (MIT) ที่ผลิตในประเทศไทยและส่งออกทั่วโลกและได้รับมาตรฐาน ISO มีค่าการเสื่อมสภาพอยู่ที่ 0.55% ต่อปี ตลอดอายุการใช้งาน 25-30 ปี ซึ่งค่าพลังงานที่ได้จากการจำลองต้องนำมาคิดหักลบกับค่าเสื่อมสภาพของแผงโซลาร์เซลล์ ซึ่งจะผลิตพลังงานได้น้อยลงทุก ๆ ปี ปีละ 0.55% ตลอด 30 ปี และหากมีการเปลี่ยนแผงโซลาร์เซลล์ทุก 30 ปี จะส่งผลให้การผลิตพลังงานในปีที่ 31 จะผลิตพลังงานได้เท่ากับปีแรกที่เพิ่งติดตั้งใหม่ และนำพลังงานที่หักลบแล้ว มาแปลงค่าเป็นค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกของประเทศไทย ตามข้อมูลของ IEA , 2020 (0.69 kgCO₂E) จากนั้นนำมาหักลบกับค่าการปล่อยคาร์บอนทั้งหมดของอาคารตลอด 60 ปี โดยแบ่งการชดเชยการปล่อยคาร์บอนเป็นลำดับ ตามแผนนโยบายของกระทรวงพลังงาน คือ ลดการปล่อยคาร์บอนลง 20%, 50%, 75%, 100% และพิจารณาเปรียบเทียบกันระหว่าง การชดเชยการปล่อยคาร์บอนจากการใช้ไฟล์อากาศปีปัจจุบัน (ปี ค.ศ. 2020) ซึ่งเป็นไปตามการคาดคะเนสถานการณ์การเปลี่ยนแปลงสภาพอากาศในการจำลอง กับการชดเชยการปล่อยคาร์บอนจากการใช้ไฟล์อากาศ ปี ค.ศ. 1990 ในการจำลอง

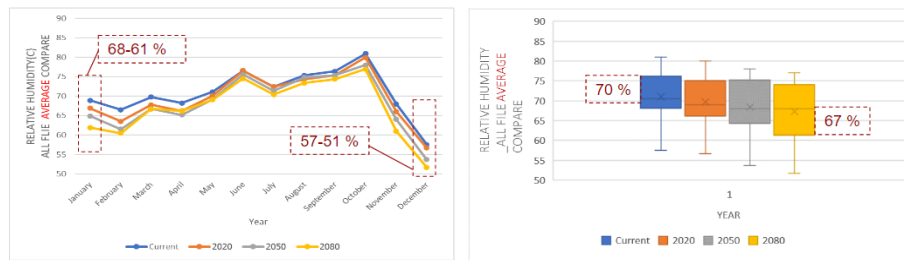
ผลการศึกษา

ผลจากการวิเคราะห์ไฟล์อากาศเพื่อใช้ในการจำลองพลังงานของแบบอาคารกรณีศึกษา พบว่า ในข้อมูลส่วนอุณหภูมิใน 4 ไฟล์ (ไฟล์ ปี ค.ศ. 1990 จนถึงไฟล์ ปี ค.ศ. 2080) มีการเปลี่ยนแปลงที่ต่างกัน โดยเปรียบเทียบระหว่าง อุณหภูมิเฉลี่ยรายเดือนและเฉลี่ยรายปีของแต่ละไฟล์อากาศ พบว่า อุณหภูมิเฉลี่ยรายเดือนใน 1 ปี จะมีค่าแตกต่างกันประมาณ 5-6 °C โดยช่วงเดือนเมษายนเป็นเดือนที่อุณหภูมิสูงสุด และเดือนธันวาคมจะต่ำสุด และอุณหภูมิกระเปาะแห้งเฉลี่ยรายปี พบว่าอุณหภูมิเฉลี่ยเพิ่มสูงขึ้นทุกปี โดยไฟล์ปีเก่าเฉลี่ยทั้งปีอยู่ที่ 28-29.5°C แต่ไฟล์อากาศปี ค.ศ. 2080 เฉลี่ยทั้งปีอยู่ที่ 31.5-33 °C ต่างกันประมาณ 3-4 °C แสดงในภาพ 4 และเมื่อดูที่ค่าเฉลี่ยความชื้นสัมพัทธ์รายเดือนและเฉลี่ยรายเดือนของแต่ละไฟล์อากาศ ก็พบว่าระดับความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยลดลงในทุกเดือนประมาณ 6-7% และถ้าเฉลี่ยรายปี จาก ปี ค.ศ. 1990-2080 พบว่าลดลง 3 % ซึ่งสอดคล้องกับค่าอุณหภูมิที่เพิ่มมากขึ้น แสดงในภาพ 5

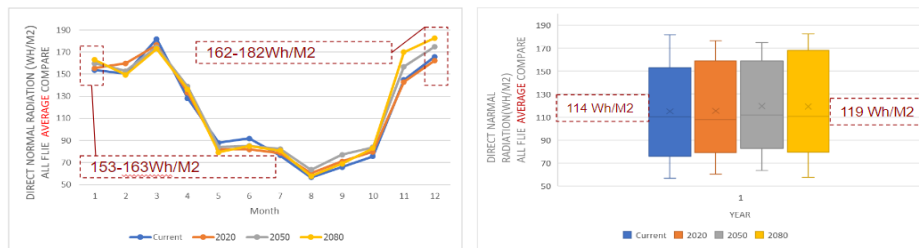
สำหรับการแผ่รังสีดวงอาทิตย์โดยตรงทั่วโลกเฉลี่ยรายเดือน และเฉลี่ยรายปีของแต่ละไฟล์อากาศ พบว่ามีการแผ่รังสีดวงอาทิตย์เฉลี่ยรายเดือน เพิ่มขึ้น 10-20 Wh/m² และการแผ่รังสีดวงอาทิตย์เฉลี่ยรายปี พบว่าเพิ่มขึ้น 5wh/m² ซึ่งก็จะเห็นได้ว่าแนวโน้มของการใช้พลังงานจะเพิ่มมากขึ้น แต่ก็อาจจะผลิตพลังงานจากแสงอาทิตย์ได้เพิ่มมากขึ้นด้วย แสดงในภาพ 6



ภาพ 4 แสดงอุณหภูมิกระเปาะแห้งเฉลี่ยรายเดือนและเฉลี่ยรายปีในแต่ละไฟล์อากาศ



ภาพ 5 แสดงความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยรายเดือนและเฉลี่ยรายปีในแต่ละไฟล์อากาศ



ภาพ 6 แสดงการแผ่รังสีดวงอาทิตย์เฉลี่ยรายเดือนและเฉลี่ยรายปีในแต่ละไฟล์อากาศ

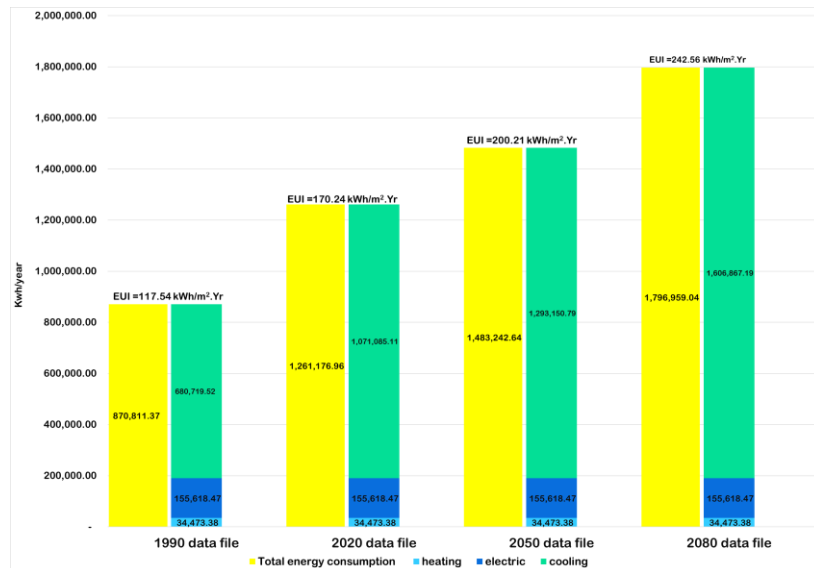
ผลจากการจำลองพลังงานของอาคารกรณีศึกษา ให้เป็นอาคารคอนโดมิเนียมพักอาศัย จำนวน 7 ชั้น มีพื้นที่ทั้งหมด 8,101.1 ตร.ม. มีอัตราส่วนผนังโปร่งแสงต่อพื้นที่ผนังทั้งหมด (Window to Wall Ratio: WWR) ร้อยละ 40 ระบบปรับอากาศเป็นแบบแยกส่วน มีการตั้งอุณหภูมิที่ 25 °C ส่วนพลังงานไฟฟ้าและแสงสว่างเท่ากับ 8.13 วัตต์/ตร.ม. พลังงานไฟฟ้าอุปกรณ์เท่ากับ 8.96 วัตต์/ตร.ม. และมีตารางการใช้งานทุกวันตลอด 24 ชม.

เมื่อใช้ไฟล์อากาศทั้ง 4 ไฟล์ ใน 60 ปี พบว่าอาคารคอนโดมิเนียมพักอาศัยมีสัดส่วนการใช้พลังงานที่แตกต่างกัน โดยพลังงานทั้งหมด (net site energy) จะถูกแบ่งเป็น 3 ประเภทคือ พลังงานไฟฟ้า พลังงานการทำความเย็น และพลังงานการทำความร้อนของน้ำร้อน โดยหากรวมกันทั้งหมดแล้วการใช้ไฟล์อากาศ ปี ค.ศ. 1990 ในการจำลองนั้นค่าพลังงานทั้งหมดจะเท่ากับ 870 MWh และมีค่าดัชนีการใช้พลังงาน Operation Energy Use Index หรือ ค่า EUI เท่ากับ 117 kWh/m².Yr ส่วนไฟล์อากาศ ปี ค.ศ. 2020 มีพลังงานรวมทั้งหมดเท่ากับ 1,261 MWh ค่า EUI เท่ากับ 170.24 kWh/m².Yr ซึ่งมีค่าการใช้พลังงานเพิ่มขึ้นคิดเป็น 69% ของการใช้ไฟล์อากาศ ปี ค.ศ. 1990

ไฟล์อากาศ ปี ค.ศ. 2050 พลังงานรวมทั้งหมด 1,483 MWh ค่า EUI เท่ากับ 200.21 kWh/m².Yr ซึ่งมีการใช้พลังงานเพิ่มขึ้นจากการใช้ไฟล์ ปี ค.ศ. 2020 คิดเป็น 85%

และไฟล์อากาศ ปี ค.ศ. 2080 พลังงานรวมทั้งหมดเท่ากับ 1,796 MWh และค่า EUI เท่ากับ 242.56 kWh/m².Yr ซึ่งมีการใช้พลังงานเพิ่มขึ้นจากการใช้ไฟล์ ปี ค.ศ. 2050 คิดเป็น 82%

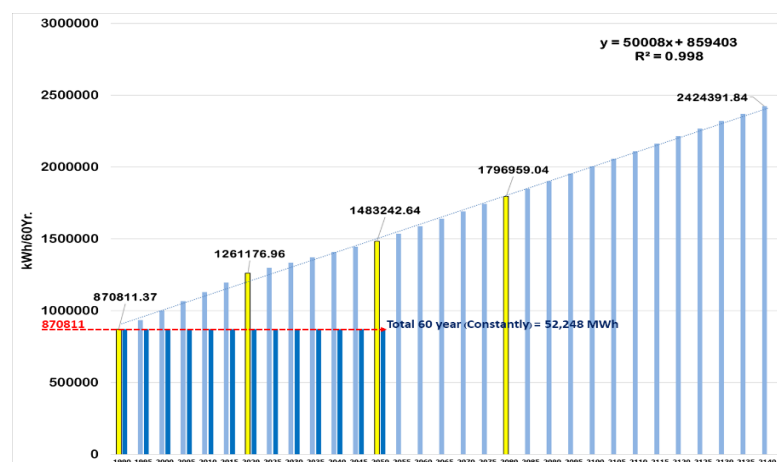
พลังงานโดยรวมจากการใช้ไฟล์อากาศ ปี ค.ศ. 1990 ไปจนถึง ปี ค.ศ. 2080 มีค่าพลังงานรวมที่เพิ่มขึ้นประมาณ 47.29 % โดยค่าที่ส่งผลกระทบต่อค่าพลังงานรวมมากที่สุดคือ ค่าพลังงานการทำความเย็น (district cooling) แสดงในภาพ 7



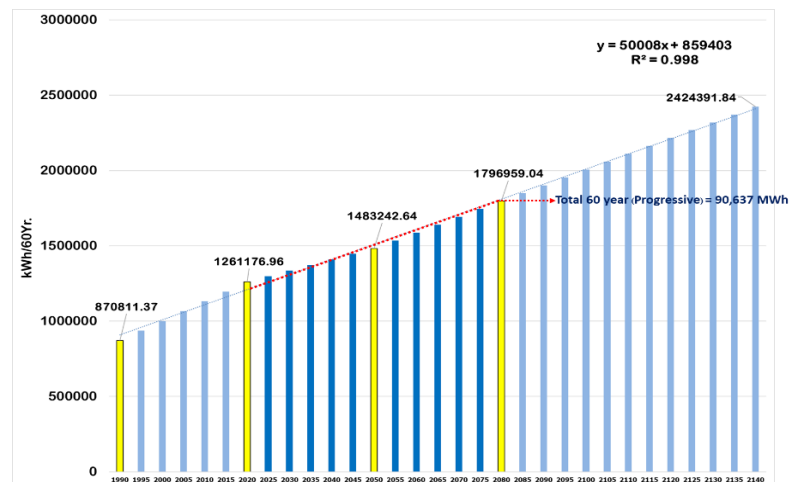
ภาพ 7 การใช้พลังงานรวมและการใช้พลังงานแยกตามประเภทใน 1 ปี ของอาคารกรณีศึกษาของการจำลองการใช้ไฟฟ้าภาคแต่ละปี

จากภาพ 7 การจำลองการใช้พลังงานรวม 1 ปี ของอาคารกรณีศึกษา ของแต่ละไฟล์อากาศ ทำให้ทราบถึง การเพิ่มขึ้นของการใช้พลังงานในอาคาร โดยพิจารณาในปี ค.ศ. 2080 มีค่าพลังงานรวมเพิ่มขึ้นเท่ากับ 926 MWh หรือคิดเป็น 47.29 % ของการใช้ไฟล์ข้อมูลอากาศ ปี ค.ศ. 1990 และหากจะคำนวณการใช้พลังงานตลอดชีวิตอาคารโดยใช้ค่าคงที่ไป ตลอด 60 ปี อาจจะไม่สอดคล้องไปตามการคาดคะเนสถานการณ์การเปลี่ยนแปลงสภาพอากาศในอนาคตได้ โดยค่าที่ได้จากการจำลองพลังงานเท่ากับ 52,428 MWh ดังในภาพ 8

หากศึกษาและวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้น จึงสามารถแสดงเป็นสมการ $Y=50,008(x) + 859,403$ โดยค่าความผันแปร ทั้งหมด R^2 เท่ากับ 0.998 ซึ่งสมการนี้จะเป็นตัวช่วยในการคำนวณเพื่อหาค่าการใช้พลังงานรวม 1 ปี ในทุก ๆ ปี ที่อยู่ตรง กลางระหว่างปี ค.ศ. 1990 ไปจนถึงปี ค.ศ. 2080 และยังคำนวณต่อไปอีก 60 ปี เพื่อให้เห็นแนวโน้มที่ชัดเจนขึ้น และนำ ผลรวมค่าการใช้พลังงานจากปีแรกไปจนถึงปีที่ 60 มาเป็นผลรวมสุดท้ายของค่าพลังงานในอาคารตลอดช่วงชีวิตอาคารที่ สอดคล้องตามการคาดคะเนสถานการณ์การเปลี่ยนแปลงของสภาพอากาศในอนาคตได้ ซึ่งทำให้ได้ผลรวมของการจำลองการ ใช้พลังงานตลอด 60 ปี ของอาคารกรณีศึกษาในปีค.ศ. 2020-2050 เท่ากับ 90,637 MWh ซึ่งเพิ่มขึ้นเป็น 57% เมื่อ เปรียบเทียบกับการใช้ไฟฟ้าอากาศปี ค.ศ. 1990 ดังในภาพ 9



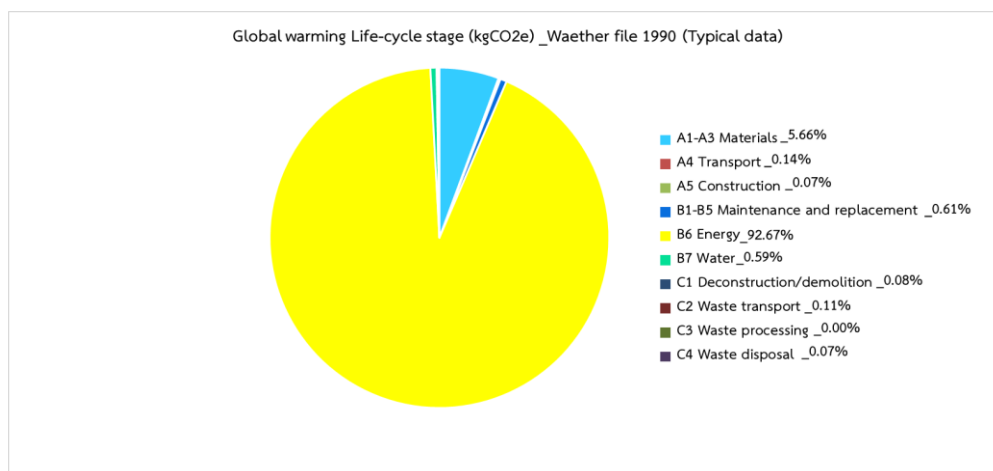
ภาพ 8 ผลการจำลองการใช้พลังงานในทุก ๆ ปีของปี ค.ศ. 1990-2050 ของอาคารกรณีศึกษา และผลรวมการคำนวณการใช้พลังงานโดยใช้ค่าคงที่ ตลอด 60 ปี



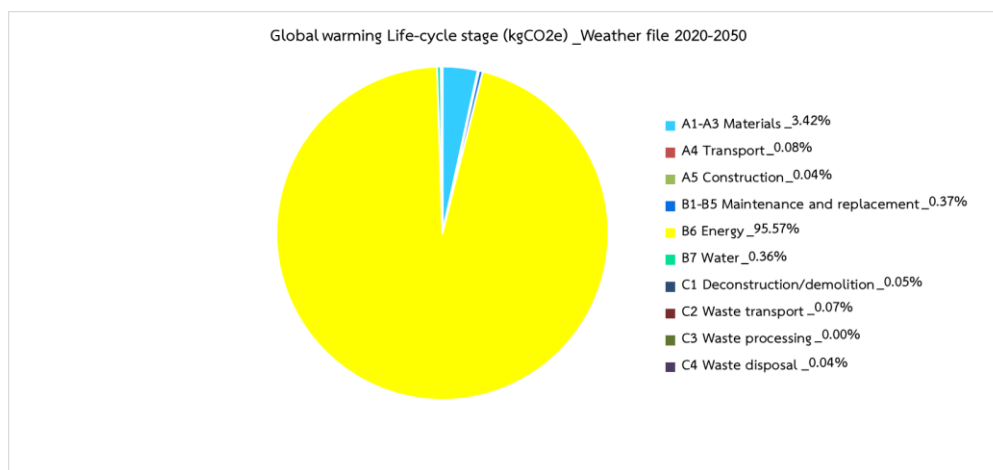
ภาพ 9 ผลการจำลองการใช้พลังงานในทุก ๆ ปีของปี ค.ศ. 2020-2080 ของอาคารกรณีศึกษา และผลรวมการคำนวณการใช้พลังงานโดยใช้ค่าที่สอดคล้องไปตามการคาดคะเนสถานการณ์การเปลี่ยนแปลงสภาพอากาศตลอด 60 ปี

เมื่อนำพลังงานที่เป็นไปตามการคาดคะเนสถานการณ์การเปลี่ยนแปลงสภาพอากาศตลอด 60 ปี ที่แปลงเป็นค่าการสัมประสิทธิ์การปล่อยคาร์บอนแล้ว ไปรวมกับข้อมูลส่วนอื่น ๆ (A1-C4) เพื่อประเมินวัฏจักรชีวิตอาคาร พบว่าเมื่อใช้ไฟล์ข้อมูลอากาศปีปัจจุบัน (ปี ค.ศ. 1990) ในการคำนวณ มีค่าการปล่อยคาร์บอนรวม (Global warming-Life cycle stage) เท่ากับ 34 Million kgCO₂e โดยส่วนที่มากที่สุดคือ สัดส่วนการใช้พลังงาน (B6 Energy) เท่ากับ 31 Million kgCO₂e หรือคิดเป็น 92.67% ของการปล่อยคาร์บอนทั้งหมด และรองลงมาเป็นส่วนของวัสดุ (A1-A3 Material) เท่ากับ 1.9 Million kgCO₂e หรือคิดเป็น 5.66% ของการปล่อยคาร์บอนทั้งหมด แสดงในภาพ 10

ส่วนการใช้ไฟล์อากาศปี ค.ศ. 2020-2050 มีค่าการปล่อยคาร์บอนรวม (Global warming-Life cycle stage) เท่ากับ 56 Million kgCO₂e โดยส่วนที่มากที่สุด คือสัดส่วนการใช้พลังงาน (B6 Energy) เท่ากับ 54 Mullion kgCO₂e หรือคิดเป็น 95.57% ของการปล่อยคาร์บอนทั้งหมด และรองลงมาเป็นสัดส่วนการปล่อยคาร์บอนจากวัสดุ (A1-A3 Material) เท่ากับ 1.9 Million kgCO₂e หรือคิดเป็น 3.42% ของการปล่อยคาร์บอนทั้งหมด เนื่องจากสัดส่วนการใช้พลังงาน (B6 Energy) ที่เพิ่มมากขึ้น กว่าสัดส่วนอื่น ๆ ส่งผลให้สัดส่วนโดยรวมมีการเพิ่มขึ้นตามไปด้วย แสดงในภาพ 11



ภาพ 10 การประเมินวัฏจักรชีวิตอาคารกรณีศึกษาตลอด 60 ปี ของการใช้ไฟล์อากาศปีปัจจุบัน (ปี ค.ศ. 1990)



ภาพ 11 การประเมินวัฏจักรชีวิตอาคารกรณีศึกษาตลอด 60 ปี ของการใช้ไฟล์อากาศปี ค.ศ. 2020-2050

เมื่อพิจารณาการใช้ไฟล์ ปี ค.ศ. 2020-2050 พบว่ามีการปล่อยคาร์บอนเพิ่มขึ้นมากกว่าการใช้ไฟล์อากาศที่นิยมใช้ในปัจจุบัน ตลอด 60 ปี คิดเป็น 59.21%

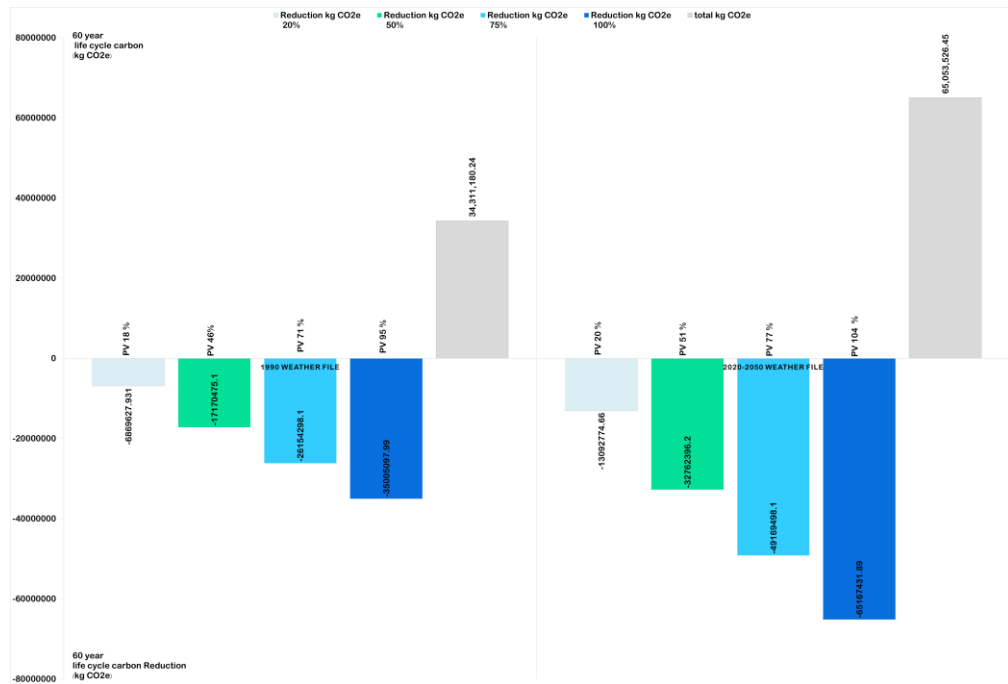
ในส่วนของการลดการปล่อยคาร์บอนของอาคารใน 60 ปี โดยการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ (Photovoltaic cell) ที่หักลบค่าเสื่อมสภาพในทุก ๆ ปี และแปลงค่าพลังงานไฟฟ้าเป็นค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยคาร์บอนแล้ว พบว่า การใช้ไฟล์อากาศปีปัจจุบัน (ปี ค.ศ. 1990) หากพิจารณาการลดการปล่อยคาร์บอน 20% ของการปล่อยคาร์บอนทั้งหมดนั้น ระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ควรผลิตพลังงานได้ในปริมาณ 179 MWh/Yr. หรือเท่ากับ 9,955 MWh/60Yr. คิดเป็น 18% ของการใช้พลังงานรวม 60 ปี โดยสามารถลดการปล่อยคาร์บอนได้เท่ากับ 6.8 Million kgCO₂e/60Yr.

หากพิจารณาการลดการปล่อยคาร์บอนลง 50% ของการปล่อยคาร์บอนทั้งหมด ระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ควรผลิตพลังงานได้ในปริมาณ 448 MWh/Yr. หรือเท่ากับ 24,884 MWh/60Yr. คิดเป็น 46% ของการใช้พลังงานรวม 60 ปี โดยสามารถลดการปล่อยคาร์บอนได้เท่ากับ 17 Million kgCO₂e/60Yr.

หากพิจารณาการลดการปล่อยคาร์บอนลง 75% ระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ควรผลิตพลังงานได้ในปริมาณ 683 MWh/Yr. หรือเท่ากับ 37,904 MWh/60Yr. คิดเป็น 71% ของการใช้พลังงานรวม 60 ปี โดยสามารถลดการปล่อยคาร์บอนได้เท่ากับ 26 Million kgCO₂e/60Yr.

พิจารณาการลดการปล่อยคาร์บอนสุทธิเป็นศูนย์หรือลดการปล่อยคาร์บอน 100% ระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ควรผลิตพลังงานได้ในปริมาณ 914 MWh/Yr. หรือเท่ากับ 50,732 MWh/60Yr. คิดเป็น 95% ของการใช้พลังงานรวม 60 ปี โดยสามารถลดการปล่อยคาร์บอนได้เท่ากับ 35 Million kgCO₂e/60Yr.

เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบการลดการปล่อยคาร์บอนของการใช้ไฟล์อากาศ ปี ค.ศ. 1990 ที่ไม่ได้เป็นไปตามการคาดคะเนสถานการณ์การเปลี่ยนแปลงสภาพ พบว่าในกรณีต้องการลดการปล่อยคาร์บอนเป็น 20%, 50%, 75% และ 100% หรือการลดการปล่อยคาร์บอนสุทธิเป็นศูนย์ ตลอดชีวิตอาคาร (60 ปี) นั้น ระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ควรผลิตพลังงานไฟฟ้าในปริมาณที่เพิ่มมากขึ้นเป็น 52-53% ของการผลิตพลังงานไฟฟ้าในการใช้ไฟล์อากาศ ปี ค.ศ. 2020-2050 ซึ่งเป็นไปตามการคาดคะเนสถานการณ์การเปลี่ยนแปลงสภาพอากาศในอนาคต แสดงในภาพ 12



ภาพ 12 การชดเชยการปล่อยคาร์บอนโดยการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ (Photovoltaic cell) เปรียบเทียบระหว่างการใช้ไฟล์อากาศปี ค.ศ. 1990 กับการใช้ไฟล์อากาศปี ค.ศ. 2020-2050

อภิปรายและสรุปผล

จากคำถามในงานวิจัยที่ว่า “การจะทำให้อาคารชุดพักอาศัยปล่อยคาร์บอนสุทธิเป็นศูนย์ตลอดช่วงชีวิตอาคาร ด้วยการใช้พลังงานหมุนเวียน หรือการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ ในสภาพอากาศที่เปลี่ยนแปลงไปในอนาคตนั้นจะเป็นไปได้ยากมากขึ้นเพียงใด และต้องติดตั้งในปริมาณเท่าไร” ทำให้เกิดงานวิจัยนี้ขึ้น ผลการศึกษาจากการจำลองการใช้พลังงานในอาคารกรณีศึกษา โดยใช้ไฟล์อากาศที่นิยมใช้ในปัจจุบันและไฟล์อากาศในอนาคตที่สร้างขึ้นใหม่นั้น (ไฟล์ปี ค.ศ. 1990, 2020, 2050, 2080) พิจารณาเปรียบเทียบพบว่า มีการใช้พลังงานเพิ่มมากขึ้น 47% ของการใช้ไฟล์อากาศที่นิยมใช้ปัจจุบัน (ปี ค.ศ. 1990) จากนั้นมีการนำค่าการใช้พลังงานที่เพิ่มมากขึ้นนี้ ไปคำนวณการปล่อยคาร์บอน หรือการประเมินวัฏจักรชีวิตอาคารเพื่อทราบผลกระทบของอาคารตลอดช่วงชีวิตนั้น มีค่าปล่อยคาร์บอนเพิ่มมากขึ้นตามไปด้วย โดยเพิ่มมากขึ้นเท่ากับ 59.21% ของการปล่อยคาร์บอนทั้งหมด ทั้งนี้ เป็นเพราะสัดส่วนการใช้พลังงานของอาคาร 60 ปี (B5 Energy) เมื่อเปรียบเทียบกับสัดส่วนอื่น ๆ (A1-A5, B1-B5, B7, C1-C4) แล้วมีสัดส่วนที่มากที่สุดถึง 92-95% ของสัดส่วนการปล่อยคาร์บอนทั้งหมด

ทั้งนี้ เนื่องจาก การใช้ไฟล์อากาศที่ไม่ได้คำนึงถึงการคำนวณการใช้พลังงานให้เป็นไปตามการคาดคะเนสถานการณ์การเปลี่ยนแปลงสภาพอากาศ กล่าวคือคำนวณการใช้พลังงานด้วยค่าคงที่ตลอด 60 ปี ซึ่งทำให้ได้ค่าการใช้พลังงานที่น้อยกว่าการคำนวณด้วยวิธีการที่เป็นไปตามการคาดคะเนสถานการณ์การเปลี่ยนแปลงในอนาคต ตลอด 60 ปี แสดงในภาพ 8-ภาพ 9 และสอดคล้องกับผลการคำนวณการชดเชยการปล่อยคาร์บอนสุทธิเป็นศูนย์ ด้วยการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ ที่ต้องสามารถผลิตพลังงานไฟฟ้าได้เพิ่มมากขึ้นถึง 52-53% ของการผลิตพลังงานไฟฟ้าในการใช้ไฟล์อากาศ ปี ค.ศ. 2020-2050

อย่างไรก็ดี การติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ที่จะสามารถชดเชยการปล่อยคาร์บอนให้สุทธิเป็นศูนย์ได้นั้น ต้องใช้การติดตั้งในปริมาณมาก จึงต้องคำนึงถึงเรื่องของพื้นที่การติดตั้งในอาคารด้วย โดย พื้นที่บนหลังคาของอาคารกรณีศึกษานี้รวมเป็น 1,183 ตร.ม. ซึ่งสามารถติดตั้งแผงโซลาร์เซลล์ขนาด 2.2 ตร.ม. ได้ทั้งหมด 528 แผง และสามารถผลิต

พลังงานไฟฟ้าได้เท่ากับ 326,027 kWh/Yr. ซึ่งช่วยชดเชยคาร์บอนได้เท่ากับ 13 Million kgCO₂e แต่ยังไม่เพียงพอต่อการชดเชยคาร์บอนสุทธิเป็นศูนย์ในอนาคตได้จึงจำเป็นต้องหาพื้นที่ในส่วนอื่นของอาคาร เช่น การใช้ระบบเปลือกอาคารผสมผสานเซลล์แสงอาทิตย์ (Building-Integrated Photovoltaics: BIPV) การติดตั้งบนพื้นที่โครงการ เช่น บนหลังคาที่จอดรถ และต้องคำนึงถึงมาตรการประหยัดพลังงานในอาคารร่วมด้วย และนอกจากนั้นควรศึกษาในอาคารพักอาศัยแนวราบด้วย

โดยขอบเขตงานวิจัยนี้ไม่ได้คำนึงถึงเทคโนโลยีในอนาคต เช่น ประสิทธิภาพของระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ในอนาคต (PV efficiency) การเปลี่ยนผ่านจากระบบไฟฟ้าระบบกริดสู่ระบบไฟฟ้าจากพลังงานหมุนเวียน (Grid Transition to Renewable Energy) เป็นต้น อันเป็นโอกาสในการศึกษาวิจัย ต่อไป

บรรณานุกรม

- กันตพงศ์ ศรีเมือง. (2564). *การประเมินผลมาตรการประหยัดพลังงานและการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในอาคารสำนักงานและคอนโดมิเนียมพักอาศัยด้วยการประเมินต้นทุนส่วนเพิ่มสุทธิของการลดการปล่อยคาร์บอน* [วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารธุรกิจ ไม่ได้ตีพิมพ์]. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ณัฏฐา ตระกูลไทย. (2558). *ผลกระทบจากภาวะอากาศเปลี่ยนแปลงต่อการใช้พลังงานอาคารในเขตร้อนชื้น* [วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารธุรกิจ ไม่ได้ตีพิมพ์]. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- โลกร้อน. (ม.ป.ป.). *การประชุม COP26 ในกลาสโกว์ตกลงอะไรกันบ้าง*. BBC NEWS THAI.
<https://www.bbc.com/thai/international-59264622>
- อภิญา บุญมา. (2555). *ผลกระทบจากการคำนวณค่าการใช้พลังงานรวมของอาคารตามกฎหมายที่มีต่อการออกแบบคอนโดมิเนียม* [วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารธุรกิจ ไม่ได้ตีพิมพ์]. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- Climate change world weather file generation for worldwide weather data - CCWorldweatherGen*. (2012). University of Southampton Energy & Climate Change. <https://energy.soton.ac.uk/climate-change-world-weather-file-generator-for-world-wide-weather-data-ccworldweathergen/>
- COP26. (2021, October 31-November 12). *What do we need to achieve at COP26*. In The 2021 United Nations Climate Change Conference. the SEC Centre in Glasgow, Scotland, United Kingdom.
- IEA EBC Annex 72 Assessment Scope. (2022). *Assessing life cycle related environmental impact caused by building*. <https://annex72.iea-ebc.org/>
- IEA Roadmap report. (2022). Roadmap for energy-efficient buildings and construction in Asian. *International Energy Agency*, 80, 159-173.
- IPCC. (2021a). *HadCM3 climate scenario data download page*. IPCC Data Distribution Centre.
https://www.ipcc-data.org/sim/gcm_clim/SRES_TAR/hadcm3_download.html
- IPCC. (2021b). Sixth assessment report: Working group- The physical science basis: Regional fact sheet-urban area. *Climate Change*, 6(5), 1-2.
- Januta, Andrea. (9 August 2021). *Explainer: The U.N. climate report's five futures decode*. REUTERS.
<https://www.reuters.com/business/environment/un-climate-reports-five-futures-decoded-2021-08-09/>
- M.F, Patrick A. B. James, AbuBakr S. Bahaj, & Yat H. Yau. (2009, May 18-23). *Development of climate change adapted weather files for building performance simulation implications for Southeast Asia* [Paper

presentation]. The 3rd International Conference on “Sustainable Energy and Environment (SEE 2009)” Bangkok, Thailand.

OneClick. (2001). *Life-cycle scop specified according to the standardized module designations*.

<https://oneclicklca.zendesk.com/hc/en-us/articles/360015064999-Life-Cycle-Stages>

Satola, D., Balouktsi, M., Lutzkendorf, T., Houlihan Wiberg, A., & Gustavsen, A. (2021). How to define (net) zero greenhouse gas emissions buildings: The results of an international survey as part of IEA EBC annex 72. *Building and Environment*, 192, 107619.

United Nations. (2021). *COP26: Together for our planet*. <https://www.un.org/en/climatechange/cop26>