การประเมินความต้องการเทคโนโลยีพลังงานในภาคอาคารของประเทศไทยเพื่อลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก

นายเทพพนม นพรัตน์ไชยพร

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาเทคโนโลยีและการจัดการพลังงาน สหสาขาวิชาเทคโนโลยีและการจัดการพลังงาน
บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2563
ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ENERGY TECHNOLOGY NEEDS ASSESSMENTS IN THAILAND'S BUILDING SECTOR FOR GREENHOUSE GASES MITIGATION

Mr. Theppanom Nopparatchaiporn

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Science in Energy Technology and Management
Inter-Department of Energy Technology and Management
GRADUATE SCHOOL
Chulalongkorn University
Academic Year 2020

Copyright of Chulalongkorn University

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การประเมินความต้องการเทคโนโลยีพลังงานในภาคอาคารของประเทศไทยเพื่อลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก
โดย	นายเทพพนม นพรัตน์ไชยพร
สาขาวิชา	เทคโนโลยีและการจัดการพลังงาน
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก	ดร.วีรินทร์ หวังจิรนิรันดร์

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

..... คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
(รองศาสตราจารย์ ดร.ธรรมนูญ หนูจักร)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ฐิติศักดิ์ บุญปราโมทย์)

..... อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก
(ดร.วีรินทร์ หวังจิรนิรันดร์)

..... กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.ดาวัลย์ วิวรรธนะเดช)

..... กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.ประเสริฐ เรียบร้อยเจริญ)

..... กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย
(ดร.ชัยวัฒน์ มั่นเจริญ)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

เทพพนม นพรัตน์ไชยพร : การประเมินความต้องการเทคโนโลยีพลังงานในภาคอาคารของประเทศไทยเพื่อลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก. (ENERGY TECHNOLOGY NEEDS ASSESSMENTS IN THAILAND'S BUILDING SECTOR FOR GREENHOUSE GASES MITIGATION) อ.ที่ปรึกษาหลัก : ดร.วีรินทร์ หวังจิรนิรันดร์

งานวิจัยนี้ศึกษาความต้องการเทคโนโลยีพลังงานในภาคอาคารของประเทศไทยเพื่อลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก โดยจัดลำดับความสำคัญของเทคโนโลยีพลังงานที่เหมาะสม เพื่อนำไปสู่การจัดทำข้อเสนอแนะเชิงนโยบายเกี่ยวกับแนวทางการส่งเสริม สนับสนุนเทคโนโลยีพลังงานที่ช่วยลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในภาคอาคารของประเทศไทย ซึ่งงานวิจัยนี้ใช้วิธีการวิเคราะห์ทางเลือกจากหลายเกณฑ์ (Multi-Criteria Analysis) โดยกำหนดเกณฑ์ที่ใช้ในการประเมินเป็นสองด้าน ประกอบด้วย ด้านความพร้อม และด้านผลกระทบ และอ้างอิงรายการเทคโนโลยีพลังงานของภาคอาคารที่ใช้ในการประเมิน จากเอกสารของโครงการพัฒนาแห่งสหประชาชาติ (United Nations Development Programme) และอนุสัญญาสหประชาชาติว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (United Nations Framework Convention on Climate Change) ซึ่งได้นำมาทำการคัดเลือกใช้เฉพาะเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องกับอาคารในประเทศไทย และให้ผู้เชี่ยวชาญ ผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย และผู้ที่เกี่ยวข้องในภาคอาคาร ทำการประเมินให้คะแนน จากผลการประเมินพบว่า ผู้เชี่ยวชาญให้ความสำคัญกับเกณฑ์ด้านความพร้อมในประเด็นนโยบายโครงสร้างพื้นฐาน รวมทั้งกฎระเบียบที่เกี่ยวข้อง (R1) ต้นทุนและผลประโยชน์ (R3) การสนับสนุนด้านการเงิน (R2) การยอมรับจากสังคมและผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย (R4) ทรัพยากรบุคคล ผู้เชี่ยวชาญหรือสถาบันเฉพาะทาง (R5) และความเป็นไปได้ของการผลิตภายในประเทศ (R9) และเกณฑ์ด้านผลกระทบในประเด็นด้านสิ่งแวดล้อม: มลพิษทางอากาศ มลพิษทางน้ำ การปนเปื้อน ฯลฯ (I3) โดยผลการจัดลำดับความสำคัญของเทคโนโลยีพลังงานที่มีความพร้อมและผลกระทบสูงที่สุด 5 อันดับ ได้แก่ 1) อาคารอัตโนมัติ 2) อุปกรณ์ไฟฟ้าอิเล็กทรอนิกส์ 3) เครื่องใช้ไฟฟ้าอัจฉริยะและบ้านอัตโนมัติ 4) การควบคุมอัจฉริยะ และ 5) หลอดคอมแพคฟลูออเรสเซนต์ หลอด LED ตามลำดับ

สาขาวิชา เทคโนโลยีและการจัดการพลังงาน ลายมือชื่อนิสิต .....

ปีการศึกษา 2563 ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาหลัก .....

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

5987141420 : MAJOR ENERGY TECHNOLOGY AND MANAGEMENT
KEYWORD: Technology needs assessment (TNA), Multi-criteria analysis (MCA), Building sector, Energy, Greenhouse gases mitigation

Theppanom Nopparatchaiporn : ENERGY TECHNOLOGY NEEDS ASSESSMENTS IN THAILAND'S BUILDING SECTOR FOR GREENHOUSE GASES MITIGATION. Advisor: WEERIN WANGJIRANIRAN, Ph.D.

The purpose of this study is to prioritize the energy technology for climate change mitigation in Thailand's building sector for making policy recommendation about guidelines to support the energy technology which can reduce greenhouse gases emission in Thailand building sector. The Multi-Criteria Analysis (MCA) was applied in this study by defining the criteria to use for evaluating two factors, consisting of “Readiness” and four “Impact.” The list of energy technologies in the building sector refers to the UNDP and UNFCCC handbook and requiring the experts emphasize the readiness criteria on the existing policy infrastructure including regulation issues, benefit and cost issues, financial support issues, stakeholder and social acceptance issues, human resource/experts or specialized institutions issues and the possibility of domestically based production issues. For the impact criteria on environmental issues. The top five prioritized energy technology that high readiness and impact are 1) Building automation 2) Electronic power supplies 3) “Smart” appliances and home automation 4) Smart controls and 5) Compact Fluorescent Lighting, LED

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

Field of Study:	Energy Technology and Management	Student's Signature .....
Academic Year:	2020	Advisor's Signature .....

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้องทุกท่านที่มีส่วนช่วยให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี ด้วยความอนุเคราะห์จากบุคคลหลายท่าน ดังต่อไปนี้

ขอขอบพระคุณ ดร.วีรินทร์ หวังจิรนิรันดร์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ สำหรับการให้คำปรึกษา และให้การแนะนำในทุกด้านตลอดการดำเนินงานวิจัย ซึ่งเป็นส่วนสำคัญยิ่งที่ทำให้งานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

ขอขอบพระคุณผู้ทรงคุณวุฒิและผู้เชี่ยวชาญทุกท่านที่เสียสละเวลาอันมีค่า เพื่อให้ข้อมูลผลการประเมินอันเป็นประโยชน์อย่างยิ่งต่อวิทยานิพนธ์นี้

ขอขอบพระคุณคณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ทุกท่าน สำหรับข้อคิดเห็นและข้อชี้แนะอันเป็นประโยชน์อย่างยิ่ง ทำให้วิทยานิพนธ์นี้มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอขอบพระคุณคณาจารย์ บุคลากร และเจ้าหน้าที่หลักสูตรทุกท่าน สำหรับคำแนะนำ และความช่วยเหลืออำนวยความสะดวกในทุก ๆ ด้าน ตลอดการศึกษาและการทำวิจัยนี้

สุดท้ายนี้ ผู้วิจัยขอขอบพระคุณบิดา มารดา พี่น้องและเพื่อน ๆ ที่มีส่วนช่วยสนับสนุน ให้คำปรึกษา และให้กำลังใจตลอดการศึกษาในครั้งนี้

เทพพนม นพรัตน์ไชยพร

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สารบัญ

หน้า

.....ค

บทคัดย่อภาษาไทย.....ค

.....ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....ง

กิตติกรรมประกาศ.....จ

สารบัญ.....ฉ

สารบัญตาราง.....ฎ

สารบัญรูปภาพ.....ฐ

คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ.....ณ

บทที่ 1 บทนำ.....1

1.1 ที่มาและความสำคัญ.....1

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย.....5

1.3 ขอบเขตของการศึกษาวิจัย.....6

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....7

บทที่ 2 แนวคิดทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....8

2.1 ข้อมูลด้านพลังงานและการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของภาคอาคาร.....8

2.1.1 สถานการณ์การใช้พลังงาน.....8

2.1.2 สถานการณ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจก.....9

2.1.3 ยุทธศาสตร์และนโยบายเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ.....11

2.2 การประเมินความต้องการจำเป็นด้านเทคโนโลยี (Technology Need Assessment: TNA)...21

2.3 ข้อมูลเทคโนโลยีพลังงานในภาคอาคารที่ช่วยลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก.....23

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

2.4 เกณฑ์และวิธีการประเมิน 26
2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 32
บทที่ 3 วิธีการดำเนินงานวิจัย 43
3.1 ข้อมูลเทคโนโลยีพลังงานในภาคอาคารที่ช่วยลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก 43
3.2 กำหนดเกณฑ์และความหมายของคะแนน 49
3.3 การประเมินให้ค่าน้ำหนักความสำคัญของแต่ละเกณฑ์ และการประเมินให้ค่าคะแนนแต่ละเทคโนโลยี 53
3.3.1 คัดเลือกผู้เชี่ยวชาญ ผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย และผู้ที่เกี่ยวข้องในด้านเทคโนโลยีพลังงาน ในภาคอาคาร 53
3.3.2 จัดทำแบบประเมินความต้องการเทคโนโลยีพลังงานในภาคอาคารของประเทศไทยเพื่อลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก 54
3.3.3 วิธีการคำนวณ 54
3.4 การวิเคราะห์ผลการประเมิน 56
3.4.1 การวิเคราะห์ผู้เชี่ยวชาญที่ทำการประเมินความต้องการเทคโนโลยีพลังงานในภาคอาคารของประเทศไทยเพื่อลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก 56
3.4.2 การวิเคราะห์ผลการจัดลำดับความสำคัญของเกณฑ์ในประเด็นต่าง ๆ 56
3.4.3 การวิเคราะห์ผลการจัดลำดับความสำคัญของเทคโนโลยีพลังงานในภาคอาคารของประเทศไทย 56
3.4.4 การวิเคราะห์ช่องว่างด้านความพร้อม (Gap Analysis) ของเทคโนโลยีพลังงานในภาคอาคารของประเทศไทยที่มีผลกระทบสูง 56
3.4.5 การวิเคราะห์ผลการจัดลำดับความสำคัญของเทคโนโลยีพลังงานในภาคอาคารของประเทศไทยที่มีผลกระทบสูง โดยพิจารณาในรูปแบบนโยบายต่าง ๆ 57
3.5 แผนผังการดำเนินการวิจัย 57
บทที่ 4 ผลการวิจัย และอภิปรายข้อมูล 58
4.1 ผู้เชี่ยวชาญที่ทำการประเมินความต้องการเทคโนโลยีพลังงานในภาคอาคารของประเทศไทยเพื่อลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก 58

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

4.1.1 จำนวนผู้เชี่ยวชาญที่ทำการประเมินความต้องการเทคโนโลยีพลังงาน แบ่งตามสังกัดหน่วยงาน 58
4.1.2 เทคโนโลยีที่ได้รับการประเมินมากที่สุด 59
4.2 ผลการจัดลำดับความสำคัญของเกณฑ์ในประเด็นต่าง ๆ 60
4.2.1 ผลการจัดลำดับความสำคัญของเกณฑ์ในประเด็นต่าง ๆ ในภาพรวม 60
4.2.2 ผลการจัดลำดับความสำคัญของเกณฑ์ในประเด็นต่าง ๆ แยกตามสังกัดหน่วยงาน 62
4.2.3 ผลการเปรียบเทียบการจัดลำดับความสำคัญของเกณฑ์ในประเด็นต่าง ๆ 68
4.3 ผลการจัดลำดับความสำคัญของเทคโนโลยีพลังงานในภาคอาคารของประเทศไทย 72
4.3.1 แผนภาพแสดงการจัดลำดับความสำคัญของเทคโนโลยีพลังงานในภาคอาคารของประเทศไทย 72
4.3.2 ผลการจัดลำดับความสำคัญของเทคโนโลยีพลังงานในภาคอาคารของประเทศไทย ทั้งด้านความพร้อมและด้านผลกระทบ 77
4.4 ผลการเปรียบเทียบช่องว่างด้านความพร้อม (Gap Analysis) ของเทคโนโลยีพลังงาน ในภาคอาคารของประเทศไทยที่มีผลกระทบสูง 81
4.4.1 ผลการเปรียบเทียบช่องว่างด้านความพร้อมของเทคโนโลยีในกลุ่มเชื้อเพลิงฟอสซิล/พลังงานทดแทน (Fossil Fuels/Renewables) 81
4.4.2 ผลการเปรียบเทียบช่องว่างด้านความพร้อมของเทคโนโลยีในกลุ่มเทคโนโลยีพลังงานทดแทน (Renewable Energy Technology) 82
4.4.3 ผลการเปรียบเทียบช่องว่างด้านความพร้อมของเทคโนโลยีในกลุ่มเทคโนโลยีประหยัดพลังงาน (Energy Saving Technology) 84
4.5 ผลการจัดลำดับความสำคัญของเทคโนโลยีพลังงานในภาคอาคารของประเทศไทย ที่มีผลกระทบสูง โดยพิจารณาในรูปแบบนโยบายต่าง ๆ 86
4.5.1 การจัดลำดับความสำคัญของเทคโนโลยี โดยพิจารณาในประเด็นต้นทุนและผลประโยชน์ (R3) 86
4.5.2 การจัดลำดับความสำคัญของเทคโนโลยี โดยพิจารณาในประเด็นการยอมรับจากสังคมและผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย (R4) 87

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

4.5.3 การจัดลำดับความสำคัญของเทคโนโลยี โดยพิจารณาในประเด็นความเป็นไปได้ของการผลิตภายในประเทศ (R9) 88
4.5.4 การจัดลำดับความสำคัญของเทคโนโลยี โดยพิจารณาในประเด็นความสามารถในการแข่งขันและการสร้างมูลค่า (I1) 89
4.5.5 การจัดลำดับความสำคัญของเทคโนโลยี โดยพิจารณาในประเด็นด้านสิ่งแวดล้อม (I3) 90
4.5.6 ผลการเปรียบเทียบการจัดลำดับความสำคัญของเทคโนโลยีพลังงานในภาคอาคารของประเทศไทยที่ผลกระทบสูง โดยพิจารณาในรูปแบบนโยบายต่าง ๆ 92
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัย 96
5.1 สรุปผลการจัดลำดับความสำคัญของเกณฑ์ในประเด็นต่าง ๆ 96
5.2 สรุปผลการจัดลำดับความสำคัญของเทคโนโลยีพลังงานในภาคอาคารของประเทศไทย 97
5.3 สรุปผลการเปรียบเทียบช่องว่างด้านความพร้อม (Gap Analysis) ของเทคโนโลยีพลังงานในภาคอาคารของประเทศไทยที่มีผลกระทบสูง 98
5.3.1 เทคโนโลยีในกลุ่มเชื้อเพลิงฟอสซิล/พลังงานทดแทน (Fossil Fuels/Renewables) 98
5.3.2 เทคโนโลยีในกลุ่มเทคโนโลยีพลังงานทดแทน (Renewable Energy Technology) 98
5.3.3 เทคโนโลยีในกลุ่มเทคโนโลยีประหยัดพลังงาน (Energy Saving Technology) 99
5.4 สรุปผลการจัดลำดับความสำคัญของเทคโนโลยีพลังงานในภาคอาคารของประเทศไทยที่มีผลกระทบสูง โดยพิจารณาในรูปแบบนโยบายต่าง ๆ 102
5.5 ข้อเสนอแนะเชิงนโยบาย 104
5.6 ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม 107
ภาคผนวก 108
ภาคผนวก ก 109
ภาคผนวก ข 127
ภาคผนวก ค 134
บรรณานุกรม 138
ประวัติผู้เขียน 144

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 1-1 การใช้พลังงานขั้นสุดท้ายในแต่ละสาขาเศรษฐกิจ [5].....3

ตารางที่ 2-1 ความสอดคล้องของยุทธศาสตร์และนโยบายการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศระดับชาติ..14

ตารางที่ 2-2 ปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ตามแผนพัฒนากำลังผลิตไฟฟ้าของประเทศไทย 15

ตารางที่ 2-3 มาตรการเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงานที่เห็นผลเชิงประจักษ์ใน 4 กลุ่มเศรษฐกิจ...19

ตารางที่ 2-4 แสดงปริมาณการลดความต้องการใช้พลังงานลงตามกรอบแผนการดำเนินการฯ.....21

ตารางที่ 2-5 รายการเทคโนโลยีพลังงานในภาคอาคารที่ช่วยลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของ UNDP และ UNFCCC.....23

ตารางที่ 2-6 สรุปข้อดี ข้อเสีย ของวิธีการประเมินทางเลือกในรูปแบบต่าง ๆ.....27

ตารางที่ 2-7 เกณฑ์การจัดลำดับความสำคัญด้านเทคโนโลยีพลังงานของ สวทน.....29

ตารางที่ 2-8 ความหมายของคะแนนในแต่ละเกณฑ์ของ สวทน. 30

ตารางที่ 2-9 สรุปงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการประเมินความต้องการจำเป็นด้านเทคโนโลยี (TNA) โดยใช้วิธีการประเมินแบบ Multi-Criteria Analysis (MCA).....36

ตารางที่ 3-1 เปรียบเทียบรายการเทคโนโลยีพลังงานในภาคอาคารที่ช่วยลดการปล่อยก๊าซ เรือนกระจกระหว่างรายการเทคโนโลยีพลังงานของ UNDP และ UNFCCC กับเทคโนโลยีพลังงานคัดเลือกเฉพาะที่เกี่ยวข้องกับอาคารในประเทศไทย 43

ตารางที่ 3-2 สรุปเกณฑ์รายการเทคโนโลยีพลังงานที่ได้ทำการคัดเลือกเฉพาะเทคโนโลยีพลังงาน ที่เกี่ยวข้องกับอาคารในประเทศไทย 47

ตารางที่ 3-3 เปรียบเทียบเกณฑ์การจัดลำดับความสำคัญของเทคโนโลยีพลังงานระหว่างเกณฑ์เดิมของ สวทน. กับเกณฑ์ที่มีการดัดแปลงและเพิ่มเติม.....49

ตารางที่ 3-4 สรุปเกณฑ์การจัดลำดับความสำคัญของเทคโนโลยีพลังงานที่มีการดัดแปลงและเพิ่มเติมและความหมายของคะแนนในแต่ละเกณฑ์ 50

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 4-1 ผลการเปรียบเทียบการจัดลำดับความสำคัญของเกณฑ์ในประเด็นต่าง ๆ ด้านความพร้อม 69

ตารางที่ 4-2 ผลการเปรียบเทียบการจัดลำดับความสำคัญของเกณฑ์ในประเด็นต่าง ๆ ด้านผลกระทบ71

ตารางที่ 4-3 แสดงสถานภาพด้านความพร้อมและผลกระทบของเทคโนโลยีพลังงานในภาคอาคารของประเทศไทย 74

ตารางที่ 4-4 ผลการจัดลำดับความสำคัญของเทคโนโลยีในภาคอาคารของประเทศไทย ทั้งด้านความพร้อมและด้านผลกระทบ 5 อันดับ 79

ตารางที่ 4-5 ผลการเปรียบเทียบการจัดลำดับความสำคัญของเทคโนโลยีพลังงานในภาคอาคารของประเทศไทยที่มีผลกระทบสูง โดยพิจารณาในรูปแบบนโยบายต่าง ๆ ด้านความพร้อม 92

ตารางที่ 4-6 ผลการเปรียบเทียบการจัดลำดับความสำคัญของเทคโนโลยีพลังงานในภาคอาคารของประเทศไทยที่มีผลกระทบสูง โดยพิจารณาในรูปแบบนโยบายต่าง ๆ ด้านผลกระทบ 94

ตารางที่ 5-1 สรุปผลการจัดลำดับความสำคัญของเกณฑ์ในประเด็นต่าง ๆ ด้านความพร้อมและผลกระทบ ผู้เชี่ยวชาญให้ความสำคัญสูงสุด.....96

ตารางที่ 5-2 สรุปผลการเปรียบเทียบช่องว่างด้านความพร้อม (Gap Analysis) ของเทคโนโลยีพลังงานในภาคอาคารของประเทศไทยที่มีผลกระทบสูง 100

ตารางที่ 5-3 สรุปผลการจัดลำดับความสำคัญของเทคโนโลยีพลังงานในภาคอาคารของประเทศไทยที่มีผลกระทบสูง โดยพิจารณาในรูปแบบนโยบายต่าง ๆ ทั้งด้านความพร้อมและด้านผลกระทบ ... 103

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สารบัญรูปภาพ

หน้า

รูปที่ 1-1 Nationally Appropriate Mitigation Actions (NAMAs) และ Intended Nationally Determined Contributions (INDCs) 2

รูปที่ 1-2 การใช้พลังงานขั้นสุดท้ายในแต่ละสาขาเศรษฐกิจ 3

รูปที่ 1-3 เป้าหมายแผนอนุรักษ์พลังงาน (พ.ศ. 2558 – 2579) 4

รูปที่ 2-1 แนวโน้มการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของประเทศไทยจำแนกตามภาคส่วน ปี พ.ศ. 2543 – 2556 (ค.ศ. 2000 - 2013) 9

รูปที่ 2-2 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกของประเทศไทยจำแนกตามภาคส่วน (ไม่รวม LULUCF) ปี พ.ศ. 2543 และ ปี พ.ศ. 2556 (ค.ศ. 2000 และ 2013) 10

รูปที่ 2-3 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกในภาคพลังงาน ปี พ.ศ. 2556 (ค.ศ. 2013) 11

รูปที่ 2-4 ยุทธศาสตร์และนโยบายเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศระดับชาติ [2] 11

รูปที่ 3-1 แผนผังการดำเนินการวิจัย 57

รูปที่ 4-1 สัดส่วนผู้เชี่ยวชาญที่ทำการประเมินความต้องการเทคโนโลยีพลังงาน แบ่งตามสังกัดหน่วยงาน 58

รูปที่ 4-2 จำนวนเทคโนโลยีพลังงานในภาคอาคารที่ได้รับการประเมินมากที่สุด 60

รูปที่ 4-3 ผลการจัดลำดับความสำคัญของเกณฑ์ด้านความพร้อมในแต่ละประเด็น 61

รูปที่ 4-4 ผลการจัดลำดับความสำคัญของเกณฑ์ด้านผลกระทบในแต่ละประเด็น 62

รูปที่ 4-5 ผลการจัดลำดับความสำคัญของเกณฑ์ในประเด็นต่าง ๆ ด้านความพร้อมของผู้เชี่ยวชาญจากภาครัฐ 63

รูปที่ 4-6 ผลการจัดลำดับความสำคัญของเกณฑ์ในประเด็นต่าง ๆ ด้านผลกระทบของผู้เชี่ยวชาญจากภาครัฐ 64

รูปที่ 4-7 ผลการจัดลำดับความสำคัญของเกณฑ์ในประเด็นต่าง ๆ ด้านความพร้อมของผู้เชี่ยวชาญจากภาคเอกชนและหน่วยงานอิสระ 65

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

รูปที่ 4-8 ผลการจัดลำดับความสำคัญของเกณฑ์ในประเด็นต่าง ๆ ด้านผลกระทบของผู้เชี่ยวชาญจากภาคเอกชนและหน่วยงานอิสระ.....66

รูปที่ 4-9 ผลการจัดลำดับความสำคัญของเกณฑ์ในประเด็นต่าง ๆ ด้านความพร้อมของผู้เชี่ยวชาญจากสถาบันการศึกษา.....67

รูปที่ 4-10 ผลการจัดลำดับความสำคัญของเกณฑ์ในประเด็นต่าง ๆ ด้านผลกระทบของผู้เชี่ยวชาญจากสถาบันการศึกษา.....68

รูปที่ 4-11 เปรียบเทียบผลการจัดลำดับความสำคัญของเกณฑ์ในประเด็นต่าง ๆ ด้านความพร้อมของทั้ง 3 ภาคส่วน.....69

รูปที่ 4-12 เปรียบเทียบผลการจัดลำดับความสำคัญของเกณฑ์ในประเด็นต่าง ๆ ด้านผลกระทบของทั้ง 3 ภาคส่วน.....70

รูปที่ 4-13 แผนภาพแสดงความพร้อมและผลกระทบของเทคโนโลยีพลังงานในภาคอาคารของประเทศไทย พิจารณาค่าน้ำหนักของเกณฑ์แต่ละประเด็นตามผลการประเมินจากผู้เชี่ยวชาญประเมิน.....73

รูปที่ 4-14 ผลการจัดลำดับความสำคัญของเทคโนโลยีที่มีผลกระทบสูง โดยพิจารณาด้านผลกระทบ.....77

รูปที่ 4-15 ผลการจัดลำดับความสำคัญของเทคโนโลยีที่มีผลกระทบสูง โดยพิจารณาด้านความพร้อม.....78

รูปที่ 4-16 เปรียบเทียบความพร้อมในแต่ละประเด็นของเทคโนโลยีในกลุ่มเชื้อเพลิงฟอสซิล/พลังงานทดแทน.....81

รูปที่ 4-17 เปรียบเทียบความพร้อมในแต่ละประเด็นของเทคโนโลยีในกลุ่มเทคโนโลยีพลังงานทดแทน.....83

รูปที่ 4-18 เปรียบเทียบความพร้อมในแต่ละประเด็นของเทคโนโลยีในกลุ่มเทคโนโลยีประหยัดพลังงาน.....85

รูปที่ 4-19 ผลการจัดลำดับความสำคัญของเทคโนโลยีที่มีผลกระทบสูงสุด 5 อันดับแรก โดยพิจารณาในประเด็นต้นทุนและผลประโยชน์ (R3).....87

รูปที่ 4-20 ผลการจัดลำดับความสำคัญของเทคโนโลยีที่มีผลกระทบสูงสุด 5 อันดับแรก โดยพิจารณาในประเด็นการยอมรับจากสังคมและผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย (R4).....88

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

รูปที่ 4-21 ผลการจัดลำดับความสำคัญของเทคโนโลยีที่มีผลกระทบสูงสุด 5 อันดับแรก โดยพิจารณาในประเด็นความเป็นไปได้ของการผลิตภายในประเทศ (R9) 89

รูปที่ 4-22 ผลการจัดลำดับความสำคัญของเทคโนโลยีที่มีผลกระทบสูงสุด 5 อันดับแรก โดยพิจารณาในประเด็นความสามารถในการแข่งขันและการสร้างมูลค่า (I1) 90

รูปที่ 4-23 ผลการจัดลำดับความสำคัญของเทคโนโลยีที่มีผลกระทบสูงสุด 5 อันดับแรก โดยพิจารณาในประเด็นด้านสิ่งแวดล้อม (I3) 91

รูปที่ ข-1 เอกสารแสดงรายละเอียดขั้นตอนและวิธีการกรอกแบบประเมิน 127

รูปที่ ข-2 เอกสารแบบประเมินขั้นตอนที่ 1 128

รูปที่ ข-3 เอกสารแบบประเมินขั้นตอนที่ 2 130

รูปที่ ข-4 เอกสารแบบประเมินขั้นตอนที่ 3 131

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ

<u>คำย่อภาษาไทย</u>

สวทน.	สำนักงานคณะกรรมการนโยบายวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และนวัตกรรมแห่งชาติ

<u>คำย่อภาษาอังกฤษ</u>

AEC	ASEAN Economic Community	ประชาคมเศรษฐกิจอาเซียน
AEDP2015	Alternative Energy Development Plan 2015	แผนพัฒนาพลังงานทดแทนและพลังงานทางเลือก พ.ศ. 2558 - 2579
AHP	Analytical Hierarchy Process	กระบวนการวิเคราะห์ตามลำดับชั้น
ANP	Analytic Network Process	กระบวนการโครงข่ายเชิงวิเคราะห์
APEC	Asia-Pacific Economic Cooperation	ความร่วมมือทางเศรษฐกิจเอเชีย-แปซิฟิก
APERC	Asia Pacific Energy Research Centre	ศูนย์วิจัยพลังงานเอเชียแปซิฟิก
BAU	Business as Usual	การคาดการณ์ในกรณีปกติ
BMS	Building Management System	ระบบบริหารจัดการอาคาร
CBA	Cost/Benefit Analysis	วิธีวิเคราะห์ต้นทุน/กำไร
CCS	Carbon Capture and Storage	การดักจับและการจัดเก็บคาร์บอน
CO_2	Carbon Dioxide	ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์
COP	Conference of Parties	การประชุมสมัชชาประเทศภาคีอนุสัญญาสหประชาชาติว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ
EEP2015	Energy Efficiency Plan 2015	แผนอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ. 2558 - 2579
EERS	Energy Efficiency Resource Standard	มาตรฐานอนุรักษ์พลังงานสำหรับผู้ผลิตและผู้จำหน่ายพลังงาน
EI	Energy Intensity	ความเข้มข้นของการใช้พลังงาน
ESCO	Energy Service Company	การลงทุนและดำเนินการแทนเจ้าของกิจการ
GDP	Gross Domestic Product	ผลิตภัณฑ์มวลรวมในประเทศ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

GEF	Global Environment Facility	กองทุนสิ่งแวดล้อมโลก
GWh	Gigawatt hours	กิกะวัตต์ – ชั่วโมง
HVAC	High efficiency heating, venting, and air conditioning	ระบบความร้อน ระบายอากาศ และปรับอากาศ
INDCs	Intended Nationally Determined Contributions	ข้อเสนอการมีส่วนร่วมของประเทศในการลดก๊าซเรือนกระจกและการดำเนินงานด้านสภาพภูมิอากาศ
ktoe	kilo ton of oil equivalent	พันตันเทียบเท่าน้ำมันดิบ
kVA	kiloVolt-Amp	หน่วยวัดกำลังไฟฟ้า (กำลังไฟฟ้าปรากฏ) หรือ ผลคูณระหว่างแรงดันไฟฟ้ากับกระแสไฟฟ้า
LED	Light Emitting Diode	ไดโอดเปล่งแสง
LEED	Leadership in Energy and Environmental Design	มาตรฐานอาคารเขียว
LNG	Liquefied Natural Gas	ก๊าซธรรมชาติเหลว
LPG	Liquefied Petroleum Gas	ก๊าซปิโตรเลียมเหลว
LULUCF	Land Use, Land-Use Change and Forestry	การใช้ที่ดินการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินและการป่าไม้
MCA	Multi-Criteria Analysis	วิธีการประเมินทางเลือกจากหลายเกณฑ์
$MtCO_2eq$	Millions Tones Carbon Dioxide Equivalent	ล้านตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า
NAMAs	Nationally Appropriate Mitigation Actions	ข้อตกลงว่าด้วยการให้ทุกประเทศแสดงเจตจำนงในการลดก๊าซเรือนกระจกที่เหมาะสมของประเทศ
NAP	National Adaptation Plan	แผนการปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศแห่งชาติ
PDP2015	Power Development Plan 2015	แผนพัฒนากำลังผลิตไฟฟ้าของประเทศไทย พ.ศ. 2558 - 2579
RETs	Renewable Energy Technologies	เทคโนโลยีพลังงานหมุนเวียน
TIEB	Thailand Integrated Energy	แผนบูรณาการพลังงานระยะยาว

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

	Blueprint	
TNA	Technology Need Assessment	การประเมินความต้องการจำเป็นด้านเทคโนโลยี
TREES	Thai's Rating of Energy and Environmental Sustainability	เกณฑ์ประเมินความยั่งยืนทางพลังงานและสิ่งแวดล้อมไทย
UNDP	United Nations Development Programme	โครงการพัฒนาแห่งสหประชาชาติ
UNEP	United Nations Environment Programme	โครงการสิ่งแวดล้อมแห่งสหประชาชาติ
UNFCCC	United Nations Framework Convention on Climate Change	อนุสัญญาสหประชาชาติว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ
VFD	Variable Speed Motor Control	อุปกรณ์ความคุมความเร็วรอบมอเตอร์

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

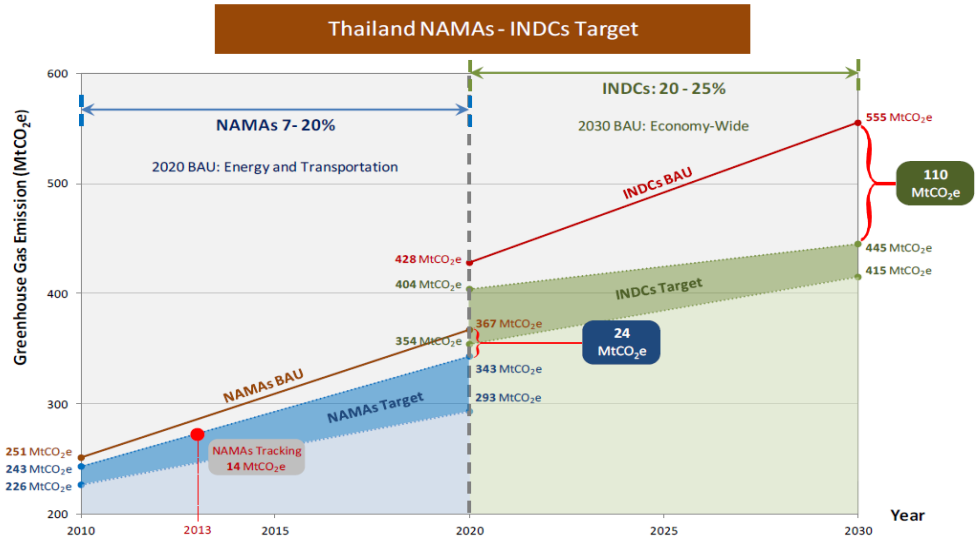
บทที่ 1
บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญ

ประเทศไทยได้เข้าร่วมลงนามในกรอบอนุสัญญาสหประชาชาติว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (United Nations Framework Convention on Climate Change: UNFCCC) และได้เข้าร่วมประชุมหารือกรอบความร่วมมือระดับโลกในการแก้ไขปัญหาการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศมาอย่างต่อเนื่อง ซึ่งในการประชุมรัฐภาคีอนุสัญญาสหประชาชาติว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (Conference of the Parties: COP) สมัยที่ 18 เมื่อปี พ.ศ. 2555 ที่ประชุมได้มีมติเชิญชวนให้ประเทศกำลังพัฒนาส่งข้อมูลการดำเนินการลดก๊าซเรือนกระจกที่เหมาะสมของประเทศ (Nationally Appropriate Mitigation Actions: NAMAs) โดยประเทศไทยได้แสดงเจตจำนงการดำเนินการลดก๊าซเรือนกระจกที่เหมาะสมของประเทศ ต่อที่ประชุมรัฐภาคีอนุสัญญาสหประชาชาติว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ สมัยที่ 20 เมื่อปี พ.ศ. 2557 โดยระบุว่า ประเทศไทยจะลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในประเทศ ร้อยละ 7-20 ในภาคพลังงานและภาคการขนส่งให้ต่ำกว่าระดับการปล่อยในการดำเนินงานตามปกติ (Business as usual) ภายในปี พ.ศ. 2563 [1] ดังแสดงในรูปที่ 1-1

ต่อมาในการประชุมรัฐภาคีอนุสัญญาฯ สมัยที่ 19 เมื่อปี พ.ศ. 2556 ที่ประชุมได้มีข้อตัดสินใจในการเชิญชวนภาคีทั้งประเทศพัฒนาแล้วและประเทศกำลังพัฒนา เตรียมการเกี่ยวกับข้อเสนอการมีส่วนร่วมของแต่ละประเทศในการลดก๊าซเรือนกระจก และการดำเนินงานด้านการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (Intended Nationally Determined Contributions: INDCs) เพื่อเป็นพื้นฐานสำหรับการกำหนดข้อตกลงใหม่ที่จะมีผลใช้บังคับ ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2563 เป็นต้นไป โดยประเทศไทยได้จัดส่งข้อเสนอการมีส่วนร่วมของประเทศในการลดก๊าซเรือนกระจก และการดำเนินงานด้านการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ภายหลังปี พ.ศ. 2563 - 2573 ต่อสำนักเลขาธิการอนุสัญญาสหประชาชาติว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ เมื่อปี พ.ศ. 2558 ในการประชุมรัฐภาคีอนุสัญญาฯ สมัยที่ 21 โดยระบุว่าประเทศไทยมีความตั้งใจที่จะลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกร้อยละ 20 จากระดับการปล่อยในการดำเนินงานตามปกติ (Business as usual: BAU) ภายในปี พ.ศ. 2573 โดยระดับของการมีส่วนร่วมในการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสามารถเพิ่มขึ้นถึงร้อยละ 25 ขึ้นอยู่กับการเข้าถึงกลไกการสนับสนุนทางการพัฒนาและถ่ายทอดเทคโนโลยี การเงิน และการเสริมสร้างศักยภาพที่เพิ่มขึ้น และเพียงพอภายใต้กรอบข้อตกลงใหม่ ภายใต้อนุสัญญาสหประชาชาติว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ [1] ดังแสดงในรูปที่ 1-1

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University



รูปที่ 1-1 Nationally Appropriate Mitigation Actions (NAMAs) และ Intended Nationally Determined Contributions (INDCs)

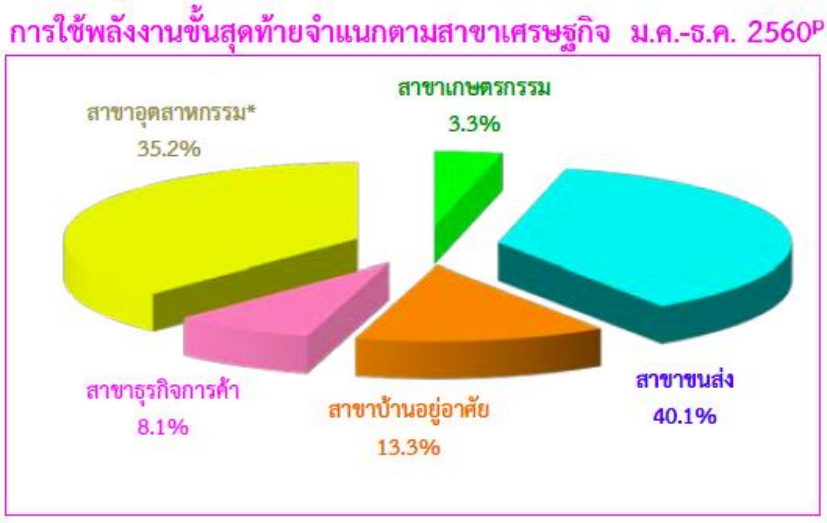
โดยเหตุข้างต้น จึงนำมาสู่การกำหนดยุทธศาสตร์และนโยบายเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศของประเทศ เพื่อให้สอดคล้องกับการดำเนินการลดก๊าซเรือนกระจกที่เหมาะสมของประเทศ (Nationally Appropriate Mitigation Actions: NAMAs) และข้อเสนอการมีส่วนร่วมของประเทศในการลดก๊าซเรือนกระจก และการดำเนินงานด้านการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (Intended Nationally Determined Contributions: INDCs) ภายหลังปี พ.ศ. 2563 - 2573 ที่ได้เสนอต่อสำนักเลขาธิการอนุสัญญาสหประชาชาติว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ซึ่งแต่ละยุทธศาสตร์มีความสอดคล้องเชื่อมโยงกันจากยุทธศาสตร์ชาติ 20 ปี ไปสู่แผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ฉบับที่ 12 แผนจัดการคุณภาพสิ่งแวดล้อม และแผนแม่บทรองรับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ [2] โดยสำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมได้จัดทำแผนแม่บทรองรับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ พ.ศ. 2558 - 2593 ขึ้น เพื่อใช้เป็นแนวทางในการป้องกันและลดความเสี่ยงต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศที่จะเกิดขึ้นกับประเทศ โดยมีแนวทางและมาตรการในการลดก๊าซเรือนกระจกและส่งเสริมการเติบโตที่ปล่อยคาร์บอนต่ำไว้ 8 สาขา ได้แก่ 1) การผลิตไฟฟ้า 2) การคมนาคมขนส่ง 3) การใช้พลังงานภายในอาคาร 4) ภาคอุตสาหกรรม 5) ภาคของเสีย 6) ภาคการเกษตร 7) ภาคป่าไม้ และ 8) การจัดการเมือง [1] ซึ่งภาคพลังงานเป็นหนึ่งในภาคที่มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเป็นจำนวนมาก และมีศักยภาพที่จะสามารถลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้ ประกอบกับกระทรวงพลังงานได้มีนโยบายส่งเสริมให้มีการใช้พลังงานทดแทนในประเทศเพิ่มมากขึ้น และเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงาน โดยมุ่งเน้นใน 4 ภาคเศรษฐกิจที่มีการใช้พลังงานมาก ได้แก่ ภาคอุตสาหกรรม ภาคขนส่ง ภาคไฟฟ้า และภาคธุรกิจและที่อยู่อาศัย [3]

จากข้อมูลสถานการณ์พลังงานของประเทศไทย เดือนมกราคม - ธันวาคม 2560 [4] พบว่า การใช้พลังงานขั้นสุดท้ายของประเทศไทยในปี 2560 มีปริมาณ 80,752 พันตันเทียบเท่าน้ำมันดิบ เพิ่มขึ้นจากช่วงเดียวกันของปีก่อน ร้อยละ 1 คิดเป็นมูลค่าการใช้พลังงาน รวมกว่า 1,072,237 ล้านบาท เมื่อจำแนกการใช้พลังงานขั้นสุดท้ายตามสาขาเศรษฐกิจ พบว่า การใช้พลังงานในสาขาบ้านอยู่อาศัยอยู่ที่ 10,761 พันตันเทียบเท่าน้ำมันดิบ ลดลงร้อยละ 2.8 และสาขาธุรกิจการค้าอยู่ที่ 6,546 พันตันเทียบเท่าน้ำมันดิบ เพิ่มขึ้นร้อยละ 5.3 ดังแสดงในตารางที่ 1-1

ตารางที่ 1-1 การใช้พลังงานขั้นสุดท้ายในแต่ละสาขาเศรษฐกิจ [5]

การใช้พลังงานขั้นสุดท้าย จำแนกตามสาขาเศรษฐกิจ	ปริมาณ (พันตันเทียบเท่าน้ำมันดิบ)			อัตราการเปลี่ยนแปลง (ร้อยละ)	
	ปี 2558	ปี 2559	ปี 2560	ปี 2559	ปี 2560
1. สาขาเกษตรกรรม	4,064	2,987	2,642	(26.5)	(11.6)
2. สาขาอุตสาหกรรม	27,796	29,475	28,452	6.0	(3.5)
3. สาขาบ้านอยู่อาศัย	11,767	11,071	10,761	(5.9)	(2.8)
4. สาขาธุรกิจการค้า	5,632	6,215	6,546	10.4	5.3
5. สาขาขนส่ง	28,622	30,181	32,351	5.4	7.2
รวม	**77,881**	**79,929**	**80,752**	**2.6**	**1.0**

โดยที่สาขาบ้านอยู่อาศัยมีการใช้พลังงานในสัดส่วนร้อยละ 13.3 ส่วนสาขาธุรกิจการค้ามีการใช้พลังงานในสัดส่วนร้อยละ 8.1 ของการใช้พลังงานขั้นสุดท้ายทั้งหมด [5] ดังแสดงในรูปที่ 1-2



รูปที่ 1-2 การใช้พลังงานขั้นสุดท้ายในแต่ละสาขาเศรษฐกิจ

โดยกระทรวงพลังงานมีเป้าหมายในการลดความเข้มการใช้พลังงาน (Energy Intensity; EI) ลงร้อยละ 30 ในปี พ.ศ. 2579 เมื่อเทียบกับปี พ.ศ. 2553 ตามแผนอนุรักษ์พลังงาน (พ.ศ. 2558 - 2579) และเพื่อให้บรรลุเป้าหมายดังกล่าว จึงกำหนดเป้าหมายการอนุรักษ์พลังงานของภาคอาคารอยู่ที่ประมาณ 4,819 พันตันเทียบเท่าน้ำมันดิบ คิดเป็นร้อยละ 9.3 ของปริมาณความต้องการที่คาดการณ์ในปี พ.ศ. 2579 ดังแสดงในรูปที่ 1-3 [6]

สัดส่วนพลังงาน (ktoe)		อุตสาหกรรม	อาคาร	ครัวเรือน	ขนส่ง	รวม	%
EE1	มาตรฐานการอนุรักษ์พลังงานในโรงงาน/อาคารควบคุม	4,388	768			5,156	10.0
EE2	มาตรฐานการก่อสร้างอาคารใหม่เพื่อการอนุรักษ์พลังงาน		1,166			1,166	2.3
EE3	มาตรฐานการติดฉลากอุปกรณ์ เครื่องจักร และวัสดุเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน	749	1,648	1,753		4,149	8.0
EE4	บังคับใช้เกณฑ์มาตรฐานอนุรักษ์พลังงานสำหรับผู้ผลิตและจำหน่าย	202	184	114		500	1.0
EE5	ช่วยเหลือ/อุดหนุนการดำเนินงานเกี่ยวกับการอนุรักษ์พลังงาน	8,895	629			9,524	18.4
EE6	ส่งเสริมการใช้แสงสว่างเพื่ออนุรักษ์พลังงาน (LED)	281	424	286		991	1.9
EE7	การอนุรักษ์พลังงานภาคขนส่ง				30,213	30,213	58.4
รวม EE1 – EE7		14,515	4,819	2,153	30,213	51,700	100.0
รวม EE1 – EE7 (%)		28.1	9.3	4.2	58.4	100.0	

รูปที่ 1-3 เป้าหมายแผนอนุรักษ์พลังงาน (พ.ศ. 2558 – 2579)

จากการกำหนดแนวทางและมาตรการในการลดก๊าซเรือนกระจก สาขาการใช้พลังงานภายในอาคาร ในแผนแม่บทรองรับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ พ.ศ. 2558 - 2593 และนโยบายส่งเสริมให้มีการใช้พลังงานทดแทนและเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงานในภาคธุรกิจและที่อยู่อาศัยของกระทรวงพลังงานในข้างต้น จึงทำให้ต้องมีการศึกษาหาแนวทางเทคโนโลยีพลังงานที่สามารถช่วยลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้ ซึ่งมีความเกี่ยวเนื่องกับงานวิจัยนี้ที่ศึกษาความต้องการเทคโนโลยีพลังงานในภาคอาคารของประเทศไทย เพื่อจัดลำดับความสำคัญของเทคโนโลยีพลังงานที่ช่วยการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก โดยมุ่งเน้นเฉพาะภาคอาคารของประเทศไทย และครอบคลุมในเรื่องการใช้พลังงานในสาขาบ้านอยู่อาศัย สาขาธุรกิจการค้า และบางส่วนของอุตสาหกรรม เท่านั้น

นอกจากนี้ สำนักงานคณะกรรมการนโยบายวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและนวัตกรรมแห่งชาติ (สวทน.) ยังได้รับการสนับสนุนจากกองทุนสิ่งแวดล้อมโลก (Global Environment Facility: GEF) และโครงการสิ่งแวดล้อมแห่งสหประชาชาติ (United Nations Environment Programme: UNEP) ให้ดำเนินการโครงการประเมินความต้องการเทคโนโลยี (Technology Needs Assessments: TNA) พร้อมกับจัดทำรายงานการประเมินความต้องการเทคโนโลยีและจัดลำดับความสำคัญของเทคโนโลยี รวมถึงแผนสนับสนุนเทคโนโลยีเพื่อบรรเทาการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศและการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก โดยสำนักงานคณะกรรมการนโยบายวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและนวัตกรรมแห่งชาติ (สวทน.) ได้ประเมินความต้องการเทคโนโลยีพลังงาน มุ่งเน้น 4 ด้านหลัก คือ 1) ด้านการจัดหาและ

แปรรูปพลังงาน 2) ด้านพลังงานหมุนเวียน 3) ด้านการพัฒนาประสิทธิภาพทางพลังงานตามความต้องการ 4) ด้านเทคโนโลยีพลังงานอื่น ๆ โดยใช้วิธีการประเมินทางเลือกจากหลายเกณฑ์ (Multi-Criteria Analysis: MCA) ซึ่งผลการจัดลำดับความสำคัญของเทคโนโลยีที่เป็นไปได้ทั้งหมดมีดังนี้ 1) โครงข่ายไฟฟ้าอัจฉริยะ (Smart Grid) 2) ของเสีย (เพื่อใช้ในการผลิตพลังงาน) 3) เชื้อเพลิงชีวภาพรุ่นที่สองและสาม 4) ประสิทธิภาพการใช้พลังงานในการเผาไหม้ของภาคอุตสาหกรรม 5) การจับและเก็บคาร์บอน (CCS) ทั้งนี้ โครงการดังกล่าวได้ดำเนินการเสร็จสิ้น และได้จัดทำเป็นรายงานเรื่อง Thailand Technology Needs Assessments Report for Climate Change Mitigation แล้ว [7]

ดังนั้น เพื่อเป็นการต่อยอดจากงานวิจัยของสำนักงานคณะกรรมการนโยบายวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและนวัตกรรมแห่งชาติ (สวทน.) ในข้างต้น งานวิจัยนี้จึงเลือกใช้วิธีการประเมินทางเลือกจากหลายเกณฑ์ (Multi-criteria Analysis: MCA) พิจารณาเปรียบเทียบเกณฑ์ด้านความพร้อม และเกณฑ์ด้านผลกระทบ เช่นเดียวกับงานวิจัยของ สวทน. แต่มีความแตกต่างกันที่งานวิจัยนี้ทำการดัดแปลงเกณฑ์และได้เพิ่มเติมบางประเด็นเข้าไปในเกณฑ์ เพื่อให้ครอบคลุมในหลาย ๆ บริบท นอกจากนี้ ยังต่างกันในเชิงของกลุ่มเทคโนโลยีพลังงานที่ทำการศึกษา โดยงานวิจัยนี้จะที่มุ่งเน้นเฉพาะภาคอาคารของประเทศไทย ซึ่งต่างจากงานวิจัยของ สวทน. ที่มุ่งเน้น 4 ด้านหลัก ดังที่กล่าวมาในข้างต้น โดยที่ข้อมูลรายการเทคโนโลยีพลังงานของภาคอาคารที่ทำการศึกษาในงานวิจัยนี้ อ้างอิงจากเอกสารเรื่อง Handbook for Conducting Technology Needs Assessment for Climate Change ของโครงการพัฒนาแห่งสหประชาชาติ (United Nations Development Programme: UNDP) และอนุสัญญาสหประชาชาติว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (United Nations Framework Convention on Climate Change: UNFCCC) ที่มีความครอบคลุมและมุ่งเน้นเฉพาะภาคอาคารมากกว่า โดยทำการรวบรวมและคัดเลือกเฉพาะเทคโนโลยีพลังงานที่เกี่ยวข้องกับอาคารในประเทศไทย ประกอบกับการประเมินความต้องการจำเป็นด้านเทคโนโลยี (Technology Need Assessment: TNA) โดยผู้เชี่ยวชาญ ผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย และผู้ที่เกี่ยวข้องในด้านเทคโนโลยีพลังงานของภาคอาคาร เพื่อจัดลำดับความสำคัญของเทคโนโลยีพลังงานในภาคอาคารที่ช่วยลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก และนำไปสู่การจัดทำข้อเสนอแนะเชิงนโยบายเกี่ยวกับแนวทางในการสนับสนุนความต้องการเทคโนโลยีพลังงานของภาคอาคารในประเทศไทย

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อจัดลำดับความสำคัญของเทคโนโลยีพลังงานในภาคอาคารของประเทศไทยที่ช่วยการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก โดยพิจารณาจากความพร้อมและผลกระทบในด้านต่าง ๆ

1.3 ขอบเขตของการศึกษาวิจัย

1. ข้อมูลเทคโนโลยีพลังงานของภาคอาคารที่ทำการศึกษาในงานวิจัยนี้ อ้างอิงจากเอกสารเรื่อง Handbook for Conducting Technology Needs Assessment for Climate Change ของโครงการพัฒนาแห่งสหประชาชาติ (United Nations Development Programme: UNDP) และอนุสัญญาสหประชาชาติว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (United Nations Framework Convention on Climate Change: UNFCCC) ที่มีความครอบคลุมและมุ่งเน้นเฉพาะภาคอาคารมากกว่า แต่ในกรณีของงานวิจัยนี้ จะทำการรวบรวมและคัดเลือกเฉพาะเทคโนโลยีพลังงานที่เกี่ยวข้องกับอาคารในประเทศไทย เพื่อนำมาใช้ในการประเมินความต้องการเทคโนโลยีพลังงานในภาคอาคาร

2. ใช้วิธีการประเมินทางเลือกจากหลายเกณฑ์ (Multi-Criteria Analysis: MCA) อ้างอิงจากเอกสาร Thailand Technology Needs Assessments Report for Climate Change Mitigation ของสำนักงานคณะกรรมการนโยบายวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และนวัตกรรมแห่งชาติ (สวทน.) ปี 2012 ที่มีการใช้เกณฑ์ประกอบด้วย 2 เกณฑ์หลัก คือ เกณฑ์ความพร้อม (Readiness) 8 ประเด็น และผลกระทบในมิติต่าง ๆ (Impact) 2 ประเด็น แต่ในกรณีของงานวิจัยนี้ จะทำการดัดแปลงเกณฑ์และได้เพิ่มเติมบางประเด็นเข้าไปในเกณฑ์ เพื่อให้ครอบคลุมในหลาย ๆ บริบท ประกอบด้วยเกณฑ์ด้านความพร้อม (Readiness) 11 ประเด็น และเกณฑ์ด้านผลกระทบ (Impact) 4 ประเด็น

3. กลุ่มเป้าหมาย คือ ผู้เชี่ยวชาญ ผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย และผู้เกี่ยวข้องในด้านเทคโนโลยีพลังงานของภาคอาคาร จำนวนอย่างน้อย 30 คน แบ่งกลุ่มเป้าหมายออกเป็น 3 กลุ่ม แยกตามสังกัดหน่วยงาน ได้แก่ 1) ภาครัฐ 2) ภาคเอกชนและหน่วยงานอิสระ และ 3) สถาบันการศึกษา โดยสืบค้นและรวบรวมข้อมูลผู้เชี่ยวชาญ ผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย และผู้เกี่ยวข้อง จากเว็บไซต์ของหน่วยงานภาครัฐ สถาบันการศึกษา และหน่วยงานเอกชนที่ดำเนินงานเกี่ยวข้องในภาคอาคาร รวมไปถึงข้อมูลจากการเข้าร่วมประชุมสัมมนาวิชาการที่เกี่ยวข้องกับภาคอาคาร และมีเกณฑ์ในการคัดเลือกผู้ประเมิน คือ เป็นหน่วยงานที่มีบุคลากรที่มีความรู้ ความเชี่ยวชาญ และมีประสบการณ์ทำงานที่เกี่ยวข้องกับภาคอาคารและเทคโนโลยีพลังงาน (เนื่องจากกลุ่มเป้าหมายที่มีความรู้ ความเข้าใจ และสามารถให้ข้อมูลได้อย่างมีคุณภาพเกี่ยวกับเทคโนโลยีพลังงานของภาคอาคารมีจำนวนจำกัด)

4. วิเคราะห์ผลการจัดลำดับความสำคัญของเกณฑ์ด้านความพร้อม (Readiness) และด้านผลกระทบ (Impact) ในประเด็นต่าง ๆ แบบภาพรวม และแยกตามสังกัดหน่วยงาน จากผลการประเมินของผู้เชี่ยวชาญ ผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย และผู้เกี่ยวข้องในด้านเทคโนโลยีพลังงานของภาคอาคารเท่านั้น

5. วิเคราะห์ผลการจัดลำดับความสำคัญของเทคโนโลยีพลังงานในภาคอาคารของประเทศไทย ด้านความพร้อม (Readiness) และด้านผลกระทบ (Impact) จากผลการประเมินของผู้เชี่ยวชาญ ผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย และผู้เกี่ยวข้องในด้านเทคโนโลยีพลังงานของภาคอาคารเท่านั้น

6. วิเคราะห์ผลช่องว่าง (Gap Analysis) ด้านความพร้อม (Readiness) ของเทคโนโลยีพลังงานในภาคอาคารที่มีผลกระทบสูง จากผลการประเมินของผู้เชี่ยวชาญ ผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย และผู้เกี่ยวข้องในด้านเทคโนโลยีพลังงานของภาคอาคารเท่านั้น

7. วิเคราะห์ผลการจัดลำดับความสำคัญของเทคโนโลยีพลังงานในภาคอาคารที่มีผลกระทบสูง จากผลการประเมินของผู้เชี่ยวชาญ ผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย และผู้เกี่ยวข้องในด้านเทคโนโลยีพลังงานของภาคอาคารเท่านั้น โดยพิจารณาในรูปแบบนโยบายต่าง ๆ 5 รูปแบบ ได้แก่ 1) ประเด็นต้นทุนและผลประโยชน์ 2) ประเด็นการยอมรับจากสังคมและผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย 3) ประเด็นความเป็นไปได้ของการผลิตภายในประเทศ 4) ประเด็นความสามารถในการแข่งขันและการสร้างมูลค่า และ 5) ประเด็นด้านสิ่งแวดล้อม และกำหนดค่าน้ำหนักของเกณฑ์ด้านความพร้อม (Readiness) ของประเด็นต้นทุนและผลประโยชน์ ประเด็นการยอมรับจากสังคมและผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย และประเด็นความเป็นไปได้ของการผลิตภายในประเทศ เท่ากับ 1 (ประเด็นอื่น ๆ เท่ากับ 0) และค่าน้ำหนักของเกณฑ์ด้านผลกระทบ (Impact) เท่ากับ 0.25 ในทุกประเด็น ในส่วนของประเด็นความสามารถในการแข่งขันและการสร้างมูลค่า และประเด็นด้านสิ่งแวดล้อม จะกำหนดค่าน้ำหนักของเกณฑ์ด้านผลกระทบ เท่ากับ 1 (ประเด็นอื่น ๆ เท่ากับ 0) และค่าน้ำหนักของเกณฑ์ด้านความพร้อม เท่ากับ 0.0909 ในทุกประเด็น

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ทราบลำดับความสำคัญของเทคโนโลยีพลังงานในภาคอาคารของประเทศไทยที่ช่วยลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่ควรส่งเสริมและสนับสนุน

2. ได้ข้อเสนอแนะเชิงนโยบายเกี่ยวกับแนวทางในการสนับสนุนความต้องการเทคโนโลยีพลังงานในภาคอาคารของประเทศไทยที่ช่วยลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก

บทที่ 2
แนวคิดทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การรวบรวมข้อมูล แนวคิด ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ผู้วิจัยจะทำการรวบรวมข้อมูลด้านพลังงานและการปล่อยก๊าซเรือนกระจก เทคโนโลยีพลังงานของภาคอาคารที่ช่วยลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก วิธีการประเมินในรูปแบบต่าง ๆ นิยามและความหมายของการประเมินความต้องการจำเป็นทางเทคโนโลยี ตลอดจนรวบรวมงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง เพื่อสรุปเหตุผลในการเลือกวิธีการประเมินและเลือกเทคโนโลยีพลังงานของภาคอาคารที่เหมาะสมกับงานวิจัยนี้

2.1 ข้อมูลด้านพลังงานและการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของภาคอาคาร

2.1.1 สถานการณ์การใช้พลังงาน

การประชุมผู้นำกลุ่มความร่วมมือทางเศรษฐกิจเอเชีย-แปซิฟิก (Asia-Pacific Economic Cooperation: APEC) เมื่อปี พ.ศ. 2554 ผู้นำกลุ่มความร่วมมือทางเศรษฐกิจเอเชีย-แปซิฟิก ทั้ง 21 เขตเศรษฐกิจรวมถึงประเทศไทยได้ประกาศปฏิญญาในเรื่องการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ความมั่นคงทางพลังงาน และการพัฒนาพลังงานสะอาด (APEC Leaders' Declaration on Climate Change, Energy Security and Clean Development) โดยประกาศเจตจำนงของกลุ่มความร่วมมือทางเศรษฐกิจเอเชีย-แปซิฟิก ในการใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น มีเป้าหมายร่วมที่จะลดอัตราส่วนของปริมาณพลังงานที่ใช้ต่อผลของกิจกรรมหรือลดความเข้มการใช้พลังงาน (Energy Intensity: EI) ลงอย่างน้อยร้อยละ 45 ภายในปี พ.ศ. 2578 โดยมีสัดส่วนที่ประเทศพึงจะสามารถมีส่วนร่วมได้ประมาณร้อยละ 26 - 30 ทั้งนี้ เป็นการประมาณการเบื้องต้นจากศูนย์วิจัยพลังงานเอเชียแปซิฟิก (Asia Pacific Energy Research Centre: APERC) [3]

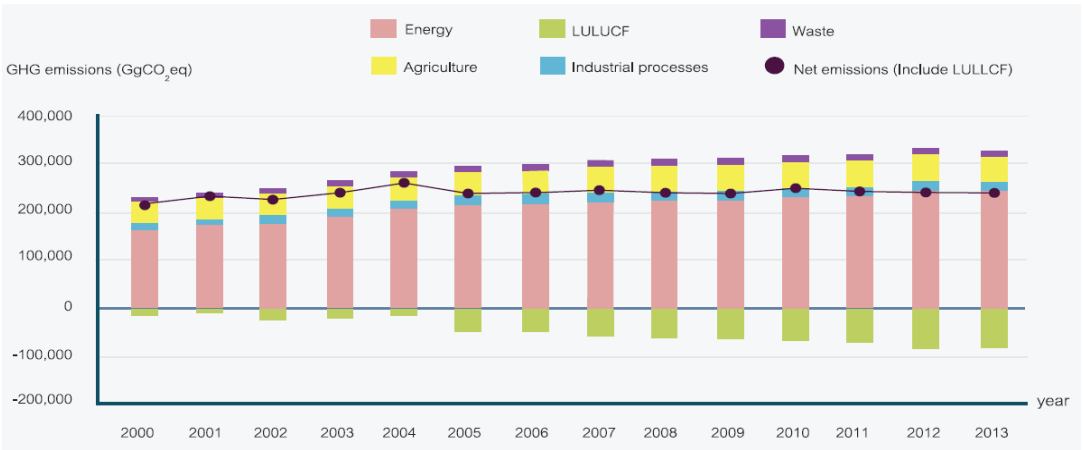
กระทรวงพลังงานจึงเริ่มใช้ดัชนีความเข้มการใช้พลังงาน (EI) หรือ พลังงานที่ใช้พันตันเทียบเท่าน้ำมันดิบ (ktoe) ต่อหน่วยผลิตภัณฑ์มวลรวมภายในประเทศ (Gross domestic product: GDP (billion baht)) เป็นแนวทางกำหนดนโยบายและจัดทำแผนอนุรักษ์พลังงานในระยะยาวของประเทศไทย โดยมีเป้าหมายการลดความเข้มการใช้พลังงาน (EI) ลงร้อยละ 25 ในปี พ.ศ. 2573 เมื่อเทียบกับปี พ.ศ. 2548 หรือเทียบเท่าการลดการใช้พลังงานขั้นสุดท้ายลงร้อยละ 20 ในปี พ.ศ. 2573 หรือประมาณ 30,000 พันตันเทียบเท่าน้ำมันดิบ ต่อมาในปี พ.ศ. 2554 คณะรัฐมนตรีได้กำหนดเป้าหมายการลดความเข้มการใช้พลังงานใหม่ (EI) ลงร้อยละ 25 ในปี พ.ศ. 2573 เมื่อเทียบกับปี พ.ศ. 2553 หรือเทียบเท่าการลดการใช้พลังงานขั้นสุดท้ายลงร้อยละ 20 ในปี พ.ศ. 2573 หรือประมาณ 38,200 พันตันเทียบเท่าน้ำมันดิบ

ต่อมาในปี พ.ศ. 2558 จากแนวโน้มการขยายตัวทางเศรษฐกิจของไทย และแผนการลงทุนโครงสร้างพื้นฐานด้านการขนส่งตามนโยบายรัฐบาล รวมทั้งการเตรียมการเข้าสู่ประชาคมเศรษฐกิจอาเซียน (ASEAN Economic Community: AEC) ซึ่งจะส่งผลต่อการใช้พลังงานของประเทศไทยโดยรวม กระทรวงพลังงานจึงได้ทบทวนค่าพยากรณ์ความต้องการใช้พลังงานขั้นสุดท้ายในอนาคต ซึ่งเป็นการใช้พลังงานเชิงพาณิชย์ เช่น น้ำมันสำเร็จรูป ไฟฟ้า เป็นต้น และพลังงานทดแทน เช่น ไม้ ฟืน แกลบ พลังน้ำ เป็นต้น โดย ณ ปี พ.ศ. 2579 จะอยู่ที่ระดับ 187,142 พันตันเทียบเท่าน้ำมันดิบ และได้กำหนดเป้าหมายภายใต้กรอบแผนอนุรักษ์พลังงานในช่วงปี พ.ศ. 2558 – 2579 ที่จะลดความเข้มการใช้พลังงาน (EI) ลงร้อยละ 30 ในปี พ.ศ. 2579 เมื่อเทียบกับปี พ.ศ. 2553 กล่าวคือ ต้องลดการใช้พลังงานเชิงพาณิชย์ให้ได้ทั้งสิ้น 56,142 พันตันเทียบเท่าน้ำมันดิบ ของปริมาณการใช้พลังงานขั้นสุดท้ายทั้งหมดของประเทศในปี พ.ศ. 2579 [3]

2.1.2 สถานการณ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจก

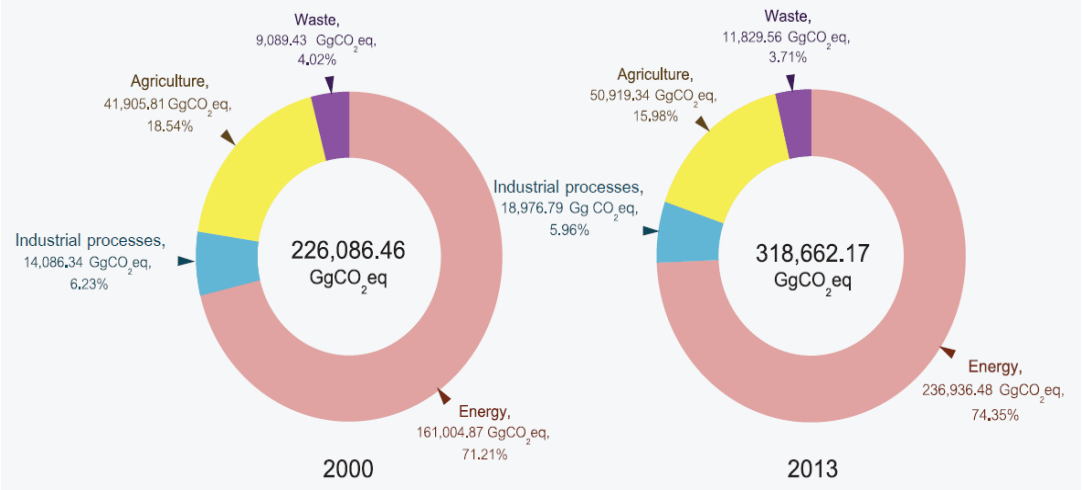
การปล่อยก๊าซเรือนกระจกสามารถจำแนกออกตามภาคส่วนต่าง ๆ ประกอบด้วย ภาคพลังงาน ภาคกระบวนการอุตสาหกรรม ภาคการเกษตร ภาคของเสีย และภาคการใช้ที่ดิน การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินและป่าไม้ โดยทิศทางการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของประเทศไทยตั้งแต่ปี พ.ศ. 2543 - 2556 (ค.ศ. 200 - 2013) มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเพิ่มขึ้นจาก 226.09 $MtCO_2eq$ ในปี พ.ศ. 2543 เป็น 318.66 $MtCO_2eq$ ในปี พ.ศ. 2556 และมีปริมาณการดูดกลับก๊าซเรือนกระจกจากภาคการใช้ที่ดิน การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดิน และการป่าไม้ (LULUCF) เพิ่มขึ้นจาก 11.99 $MtCO_2eq$ เป็น 86.10 $MtCO_2eq$ ตามลำดับ ดังนั้น เมื่อรวมค่าการปล่อยและการดูดกลับก๊าซเรือนกระจกแล้ว ค่าการปล่อยสุทธิยังคงเพิ่มขึ้นจาก 214.09 $MtCO_2eq$ ในปี พ.ศ. 2543 เป็น 232.56 $MtCO_2eq$ ในปี พ.ศ. 2556 โดยเป็นการเพิ่มขึ้นร้อยละ 0.64 ต่อปี [8] ดังแสดงในรูปที่ 2-1

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY



รูปที่ 2-1 แนวโน้มการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของประเทศไทยจำแนกตามภาคส่วน ปี พ.ศ. 2543 – 2556 (ค.ศ. 2000 - 2013)

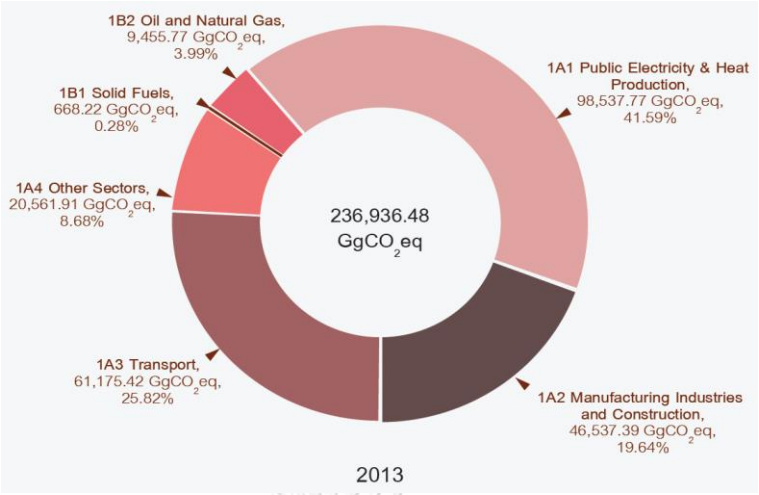
จะเห็นได้ว่าภาคพลังงานเป็นแหล่งที่มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกมากที่สุด ซึ่งมีปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ในปี พ.ศ. 2543 (ค.ศ. 2000) อยู่ที่ร้อยละ 71.21 และเพิ่มขึ้นเป็น ร้อยละ 74.35 ในปี พ.ศ. 2556 (ค.ศ. 2013) ซึ่งตรงกันข้ามกับการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในภาคการเกษตร ภาคกระบวนการอุตสาหกรรม และภาคของเสีย ที่มีปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่ลดลง [8] ดังแสดงในรูปที่ 2-2



รูปที่ 2-2 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกของประเทศไทยจำแนกตามภาคส่วน (ไม่รวม LULUCF) ปี พ.ศ. 2543 และ ปี พ.ศ. 2556 (ค.ศ. 2000 และ 2013)

การปล่อยก๊าซเรือนกระจกในภาคพลังงาน ในปี พ.ศ. 2556 (ค.ศ. 2013) มีปริมาณรวมทั้งสิ้น 236.93 $MtCO_2eq$ ซึ่งส่วนใหญ่มาจาก สาขาการผลิตไฟฟ้าและความร้อน โดยมีปริมาณ 98.53 $MtCO_2eq$ คิดเป็นร้อยละ 41.59 รองลงมาคือ สาขาการขนส่ง และสาขาอุตสาหกรรมการผลิตและก่อสร้าง มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งสิ้น 61.17 $MtCO_2eq$ และ 46.53 $MtCO_2eq$ หรือคิดเป็นร้อยละ 25.82 และ 19.64 ตามลำดับ ส่วนสาขาน้ำมันและก๊าซธรรมชาติ สาขาเชื้อเพลิงแข็ง และสาขาอื่น ๆ มีการปล่อยรวมกันอยู่ที่ 30.68 $MtCO_2eq$ หรือร้อยละ 12.96 [8] ดังแสดงในรูปที่ 2-3 ในกรณีนี้ภาคอาคารที่อยู่อาศัย ถูกจัดให้รวมอยู่ในการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของภาคพลังงาน ในสาขาอื่น ๆ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University



รูปที่ 2-3 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกในภาคพลังงาน ปี พ.ศ. 2556 (ค.ศ. 2013)

2.1.3 ยุทธศาสตร์และนโยบายเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ

<u>ยุทธศาสตร์เกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศด้านพลังงาน</u>

รูปที่ 2-4 ยุทธศาสตร์และนโยบายเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศระดับชาติ [2]

ในเชิงยุทธศาสตร์และนโยบาย มีการจัดทำวิสัยทัศน์ประเทศไทยซึ่งมุ่งหมายให้ในปี พ.ศ. 2579 “ประเทศมีความมั่นคง มั่งคั่ง ยั่งยืน เป็นประเทศพัฒนาแล้ว ด้วยการพัฒนาตามปรัชญาของเศรษฐกิจพอเพียง” และมีการวางกรอบ**ยุทธศาสตร์ชาติระยะ 20 ปี (พ.ศ. 2560 - 2579)**

ประกอบด้วย 6 ยุทธศาสตร์ ได้แก่ 1) ยุทธศาสตร์ด้านความมั่นคง 2) ยุทธศาสตร์ด้านการสร้างความสามารถในการแข่งขัน 3) ยุทธศาสตร์ด้านการพัฒนาและเสริมสร้างศักยภาพคน 4) ยุทธศาสตร์ด้านการสร้างโอกาสความเสมอภาคและเท่าเทียมกันทางสังคม 5) ยุทธศาสตร์ด้านการสร้างการเติบโตบนคุณภาพชีวิตที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม และ 6) ยุทธศาสตร์ด้านการปรับสมดุลและพัฒนาระบบการบริหารจัดการภาครัฐ [9] โดยในยุทธศาสตร์ชาติ 20 ปี มีกรอบแนวทางที่สำคัญที่เกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ได้แก่ **ยุทธศาสตร์ที่ 5 ด้านการสร้างการเติบโตบนคุณภาพชีวิตที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม** ซึ่งให้ความสำคัญกับการอนุรักษ์ ฟื้นฟู และป้องกันการทำลายทรัพยากรธรรมชาติโดยเฉพาะการจัดการป่าไม้และแหล่งน้ำ การพัฒนาเมืองที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม การพัฒนาและการใช้พลังงานที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม การปรับตัวให้พร้อมกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ รวมถึงสนับสนุนการใช้มาตรการเครื่องมือทางเศรษฐศาสตร์เพื่อการจัดการสิ่งแวดล้อม

แผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติฉบับที่ 12 (พ.ศ. 2560 - 2564) ประกอบด้วย 10 ยุทธศาสตร์ โดยมี 6 ยุทธศาสตร์ตามกรอบยุทธศาสตร์ชาติ 20 ปี และอีก 4 ยุทธศาสตร์ที่เป็นปัจจัยสนับสนุน ในแต่ละยุทธศาสตร์ของแผนพัฒนาฯ ฉบับที่ 12 ได้มีการกำหนดประเด็นการพัฒนา พร้อมทั้งแผนงานและโครงการสำคัญที่ต้องดำเนินการให้เห็นผลเป็นรูปธรรมในช่วง 5 ปีแรกของการขับเคลื่อนยุทธศาสตร์ชาติ เพื่อเตรียมความพร้อมคน สังคม และระบบเศรษฐกิจของประเทศให้สามารถปรับตัวรองรับผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงได้อย่างเหมาะสม [10] โดยในยุทธศาสตร์ของแผนพัฒนาฯ ฉบับที่ 12 มีแนวทางที่สำคัญที่เกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ได้แก่ **ยุทธศาสตร์ที่ 4 ด้านการเติบโตที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมเพื่อการพัฒนาอย่างยั่งยืน** ที่ให้ความสำคัญกับการสร้างความมั่นคงของฐานทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม การผลักดันมาตรการ กลไก เพื่อสนับสนุนการลดก๊าซเรือนกระจกในทุกภาคส่วน และการพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานเมืองเพื่อรองรับการเติบโตที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม โดยมีเป้าหมายที่จะเพิ่มพื้นที่ป่าไม้เป็นร้อยละ 40 ของพื้นที่ประเทศ (เป็นพื้นที่ป่าอนุรักษ์ร้อยละ 25 และพื้นที่ป่าเศรษฐกิจร้อยละ 15)

แผนจัดการคุณภาพสิ่งแวดล้อม พ.ศ. 2560 - 2564 เป็นแนวทางในการบริหารจัดการทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม ประกอบด้วย 4 ยุทธศาสตร์ที่มีความเกี่ยวเนื่องกัน โดยยุทธศาสตร์สำคัญที่เกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ได้แก่ **ยุทธศาสตร์ที่ 4 การสร้างศักยภาพเพื่อรองรับต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศและภัยธรรมชาติ และส่งเสริมความร่วมมือกับต่างประเทศ** มุ่งเน้นการสร้างศักยภาพของประชาชน โดยเฉพาะพื้นที่ที่มีความเปราะบาง และมีความเสี่ยงให้สามารถเตรียมพร้อมรับมือและปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ และภัยพิบัติที่เกิดขึ้น โดยมีนาวทางสำคัญ ได้แก่ 1) การสร้างความรู้ความเข้าใจและส่งเสริมการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก 2) การสร้างศักยภาพของประชาชนเพื่อการปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ และ 3) การพัฒนาความร่วมมือด้านสิ่งแวดล้อมระหว่างประเทศ [11]

แผนแม่บทรองรับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ พ.ศ. 2558 - 2593 จะเป็นกรอบในการจัดทำแผนปฏิบัติการ 2 ด้าน ได้แก่ **แผนการปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศแห่งชาติ ปี พ.ศ. 2561 - 2564 (National Adaptation Plan: NAP)** และ**แผนที่นำทางการลดก๊าซเรือนกระจกของประเทศ ปี พ.ศ. 2564 - 2573 (Nationally Determined Contribution Roadmap on Mitigation 2021 - 2030)**

(ร่าง) แผนการปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศแห่งชาติ พ.ศ. 2561 – 2564 มีเป้าหมายในการทำให้ประเทศไทยมีภูมิคุ้มกันต่อผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศและมีการบูรณาการแนวทางการปรับตัวต่อผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศเพื่อเพิ่มโอกาสและขีดความสามารถการพัฒนาประเทศอย่างมั่นคงและยั่งยืน ประกอบด้วย 6 ยุทธศาสตร์ ได้แก่ ยุทธศาสตร์ด้านการจัดการน้ำ เกษตรและความมั่นคงทางอาหาร การจัดการท่องเที่ยว การจัดการสาธารณสุข การจัดการทรัพยากรธรรมชาติ และการตั้งถิ่นฐานและความมั่นคงของมนุษย์ และ 5 แนวทาง ได้แก่ การพัฒนาขีดความสามารถของภาคส่วนต่างๆ การพัฒนาระบบฐานข้อมูล งานศึกษาวิจัย และการติดตามประเมินผล การเสริมสร้างความร่วมมือระหว่างหน่วยงาน การปรับโครงสร้างองค์กร กลไกการสนับสนุนทางการเงิน เทคโนโลยี และวิชาการ และการเชื่อมโยงการทำงานจากท้องถิ่นสู่ระดับประเทศและนานาชาติ [12]

แผนที่นำทางการลดก๊าซเรือนกระจกของประเทศ พ.ศ. 2564 – 2573 ได้รับความเห็นชอบจากคณะรัฐมนตรีในเดือนพฤษภาคม 2560 มีเป้าหมายในการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกตามเป้าหมาย คือ ร้อยละ 20 จากกรณีปกติภายในปี พ.ศ. 2573 หรือเท่ากับ 115 $MtCO_2eq$ มุ่งเน้น 3 สาขาที่มีความพร้อม ได้แก่ สาขาพลังงาน คมนาคมขนส่ง (113 $MtCO_2eq$) การจัดการของเสีย (2 $MtCO_2eq$) และกระบวนการทางอุตสาหกรรม (0.6 $MtCO_2eq$) โดยแผนหลักและการดำเนินงานของหน่วยงานที่จะช่วยให้บรรลุเป้าหมาย ได้แก่ 1) แผนพัฒนาพลังงานทางเลือกและพลังงานทดแทน พ.ศ. 2558 - 2579 2) แผนอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ. 2558 - 2579 3) แผนพัฒนากำลังการผลิตไฟฟ้า พ.ศ. 2558 - 2579 4) แผนแม่บทการพัฒนาระบบโครงข่าย smart grid พ.ศ. 2558 - 2579 5) แผนแม่บทในการพัฒนาระบบการขนส่งที่ยั่งยืนและลดปัญหาการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ 6) แผนแม่บทการพัฒนาอุตสาหกรรมไทย พ.ศ. 2555 - 2574 7) แผนแม่บทการจัดการขยะมูลฝอยของประเทศ พ.ศ. 2559 - 2564 และแผนจัดการคุณภาพสิ่งแวดล้อม พ.ศ. 2560 - 2564 [13]

ภาพรวมของนโยบายด้านการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศมีความสอดคล้องเชื่อมโยงกันจากยุทธศาสตร์ชาติ 20 ปี สู่แผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ฉบับที่ 12 แผนจัดการคุณภาพสิ่งแวดล้อม และแผนแม่บทรองรับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ พ.ศ. 2558 - 2593 ซึ่งสามารถสรุปได้ ดังแสดงใน**Error! Reference source not found.**

ตารางที่ 2-1 ความสอดคล้องของยุทธศาสตร์และนโยบายการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศระดับชาติ

ยุทธศาสตร์ชาติ 20 ปี (พ.ศ. 2560 - 2579)	**แผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ฉบับที่ 12 (พ.ศ. 2560 - 2564)**	**แผนจัดการคุณภาพสิ่งแวดล้อม (พ.ศ. 2560 - 2564)**	**แผนแม่บทรองรับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (พ.ศ. 2558 - 2593)**
ยุทธศาสตร์ที่ 5 การสร้างการเติบโตบนคุณภาพชีวิตที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม	ยุทธศาสตร์ที่ 4 การเติบโตที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมเพื่อการพัฒนาอย่างยั่งยืน	ยุทธศาสตร์ที่ 4 สร้างศักยภาพเพื่อรองรับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศและภัยธรรมชาติและส่งเสริมความร่วมมือกับต่างประเทศ	เป้าหมาย 3 ระยะ ได้แก่ 1) เป้าหมายระยะสั้น 2) เป้าหมายระยะกลาง และ 3) เป้าหมายระยะยาวและต่อเนื่อง
1) การเพิ่มพื้นที่ป่าไม้ของประเทศร้อยละ 40 2) ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของประเทศลดลงร้อยละ 20 - 25 ของการปล่อยในกรณีปกติภายในปี พ.ศ. 2573	1) ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในภาคพลังงานและคมนาคมขนส่งลดลงไม่น้อยกว่าร้อยละ 7 ของการปล่อยในกรณีปกติภายในปี พ.ศ. 2563 2) ต้นทุนการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกต่อหน่วยมีแนวโน้มลดลง 3) มีแผนปฏิบัติการการปรับตัวเพื่อรองรับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในรายสาขาที่จำเป็น 4) มีการจัดตั้งกลไกภายในประเทศเพื่อสนับสนุนด้านการเงินเทคโนโลยีและการเสริมสร้างศักยภาพ	1) การปล่อยก๊าซเรือนกระจกในภาคพลังงานและขนส่ง ลดลงร้อยละ 7 - 20 ภายในปี พ.ศ. 2563 เทียบกับ BAU 2) สัดส่วนพลังงานหมุนเวียนต่อการใช้พลังงานขั้นสุดท้ายเพิ่มขึ้นร้อยละ 25 3) จำนวน อปท. ที่บูรณาการการปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศไว้ในแผนพัฒนาท้องถิ่นเพิ่มขึ้น 4) องค์กรหรือเครือข่ายรองรับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศและภัยธรรมชาติในพื้นที่ชุมชนเพิ่มขึ้น 5) ประชากรที่เสียชีวิตสูญหาย ได้รับบาดเจ็บ หรือต้องโยกย้าย/อพยพ เนื่องมาจากผลของภัยพิบัติทางธรรมชาติลดลง	เป้าหมายแต่ละระยะจะมีแนวทางการดำเนินงานหลัก คือ 1) การปรับตัวต่อผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ 2) การลดก๊าซเรือนกระจกและส่งเสริมการเติบโตที่ปล่อยคาร์บอนต่ำ 3) การสร้างขีดความสามารถด้านการบริหารจัดการการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

นโยบายเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศด้านพลังงาน

คณะกรรมการนโยบายพลังงานแห่งชาติ มีมติให้กระทรวงพลังงานจัดทำ **แผนบูรณาการพลังงานระยะยาว** (Thailand Integrated Energy Blueprint: TIEB) โดยให้มีระยะเวลาของแผนสอดคล้องกับแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ฉบับที่ 12 กระทรวงพลังงานจึงทบทวนและบูรณาการการจัดทำแผนพลังงานระยะยาวของประเทศ โดยการมีส่วนร่วมของทุกภาคส่วน ซึ่งประกอบด้วย 1) แผนพัฒนากำลังผลิตไฟฟ้าของไทย 2) แผนอนุรักษ์พลังงาน 3) แผนพัฒนาพลังงานทดแทนและพลังงานทางเลือก 4) แผนบริหารจัดการก๊าซธรรมชาติ และ 5) แผนบริหารจัดการน้ำมันเชื้อเพลิง [14]

1) แผนพัฒนากำลังผลิตไฟฟ้าของประเทศไทย พ.ศ. 2558 - 2579 (Power Development Plan: PDP2015) ครอบคลุมทั้งระบบผลิตไฟฟ้า ระบบส่งไฟฟ้า และระบบจำหน่ายไฟฟ้ารายพื้นที่ ให้มีต้นทุนค่าไฟฟ้าอยู่ในระดับที่เหมาะสมสะท้อนต้นทุนที่แท้จริง และเพื่อเป็นการสนองนโยบายการส่งเสริมพลังงานหมุนเวียน จึงกำหนดให้มีการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในปี พ.ศ. 2573 ต่ำกว่าแผนฯ เดิม (PDP2010 ฉบับปรับปรุงครั้งที่ 3) โดยจะพิจารณาปรับสัดส่วนของโรงไฟฟ้าประเภทต่าง ๆ ให้เหมาะสม และเพิ่มสัดส่วนการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานหมุนเวียนทดแทนการผลิตไฟฟ้าจากเชื้อเพลิงฟอสซิล [6] ดังแสดงในตารางที่ 2-2

ตารางที่ 2-2 ปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ตามแผนพัฒนากำลังผลิตไฟฟ้าของประเทศไทย

ปริมาณการปล่อยก๊าซ (CO_2/kWh)	**ปี 2564**	**ปี 2569**	**ปี 2573**	**ปี 2579**
PDP2010 Rev.3	0.407	0.403	0.385	-
PDP2015	0.399	0.370	0.342	0.319
ปริมาณการปล่อยก๊าซ CO_2 รายปี ($ktCO_2eq$)				
PDP2010 Rev.3	103,982	122,885	133,539	-
PDP2015	93,689	98,950	99,822	104,075

2) แผนอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ. 2558 - 2579 (Energy Efficiency Plan: EEP 2015) มีเป้าหมายในการลดความเข้มการใช้พลังงาน (EI) ลงร้อยละ 30 ในปี พ.ศ. 2579 เทียบกับปี พ.ศ. 2553 รวมทั้งตระหนักถึงเจตจำนงของ APEC ที่มีเป้าหมายร่วมในการลดความเข้มการใช้พลังงานลงร้อยละ 45 ในปี พ.ศ. 2578 เทียบกับกรณีปกติในปี พ.ศ. 2548 (BAU) โดยมุ่งเน้นสัดส่วนที่สามารถมีส่วนร่วมได้ประมาณร้อยละ 26 - 30 และตระหนักถึงเจตจำนงของ UNFCCC ในการประชุม COP20 ที่ประเทศไทยได้เสนอเป้าหมาย NAMAs จะลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในภาคพลังงานและภาคขนส่งให้ได้ร้อยละ 7 - 20 ในปี พ.ศ. 2563 เทียบกับกรณีปกติ ในปี พ.ศ. 2548 (BAU) ซึ่งเป็นไปตามกรอบแผนแม่บทรองรับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ พ.ศ. 2557 – 2593 [15]

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

3) แผนพัฒนาพลังงานทดแทนและพลังงานทางเลือก พ.ศ. 2558 - 2579 (Alternative Energy Development Plan: AEDP2015) ให้ความสำคัญในการส่งเสริมการผลิตพลังงานจากวัตถุดิบพลังงานทดแทนที่มีอยู่ภายในประเทศ พัฒนาศักยภาพการผลิตพลังงานทดแทนด้วยเทคโนโลยีที่เหมาะสม และพัฒนาพลังงานทดแทนเพื่อผลประโยชน์ร่วมในมิติด้านสังคมและสิ่งแวดล้อมแก่ชุมชน การพัฒนาพลังงานทดแทนในประเทศไทยเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง โดยการใช้งานจะอยู่ในรูปของพลังงานไฟฟ้า พลังงานความร้อน และเชื้อเพลิงชีวภาพ ซึ่งในปี พ.ศ. 2557 ประเทศไทยมีการใช้พลังงานทดแทนทั้งสิ้น 9,025 พันตันเทียบเท่าน้ำมันดิบ (ktoe) เพิ่มขึ้นจากปีก่อนร้อยละ 9.6 หรือคิดเป็นร้อยละ 11.9 ของการใช้พลังงานขั้นสุดท้าย [16]

4) แผนบริหารจัดการน้ำมันเชื้อเพลิงของประเทศระยะยาว พ.ศ. 2558 - 2579 (Oil Plan 2015) กำหนดทิศทางการบริหารจัดการน้ำมันเชื้อเพลิงให้สอดคล้องกับเป้าหมายที่ระบุภายใต้แผนอนุรักษ์พลังงาน และแผนพัฒนาพลังงานทดแทนและพลังงานทางเลือก เพื่อใช้เป็นกรอบสำหรับการดำเนินนโยบายและการจัดทำแผนด้านน้ำมันเชื้อเพลิงในอนาคต พร้อมคำนึงถึงความเสี่ยงต่าง ๆ ซึ่งอาจส่งผลกระทบต่อการพัฒนาด้านพลังงาน จากการพยากรณ์ปริมาณความต้องการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงโดยตั้งอยู่บนพื้นฐานของข้อมูลปริมาณความต้องการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงเดียวกับแผนอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ. 2558 - 2579 มีหลักการบริหารจัดการ ได้แก่ สนับสนุนมาตรการประหยัดน้ำมันเชื้อเพลิงในภาคขนส่งตามแผนอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ. 2558 - 2579 (EEP 2015) บริหารจัดการชนิดของน้ำมันเชื้อเพลิงให้เหมาะสม รวมถึงปรับโครงสร้างราคาน้ำมันเชื้อเพลิงให้เหมาะสม และสนับสนุนการลงทุนในระบบโครงสร้างพื้นฐานน้ำมันเชื้อเพลิง พร้อมผลักดันการใช้เชื้อเพลิงเอทานอลและไบโอดีเซล ตามแผนพัฒนาพลังงานทดแทนและพลังงานทางเลือก พ.ศ. 2558 - 2579 (AEDP2015) [17]

5) แผนจัดหาก๊าซธรรมชาติ พ.ศ. 2558 - 2579 (Gas Plan 2015) ปัจจุบันการใช้ก๊าซธรรมชาติของประเทศมีแนวโน้มสูงขึ้น ขณะที่ปริมาณการผลิตในประเทศกลับลดลง จึงต้องพึ่งพา LNG นำเข้ามากขึ้น ทำให้ต้นทุนราคาเชื้อเพลิงสูงขึ้น อีกทั้งมีความเสี่ยงที่จะขาดวัตถุดิบป้อนแก่อุตสาหกรรมปิโตรเคมี จึงกำหนดเป้าหมายเพื่อบริหารจัดการการใช้และการจัดหาก๊าซธรรมชาติ โดยการลดการพึ่งพาก๊าซในการผลิตไฟฟ้าโดยกระจายเชื้อเพลิงตามแผน PDP2015 ประหยัดพลังงานของก๊าซในอุตสาหกรรมจากแผน EEP2015 พัฒนาพลังงานทดแทนและพลังงานทางเลือกตามแผน AEDP2015 รักษาระดับการผลิตจากแหล่งในประเทศให้ยาวนานขึ้น และการหาแหล่ง LNG ที่มีประสิทธิภาพ [18]

จากการจัดทำ**แผนอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ. 2558 - 2579** ในข้างต้น กระทรวงพลังงานใช้มาตรการผสมผสานทั้งการบังคับ (Push) ด้วยมาตรการกำกับดูแลผ่านพระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ. 2535 และ พ.ศ. 2550 (ฉบับปรับปรุงแก้ไข) ควบคู่กับการจูงใจ (Pull) ด้วยมาตรการทางการเงินโดยการสนับสนุน ช่วยเหลือ อุดหนุนจากกองทุนเพื่อส่งเสริมการอนุรักษ์

พลังงาน จากมาตรการเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงานที่มีทั้งหมด 34 มาตรการ ซึ่งกระทรวงพลังงานได้ดำเนินการใน 4 กลุ่มเศรษฐกิจ คือ 1) ภาคอุตสาหกรรม 2) ภาคอาคารธุรกิจ อาคารของรัฐ 3) ภาคบ้านอยู่อาศัย และ 4) ภาคขนส่ง โดยปรับทิศทางด้วยการพิจารณามาตรการที่สามารถเห็นผลได้เชิงประจักษ์ใน 3 กลยุทธ์ 10 มาตรการ ในการขับเคลื่อนแผนสู่การปฏิบัติ [3] ดังนี้

(1) กลยุทธ์ภาคบังคับ (Compulsory Program)

(1.1) มาตรการบังคับใช้ พ.ร.บ. การส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ. 2550 กำกับอาคาร/ โรงงานที่ติดตั้งหม้อแปลงไฟฟ้าขนาดตั้งแต่ 1,000 kW หรือ 1,175 kVA ขึ้นไป หรือ ใช้ไฟฟ้าจากระบบความร้อนจากไอน้ำหรือพลังงานสิ้นเปลืองอื่นตั้งแต่ 20 ล้านเมกะจูลขึ้นไป จำนวน 7,870 อาคาร และ 11,335 โรงงาน และอาจนำมาตรการชำระค่าธรรมเนียมพิเศษการใช้ไฟฟ้ามาบังคับใช้ จะลดความต้องการใช้พลังงานลงร้อยละ 28 คิดเป็นไฟฟ้า 1,674 ktoe คิดเป็นความร้อน 3,482 ktoe

(1.2) มาตรการกำหนดมาตรฐานการใช้พลังงานในอาคารใหม่ (Building Code) จำนวน 4,130 อาคาร โดยประสานร่วมมือกับกระทรวงอุตสาหกรรมและมหาดไทย จะลดความต้องการใช้พลังงานลงร้อยละ 36 ของความต้องการใช้พลังงานในอาคารใหม่ คิดเป็นไฟฟ้า 1,166 ktoe รวมทั้งดำเนินการส่งเสริมมาตรฐานขั้นสูง ให้มีมาตรการสนับสนุนเพื่อยกระดับอาคารที่ก่อสร้างใหม่ให้ได้ระดับการประเมินมาตรฐานอาคารเขียวในระดับสากล เช่น มาตรฐาน LEED หรือมาตรฐาน TREES ของสถาบันอาคารเขียวไทย เป็นต้น

(1.3) มาตรการกำหนดติดฉลากแสดงประสิทธิภาพการใช้พลังงานกับอุปกรณ์ไฟฟ้า 22 อุปกรณ์ และอุปกรณ์ความร้อน 8 อุปกรณ์ จะลดความต้องการใช้พลังงานในอุปกรณ์แต่ละประเภท ได้ร้อยละ 6 - 35 คิดเป็นไฟฟ้า 2,025 ktoe คิดเป็นความร้อน 2,125 ktoe

(1.4) มาตรการกำหนดให้ผู้ผลิตหรือผู้ให้บริการด้านไฟฟ้าจะต้องช่วยให้ผู้ใช้บริการหรือผู้ใช้ไฟฟ้า เพิ่มประสิทธิภาพในการใช้ไฟฟ้า (Energy Efficiency Resource Standard: EERS) จะลดความต้องการใช้พลังงานลงร้อยละ 0.3 โดยที่ไม่ลดผลผลิต คิดเป็นไฟฟ้า 500 ktoe

(2) กลยุทธ์ภาคความร่วมมือ (Voluntary Program)

(2.1) มาตรการช่วยเหลือ อุดหนุนด้านการเงิน เพื่อเร่งให้มีการตัดสินใจลงทุนเปลี่ยนอุปกรณ์ และเกิดการบริหารจัดการพลังงานอย่างมีประสิทธิภาพ จะลดความต้องการใช้พลังงานลงร้อยละ 10 - 30 คิดเป็นไฟฟ้า 1,285 ktoe คิดเป็นความร้อน 8,234 ktoe โดยมีรูปแบบการสนับสนุน เช่น

- ผ่านองค์กรหรือหน่วยงานทั้งภาครัฐและเอกชนที่ดำเนินธุรกิจเกี่ยวกับการพัฒนาโครงการอนุรักษ์พลังงานแบบครบวงจร (Turnkey) ที่เข้ามาช่วยรับภาระความเสี่ยง (Risk Retention) การลงทุนและดำเนินการแทนเจ้าของกิจการ หรือที่เรียกว่า Energy Service Company: ESCO

- เป็นเงินลดภาระดอกเบี้ยเงินกู้ เช่น เงินกู้อัตราดอกเบี้ยต่ำ (Soft Loan) เงินทุนหมุนเวียน (Revolving funds) การร่วมทุน (Joint Venture) เป็นเงินให้เปล่า (Grant) เป็นต้น

(2.2) มาตรการส่งเสริมการใช้แสงสว่างเพื่ออนุรักษ์พลังงาน โดยเปลี่ยนหลอดไฟฟ้าแสงสว่างในอาคารภาครัฐ 2 ล้านหลอด และทางสาธารณะ 3 ล้านหลอด เป็น Light Emitting Diode (LED) นอกจากจะลดความต้องการใช้พลังงานลงร้อยละ 50 คิดเป็นไฟฟ้า 928 ktoe ตลอดจนการสร้างตลาด LED ทำให้ราคาถูกลงจนประชาชนสามารถซื้อไปใช้ได้แพร่หลาย

(2.3) มาตรการอนุรักษ์พลังงานภาคขนส่ง

- กำกับราคาเชื้อเพลิงในภาคขนส่งให้สะท้อนต้นทุนที่แท้จริง ส่งผลให้ผู้บริโภคตระหนัก เรื่องราคาพลังงานและเปลี่ยนลักษณะการใช้พลังงาน คิดเป็นพลังงานที่ลดลง 456 ktoe

- สนับสนุนนโยบายของกระทรวงการคลังในการปรับโครงสร้างภาษีสรรพสามิตรถยนต์ที่จะเริ่มจัดเก็บตามปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ จะลดความต้องการใช้พลังงานลงร้อยละ 27 คิดเป็น 13,731 ktoe

- เพิ่มประสิทธิภาพการขนส่งน้ำมันของประเทศ โดยพัฒนาระบบขนส่งน้ำมันทางท่อจะช่วยลดการใช้น้ำมันได้ประมาณ 40 ล้านลิตรต่อปี หรือคิดเป็น 34 ktoe

- สนับสนุนนโยบายและแผนงานของกระทรวงคมนาคมในการพัฒนาระบบโครงสร้างพื้นฐานการจราจรและขนส่งโดยเฉพาะการเปลี่ยนล้อเป็นราง จะลดความต้องการใช้พลังงานลงร้อยละ 78 คิดเป็น 9,745 ktoe

- ศึกษา วางแผน และดำเนินการรองรับการใช้ยานยนต์พลังงานไฟฟ้า จะลดความต้องการใช้พลังงานลง 1,123 ktoe

- กระทรวงพลังงานจะช่วยเหลือผู้ประกอบกิจการขนส่ง

- ด้านวิศวกรรมเพื่อลดต้นทุนการขนส่ง เช่น การเปลี่ยนอุปกรณ์ การปรับปรุงรถ การเลือกใช้ยางรถยนต์ การจัดการรถเที่ยวเปล่า ฯลฯ ซึ่งจะลดความต้องการใช้พลังงานลงร้อยละ 10 - 12 คิดเป็น 3,633 ktoe

- ด้านพัฒนาบุคลากรในการขับขี่เพื่อการประหยัดพลังงาน (ECO Driving) ซึ่งจะลดความต้องการใช้พลังงานลงร้อยละ 25 คิดเป็น 1,491 ktoe

(2.4) มาตรการส่งเสริมการศึกษา วิจัย พัฒนาเทคโนโลยีอนุรักษ์พลังงาน การป้องกันและแก้ไขปัญหาสิ่งแวดล้อมจากการอนุรักษ์พลังงาน และการกำหนดนโยบายและวางแผนพลังงาน

(3) กลยุทธ์สนับสนุน (Complementary Program)

(3.1) มาตรการสนับสนุนการพัฒนาบุคลากร และสร้างกาลังคนด้านพลังงาน

(3.2) มาตรการสนับสนุนการรณรงค์สร้างจิตสำนึกใช้พลังงานอย่างรู้คุณค่า และเปลี่ยนพฤติกรรมการใช้พลังงาน

การบรรลุเป้าหมายตามนโยบายที่จะลดความเข้มการใช้พลังงานลงร้อยละ 30 ในปี พ.ศ. 2579 เมื่อเทียบกับปี พ.ศ. 2553 หรือเทียบเท่าการลดการใช้พลังงานขั้นสุดท้ายประมาณ 56,142 ktoe นั้น นอกจากจะตระหนักถึงผลงานอนุรักษ์พลังงานที่ผ่านมาที่ช่วยลดความเข้มการใช้พลังงาน ปี พ.ศ. 2556 จาก 15.28 เป็น 14.93 ktoe/พันล้านบาท คิดเป็นพลังงานที่ประหยัดได้สะสมอยู่ 4,442 ktoe แล้ว กระทรวงพลังงานได้พิจารณาโอกาสและศักยภาพในทางปฏิบัติก่อนตัดสินใจเดินหน้าใน 4 กลุ่มเศรษฐกิจ 10 มาตรการ ที่เห็นผลเชิงประจักษ์ได้เพิ่มเติมอีก 51,700 ktoe ดังแสดงในตารางที่ 2-3 [3]

ตารางที่ 2-3 มาตรการเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงานที่เห็นผลเชิงประจักษ์ใน 4 กลุ่มเศรษฐกิจ

มาตรการ	อุตสาหกรรม	อาคารธุรกิจ อาคารรัฐ	ที่อยู่อาศัย	ภาคขนส่ง	รวม (ktoe)
1. ความต้องการใช้พลังงานขั้นสุดท้าย ณ ปี พ.ศ. 2579 (กรณีปกติ)					187,142
2. ผลการอนุรักษ์พลังงานที่ผ่านมา ทำให้ EI ปี พ.ศ. 2556 ลดลง คิดเป็นพลังงานที่ประหยัดได้					4,442
3. เป้าหมายการอนุรักษ์พลังงานตามแผนอนุรักษ์ พลังงาน ในช่วงปี พ.ศ. 2558 - 2579	14,515	4,819	2,153	30,213	51,700
(1) มาตรการบังคับใช้มาตรฐานการอนุรักษ์พลังงานในโรงงาน/อาคารควบคุม	4,388	768	-	-	5,156
(2) มาตรการบังคับมาตรฐานอาคารก่อสร้างใหม่เพื่อการอนุรักษ์พลังงาน	-	1,166	-	-	1,166
(3) มาตรการกำหนดมาตรฐานและติดฉลากอุปกรณ์ เครื่องจักร และวัสดุเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน (Labeling)	749	1,648	1,753	-	4,149
(4) มาตรการบังคับใช้เกณฑ์มาตรฐานอนุรักษ์พลังงาน สำหรับผู้ผลิตและจำหน่ายพลังงาน (EERS)	202	184	114	-	500
(5) มาตรการช่วยเหลือ/อุดหนุนการดำเนินงานเกี่ยวกับการอนุรักษ์พลังงาน	8,895	629	-	-	9,524
(6) มาตรการส่งเสริมการใช้แสงสว่างเพื่ออนุรักษ์พลังงาน (LED)	281	424	286	-	991

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

มาตรการ	อุตสาหกรรม	อาคารธุรกิจ อาคารรัฐ	ที่อยู่อาศัย	ภาคขนส่ง	รวม (ktoe)
(7) มาตรการอนุรักษ์พลังงานภาคขนส่ง	-	-	-	30,213	30,213
(8) มาตรการวิจัยพัฒนาเทคโนโลยีและนวัตกรรมอนุรักษ์พลังงาน	-	-	-	-	-
(9) มาตรการพัฒนาบุคลากรด้านอนุรักษ์พลังงาน	-	-	-	-	-
(10) มาตรการประชาสัมพันธ์สร้างปลูกจิตสำนึกการอนุรักษ์พลังงาน	-	-	-	-	-
4. รวมลดความต้องการใช้พลังงานลงได้ (ktoe) [2+3]					56,142
5. ความต้องการใช้พลังงาน ณ ปี พ.ศ. 2579 (กรณี EE^{2015}) [1 - 4]					131,000
6. คิดเป็นลดความต้องการใช้พลังงานลงได้ (ร้อยละ)					30

ตามกรอบแผนการดำเนินการฯ ในข้างต้น จะลดความต้องการใช้พลังงานลงได้ทั้งสิ้น 15,623 ktoe 52,849 ktoe และ 51,700 ktoe ของปริมาณการใช้พลังงานขั้นสุดท้ายทั้งหมดของประเทศในปี พ.ศ. 2563, พ.ศ. 2578 และ พ.ศ. 2579 ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 2-4 เทียบเท่าดัชนีชี้วัดประสิทธิภาพของแผนฯ ได้ดังนี้

- ลด EI ลงร้อยละ 30 ในปี พ.ศ. 2579 เมื่อเทียบกับปี พ.ศ. 2553 (เป้าหมายร้อยละ 30)
- ลด EI ลงร้อยละ 33 ในปี พ.ศ. 2578 เมื่อเทียบกับปี พ.ศ. 2548 (เป้าหมายร้อยละ 26-30)
- ลด CO_2 ลงร้อยละ 13 ในปี พ.ศ. 2563 เมื่อเทียบกับปี พ.ศ. 2548 (เป้าหมายร้อยละ 7-20)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 2-4 แสดงปริมาณการลดความต้องการใช้พลังงานลงตามกรอบแผนการดำเนินการฯ

	ปี 2548	ปี 2553	ปี 2563	ปี 2578	ปี 2579
(1) ความต้องการใช้พลังงาน (ktoe) กรณีปกติ	62,397	70,248	101,172	180,283	187,142
(2) ความต้องการใช้พลังงาน (ktoe) กรณีแผน EE[2015]	62,397	70,248	85,549	127,434	131,000
(3) ลดความต้องการใช้พลังงาน (ktoe) = (1) - (2)	-	-	15,623	52,849	56,142
(4) GDP (พันล้านบาท)	3,858	4,596	6,621	9,785	12,247
(5) EI (ktoe/พันล้านบาท)	16.17	15.28	12.92	10.80	10.70
(6) ลด CO_2 (ล้านตัน CO_2)			43	118	177
เป้าหมายร้อยละ 7 - 20 (UNFCCC)			23		
ลด CO_2 (ร้อยละ)			13		

ผลจากการดำเนินการตาม 10 มาตรการข้างต้น คาดว่าจะช่วยความต้องการใช้พลังงานขั้นสุดท้ายของประเทศ ณ ปี พ.ศ. 2579 จากระดับ 187,142 ktoe ลดลงไปอยู่ที่ระดับ 131,000 ktoe โดยเป็นส่วนที่ลดการใช้พลังงานด้านไฟฟ้าลงร้อยละ 15 หรือ คิดเป็น 7,641 ktoe หรือประมาณ 89,672 GWh (คิดที่ 1 ktoe เทียบเท่า 11.735 GWh) และเป็นส่วนที่ลดการใช้พลังงานด้านความร้อนลงร้อยละ 85 หรือคิดเป็น 44,059 ktoe [3]

2.2 การประเมินความต้องการจำเป็นด้านเทคโนโลยี (Technology Need Assessment: TNA)

เนื่องจากงานวิจัยในลักษณะนี้ยังไม่ค่อยมีความแพร่หลาย ซึ่งส่วนใหญ่เป็นรายงานของแต่ละประเทศสมาชิกรัฐภาคีฯ ที่จัดทำส่งให้โครงการสิ่งแวดล้อมแห่งสหประชาชาติ (UNEP) ดังนั้น ผู้วิจัยจึงได้ทำการศึกษานิยามของการประเมินความต้องการจำเป็น (Need Assessment) เพิ่มเติมจากเอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้องและข้อมูลที่รวบรวมได้ ดังนี้

โครงการสิ่งแวดล้อมแห่งสหประชาชาติ (United Nations Environment Programme: UNEP) ได้นิยามถึง Technology Need Assessment ว่าเป็นการประเมินความต้องการจำเป็นด้านเทคโนโลยี ซึ่งได้เริ่มต้นมาจากความต้องการเทคโนโลยี/เครื่องมือที่มีประสิทธิภาพ และเทคนิคเฉพาะทาง รวมถึงการบริการ ตลอดจนความสามารถและทักษะต่าง ๆ ในการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ที่เป็นสาเหตุของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ และยังช่วยให้เกิดการพัฒนาที่ยั่งยืน ซึ่งจะนำไปสู่การจัดลำดับความสำคัญของเทคโนโลยีที่มีประสิทธิภาพได้ [19]

โดยในมุมมองของผู้วิจัย จะให้ความหมายของการประเมินความต้องการจำเป็นด้านเทคโนโลยี (Technology Need Assessment) *ว่าเป็นการประเมินความต้องการเทคโนโลยี เพื่อจัดลำดับความสำคัญก่อนหลัง และใช้เป็นข้อมูลประกอบการตัดสินใจเลือกเทคโนโลยีที่มีประสิทธิภาพในการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกมากที่สุด ซึ่งจะช่วยให้เกิดการพัฒนาที่ยั่งยืนต่อไปได้* โดยอิงตามนิยามของ**โครงการสิ่งแวดล้อมแห่งสหประชาชาติ (UNEP)** ในข้างต้น

นอกจากนี้ **คุณสุวิมล ว่องวานิช** ยังได้ให้ความหมายของการประเมินความต้องการจำเป็นว่า *เป็นกระบวนการวิเคราะห์ความแตกต่างระหว่างสภาพปัจจุบันกับสภาพที่ควรจะเป็น ที่มีระบบเพื่อจัดลำดับความสำคัญก่อนหลัง โดยเป็นการระบุความต้องการจำเป็น พิจารณาตัดสินความขัดแย้ง ตรวจสอบสภาพทั่วไปตามธรรมชาติและหาสาเหตุที่ทำให้เกิดความต้องการจำเป็น และจัดลำดับความสำคัญก่อนหลังของสิ่งที่จะเกิดขึ้นในอนาคต เพื่อเป็นข้อมูลในการตัดสินใจเกี่ยวกับการปรับปรุงแก้ไข การจัดสรรงบประมาณ การจัดทำแผนการดำเนินงานขององค์กร* [20] ประกอบกับ **Belle Ruth Witkin and James W. Altschuld** ที่ได้ให้ความหมายของการประเมินความต้องการจำเป็นว่า คือ *กระบวนการที่เป็นระบบ เพื่อจัดเรียงลำดับความสำคัญก่อนหลัง และการตัดสินใจเกี่ยวกับแผนการดำเนินการและการจัดการทรัพยากร* [21] และ **Kaufman, R. and F. W. English.** ได้ให้ความหมายของการประเมินความต้องการจำเป็นว่า *เป็นกระบวนการที่เป็นทางการซึ่งกำหนดช่องว่างระหว่างผลผลิตหรือผลลัพธ์ในปัจจุบันและผลลัพธ์หรือผลผลิตที่เป็นที่ต้องการ และจัดวางช่องว่างเหล่านี้ตามลำดับความสำคัญและเลือกสิ่งที่เห็นว่าสำคัญที่สุดเพื่อแก้ปัญหา* [22]

อย่างไรก็ดี ความหมายของการประเมินความต้องการจำเป็น (Need Assessment) ในข้างต้น ผู้วิจัยไม่ได้นำมาใช้อิงตามแต่อย่างใด โดยนำมาใช้ศึกษาเป็นข้อคิดในการให้ความหมายของการประเมินความต้องการจำเป็นด้านเทคโนโลยีของผู้วิจัยเท่านั้น

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

2.3 ข้อมูลเทคโนโลยีพลังงานในภาคอาคารที่ช่วยลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก

ข้อมูลเทคโนโลยีพลังงานของภาคอาคารที่นำมาใช้ศึกษาในงานวิจัยนี้ อ้างอิงจากเอกสารเรื่อง Handbook for Conducting Technology Needs Assessment for Climate Change ของโครงการพัฒนาแห่งสหประชาชาติ (UNDP) และอนุสัญญาสหประชาชาติว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (UNFCCC) ปี 2010 [23] ที่มีความครอบคลุมและมุ่งเน้นเฉพาะภาคอาคารมากกว่า ซึ่งเทคโนโลยีบางรายการยังไม่มีการใช้งานในประเทศไทย มีจำนวนทั้งหมด 32 เทคโนโลยี และมีการแบ่งเทคโนโลยีออกเป็น 3 กลุ่ม ดังแสดงในตารางที่ 2-5

ตารางที่ 2-5 รายการเทคโนโลยีพลังงานในภาคอาคารที่ช่วยลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของ UNDP และ UNFCCC

ประเภท	เทคโนโลยี	ขนาดของเทคโนโลยี[1]	ศักยภาพของเทคโนโลยี[2]
เชื้อเพลิงฟอสซิล/พลังงานทดแทน (Fossil Fuels/Renewables)	หม้อไอน้ำแบบไอเสียควบแน่น โดยใช้ความร้อนทิ้งและน้ำร้อนในประเทศ (Condensing boilers for space heating and domestic hot water)	ขนาดเล็ก	ระยะสั้น
	LPG และ LNG* สำหรับใช้ในครัวเรือนและการปรุงอาหารในเชิงพาณิชย์ (LPG and LNG for household and commercial cooking) หมายเหตุ: *LNG นี้ ไม่มีการใช้งานในภาคครัวเรือนของประเทศไทย	ขนาดเล็ก	ระยะสั้น
เทคโนโลยีพลังงานทดแทน (Renewable Energy Technology)	แผงรับแสงอาทิตย์แบบแผ่นเรียบ สำหรับทำน้ำร้อน ลมร้อน ระบายความร้อน (Solar thermal flat plate–for hot water, hot air, cooling)	ขนาดเล็กและใหญ่	ระยะสั้นถึงกลาง
	ปั๊มความร้อน โดยผ่านอากาศ/พื้นดิน/น้ำ (Heat pumps air or ground or water sourced)	ขนาดเล็ก	ระยะสั้น
	เทคโนโลยีเก็บสะสมพลังงาน (Energy storage technologies)	ขนาดเล็ก	ระยะยาว
	เตาปรุงอาหารโดยใช้เอทานอลและเมทานอล (Cook stoves on ethanol/methanol)	ขนาดเล็ก	ระยะสั้น
	เตาก๊าซชีวมวล (Biomass gasification stoves)	ขนาดเล็ก	ระยะสั้น
	การผลิตก๊าซชีวภาพจากของเสียเพื่อใช้ในการปรุงอาหาร (Biogas from waste for cooking)	ขนาดเล็ก	ระยะสั้น
	การผลิตถ่านที่มีประสิทธิภาพสำหรับการปรุงอาหาร (Efficient Charcoal production for cooking)	ขนาดเล็ก	ระยะสั้น
	หม้อหุงแสงอาทิตย์ (Solar cookers)	ขนาดเล็ก	ระยะสั้น

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย CHULALONGKORN UNIVERSITY

ประเภท	เทคโนโลยี	ขนาดของเทคโนโลยี[1]	ศักยภาพของเทคโนโลยี[2]
เทคโนโลยีประหยัดพลังงาน (Energy Saving Technology)	ระบบระบายอากาศ แบบแลกเปลี่ยนความร้อนกับอากาศ/ระบบควบคุม (Ventilation: Air-to-air heat recovery, demand control systems)	ขนาดเล็ก	ระยะสั้น
	ระบบความร้อน ระบายอากาศ ปรับอากาศ (HVAC)/ ระบบ Free cooling (High efficiency heating, venting, and air conditioning (HVAC), free cooling)	ขนาดเล็ก	ระยะกลาง ถึงยาว
	ระบบผลิตพลังงานร่วมกับระบบของเหลวดูดความชื้น (ควบคุมความชื้นในร่ม) (Cogeneration in combination with liquid-desiccant systems)	ขนาดเล็ก	ระยะกลาง ถึงยาว
	เครื่องทำความเย็นที่มีประสิทธิภาพสูง: การควบคุมหลายคอมเพรสเซอร์ (High efficiency refrigeration: multi-compressor control)	ขนาดเล็ก	ระยะสั้น
	อุปกรณ์ควบคุมความเร็วรอบมอเตอร์ (VFD) (Variable Speed Motor Control (VFD))	ขนาดเล็ก	ระยะกลาง ถึงยาว
	หน้าต่างหน่วยเครื่องปรับอากาศประสิทธิภาพสูง (High efficiency window unit air conditioners)	ขนาดเล็ก	ระยะสั้น
	เทคโนโลยีผนังอาคาร (กระจกหนา, ร่มเงา, ไฟฟ้าเคมี) (Façade technology: advanced glazing, shading, electrochemical)	ขนาดเล็ก	ระยะสั้น ถึงกลาง
	ระบบป้องกันความร้อนโดยผนังฉนวน (Insulation – exterior wall systems)	ขนาดเล็ก	ระยะสั้น
	อุปกรณ์ป้องกันอากาศเข้า (Air-sealing)	ขนาดเล็ก	ระยะกลาง ถึงยาว
	การเคลือบกระจกป้องกันความร้อน (Advanced glazing, triple or membrane technology)	ขนาดเล็ก	ระยะสั้น
	การกำหนดทิศของอาคาร (Building orientation)	ขนาดเล็ก	ระยะสั้น

ประเภท	เทคโนโลยี	ขนาดของเทคโนโลยี[1]	ศักยภาพของเทคโนโลยี[2]
เทคโนโลยีประหยัดพลังงาน (Energy Saving Technology)	แสงธรรมชาติ และการออกแบบอาคาร (Day lighting and building design)	ขนาดเล็ก	ระยะสั้น
	อาคารอัตโนมัติ/เพิ่มประสิทธิภาพของระบบการจัดการ, ปรับปรุงเซ็นเซอร์ความร้อน (Building automation/ management system optimization, improved enthalpy sensors)	ขนาดเล็ก	ระยะกลางถึงยาว
	การควบคุมอัจฉริยะ (Smart controls)	ขนาดเล็ก	ระยะสั้น
	เครื่องใช้ไฟฟ้าอัจฉริยะและบ้านอัตโนมัติ (“Smart” appliances and home automation)	ขนาดเล็ก	ระยะสั้น
	อุปกรณ์ไฟฟ้าอิเล็กทรอนิกส์ (Electronic power supplies)	ขนาดเล็ก	ระยะสั้น
	จอภาพคอมพิวเตอร์ประสิทธิภาพสูง (High efficiency PC monitors)	ขนาดเล็ก	ระยะสั้น
	โทรทัศน์ที่มีประสิทธิภาพสูง (High efficiency televisions)	ขนาดเล็ก	ระยะสั้น
	หลอดคอมแพคฟลูออเรสเซนต์, หลอด LED (Compact Fluorescent Light Bulbs and LEDs)	ขนาดเล็ก	ระยะสั้น
	หลอดไฟ (Light tubes)	ขนาดเล็ก	ระยะสั้น
	โคมไฟพลังงานแสงอาทิตย์ (Solar lanterns)	ขนาดเล็ก	ระยะสั้น
	การปรับปรุงเตาอบ (Improved cook stoves)	ขนาดเล็ก	ระยะสั้น

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

หมายเหตุ: [1] ขนาดของเทคโนโลยี แบ่งเป็น 2 ขนาด ดังนี้ 1) ขนาดเล็ก หมายถึง เทคโนโลยีที่ใช้ในระดับครัวเรือนหรือชุมชน 2) ขนาดใหญ่ หมายถึง เทคโนโลยีที่ใช้ในระดับที่ใหญ่กว่าระดับครัวเรือนหรือชุมชน

[2] ศักยภาพของเทคโนโลยี แบ่งเป็น 3 ระยะ 1) ระยะสั้น หมายถึง เทคโนโลยีที่ได้รับการยืนยันว่าสามารถใช้ในเชิงพาณิชย์ภายใต้สิ่งแวดล้อมทางการตลาดที่คล้ายคลึงกัน 2) ระยะกลาง หมายถึง เทคโนโลยีก่อนใช้ในเชิงพาณิชย์เต็มรูปแบบตามบริบทของตลาด (ใช้เวลาอย่างน้อย 5 ปี นับก่อนเข้าสู่ตลาดอย่างเต็มรูปแบบ) 3) ระยะยาว หมายถึง เทคโนโลยีที่อยู่ในระหว่างวิจัยและพัฒนาหรือเทคโนโลยีต้นแบบ

2.4 เกณฑ์และวิธีการประเมิน

การประเมินความต้องเทคโนโลยีพลังงานในภาคอาคารเพื่อลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ต้องคำนึงถึงบริบทในด้านต่าง ๆ ของแต่ละองค์กร และจำเป็นต้องมีการจัดลำดับความสำคัญของเทคโนโลยีดังกล่าว เพื่อให้เป็นประโยชน์ต่อการกำหนดนโยบายและจัดสรรทุนสนับสนุนการวิจัยอย่างมีประสิทธิภาพและสอดคล้องกับความต้องการ ผู้วิจัยได้ทำการรวบรวมข้อมูลวิธีการประเมินทางเลือกรูปแบบต่าง ๆ รวมถึงข้อดีและข้อเสียของแต่ละวิธีการประเมิน ดังแสดงในตารางที่ 2-6 ซึ่งจะนำไปสู่การเลือกใช้วิธีการประเมินที่เหมาะสมกับงานวิจัยนี้ โดยมีรายละเอียดดังนี้

(1) Multi-criteria Analysis (MCA) เป็นวิธีการในการประเมินทางเลือกจากหลายเกณฑ์ ซึ่งสามารถใช้ตัวแปรได้หลายตัวและให้น้ำหนักตัวแปรแต่ละตัวในการประเมินได้ โดยเปลี่ยนข้อมูลดังกล่าวเป็นข้อมูลเชิงปริมาณโดยการให้คะแนน ซึ่งผลจากการประเมินสามารถจัดอันดับทางเลือกหรือจำกัดจำนวนทางเลือก และระบุทางเลือกเดียวที่น่าจะเป็นไปได้มากที่สุดได้ ทั้งนี้ วิธีการทั้งหมดจะต้องเกิดจากการร่วมกันตัดสินใจในการให้ค่าน้ำหนักของเกณฑ์ในการดำเนินการประเมิน สามารถใช้เกณฑ์ที่แตกต่างกันในการประเมินทางเลือกได้ซึ่งไม่ได้อยู่ในกระบวนการตัดสินใจตามปกติ อีกทั้งยังสามารถรวบรวมทัศนคติของผู้มีส่วนได้ส่วนเสียจากภาคส่วนที่แตกต่างกันได้อย่างชัดเจน ซึ่งจะสามารถทำให้เกิดการสื่อสารไปสู่สังคมได้โดยง่าย [24]

(2) Cost/Benefit Analysis (CBA) เป็นวิธีการวิเคราะห์เปรียบเทียบต้นทุน กำไร และผลลัพธ์ของกิจกรรม ในรูปแบบของตัวเงินโดยกำหนดเป้าหมายในการเลือกกิจกรรมที่ทำกำไรสูงสุดในขณะที่มีต้นทุนต่ำสุด ทำให้สามารถใช้ในการพิจารณาเปรียบเทียบทางเลือกที่เหมาะสมได้โดยง่าย [24]

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

(3) Collective Expert Judgment – Delphi Technique วิธีการวิเคราะห์นี้แบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ

1) Collective Expert Judgment เป็นการรวบรวมข้อคิดเห็นจากผู้เชี่ยวชาญด้านต่าง ๆ ในการพิจารณาตัดสินใจเลือกทางเลือกที่เหมาะสม โดยอาจเก็บข้อมูลในรูปแบบของการสัมภาษณ์ การเก็บแบบสอบถาม เป็นต้น

2) Delphi Technique เป็นวิธีการตัดสินใจโดยที่ผู้เชี่ยวชาญในด้านต่าง ๆ สามารถตัดสินใจได้โดยอิสระ เนื่องจากไม่ต้องพบหน้ากันโดยตรง [24]

ตารางที่ 2-6 สรุปข้อดี ข้อเสีย ของวิธีการประเมินทางเลือกในรูปแบบต่าง ๆ

วิธีการประเมิน	หลักการ	ข้อดี	ข้อเสีย
(1) Multi-criteria Analysis (MCA)	เป็นวิธีการประเมินผลกระทบของทางเลือกจากเกณฑ์หลายเกณฑ์ซึ่งเกณฑ์เหล่านั้นอาจไม่มีความเกี่ยวข้องกันแต่อย่างใด แต่สามารถรวมมาอยู่ในการประเมินชุดเดียวกันได้ และทำให้ได้มาซึ่งทางเลือกที่เป็นไปได้มากที่สุดจากการเปรียบเทียบทางเลือก โดยการจัดอันดับค่าคะแนน	สามารถใช้เกณฑ์ที่แตกต่างกันในการประเมินทางเลือกได้ซึ่งไม่ได้อยู่ในกระบวนการตัดสินใจตามปกติ อีกทั้งยังสามารถรวบรวมทัศนคติของผู้มีส่วนได้ส่วนเสียจากภาคส่วนที่แตกต่างกันได้อย่างชัดเจน ซึ่งจะสามารถทำให้เกิดการสื่อสารไปสู่สังคมได้โดยง่าย	เนื่องจากวิธีนี้ขึ้นอยู่กับการตัดสินใจของกลุ่มบุคคลที่ถูกเลือกมาให้ทำการประเมิน จึงอาจทำให้ผลที่ได้ถูกปรับเปลี่ยนโดยผู้ที่ทำการควบคุมการประเมิน ในขั้นตอนของการเลือกผู้เชี่ยวชาญมาทำการประเมินได้
(2) Cost/Benefit Analysis (CBA)	เปรียบเทียบต้นทุนกับผลลัพธ์ของกิจกรรมให้อยู่ในรูปของตัวเงิน เพื่อพิจารณาว่ากิจกรรมใดคุ้มค่าต่อการลงทุน โดยพิจารณาจากต้นทุนและผลประโยชน์	การตัดสินใจด้วยเทคนิคนี้ช่วยให้เกิดความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ เห็นถึงความคุ้มค่า และผลประโยชนทางการเงินจากทางเลือกแต่ละทาง	- การวิเคราะห์ข้อมูลต้องใช้ผู้เชี่ยวชาญทางเศรษฐศาสตร์ ผู้มีส่วนได้ส่วนเสียเป็นเพียงผู้ให้ข้อมูล - ข้อมูลที่ได้จากการวิเคราะห์เป็นเพียงการคาดการณ์
(3) Collective Expert Judgment – Delphi Technique	**Collective Expert Judgment** เป็นการรวบรวมข้อคิดเห็นจากผู้เชี่ยวชาญด้านต่าง ๆ ในการพิจารณาตัดสินใจเลือกทางเลือกที่เหมาะสม โดยอาจเก็บข้อมูลในรูปแบบของการสัมภาษณ์ การเก็บแบบสอบถาม เป็นต้น **Delphi Technique** เป็นวิธีการตัดสินใจโดยที่ผู้เชี่ยวชาญในด้านต่าง ๆ สามารถตัดสินใจได้โดยอิสระ เนื่องจากไม่ต้องพบหน้ากันโดยตรง	สามารถรวบรวมข้อคิดเห็นจากผู้เชี่ยวชาญจำนวนมากได้ เนื่องจากไม่ต้องพบหน้ากันโดยตรง ขั้นตอนไม่ยุ่งยากซับซ้อน และได้ข้อมูลที่มีความเที่ยงตรงสูงมากในกรณีที่ผู้เชี่ยวชาญที่ทำการประเมินมีความรู้ความเข้าใจในด้านนั้น ๆ อย่างแท้จริง	หากคัดเลือกผู้เชี่ยวชาญได้ไม่ตรงกับความเชี่ยวชาญของผู้เชี่ยวชาญนั้น ๆ อย่างแท้จริง ข้อมูลที่ได้จะมีความคาดเคลื่อน นอกจากนี้อาจจะไม่ได้รับความร่วมมือจากผู้เชี่ยวชาญในการตอบแบบสอบถาม

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

จากการศึกษาข้อมูลวิธีการประเมินทางเลือกรูปแบบต่าง ๆ รวมถึงข้อดีและข้อเสียของแต่ละวิธีการประเมินในข้างต้น ผู้วิจัยจึงเลือกใช้วิธีการประเมินแบบ Multi-Criteria Analysis (MCA) เนื่องจากงานวิจัยนี้ เป็นการต่อยอดจากงานวิจัยของ สวทน. ซึ่งได้มีการใช้วิธีการประเมินนี้มาแล้วในการจัดทำรายงานการประเมินความต้องการเทคโนโลยีและจัดลำดับความสำคัญของเทคโนโลยี (ปี 2012) นอกจากนี้ ยังสอดคล้องกับแนวทางที่ สวทน. ได้ทำการประเมินความต้องเทคโนโลยีพลังงานในสาขาอื่น ๆ งานวิจัยนี้จึงเลือกใช้วิธีการประเมินนี้เพื่อขยายการประเมินความต้องเทคโนโลยีพลังงานให้ครอบคลุมกับสาขาด้านอาคาร โดยวิธีการประเมินแบบ Multi-Criteria Analysis (MCA) ของ สวทน. จะประกอบด้วย 2 เกณฑ์หลัก คือ เกณฑ์ด้านความพร้อม (Readiness) 8 ประเด็น ด้านนโยบาย โครงสร้างพื้นฐาน และกฎระเบียบที่เกี่ยวข้อง ด้านต้นทุนและประโยชน์ ด้านแนวโน้มระยะสั้น ด้านโครงสร้างการบริหารจัดการ ด้านความเป็นไปได้ในการผลิตภายในประเทศ ด้านการยอมรับจากสังคมและผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย ด้านสถานการณ์ปัจจุบันด้านเทคโนโลยีของประเทศไทย ตลอดจนด้านสถานการณ์ปัจจุบันด้านเทคโนโลยีของประเทศที่พัฒนาแล้ว และเกณฑ์ด้านผลกระทบ (Impact) 2 ประเด็น ผลกระทบด้านอื่น ๆ อาทิ สังคม เศรษฐกิจ และสิ่งแวดล้อม และด้านการประมาณค่าการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกของเทคโนโลยี ซึ่งได้มาจากข้อเสนอแนะในการจัดทำประชาพิจารณ์เพื่อรับฟังความคิดเห็นจากผู้มีส่วนได้ส่วนเสียในวงกว้าง และการประชุมร่วมกันของกลุ่มผู้เชี่ยวชาญ

ดังนั้น จากการที่งานวิจัยนี้เลือกใช้วิธีการประเมินแบบ Multi-Criteria Analysis (MCA) ตามแนวทางของ สวทน. จึงสามารถใช้เกณฑ์ที่ทาง สวทน. ได้จัดทำมาแล้ว ซึ่งในการกำหนดเกณฑ์การประเมินของงานวิจัยนี้จะทำการดัดแปลงและเพิ่มเติมบางประเด็นเข้าไปในเกณฑ์ของ สวทน. เพื่อให้ครอบคลุม และมีความเหมาะสมกับบริบทของงานวิจัยนี้ ที่จะต้องพิจารณาทางเลือกที่มีหลากหลายเกณฑ์มาอยู่ในชุดการประเมินเดียวกัน โดย**วิธีการประเมินแบบ Multi-Criteria Analysis (MCA)** มีขั้นตอนดังนี้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

(1) ระบุเกณฑ์การประเมิน

การระบุเกณฑ์การประเมินต้องคำนึงถึงความเกี่ยวข้องกับวัตถุประสงค์และผลกระทบต่าง ๆ ที่อาจเกิดขึ้น โดยการกำหนดเกณฑ์ต้องเป็นเกณฑ์ที่สามารถวัดผลลัพธ์สำคัญของทางเลือกที่ถูกนำเสนอได้ และมีข้อควรระวังในการกำหนดเกณฑ์ คือ เกณฑ์ควรมีครบถ้วนสมบูรณ์ ไม่ควรใช้คำซ้ำกันในเกณฑ์ เกณฑ์ต้องสามารถทำการวัดได้ และเกณฑ์แต่ละเกณฑ์จะต้องเป็นอิสระต่อกัน โดยอ้างอิงเกณฑ์ตาม Thailand Technology Needs Assessments Report for Climate Change Mitigation ของ สวทน. (ปี 2012) [7] ดังแสดงใน**Error! Reference source not found.**

ตารางที่ 2-7 เกณฑ์การจัดลำดับความสำคัญด้านเทคโนโลยีพลังงานของ สวทน.

เกณฑ์ (Criteria)	(A) คะแนนประเมิน (จาก 1 - 5)	(B) น้ำหนัก	(C) = (A) x (B)
ความพร้อม (Readiness)			
1) นโยบาย โครงสร้างพื้นฐาน และกฎระเบียบที่เกี่ยวข้อง	5	0.1	0.5
2) ต้นทุนและประโยชน์	5	0.1	0.5
3) แนวโน้มระยะสั้น	5	0.1	0.5
4) โครงสร้างการบริหารจัดการ	5	0.1	0.5
5) ความเป็นไปได้ในการผลิตภายในประเทศ	5	0.2	1
6) การยอมรับจากสังคมและผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย	5	0.2	1
7) สถานการณ์ปัจจุบันด้านเทคโนโลยีของประเทศไทย	5	0.1	0.5
8) สถานการณ์ปัจจุบันด้านเทคโนโลยีของประเทศที่พัฒนาแล้ว	5	0.1	0.5
ผลกระทบ (Impact)			
9) ผลกระทบด้านอื่น ๆ อาทิ สังคม เศรษฐกิจ และสิ่งแวดล้อม	5	0.5	2.5
10) การประมาณค่าการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกของเทคโนโลยี	5	0.5	2.5

(2) วิเคราะห์ความสัมพันธ์ที่สำคัญของเกณฑ์ (ให้ค่าน้ำหนัก)

วิเคราะห์ความสัมพันธ์ที่สำคัญของเกณฑ์ เพื่อให้ค่าน้ำหนักของแต่ละเกณฑ์ ทั้งนี้การวิเคราะห์หลายแบบหลักเกณฑ์นั้น ความสัมพันธ์ที่สำคัญของเกณฑ์สามารถอธิบายการให้ค่าน้ำหนักความสัมพันธ์ของแต่ละเกณฑ์ในการตัดสินใจได้ โดยวิธีการในการให้ค่าน้ำหนัก มีตั้งแต่วิธีการที่ง่าย เช่น นำเกณฑ์มาพิจารณาเปรียบเทียบกัน และให้น้ำหนักตามความสำคัญ เป็นต้น ไปสู่วิธีการที่ซับซ้อน เช่น การสำรวจด้านสังคม เพื่อตรวจสอบเกณฑ์สำคัญที่มีผลกระทบต่อชุมชน เป็นต้น

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

(3) ดำเนินการวิเคราะห์ (หรือให้ค่าคะแนน)

ดำเนินการวิเคราะห์หรือให้ค่าคะแนน รายละเอียดดัง**Error! Reference source not found.** จะต้องอธิบายนัยสำคัญของระดับคะแนนว่าทางเลือกใด เป็นกรณีที่ดีที่สุด (Best Case) และกรณีที่แย่ที่สุด (Worst Case) โดยการให้คะแนนสามารถทำได้ ด้วยวิธีพื้นฐาน 3 วิธี คือ

- การประเมินโดยตรง โดยผู้เชี่ยวชาญ และให้ค่าคะแนนกับทุกทางเลือก
- การเปรียบเทียบเกณฑ์เพื่อทำการตัดสินใจ โดยกำหนดเกณฑ์ในการพัฒนาเฉพาะด้านจากดีที่สุดไปถึงเลวร้ายที่สุด
- การตัดสินใจดำเนินการในทางเลือกที่เปรียบเทียบกับทางเลือกอื่น ๆ

ตารางที่ 2-8 ความหมายของคะแนนในแต่ละเกณฑ์ของ สวทน.

เกณฑ์	ความหมายของคะแนน
ด้านความพร้อม (Readiness) (8 ประเด็น)	
1) นโยบาย โครงสร้างพื้นฐาน และกฎระเบียบที่เกี่ยวข้อง	5 : มีการสนับสนุนด้านนโยบาย งบประมาณ และกฎระเบียบ 4 : มีการสนับสนุนด้านนโยบาย งบประมาณ หรือกฎระเบียบ 3 : มีการสนับสนุนด้านนโยบายทางตรง แต่ไม่มีงบประมาณสนับสนุน 2 : มีการสนับสนุนด้านนโยบายทางอ้อม 1 : ไม่มีนโยบายสนับสนุน
2) ต้นทุนและประโยชน์	5 : เทคโนโลยีมีผลตอบแทนสูงมากในการลงทุนโดยปราศจากกลไกใด ๆ 4 : เทคโนโลยีมีผลตอบแทนสูงมากในการลงทุนด้วยกลไกบางอย่าง 3 : เทคโนโลยีมีผลตอบแทนการลงทุนในทุกระดับด้วยกลไกบางอย่าง 2 : เทคโนโลยีไม่คุ้มค่าต่อการลงทุนในบางระดับ 1 : เทคโนโลยีไม่คุ้มค่าต่อการลงทุนในทุกระดับ
3) แนวโน้มระยะสั้น	5 : มีแนวโน้ม/ความเป็นไปได้สูงมากในการนำเทคโนโลยีนี้มาใช้ในประเทศไทยภายใน 5 ปีข้างหน้า 4 : มีแนวโน้ม/ความเป็นไปได้สูงในการนำเทคโนโลยีนี้มาใช้ในประเทศไทยภายใน 5 ปีข้างหน้า 3 : มีแนวโน้ม/ความเป็นไปได้ในการนำเทคโนโลยีนี้มาใช้ในประเทศไทยภายใน 5 ปีข้างหน้า 2 : มีแนวโน้ม/ความเป็นไปได้ต่ำในการนำเทคโนโลยีนี้มาใช้ในประเทศไทยภายใน 5 ปีข้างหน้า 1 : ไม่มีแนวโน้ม/ความเป็นไปได้ในการนำเทคโนโลยีนี้มาใช้ในประเทศไทยภายใน 5 ปีข้างหน้า
4) โครงสร้างการบริหารจัดการ	5 : มีโครงสร้างพื้นฐานการจัดการที่ดีมากที่จะสนับสนุนเทคโนโลยีนี้อย่างเป็นระบบ 4 : มีโครงสร้างพื้นฐานการจัดการที่ดีที่จะสนับสนุนเทคโนโลยีนี้ 3 : มีโครงสร้างพื้นฐานการจัดการที่ดีปานกลางที่จะสนับสนุนเทคโนโลยีนี้ 2 : มีโครงสร้างพื้นฐานการจัดการที่จะสนับสนุนเทคโนโลยีนี้บ้าง 1 : ไม่มีโครงสร้างพื้นฐานการจัดการที่จะสนับสนุนเทคโนโลยีนี้
5) ความเป็นไปได้ในการผลิตภายในประเทศ	5 : มีความเป็นไปได้สูงมากในการผลิตเทคโนโลยีนี้ในประเทศ 4 : มีความเป็นไปได้สูงในการผลิตเทคโนโลยีนี้ในประเทศ 3 : มีความเป็นไปได้ในการผลิตเทคโนโลยีนี้ในประเทศ 2 : มีความเป็นไปได้ต่ำในการผลิตเทคโนโลยีนี้ในประเทศ 1 : ไม่มีความเป็นไปได้ในการผลิตเทคโนโลยีนี้ในประเทศ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

เกณฑ์	ความหมายของคะแนน
6) การยอมรับจากสังคมและผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย	5 : ผู้มีส่วนได้ส่วนเสียในทุกภาคส่วนให้การยอมรับในเทคโนโลยีนี้ 4 : ผู้มีส่วนได้ส่วนเสียจากภาครัฐและท้องถิ่นให้การยอมรับในเทคโนโลยีนี้ 3 : ผู้มีส่วนได้ส่วนเสียจากภาครัฐและภาคประชาชนให้การยอมรับในเทคโนโลยีนี้ 2 : มีเพียงภาครัฐเท่านั้นที่ให้การยอมรับในเทคโนโลยีนี้ 1 : ผู้มีส่วนได้ส่วนเสียในทุกภาคส่วนไม่ให้การยอมรับในเทคโนโลยีนี้
7) สถานการณ์ปัจจุบันด้านเทคโนโลยีของประเทศไทย	5 : สถานการณ์ปัจจุบันของเทคโนโลยีนี้ในประเทศไทยอยู่ในระยะเริ่มต้น 4 : สถานการณ์ปัจจุบันของเทคโนโลยีนี้ในประเทศไทยกระจายอยู่ในพื้นที่จำกัดที่มีปัญหา 3 : สถานการณ์ปัจจุบันของเทคโนโลยีนี้ในประเทศไทยกระจายอยู่ในพื้นที่จำกัด 2 : สถานการณ์ปัจจุบันของเทคโนโลยีนี้ในประเทศไทยกระจายอยู่ทั่วทุกภาคส่วน 1 : สถานการณ์ปัจจุบันของเทคโนโลยีนี้ในประเทศไทยแพร่กระจายอย่างรวดเร็วในทุกภาคส่วนที่เกี่ยวข้อง
8) สถานการณ์ปัจจุบันด้านเทคโนโลยีของประเทศที่พัฒนาแล้ว	5 : สถานการณ์ปัจจุบันของเทคโนโลยีนี้แพร่กระจายอย่างรวดเร็วในทุกภาคส่วนที่เกี่ยวข้องในประเทศที่พัฒนาแล้วทั้งหมด 4 : สถานการณ์ปัจจุบันของเทคโนโลยีนี้แพร่กระจายในทุกภาคส่วนที่เกี่ยวข้องในประเทศที่พัฒนาแล้วบางประเทศ 3 : สถานการณ์ปัจจุบันของเทคโนโลยีนี้แพร่กระจายในพื้นที่จำกัดในประเทศที่พัฒนาแล้วบางประเทศ 2 : สถานการณ์ปัจจุบันของเทคโนโลยีนี้แพร่กระจายในพื้นที่จำกัดในประเทศที่พัฒนาแล้วบางประเทศ 1 : สถานการณ์ปัจจุบันของเทคโนโลยีนี้ในประเทศที่พัฒนาแล้วอยู่ในระยะเริ่มต้น
เกณฑ์ด้านผลกระทบ (Impact) (2 ประเด็น)	
9) ผลกระทบด้านอื่น ๆ อาทิ สังคม เศรษฐกิจ และสิ่งแวดล้อม	5 : มีการเพิ่มขึ้นของผลกระทบทางเศรษฐกิจอย่างมหาศาลโดยไม่มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม 4 : มีการเพิ่มขึ้นของผลกระทบทางเศรษฐกิจโดยไม่มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม 3 : มีการเพิ่มขึ้นของผลกระทบทางเศรษฐกิจโดยมีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมเล็กน้อย 2 : ไม่มีผลกระทบทางเศรษฐกิจและสิ่งแวดล้อม 1 : มีผลกระทบเชิงลบทางเศรษฐกิจและสิ่งแวดล้อม
10) การประมาณค่าการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกของเทคโนโลยี	5 : เทคโนโลยีนี้สามารถลดการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้อย่างมาก 4 : เทคโนโลยีนี้สามารถลดการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้อย่างมีนัยสำคัญ 3 : เทคโนโลยีนี้สามารถลดการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้ 2 : เทคโนโลยีนี้สามารถลดการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้ในระดับต่ำ 1 : เทคโนโลยีนี้สามารถลดการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้ในระดับที่ต่ำมาก

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

(4) ให้ค่าน้ำหนักหลายครั้งและให้คะแนนในแต่ละทางเลือก

ให้ค่าน้ำหนักหลายครั้งและให้คะแนนในแต่ละทางเลือก โดยหารด้วยคะแนนทั้งหมดแต่ละทางเลือกในการดำเนินการในแต่ละเกณฑ์ ทุกเกณฑ์ ผลรวมทั้งหมดมาสัมพันธ์กับคะแนนในแต่ละทางเลือก นำผลทั้งหมดของแต่ละทางเลือกมาทำการวิเคราะห์ เปรียบเทียบและอภิปราย

(5) วิเคราะห์ความอ่อนไหวของการเปลี่ยนแปลงในการให้ค่าคะแนน

ให้ค่าน้ำหนัก โดยวิเคราะห์ความอ่อนไหว ซึ่งแสดงให้เห็นถึงการเปลี่ยนแปลงที่มีผลกระทบต่อผลของ MCA ทั้งนี้ การวิเคราะห์อาจจำเป็นต้องมีตัวแปรที่ไม่ทราบหรือทราบไม่แน่ชัดอย่างมาก และมีความสำคัญต่อการดำเนินการของบางทางเลือกที่เปรียบเทียบกับเกณฑ์ที่ถูกเลือกหรือถ้าผู้ตัดสินใจหรือผู้มีส่วนได้ส่วนเสียโต้แย้งเกี่ยวกับการให้ค่าน้ำหนักของเกณฑ์ที่ใช้ในการประเมิน

2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ผู้วิจัยได้รวบรวมงานวิจัยที่ทำการประเมินความต้องการจำเป็นด้านเทคโนโลยี (TNA) โดยใช้วิธีการประเมินแบบ Multi-Criteria Analysis (MCA) เพื่อศึกษาเกณฑ์ที่ใช้ในการประเมิน และผลการจัดลำดับความสำคัญของเทคโนโลยีพลังงานที่ได้ ซึ่งสามารถนำมาประยุกต์ใช้กับการประเมินความต้องการเทคโนโลยีพลังงานในภาคอาคารของประเทศไทยเพื่อลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก โดยมีรายละเอียด ดังนี้

สำนักงานคณะกรรมการนโยบายวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และนวัตกรรมแห่งชาติ (2012) [7] ศึกษาเกี่ยวกับการประเมินความต้องการจำเป็นด้านเทคโนโลยี (TNA) ซึ่งมีบทบาทความสำคัญในการกำหนดแนวทางการพัฒนาประเทศของประเทศกำลังพัฒนา โดยการประเมินความต้องการจำเป็นด้านเทคโนโลยี (TNA) มุ่งเน้นการระบุและประเมินผลกระทบด้านการลดผลกระทบของเทคโนโลยีการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในภาคการจัดการพลังงาน โดยใช้วิธี Multi-Criteria Analysis (MCA) ซึ่งประกอบด้วยเทคโนโลยีด้านพลังงาน 29 เทคโนโลยี จาก 4 กลุ่มเป้าหมาย ได้แก่ 1) การจัดหาและแปรรูปพลังงาน 2) เทคโนโลยีพลังงานหมุนเวียน (Renewable Energy Technologies: RETs) 3) การปรับปรุงประสิทธิภาพด้านพลังงานด้านความต้องการ และ 4) เทคโนโลยีพลังงานอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการลดผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ และมีเกณฑ์ที่เกี่ยวข้อง 10 เกณฑ์ ประกอบด้วย เกณฑ์ด้านความพร้อม 8 เกณฑ์ และเกณฑ์ด้านผลกระทบ 2 เกณฑ์ ที่ถูกนำมาใช้และให้น้ำหนักเพื่อจัดลำดับความสำคัญของเทคโนโลยีพลังงานทั้งหมด เพื่อหาเทคโนโลยีที่มีความต้องการจำเป็นสูงสุด ซึ่งผลการจัดลำดับความสำคัญของเทคโนโลยีจะสรุปเป็นตัวเลือกที่เป็นไปได้ทั้งหมดมีดังนี้ 1) โครงข่ายไฟฟ้าอัจฉริยะ (Smart Grid) 2) ของเสีย (เพื่อใช้ในการผลิตพลังงาน) 3) เชื้อเพลิงชีวภาพรุ่นที่สองและสาม 4) ประสิทธิภาพการใช้พลังงานในการเผาไหม้ของภาคอุตสาหกรรม 5) การจับและเก็บคาร์บอน (CCS)

วิสรรค์ ศรีอนันต์ (2017) [25] ศึกษาเกี่ยวกับความต้องการเทคโนโลยีพลังงานในภาคการผลิตไฟฟ้าเพื่อบรรเทาการเปลี่ยนสภาพภูมิอากาศ โดยใช้วิธีการวิเคราะห์ในรูปแบบ Multi-Criteria Analysis (MCA) ทำการประเมินโดยผู้เชี่ยวชาญ ผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย และผู้ที่เกี่ยงข้องในภาคการผลิตไฟฟ้า และกำหนดเกณฑ์ที่ใช้ในการประเมินประกอบด้วย เกณฑ์ด้านความพร้อม (11 ประเด็น) และด้านผลกระทบ (4 ประเด็น) จากผลการประเมินพบว่า ผู้เชี่ยวชาญให้ความสำคัญกับเกณฑ์ด้านความพร้อมในประเด็นการยอมรับจากสังคมและผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย (R4) และเกณฑ์ด้านผลกระทบในประเด็นด้านสิ่งแวดล้อม: มลพิษทางอากาศ มลพิษทางน้ำ การปนเปื้อน ฯลฯ (I3) โดยผลการจัดลำดับความสำคัญของเทคโนโลยีพลังงานในภาคการผลิตไฟฟ้าที่มีความพร้อมและผลกระทบสูงที่สุด 5 อันดับ ได้แก่ 1) เทคโนโลยีพลังงานแสงอาทิตย์ 2) พลังงานไฟฟ้าร่วมโดยใช้แก๊สธรรมชาติแบบทั่วไป 3) ก๊าซชีวภาพ 4) พลังงานน้ำขนาดเล็ก และ 5) พลังงานความร้อนร่วม ตามลำดับ

ศิวพร ปรีชา (2017) [26] ศึกษาเกี่ยวกับความต้องการเทคโนโลยีพลังงานในภาคอุตสาหกรรมการผลิตเพื่อบรรเทาการเปลี่ยนสภาพภูมิอากาศ โดยใช้วิธีการวิเคราะห์ด้วยวิธีการประเมินทางเลือกจากหลายเกณฑ์ Multi-Criteria Analysis (MCA) ทำการประเมินโดยผู้เชี่ยวชาญ ผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย และผู้ที่เกี่ยงข้องในภาคอุตสาหกรรมการผลิต และกำหนดเกณฑ์ที่ใช้ในการประเมินประกอบด้วย เกณฑ์ด้านความพร้อม (11 ประเด็น) และด้านผลกระทบ (4 ประเด็น) จากผลการประเมินพบว่า ผู้เชี่ยวชาญให้ความสำคัญกับเกณฑ์ด้านความพร้อมในประเด็นนโยบาย โครงสร้างพื้นฐาน รวมทั้งกฎระเบียบที่เกี่ยวข้อง (R1) และเกณฑ์ด้านผลกระทบในประเด็นด้านสิ่งแวดล้อม: มลพิษทางอากาศ มลพิษทางน้ำ การปนเปื้อน ฯลฯ (I3) โดยผลการจัดลำดับความสำคัญของเทคโนโลยีพลังงานในภาคอุตสาหกรรมการผลิตที่มีความพร้อมและผลกระทบสูงที่สุด 5 อันดับ ได้แก่ 1) เทคโนโลยีระบบความร้อน ระบายอากาศ ปรับอากาศ (HVAC) 2) เชื้อเพลิงชีวมวลฝเชื้อเพลิงชีวมวลอัดเม็ดฝการทำความร้อนแบบรวมศูนย์ 3) ระบบไฟฟ้าพลังงานร่วม 4) ก๊าซพลังงานสะอาดจากชีวมวล และ 5) การประหยัดพลังงานของอุตสาหกรรมซีเมนต์ ตามลำดับ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

คุณชนก ปรีชาสถิต (2017) [27] ศึกษาเกี่ยวกับความต้องการเทคโนโลยีพลังงานในภาคคมนาคมขนส่งทางถนนเพื่อบรรเทาการเปลี่ยนสภาพภูมิอากาศ โดยใช้วิธีการวิเคราะห์ในรูปแบบ Multi-Criteria Analysis (MCA) ทำการประเมินโดยผู้เชี่ยวชาญ ผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย และผู้ที่เกี่ยงข้องในภาคขนส่ง และกำหนดเกณฑ์ที่ใช้ในการประเมินประกอบด้วย เกณฑ์ด้านความพร้อม (11 ประเด็น) และด้านผลกระทบ (4 ประเด็น) จากผลการประเมินพบว่า ผู้เชี่ยวชาญให้ความสำคัญกับเกณฑ์ด้านความพร้อมในประเด็นนโยบาย โครงสร้างพื้นฐาน รวมทั้งกฎระเบียบที่เกี่ยวข้อง (R1) การบริหารจัดการโครงสร้างพื้นฐาน (R8) ต้นทุนและผลประโยชน์ (R3) และเกณฑ์ด้านผลกระทบในประเด็นด้านสิ่งแวดล้อม: มลพิษทางอากาศ มลพิษทางน้ำ การปนเปื้อน ฯลฯ (I3) โดยผลการจัดลำดับความสำคัญของเทคโนโลยีพลังงานในภาคคมนาคมขนส่งทางถนนที่มีความพร้อมและผลกระทบสูงที่สุด 5 อันดับ ได้แก่ 1) ระบบรถไฟฟ้าขนส่ง

มวลชน (ถนนและราง) 2) ระบบตั๋วร่วม 3) การปรับปรุงระบบขนส่งการระวางสินค้าและระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ 4) การเปลี่ยนรูปแบบการขนส่งสินค้าทางถนนมาสู่การขนส่งทางรางและน้ำ และ 5) การวางผังเมือง ตามลำดับ

Ministry of Environment Protection of Georgia (2012) [28] ศึกษาเกี่ยวกับการประเมินความต้องการจำเป็นทางเทคโนโลยี (TNA) เพื่อจัดลำดับความสำคัญของเทคโนโลยี โดยการประเมินจะแบ่งเป็น 3 ภาค คือ 1) ภาคอาคารที่พักอาศัยและสำนักงาน 2) ภาคการขนส่ง และ 3) ภาคพลังงานทดแทน โดยใช้วิธี Multi-Criteria Analysis (MCA) ทำการประเมินโดยผู้มีส่วนได้ส่วนเสียและผู้เชี่ยวชาญจากหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง และมีเกณฑ์ที่ใช้ในการประเมินแบ่งเป็น เกณฑ์ด้านต้นทุน (1 เกณฑ์) และเกณฑ์ด้านผลประโยชน์ (13 เกณฑ์) จากผลการประเมินพบว่า เทคโนโลยีที่มีความต้องการจำเป็นในภาคอาคารที่พักอาศัยและสำนักงาน 5 อันดับ คือ 1) การก่อสร้างที่มีประสิทธิภาพ 2) ฉนวนผนัง 3) สภาพอากาศ 4) แสงสว่างที่มีประสิทธิภาพ และ 5) ปั๊มความร้อนเพื่อให้ความร้อน/ความเย็น

Ministry of Natural Resources and Environmental Conservation, Myanmar (2020) [29] ศึกษาเกี่ยวกับการประเมินความต้องการจำเป็นทางเทคโนโลยี (TNA) เพื่อจัดลำดับความสำคัญของเทคโนโลยี โดยการประเมินจะแบ่งเป็น 2 ภาค คือ 1) ภาคพลังงาน และ 2) ภาคอุตสาหกรรม โดยใช้วิธี Multi-Criteria Analysis (MCA) ทำการประเมินโดยผู้มีส่วนได้ส่วนเสียและผู้เชี่ยวชาญจากหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง และมีเกณฑ์ที่ใช้ในการประเมินแบ่งเป็น เกณฑ์ด้านต้นทุน (2 เกณฑ์) และเกณฑ์ด้านผลประโยชน์ (7 เกณฑ์) จากผลการประเมินพบว่า เทคโนโลยีที่มีความต้องการจำเป็นในภาคพลังงาน 5 อันดับ คือ 1) ระบบผลิตไฟฟ้าจากแสงอาทิตย์ขนาดเล็ก 2) การทดแทนไม้ฟืนด้วยเชื้อเพลิงที่มีประสิทธิภาพ (LPG) ในครัวเรือนสำหรับทำอาหาร 3) เปลี่ยนหลอดไส้และหลอดฟลูออเรสเซนต์เป็นหลอด LED 4) การผลิตถ่านแบบดั้งเดิมสู่การผลิตถ่านที่มีประสิทธิภาพ (ถ่านอัดก้อนชีวมวล) และ 5) ไฟฟ้าพลังน้ำขนาดเล็ก

Ministry of Environment and Renewable Energy Sri Lanka (2011) [30] ศึกษาเกี่ยวกับการประเมินความต้องการจำเป็นทางเทคโนโลยี (TNA) เพื่อจัดลำดับความสำคัญของเทคโนโลยี โดยการประเมินจะแบ่งเป็น 3 ภาค คือ 1) ภาคพลังงาน 2) ภาคการขนส่ง และ 3) ภาคอุตสาหกรรม โดยใช้วิธี Multi-Criteria Decision Analysis (MCDA) ทำการประเมินโดยผู้มีส่วนได้ส่วนเสียและผู้เชี่ยวชาญจากหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง ทั้งนี้ ผู้มีส่วนได้ส่วนเสียและผู้เชี่ยวชาญได้ให้ความสนใจเกี่ยวกับเทคโนโลยีในภาคพลังงาน จำนวน 10 รายการ ดังนี้ (1) ระบบการจัดการอาคาร (2) การแปลงชีวมวลและของเสียเป็นพลังงาน (3) เทคโนโลยีสมาร์ทกริดสำหรับการผสานพลังงานลมและพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับพลังน้ำ (4) เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับแบบขับเคลื่อนด้วยมอเตอร์ DC สำหรับระบบพลังงานแสงอาทิตย์ที่เชื่อมต่อกับกริด (5) การสูบน้ำสู่อ่างเก็บน้ำ (6) การติดตามแสงอาทิตย์ (7) เตาแก๊สชีวมวลสำหรับการใช้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

งานที่อุณหภูมิสูง (8) ไบโอมีเทนสำหรับการขนส่ง (9) แผงเซลล์แสงอาทิตย์ติดหลังคาสำหรับวัดแสงสุทธิ และ (10) การผลิตไฟฟ้าพลังงานความร้อนจากแสงอาทิตย์ชนิดเข้มข้น และมีเกณฑ์ที่ใช้ในการประเมิน แบ่งเป็น เกณฑ์ด้านต้นทุน (1 เกณฑ์) และเกณฑ์ด้านผลประโยชน์ (7 เกณฑ์) จากผลการประเมินพบว่า เทคโนโลยีที่มีความต้องการจำเป็นในภาคพลังงาน 3 อันดับ คือ 1) การแปลงชีวมวลและของเสียเป็นพลังงาน 2) เทคโนโลยีสมาร์ทกริดสำหรับการผสานพลังงานลมและพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับพลังน้ำ 3) ระบบการจัดการอาคาร 4) การติดตามแสงอาทิตย์ และ 5) เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับแบบขับเคลื่อนด้วยมอเตอร์ DC สำหรับระบบพลังงานแสงอาทิตย์ที่เชื่อมต่อกับกริด

Climate Change Coordination Office of the Ministry of Environment and Green Development, Mongolia (2013) [31] ศึกษาเกี่ยวกับการประเมินความต้องการจำเป็นทางเทคโนโลยี (TNA) เพื่อจัดลำดับความสำคัญของเทคโนโลยี โดยการประเมินจะแบ่งเป็น 4 ภาค คือ 1) ภาคพลังงาน 2) ภาคการเกษตร 3) ภาคกระบวนการอุตสาหกรรม และ 4) ภาคของเสีย ซึ่งในภาคพลังงานมีภาคย่อยที่อยู่อาศัยและพาณิชย์ โดยใช้วิธี Multi-Criteria Decision Analysis (MCDA) ทำการประเมินโดยผู้มีส่วนได้ส่วนเสียและผู้เชี่ยวชาญจากหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง และมีเกณฑ์ที่ใช้ในการประเมินแบ่งเป็น เกณฑ์ด้านต้นทุน (3 เกณฑ์) และเกณฑ์ด้านผลประโยชน์ (5 เกณฑ์) จากผลการประเมินพบว่า เทคโนโลยีที่มีความต้องการจำเป็นในภาคพลังงาน ภาคย่อยที่อยู่อาศัยและพาณิชย์ 4 อันดับ คือ 1) แสงสว่างที่มีประสิทธิภาพ 2) ปรับปรุงฉนวนกันความร้อนของแผงอพาร์ตเมนต์อาคาร 3) ปรับปรุงเตาความร้อน และ 4) LPG สำหรับการปรุงอาหาร

The Kingdom of Swaziland (2016) [32] ศึกษาเกี่ยวกับการประเมินความต้องการจำเป็นทางเทคโนโลยี (TNA) เพื่อจัดลำดับความสำคัญของเทคโนโลยี โดยการประเมินจะแบ่งเป็น 3 ภาค คือ 1) ภาคพลังงาน 2) ภาคของเสีย และ 3) การใช้ที่ดินการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินและการป่าไม้ ซึ่งในภาคพลังงานมีภาคย่อยพลังงานในครัวเรือนและการอนุรักษ์พลังงานและประสิทธิภาพการใช้พลังงาน โดยใช้วิธี Multi-Criteria Analysis (MCA) ทำการประเมินโดยผู้มีส่วนได้ส่วนเสียและผู้เชี่ยวชาญจากหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง และมีเกณฑ์ที่ใช้ในการประเมินแบ่งเป็น 7 เกณฑ์ คือ (1) ศักยภาพในการบรรเทาผลกระทบ (2) วุฒิภาวะ (3) การพัฒนาอย่างยั่งยืน (4) การสร้างงาน (5) ลดค่าใช้จ่าย (6) ศักยภาพในการสร้างรายได้ และ (7) เพศ จากผลการประเมินพบว่า เทคโนโลยีที่มีความต้องการจำเป็นในภาคพลังงาน ภาคย่อยพลังงานในครัวเรือนและการอนุรักษ์พลังงานและประสิทธิภาพการใช้พลังงาน 5 อันดับ คือ 1) ประสิทธิภาพการใช้พลังงานในอาคาร 2) ระบบขนส่งสาธารณะที่มีประสิทธิภาพ 3) สูบน้ำพลังงานแสงอาทิตย์ 4) น้ำพุร้อนที่พุ่งขึ้นจากใต้ดินเป็นช่วง ๆ และ 5) การแก้ไขตัวประกอบกำลัง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

Ministry of Natural Resources, Energy and Mining, Malawi (2020) [33] ศึกษาเกี่ยวกับการประเมินความต้องการจำเป็นทางเทคโนโลยี (TNA) เพื่อจัดลำดับความสำคัญของเทคโนโลยี โดยการประเมินภาคพลังงาน โดยใช้วิธี Multi-Criteria Analysis (MCA) ทำการประเมินโดยผู้มีส่วนได้ส่วนเสียและผู้เชี่ยวชาญจากหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง และมีเกณฑ์ที่ใช้ในการประเมินแบ่งเป็น เกณฑ์ด้านต้นทุน (2 เกณฑ์) และเกณฑ์ด้านผลประโยชน์ (6 เกณฑ์) จากผลการประเมินพบว่าเทคโนโลยีที่มีความต้องการจำเป็นในภาคพลังงาน 5 อันดับ คือ 1) ก๊าซปิโตรเลียมเหลว (LPG) สำหรับประกอบอาหาร 2) เชื้อเพลิงชีวภาพสำหรับเป็นเชื้อเพลิงยานพาหนะ 3) การแปรสภาพเป็นแก๊สชีวมวล 4) เทคโนโลยีการผลิตพลังงานไฟฟ้าจากพลังงานน้ำในทะเลสาบมาลาวี และ 5) แผงเซลล์แสงอาทิตย์

จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการประเมินความต้องการจำเป็นด้านเทคโนโลยี (TNA) โดยใช้วิธีการประเมินแบบ Multi-Criteria Analysis (MCA) สามารถสรุปได้ ดังแสดงใน**Error! Reference source not found.**

ตารางที่ 2-9 สรุปงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการประเมินความต้องการจำเป็นด้านเทคโนโลยี (TNA) โดยใช้วิธีการประเมินแบบ Multi-Criteria Analysis (MCA)

งานวิจัย	เกณฑ์ที่ใช้ประเมิน	ผลการจัดลำดับความสำคัญ
สำนักงานคณะกรรมการนโยบายวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และนวัตกรรมแห่งชาติ (2012)	<u>เกณฑ์ด้านความพร้อม</u> 1) นโยบาย โครงสร้างพื้นฐาน และกฎระเบียบที่เกี่ยวข้อง 2) ต้นทุนและประโยชน์ 3) แนวโน้มระยะสั้น 4) โครงสร้างการบริหารจัดการ 5) ความเป็นไปได้ในการผลิตภายในประเทศ 6) การยอมรับจากสังคมและผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย 7) สถานการณ์ปัจจุบันด้านเทคโนโลยีของประเทศไทย 8) สถานการณ์ปัจจุบันด้านเทคโนโลยีของประเทศที่พัฒนาแล้ว <u>เกณฑ์ด้านผลกระทบ</u> 1) ผลกระทบด้านอื่น ๆ อาทิ สังคม เศรษฐกิจ และสิ่งแวดล้อม 2) การประมาณค่าการปลดปล่อยก๊าซเรือน	1) โครงข่ายไฟฟ้าอัจฉริยะ (Smart Grid) 2) ของเสีย (เพื่อใช้ในการผลิตพลังงาน) 3) เชื้อเพลิงชีวภาพรุ่นที่สองและสาม 4) ประสิทธิภาพการใช้พลังงานในการเผาไหม้ของภาคอุตสาหกรรม 5) การจับและเก็บคาร์บอน (CCS)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

งานวิจัย	เกณฑ์ที่ใช้ประเมิน	ผลการจัดลำดับความสำคัญ
	กระจกของเทคโนโลยี	
วิสรรค์ ศรีอนันต์ (2017)	<u>เกณฑ์ด้านความพร้อม (Readiness)</u> R1 นโยบาย โครงสร้างพื้นฐานรวมทั้ง กฎระเบียบที่เกี่ยวข้อง R2 การสนับสนุนด้านการเงิน R3 ต้นทุนและผลประโยชน์ R4 การยอมรับจากสังคมและผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย R5 ทรัพยากรบุคคล ผู้เชี่ยวชาญ หรือสถาบันเฉพาะทาง R6 ฐานข้อมูลเทคโนโลยี R7 แนวโน้มระยะสั้น (ภายใน 5 ปี) R8 การบริหารจัดการโครงสร้างพื้นฐาน R9 ความเป็นไปได้ของการผลิตภายใน ประเทศ R10 สถานการณ์ ปัจจุบัน ของ เทคโนโลยี ในประเทศไทย R11 สถานการณ์ปัจจุบันของเทคโนโลยีในประเทศที่พัฒนาแล้ว <u>เกณฑ์ด้านผลกระทบ (Impact)</u> I1 ความสามารถในการแข่งขันและการสร้างมูลค่า I2 ด้านสังคม: การจ้างงาน/กระจายรายได้/เที่ยงธรรม I3 ด้านสิ่งแวดล้อม: มลพิษทางอากาศ, มลพิษทางน้ำ, การปนเปื้อน ฯลฯ I4 การประมาณค่าการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกของเทคโนโลยี	1) เทคโนโลยีพลังงานแสงอาทิตย์ 2) พลังงานไฟฟ้าร่วมโดยใช้แก๊สธรรมชาติแบบทั่วไป 3) ก๊าซชีวภาพ 4) พลังงานน้ำขนาดเล็ก 5) พลังงานความร้อนร่วม
ศิวพร ปรีชา (2017)	<u>เกณฑ์ด้านความพร้อม (Readiness)</u> R1 นโยบาย โครงสร้างพื้นฐานรวมทั้ง กฎระเบียบที่เกี่ยวข้อง R2 การสนับสนุนด้านการเงิน R3 ต้นทุนและผลประโยชน์ R4 การยอมรับจากสังคมและผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย R5 ทรัพยากรบุคคล ผู้เชี่ยวชาญ หรือสถาบัน	1) เทคโนโลยีระบบความร้อน ระบายอากาศ ปรับอากาศ (HVAC) 2) เชื้อเพลิงชีวมวลฝเชื้อเพลิงชีวมวลอัดเม็ดฝการทำความร้อนแบบรวมศูนย์ 3) ระบบไฟฟ้าพลังงานร่วม

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

งานวิจัย	เกณฑ์ที่ใช้ประเมิน	ผลการจัดลำดับความสำคัญ
	เฉพาะทาง R6 ฐานข้อมูลเทคโนโลยี R7 แนวโน้มระยะสั้น (ภายใน 5 ปี) R8 การบริหารจัดการโครงสร้างพื้นฐาน R9 ความเป็นไปได้ของการผลิตภายใน ประเทศ R10 สถานการณ์ ปัจจุบัน ของ เทคโนโลยี ใน ประเทศไทย R11 สถานการณ์ปัจจุบันของเทคโนโลยีใน ประเทศที่พัฒนาแล้ว <u>เกณฑ์ด้านผลกระทบ (Impact)</u> I1 ความสามารถในการแข่งขันและการสร้างมูลค่า I2 ด้านสังคม: การจ้างงาน/กระจายรายได้/ เที่ยงธรรม I3 ด้านสิ่งแวดล้อม: มลพิษทางอากาศ, มลพิษทางน้ำ, การปนเปื้อน ฯลฯ I4 การประมาณค่าการปลดปล่อยก๊าซเรือน กระจกของเทคโนโลยี	4) ก๊าซพลังงานสะอาดจากชีวมวล 5) การประหยัดพลังงานของอุตสาหกรรมซีเมนต์
คุณชนก ปรีชาสถิต (2017)	<u>เกณฑ์ด้านความพร้อม (Readiness)</u> R1 นโยบาย โครงสร้างพื้นฐานรวมทั้ง กฎระเบียบที่เกี่ยวข้อง R2 การสนับสนุนด้านการเงิน R3 ต้นทุนและผลประโยชน์ R4 การยอมรับจากสังคมและผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย R5 ทรัพยากรบุคคล ผู้เชี่ยวชาญ หรือสถาบัน เฉพาะทาง R6 ฐานข้อมูลเทคโนโลยี R7 แนวโน้มระยะสั้น (ภายใน 5 ปี) R8 การบริหารจัดการโครงสร้างพื้นฐาน R9 ความเป็นไปได้ของการผลิตภายใน ประเทศ R10 สถานการณ์ ปัจจุบัน ของ เทคโนโลยี ใน ประเทศไทย R11 สถานการณ์ปัจจุบันของเทคโนโลยีใน	1) ระบบรถไฟฟ้าขนส่งมวลชน (ถนนและราง) 2) ระบบตั๋วร่วม 3) การปรับปรุงระบบขนส่ง การระวางสินค้าและระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ 4) การเปลี่ยนรูปแบบการขนส่งสินค้าทางถนนมาสู่การขนส่งทางรางและน้ำ 5) การวางผังเมือง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

งานวิจัย	เกณฑ์ที่ใช้ประเมิน	ผลการจัดลำดับความสำคัญ
	ประเทศที่พัฒนาแล้ว <u>เกณฑ์ด้านผลกระทบ (Impact)</u> I1 ความสามารถในการแข่งขันและการสร้างมูลค่า I2 ด้านสังคม: การจ้างงาน/กระจายรายได้/เที่ยงธรรม I3 ด้านสิ่งแวดล้อม: มลพิษทางอากาศ, มลพิษทางน้ำ, การปนเปื้อน ฯลฯ I4 การประมาณค่าการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกของเทคโนโลยี	
Ministry of Environment Protection of Georgia (2012)	<u>เกณฑ์ด้านต้นทุน</u> 1) ความเป็นไปได้ทางเศรษฐกิจ <u>เกณฑ์ด้านผลประโยชน์</u> 1) ศักยภาพการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกมากกว่า 10 ปี 2) สนับสนุนการพัฒนาเศรษฐกิจอย่างยั่งยืน 3) การจัดหาและการบำรุงรักษาโครงสร้างพื้นฐานการพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานของเมือง 4) การเพิ่มผลผลิต 5) ความมั่นคงด้านพลังงาน 6) การส่งเสริมการลงทุน 7) การสร้างการจ้างงานและโอกาสในการสร้างรายได้ 8) การปรับปรุงสุขภาพของประชาชนและคุณภาพชีวิต 9) การพัฒนาชนบทและภูมิภาค 10) การปรับปรุงสภาพความเป็นอยู่ในท้องถิ่นรวมถึงผู้พลัดถิ่น 11) ความช่วยเหลือที่ตรงเป้าหมายมากขึ้นสำหรับประชากรที่อ่อนแอทางสังคม 12) หลีกเลี่ยงมลภาวะต่อสิ่งแวดล้อม 13) การอนุรักษ์และการใช้ทรัพยากรอย่างยั่งยืน	1) การก่อสร้างที่มีประสิทธิภาพ 2) ฉนวนผนัง 3) สภาพอากาศ 4) แสงสว่างที่มีประสิทธิภาพ 5) ปั๊มความร้อนเพื่อให้ความร้อน/ความเย็น
Ministry of Natural Resources	<u>เกณฑ์ด้านต้นทุน</u> 1) ทุนค่าใช้จ่าย	1) ระบบผลิตไฟฟ้าจากแสงอาทิตย์ขนาดเล็ก

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

งานวิจัย	เกณฑ์ที่ใช้ประเมิน	ผลการจัดลำดับความสำคัญ
and Environmental Conservation, Myanmar (2020)	2) ค่าดำเนินการและบำรุงรักษา <u>เกณฑ์ด้านผลประโยชน์</u> (1) เศรษฐกิจ 1) การประหยัดพลังงาน 2) ความมั่นคงด้านพลังงาน (2) สังคม 3) ศักยภาพในการสร้างงาน 4) ประชากรที่มีประสิทธิภาพ 5) ความเสมอภาคทางเพศ 6) ปรับปรุงสุขภาพและความปลอดภัย (3) สิ่งแวดล้อม 7) การลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก	2) การทดแทนไม้ฟืนด้วยเชื้อเพลิงที่มีประสิทธิภาพ (LPG) ในระดับครัวเรือนสำหรับทำอาหาร 3) เปลี่ยนหลอดไส้และหลอดฟลูออเรสเซนต์เป็นหลอด LED 4) การผลิตถ่านแบบดั้งเดิมสู่การผลิตถ่านที่มีประสิทธิภาพ (ถ่านอัดก้อนชีวมวล) 5) ไฟฟ้าพลังน้ำขนาดเล็ก
Ministry of Environment and Renewable Energy Sri Lanka (2011)	<u>เกณฑ์ด้านต้นทุน</u> 1) ต้นทุนของสิ่งอำนวยความสะดวกการแปลงพลังงาน <u>เกณฑ์ด้านผลประโยชน์</u> (1) เศรษฐกิจ 1) ผลประโยชน์ทางเศรษฐกิจในท้องถิ่น 2) แบ่งปันเทคโนโลยีท้องถิ่น (2) สังคม 3) การจ้างงานโดยตรง 4) การพัฒนาทักษะและความสามารถ 5) ความมั่นคงด้านพลังงาน (3) สิ่งแวดล้อม 6) การลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก 7) ผลกระทบสิ่งแวดล้อมเชิงบวกในท้องถิ่น	1) การแปลงชีวมวลและของเสียเป็นพลังงาน 2) เทคโนโลยีสมาร์ทกริดสำหรับการผสานพลังงานลมและพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับพลังน้ำ 3) ระบบการจัดการอาคาร 4) การติดตามแสงอาทิตย์ 5) เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับแบบขับเคลื่อนด้วยมอเตอร์ DC สำหรับระบบพลังงานแสงอาทิตย์ที่เชื่อมต่อกับกริด
Climate Change Coordination Office of the Ministry of Environment and Green	<u>เกณฑ์ด้านต้นทุน</u> 1) ทุนค่าใช้จ่าย 2) ค่าดำเนินการและบำรุงรักษา (รวมค่าใช้จ่ายเชื้อเพลิง) 3) ลดต้นทุนในการบรรเทา <u>เกณฑ์ด้านผลประโยชน์</u>	1) แสงสว่างที่มีประสิทธิภาพ 2) ปรับปรุงฉนวนกันความร้อนของแผงอพาร์ตเมนต์อาคาร 3) ปรับปรุงเตาความร้อน 4) LPG สำหรับการปรุง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

งานวิจัย	เกณฑ์ที่ใช้ประเมิน	ผลการจัดลำดับความสำคัญ
Development, Mongolia (2013)	(1) การพัฒนาสิ่งแวดล้อม 1) คุณภาพอากาศลดลง 2) การลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก (2) การพัฒนาสังคม 3) การปรับปรุงด้านการดูแลสุขภาพ (3) การพัฒนาเศรษฐกิจ 4) การปรับปรุงการจัดหาพลังงาน 5) ลดค่าใช้จ่ายในการใช้พลังงาน	อาหาร
The Kingdom of Swaziland (2016)	(1) ศักยภาพในการบรรเทาผลกระทบ (2) วุฒิภาวะ (3) การพัฒนาอย่างยั่งยืน (4) การสร้างงาน (5) ลดค่าใช้จ่าย (6) ศักยภาพในการสร้างรายได้ (7) เพศ	1) ประสิทธิภาพการใช้พลังงานในอาคาร 2) ระบบขนส่งสาธารณะที่มีประสิทธิภาพ 3) สูบน้ำพลังงานแสงอาทิตย์ 4) น้ำพุร้อนที่พุ่งขึ้นจากใต้ดินเป็นช่วง ๆ 5) การแก้ไขตัวประกอบกำลัง
Ministry of Natural Resources, Energy and Mining, Malawi (2020)	<u>เกณฑ์ด้านต้นทุน</u> 1) ทุนค่าใช้จ่าย 2) ค่าดำเนินการและบำรุงรักษา <u>เกณฑ์ด้านผลประโยชน์</u> (1) เศรษฐกิจ 1) การสร้างงาน 2) ความสามารถในการกระตุ้นการลงทุนภาคเอกชน (2) สังคม 3) การลดความยากจน 4) ความเท่าเทียมกันทางเพศ (3) สิ่งแวดล้อม 5) ลดการตัดไม้ทำลายป่า (4) สภาพภูมิอากาศที่เกี่ยวข้อง 6) ศักยภาพในการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก	1) ก๊าซปิโตรเลียมเหลว (LPG) สำหรับประกอบอาหาร 2) เชื้อเพลิงชีวภาพสำหรับเป็นเชื้อเพลิงยานพาหนะ 3) การแปรสภาพเป็นแก๊สชีวมวล 4) เทคโนโลยีการผลิตพลังงานไฟฟ้าจากพลังงานน้ำในทะเลสาบมาลาวี 5) แผงเซลล์แสงอาทิตย์

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

จากการทบทวนงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการประเมินความต้องการจำเป็นด้านเทคโนโลยี (TNA) เพื่อจัดลำดับความสำคัญของเทคโนโลยี โดยใช้วิธี Multi-Criteria Analysis (MCA) พบว่า เกณฑ์ที่ใช้ในการประเมินมีทั้งเกณฑ์ที่คล้ายคลึงกันและแตกต่างกันตามความต้องการจำเป็นและสภาพปัจจุบันของแต่ละงานวิจัย โดยที่งานวิจัยของ สวทน. ได้มีการกำหนดเกณฑ์ที่ใช้ในการประเมินออกเป็นเกณฑ์ด้านความพร้อม และด้านผลกระทบ (10 ประเด็น) ซึ่งแตกต่างจากงานวิจัยของประเทศจอร์เจีย พม่า ศรีลังกา มองโกเลีย และมาลาวี ที่กำหนดเกณฑ์ที่ใช้ในการประเมินออกเป็นเกณฑ์ด้านต้นทุน และด้านผลประโยชน์ ทั้งนี้ เกณฑ์ของ สวทน. นั้น ได้จัดให้ประเด็นด้านต้นทุนและผลประโยชน์ครอบคลุมอยู่ในเกณฑ์ด้านความพร้อมแล้ว

นอกจากนี้ ยังมีงานวิจัยของประเทศสวาซิแลนด์หรือราชอาณาจักรเอสวาตีนี ที่ได้กำหนดเกณฑ์ที่ใช้ในการประเมินแบ่งออกเป็น 7 เกณฑ์ ประกอบด้วย ศักยภาพในการบรรเทาผลกระทบวุฒิภาวะ การพัฒนาอย่างยั่งยืน การสร้างงาน ลดค่าใช้จ่าย ศักยภาพในการสร้างรายได้ และเพศ ซึ่งแตกต่างจากเกณฑ์ที่ใช้ในการประเมินของงานวิจัยที่เกี่ยวข้องอื่น ๆ เป็นอย่างมาก อาจเนื่องมาจากระบบเศรษฐกิจของประเทศสวาซิแลนด์หรือราชอาณาจักรเอสวาตีนียังเป็นเศรษฐกิจที่พึ่งพิงภาคการเกษตรและอุตสาหกรรมการเกษตรเป็นหลักกว่าร้อยละ 80 และสภาพเศรษฐกิจ ระบบการเงินและการคลัง รวมทั้งระบบภาษีศุลกากรของเอสวาตีนียังผูกพันอยู่กับสาธารณรัฐแอฟริกาใต้เป็นอย่างมาก โดยประมาณร้อยละ 80 ของสินค้านำเข้าจากแอฟริกาใต้ และร้อยละ 30 ของสินค้าส่งออกของเอสวาตีนีส่งไปยังแอฟริกาใต้ [34] จึงทำให้ประเทศสวาซิแลนด์หรือราชอาณาจักรเอสวาตีนีกำหนดเกณฑ์ที่ใช้ในการประเมินดังที่กล่าวมาในข้างต้น

อย่างไรก็ดี งานวิจัยของวิสรรค์ ศิวพร และคุณชนก ที่ทำการศึกษาความต้องการเทคโนโลยีพลังงานในภาคการผลิตไฟฟ้า ภาคอุตสาหกรรมการผลิต และภาคคมนาคมขนส่งทางถนนของประเทศไทย ก็ได้มีการกำหนดเกณฑ์ที่ใช้ในการประเมินตามแนวทางของ สวทน. เช่นกัน โดยที่มีการดัดแปลงและเพิ่มเติมบางประเด็นเข้าไปในเกณฑ์ของ สวทน. เพื่อให้มีความครอบคลุมและมีความเหมาะสมกับบริบทของงานวิจัยนั้น ๆ ด้วย ดังนั้น งานวิจัยนี้จึงเลือกใช้เกณฑ์ในการประเมินจาก สวทน. เช่นเดียวกัน เนื่องจากมีแนวทางที่สอดคล้องกัน และเพื่อขยายการประเมินความต้องการเทคโนโลยีพลังงานให้ครอบคลุมในภาคอาคารของประเทศไทย

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

บทที่ 3
วิธีการดำเนินงานวิจัย

3.1 ข้อมูลเทคโนโลยีพลังงานในภาคอาคารที่ช่วยลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก

ศึกษาและรวบรวมข้อมูลเทคโนโลยีพลังงานในภาคอาคาร อ้างอิงจากเอกสารเรื่อง Handbook for Conducting Technology Needs Assessment for Climate Change ของโครงการพัฒนาแห่งสหประชาชาติ (UNDP) และอนุสัญญาสหประชาชาติว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (UNFCCC) ปี 2010 [23] ที่มีความครอบคลุมและมุ่งเน้นเฉพาะภาคอาคารมากกว่า ซึ่งเทคโนโลยีบางรายการยังไม่มีการใช้งานในประเทศไทย โดยงานวิจัยนี้ได้ทำการคัดเลือกเฉพาะเทคโนโลยีพลังงานที่เกี่ยวข้องกับอาคารในประเทศไทย เพื่อนำมาใช้ในการประเมินความต้องการเทคโนโลยีพลังงาน โดยมีการแบ่งเทคโนโลยีออกเป็น 3 ประเภท และได้เปรียบเทียบรายการเทคโนโลยีพลังงานระหว่างรายการเทคโนโลยีพลังงานของ UNDP และ UNFCCC กับเทคโนโลยีพลังงานคัดเลือกเฉพาะที่เกี่ยวข้องกับอาคารในประเทศไทย ดังแสดงในตารางที่ 3-1

ตารางที่ 3-1 เปรียบเทียบรายการเทคโนโลยีพลังงานในภาคอาคารที่ช่วยลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกระหว่างรายการเทคโนโลยีพลังงานของ UNDP และ UNFCCC กับเทคโนโลยีพลังงานคัดเลือกเฉพาะที่เกี่ยวข้องกับอาคารในประเทศไทย

ประเภท	รายการเทคโนโลยีพลังงาน จากเอกสารของ UNDP และ UNFCCC	รายการเทคโนโลยีพลังงานคัดเลือกเฉพาะที่เกี่ยวข้องกับอาคารในประเทศไทย
เชื้อเพลิงฟอสซิล/พลังงานทดแทน (Fossil Fuels/Renewables)	หม้อไอน้ำแบบไอเสียควบแน่น โดยใช้ความร้อนทิ้งและน้ำร้อนในประเทศ (Condensing boilers for space heating[1] and domestic hot water[2]) หมายเหตุ: [1]space heating ไม่มีในประเทศไทย [2]domestic hot water ในประเทศไทย มีการใช้งานในอาคารบางประเภท เช่น โรงแรม	หม้อไอน้ำแบบไอเสียควบแน่น โดยใช้ความร้อนทิ้งและน้ำร้อนในประเทศ (Condensing boilers for space heating[1] and domestic hot water[2]) หมายเหตุ: [1]space heating ไม่มีในประเทศไทย [2]domestic hot water ในประเทศไทย มีการใช้งานในอาคารบางประเภท เช่น โรงแรม
	LPG และ LNG[3] สำหรับใช้ในครัวเรือนและการปรุงอาหารในเชิงพาณิชย์ (LPG and LNG for household and commercial cooking) หมายเหตุ: [3]LNG ในประเทศไทย ไม่มีการนำมาใช้งานในครัวเรือนและการปรุงอาหารในเชิงพาณิชย์	LPG และ LNG[3] สำหรับใช้ในครัวเรือนและการปรุงอาหารในเชิงพาณิชย์ (LPG and LNG for household and commercial cooking) หมายเหตุ: [3]LNG ในประเทศไทย ไม่มีการนำมาใช้งานในครัวเรือนและการปรุงอาหารในเชิงพาณิชย์

ประเภท	รายการเทคโนโลยีพลังงาน จากเอกสารของ UNDP และ UNFCCC	รายการเทคโนโลยีพลังงานคัดเลือกเฉพาะที่เกี่ยวข้องกับอาคารในประเทศไทย
เทคโนโลยีพลังงานทดแทน (Renewable Energy Technology)	แผงรับแสงอาทิตย์แบบแผ่นเรียบ สำหรับทำน้ำร้อน ลมร้อน ระบายความร้อน (Solar thermal flat plate – for hot water, hot air, cooling)	แผงรับแสงอาทิตย์แบบแผ่นเรียบ สำหรับทำน้ำร้อน ลมร้อน ระบายความร้อน (Solar thermal flat plate – for hot water, hot air, cooling)
เทคโนโลยีพลังงานทดแทน (Renewable Energy Technology)	ปั๊มความร้อน โดยผ่านอากาศ/พื้นดิน/น้ำ (Heat pumps air or ground or water sourced)	ปั๊มความร้อน โดยผ่านอากาศ/พื้นดิน/น้ำ (Heat pumps air or ground or water sourced)
	เทคโนโลยีเก็บสะสมพลังงาน (Energy storage technologies)	เทคโนโลยีเก็บสะสมพลังงาน (Energy storage technologies)
	เตาปรุงอาหารโดยใช้เอทานอลและเมทานอล (Cook stoves on ethanol/methanol)	
	เตาก๊าซชีวมวล (Biomass gasification stoves)	เตาก๊าซชีวมวล (Biomass gasification stoves)
	การผลิตก๊าซชีวภาพจากของเสียเพื่อใช้ในการปรุงอาหาร (Biogas from waste for cooking)	การผลิตก๊าซชีวภาพจากของเสียเพื่อใช้ในการปรุงอาหาร (Biogas from waste for cooking)
	การผลิตถ่านที่มีประสิทธิภาพสำหรับการปรุงอาหาร (Efficient Charcoal production for cooking)	การผลิตถ่านที่มีประสิทธิภาพสำหรับการปรุงอาหาร (Efficient Charcoal production for cooking)
	หม้อหุงแสงอาทิตย์ (Solar cookers)	
เทคโนโลยีประหยัดพลังงาน (Energy Saving Technology)	ระบบระบายอากาศ แบบแลกเปลี่ยนความร้อนกับอากาศ/ระบบควบคุม (Ventilation: Air-to-air heat recovery, demand control systems)	ระบบระบายอากาศ แบบแลกเปลี่ยนความร้อนกับอากาศ/ระบบควบคุม (Ventilation: Air-to-air heat recovery, demand control systems)
	ระบบความร้อน ระบายอากาศ ปรับอากาศ (HVAC)/ ระบบ Free cooling (High efficiency heating, venting, and air conditioning, free cooling)	ระบบความร้อน ระบายอากาศ ปรับอากาศ (HVAC)/ ระบบ Free cooling (High efficiency heating, venting, and air conditioning, free cooling)
	ระบบผลิตพลังงานร่วมกับระบบของเหลวดูดความชื้น (ควบคุมความชื้นในร่ม) (Cogeneration in combination with liquid-desiccant systems)	ระบบผลิตพลังงานร่วมกับระบบของเหลวดูดความชื้น (ควบคุมความชื้นในร่ม) (Cogeneration in combination with liquid-desiccant systems)

ประเภท	รายการเทคโนโลยีพลังงาน จากเอกสารของ UNDP และ UNFCCC	รายการเทคโนโลยีพลังงานคัดเลือกเฉพาะที่เกี่ยวข้องกับอาคารในประเทศไทย
เทคโนโลยีประหยัดพลังงาน (Energy Saving Technology)	เครื่องทำความเย็นที่มีประสิทธิภาพสูง: การควบคุมหลายคอมเพรสเซอร์ (High efficiency refrigeration: multi-compressor control)	เครื่องทำความเย็นที่มีประสิทธิภาพสูง การควบคุมหลายคอมเพรสเซอร์ (High efficiency refrigeration: multi-compressor control)
	อุปกรณ์ควบคุมความเร็วรอบมอเตอร์ (VFD) (Variable Speed Motor Control (VFD))	อุปกรณ์ควบคุมความเร็วรอบมอเตอร์ (VFD) (Variable Speed Motor Control (VFD))
	หน้าต่างหน่วยเครื่องปรับอากาศประสิทธิภาพสูง (High efficiency window unit air conditioners)	หน้าต่างหน่วยเครื่องปรับอากาศประสิทธิภาพสูง (High efficiency window unit air conditioners)
	เทคโนโลยีผนังอาคาร (กระจกหนา, ร่มเงา , ไฟฟ้าเคมี) (Façade technology: advanced glazing, shading, electrochemical)	เทคโนโลยีผนังอาคาร (กระจกหนา, ร่มเงา , ไฟฟ้าเคมี) (Façade technology: advanced glazing, shading, electrochemical)
	ระบบป้องกันความร้อนโดยผนังฉนวน (Insulation – exterior wall systems)	ระบบป้องกันความร้อนโดยผนังฉนวน (Insulation – exterior wall systems)
	อุปกรณ์ป้องกันอากาศเข้า (Air-sealing)	อุปกรณ์ป้องกันอากาศเข้า (Air-sealing)
	การเคลือบกระจกป้องกันความร้อน (Advanced glazing, triple or membrane technology)	การเคลือบกระจกป้องกันความร้อน (Advanced glazing, triple or membrane technology)
	การกำหนดทิศของอาคาร (Building orientation)	การกำหนดทิศของอาคาร (Building orientation)
	แสงธรรมชาติ และการออกแบบอาคาร (Day lighting and building design)	แสงธรรมชาติ และการออกแบบอาคาร (Day lighting and building design)
	อาคารอัตโนมัติ/เพิ่มประสิทธิภาพของระบบการจัดการ, ปรับปรุงเซ็นเซอร์ความร้อน (Building automation/ management system optimization, improved enthalpy sensors)	อาคารอัตโนมัติ/เพิ่มประสิทธิภาพของระบบการจัดการ, ปรับปรุงเซ็นเซอร์ความร้อน (Building automation/ management system optimization, improved enthalpy sensors)
	การควบคุมอัจฉริยะ (Smart controls)	การควบคุมอัจฉริยะ (Smart controls)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ประเภท	รายการเทคโนโลยีพลังงาน จากเอกสารของ UNDP และ UNFCCC	รายการเทคโนโลยีพลังงานคัดเลือกเฉพาะที่เกี่ยวข้องกับอาคารในประเทศไทย
เทคโนโลยีประหยัดพลังงาน (Energy Saving Technology)	เครื่องใช้ไฟฟ้าอัจฉริยะและบ้านอัตโนมัติ (“Smart” appliances and home automation)	เครื่องใช้ไฟฟ้าอัจฉริยะและบ้านอัตโนมัติ (“Smart” appliances and home automation)
	อุปกรณ์ไฟฟ้าอิเล็กทรอนิกส์ (Electronic power supplies)	อุปกรณ์ไฟฟ้าอิเล็กทรอนิกส์ (Electronic power supplies)
	จอภาพคอมพิวเตอร์ประสิทธิภาพสูง (High efficiency PC monitors)	จอภาพคอมพิวเตอร์ประสิทธิภาพสูง (High efficiency PC monitors)
	โทรทัศน์ที่มีประสิทธิภาพสูง (High efficiency televisions)	
	หลอดคอมแพคฟลูออเรสเซนต์, หลอด LED (Compact Fluorescent Light Bulbs and LEDs)	หลอดคอมแพคฟลูออเรสเซนต์, หลอด LED (Compact Fluorescent Light Bulbs and LEDs)
	หลอดไฟ (Light tubes)	หลอดไฟ (Light tubes)
	โคมไฟพลังงานแสงอาทิตย์ (Solar lanterns)	โคมไฟพลังงานแสงอาทิตย์ (Solar lanterns)
	การปรับปรุงเตาอบ (Improved cook stoves)	

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ทั้งนี้ ผู้วิจัยได้สรุปรายการเทคโนโลยีพลังงานที่ได้ทำการคัดเลือกเฉพาะเทคโนโลยีพลังงานที่เกี่ยวข้องกับอาคารในประเทศไทย เพื่อนำมาใช้ในการประเมินความต้องการเทคโนโลยีพลังงานของงานวิจัยนี้ ซึ่งมีจำนวนทั้งหมด 28 เทคโนโลยี ดังแสดงในตารางที่ 3-2 และได้ศึกษาข้อมูลพื้นฐานของเทคโนโลยีพลังงานที่เกี่ยวข้องในภาคอาคารที่ช่วยลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก จากรายงาน บทความ เอกสารเผยแพร่ของหน่วยงานภาครัฐ ภาคเอกชน และสถาบันการศึกษา รวมไปถึงสื่อออนไลน์ โดยมีรายละเอียด ดังแสดงในภาคผนวก ก

ตารางที่ 3-2 สรุปเกณฑ์รายการเทคโนโลยีพลังงานที่ได้ทำการคัดเลือกเฉพาะเทคโนโลยีพลังงานที่เกี่ยวข้องกับอาคารในประเทศไทย

ประเภท	รายการเทคโนโลยีพลังงานคัดเลือกเฉพาะที่เกี่ยวข้องกับอาคารในประเทศไทย
เชื้อเพลิงฟอสซิล/พลังงานทดแทน (Fossil Fuels/Renewables)	หม้อไอน้ำแบบไอเสียควบแน่น โดยใช้ความร้อนทิ้งและน้ำร้อนในประเทศ (Condensing boilers for space heating[1] and domestic hot water[2]) หมายเหตุ: [1]space heating ไม่มีในประเทศไทย [2]domestic hot water ในประเทศไทย มีการใช้งานในอาคารบางประเภท เช่น โรงแรม
	LPG และ LNG[3] สำหรับใช้ในครัวเรือนและการปรุงอาหารในเชิงพาณิชย์ (LPG and LNG for household and commercial cooking) หมายเหตุ: [3]LNG ในประเทศไทย ไม่มีการนำมาใช้งานในครัวเรือนและการปรุงอาหารในเชิงพาณิชย์
เทคโนโลยีพลังงานทดแทน (Renewable Energy Technology)	แผงรับแสงอาทิตย์แบบแผ่นเรียบ สำหรับทำน้ำร้อน ลมร้อน ระบายความร้อน (Solar thermal flat plate – for hot water, hot air, cooling)
	ปั๊มความร้อน โดยผ่านอากาศ/พื้นดิน/น้ำ (Heat pumps air or ground or water sourced)
	เทคโนโลยีเก็บสะสมพลังงาน (Energy storage technologies)
	เตาก๊าซชีวมวล (Biomass gasification stoves)
	การผลิตก๊าซชีวภาพจากของเสียเพื่อใช้ในการปรุงอาหาร (Biogas from waste for cooking)
	การผลิตถ่านที่มีประสิทธิภาพสำหรับการปรุงอาหาร (Efficient Charcoal production for cooking)
เทคโนโลยีประหยัดพลังงาน (Energy Saving Technology)	ระบบระบายอากาศ แบบแลกเปลี่ยนความร้อนกับอากาศ/ระบบควบคุม (Ventilation: Air-to-air heat recovery, demand control systems)
	ระบบความร้อน ระบายอากาศ ปรับอากาศ (HVAC)/ ระบบ Free cooling (High efficiency heating, venting, and air conditioning, free cooling)
	ระบบผลิตพลังงานร่วมกับระบบของเหลวดูดความชื้น (ควบคุมความชื้นในร่ม) (Cogeneration in combination with liquid-desiccant systems)
	เครื่องทำความเย็นที่มีประสิทธิภาพสูง การควบคุมหลายคอมเพรสเซอร์ (High efficiency refrigeration: multi-compressor control)

ประเภท	รายการเทคโนโลยีพลังงานคัดเลือกเฉพาะที่เกี่ยวข้องกับอาคารในประเทศไทย
เทคโนโลยีประหยัดพลังงาน (Energy Saving Technology)	อุปกรณ์ควบคุมความเร็วรอบมอเตอร์ (VFD) (Variable Speed Motor Control (VFD))
	หน้าต่างหน่วยเครื่องปรับอากาศประสิทธิภาพสูง (High efficiency window unit air conditioners)
	เทคโนโลยีผนังอาคาร (กระจกหนา, ร่มเงา, ไฟฟ้าเคมี) (Façade technology: advanced glazing, shading, electrochemical)
	ระบบป้องกันความร้อนโดยผนังฉนวน (Insulation – exterior wall systems)
	อุปกรณ์ป้องกันอากาศเข้า (Air-sealing)
	การเคลือบกระจกป้องกันความร้อน (Advanced glazing, triple or membrane technology)
	การกำหนดทิศของอาคาร (Building orientation)
	แสงธรรมชาติ และการออกแบบอาคาร (Day lighting and building design)
	อาคารอัตโนมัติ/เพิ่มประสิทธิภาพของระบบการจัดการ, ปรับปรุงเซ็นเซอร์ความร้อน (Building automation/ management system optimization, improved enthalpy sensors)
	การควบคุมอัจฉริยะ (Smart controls)
	เครื่องใช้ไฟฟ้าอัจฉริยะและบ้านอัตโนมัติ (“Smart” appliances and home automation)
	อุปกรณ์ไฟฟ้าอิเล็กทรอนิกส์ (Electronic power supplies)
	จอภาพคอมพิวเตอร์ประสิทธิภาพสูง (High efficiency PC monitors)
	หลอดคอมแพคฟลูออเรสเซนต์, หลอด LED (Compact Fluorescent Light Bulbs and LEDs)
	หลอดไฟ (Light tubes)
	โคมไฟพลังงานแสงอาทิตย์ (Solar lanterns)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

3.2 กำหนดเกณฑ์และความหมายของคะแนน

จากการทบทวนงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการประเมินความต้องการจำเป็นด้านเทคโนโลยี (TNA) โดยที่งานวิจัยนี้ได้เลือกใช้วิธีการประเมินแบบ Multi-Criteria Analysis (MCA) เนื่องจากเป็นการต่อยอดจากงานวิจัยของ สวทน. ซึ่งได้มีการใช้วิธีการประเมินนี้มาแล้ว ทั้งยังสอดคล้องกับแนวทางของ สวทน. ที่ได้ทำการประเมินความต้องเทคโนโลยีพลังงานในสาขาอื่น ๆ ไปแล้ว รวมถึงงานวิจัยของวิสรรค์ ศิวพร และคุณชนก ซึ่งทำการศึกษาความต้องการเทคโนโลยีพลังงานในภาคการผลิตไฟฟ้า ภาคอุตสาหกรรมการผลิต และภาคคมนาคมขนส่งทางถนนของประเทศไทย ก็ได้มีการกำหนดเกณฑ์ที่ใช้ในการประเมินตามแนวทางของ สวทน. เช่นกัน ดังนั้น เพื่อขยายการประเมินความต้องเทคโนโลยีพลังงานให้ครอบคลุมมากขึ้น งานวิจัยนี้จึงได้เลือกใช้เกณฑ์ที่ทาง สวทน. โดยอ้างอิงเกณฑ์ตามเอกสาร Thailand Technology Needs Assessments Report for Climate Change Mitigation (2012) [7] เพื่อประเมินความต้องเทคโนโลยีพลังงานให้ครอบคลุมกับสาขาด้านอาคาร และในการกำหนดเกณฑ์และความหมายของคะแนนของงานวิจัยนี้ ได้มีการดัดแปลงและเพิ่มเติมเกณฑ์บางประเด็นเข้าไปในเกณฑ์ของ สวทน. เดิม เพื่อให้เกณฑ์มีความครอบคลุมและมีความเหมาะสมกับบริบทของงานวิจัยนี้ ที่จะต้องพิจารณาทางเลือกที่มีหลากหลายเกณฑ์มาอยู่ในชุดการประเมินเดียวกัน ซึ่งเกณฑ์ที่ใช้ในการประเมินแบ่งออกเป็น 2 เกณฑ์หลัก คือ เกณฑ์ด้านความพร้อม (Readiness) และเกณฑ์ด้านผลกระทบ (Impact) รายละเอียดดังแสดงในตารางที่ 3-3 และได้กำหนดการให้คะแนนแต่ละเกณฑ์มีคะแนนตั้งแต่ 1-5 คะแนน ซึ่งแต่ละคะแนนมีความหมายที่แตกต่างกัน รายละเอียดดังแสดงในตารางที่ 3-4

ตารางที่ 3-3 เปรียบเทียบเกณฑ์การจัดลำดับความสำคัญของเทคโนโลยีพลังงานระหว่างเกณฑ์เดิมของ สวทน. กับเกณฑ์ที่มีการดัดแปลงและเพิ่มเติม

เกณฑ์การจัดลำดับความสำคัญเดิมของ สวทน. (8 ประเด็น)	เกณฑ์การจัดลำดับความสำคัญที่มีการดัดแปลงและเพิ่มเติม (11 ประเด็น)
เกณฑ์ด้านความพร้อม (Readiness: R)	
นโยบาย โครงสร้างพื้นฐาน และกฎระเบียบที่เกี่ยวข้อง	นโยบาย โครงสร้างพื้นฐานรวมทั้งกฎระเบียบที่เกี่ยวข้อง (R1)
	การสนับสนุนด้านการเงิน (R2)
ต้นทุนและประโยชน์	ต้นทุนและผลประโยชน์ (R3)
การยอมรับจากสังคมและผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย	การยอมรับจากสังคมและผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย (R4)
	ทรัพยากรบุคคล ผู้เชี่ยวชาญ หรือสถาบันเฉพาะทาง (R5)
	ฐานข้อมูลเทคโนโลยี (R6)
แนวโน้มระยะสั้น	แนวโน้มระยะสั้น (ภายใน 5 ปี) (R7)

เกณฑ์การจัดลำดับความสำคัญเดิมของ สวทน. (8 ประเด็น)	เกณฑ์การจัดลำดับความสำคัญที่มีการดัดแปลงและเพิ่มเติม (11 ประเด็น)
โครงสร้างการบริหารจัดการ	การบริหารจัดการโครงสร้างพื้นฐาน (R8)
ความเป็นไปได้ในการผลิตภายในประเทศ	ความเป็นไปได้ของการผลิตภายใน ประเทศ (R9)
สถานการณ์ปัจจุบันด้านเทคโนโลยีของประเทศไทย	สถานการณ์ปัจจุบันของเทคโนโลยีในประเทศไทย (R10)
สถานการณ์ปัจจุบันด้านเทคโนโลยีของประเทศที่พัฒนาแล้ว	สถานการณ์ปัจจุบันของเทคโนโลยีในประเทศที่พัฒนาแล้ว (R11)
เกณฑ์ด้านผลกระทบ (Impact: I)	
ผลกระทบด้านอื่น ๆ อาทิ สังคม เศรษฐกิจ และสิ่งแวดล้อม	ความสามารถในการแข่งขันและการสร้างมูลค่า (I1)
	ด้านสังคม: การจ้างงาน/กระจายรายได้/ เที่ยงธรรม (I2)
	ด้านสิ่งแวดล้อม: มลพิษทางอากาศ, มลพิษทางน้ำ, การปนเปื้อน ฯลฯ (I3)
การประมาณค่าการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกของเทคโนโลยี	การประมาณค่าการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกของเทคโนโลยี (I4)

ตารางที่ 3-4 สรุปเกณฑ์การจัดลำดับความสำคัญของเทคโนโลยีพลังงานที่มีการดัดแปลงและเพิ่มเติม และความหมายของคะแนนในแต่ละเกณฑ์

เกณฑ์	ความหมายของคะแนน
ด้านความพร้อม (Readiness: R) (11 ประเด็น)	
นโยบาย โครงสร้างพื้นฐาน รวมทั้งกฎระเบียบที่เกี่ยวข้อง (R1)	5 : มีนโยบายและกฎระเบียบสนับสนุนเทคโนโลยีนี้ อย่างแข็งขัน และประกาศเป็นวาระแห่งชาติ 4 : มีนโยบายและกฎระเบียบสนับสนุนเทคโนโลยีนี้ และมีแผนที่ชัดเจน 3 : มีนโยบายสนับสนุนเทคโนโลยีนี้ที่สอดคล้องโดยตรง และกำลังพิจารณาเพื่อจัดทำกฎระเบียบรองรับ 2 : มีนโยบายสนับสนุนเทคโนโลยีนี้ที่สอดคล้องโดยตรง แต่ไม่มีกฎระเบียบรองรับ 1 : ไม่มีนโยบายสนับสนุนเทคโนโลยีนี้
การสนับสนุนด้านการเงิน (R2)	5 : มีการสนับสนุนด้านการเงินทางตรงอย่างแข็งขัน จากทุกแหล่งทุน 4 : มีการสนับสนุนด้านการเงินทางตรง จากทุกแหล่งทุน 3 : มีการสนับสนุนด้านการเงินทางอ้อมจากทุกแหล่งทุน 2 : มีการสนับสนุนด้านการเงินอย่างไม่ต่อเนื่อง 1 : ไม่มีการสนับสนุนด้านการเงินจากแหล่งทุนใดเลย

เกณฑ์	ความหมายของคะแนน
ต้นทุนและผลประโยชน์ (R3)	5 : เทคโนโลยีนี้มีผลตอบแทนจากการลงทุนสูงมาก โดยปราศจากกลไกใด ๆ 4 : เทคโนโลยีนี้มีผลตอบแทนจากการลงทุนสูงมาก โดยมีกลไกบางอย่าง เช่น adder FIT เป็นต้น 3 : เทคโนโลยีนี้มีผลตอบแทนจากการลงทุนปานกลาง โดยมีกลไกบางอย่าง 2 : เทคโนโลยีนี้ไม่คุ้มค่าต่อการลงทุน ในบางสถานการณ์ 1 : เทคโนโลยีนี้ไม่คุ้มค่าต่อการลงทุน ในทุกสถานการณ์
การยอมรับจากสังคมและผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย (R4)	5 : เทคโนโลยีนี้ได้รับการยอมรับจากผู้มีส่วนได้ส่วนเสียทุกภาคส่วน ทั้งภาครัฐบาล ท้องถิ่น และประชาชน 4 : เทคโนโลยีนี้ได้รับการยอมรับจากผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย ทั้งภาครัฐบาล และท้องถิ่น 3 : เทคโนโลยีนี้ได้รับการยอมรับจากผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย ทั้งภาครัฐบาล และประชาชน 2 : เทคโนโลยีนี้ได้รับการยอมรับจากภาครัฐบาลเพียงภาคเดียว 1: เทคโนโลยีนี้ไม่ได้รับการยอมรับจากผู้มีส่วนได้ส่วนเสียทุกภาคส่วน
ทรัพยากรบุคคล ผู้เชี่ยวชาญหรือสถาบันเฉพาะทาง (R5)	5 : มีเครือข่ายผู้เชี่ยวชาญที่มีความรู้ความชำนาญที่เกี่ยวข้องกับเทคโนโลยีนี้ เพื่อแลกเปลี่ยนประสบการณ์ (มีหลายกลุ่มที่เชื่อมต่อกัน) 4 : มีกลุ่มผู้เชี่ยวชาญที่มีความรู้ความชำนาญที่เกี่ยวข้องกับเทคโนโลยีนี้ (≥ 10 คน ที่มีปฏิสัมพันธ์กัน) 3 : มีผู้เชี่ยวชาญที่มีความรู้ความชำนาญที่เกี่ยวข้องกับเทคโนโลยีนี้น้อย (≥ 10 คน) 2 : มีผู้เชี่ยวชาญที่มีความรู้ความชำนาญที่เกี่ยวข้องกับเทคโนโลยีนี้น้อยมาก (< 10 คน) 1 : ไม่มีผู้เชี่ยวชาญที่มีความรู้ความชำนาญที่เกี่ยวข้องกับเทคโนโลยีนี้เลย
ฐานข้อมูลเทคโนโลยี (R6)	5 : มีฐานข้อมูลเทคโนโลยีนี้ที่สมบูรณ์ และเปิดให้ผู้ใช้งานทุกคนสามารถเข้าถึงฐานข้อมูลได้ 4 : มีฐานข้อมูลเทคโนโลยีนี้ที่สมบูรณ์ และมีผู้ใช้งานแค่บางส่วนสามารถเข้าถึงฐานข้อมูลได้ 3 : มีฐานข้อมูลเทคโนโลยีนี้บางส่วน (ไม่สมบูรณ์) 2 : มีข้อมูลเทคโนโลยีนี้บางส่วน 1 : ไม่มีข้อมูลเทคโนโลยีนี้เลย
แนวโน้มระยะสั้น (ภายใน 5 ปี) (R7)	5 : ประเทศไทยมีแนวโน้มที่จะนำเทคโนโลยีนี้ไปใช้ในอัตราเติบโตสูงมาก 4 : ประเทศไทยมีแนวโน้มที่จะนำเทคโนโลยีนี้ไปใช้ในอัตราเติบโต 3 : ประเทศไทยมีแนวโน้มที่จะนำเทคโนโลยีนี้ไปใช้ 2 : ประเทศไทยมีความเป็นไปได้ที่จะนำเทคโนโลยีนี้ไปใช้น้อย 1 : ประเทศไทยไม่มีความเป็นไปได้ที่จะนำเทคโนโลยีนี้ไปใช้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

เกณฑ์	ความหมายของคะแนน
การบริหารจัดการโครงสร้างพื้นฐาน (R8)	5 : มีระบบการบริหารจัดการโครงสร้างพื้นฐานในการสนับสนุนเทคโนโลยีนี้ที่ดีมาก อย่างครบถ้วน 4 : มีการบริหารจัดการโครงสร้างพื้นฐานในการสนับสนุนเทคโนโลยีนี้ที่ดี 3 : มีการบริหารจัดการโครงสร้างพื้นฐานในการสนับสนุนเทคโนโลยีนี้ปานกลาง 2 : มีการบริหารจัดการโครงสร้างพื้นฐานบางส่วนที่สามารถสนับสนุนเทคโนโลยีนี้ 1 : ไม่มีการบริหารจัดการโครงสร้างพื้นฐานในการสนับสนุนเทคโนโลยีนี้
ความเป็นไปได้ของการผลิตภายใน ประเทศ (R9)	5 : มีความเป็นไปได้ในการผลิตเทคโนโลยีนี้ในประเทศสูงมาก (100%) 4 : มีความเป็นไปได้ในการผลิตเทคโนโลยีนี้ในประเทศสูง (>90%) 3 : มีความเป็นไปได้ในการผลิตเทคโนโลยีนี้ในประเทศปานกลาง (10-90%) 2 : มีความเป็นไปได้ในการผลิตเทคโนโลยีนี้ในประเทศต่ำ (<10%) 1 : ไม่มีความเป็นไปได้ในการผลิตเทคโนโลยีนี้ในประเทศ (0%)
สถานการณ์ปัจจุบันของเทคโนโลยีในประเทศไทย (R10)	5 : สถานการณ์ปัจจุบันของเทคโนโลยีนี้มีการกระจายอย่างเต็มที่ไปทุกภาคส่วนที่เกี่ยวข้อง 4 : สถานการณ์ปัจจุบันของเทคโนโลยีนี้มีการกระจายไปทุกภาคส่วนที่เกี่ยวข้อง 3 : สถานการณ์ปัจจุบันของเทคโนโลยีนี้มีการกระจายไปบางพื้นที่ 2 : สถานการณ์ปัจจุบันของเทคโนโลยีนี้มีการกระจายในบางพื้นที่ ที่มีปัญหา 1 : สถานการณ์ปัจจุบันของเทคโนโลยีนี้มีการกระจายในระยะเริ่มต้น
สถานการณ์ปัจจุบันของเทคโนโลยีในประเทศที่พัฒนาแล้ว (R11)	5 : สถานการณ์ปัจจุบันของเทคโนโลยีนี้มีการกระจายอย่างเต็มที่ไปทุกภาคส่วนที่เกี่ยวข้องของทุกประเทศที่พัฒนาแล้ว 4 : สถานการณ์ปัจจุบันของเทคโนโลยีนี้มีการกระจายไปทุกภาคส่วนที่เกี่ยวข้องในบางประเทศที่พัฒนาแล้ว 3 : สถานการณ์ปัจจุบันของเทคโนโลยีนี้มีการกระจายไปบางพื้นที่ในบางประเทศที่พัฒนาแล้ว 2 : สถานการณ์ปัจจุบันของเทคโนโลยีนี้มีการกระจายในบางพื้นที่ที่มีปัญหาในบางประเทศที่พัฒนาแล้ว 1 : สถานการณ์ปัจจุบันของเทคโนโลยีนี้เพิ่งเริ่มมีการกระจายในประเทศที่พัฒนาแล้ว
เกณฑ์ด้านผลกระทบ (Impact: I) (4 ประเด็น)	
ความสามารถในการแข่งขันและการสร้างมูลค่า (I1)	5 : เทคโนโลยีนี้เพิ่มศักยภาพในการแข่งขันทางการเงินของประเทศ โดยมีความเป็นไปได้ในการสร้างมูลค่าทางการตลาดสูงมาก 4 : เทคโนโลยีนี้สามารถเพิ่มศักยภาพในการแข่งขันของประเทศ โดยมีความเป็นไปได้ในการสร้างมูลค่าทางการตลาดสูง 3 : เทคโนโลยีนี้ไม่มีผลต่อการแข่งขันของประเทศอย่างมีนัยสำคัญ โดยมีการสร้างมูลค่าทางการตลาดน้อย 2 : เทคโนโลยีนี้ส่งผลให้เกิดผลเสียบางประการในด้านเศรษฐกิจของประเทศบางส่วน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

เกณฑ์	ความหมายของคะแนน
	1 : เทคโนโลยีนี้ส่งผลให้เกิดผลเสียต่อเศรษฐกิจของประเทศ
ด้านสังคม: การจ้างงาน/ กระจายรายได้/ เที่ยงธรรม (I2)	5 : เทคโนโลยีนี้ส่งผลให้เกิดการจ้างงานเพิ่มขึ้นมาก 4 : เทคโนโลยีนี้ส่งผลให้เกิดการจ้างงานคนท้องถิ่นเพิ่มขึ้น 3 : เทคโนโลยีนี้ส่งผลให้เกิดการจ้างงานคนท้องถิ่นอย่างไม่มีนัยสำคัญ 2 : เทคโนโลยีนี้ส่งผลให้เกิดการจ้างงานคนท้องถิ่นน้อย 1 : เทคโนโลยีนี้ส่งผลให้เกิดการจ้างงานคนท้องถิ่นน้อยอย่างมาก
ด้านสิ่งแวดล้อม: มลพิษทางอากาศ, มลพิษทางน้ำ, การปนเปื้อน ฯลฯ (I3)	5 : เทคโนโลยีนี้ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในแง่บวก/ ลดการเกิดมลพิษทางสิ่งแวดล้อมในพื้นที่บริเวณกว้าง 4 : เทคโนโลยีนี้ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในแง่บวก/ ลดการเกิดมลพิษทางสิ่งแวดล้อมในพื้นที่จำกัด 3 : เทคโนโลยีนี้ไม่มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมอย่างมีนัยสำคัญ/ไม่เพิ่มมลพิษทางสิ่งแวดล้อม 2 : เทคโนโลยีนี้ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในแง่ลบ และเกิดมลพิษทางสิ่งแวดล้อมในพื้นที่จำกัด 1 : เทคโนโลยีนี้ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในแง่ลบ และเกิดมลพิษทางสิ่งแวดล้อมในพื้นที่บริเวณกว้าง
การประมาณค่าการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกของเทคโนโลยี (I4)	5: เทคโนโลยีนี้สามารถลดการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้สูงมาก 4 : เทคโนโลยีนี้สามารถลดการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้มาก 3 : เทคโนโลยีนี้สามารถลดการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้ปานกลาง 2 : เทคโนโลยีนี้สามารถลดการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้น้อย 1 : เทคโนโลยีนี้สามารถลดการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้น้อยมาก

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

3.3 การประเมินให้ค่าน้ำหนักความสำคัญของแต่ละเกณฑ์ และการประเมินให้ค่าคะแนนแต่ละเทคโนโลยี

3.3.1 คัดเลือกผู้เชี่ยวชาญ ผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย และผู้ที่เกี่ยวข้องในด้านเทคโนโลยีพลังงานในภาคอาคาร

งานวิจัยนี้ได้สืบค้นและรวบรวมข้อมูลผู้เชี่ยวชาญ ผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย และผู้ที่เกี่ยวข้องในด้านเทคโนโลยีพลังงานในภาคอาคาร จากเว็บไซต์ของหน่วยงานภาครัฐ สถาบันการศึกษา และหน่วยงานเอกชนที่ดำเนินงานเกี่ยวข้องกับภาคอาคาร รวมไปถึงข้อมูลจากการเข้าร่วมประชุมสัมมนาวิชาการที่เกี่ยวข้องกับภาคอาคาร และมีเกณฑ์ในการคัดเลือกผู้ประเมิน คือ เป็นบุคลากรที่ความรู้ความเชี่ยวชาญ และมีประสบการณ์ทำงานที่เกี่ยวข้องกับภาคอาคารและเทคโนโลยีพลังงานประเภทใดประเภทหนึ่งตามรายการเทคโนโลยีพลังงานของภาคอาคาร 28 เทคโนโลยี ที่กำหนดไว้ โดยให้

ผู้เชี่ยวชาญทำการประเมินทางระบบออนไลน์ Google Form ซึ่งมีความสะดวกและรวดเร็วในการรวบรวมข้อมูลผลการประเมิน จำนวนอย่างน้อย 30 คน

3.3.2 จัดทำแบบประเมินความต้องการเทคโนโลยีพลังงานในภาคอาคารของประเทศไทยเพื่อลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก

งานวิจัยนี้กำหนดให้ผู้เชี่ยวชาญ ผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย และผู้ที่เกี่ยวข้องในด้านเทคโนโลยีพลังงานในภาคอาคารทำการประเมินตามขั้นตอนที่กำหนด โดยมี 3 ขั้นตอน ดังนี้

(1) ผู้ประเมินพิจารณาเลือกเทคโนโลยีที่มีความรู้ความเชี่ยวชาญและสามารถทำการประเมินได้จากรายการเทคโนโลยีพลังงานในภาคอาคารที่ช่วยลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก จำนวน 28 รายการ ทั้งนี้ สามารถเลือกประเมินให้คะแนนได้มากกว่า 1 เทคโนโลยี

(2) ผู้ประเมินทำการประเมินให้ค่าน้ำหนักความสำคัญของเกณฑ์ด้านความพร้อม (Readiness) 11 ประเด็น และด้านผลกระทบ (Impact) 4 ประเด็น ซึ่งแบ่งค่าน้ำหนักความสำคัญออกเป็น 3 ระดับ คือ สำคัญมาก สำคัญปานกลาง และสำคัญน้อย โดยให้ค่าน้ำหนักเท่ากับ 3, 2 และ 1 ตามลำดับ

(3) ผู้ประเมินทำการประเมินให้ค่าคะแนนในแต่ละประเด็นของเทคโนโลยีตามรายการที่ได้เลือกในข้อ (1) ซึ่งการประเมินแต่ละเทคโนโลยีจะต้องประเมินให้คะแนนในเกณฑ์ด้านความพร้อม (Readiness) 11 ประเด็น และด้านผลกระทบ (Impact) 4 ประเด็น โดยกำหนดให้แต่ละประเด็นมีคะแนนตั้งแต่ 1-5 คะแนน ซึ่งแต่ละคะแนนมีความหมายที่แตกต่างกัน รายละเอียดดังแสดงในตารางที่ 3-4

3.3.3 วิธีการคำนวณ

การคำนวณหาค่าน้ำหนักความสำคัญของแต่ละเกณฑ์ในประเด็นต่าง ๆ ที่ได้จากผู้เชี่ยวชาญ ดังสมการต่อไปนี้

(1) การคำนวณค่าความสำคัญของเกณฑ์ด้านความพร้อมในแต่ละประเด็น ดังสมการที่ (1)

$$\overline{V_{R_i}} = \frac{\sum V_{R_i}}{n} \quad (1)$$

เมื่อ V_{R_i} คือ ค่าความสำคัญที่ผู้เชี่ยวชาญทำการประเมินของเกณฑ์ด้านความพร้อมในประเด็นที่ i, คะแนน

V_{R_t} คือ ค่าเฉลี่ยความสำคัญที่ผู้เชี่ยวชาญทำการประเมินของเกณฑ์ด้านความพร้อมในประเด็นที่ i, คะแนน

n คือ จำนวนผู้เชี่ยวชาญที่ทำการประเมินค่าความสำคัญของเกณฑ์, คน

i คือ เกณฑ์ด้านความพร้อมในแต่ละประเด็น (ประเด็นที่ 1-11)

ทั้งนี้ งานวิจัยนี้ให้น้ำหนักความสำคัญของเกณฑ์ด้านความพร้อมและด้านผลกระทบเท่ากัน ซึ่งมีจำนวนประเด็นไม่เท่ากัน จึงต้อง Normalization ดังสมการต่อไปนี้

(2) การคำนวณค่าน้ำหนักความสำคัญของเกณฑ์ด้านความพร้อมในแต่ละประเด็น ดังสมการที่ (2)

$$W_{R_i} = \frac{\overline{V_{R_i}}}{\sum \overline{V_{R_i}}} \quad (2)$$

เมื่อ W_{R_i} คือ ค่าน้ำหนักความสำคัญของเกณฑ์ด้านความพร้อมในประเด็นที่ i ที่ Normalization แล้ว, คะแนน

i คือ เกณฑ์ด้านความพร้อมในแต่ละประเด็น

ทั้งนี้ การคำนวณด้านผลกระทบสามารถคำนวณด้วยวิธีเดียวกัน ดังสมการที่ (1) – (2)

(3) การคำนวณคะแนนดิบเฉลี่ยที่ผู้เชี่ยวชาญทำการประเมินในแต่ละประเด็นของแต่ละเทคโนโลยี ดังสมการที่ (3)

$$\overline{X_{R_iT_k}} = \frac{\sum X_{R_iT_k}}{n_{T_k}} \quad (3)$$

เมื่อ $X_{R_iT_k}$ คือ ค่าคะแนนดิบที่ผู้เชี่ยวชาญทำการประเมินเกณฑ์ด้านความพร้อมในประเด็นที่ i ของรายการเทคโนโลยีที่ k , คะแนน

$\overline{X_{R_iT_k}}$ คือ ค่าเฉลี่ยคะแนนดิบที่ผู้เชี่ยวชาญทำการประเมินเกณฑ์ด้านความพร้อมในประเด็นที่ i ของรายการเทคโนโลยีที่ k , คะแนน

T_k คือ รายการเทคโนโลยีที่ k

k คือ เทคโนโลยีแต่ละรายการ

n_{T_k} คือ จำนวนผู้เชี่ยวชาญที่ทำการประเมินเทคโนโลยีรายการที่ k, รายการ

(4) การคำนวณคะแนนของแต่ละเทคโนโลยีในแต่ละประเด็น ดังสมการที่ (4)

$$Y_{R_iT_k} = \overline{X_{R_iT_k}} \quad x \quad W_{R_i} \quad (4)$$

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

เมื่อ $Y_{R_iT_k}$ คือ คะแนนของแต่ละเทคโนโลยีของเกณฑ์ด้านความพร้อมในประเด็นที่ i ของรายการเทคโนโลยีที่ k , คะแนน

(5) การรวมคะแนนด้านความพร้อมในแต่ละเทคโนโลยี ดังสมการที่ (5)

$$Z_{RT_k} = \sum Y_{R_iT_k} \quad (5)$$

เมื่อ Z_{RT_k} คือ ผลรวมคะแนนด้านความพร้อมในเทคโนโลยีที่ k, คะแนน

ทั้งนี้ การคำนวณด้านผลกระทบสามารถคำนวณด้วยวิธีเดียวกัน ดังสมการที่ (3) – (5)

3.4 การวิเคราะห์ผลการประเมิน

3.4.1 การวิเคราะห์ผู้เชี่ยวชาญที่ทำการประเมินความต้องการเทคโนโลยีพลังงานในภาคอาคารของประเทศไทยเพื่อลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก

(1) จำนวนผู้เชี่ยวชาญที่ทำการประเมินเทคโนโลยีแบ่งตามสังกัดหน่วยงาน

(2) เทคโนโลยีที่ได้รับการประเมินมากที่สุด

3.4.2 การวิเคราะห์ผลการจัดลำดับความสำคัญของเกณฑ์ในประเด็นต่าง ๆ

(1) ผลการจัดลำดับความสำคัญของเกณฑ์ในประเด็นต่าง ๆ ในภาพรวม

(2) ผลการจัดลำดับความสำคัญของเกณฑ์ในประเด็นต่าง ๆ แยกตามสังกัดหน่วยงาน

(3) ผลการเปรียบเทียบการจัดลำดับความสำคัญของเกณฑ์ในประเด็นต่าง ๆ

3.4.3 การวิเคราะห์ผลการจัดลำดับความสำคัญของเทคโนโลยีพลังงานในภาคอาคารของประเทศไทย

CHULALONGKORN UNIVERSITY

(1) จัดทำแผนภาพแสดงการจัดลำดับความสำคัญของเทคโนโลยีพลังงานในภาคอาคารของประเทศไทย โดยใช้ผลรวมคะแนนทั้งด้านความพร้อมและผลกระทบที่ผู้เชี่ยวชาญทำการประเมินในแต่ละเทคโนโลยีมาจัดทำเป็นแผนภาพ

(2) ผลการจัดลำดับความสำคัญของเทคโนโลยีพลังงานในภาคอาคารของประเทศไทยทั้งด้านความพร้อมและผลกระทบ

3.4.4 การวิเคราะห์ช่องว่างด้านความพร้อม (Gap Analysis) ของเทคโนโลยีพลังงานในภาคอาคารของประเทศไทยที่มีผลกระทบสูง

(1) วิเคราะห์ช่องว่างด้านความพร้อมของเทคโนโลยีที่มีผลกระทบสูง โดยจำแนกตามประเภทของเทคโนโลยี 3 ประเภท

3.4.5 การวิเคราะห์ผลการจัดลำดับความสำคัญของเทคโนโลยีพลังงานในภาคอาคารของประเทศไทยที่มีผลกระทบสูง โดยพิจารณาในรูปแบบนโยบายต่าง ๆ

(1) ผลการจัดลำดับความสำคัญของเทคโนโลยี โดยพิจารณาในประเด็นต้นทุนและผลประโยชน์ (R3)

(2) ผลการจัดลำดับความสำคัญของเทคโนโลยี โดยพิจารณาในประเด็นการยอมรับจากสังคมและผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย (R4)

(3) ผลการจัดลำดับความสำคัญของเทคโนโลยี โดยพิจารณาในประเด็นความเป็นไปได้ของการผลิตภายในประเทศ (R9)

(4) ผลการจัดลำดับความสำคัญของเทคโนโลยี โดยพิจารณาในประเด็นความสามารถในการแข่งขันและการสร้างมูลค่า (I1)

(5) ผลการจัดลำดับความสำคัญของเทคโนโลยี โดยพิจารณาในประเด็นด้านสิ่งแวดล้อม (I3)

3.5 แผนผังการดำเนินการวิจัย

รูปที่ 3-1 แผนผังการดำเนินการวิจัย

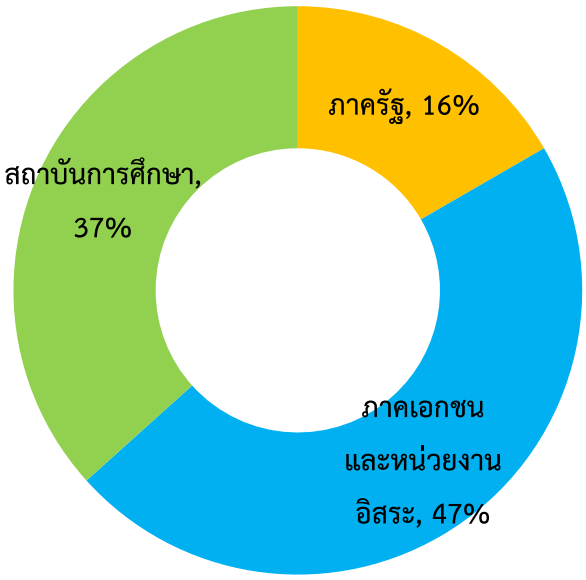
บทที่ 4
ผลการวิจัย และอภิปรายข้อมูล

4.1 ผู้เชี่ยวชาญที่ทำการประเมินความต้องการเทคโนโลยีพลังงานในภาคอาคารของประเทศไทยเพื่อลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก

งานวิจัยนี้มีจำนวนผู้เชี่ยวชาญ ผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย และผู้เกี่ยวข้องในด้านเทคโนโลยีพลังงานในภาคอาคารของประเทศไทย ที่ทำการประเมินความต้องการเทคโนโลยีพลังงานในภาคอาคารของประเทศไทยเพื่อลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก จำนวนทั้งหมด 30 คน โดยมีรายละเอียดดังนี้

4.1.1 จำนวนผู้เชี่ยวชาญที่ทำการประเมินความต้องการเทคโนโลยีพลังงาน แบ่งตามสังกัดหน่วยงาน

ผู้เชี่ยวชาญที่ทำการประเมินความต้องการเทคโนโลยีพลังงานในภาคอาคารของประเทศไทย แบ่งตามสังกัดหน่วยงาน 3 ภาคส่วน ได้แก่ ภาคเอกชนและหน่วยงานอิสระ จำนวน 14 คน คิดเป็นร้อยละ 46.67 สถาบันการศึกษา จำนวน 11 คน คิดเป็นร้อยละ 36.67 และภาครัฐ จำนวน 5 คน คิดเป็นร้อยละ 16.67 ดังแสดงในรูปที่ 4-1



รูปที่ 4-1 สัดส่วนผู้เชี่ยวชาญที่ทำการประเมินความต้องการเทคโนโลยีพลังงาน แบ่งตามสังกัดหน่วยงาน

4.1.2 เทคโนโลยีที่ได้รับการประเมินมากที่สุด

เทคโนโลยีพลังงานในภาคอาคารที่ได้รับการประเมินมากที่สุด จากผลการประเมินของผู้เชี่ยวชาญ ผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย และผู้เกี่ยวข้องในด้านเทคโนโลยีพลังงานในภาคอาคารของประเทศไทย ทั้งภาครัฐ ภาคเอกชนและหน่วยงานอิสระ และสถาบันการศึกษา จำนวนสูงที่สุด 3 ลำดับแรก คือ

(1) แผงรับแสงอาทิตย์แบบแผ่นเรียบ สำหรับทำน้ำร้อน ลมร้อน ระบายความร้อน (Solar thermal flat plate – for hot water, hot air, cooling) มีผู้ประเมินจำนวน 11 คน

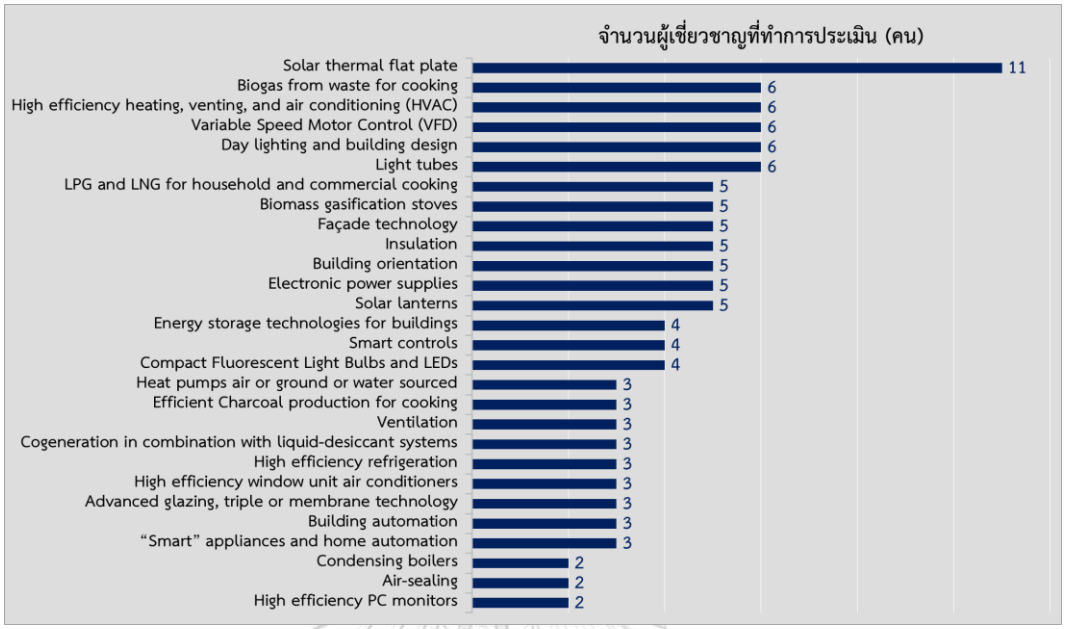
(2) การผลิตก๊าซชีวภาพจากของเสียเพื่อใช้ในการปรุงอาหาร (Biogas from waste for cooking) ระบบความร้อน ระบายอากาศ ปรับอากาศ (HVAC)/ ระบบ Free cooling (High efficiency heating, venting, and air conditioning, free cooling) เครื่องควบคุมความเร็วรอบมอเตอร์ (VFD) (Variable Speed Motor Control) แสงธรรมชาติและการออกแบบอาคาร (Day lighting and building design) และหลอดไฟ (Light tubes) มีผู้ประเมินจำนวน 6 คน เท่ากัน

(3) LPG และ LNG สำหรับใช้ในครัวเรือนและการปรุงอาหารในเชิงพาณิชย์ (LPG and LNG for household and commercial cooking) เตาก๊าซชีวมวล (Biomass gasification stoves) เทคโนโลยีผนังอาคาร (กระจกหนา, ร่มเงา, ไฟฟ้าเคมี) (Façade technology: advanced glazing, shading, electrochemical) ระบบป้องกันความร้อนโดยผนังฉนวน (Insulation – exterior wall systems) การกำหนดทิศของอาคาร (Building orientation) อุปกรณ์ไฟฟ้าอิเล็กทรอนิกส์ (Electronic power supplies) และโคมไฟพลังงานแสงอาทิตย์ (Solar lanterns) มีผู้ประเมินจำนวน 5 คน เท่ากัน

จากผลการประเมินสะท้อนให้เห็นว่า ประเทศไทยมีบุคลากร ผู้เชี่ยวชาญ ที่มีความรู้และรู้จักเกี่ยวกับเทคโนโลยีเหล่านี้ค่อนข้างพร้อมอยู่แล้ว เพียงแต่ต้องได้รับการส่งเสริม สนับสนุนในปัจจัยด้านอื่น ๆ จากทุกภาคส่วนให้สามารถนำไปประยุกต์ใช้งานกับภาคอาคารได้อย่างกว้างขวางและมีประสิทธิภาพที่สุด ซึ่งบางเทคโนโลยีก็เป็นที่ยอมรับจากสังคมและถูกนำมาใช้งานอย่างแพร่หลายไม่เฉพาะกับภาคอาคารเท่านั้น แต่บางเทคโนโลยียังเป็นเทคโนโลยีที่ใหม่สำหรับภาคอาคาร หรืออาจจะอยู่ในขั้นตอนการพัฒนา หรือยังไม่มีนโยบายจากภาครัฐที่รองรับชัดเจน นอกจากนี้ เทคโนโลยีที่มีผู้ประเมินน้อยที่สุด จำนวน 2 คน เท่ากัน ได้แก่ เทคโนโลยีหม้อไอน้ำแบบไอเสียควบแน่น (Condensing boilers for space heating and domestic hot water) อุปกรณ์ป้องกันอากาศเข้า (Air-sealing) และจอภาพคอมพิวเตอร์ประสิทธิภาพสูง (High efficiency PC monitors) อาจเนื่องมาจากเทคโนโลยีเหล่านี้ยังไม่เป็นที่รู้จักในประเทศไทยมากนัก หรือยังมีบุคลากรที่มีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับเทคโนโลยีเหล่านี้ไม่เพียงพอ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ทั้งนี้ จำนวนผู้ประเมินรวมถึงบางเทคโนโลยีที่มีผู้ประเมินน้อยกว่า 5 คน อาจไม่สามารถให้มีนัยสำคัญทางสถิติได้ ซึ่งอาจมีผลต่อการวิเคราะห์คะแนนในงานวิจัยนี้ ดังแสดงในรูปที่ 4-2



รูปที่ 4-2 จำนวนเทคโนโลยีพลังงานในภาคอาคารที่ได้รับการประเมินมากที่สุด

4.2 ผลการจัดลำดับความสำคัญของเกณฑ์ในประเด็นต่าง ๆ

งานวิจัยนี้ได้ให้ผู้เชี่ยวชาญ ผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย และผู้เกี่ยวข้องในด้านเทคโนโลยีพลังงานในภาคอาคารของประเทศไทย ทำการประเมินให้ค่าน้ำหนักความสำคัญของแต่ละเกณฑ์ โดยพิจารณาเปรียบเทียบเกณฑ์ด้านความพร้อม (Readiness) และผลกระทบ (Impact) ในประเด็นต่าง ๆ ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

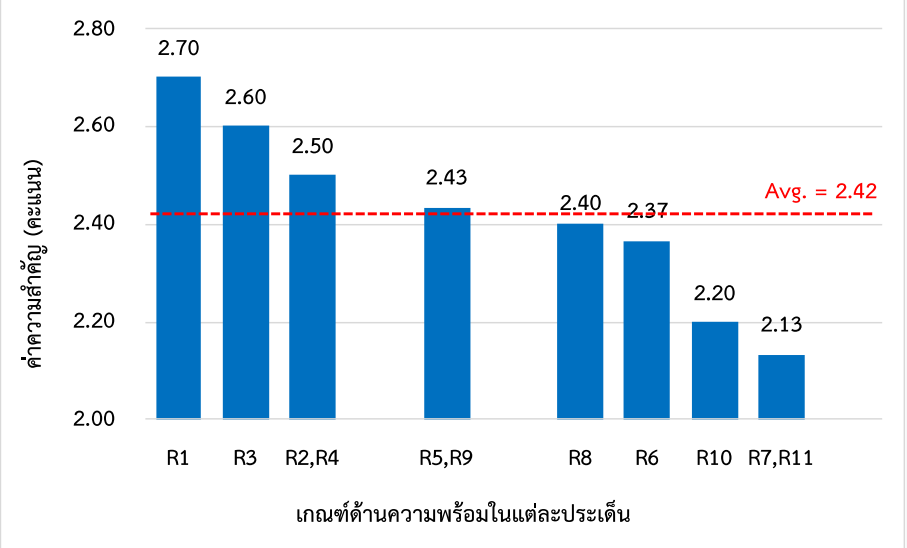
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

4.2.1 ผลการจัดลำดับความสำคัญของเกณฑ์ในประเด็นต่าง ๆ ในภาพรวม

(1) ด้านความพร้อม

ผู้เชี่ยวชาญได้ให้ค่าความสำคัญของเกณฑ์ในประเด็นต่าง ๆ ด้านความพร้อมที่เกินค่าเฉลี่ย (ค่าเฉลี่ย 2.42) อยู่ 6 ประเด็น โดยประเด็นที่มีค่าความสำคัญสูงที่สุด ได้แก่ ประเด็นนโยบาย โครงสร้างพื้นฐาน รวมทั้งกฎระเบียบที่เกี่ยวข้อง (R1) รองลงมาคือ ต้นทุนและผลประโยชน์ (R3) การสนับสนุนด้านการเงิน (R2) การยอมรับจากสังคมและผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย (R4) ทรัพยากรบุคคล ผู้เชี่ยวชาญ หรือสถาบันเฉพาะทาง (R5) และความเป็นไปได้ของการผลิตภายในประเทศ (R9) ตามลำดับ นอกจากนี้ ยังมีประเด็นที่มีค่าความสำคัญน้อยกว่าค่าเฉลี่ยอยู่ 5 ประเด็น ได้แก่ ประเด็นการบริหารจัดการโครงสร้างพื้นฐาน (R8) ฐานข้อมูลเทคโนโลยี (R6) และสถานการณ์ปัจจุบันของ

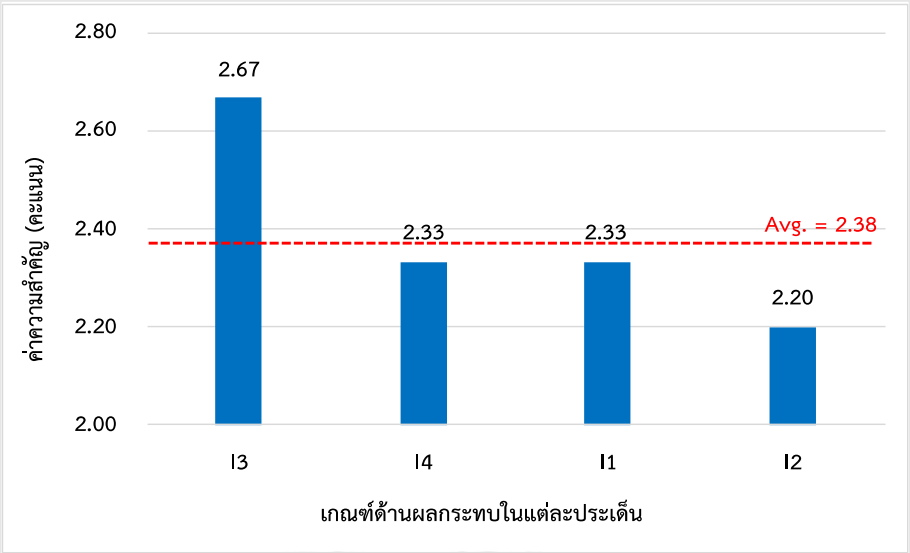
เทคโนโลยีในประเทศไทย (R10) สำหรับเกณฑ์ด้านความพร้อมที่มีค่าความสำคัญน้อยที่สุด ได้แก่ แนวโน้มระยะสั้น (ภายใน 5 ปี) (R7) และสถานการณ์ปัจจุบันของเทคโนโลยีในประเทศที่พัฒนาแล้ว (R11) ซึ่งมีค่าความสำคัญน้อยที่สุดเท่ากัน ตามลำดับ ดังแสดงในรูปที่ 4-3



รูปที่ 4-3 ผลการจัดลำดับความสำคัญของเกณฑ์ด้านความพร้อมในแต่ละประเด็น

(2) ด้านผลกระทบ

ผู้เชี่ยวชาญได้ให้ค่าความสำคัญของเกณฑ์ในประเด็นต่าง ๆ ด้านผลกระทบที่เกินค่าเฉลี่ย (ค่าเฉลี่ย 2.38) อยู่ 1 ประเด็น โดยเป็นประเด็นที่มีค่าความสำคัญสูงที่สุด ได้แก่ ประเด็นด้านสิ่งแวดล้อม: มลพิษทางอากาศ, มลพิษทางน้ำ, การปนเปื้อน ฯลฯ (I3) นอกจากนี้ ยังมีประเด็นที่มีค่าความสำคัญน้อยกว่าค่าเฉลี่ยอยู่ 3 ประเด็น ได้แก่ ประเด็นการประมาณค่าการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกของเทคโนโลยี (I4) และความสามารถในการแข่งขันและการสร้างมูลค่า (I1) ซึ่งมีค่าความสำคัญน้อยกว่าค่าเฉลี่ยเท่ากัน สำหรับเกณฑ์ด้านผลกระทบที่มีค่าความสำคัญน้อยที่สุด ได้แก่ ด้านสังคม: การจ้างงานคนท้องถิ่น/ การกระจายรายได้/ ความเที่ยงธรรม (I2) ดังแสดงในรูปที่ 4-4



รูปที่ 4-4 ผลการจัดลำดับความสำคัญของเกณฑ์ด้านผลกระทบในแต่ละประเด็น

4.2.2 ผลการจัดลำดับความสำคัญของเกณฑ์ในประเด็นต่าง ๆ แยกตามสังกัดหน่วยงาน

(1) ภาครัฐ

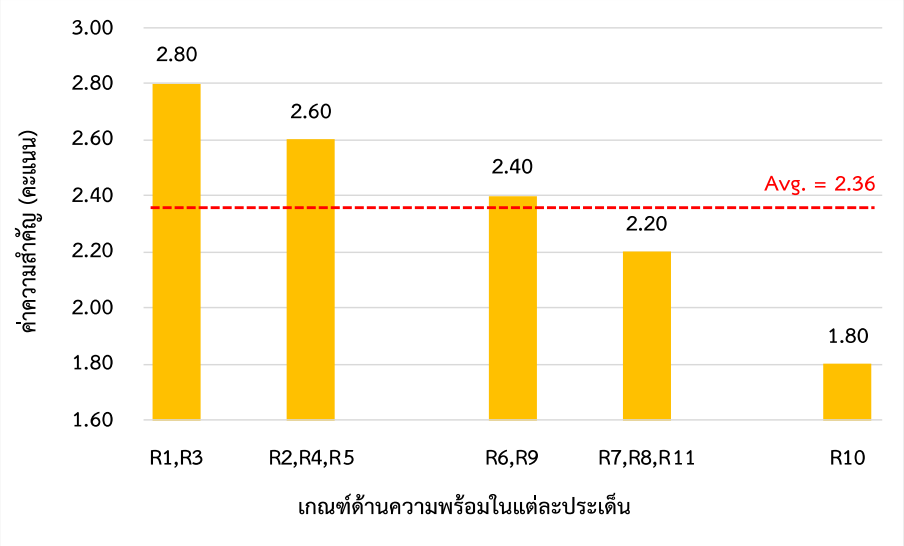
ภาครัฐเป็นหน่วยงานหลักที่ทำหน้าที่ในการออกกฎหมาย จัดการนโยบาย จัดสรรงบประมาณ ส่งเสริมและสนับสนุน พร้อมให้บริการประชาชนในด้านต่าง ๆ อาทิ ด้านการศึกษา ด้านแรงงาน ด้านสาธารณสุข เป็นต้น รวมถึงควบคุมดูแลตรวจสอบหน่วยงานต่าง ๆ และต้องทำหน้าที่ในการจัดการโครงสร้างพื้นฐานต่าง ๆ ให้ครอบคลุมและตอบสนองต่อความต้องการของทั้งภาคเอกชนและสถาบันการศึกษา ที่มีผลทั้งทางตรงและทางอ้อมต่อระบบการขับเคลื่อนเศรษฐกิจของประเทศ โดยผลการจัดลำดับความสำคัญของเกณฑ์ในประเด็นต่าง ๆ มีดังนี้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

1.1) <u>ด้านความพร้อม</u>

ผู้เชี่ยวชาญจากภาครัฐได้ให้ค่าความสำคัญของเกณฑ์ในประเด็นต่าง ๆ ด้านความพร้อมที่เกินค่าเฉลี่ย (ค่าเฉลี่ย 2.36) อยู่ 7 ประเด็น โดยประเด็นที่มีค่าความสำคัญสูงที่สุด ได้แก่ ประเด็นนโยบาย โครงสร้างพื้นฐาน รวมทั้งกฎระเบียบที่เกี่ยวข้อง (R1) และต้นทุนและผลประโยชน์ (R3) ซึ่งมีค่าความสำคัญสูงที่สุดเท่ากัน รองลงมาคือ การสนับสนุนด้านการเงิน (R2) การยอมรับจากสังคมและผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย (R4) ทรัพยากรบุคคล ผู้เชี่ยวชาญ หรือสถาบันเฉพาะทาง (R5) ฐานข้อมูลเทคโนโลยี (R6) และความเป็นไปได้ของการผลิตภายในประเทศ (R9) ตามลำดับ นอกจากนี้ ยังมีประเด็นที่มีค่าความสำคัญน้อยกว่าค่าเฉลี่ยอยู่ 4 ประเด็น ได้แก่ ประเด็นแนวโน้มระยะสั้น (ภายใน 5 ปี) (R7) การบริหารจัดการโครงสร้างพื้นฐาน (R8) และสถานการณ์ปัจจุบันของ

เทคโนโลยีในประเทศที่พัฒนาแล้ว (R11) สำหรับเกณฑ์ด้านความพร้อมที่มีค่าความสำคัญน้อยที่สุด ได้แก่ สถานการณ์ปัจจุบันของเทคโนโลยีในประเทศไทย (R10) ตามลำดับ ดังแสดงในรูปที่ 4-5

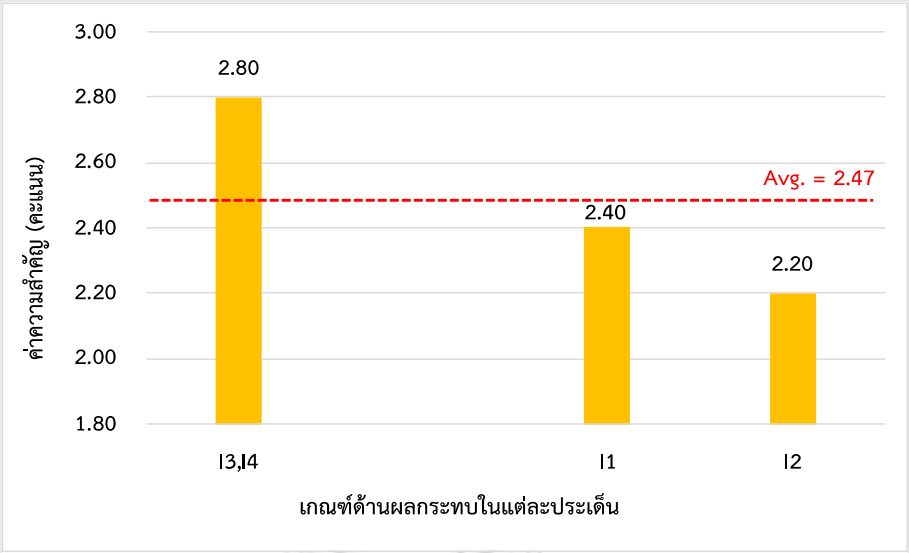


รูปที่ 4-5 ผลการจัดลำดับความสำคัญของเกณฑ์ในประเด็นต่าง ๆ ด้านความพร้อมของผู้เชี่ยวชาญจากภาครัฐ

1.2) <u>ด้านผลกระทบ</u>

ผู้เชี่ยวชาญจากภาครัฐได้ให้ค่าความสำคัญของเกณฑ์ในประเด็นต่าง ๆ ด้านผลกระทบที่เกินค่าเฉลี่ย (เฉลี่ย2.47) อยู่ 2 ประเด็น โดยประเด็นที่มีค่าความสำคัญสูงที่สุด ได้แก่ ประเด็นด้านสิ่งแวดล้อม: มลพิษทางอากาศ, มลพิษทางน้ำ, การปนเปื้อน ฯลฯ (I3) และการประมาณค่าการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกของเทคโนโลยี (I4) ซึ่งมีค่าความสำคัญสูงที่สุดเท่ากัน นอกจากนี้ยังมีประเด็นที่มีค่าความสำคัญน้อยกว่าค่าเฉลี่ยอยู่ 2 ประเด็น ได้แก่ ประเด็นความสามารถในการแข่งขันและการสร้างมูลค่า (I1) สำหรับเกณฑ์ด้านผลกระทบที่มีค่าความสำคัญน้อยที่สุด ได้แก่ ด้านสังคม: การจ้างงานคนท้องถิ่น/ การกระจายรายได้/ ความเที่ยงธรรม (I2) ตามลำดับ ดังแสดงในรูปที่ 4-6

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University



รูปที่ 4-6 ผลการจัดลำดับความสำคัญของเกณฑ์ในประเด็นต่าง ๆ ด้านผลกระทบของผู้เชี่ยวชาญจากภาครัฐ

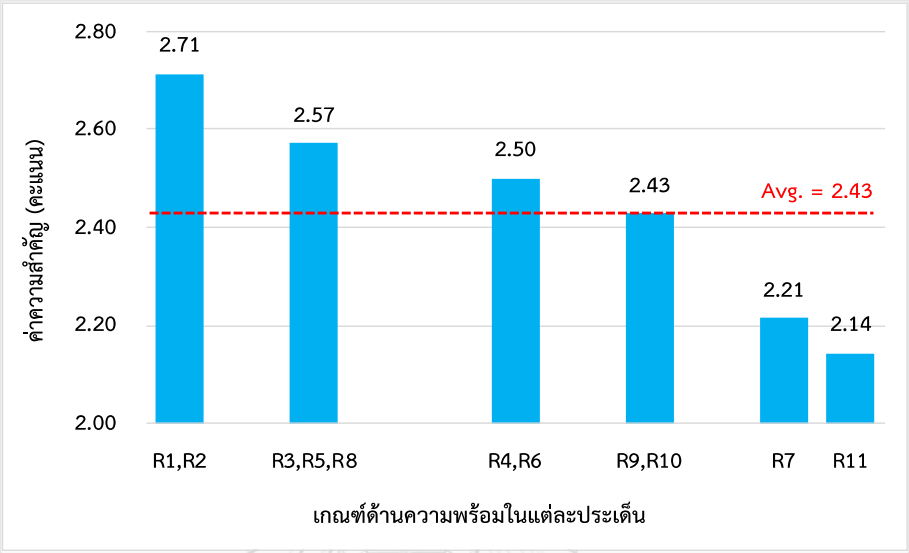
(2) ภาคเอกชนและหน่วยงานอิสระ

ภาคเอกชนและหน่วยงานอิสระเป็นองค์กรหนึ่งที่ตอบสนองต่อนโยบายของภาครัฐ โดยจะมุ่งเน้นที่ประสิทธิภาพในการบริหารจัดการ เพื่อแสวงหากำไร ทำให้เกิดการแข่งขันในระบบเศรษฐกิจจากการลงทุนในเรื่องต่าง ๆ ไม่ว่าจะเป็นการลงทุนในเรื่องเทคโนโลยีพลังงานที่แต่ละองค์กรกำลังให้ความสนใจ หรือแรงงานบุคลากรที่มีความเชี่ยวชาญเฉพาะด้าน ซึ่งภาคเอกชนส่วนใหญ่มีผลต่อการนำเทคโนโลยีพลังงานไปใช้ในอาคารจริง ทำให้ระบบเศรษฐกิจของประเทศเกิดการขับเคลื่อนไปข้างหน้า ซึ่งจะส่งผลต่อการจ้างงาน การเพิ่มขึ้นของรายได้ และการอุปโภคบริโภคของภาคครัวเรือนในประเทศที่เติบโตเพิ่มขึ้น ทำให้ภาครัฐสามารถจัดเก็บภาษีได้มากขึ้น โดยผลการจัดลำดับความสำคัญของเกณฑ์ในประเด็นต่าง ๆ มีดังนี้

2.1) <u>ด้านความพร้อม</u>

ผู้เชี่ยวชาญจากภาคเอกชนและหน่วยงานอิสระได้ให้ค่าความสำคัญของเกณฑ์ในประเด็นต่าง ๆ ด้านความพร้อมที่เกินค่าเฉลี่ย (ค่าเฉลี่ย 2.43) อยู่ 7 ประเด็น โดยประเด็นที่มีค่าความสำคัญสูงที่สุด ได้แก่ ประเด็นนโยบาย โครงสร้างพื้นฐาน รวมทั้งกฎระเบียบที่เกี่ยวข้อง (R1) และการสนับสนุนด้านการเงิน (R2) ซึ่งมีค่าความสำคัญสูงที่สุดเท่ากัน รองลงมาคือ ต้นทุนและผลประโยชน์ (R3) ทรัพยากรบุคคล ผู้เชี่ยวชาญ หรือสถาบันเฉพาะทาง (R5) การบริหารจัดการโครงสร้างพื้นฐาน (R8) การยอมรับจากสังคมและผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย (R4) และฐานข้อมูลเทคโนโลยี (R6) ตามลำดับ และมี 2 ประเด็นที่มีค่าความสำคัญเท่ากับค่าเฉลี่ย ได้แก่ ประเด็นความเป็นไปได้

ของการผลิตภายในประเทศ (R9) และสถานการณ์ปัจจุบันของเทคโนโลยีในประเทศไทย (R10) นอกจากนี้ ยังมีประเด็นที่มีค่าความสำคัญน้อยกว่าค่าเฉลี่ยอยู่ 2 ประเด็น ได้แก่ ประเด็นแนวโน้มระยะสั้น (ภายใน 5 ปี) (R7) สำหรับเกณฑ์ด้านความพร้อมที่มีค่าความสำคัญน้อยที่สุด ได้แก่ สถานการณ์ปัจจุบันของเทคโนโลยีในประเทศที่พัฒนาแล้ว (R11) ดังแสดงในรูปที่ 4-7

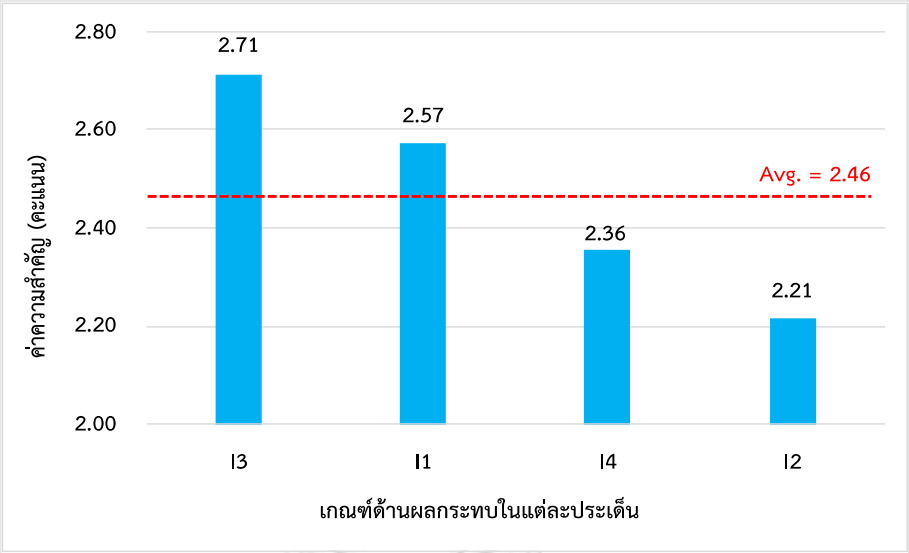


รูปที่ 4-7 ผลการจัดลำดับความสำคัญของเกณฑ์ในประเด็นต่าง ๆ ด้านความพร้อมของผู้เชี่ยวชาญจากภาคเอกชนและหน่วยงานอิสระ

2.2) <u>ด้านผลกระทบ</u>

ผู้เชี่ยวชาญจากภาคเอกชนและหน่วยงานอิสระได้ให้ค่าความสำคัญของเกณฑ์ในประเด็นต่าง ๆ ด้านผลกระทบที่เกินค่าเฉลี่ย (ค่าเฉลี่ย 2.46) อยู่ 2 ประเด็น โดยประเด็นที่มีค่าความสำคัญสูงที่สุด ได้แก่ ประเด็นด้านสิ่งแวดล้อม: มลพิษทางอากาศ, มลพิษทางน้ำ, การปนเปื้อน ฯลฯ (I3) รองลงมาคือ ความสามารถในการแข่งขันและการสร้างมูลค่า (I1) ตามลำดับ นอกจากนี้ ยังมีประเด็นที่มีค่าความสำคัญน้อยกว่าค่าเฉลี่ยอยู่ 2 ประเด็น ได้แก่ ประเด็นการประมาณค่าการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกของเทคโนโลยี (I4) สำหรับเกณฑ์ด้านผลกระทบที่มีค่าความสำคัญน้อยที่สุด ได้แก่ ด้านสังคม: การจ้างงานคนท้องถิ่น/ การกระจายรายได้/ ความเที่ยงธรรม (I2) ตามลำดับ ดังแสดงในรูปที่ 4-8

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University



รูปที่ 4-8 ผลการจัดลำดับความสำคัญของเกณฑ์ในประเด็นต่าง ๆ ด้านผลกระทบของผู้เชี่ยวชาญจากภาคเอกชนและหน่วยงานอิสระ

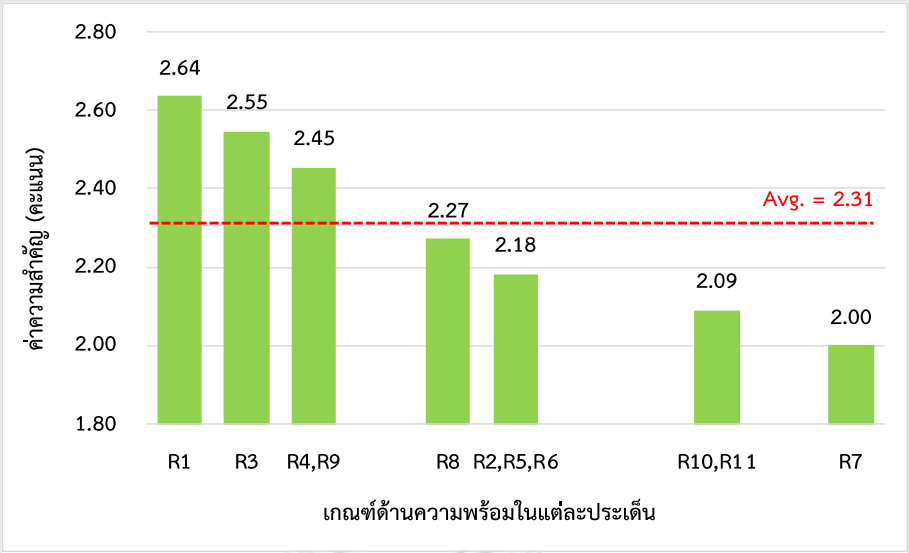
(3) สถาบันการศึกษา

สถาบันการศึกษามีหน้าที่ในการถ่ายทอดความรู้ ทักษะ พื้นฐานในการดำรงชีวิต รวมไปถึงการผลิตและพัฒนาบุคลากรที่มีความหลากหลาย หรือเฉพาะด้าน ซึ่งจะเป็นแรงงานสำคัญทางเศรษฐกิจในการพัฒนาเทคโนโลยีต่อไปในอนาคต โดยผลการจัดลำดับความสำคัญของเกณฑ์ในประเด็นต่าง ๆ มีดังนี้

3.1) <u>ด้านความพร้อม</u>

ผู้เชี่ยวชาญจากสถาบันการศึกษาได้ให้ค่าความสำคัญของเกณฑ์ในประเด็นต่าง ๆ ด้านความพร้อมที่เกินค่าเฉลี่ย (ค่าเฉลี่ย 2.31) อยู่ 4 ประเด็น โดยประเด็นที่มีค่าความสำคัญสูงที่สุด ได้แก่ ประเด็นนโยบาย โครงสร้างพื้นฐาน รวมทั้งกฎระเบียบที่เกี่ยวข้อง (R1) รองลงมาคือ ต้นทุนและผลประโยชน์ (R3) การยอมรับจากสังคมและผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย (R4) และความเป็นไปได้ของการผลิตภายในประเทศ (R9) ตามลำดับ นอกจากนี้ ยังมีประเด็นที่มีค่าความสำคัญน้อยกว่าค่าเฉลี่ยอยู่ 7 ประเด็น ได้แก่ ประเด็นการบริหารจัดการโครงสร้างพื้นฐาน (R8) การสนับสนุนด้านการเงิน (R2) ทรัพยากรบุคคล ผู้เชี่ยวชาญ หรือสถาบันเฉพาะทาง (R5) ฐานข้อมูลเทคโนโลยี (R6) สถานการณ์ปัจจุบันของเทคโนโลยีในประเทศไทย (R10) และสถานการณ์ปัจจุบันของเทคโนโลยีในประเทศที่พัฒนาแล้ว (R11) ตามลำดับ ทั้งนี้ เกณฑ์ด้านความพร้อมที่มีค่าความสำคัญน้อยที่สุด ได้แก่ แนวโน้มระยะสั้น (ภายใน 5 ปี) (R7) ดังแสดงในรูปที่ 4-9

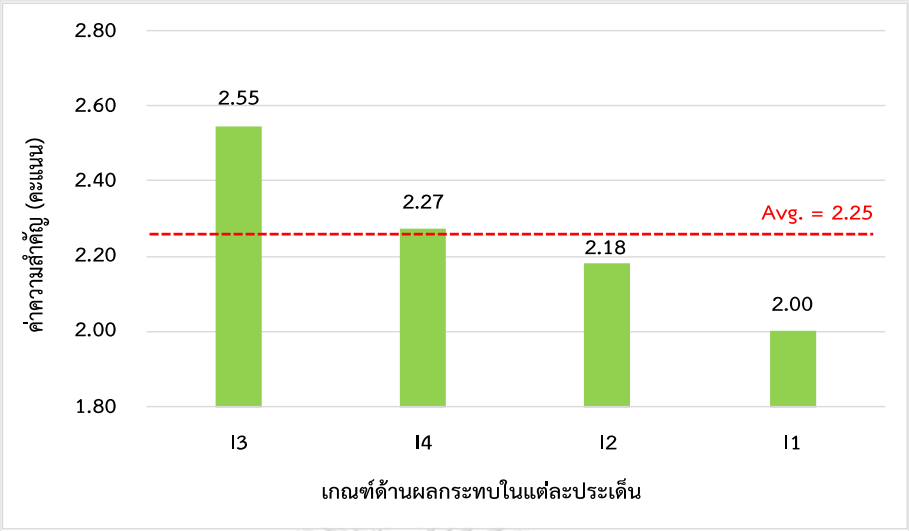
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY



รูปที่ 4-9 ผลการจัดลำดับความสำคัญของเกณฑ์ในประเด็นต่าง ๆ ด้านความพร้อมของผู้เชี่ยวชาญจากสถาบันการศึกษา

3.2) <u>ด้านผลกระทบ</u>

ผู้เชี่ยวชาญจากสถาบันการศึกษาได้ให้ค่าความสำคัญของเกณฑ์ในประเด็นต่าง ๆ ด้านผลกระทบที่เกินค่าเฉลี่ย (ค่าเฉลี่ย 2.25) อยู่ 2 ประเด็น โดยประเด็นที่มีค่าความสำคัญสูงที่สุด ได้แก่ ประเด็นด้านสิ่งแวดล้อม: มลพิษทางอากาศ, มลพิษทางน้ำ, การปนเปื้อน ฯลฯ (I3) รองลงมาคือ การประมาณค่าการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกของเทคโนโลยี (I4) ตามลำดับ นอกจากนี้ ยังมีประเด็นที่มีค่าความสำคัญน้อยกว่าค่าเฉลี่ยอยู่ 2 ประเด็น ได้แก่ ประเด็นด้านสังคม: การจ้างงานคนท้องถิ่น/ การกระจายรายได้/ ความเที่ยงธรรม (I2) สำหรับเกณฑ์ด้านผลกระทบที่มีค่าความสำคัญน้อยที่สุด ได้แก่ ความสามารถในการแข่งขันและการสร้างมูลค่า (I1) ตามลำดับ ดังแสดงในรูปที่ 4-10

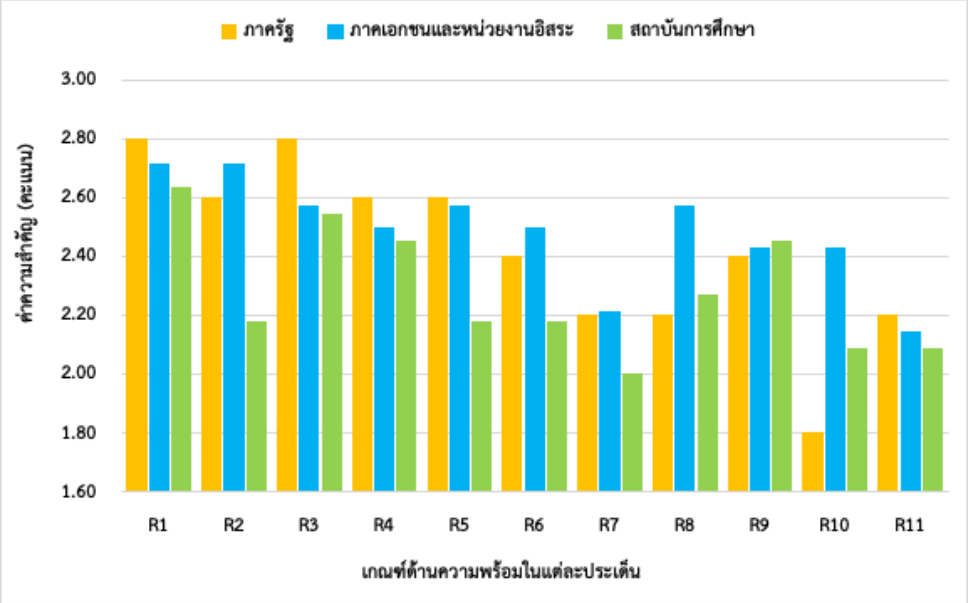


รูปที่ 4-10 ผลการจัดลำดับความสำคัญของเกณฑ์ในประเด็นต่าง ๆ ด้านผลกระทบของผู้เชี่ยวชาญจากสถาบันการศึกษา

4.2.3 ผลการเปรียบเทียบการจัดลำดับความสำคัญของเกณฑ์ในประเด็นต่าง ๆ

(1) ด้านความพร้อม

จากผลการจัดลำดับความสำคัญของเกณฑ์ในประเด็นต่าง ๆ พบว่า ผู้เชี่ยวชาญจากทั้งภาครัฐ ภาคเอกชนและหน่วยงานอิสระ และสถาบันการศึกษา ได้ให้ค่าความสำคัญของเกณฑ์ในประเด็นต่าง ๆ ด้านความพร้อม ในประเด็นนโยบาย โครงสร้างพื้นฐาน รวมทั้งกฎระเบียบที่เกี่ยวข้อง (R1) มีค่าความสำคัญสูงสุดสอดคล้องกัน นอกจากนี้ ยังมีปัจจัยบางส่วนที่แตกต่างกันในประเด็นการสนับสนุนด้านการเงิน (R2) ซึ่งจะเห็นว่า ผู้เชี่ยวชาญจากภาคเอกชนและหน่วยงานอิสระให้ความสำคัญมากกว่าภาครัฐและสถาบันการศึกษา และในประเด็นต้นทุนและผลประโยชน์ (R3) จะเห็นว่า ผู้เชี่ยวชาญจากภาครัฐให้ความสำคัญมากกว่าภาคเอกชนและหน่วยงานอิสระและสถาบันการศึกษา ดังแสดงในรูปที่ 4-11 และ ตารางที่ 4-1 ซึ่งสะท้อนให้เห็นว่า ทั้งสามภาคส่วนให้ความสำคัญกับนโยบาย โครงสร้างพื้นฐาน รวมทั้งกฎระเบียบที่ภาครัฐเป็นผู้กำหนด โดยภาครัฐควรทำการศึกษาข้อมูลที่เกี่ยวข้องก่อนกำหนดนโยบายต่าง ๆ และกำหนดนโยบายให้มีความชัดเจนครอบคลุมในทุก ๆ บริบท และให้สอดคล้องกับความต้องการของภาคเอกชน ที่ให้ความสำคัญกับประเด็นการสนับสนุนด้านการเงินในการลงทุนเกี่ยวกับเทคโนโลยีพลังงานในภาคอาคาร เช่น มาตรการช่วยลดต้นทุน อาทิ มาตรการลดหย่อนภาษี เป็นต้น ซึ่งจะช่วยให้เกิดการตัดสินใจในการลงทุนใช้งานเทคโนโลยีพลังงานในภาคอาคารได้อย่างเป็นอย่างมาก นอกจากนี้ยังจะช่วยให้เกิดความคุ้มค่าต่อการลงทุนในบางเทคโนโลยีที่มีต้นทุนสูง แต่คุ้มค่ากับผลประโยชน์ที่ทุกฝ่ายจะได้รับ ซึ่งสอดคล้องกับประเด็นต้นทุนและผลประโยชน์ที่ภาครัฐได้เล็งเห็นถึงความสำคัญด้วยเช่นกัน



รูปที่ 4-11 *เปรียบเทียบผลการจัดลำดับความสำคัญของเกณฑ์ในประเด็นต่าง ๆ ด้านความพร้อมของทั้ง 3 ภาคส่วน*

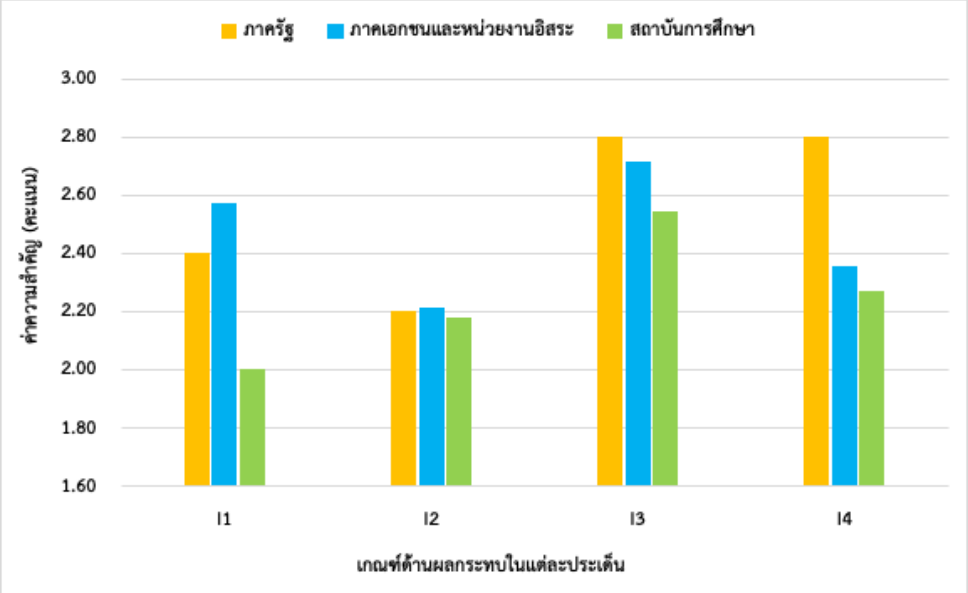
ตารางที่ 4-1 ผลการเปรียบเทียบการจัดลำดับความสำคัญของเกณฑ์ในประเด็นต่าง ๆ ด้านความพร้อม

อันดับ	ภาพรวม	ภาครัฐ	ภาคเอกชนและหน่วยงานอิสระ	สถาบันการศึกษา
1	นโยบาย โครงสร้างพื้นฐาน รวมทั้งกฎระเบียบที่เกี่ยวข้อง (R1)	นโยบาย โครงสร้างพื้นฐาน รวมทั้งกฎระเบียบที่เกี่ยวข้อง (R1) ต้นทุนและผลประโยชน์ (R3)	นโยบาย โครงสร้างพื้นฐาน รวมทั้งกฎระเบียบที่เกี่ยวข้อง (R1) การสนับสนุนด้านการเงิน (R2)	นโยบาย โครงสร้างพื้นฐาน รวมทั้งกฎระเบียบที่เกี่ยวข้อง (R1)
2	ต้นทุนและผลประโยชน์ (R3)	การสนับสนุนด้านการเงิน (R2) การยอมรับจากสังคมและผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย (R4) ทรัพยากรบุคคลผู้เชี่ยวชาญ หรือสถาบันเฉพาะทาง (R5)	ต้นทุนและผลประโยชน์ (R3) ทรัพยากรบุคคลผู้เชี่ยวชาญ หรือสถาบันเฉพาะทาง (R5) การบริหารจัดการโครงสร้างพื้นฐาน (R8)	ต้นทุนและผลประโยชน์ (R3)
3	การสนับสนุนด้านการเงิน (R2) การยอมรับจากสังคมและผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย (R4)	ฐานข้อมูลเทคโนโลยี (R6) ความเป็นไปได้ของการผลิตภายในประเทศ (R9)	การยอมรับจากสังคมและผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย (R4) ฐานข้อมูลเทคโนโลยี (R6)	การยอมรับจากสังคมและผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย (R4) ความเป็นไปได้ของการผลิตภายในประเทศ (R9)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

(2) ด้านผลกระทบ

จากผลการจัดลำดับความสำคัญของเกณฑ์ในประเด็นต่าง ๆ พบว่า ผู้เชี่ยวชาญจากทั้งภาครัฐ ภาคเอกชนและหน่วยงานอิสระ และสถาบันการศึกษา ให้ค่าความสำคัญของเกณฑ์ในประเด็นต่าง ๆ ด้านผลกระทบ ในประเด็นด้านสิ่งแวดล้อม: มลพิษทางอากาศ, มลพิษทางน้ำ, การปนเปื้อน ฯลฯ (I3) มีค่าความสำคัญสูงสุดสอดคล้องกัน นอกจากนี้ ยังมีปัจจัยบางส่วนที่แตกต่างกันในประเด็นการประมาณค่าการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกของเทคโนโลยี (I4) ซึ่งจะเห็นว่าผู้เชี่ยวชาญจากภาครัฐให้ความสำคัญมากกว่าภาคเอกชนและหน่วยงานอิสระ และสถาบันการศึกษา ดังแสดงในรูปที่ 4-12 และ ตารางที่ 4-2 ซึ่งสะท้อนให้เห็นว่า ทั้งสามภาคส่วนให้ความสำคัญกับผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อมที่จะเกิดขึ้นจากการใช้งานเทคโนโลยีเหล่านี้เป็นอย่างมาก จะเห็นได้จากการใช้งานเทคโนโลยีพลังงานในปัจจุบันที่ยังส่งผลกระทบทั้งทางตรงและทางอ้อมต่อสิ่งแวดล้อม เพียงแต่การส่งผลกระทบมากหรือน้อยนั้นอาจขึ้นอยู่กับการพัฒนาเทคโนโลยีอย่างต่อเนื่องให้มีความทันสมัยที่เหมาะสมกับการใช้งานในช่วงเวลานั้น ๆ นอกจากนี้ ประเด็นด้านสิ่งแวดล้อมนั้นยังเป็นประเด็นที่ทุกประเทศต่างให้ความสำคัญเป็นอย่างมากในปัจจุบัน จะเห็นได้จากการร่วมมือกันแก้ไขปัญหาสิ่งแวดล้อมทั่วโลกจากการประชุมรัฐภาคีอนุสัญญาสหประชาชาติว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ซึ่งเชื่อมโยงกับการทำงานของภาครัฐที่ต้องกำหนดแผนยุทธศาสตร์ แผนแม่บท แผนพัฒนาต่าง ๆ ที่จะนำไปสู่แผนปฏิบัติการณ์ในการจัดการกับปัญหาสิ่งแวดล้อมอย่างเห็นผลเป็นรูปธรรม ซึ่งวิธีหนึ่งคือ การส่งเสริมสนับสนุนให้นำเทคโนโลยีพลังงานมาประยุกต์ใช้ในอาคารที่จะช่วยลดการใช้พลังงาน และส่งผลพลอยได้ในการลดก๊าซเรือนกระจก



รูปที่ 4-12 เปรียบเทียบผลการจัดลำดับความสำคัญของเกณฑ์ในประเด็นต่าง ๆ ด้านผลกระทบของทั้ง 3 ภาคส่วน

ตารางที่ 4-2 ผลการเปรียบเทียบการจัดลำดับความสำคัญของเกณฑ์ในประเด็นต่าง ๆ ด้านผลกระทบ

อันดับ	ภาพรวม	ภาครัฐ	ภาคเอกชนและหน่วยงานอิสระ	สถาบันการศึกษา
1	ด้านสิ่งแวดล้อม: มลพิษทางอากาศ, มลพิษทางน้ำ, การปนเปื้อน ฯลฯ (I3)	ด้านสิ่งแวดล้อม: มลพิษทางอากาศ, มลพิษทางน้ำ, การปนเปื้อน ฯลฯ (I3) การประมาณค่าการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกของเทคโนโลยี (I4)	ด้านสิ่งแวดล้อม: มลพิษทางอากาศ, มลพิษทางน้ำ, การปนเปื้อน ฯลฯ (I3)	ด้านสิ่งแวดล้อม: มลพิษทางอากาศ, มลพิษทางน้ำ, การปนเปื้อน ฯลฯ (I3)
2	การประมาณค่าการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกของเทคโนโลยี (I4)	ความสามารถในการแข่งขันและการสร้างมูลค่า (I1)	ความสามารถในการแข่งขันและการสร้างมูลค่า (I1)	การประมาณค่าการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกของเทคโนโลยี (I4
3	ความสามารถในการแข่งขันและการสร้างมูลค่า (I1)	ด้านสังคม: การจ้างงานคนท้องถิ่น/ การกระจายรายได้/ ความเที่ยงธรรม (I2)	การประมาณค่าการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกของเทคโนโลยี (I4)	ด้านสังคม: การจ้างงานคนท้องถิ่น/ การกระจายรายได้/ ความเที่ยงธรรม (I2)

อย่างไรก็ดี หากภาครัฐและภาคเอกชนเห็นสอดคล้องกันในประเด็นสถานการณ์ปัจจุบันของเทคโนโลยีในประเทศไทยและในประเทศที่พัฒนาแล้ว รวมถึงประเด็นด้านสังคมเกี่ยวกับการจ้างงาน/การกระจายรายได้สู่คนท้องถิ่น จะช่วยผลักดันให้เกิดความยั่งยืนในชุมชน รวมถึงจะเป็นการเพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขันของประเทศอีกด้วย ดังนั้น หากทั้งสามภาคส่วนเห็นสอดคล้องกัน โดยที่ภาครัฐควรผลักดันนโยบายให้สอดคล้องตามที่ภาคเอกชนต้องการ ในขณะเดียวกันสถาบันการศึกษาควรเตรียมความพร้อมของบุคลากรที่มีความรู้ ความเชี่ยวชาญในด้านนี้ให้สอดคล้องกับที่ภาคเอกชนต้องการ เพื่อรองรับในการพัฒนาเทคโนโลยีต่าง ๆ ที่จะเกิดขึ้นในอนาคต ซึ่งจะช่วยผลักดันให้ประเทศสามารถขับเคลื่อนไปข้างหน้าได้อย่างยั่งยืน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

4.3 ผลการจัดลำดับความสำคัญของเทคโนโลยีพลังงานในภาคอาคารของประเทศไทย

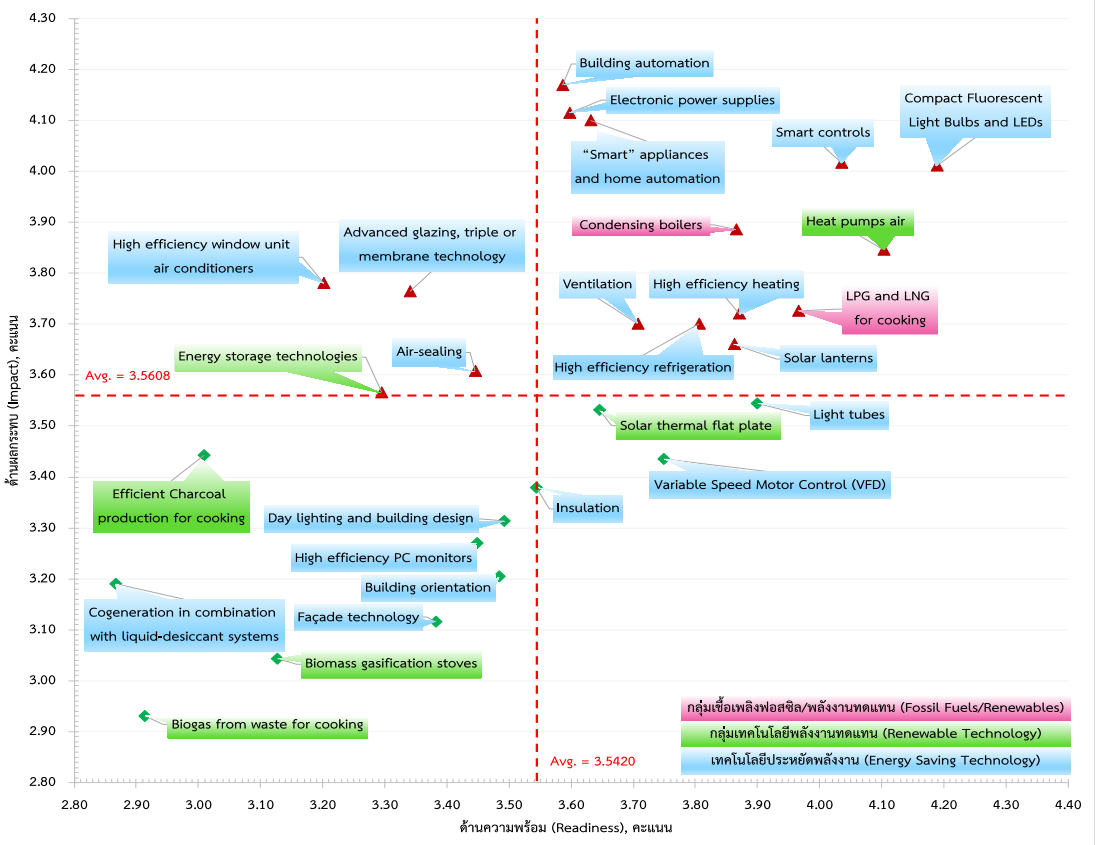
งานวิจัยนี้ได้ให้ผู้เชี่ยวชาญ ผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย และผู้เกี่ยวข้องในด้านเทคโนโลยีพลังงานในภาคอาคารของประเทศไทย ทำการประเมินให้ค่าคะแนนแต่ละเทคโนโลยีด้วยวิธีการประเมินแบบ Multi-Criteria Analysis (MCA) โดยพิจารณาเปรียบเทียบด้านความพร้อม (Readiness) และผลกระทบ (Impact) ในประเด็นต่าง ๆ ซึ่งความหมายของความพร้อม และผลกระทบในที่นี้ หมายถึง ความพร้อม (Readiness) ต่อการนำไปใช้งานของเทคโนโลยีพลังงานในภาคอาคาร ซึ่งประกอบด้วย 11 ประเด็น และผลกระทบ (Impact) ต่อการลดก๊าซเรือนกระจกของเทคโนโลยีพลังงานในภาคอาคาร ซึ่งประกอบด้วย 4 ประเด็น และทำการวิเคราะห์ผลโดยการจัดทำแผนภาพ (Scenario Analysis) โดยใช้ค่าน้ำหนักของเกณฑ์แต่ละประเด็นตามผลการประเมินจากผู้เชี่ยวชาญ มาคูณคะแนนเฉลี่ยที่ประเด็นต่าง ๆ ของแต่ละเทคโนโลยีตามผลการประเมินจากผู้เชี่ยวชาญ จะได้คะแนนในประเด็นต่าง ๆ ของแต่ละเทคโนโลยี และใช้คะแนนเฉลี่ยในประเด็นต่าง ๆ ของแต่ละเทคโนโลยีทั้งด้านความพร้อมและผลกระทบในการแบ่งสถานภาพออกเป็น 4 สถานภาพ เพื่อพิจารณาตำแหน่งของเทคโนโลยี โดยแต่ละสถานภาพมีความหมาย ดังนี้

สถานภาพที่ 1 (ซ้ายบน) คือ สถานภาพที่มีความพร้อมต่ำ แต่มีผลกระทบสูง
สถานภาพที่ 2 (ขวาบน) คือ สถานภาพที่มีความพร้อมสูง และมีผลกระทบสูง
สถานภาพที่ 3 (ซ้ายล่าง) คือ สถานภาพที่มีความพร้อมต่ำ และมีผลกระทบต่ำ
สถานภาพที่ 4 (ขวาล่าง) คือ สถานภาพที่มีความพร้อมสูง แต่มีผลกระทบต่ำ

4.3.1 แผนภาพแสดงการจัดลำดับความสำคัญของเทคโนโลยีพลังงานในภาคอาคารของประเทศไทย

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

แผนภาพแสดงความพร้อมและผลกระทบของเทคโนโลยีพลังงานในภาคอาคารของประเทศไทย พิจารณาโดยใช้ค่าน้ำหนักของเกณฑ์แต่ละประเด็นตามผลการประเมินจากผู้เชี่ยวชาญ มาคูณคะแนนเฉลี่ยที่ประเด็นต่าง ๆ ของแต่ละเทคโนโลยีตามผลการประเมินจากผู้เชี่ยวชาญ จะได้คะแนนในประเด็นต่าง ๆ ของแต่ละเทคโนโลยี ดังแสดงในภาคผนวก ค และใช้คะแนนเฉลี่ยในประเด็นต่าง ๆ ของแต่ละเทคโนโลยีทั้งด้านความพร้อมและผลกระทบในการแบ่งสถานภาพ ซึ่งมีค่าเฉลี่ยด้านความพร้อมเท่ากับ 3.54 และค่าเฉลี่ยด้านผลกระทบเท่ากับ 3.56 ดังแสดงในรูปที่ 4-13



รูปที่ 4-13 แผนภาพแสดงความพร้อมและผลกระทบของเทคโนโลยีพลังงานในภาคอาคารของประเทศไทย พิจารณาค่าน้ำหนักของเกณฑ์แต่ละประเด็นตามผลการประเมินจากผู้เชี่ยวชาญประเมิน

จากแผนภาพในรูปที่ 4-13 เมื่อพิจารณาตำแหน่งของเทคโนโลยีพลังงานแต่ละเทคโนโลยี โดยใช้คะแนนเฉลี่ยในประเด็นต่าง ๆ ของแต่ละเทคโนโลยีทั้งด้านความพร้อมและผลกระทบ สามารถแบ่งเทคโนโลยีพลังงานในภาคอาคารเป็น 4 สถานภาพ ดังแสดงในตารางที่ 4-3

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 4-3 แสดงสถานภาพด้านความพร้อมและผลกระทบของเทคโนโลยีพลังงานในภาคอาคารของประเทศไทย

สถานภาพที่ 1 ความพร้อมต่ำ + ผลกระทบสูง	**สถานภาพที่ 2 ความพร้อมสูง + ผลกระทบสูง**
1. High efficiency window unit air conditioners 2. Advanced glazing 3. Air-sealing 4. Energy storage technologies	1. Building automation 2. Electronic power supplies 3. “Smart” appliances and home automation 4. Smart controls 5. Compact Fluorescent Light Bulbs and LEDs 6. Condensing boilers 7. Heat pumps air 8. LPG and LNG for cooking 9. High efficiency heating 10. Ventilation 11. High efficiency refrigeration 12. Solar lanterns
สถานภาพที่ 3 ความพร้อมต่ำ + ผลกระทบต่ำ	**สถานภาพที่ 4 ความพร้อมสูง + ผลกระทบต่ำ**
1. Efficient Charcoal production for cooking 2. Day lighting and building design 3. High efficiency PC monitors 4. Building orientation 5. Cogeneration in combination with liquid-desiccant systems 6. Façade technology 7. Biomass gasification stoves 8. Biogas from waste for cooking	1. Light tubes 2. Solar thermal flat plate 3. Variable Speed Motor Control (VFD) 4. Insulation

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

จากตารางที่ 4-3 สามารถอธิบายทั้ง 4 สถานภาพ ได้ดังนี้

สถานภาพที่ 1 คือ สถานภาพที่มีค่าเฉลี่ยด้านความพร้อมต่ำกว่า 3.54 แต่มีค่าเฉลี่ยด้านผลกระทบตั้งแต่ 3.56 ขึ้นไป หมายความว่า เทคโนโลยีเหล่านี้เป็นเทคโนโลยีที่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมค่อนข้างน้อย ช่วยลดการเกิดมลพิษทางสิ่งแวดล้อมในพื้นที่บริเวณกว้าง และสามารถลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้ดี โดยเฉพาะเทคโนโลยีเก็บสะสมพลังงาน (Energy storage technologies) แต่ยังขาดความพร้อมในการนำไปใช้งานในบางประเด็น อาทิ การสนับสนุนทางการเงิน หากได้รับการสนับสนุนที่เหมาะสมจะสามารถเพิ่มศักยภาพในการแข่งขันทางการเงินของประเทศ โดยมีความเป็นไปได้ในการสร้างมูลค่าทางการตลาดสูงมาก แม้ว่ายังอยู่ในขั้นตอนการพัฒนาและต้องพึ่งพาการนำเข้าเทคโนโลยีชนิดนี้อยู่ นอกจากนี้ยังมีข้อจำกัดในการกระจายใช้งาน เนื่องจากมีต้นทุนค่อนข้างสูง จึงมีการกระจายใช้งานในบางพื้นที่เท่านั้น และยังมีความเป็นไปได้น้อยมากในสถานการณ์ปัจจุบันที่หน่วยงานต่าง ๆ จะนำเทคโนโลยีนี้ไปประยุกต์ใช้งาน อาจเพราะที่มีต้นทุนค่อนข้างสูงและยังต้องพึ่งการนำเข้าจึงทำให้ยังไม่เป็นที่รู้จักมากนัก ดังนั้น รัฐควรสนับสนุนด้านการเงิน อาทิ การลดหย่อนภาษีนำเข้า หรือการลงทุนวิจัยและพัฒนาบุคลากร เพื่อให้สามารถผลิตได้เองในประเทศ ซึ่งจะช่วยลดต้นทุนจากการนำเข้า และยังช่วยเพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขันของประเทศอีกด้วย นอกจากนี้ ควรทำการประชาสัมพันธ์ เผยแพร่ ให้ความรู้เกี่ยวกับประโยชน์ของเทคโนโลยีเหล่านี้ เพื่อให้เกิดความพร้อมต่อการกระจายไปใช้งานในอนาคต

สถานภาพที่ 2 คือ สถานภาพที่มีค่าเฉลี่ยด้านความพร้อมตั้งแต่ 3.54 ขึ้นไป และมีค่าเฉลี่ยด้านผลกระทบตั้งแต่ 3.56 ขึ้นไป หมายความว่า เทคโนโลยีเหล่านี้มีความพร้อมในการนำไปใช้งานสูงมากในหลายประเด็น กล่าวคือ เทคโนโลยีเหล่านี้ได้การยอมรับจากผู้มีส่วนได้ส่วนเสียจากทุกภาคส่วน ทั้งภาครัฐบาล ท้องถิ่น และประชาชน ทั้งยังมีกลุ่มผู้เชี่ยวชาญที่มีความรู้ความชำนาญ รวมถึงฐานข้อมูลเทคโนโลยีที่สมบูรณ์สามารถนำไปพัฒนาต่อยอดได้ และยังมีนโยบายที่สนับสนุนเทคโนโลยีเหล่านี้โดยตรง และบางเทคโนโลยีที่กำลังพิจารณาเพื่อจัดทำกฎระเบียบให้รองรับต่อไปในอนาคต นอกจากมีความพร้อมในการนำไปใช้งานสูงแล้วยังส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในเชิงบวก ช่วยลดปัญหามลพิษต่าง ๆ ได้สูง รวมถึงสามารถเพิ่มศักยภาพในการแข่งขันทางการเงินของประเทศได้อีกด้วย โดยบางเทคโนโลยีมีความเป็นไปได้ในการสร้างมูลค่าทางการตลาดสูงมาก เช่น เทคโนโลยีอาคารอัตโนมัติ (Building automation) การควบคุมอัจฉริยะ (Smart controls) และเครื่องใช้ไฟฟ้าอัจฉริยะและบ้านอัตโนมัติ (“Smart” appliances and home automation) เป็นต้น แม้ว่าเทคโนโลยีในสถานภาพนี้จะมีความพร้อมและผลกระทบสูงแล้ว ยังมีบางเทคโนโลยีที่มีความพร้อมต่ำกว่าเทคโนโลยีในกลุ่ม หรือบางเทคโนโลยีมีผลกระทบต่ำกว่าเทคโนโลยีในกลุ่ม เช่น เทคโนโลยีโคมไฟพลังงานแสงอาทิตย์ (Solar lanterns) เป็นต้น ดังนั้น รัฐควรผลักดัน ส่งเสริม

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

สนับสนุน เทคโนโลยีเหล่านี้ให้เป็นที่รู้จักและเกิดการใช้งานกระจายอย่างกว้างขวาง และควรสนับสนุนด้านการเงิน เพื่อดึงดูดให้ภาคเอกชนสนใจหันมาลงทุนในเทคโนโลยีเหล่านี้มากขึ้น ซึ่งจะช่วยให้ภาครัฐบรรลุเป้าหมายในการลดการใช้พลังงาน และยังช่วยลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เป็นผลพลอยได้จากการลดการใช้พลังงานอีกด้วย

สถานภาพที่ 3 คือ สถานภาพที่มีค่าเฉลี่ยด้านความพร้อมต่ำกว่า 3.54 และมีค่าเฉลี่ยด้านผลกระทบต่ำกว่า 3.56 หมายความว่า เทคโนโลยีเหล่านี้มีความพร้อมในการนำไปใช้งานและส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในเชิงบวกน้อยค่อนข้างน้อย เนื่องจากบางเทคโนโลยีอาจยังไม่มีนโยบายสนับสนุนหรือยังไม่มีกฎระเบียบรองรับ ประกอบกับมีการสนับสนุนด้านการเงินน้อย มีโครงสร้างพื้นฐานที่รองรับได้น้อย และยังไม่เป็นที่รู้จักกว้างขวางมากนัก โดยเฉพาะเทคโนโลยีระบบผลิตพลังงานร่วมกับระบบของเหลวดูดความชื้น (ควบคุมความชื้นในร่ม) (Cogeneration in combination with liquid-desiccant systems) นอกจากนี้ยังส่งผลกระทบด้านสังคมในแง่ของการจ้างงาน การระจายรายได้น้อย และยังขาดการทางมูลค่าทางการตลาด แม้ว่าเทคโนโลยีเหล่านี้จะมีความพร้อมในการนำไปใช้งานและส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในเชิงบวกน้อยค่อนข้างน้อย แต่บางเทคโนโลยีก็มีพร้อมในการนำไปใช้งานในประเด็นอื่น ๆ ที่สูง ซึ่งหากได้รับการส่งเสริม สนับสนุน และผลักดันจากภาครัฐ รวมถึงภาคเอกชน และสถาบันการศึกษา ก็จะสามารถช่วยให้เทคโนโลยีเหล่านี้เกิดความพร้อมเพิ่มมากขึ้นได้

สถานภาพที่ 4 คือ สถานภาพที่มีค่าเฉลี่ยด้านความพร้อมตั้งแต่ 3.54 ขึ้นไป แต่มีค่าเฉลี่ยด้านผลกระทบต่ำกว่า 3.56 หมายความว่า เทคโนโลยีเหล่านี้มีความพร้อมในการนำไปใช้งานสูง โดยมีนโยบาย กฎระเบียบ ที่ชัดเจนในการสนับสนุนเทคโนโลยีเหล่านี้ และยังมีเครือข่ายบุคลากรที่มีความรู้ความเชี่ยวชาญเกี่ยวกับเทคโนโลยีเหล่านี้ในการแลกเปลี่ยนความรู้ พร้อมทั้งฐานข้อมูลเกี่ยวกับเทคโนโลยีที่ครบถ้วนและเปิดให้ผู้ใช้งานทุกคนสามารถเข้าถึงฐานข้อมูลเพื่อนำไปพัฒนาต่อยอดได้ โดยเฉพาะเทคโนโลยีแผงรับแสงอาทิตย์แบบแผ่นเรียบ สำหรับทำน้ำร้อน ลมร้อน ระบายความร้อน (Solar thermal flat plate – for hot water, hot air, cooling) ที่มีบุคลากรที่มีความรู้ความเชี่ยวชาญในประเทศเป็นจำนวนมาก และเป็นเทคโนโลยีที่รู้จักกันอย่างกว้างขวาง ทั้งยังได้รับการยอมรับจากทุกภาคส่วน ในขณะที่เทคโนโลยีอุปกรณ์ควบคุมความเร็วรอบมอเตอร์ (VFD) (Variable Speed Motor Control) ก็เป็นที่รู้จักและได้รับการยอมรับจากทุกภาคส่วนเช่นกัน ถึงแม้ว่าเทคโนโลยีเหล่านี้จะมีความพร้อมในการนำไปใช้งานสูง แต่ยังขาดผลกระทบต่อสังคมในแง่ของการจ้างงาน การระจายรายได้สู่คนท้องถิ่น ดังนั้น ภาครัฐควรสนับสนุนและผลักดันให้เกิดการจ้างงานคนในท้องถิ่น เป็นกระจายรายได้ให้แก่ชุมชนในท้องถิ่นนั้น ๆ เพื่อเติมเต็มให้เทคโนโลยีเหล่านี้มีผลกระทบในเชิงบวกสูงขึ้น

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

4.3.2 ผลการจัดลำดับความสำคัญของเทคโนโลยีพลังงานในภาคอาคารของประเทศไทย ทั้งด้านความพร้อมและด้านผลกระทบ

(1) ด้านผลกระทบ

ผลการจัดลำดับความสำคัญของเทคโนโลยีพลังงานในภาคอาคารของประเทศไทย เมื่อพิจารณาเฉพาะเทคโนโลยีที่มีคะแนนด้านผลกระทบสูงกว่าค่าเฉลี่ย (3.54) จำนวน 16 รายการ และความหมายของผลกระทบ (Impact) ในที่นี้ หมายถึง ผลกระทบต่อการลดก๊าซเรือนกระจกของเทคโนโลยีพลังงานในภาคอาคาร โดยผลการจัดลำดับความสำคัญ 5 อันดับแรก ดังแสดงในรูปที่ 4-14

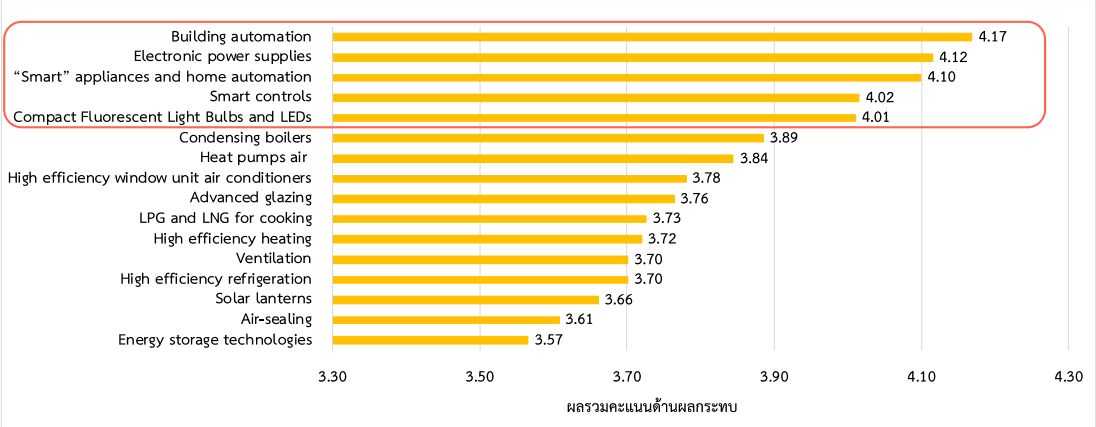
1) อาคารอัตโนมัติ/เพิ่มประสิทธิภาพของระบบการจัดการ, ปรับปรุงเซ็นเซอร์ความร้อน (Building automation/management system optimization, improved enthalpy sensors)

2) อุปกรณ์ไฟฟ้าอิเล็กทรอนิกส์ (Electronic power supplies)

3) เครื่องใช้ไฟฟ้าอัจฉริยะและบ้านอัตโนมัติ (“Smart” appliances and home automation)

4) การควบคุมอัจฉริยะ (Smart controls)

5) หลอดคอมแพคฟลูออเรสเซนต์, หลอด LED (Compact Fluorescent Light Bulbs and LEDs)



รูปที่ 4-14 ผลการจัดลำดับความสำคัญของเทคโนโลยีที่มีผลกระทบสูง โดยพิจารณาด้านผลกระทบ

โดยผู้เชี่ยวชาญให้ความสำคัญในประเด็นด้านสิ่งแวดล้อม: มลพิษทางอากาศ, มลพิษทางน้ำ, การปนเปื้อน ฯลฯ (I3) สูงสุด ซึ่งเทคโนโลยีใน 5 อันดันแรก ถือเป็นเทคโนโลยีที่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในเชิงบวกสูงมาก และยังช่วยลดการเกิดมลพิษทางสิ่งแวดล้อมในพื้นที่บริเวณกว้างได้สูง ทั้งยังสามารถเพิ่มศักยภาพในการแข่งขันทางการเงินให้ประเทศได้ โดยบางเทคโนโลยีมีความเป็นไปได้ในการสร้างมูลค่าทางการตลาดสูงมาก นอกจากนี้ ยังสามารถช่วยลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ซึ่งเป็นผลพลอยได้จากการลดการใช้พลังงานของอาคารอีกด้วย

(2) ด้านความพร้อม

ผลการจัดลำดับความสำคัญของเทคโนโลยีพลังงานในภาคอาคารของประเทศไทย เมื่อพิจารณาเฉพาะเทคโนโลยีที่มีคะแนนด้านผลกระทบสูงกว่าค่าเฉลี่ย (3.54) จำนวน 16 รายการ และความหมายของความพร้อม (Readiness) ในที่นี้ หมายถึง ความพร้อมต่อการนำไปใช้งานของเทคโนโลยีพลังงานในภาคอาคาร โดยผลการจัดลำดับความสำคัญ 5 อันดับแรก ดังแสดงในรูปที่ 4-15

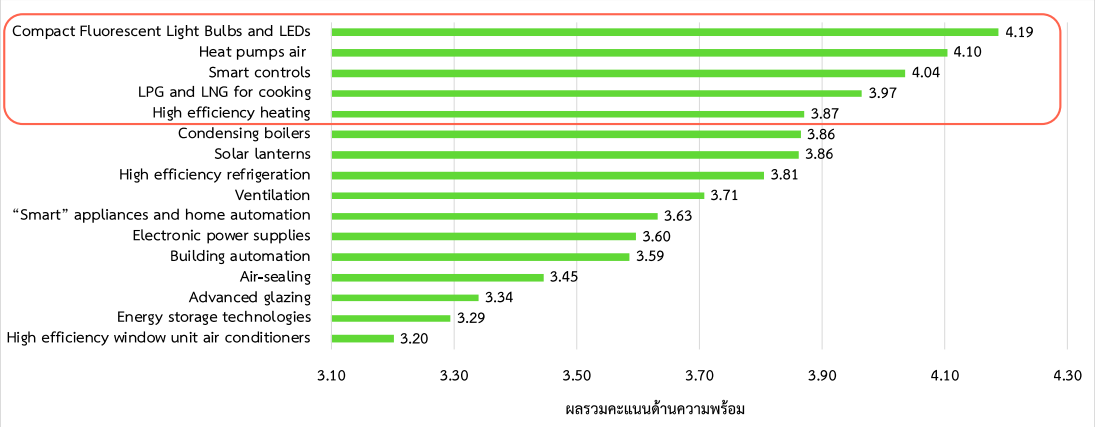
1) หลอดคอมแพคฟลูออเรสเซนต์, หลอด LED (Compact Fluorescent Light Bulbs and LEDs)

2) ปั๊มความร้อน โดยผ่านอากาศ/พื้นดิน/น้ำ (Heat pumps air or ground or water sourced for residential sectors)

3) การควบคุมอัจฉริยะ (Smart controls)

4) LPG และ LNG สำหรับใช้ในครัวเรือนและการปรุงอาหารในเชิงพาณิชย์ (LPG and LNG for household and commercial cooking)

5) ระบบความร้อน ระบายอากาศ ปรับอากาศ (HVAC)/ Free cooling ในอาคาร (High efficiency heating, venting, and air conditioning (HVAC), free cooling, plants)



รูปที่ 4-15 ผลการจัดลำดับความสำคัญของเทคโนโลยีที่มีผลกระทบสูง โดยพิจารณาด้านความพร้อม

โดยผู้เชี่ยวชาญให้ความสำคัญในประเด็นการยอมรับจากสังคมและผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย (R4) สูงสุด ฐานข้อมูลเทคโนโลยี (R6) และนโยบาย โครงสร้างพื้นฐานรวมทั้งกฎระเบียบที่เกี่ยวข้อง (R1) ซึ่งเทคโนโลยีใน 5 อันดันแรก ถือเป็นเทคโนโลยีที่ได้รับการยอมรับจากผู้มีส่วนได้ส่วนเสียทุกภาคส่วน ส่วนใหญ่มีการนำไปใช้งานกระจายอย่างกว้างขวาง ทั้งยังมีฐานข้อมูลเทคโนโลยีที่ทุกคนสามารถเข้าถึงได้ ประกอบกับมีนโยบายและกฎระเบียบที่รองรับสนับสนุนอย่างชัดเจน

ตารางที่ 4-4 ผลการจัดลำดับความสำคัญของเทคโนโลยีในภาคอาคารของประเทศไทย ทั้งด้านความพร้อมและด้านผลกระทบ 5 อันดับ

ด้านผลกระทบ	ด้านความพร้อม
1) อาคารอัตโนมัติ/เพิ่มประสิทธิภาพของระบบการจัดการ, ปรับปรุงเซ็นเซอร์ความร้อน 2) อุปกรณ์ไฟฟ้าอิเล็กทรอนิกส์ 3) เครื่องใช้ไฟฟ้าอัจฉริยะและบ้านอัตโนมัติ 4) การควบคุมอัจฉริยะ 5) หลอดคอมแพคฟลูออเรสเซนต์, หลอด LED	1) หลอดคอมแพคฟลูออเรสเซนต์, หลอด LED 2) ปั๊มความร้อน โดยผ่านอากาศ/พื้นดิน/น้ำ 3) การควบคุมอัจฉริยะ 4) LPG และ LNG สำหรับใช้ในครัวเรือนและการปรุงอาหารในเชิงพาณิชย์ 5) ระบบความร้อน ระบายอากาศ ปรับอากาศ (HVAC)/ Free cooling ในอาคาร

จากผลการจัดลำดับความสำคัญของเทคโนโลยีพลังงานในภาคอาคารของประเทศไทยในบริบทด้านผลกระทบ โดยผลกระทบในที่นี้ หมายถึง ผลกระทบในเชิงบวก กล่าวคือ เทคโนโลยีนี้สามารถช่วยลดก๊าซเรือนกระจกได้มากที่สุด ซึ่งผู้เชี่ยวชาญเห็นว่า เทคโนโลยีอาคารอัตโนมัติ/เพิ่มประสิทธิภาพของระบบการจัดการ, ปรับปรุงเซ็นเซอร์ความร้อน (Building automation/management system optimization, improved enthalpy sensors) มีผลกระทบในประเด็นด้านสิ่งแวดล้อม: มลพิษทางอากาศ, มลพิษทางน้ำ, การปนเปื้อน ฯลฯ (I3) สูงสุด รองลงมาคือ เทคโนโลยีอุปกรณ์ไฟฟ้าอิเล็กทรอนิกส์ (Electronic power supplies) เทคโนโลยีเครื่องใช้ไฟฟ้าอัจฉริยะและบ้านอัตโนมัติ (“Smart” appliances and home automation) เทคโนโลยีการควบคุมอัจฉริยะ (Smart controls) และเทคโนโลยีหลอดคอมแพคฟลูออเรสเซนต์, หลอด LED (Compact Fluorescent Light Bulbs and LEDs) ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 4-4 โดยส่วนใหญ่แล้วอาคารอัตโนมัติจะเป็นอาคารที่ใช้ในเชิงพาณิชย์ ไม่ใช่อาคารที่พักอาศัย เช่น อาคารสำนักงาน ศูนย์การค้า และโรงแรม เป็นต้น ซึ่งแตกต่างจากบ้านอัตโนมัติ โดยอาคารอัตโนมัตินั้นจะมีการติดตั้งเซ็นเซอร์ที่เชื่อมต่อกับอุปกรณ์ต่าง ๆ ซึ่งเซ็นเซอร์ที่เชื่อมต่อกันนั้นจะรวบรวมข้อมูลสภาพแวดล้อม และข้อมูลเชิงลึกเกี่ยวกับระดับการใช้พลังงาน รวมถึงการใช้งานของอาคาร และส่งข้อมูลนี้ไปประมวลผลที่ Building management system (BMS) ส่วนกลางที่ทำงานในพื้นที่หรือระบบคลาวด์ จากนั้นข้อมูลจะถูกใช้เพื่อกระตุ้นให้เกิดการทำงานโดยอัตโนมัติในการปรับระบบปรับอากาศ ระบบแสงสว่าง ระบบรักษาความปลอดภัย ระบบประปา และอุปกรณ์อื่น ๆ ภายในอาคาร โดยที่สามารถตัดสินใจได้โดยอัตโนมัติ เพื่อให้เกิดการทำงานที่เหมาะสมอย่างมีประสิทธิภาพสูงสุดของอาคาร โดยมีกรณีศึกษา คือ อาคาร The Edge ตั้งอยู่ที่กรุงอัมสเตอร์ดัม ประเทศเนเธอร์แลนด์ เป็นอาคารสำนักงานขนาด 40,000 ตารางเมตร มีการติดตั้งเซ็นเซอร์ประมาณ 28,000 ตัว ที่ช่วยให้ระบบการจัดการอาคาร (BMS) สามารถรวบรวมข้อมูลและประมวลผลเกี่ยวกับพารามิเตอร์ที่สำคัญได้ เช่น

ความชื้น ความสว่าง และอุณหภูมิ เป็นต้น และจัดการปรับเปลี่ยนการทำงานในอาคารโดยอัตโนมัติกับระบบปรับอากาศ HVAC (การทำความร้อน การระบายอากาศ และการปรับอากาศ) ระบบแสงสว่าง และระบบอื่น ๆ ให้สามารถปฏิบัติงานได้อย่างมีประสิทธิภาพมากที่สุด ส่งผลทำให้ใช้พลังงานไฟฟ้าน้อยกว่าอาคารสำนักงานทั่วไปถึง 70% ทำให้อาคาร The Edge เป็นหนึ่งในโครงสร้างอัจฉริยะที่ประหยัดพลังงานมากที่สุดในโลก และในปัจจุบันอาคารอัตโนมัติกำลังมีความนิยมเพิ่มมากขึ้น จากการวิจัยตลาดล่าสุดได้คาดการณ์ว่าตลาดสำหรับอุปกรณ์ที่ใช้ในอาคารอัตโนมัติจะเติบโตเพิ่มขึ้นเป็นสองเท่าภายในปี 2022 โดยมีอัตราการเติบโตเฉลี่ยรวม (CAGR – compound annual growth rate) ที่ 16% ซึ่งจะทำให้อาคารในปัจจุบันสามารถเปลี่ยนเป็นอาคารอัจฉริยะแห่งอนาคตที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมและเฝ้าระวังตัวเองได้ ซึ่งจะช่วยแก้ปัญหาความท้าทายที่เกิดจากการขยายตัวของเมือง และการเปลี่ยนแปลงของสภาพภูมิอากาศที่ส่งผลต่อสังคมได้ [35]

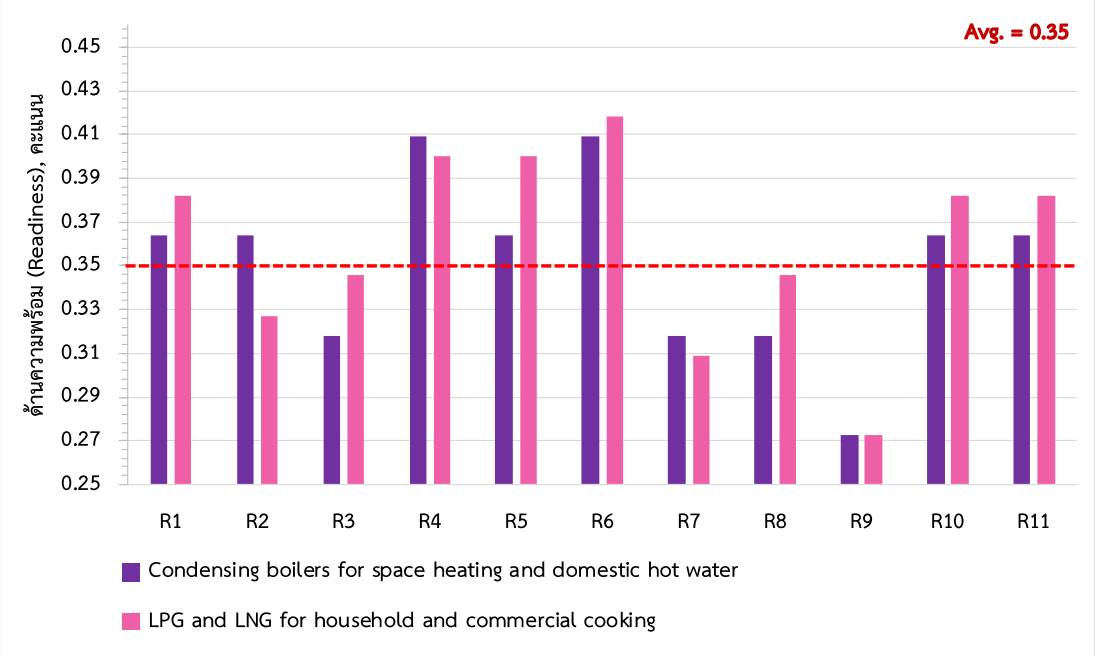
ส่วนผลการจัดลำดับความสำคัญของเทคโนโลยีพลังงานในภาคอาคารของประเทศไทยในบริบทด้านความพร้อม โดยความพร้อมในที่นี้ หมายถึง ความพร้อมต่อการนำเทคโนโลยีไปใช้งานในภาคอาคาร ซึ่งผู้เชี่ยวชาญเห็นว่า เทคโนโลยีหลอดคอมแพคฟลูออเรสเซนต์, หลอด LED (Compact Fluorescent Light Bulbs and LEDs) มีความพร้อมในประเด็นการยอมรับจากสังคมและผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย (R4) สูงสุด รองลงมาคือ เทคโนโลยีปั๊มความร้อน โดยผ่านอากาศ/พื้นดิน/น้ำ (Heat pumps air or ground or water sourced for residential sectors) เทคโนโลยีการควบคุมอัจฉริยะ (Smart controls) เทคโนโลยี LPG และ LNG สำหรับใช้ในครัวเรือนและการปรุงอาหารในเชิงพาณิชย์ (LPG and LNG for household and commercial cooking) และเทคโนโลยีระบบความร้อน ระบายอากาศ ปรับอากาศ (HVAC)/ Free cooling ในอาคาร (High efficiency heating, venting, and air conditioning (HVAC), free cooling, plants) ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 4-4 โดยในปัจจุบันหลอดฟลูออเรสเซ็นต์ (T5) เป็นอุปกรณ์หนึ่งที่ได้รับความสนใจจากหลายหน่วยงานและถูกนำมาใช้ทดแทนหลอดฟลูออเรสเซ็นต์ (T8) ซึ่งเป็นหลอดที่มีขนาดใหญ่และกินพลังงานไฟฟ้ามากกว่า และยังได้มีการพัฒนาหลอดแอลอีดี (LED) ให้มีประสิทธิภาพสูงขึ้นและสามารถให้แสงสว่างได้ใกล้เคียงกับแสงจากหลอดฟลูออเรสเซ็นต์และแสงธรรมชาติได้ ซึ่งถือเป็นอีกทางเลือกหนึ่งในการเลือกนำไปใช้งาน ซึ่งหลอดไฟทั้งสองแบบนั้นสามารถประหยัดกำลังไฟฟ้าได้ดีกว่าหลอดแบบเก่า ในขณะที่ให้ปริมาณความเข้มของแสงสว่างมากกว่า และมีอายุการใช้งานนานขึ้นอีกด้วย นอกจากนี้ หลอด LED ยังมีแนวโน้มที่จะมีราคาถูกลง จะเห็นได้ว่าผู้ใช้งานส่วนใหญ่โดยเฉพาะภาครัฐได้ริเริ่มเปลี่ยนให้อาคารสำนักงานต่าง ๆ หันมาใช้หลอดประเภทดังกล่าวแล้ว โดยได้มีการผลักดันนโยบายสนับสนุนทางด้านพลังงานให้มีการใช้งานหลอดฟลูออเรสเซ็นต์ (T5) เพิ่มขึ้นเป็น 15 ล้านหลอดภายในปี 2555 และจากการผลักดันดังกล่าวยังเป็นผลดีสำหรับผู้ผลิตและผู้นำเข้าหลอดประเภทดังกล่าว เพื่อการจำหน่ายในประเทศอีกด้วย [36]

4.4 ผลการเปรียบเทียบช่องว่างด้านความพร้อม (Gap Analysis) ของเทคโนโลยีพลังงานในภาคอาคารของประเทศไทยที่มีผลกระทบสูง

จากผลการจัดลำดับความสำคัญของเทคโนโลยีพลังงานในภาคอาคารของประเทศไทยที่มีคะแนนด้านผลกระทบสูงกว่าค่าเฉลี่ย (3.54) จำนวน 16 รายการ งานวิจัยนี้จึงนำผลการจัดลำดับความสำคัญฯ มาเปรียบเทียบช่องว่างด้านความพร้อม โดยพิจารณาค่าน้ำหนักของเกณฑ์เท่ากันทุกประเด็น และแบ่งกลุ่มเทคโนโลยีออกเป็น 3 กลุ่ม ดังนี้

4.4.1 ผลการเปรียบเทียบช่องว่างด้านความพร้อมของเทคโนโลยีในกลุ่มเชื้อเพลิงฟอสซิล/พลังงานทดแทน (Fossil Fuels/Renewables)

เทคโนโลยีในกลุ่มเชื้อเพลิงฟอสซิล/พลังงานทดแทน (Fossil Fuels/Renewables) ได้แก่ หม้อไอน้ำแบบไอเสียควบแน่น และ LPG และ LNG สำหรับใช้ในครัวเรือนและการปรุงอาหารในเชิงพาณิชย์ โดยเมื่อเปรียบเทียบความพร้อมในแต่ละประเด็นของเทคโนโลยีในกลุ่ม พบว่าเทคโนโลยีในกลุ่มนี้มีความพร้อมสูงในประเด็นนโยบาย โครงสร้างพื้นฐาน รวมทั้งกฎระเบียบที่เกี่ยวข้อง (R1) การยอมรับจากสังคมและผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย (R4) ทรัพยากรบุคคล ผู้เชี่ยวชาญ หรือสถาบันเฉพาะทาง (R5) ฐานข้อมูลเทคโนโลยี (R6) สถานการณ์ปัจจุบันของเทคโนโลยีในประเทศไทย (R10) และสถานการณ์ปัจจุบันของเทคโนโลยีในประเทศที่พัฒนาแล้ว (R11) ดังแสดงในรูปที่ 4-16



รูปที่ 4-16 เปรียบเทียบความพร้อมในแต่ละประเด็นของเทคโนโลยีในกลุ่มเชื้อเพลิงฟอสซิล/พลังงานทดแทน

ซึ่งสะท้อนให้เห็นว่า เทคโนโลยีในกลุ่มนี้มีความพร้อมทั้งในเชิงนโนบาย และโครงสร้างพื้นฐานเป็นอย่างมาก ทั้งยังได้รับการยอมรับจากสังคม และมีการใช้งานอย่างกว้างขวางกระจายไปในทุกภาคส่วนทั้งในประเทศและต่างประเทศ นอกจากนี้ยังมีทั้งทรัพยากรบุคคลที่มีความรู้ความเชี่ยวชาญ พร้อมกับฐานข้อมูลเทคโนโลยีเพื่อนำไปใช้ในการพัฒนาต่อยอดในอนาคตได้ ถึงแม้ว่าเทคโนโลยีในกลุ่มนี้ส่วนใหญ่จะมีความพร้อมในหลาย ๆ ประเด็น แต่ยังขาดความพร้อมในประเด็นความเป็นไปได้ของการผลิตภายในประเทศ (R9) เหมือนกัน เนื่องจากประเทศไทยยังไม่มีศักยภาพที่จะผลิตเทคโนโลยีเหล่านี้ได้เองภายในประเทศ ยังต้องพึ่งพาการนำเข้าเทคโนโลยีเหล่านี้อยู่

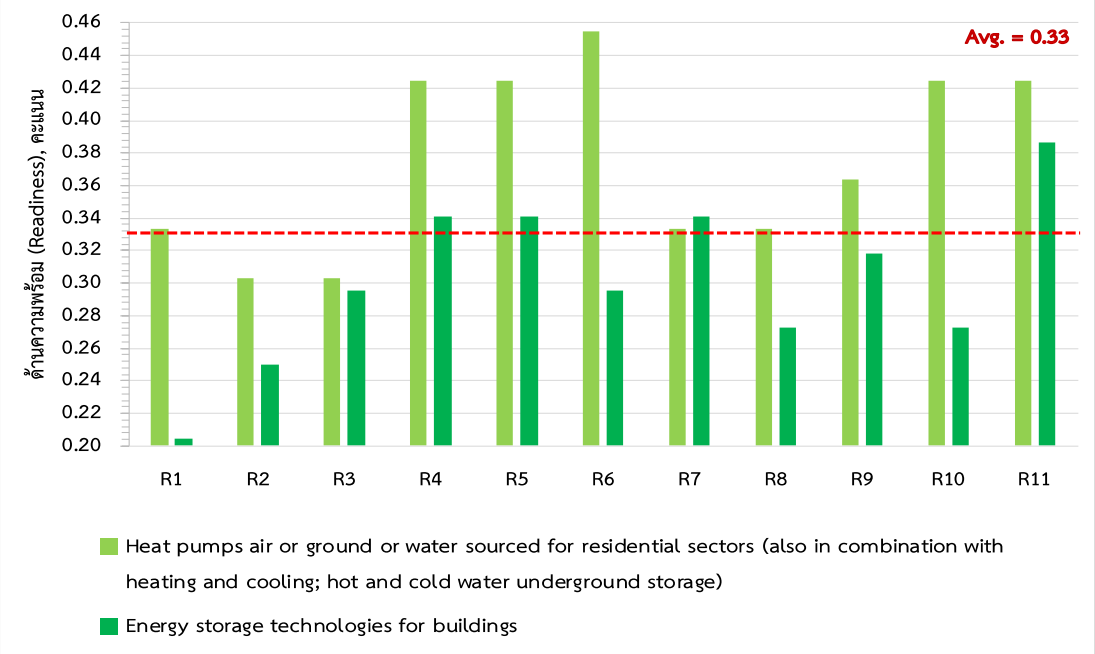
นอกจากนี้ในประเด็นการสนับสนุนด้านการเงิน (R2) ของเทคโนโลยีหม้อไอน้ำแบบไอเสียควบแน่นยังมีความพร้อมสูงกว่าค่าเฉลี่ย อาจเนื่องจากเทคโนโลยีหม้อไอน้ำมีต้นทุนโดยรวมที่ถูกกว่า แต่เทคโนโลยี LPG และ LNG นั้น โดยเฉพาะ LNG ในประเทศไทยยังไม่มีการความพร้อมและความสนใจที่จะผลักดันให้มีการใช้งาน LNG ในภาคครัวเรือน อาจเนื่องมาจาก LNG นั้นนิยมนำมาใช้กับยานพาหนะมากกว่า โดย LNG ในประเทศไทยยังไม่มีศักยภาพที่จะผลิตได้เองภายในประเทศต้องพึ่งพาการนำเข้าซึ่งมีต้นทุนที่สูงมาก สอดคล้องกับประเด็นความเป็นไปได้ของการผลิตภายในประเทศ (R9) และแนวโน้มระยะสั้น (ภายใน 5 ปี) (R7) อีกด้วย แต่ในประเด็นต้นทุนและผลประโยชน์ (R3) และการบริหารจัดการโครงสร้างพื้นฐาน (R8) ของเทคโนโลยี LPG และ LNG สำหรับใช้ในครัวเรือนและการปรุงอาหารในเชิงพาณิชย์นั้น มีความพร้อมค่อนข้างสูงซึ่งแตกต่างจากเทคโนโลยีในกลุ่ม อาจเนื่องมาจากเทคโนโลยี LPG และ LNG สำหรับใช้ในครัวเรือนและการปรุงอาหารในเชิงพาณิชย์ โดยเฉพาะ LPG ที่ได้รับผลตอบแทนจากการลงทุนที่คุ้มค่า สามารถผลิตได้เองภายในประเทศ และยังมีการบริหารจัดการโครงสร้างพื้นฐานที่ค่อนข้างดีในการสนับสนุนเทคโนโลยีนี้ เช่น ท่อนำส่งก๊าซ เป็นต้น แต่ยังกระจายใช้งานได้แค่บางพื้นที่ ยังไม่ครอบคลุมทั่วประเทศ

ดังนั้น หากภาครัฐต้องการผลักดันเทคโนโลยีในกลุ่มนี้ ควรมุ่งเน้นสนับสนุนด้านการเงินและต้นทุนและผลประโยชน์ โดยมีมาตรการช่วยลดต้นทุน อาทิ มาตรการลดหย่อนภาษีจากการนำเข้า เป็นต้น และจัดการโครงสร้างพื้นฐานให้รองรับกับการพัฒนาเทคโนโลยีเหล่านี้มากขึ้นในอนาคต

4.4.2 ผลการเปรียบเทียบช่องว่างด้านความพร้อมของเทคโนโลยีในกลุ่มเทคโนโลยีพลังงานทดแทน (Renewable Energy Technology)

เทคโนโลยีในกลุ่มเทคโนโลยีพลังงานทดแทน (Renewable Energy Technology) ได้แก่ ปั๊มความร้อน โดยผ่านอากาศ/พื้นดิน/น้ำ และ เทคโนโลยีเก็บสะสมพลังงาน โดยเมื่อเปรียบเทียบความพร้อมในแต่ละประเด็นของเทคโนโลยีในกลุ่ม พบว่า เทคโนโลยีในกลุ่มนี้มีความ

พร้อมสูงในประเด็นการยอมรับจากสังคมและผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย (R4) ทรัพยากรบุคคล ผู้เชี่ยวชาญ หรือ สถาบันเฉพาะทาง (R5) ฐานข้อมูลเทคโนโลยี (R6) ความเป็นไปได้ของการผลิตภายในประเทศ (R9) สถานการณ์ปัจจุบันของเทคโนโลยีในประเทศไทย (R10) และสถานการณ์ปัจจุบันของเทคโนโลยีในประเทศที่พัฒนาแล้ว (R11) โดยเฉพาะเทคโนโลยีปั๊มความร้อน ดังแสดงในรูปที่ 4-17



รูปที่ 4-17 เปรียบเทียบความพร้อมในแต่ละประเด็นของเทคโนโลยีในกลุ่มเทคโนโลยีพลังงานทดแทน

ซึ่งสะท้อนให้เห็นว่า ในปัจจุบันมีการใช้งานอย่างกว้างขวางในประเทศที่พัฒนาแล้ว ทั้งยังได้รับการยอมรับจากสังคม และยังมีบุคลากรที่มีความรู้ ความเชี่ยวชาญในเทคโนโลยีเหล่านี้จำนวนมากพอ โดยที่ประเทศไทยก็มีแนวโน้มที่จะนำเทคโนโลยีเหล่านี้มาใช้งานมากขึ้น โดยเฉพาะเทคโนโลยีปั๊มความร้อน ที่มีการนำมาประยุกต์ใช้งานร่วมกับกระบวนการผลิตในส่วนของชุดแลกเปลี่ยนความร้อนในภาคอุตสาหกรรมการผลิตเป็นส่วนใหญ่ และภาครัฐยังมีนโยบายที่สนับสนุนเทคโนโลยีนี้โดยตรง เพราะสามารถประหยัดค่าใช้จ่ายด้านพลังงานได้มากถึง 60 – 70 % เมื่อเทียบกับการใช้พลังงานไฟฟ้าหรือเชื้อเพลิงที่มีอยู่ในปัจจุบัน โดยปั๊มความร้อนสามารถทำอุณหภูมิน้ำร้อนใช้งานได้ตั้งแต่ 40 องศาเซลเซียส ถึง 60 องศาเซลเซียส จึงเหมาะกับการนำไปใช้งานในสถานประกอบการทั้งในภาคอุตสาหกรรมและบริการ นอกจากนี้ จะเห็นว่ายังมีความพร้อมในประเด็นฐานข้อมูลเทคโนโลยี (R6) ความเป็นไปได้ของการผลิตภายในประเทศ (R9) และสถานการณ์ปัจจุบันของเทคโนโลยีในประเทศไทย (R10) เนื่องจากเทคโนโลยีปั๊มความร้อนนั้นไม่ได้กระจุกตัวอยู่แค่ในกลุ่มอุตสาหกรรมเท่านั้น ปั๊มความร้อนยังเหมาะกับการนำไปใช้งานในสถานประกอบการในภาค

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บริการอีกด้วย ในประเทศไทยจึงได้มีการนำเทคโนโลยีปั๊มความร้อนนี้มาใช้งานในอาคาร เช่น อาคารโรงแรม อาคารโรงพยาบาล เป็นต้น ซึ่งการใช้งานปั๊มความร้อนนั้น นอกจากจะผลิตน้ำร้อนใช้ในห้องน้ำ ห้องซักรีดแล้ว ยังมีผลพลอยได้เป็นอากาศเย็นที่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ต่อเนื่องในห้องครัว ห้องอาหาร ห้องโถง ลิฟต์ ฯลฯ ซึ่งสามารถช่วยประหยัดพลังงาน และลดการทำงานของเครื่องปรับอากาศได้เป็นอย่างมาก แต่ยังขาดความพร้อมในประเด็นการสนับสนุนด้านการเงิน (R2) และต้นทุนและผลประโยชน์ (R3) ส่วนเทคโนโลยีเก็บสะสมพลังงาน จะเห็นว่าขาดความพร้อมในหลายประเด็น โดยเฉพาะประเด็นนโยบาย โครงสร้างพื้นฐานรวมทั้งกฎระเบียบที่เกี่ยวข้อง (R1) นั้นอาจเนื่องจากเทคโนโลยีเก็บสะสมพลังงานเป็นเทคโนโลยีใหม่ที่มีการนำเข้ามาใช้งานในบางกลุ่มบางพื้นที่ ซึ่งประเทศไทยยังขาดศักยภาพในการผลิตใช้งานได้เองภายในประเทศ ต้องพึ่งพาการนำเข้า รวมทั้งยังอยู่ในขั้นตอนของการวิจัยพัฒนา ภาครัฐจึงยังไม่มีนโยบายที่สนับสนุนเทคโนโลยีนี้อย่างจริงจัง ซึ่งเกี่ยวโยงไปถึงประเด็นการสนับสนุนด้านการเงิน (R2) ต้นทุนและผลประโยชน์ (R3) ฐานข้อมูลเทคโนโลยี (R6) การบริหารจัดการโครงสร้างพื้นฐาน (R8) ความเป็นไปได้ของการผลิตภายในประเทศ (R9) และสถานการณ์ปัจจุบันของเทคโนโลยีในประเทศไทย (R10) อีกด้วย

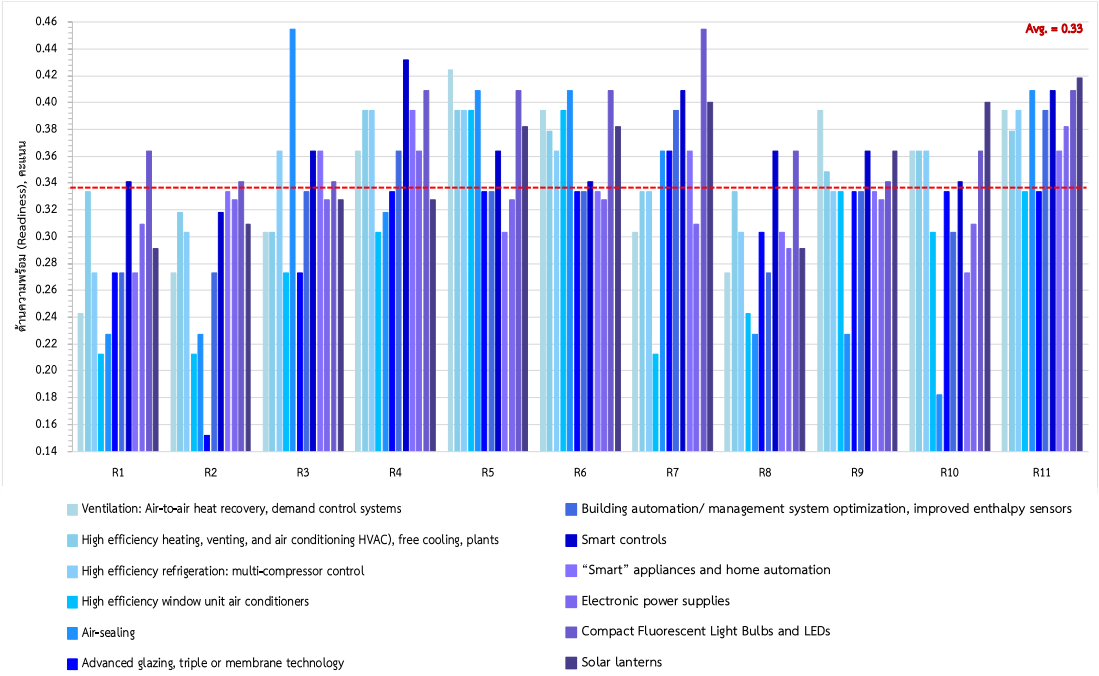
ดังนั้น หากภาครัฐต้องที่จะผลักดันเทคโนโลยีในกลุ่มนี้อย่างเต็มกำลัง ควรกำหนดนโยบาย รวมทั้งออกกฎระเบียบที่เกี่ยวข้องให้มีความครอบคลุมและชัดเจน บริหารจัดการโครงสร้างพื้นฐานที่เกี่ยวข้องให้ตรงตามความต้องการ รวมไปถึงให้การสนับสนุนในด้านการเงินทั้งทางตรงและทางอ้อม อำนวยความสะดวกในการเข้าถึงแหล่งเงินทุน และออกมาตรการลดต้นทุน เพื่อดึงดูดให้นักลงทุนหรือผู้ประกอบการที่สนใจนำเทคโนโลยีมาใช้งานหรือลงทุนสร้างโรงงานผลิตเทคโนโลยีเหล่านี้ขึ้นในประเทศ ซึ่งจะช่วยให้ประเทศมีขีดความสามารถยิ่งขึ้น มีฐานข้อมูลของเทคโนโลยีก้าวหน้ามากขึ้น ซึ่งสามารถนำไปพัฒนาต่อยอดได้ในอนาคต

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

4.4.3 ผลการเปรียบเทียบช่องว่างด้านความพร้อมของเทคโนโลยีในกลุ่มเทคโนโลยีประหยัดพลังงาน (Energy Saving Technology)

เทคโนโลยีในกลุ่มเทคโนโลยีประหยัดพลังงาน (Energy Saving Technology) ได้แก่ ระบบระบายอากาศ แบบแลกเปลี่ยนความร้อนกับอากาศ/ระบบควบคุม, ระบบความร้อน ระบายอากาศ ปรับอากาศ (HVAC)/ระบบ Free cooling, เครื่องทำความเย็นที่มีประสิทธิภาพสูง, หน้าต่างหน่วยเครื่องปรับอากาศประสิทธิภาพสูง, อุปกรณ์ป้องกันอากาศเข้า, การเคลือบกระจกป้องกันความร้อน, อาคารอัตโนมัติ, การควบคุมอัจฉริยะ, เครื่องใช้ไฟฟ้าอัจฉริยะและบ้านอัตโนมัติ, อุปกรณ์ไฟฟ้าอิเล็กทรอนิกส์, หลอดคอมแพคฟลูออเรสเซนต์/หลอด LED และโคมไฟพลังงานแสงอาทิตย์ โดยเมื่อเปรียบเทียบความพร้อมในแต่ละประเด็นของเทคโนโลยีในกลุ่ม พบว่า เทคโนโลยีในกลุ่มนี้มีความ

พร้อมสูงในประเด็นการยอมรับจากสังคมและผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย (R4) ทรัพยากรบุคคล ผู้เชี่ยวชาญหรือสถาบันเฉพาะทาง (R5) ฐานข้อมูลเทคโนโลยี (R6) แนวโน้มระยะสั้น (ภายใน 5 ปี) (R7) สถานการณ์ปัจจุบันของเทคโนโลยีในประเทศไทย (R10) และสถานการณ์ปัจจุบันของเทคโนโลยีในประเทศที่พัฒนาแล้ว (R11) ดังแสดงในรูปที่ 4-18



รูปที่ 4-18 เปรียบเทียบความพร้อมในแต่ละประเด็นของเทคโนโลยีในกลุ่มเทคโนโลยีประหยัดพลังงาน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ซึ่งสะท้อนให้เห็นว่า ในปัจจุบันเทคโนโลยีเหล่านี้ได้มีการนำมาใช้งานกระจายอย่างกว้างขวางทั้งในประเทศและต่างประเทศ และยังได้รับการยอมรับจากสังคม บางเทคโนโลยีสามารถนำไปพัฒนาต่อยอดได้ เพราะมีความพร้อมของฐานข้อมูลเทคโนโลยี และทรัพยากรบุคคลหรือสถาบันเฉพาะทาง และประเทศไทยก็มีแนวโน้มที่จะนำเทคโนโลยีเหล่านี้มาใช้งานในอัตราสูงมาก ทั้งนี้ จะเห็นว่าในประเด็นนโยบาย โครงสร้างพื้นฐาน รวมทั้งกฎระเบียบที่เกี่ยวข้อง (R1) ของเทคโนโลยีหลอดคอมแพคฟลูออเรสเซนต์, หลอด LED มีความพร้อมสูงมากซึ่งแตกต่างจากเทคโนโลยีในกลุ่ม เนื่องจากเทคโนโลยีหลอดคอมแพคฟลูออเรสเซนต์, หลอด LED นั้น มีนโยบายสนับสนุนจากภาครัฐที่ชัดเจน และยังมีโครงสร้างพื้นฐานที่รองรับอยู่แล้ว โดยภาครัฐควรสร้างความตระหนักรู้ถึงประโยชน์ของหลอด LED ที่สามารถประหยัดไฟฟ้าได้มากกว่าหลอดไฟทั่วไปให้แก่ประชาชนทราบ พร้อมกำหนดนโยบายที่เข้มงวดขึ้นเพื่อผลักดันให้มีเปลี่ยนมาใช้งานหลอด LED ให้กระจายมากขึ้น ประกอบกับควบคุมราคาให้มีความเหมาะสมด้วย

นอกจากนี้ จะเห็นว่าในประเด็นด้านต้นทุนและผลประโยชน์ (R3) ของเทคโนโลยีอุปกรณ์ป้องกันอากาศเข้า มีความพร้อมสูงมากซึ่งแตกต่างจากเทคโนโลยีในกลุ่ม เนื่องจากอุปกรณ์ป้องกันอากาศเข้าเป็นการป้องกันการรั่วซึมของอากาศภายนอกเข้ามาภายในอาคารทำให้เกิดการสูญเสียพลังงานในการปรับอากาศภายในอาคาร อากาศภายนอกที่รั่วซึมเข้ามาภายในอาคารจะเพิ่มภาระการปรับอากาศและการใช้พลังงานถึงร้อยละ 25 - 40 ซึ่งการติดตั้งอุปกรณ์ป้องกันอากาศเข้าจะช่วยการเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงานในอาคาร ทั้งอาคารที่ก่อสร้างใหม่และปรับปรุงใหม่และยังได้รับผลตอบแทนที่คุ้มค่าจากการลงทุนอีกด้วย ทั้งนี้ แม้ว่าเทคโนโลยีในกลุ่มส่วนใหญ่จะมีความพร้อมในหลาย ๆ ประเด็น แต่เทคโนโลยีส่วนใหญ่ล้วนขาดความพร้อมในเรื่องของนโนบายรองรับที่ชัดเจน รวมถึงโครงสร้างพื้นฐานที่ยังไม่สามารถรองรับได้ครอบคลุมและเพียงพอ ซึ่งสอดคล้องกับประเด็นนโยบาย โครงสร้างพื้นฐาน รวมทั้งกฎระเบียบที่เกี่ยวข้อง (R1) และการบริหารจัดการโครงสร้างพื้นฐาน (R8) อีกทั้งยังได้รับการสนับสนุนด้านการเงินน้อย และยังไม่มีมาตรการด้านต้นทุนที่เอื้อต่อการนำไปใช้งาน ซึ่งสอดคล้องกับประเด็นด้านการสนับสนุนด้านการเงิน (R2) และต้นทุนและผลประโยชน์ (R3) ซึ่งเกี่ยวโยงไปถึงประเด็นความเป็นไปได้ของการผลิตภายในประเทศ (R9) และสถานการณ์ปัจจุบันของเทคโนโลยีในประเทศไทย (R10) อีกด้วย ดังนั้นหากภาครัฐต้องการผลักดันเทคโนโลยีในกลุ่มนี้ ควรกำหนดนโยบายให้มีความชัดเจนและครอบคลุมมากขึ้น ส่งเสริมการบริหารจัดการโครงสร้างพื้นฐานที่เกี่ยวข้องให้สามารถรองรับกับเทคโนโลยีใหม่ๆ ที่จะถูกพัฒนาในอนาคต ออกมาตรการสนับสนุนด้านการเงินเพื่อส่งเสริมการลงทุนของผู้ประกอบการและเพื่อเอื้อต่อการผลิตภายในประเทศ ซึ่งจะนำไปสู่การใช้งานอย่างแพร่หลาย ทั้งยังช่วยเพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขันให้กับประเทศอีกด้วย

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

4.5 ผลการจัดลำดับความสำคัญของเทคโนโลยีพลังงานในภาคอาคารของประเทศไทยที่มีผลกระทบสูง โดยพิจารณาในรูปแบบนโยบายต่าง ๆ

งานวิจัยนี้ได้จำลองการจัดลำดับความสำคัญของเทคโนโลยีพลังงานในภาคอาคารของประเทศไทยที่มีผลกระทบสูง จำนวน 16 รายการ โดยพิจารณาในรูปแบบนโยบายต่าง ๆ ดังนี้

4.5.1 การจัดลำดับความสำคัญของเทคโนโลยี โดยพิจารณาในประเด็นต้นทุนและผลประโยชน์ (R3)

กำหนดค่าน้ำหนักของเกณฑ์ด้านความพร้อมในประเด็นต้นทุนและผลประโยชน์ (R3) เท่ากับ 1 (ประเด็นอื่น ๆ เท่ากับ 0) และค่าน้ำหนักของเกณฑ์ด้านผลกระทบ เท่ากับ 0.25 ในทุกประเด็น สามารถคำนวณคะแนนด้านความพร้อมและจัดลำดับความสำคัญของเทคโนโลยี 5 อันดับดังแสดงในรูปที่ 4-19 และมีรายละเอียดดังนี้

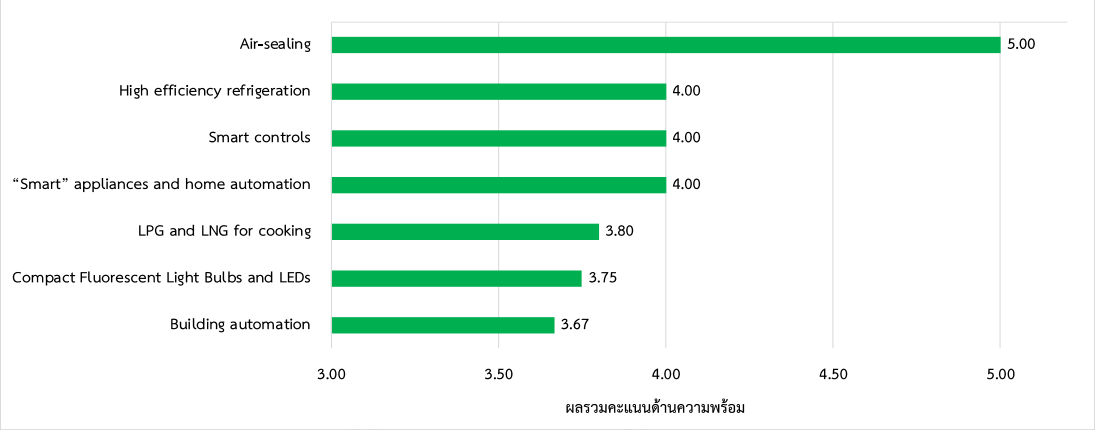
(1) อุปกรณ์ป้องกันอากาศเข้า (Air-sealing)

(2) เครื่องทำความเย็นที่มีประสิทธิภาพสูง: การควบคุมหลายคอมเพรสเซอร์ (High efficiency refrigeration: multi-compressor control) การควบคุมอัจฉริยะ (Smart controls) และเครื่องใช้ไฟฟ้าอัจฉริยะและบ้านอัตโนมัติ (“Smart” appliances and home automation)

(3) LPG และ LNG สำหรับใช้ในครัวเรือนและการปรุงอาหารในเชิงพาณิชย์ (LPG and LNG for household and commercial cooking)

(4) หลอดคอมแพคฟลูออเรสเซนต์, หลอด LED (Compact Fluorescent Light Bulbs and LEDs)

(5) อาคารอัตโนมัติ/เพิ่มประสิทธิภาพของระบบการจัดการ, ปรับปรุงเซ็นเซอร์ความร้อน (Building automation/ management system optimization, improved enthalpy sensors)



รูปที่ 4-19 ผลการจัดลำดับความสำคัญของเทคโนโลยีที่มีผลกระทบสูงสุด 5 อันดับแรก โดยพิจารณาในประเด็นต้นทุนและผลประโยชน์ (R3)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

4.5.2 การจัดลำดับความสำคัญของเทคโนโลยี โดยพิจารณาในประเด็นการยอมรับจากสังคมและผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย (R4)

กำหนดค่าน้ำหนักของเกณฑ์ด้านความพร้อมในประเด็นการยอมรับจากสังคมและผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย (R4) เท่ากับ 1 (ประเด็นอื่น ๆ เท่ากับ 0) และค่าน้ำหนักของเกณฑ์ด้านผลกระทบเท่ากับ 0.25 ในทุกประเด็น สามารถคำนวณคะแนนด้านความพร้อมและจัดลำดับความสำคัญของเทคโนโลยี 5 อันดับได้ ดังแสดงในรูปที่ 4-20 ดังนี้

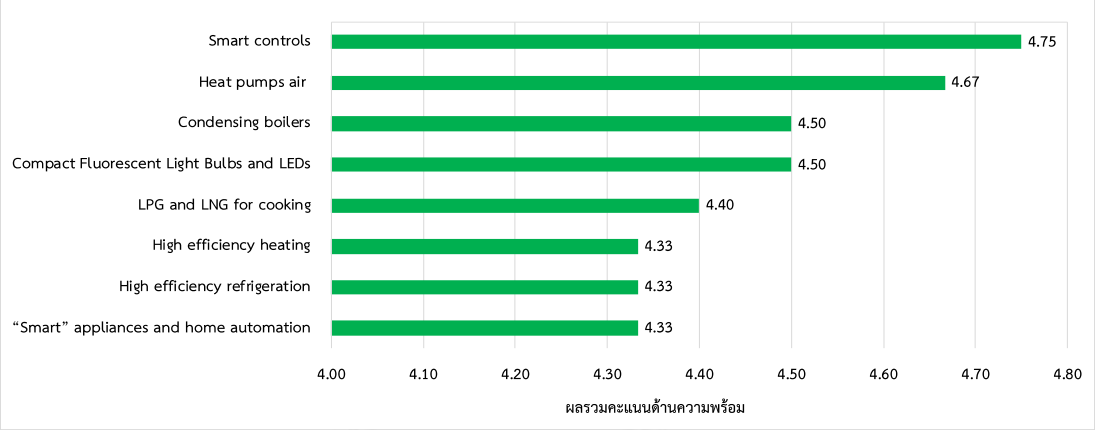
(1) การควบคุมอัจฉริยะ (Smart controls)

(2) ปั๊มความร้อน โดยผ่านอากาศ/พื้นดิน/น้ำ (Heat pumps air or ground or water sourced for residential sectors)

(3) หม้อไอน้ำแบบไอเสียควบแน่น (Condensing boilers for space heating and domestic hot water) และหลอดคอมแพคฟลูออเรสเซนต์, หลอด LED (Compact Fluorescent Light Bulbs and LEDs)

(4) LPG และ LNG สำหรับใช้ในครัวเรือนและการปรุงอาหารในเชิงพาณิชย์ (LPG and LNG for household and commercial cooking)

(5) ระบบความร้อน ระบายอากาศ ปรับอากาศ (HVAC)/ Free cooling ในอาคาร (High efficiency heating, venting, and air conditioning (HVAC), free cooling, plants) เครื่องทำความเย็นที่มีประสิทธิภาพสูง: การควบคุมหลายคอมเพรสเซอร์ (High efficiency refrigeration: multi-compressor control) และเครื่องใช้ไฟฟ้าอัจฉริยะและบ้านอัตโนมัติ (“Smart” appliances and home automation)



รูปที่ 4-20 ผลการจัดลำดับความสำคัญของเทคโนโลยีที่มีผลกระทบสูงสุด 5 อันดับแรก โดยพิจารณาในประเด็นการยอมรับจากสังคมและผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย (R4)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

4.5.3 การจัดลำดับความสำคัญของเทคโนโลยี โดยพิจารณาในประเด็นความเป็นไปได้ของการผลิตภายในประเทศ (R9)

กำหนดค่าน้ำหนักของเกณฑ์ด้านความพร้อมในประเด็นความเป็นไปได้ของการผลิตภายในประเทศ (R9) เท่ากับ 1 (ประเด็นอื่น ๆ เท่ากับ 0) และค่าน้ำหนักของเกณฑ์ด้านผลกระทบเท่ากับ 0.25 ในทุกประเด็น สามารถคำนวณคะแนนด้านความพร้อมและจัดลำดับความสำคัญของเทคโนโลยี 5 อันดับได้ ดังแสดงในรูปที่ 4-21 ดังนี้

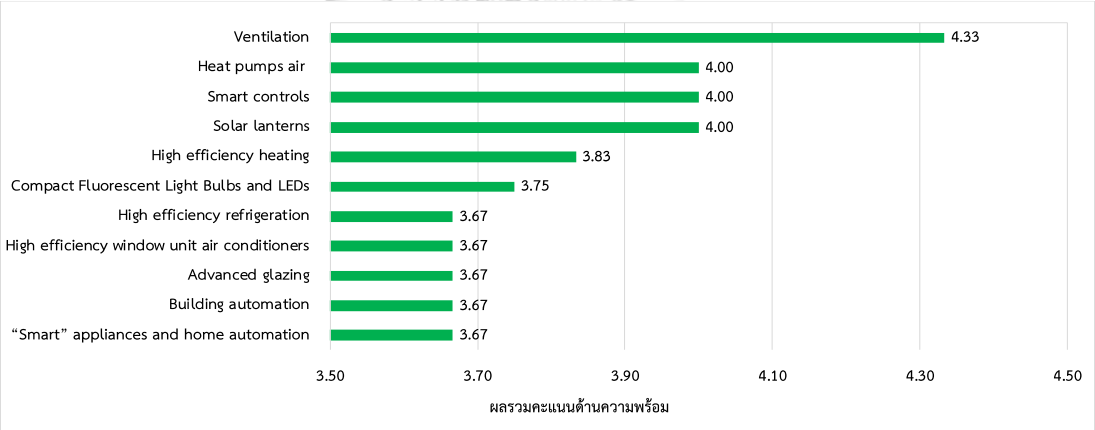
(1) ระบบระบายอากาศ แบบแลกเปลี่ยนความร้อนกับอากาศ/ระบบควบคุม (Ventilation: Air-to-air heat recovery, demand control systems)

(2) ปั๊มความร้อน โดยผ่านอากาศ/พื้นดิน/น้ำ (Heat pumps air or ground or water sourced for residential sectors) การควบคุมอัจฉริยะ (Smart controls) และโคมไฟพลังงานแสงอาทิตย์ (Solar lanterns)

(3) ระบบความร้อน ระบายอากาศ ปรับอากาศ (HVAC)/ Free cooling ในอาคาร (High efficiency heating, venting, and air conditioning (HVAC), free cooling, plants)

(4) หลอดคอมแพคฟลูออเรสเซนต์, หลอด LED (Compact Fluorescent Light Bulbs and LEDs)

(5) เครื่องทำความเย็นที่มีประสิทธิภาพสูง (High efficiency refrigeration) หน้าต่างหน่วยเครื่องปรับอากาศประสิทธิภาพสูง (High efficiency window unit air conditioners) การเคลือบกระจกป้องกันความร้อน (Advanced glazing, triple or membrane technology) อาคารอัตโนมัติ (Building automation/management system optimization, improved enthalpy sensors) และเครื่องใช้ไฟฟ้าอัจฉริยะและบ้านอัตโนมัติ (“Smart” appliances and home automation)



Chulalongkorn University

รูปที่ 4-21 ผลการจัดลำดับความสำคัญของเทคโนโลยีที่มีผลกระทบสูงสุด 5 อันดับแรก โดยพิจารณาในประเด็นความเป็นไปได้ของการผลิตภายในประเทศ (R9)

4.5.4 การจัดลำดับความสำคัญของเทคโนโลยี โดยพิจารณาในประเด็นความสามารถในการแข่งขันและการสร้างมูลค่า (I1)

กำหนดค่าน้ำหนักของเกณฑ์ด้านผลกระทบในประเด็นความสามารถในการแข่งขันและการสร้างมูลค่า (I1) เท่ากับ 1 (ประเด็นอื่น ๆ เท่ากับ 0) และค่าน้ำหนักของเกณฑ์ด้านความพร้อมเท่ากับ 0.0909 ในทุกประเด็น สามารถคำนวณคะแนนด้านผลกระทบและจัดลำดับความสำคัญของเทคโนโลยี 5 อันดับได้ ดังแสดงในรูปที่ 4-22 ดังนี้

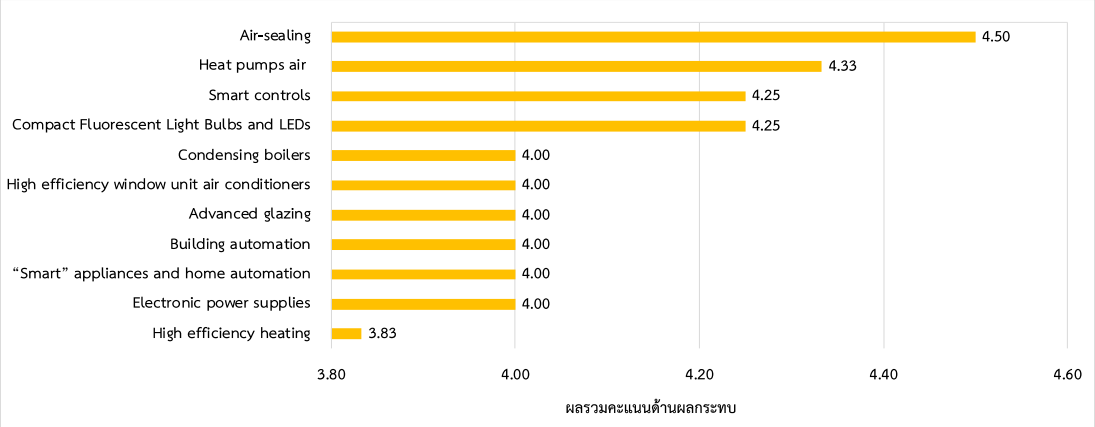
(1) อุปกรณ์ป้องกันอากาศเข้า (Air-sealing)

(2) ปั๊มความร้อน โดยผ่านอากาศ/พื้นดิน/น้ำ (Heat pumps air or ground or water sourced for residential sectors)

(3) การควบคุมอัจฉริยะ (Smart controls) และหลอดคอมแพคฟลูออเรสเซนต์, หลอด LED (Compact Fluorescent Light Bulbs and LEDs)

(4) หม้อไอน้ำแบบไอเสียควบแน่น (Condensing boilers for space heating and domestic hot water) หน้าต่างหน่วยเครื่องปรับอากาศประสิทธิภาพสูง (High efficiency window unit air conditioners) การเคลือบกระจกป้องกันความร้อน (Advanced glazing, triple or membrane technology) อาคารอัตโนมัติ/เพิ่มประสิทธิภาพของระบบการจัดการ, ปรับปรุงเซ็นเซอร์ความร้อน (Building automation/ management system optimization, improved enthalpy sensors) เครื่องใช้ไฟฟ้าอัจฉริยะและบ้านอัตโนมัติ (“Smart” appliances and home automation) และอุปกรณ์ไฟฟ้าอิเล็กทรอนิกส์ (Electronic power supplies)

(5) ระบบความร้อน ระบายอากาศ ปรับอากาศ (HVAC)/ Free cooling ในอาคาร (High efficiency heating, venting, and air conditioning (HVAC), free cooling, plants)



รูปที่ 4-22 ผลการจัดลำดับความสำคัญของเทคโนโลยีที่มีผลกระทบสูงสุด 5 อันดับแรก โดยพิจารณาในประเด็นความสามารถในการแข่งขันและการสร้างมูลค่า (I1)

4.5.5 การจัดลำดับความสำคัญของเทคโนโลยี โดยพิจารณาในประเด็นด้านสิ่งแวดล้อม (I3)

กำหนดค่าน้ำหนักของเกณฑ์ด้านผลกระทบในประเด็นด้านสิ่งแวดล้อม (I3) เท่ากับ 1 (ประเด็นอื่น ๆ เท่ากับ 0) และค่าน้ำหนักของเกณฑ์ด้านความพร้อม เท่ากับ 0.0909 ในทุกประเด็น สามารถคำนวณคะแนนด้านผลกระทบและจัดลำดับความสำคัญของเทคโนโลยี 5 อันดับได้ ดังแสดงในรูปที่ 4-23 ดังนี้

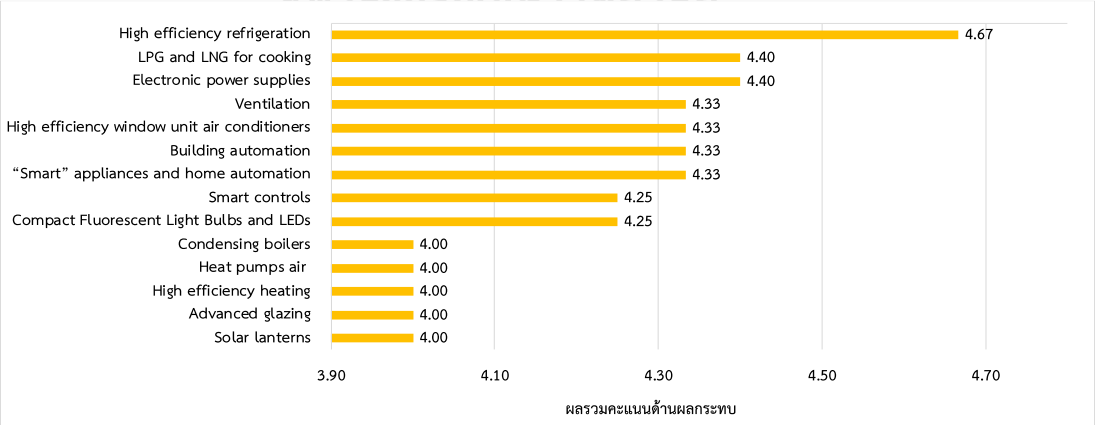
(1) เครื่องทำความเย็นที่มีประสิทธิภาพสูง: การควบคุมหลายคอมเพรสเซอร์ (High efficiency refrigeration: multi-compressor control)

(2) LPG และ LNG สำหรับใช้ในครัวเรือนและการปรุงอาหารในเชิงพาณิชย์ (LPG and LNG for household and commercial cooking) และอุปกรณ์ไฟฟ้าอิเล็กทรอนิกส์ (Electronic power supplies)

(3) ระบบระบายอากาศ แบบแลกเปลี่ยนความร้อนกับอากาศ/ระบบควบคุม (Ventilation: Air-to-air heat recovery, demand control systems) หน้าต่างหน่วยเครื่องปรับอากาศประสิทธิภาพสูง (High efficiency window unit air conditioners) อาคารอัตโนมัติ/เพิ่มประสิทธิภาพของระบบการจัดการ, ปรับปรุงเซ็นเซอร์ความร้อน (Building automation/ management system optimization, improved enthalpy sensors) และเครื่องใช้ไฟฟ้าอัจฉริยะและบ้านอัตโนมัติ (“Smart” appliances and home automation)

(4) การควบคุมอัจฉริยะ (Smart controls) และหลอดคอมแพคฟลูออเรสเซนต์, หลอด LED (Compact Fluorescent Light Bulbs and LEDs)

(5) หม้อไอน้ำแบบไอเสียควบแน่น (Condensing boilers for space heating and domestic hot water) ปั๊มความร้อน โดยผ่านอากาศ/พื้นดิน/น้ำ (Heat pumps air or ground or water sourced) ระบบความร้อน ระบายอากาศ ปรับอากาศ (HVAC)/ Free cooling ในอาคาร (High efficiency heating, venting, and air conditioning (HVAC), free cooling, plants) การเคลือบกระจกป้องกันความร้อน (Advanced glazing, triple or membrane technology) และโคมไฟพลังงานแสงอาทิตย์ (Solar lanterns)



รูปที่ 4-23 ผลการจัดลำดับความสำคัญของเทคโนโลยีที่มีผลกระทบสูงสุด 5 อันดับแรก โดยพิจารณาในประเด็นด้านสิ่งแวดล้อม (I3)

4.5.6 ผลการเปรียบเทียบการจัดลำดับความสำคัญของเทคโนโลยีพลังงานในภาคอาคารของประเทศไทยที่ผลกระทบสูง โดยพิจารณาในรูปแบบนโยบายต่าง ๆ

การเปรียบเทียบผลการจัดลำดับความสำคัญของเทคโนโลยีพลังงานในภาคอาคารของประเทศไทยที่มีผลกระทบสูง จำนวน 16 รายการ ในรูปแบบนโยบายต่าง ๆ เพื่อนำเสนอถึงสถานภาพของเทคโนโลยีในด้านใดด้านหนึ่ง และเป็นทางเลือกพิจารณาประกอบการตัดสินใจที่เหมาะสมตามแต่ละบริบทขององค์กรที่ให้ความสำคัญ มีรายละเอียดดังนี้

(1) ด้านความพร้อม

จากผลเปรียบเทียบการจัดลำดับความสำคัญของเทคโนโลยีพลังงานในภาคอาคารของประเทศไทยที่มีผลกระทบสูง ในรูปแบบนโยบายต่าง ๆ พบว่า เทคโนโลยีการควบคุมอัจฉริยะและเทคโนโลยีหลอดคอมแพคฟลูออเรสเซนต์, หลอด LED เป็นเทคโนโลยีที่มีความพร้อมสูงใน 5 อันดับแรก ทั้งในประเด็นภาพรวม (11 ประเด็น) และประเด็นที่มุ่งเน้นเฉพาะ 3 ประเด็น ได้แก่ ประเด็นต้นทุนและผลประโยชน์ (R3) ประเด็นการยอมรับจากสังคมและผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย (R4) และประเด็นความเป็นไปได้ของการผลิตภายในประเทศ (R9) ดังแสดงในตารางที่ 4-5 โดยความหมายของความพร้อมในที่นี้ หมายถึง ความพร้อมต่อการนำไปใช้งานของเทคโนโลยีพลังงานในภาคอาคาร

ตารางที่ 4-5 ผลการเปรียบเทียบการจัดลำดับความสำคัญของเทคโนโลยีพลังงานในภาคอาคารของประเทศไทยที่มีผลกระทบสูง โดยพิจารณาในรูปแบบนโยบายต่าง ๆ ด้านความพร้อม

อันดับ	ผลการจัดอันดับความสำคัญของเทคโนโลยีพลังงาน			
	ภาพรวม (11 ด้าน)	ประเด็นต้นทุนและผลประโยชน์ (R3)	ประเด็นการยอมรับจากสังคมและผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย (R4)	ประเด็นความเป็นไปได้ของการผลิตภายในประเทศ (R9)
1	- หลอดคอมแพคฟลูออเรสเซนต์, หลอด LED	- อุปกรณ์ป้องกันอากาศเข้า	- การควบคุมอัจฉริยะ	- ระบบระบายอากาศแบบแลกเปลี่ยนความร้อนกับอากาศ/ระบบควบคุม
2	- ปั๊มความร้อน	- เครื่องทำความเย็นที่มีประสิทธิภาพสูง - การควบคุมอัจฉริยะ - เครื่องใช้ไฟฟ้าอัจฉริยะและบ้านอัตโนมัติ	- ปั๊มความร้อน	- ปั๊มความร้อน - การควบคุมอัจฉริยะ - โคมไฟพลังงานแสงอาทิตย์
3	- การควบคุมอัจฉริยะ	- LPG และ LNG สำหรับใช้ในครัวเรือนและการปรุงอาหารในเชิงพาณิชย์	- หม้อไอน้ำแบบไอเสียควบแน่น - หลอดคอมแพคฟลูออเรสเซนต์, หลอด LED	- ระบบความร้อนระบายอากาศ ปรับอากาศ (HVAC)/ Free cooling ในอาคาร

อันดับ	ผลการจัดอันดับความสำคัญของเทคโนโลยีพลังงาน			
	ภาพรวม (11 ด้าน)	ประเด็นต้นทุนและผลประโยชน์ (R3)	ประเด็นการยอมรับจากสังคมและผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย (R4)	ประเด็นความเป็นไปได้ของการผลิตภายในประเทศ (R9)
4	- LPG และ LNG สำหรับใช้ในครัวเรือนและการปรุงอาหารในเชิงพาณิชย์	- หลอดคอมแพคฟลูออเรสเซนต์, หลอด LED	- LPG และ LNG สำหรับใช้ในครัวเรือนและการปรุงอาหารในเชิงพาณิชย์	- หลอดคอมแพคฟลูออเรสเซนต์, หลอด LED
5	- ระบบความร้อน ระบายอากาศ ปรับอากาศ (HVAC)/ Free cooling ในอาคาร	- อาคารอัตโนมัติ/เพิ่มประสิทธิภาพของระบบการจัดการ, ปรับปรุงเซ็นเซอร์ความร้อน	- ระบบความร้อน ระบายอากาศ ปรับอากาศ (HVAC)/ Free cooling ในอาคาร - เครื่องทำความเย็นที่มีประสิทธิภาพสูง - เครื่องใช้ไฟฟ้าอัจฉริยะและบ้านอัตโนมัติ	- เครื่องทำความเย็นที่มีประสิทธิภาพสูง - หน้าต่างหน่วยเครื่องปรับอากาศประสิทธิภาพสูง - การเคลือบกระจกป้องกันความร้อน - อาคารอัตโนมัติ/เพิ่มประสิทธิภาพของระบบการจัดการ, ปรับปรุงเซ็นเซอร์ความร้อน - เครื่องใช้ไฟฟ้าอัจฉริยะและบ้านอัตโนมัติ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

(2) ด้านผลกระทบ

จากผลเปรียบเทียบการจัดลำดับความสำคัญของเทคโนโลยีพลังงานในภาคอาคารของประเทศไทยที่มีผลกระทบสูง ในรูปแบบนโยบายต่าง ๆ พบว่า เทคโนโลยีอาคารอัตโนมัติ/เพิ่มประสิทธิภาพของระบบการจัดการ, ปรับปรุงเซ็นเซอร์ความร้อน เทคโนโลยีอุปกรณ์ไฟฟ้าอิเล็กทรอนิกส์ เทคโนโลยีเครื่องใช้ไฟฟ้าอัจฉริยะและบ้านอัตโนมัติ เทคโนโลยีการควบคุมอัจฉริยะ และเทคโนโลยีหลอดคอมแพคฟลูออเรสเซนต์, หลอด LED เป็นเทคโนโลยีที่มีผลกระทบสูงใน 5 อันดับแรก ทั้งในประเด็นภาพรวม (4 ประเด็น) และประเด็นที่มุ่งเน้นเฉพาะ 2 ประเด็น ได้แก่ ประเด็นความสามารถในการแข่งขันและการสร้างมูลค่า (I1) และประเด็นด้านสิ่งแวดล้อม (I3) ดังแสดงในตารางที่ 4-6 โดยความหมายของผลกระทบในที่นี้ หมายถึง ผลกระทบต่อการลดก๊าซเรือนกระจกของเทคโนโลยีพลังงานในภาคอาคาร

ตารางที่ 4-6 ผลการเปรียบเทียบการจัดลำดับความสำคัญของเทคโนโลยีพลังงานในภาคอาคารของประเทศไทยที่มีผลกระทบสูง โดยพิจารณาในรูปแบบนโยบายต่าง ๆ ด้านผลกระทบ

อันดับ	ผลการจัดอันดับความสำคัญของเทคโนโลยีพลังงาน		
	ภาพรวม (4 ด้าน)	**ประเด็นความสามารถในการแข่งขันและการสร้างมูลค่า (I1)**	**ประเด็นด้านสิ่งแวดล้อม (I3)**
1	- อาคารอัตโนมัติ/เพิ่มประสิทธิภาพของระบบการจัดการ, ปรับปรุงเซ็นเซอร์ความร้อน	- อุปกรณ์ป้องกันอากาศเข้า	- เครื่องทำความเย็นที่มีประสิทธิภาพสูง
2	- อุปกรณ์ไฟฟ้าอิเล็กทรอนิกส์	- ปั๊มความร้อน โดยผ่านอากาศ/พื้นดิน/น้ำ	- LPG และ LNG สำหรับใช้ในครัวเรือนและการปรุงอาหารในเชิงพาณิชย์ - อุปกรณ์ไฟฟ้าอิเล็กทรอนิกส์
3	- เครื่องใช้ไฟฟ้าอัจฉริยะและบ้านอัตโนมัติ	- การควบคุมอัจฉริยะ - หลอดคอมแพคฟลูออเรสเซนต์, หลอด LED	- ระบบระบายอากาศ แบบแลกเปลี่ยนความร้อนกับอากาศ/ระบบควบคุม - หน้าต่างหน่วยเครื่องปรับอากาศประสิทธิภาพสูง - อาคารอัตโนมัติ/เพิ่มประสิทธิภาพของระบบการจัดการ, ปรับปรุงเซ็นเซอร์ความร้อน - เครื่องใช้ไฟฟ้าอัจฉริยะและบ้านอัตโนมัติ
4	- การควบคุมอัจฉริยะ	- หม้อไอน้ำแบบไอเสียควบแน่น - หน้าต่างหน่วยเครื่องปรับอากาศประสิทธิภาพสูง - การเคลือบกระจกป้องกันความร้อน - อาคารอัตโนมัติ/เพิ่มประสิทธิภาพของระบบการจัดการ, ปรับปรุงเซ็นเซอร์ความร้อน - เครื่องใช้ไฟฟ้าอัจฉริยะและบ้านอัตโนมัติ - อุปกรณ์ไฟฟ้าอิเล็กทรอนิกส์	- การควบคุมอัจฉริยะ - หลอดคอมแพคฟลูออเรสเซนต์, หลอด LED

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

อันดับ	ผลการจัดอันดับความสำคัญของเทคโนโลยีพลังงาน		
	ภาพรวม (4 ด้าน)	**ประเด็นความสามารถในการแข่งขันและการสร้างมูลค่า (I1)**	**ประเด็นด้านสิ่งแวดล้อม (I3)**
5	- หลอดคอมแพคฟลูออเรสเซนต์, หลอด LED	- ระบบความร้อน ระบายอากาศ ปรับอากาศ (HVAC)/ Free cooling ในอาคาร	- หม้อไอน้ำแบบไอเสียควบแน่น - ปั๊มความร้อน โดยผ่านอากาศ/พื้นดิน/น้ำ - ระบบความร้อน ระบายอากาศ ปรับอากาศ (HVAC)/ Free cooling ในอาคาร - การเคลือบกระจกป้องกันความร้อน - โคมไฟพลังงานแสงอาทิตย์

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

บทที่ 5
สรุปผลการวิจัย

5.1 สรุปผลการจัดลำดับความสำคัญของเกณฑ์ในประเด็นต่าง ๆ

ผลการจัดลำดับความสำคัญของเกณฑ์ด้านความพร้อม (Readiness) พบว่า ผู้เชี่ยวชาญให้ความสำคัญใน**ประเด็นนโยบาย โครงสร้างพื้นฐาน รวมทั้งกฎระเบียบที่เกี่ยวข้อง** สูงสุด ดังแสดงในตารางที่ 5-1 เนื่องจากนโยบาย และโครงสร้างพื้นฐาน เป็นปัจจัยสำคัญที่ใช้ประกอบการตัดสินใจของผู้ประกอบการ ดังนั้น ภาครัฐควรมีการกำหนดนโยบาย ให้มีความชัดเจน ครอบคลุมทุกบริบท เพื่อส่งเสริมให้มีการใช้เทคโนโลยีพลังงานในภาคอาคารได้อย่างเป็นรูปธรรม

ผลการจัดลำดับความสำคัญของเกณฑ์ด้านผลกระทบ (Impact) พบว่า ผู้เชี่ยวชาญให้ความสำคัญใน**ประเด็นด้านสิ่งแวดล้อม** สูงสุด ดังแสดงในตารางที่ 5-1 เนื่องจากประเด็นด้านสิ่งแวดล้อมเป็นประเด็นระดับโลกที่ทุกประเทศให้ความสำคัญ จะเห็นได้จากการประชุมรัฐภาคีอนุสัญญาแห่งสหประชาติว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศที่ร่วมมือกันแก้ไขปัญหาสิ่งแวดล้อม และในปัจจุบันยังเป็นประเด็นที่ผู้ประกอบการภาคเอกชนให้ความสำคัญเป็นอย่างมาก เนื่องจากเป็นประเด็นที่ส่งผลต่อภาพลักษณ์ขององค์กร

ตารางที่ 5-1 สรุปผลการจัดลำดับความสำคัญของเกณฑ์ในประเด็นต่าง ๆ ด้านความพร้อมและผลกระทบ ผู้เชี่ยวชาญให้ความสำคัญสูงสุด

เกณฑ์	ภาพรวม	ภาครัฐ	ภาคเอกชนและหน่วยงานอิสระ	สถาบันการศึกษา
R	นโยบาย โครงสร้างพื้นฐาน รวมทั้งกฎระเบียบที่เกี่ยวข้อง (R1)	นโยบาย โครงสร้างพื้นฐาน รวมทั้งกฎระเบียบที่เกี่ยวข้อง (R1) ต้นทุนและผลประโยชน์ (R3)	นโยบาย โครงสร้างพื้นฐาน รวมทั้งกฎระเบียบที่เกี่ยวข้อง (R1) การสนับสนุนด้านการเงิน (R2)	นโยบาย โครงสร้างพื้นฐาน รวมทั้งกฎระเบียบที่เกี่ยวข้อง (R1)
I	ด้านสิ่งแวดล้อม: มลพิษทางอากาศ, มลพิษทางน้ำ, การปนเปื้อน ฯลฯ (I3)	ด้านสิ่งแวดล้อม: มลพิษทางอากาศ, มลพิษทางน้ำ, การปนเปื้อน ฯลฯ (I3) การประมาณค่าการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกของเทคโนโลยี (I4)	ด้านสิ่งแวดล้อม: มลพิษทางอากาศ, มลพิษทางน้ำ, การปนเปื้อน ฯลฯ (I3)	ด้านสิ่งแวดล้อม: มลพิษทางอากาศ, มลพิษทางน้ำ, การปนเปื้อน ฯลฯ (I3)

5.2 สรุปผลการจัดลำดับความสำคัญของเทคโนโลยีพลังงานในภาคอาคารของประเทศไทย

ผลการจัดลำดับความสำคัญของเทคโนโลยีพลังงานในภาคอาคารของประเทศไทยที่มีความพร้อมและผลกระทบสูง จำนวน 16 รายการ ซึ่งความหมายของความพร้อม (Readiness) ในที่นี้ หมายถึง ความพร้อมต่อการนำไปใช้งานของเทคโนโลยีพลังงานในภาคอาคาร และความหมายของผลกระทบ (Impact) ในที่นี้ หมายถึง ผลกระทบต่อการลดก๊าซเรือนกระจกของเทคโนโลยีพลังงานในภาคอาคาร โดยมีผลการจัดลำดับ 5 อันดับแรก ตามลำดับ ดังนี้

(1) อาคารอัตโนมัติ (Building automation/management system optimization, improved enthalpy sensors)
(2) อุปกรณ์ไฟฟ้าอิเล็กทรอนิกส์ (Electronic power supplies)
(3) เครื่องใช้ไฟฟ้าอัจฉริยะและบ้านอัตโนมัติ (“Smart” appliances and home automation)
(4) การควบคุมอัจฉริยะ (Smart controls)
(5) หลอดคอมแพคฟลูออเรสเซนต์, หลอด LED (Compact Fluorescent Light Bulbs and LEDs)

จากผลการจัดลำดับความสำคัญฯ พบว่า เทคโนโลยีดังกล่าวเป็นเทคโนโลยีที่มีผลกระทบสูงสุดตามลำดับ กล่าวคือ เทคโนโลยีเหล่านี้ส่งผลกระทบในเชิงบวก ซึ่งสามารถช่วยลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก และปัญหามลพิษต่าง ๆ ได้มากที่สุด โดยผู้เชี่ยวชาญเห็นว่า เทคโนโลยีอาคารอัตโนมัติ/เพิ่มประสิทธิภาพของระบบการจัดการ, ปรับปรุงเซ็นเซอร์ความร้อน (Building automation/management system optimization, improved enthalpy sensors) มีผลกระทบในประเด็นด้านสิ่งแวดล้อม: มลพิษทางอากาศ, มลพิษทางน้ำ, การปนเปื้อน ฯลฯ (I3) สูงสุด

ทั้งนี้ เทคโนโลยีอาคารอัตโนมัติส่วนใหญ่จะถูกนำไปใช้ในอาคารที่ใช้ในเชิงพาณิชย์ เช่น อาคารสำนักงาน ศูนย์การค้า โรงแรม และโรงพยาบาล เป็นต้น โดยเทคโนโลยีอาคารอัตโนมัตินั้นจะอาศัยการทำงานจากเซ็นเซอร์ที่ติดตั้งไว้ในอาคารเพื่อเชื่อมต่อกับอุปกรณ์ต่าง ๆ ซึ่งเซ็นเซอร์ที่เชื่อมต่อกันนั้นจะทำการรวบรวมข้อมูลสภาพแวดล้อม ข้อมูลเชิงลึกเกี่ยวกับระดับการใช้พลังงาน รวมถึงข้อมูลการใช้งานของอาคาร จากนั้นจะส่งข้อมูลนี้ไปประมวลผลที่ Building Management System (BMS) ซึ่งเป็นส่วนกลางที่ทำงานในพื้นที่หรือบนระบบคลาวด์ จากนั้นข้อมูลที่ประมวลผลแล้วจะถูกใช้เพื่อกระตุ้นให้เกิดการทำงานโดยอัตโนมัติในระบบต่าง ๆ ของอาคาร อาทิ ระบบปรับอากาศ ระบบแสงสว่าง ระบบรักษาความปลอดภัย ระบบประปา และอุปกรณ์อื่น ๆ เป็นต้น โดยที่ระบบสามารถตัดสินใจได้โดยอัตโนมัติเพื่อให้เกิดการทำงานที่เหมาะสมและมีประสิทธิภาพสูงที่สุดของอาคาร

5.3 สรุปผลการเปรียบเทียบช่องว่างด้านความพร้อม (Gap Analysis) ของเทคโนโลยีพลังงานในภาคอาคารของประเทศไทยที่มีผลกระทบสูง

จากผลการจัดลำดับความสำคัญของเทคโนโลยีพลังงานในภาคอาคารของประเทศไทยที่มีความพร้อมและผลกระทบสูง จำนวน 16 รายการ ได้นำผลการจัดลำดับความสำคัญฯ มาเปรียบเทียบช่องว่างด้านความพร้อม และพิจารณาค่าน้ำหนักของเกณฑ์เท่ากันทุกประเด็น แบ่งกลุ่มเทคโนโลยีออกเป็น 3 กลุ่ม สามารถสรุปผลได้ดังนี้

5.3.1 เทคโนโลยีในกลุ่มเชื้อเพลิงฟอสซิล/พลังงานทดแทน (Fossil Fuels/Renewables)

ได้แก่ *เทคโนโลยีหม้อไอน้ำแบบไอเสียควบแน่น และเทคโนโลยี LPG และ LNG สำหรับใช้ในครัวเรือนและการปรุงอาหารในเชิงพาณิชย์* เมื่อเปรียบเทียบความพร้อมในแต่ละประเด็นของเทคโนโลยี พบว่า เทคโนโลยีในกลุ่มนี้มีความพร้อมในภาพรวมค่อนข้างสูง ในประเด็นนโยบายโครงสร้างพื้นฐาน รวมทั้งกฎระเบียบที่เกี่ยวข้อง (R1) การยอมรับจากสังคมและผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย (R4) ทรัพยากรบุคคล ผู้เชี่ยวชาญ หรือสถาบันเฉพาะทาง (R5) ฐานข้อมูลเทคโนโลยี (R6) สถานการณ์ปัจจุบันของเทคโนโลยีในประเทศไทย (R10) และสถานการณ์ปัจจุบันของเทคโนโลยีในประเทศที่พัฒนาแล้ว (R11) ถึงแม้ว่าเทคโนโลยีในกลุ่มนี้ส่วนใหญ่จะมีความพร้อมในหลาย ๆ ประเด็น แต่ยังขาดความพร้อมในประเด็นความเป็นไปได้ของการผลิตภายในประเทศ (R9) ที่เหมือนกัน และยังขาดความพร้อมในประเด็นการสนับสนุนด้านการเงิน (R2) ต้นทุนและผลประโยชน์ (R3) แนวโน้มระยะสั้น (ภายใน 5 ปี) (R7) และการบริหารจัดการโครงสร้างพื้นฐาน (R8) โดยเฉพาะเทคโนโลยี LPG และ LNG สำหรับใช้ในครัวเรือนและการปรุงอาหารในเชิงพาณิชย์ ซึ่งประเทศไทยยังไม่มีการความพร้อมและความสนใจที่จะผลักดันให้มีการใช้งาน LNG ในภาคครัวเรือน เนื่องจาก LNG นั้นนิยมนำมาใช้กับยานพาหนะมากกว่า และในประเทศไทยยังไม่มีศักยภาพที่จะผลิต LNG ได้เองภายในประเทศต้องพึ่งพาการนำเข้าซึ่งมีต้นทุนที่สูงมาก หากภาครัฐต้องการผลักดันเทคโนโลยีในกลุ่มนี้ ควรมุ่งเน้นสนับสนุนด้านการเงิน และต้นทุนและผลประโยชน์ โดยมีมาตรการช่วยลดต้นทุน อาทิ มาตรการลดหย่อนภาษีจากการนำเข้า เป็นต้น และจัดการโครงสร้างพื้นฐานให้รองรับกับการพัฒนาเทคโนโลยีเหล่านี้มากขึ้นในอนาคต ดังแสดงในตารางที่ 5-2

5.3.2 เทคโนโลยีในกลุ่มเทคโนโลยีพลังงานทดแทน (Renewable Energy Technology)

ได้แก่ *เทคโนโลยีปั๊มความร้อน โดยผ่านอากาศ/พื้นดิน/น้ำ และเทคโนโลยีเก็บสะสมพลังงาน* เมื่อเปรียบเทียบความพร้อมในแต่ละประเด็นของเทคโนโลยี พบว่า เทคโนโลยีในกลุ่มนี้มีความพร้อมในภาพรวมปานกลางถึงค่อนข้างสูง ในประเด็นการยอมรับจากสังคมและผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย (R4) ทรัพยากรบุคคล ผู้เชี่ยวชาญ หรือ สถาบันเฉพาะทาง (R5) ฐานข้อมูลเทคโนโลยี (R6)

ความเป็นไปได้ของการผลิตภายในประเทศ (R9) สถานการณ์ปัจจุบันของเทคโนโลยีในประเทศไทย (R10) และสถานการณ์ปัจจุบันของเทคโนโลยีในประเทศที่พัฒนาแล้ว (R11) โดยเฉพาะเทคโนโลยีปั๊มความร้อน โดยผ่านอากาศ/พื้นดิน/น้ำ เนื่องจากในประเทศไทยได้มีการนำเทคโนโลยีปั๊มความร้อนนี้มาใช้งานในอาคาร เช่น อาคารโรงแรม อาคารโรงพยาบาล เป็นต้น ถึงแม้ว่าเทคโนโลยีในกลุ่มนี้จะมีความพร้อมในหลาย ๆ ประเด็น แต่ยังขาดความพร้อมในประเด็นนโยบาย โครงสร้างพื้นฐานรวมทั้งกฎระเบียบที่เกี่ยวข้อง (R1) การสนับสนุนด้านการเงิน (R2) ต้นทุนและผลประโยชน์ (R3) แนวโน้มระยะสั้น (ภายใน 5 ปี) (R7) และการบริหารจัดการโครงสร้างพื้นฐาน (R8) โดยเฉพาะเทคโนโลยีเก็บสะสมพลังงาน เนื่องจากเทคโนโลยีเก็บสะสมพลังงานเป็นเทคโนโลยีใหม่ที่มีการนำเข้ามาใช้งานในบางกลุ่มบางพื้นที่ ซึ่งประเทศไทยยังขาดศักยภาพในการผลิตใช้งานได้เองภายในประเทศ ต้องพึ่งพาการนำเข้า รวมทั้งยังอยู่ในขั้นตอนของการวิจัยพัฒนา ภาครัฐจึงยังไม่มีนโยบายที่สนับสนุนเทคโนโลยีนี้อย่างจริงจัง หากภาครัฐต้องที่จะผลักดันเทคโนโลยีในกลุ่มนี้อย่างเต็มกำลัง ควรกำหนดนโยบายรวมทั้งออกกฎระเบียบที่เกี่ยวข้องให้มีความครอบคลุมและชัดเจน บริหารจัดการโครงสร้างพื้นฐานที่เกี่ยวข้องให้ตรงตามความต้องการ รวมไปถึงให้การสนับสนุนในด้านการเงินทั้งทางตรงและทางอ้อม อำนวยความสะดวกในการเข้าถึงแหล่งเงินทุน และออกมาตรการลดต้นทุน เพื่อดึงดูดให้นักลงทุนหรือผู้ประกอบการที่สนใจนำเทคโนโลยีมาใช้งานหรือลงทุนสร้างโรงงานผลิตเทคโนโลยีเหล่านี้ขึ้นในประเทศ ซึ่งจะช่วยให้ประเทศมีขีดความสามารถยิ่งขึ้น มีฐานข้อมูลของเทคโนโลยีก้าวหน้ามากขึ้น ซึ่งสามารถนำไปพัฒนาต่อยอดได้ในอนาคต ดังแสดงในตารางที่ 5-2

5.3.3 เทคโนโลยีในกลุ่มเทคโนโลยีประหยัดพลังงาน (Energy Saving Technology)

ได้แก่ *เทคโนโลยีระบบระบายอากาศ แบบแลกเปลี่ยนความร้อนกับอากาศ/ระบบควบคุม, ระบบความร้อน ระบายอากาศ ปรับอากาศ (HVAC)/ระบบ Free cooling, เครื่องทำความเย็นที่มีประสิทธิภาพสูง, หน้าต่างหน่วยเครื่องปรับอากาศประสิทธิภาพสูง, อุปกรณ์ป้องกันอากาศเข้า, การเคลือบกระจกป้องกันความร้อน, อาคารอัตโนมัติ, การควบคุมอัจฉริยะ, เครื่องใช้ไฟฟ้าอัจฉริยะและบ้านอัตโนมัติ, อุปกรณ์ไฟฟ้าอิเล็กทรอนิกส์, หลอดคอมแพคฟลูออเรสเซนต์/หลอด LED และโคมไฟพลังงานแสงอาทิตย์* เมื่อเปรียบเทียบความพร้อมในแต่ละประเด็นของเทคโนโลยี พบว่า เทคโนโลยีในกลุ่มนี้มีความพร้อมในภาพรวมค่อนข้างสูง ในประเด็นการยอมรับจากสังคมและผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย (R4) ทรัพยากรบุคคล ผู้เชี่ยวชาญ หรือสถาบันเฉพาะทาง (R5) ฐานข้อมูลเทคโนโลยี (R6) แนวโน้มระยะสั้น (ภายใน 5 ปี) (R7) และสถานการณ์ปัจจุบันของเทคโนโลยีในประเทศที่พัฒนาแล้ว (R11) ถึงแม้ว่าเทคโนโลยีในกลุ่มนี้ส่วนใหญ่จะมีความพร้อมในหลาย ๆ ประเด็น แต่เทคโนโลยีส่วนใหญ่ล้วนขาดความพร้อมในเรื่องของนโนบายรองรับที่ชัดเจน รวมถึงโครงสร้างพื้นฐานที่ยังไม่สามารถรองรับได้ครอบคลุมและเพียงพอ ซึ่งสอดคล้องกับประเด็นนโยบาย โครงสร้างพื้นฐาน รวมทั้งกฎระเบียบ

ที่เกี่ยวข้อง (R1) และการบริหารจัดการโครงสร้างพื้นฐาน (R8) ทั้งยังได้รับการสนับสนุนด้านการเงินน้อย และยังไม่มีมาตรการด้านต้นทุนที่เอื้อต่อการนำไปใช้งาน ซึ่งสอดคล้องกับประเด็นด้านการสนับสนุนด้านการเงิน (R2) และต้นทุนและผลประโยชน์ (R3) ซึ่งเกี่ยวโยงไปถึงประเด็นความเป็นไปได้ของการผลิตภายในประเทศ (R9) และสถานการณ์ปัจจุบันของเทคโนโลยีในประเทศไทย (R10) อีกด้วย หากภาครัฐต้องการผลักดันเทคโนโลยีในกลุ่มนี้ ควรกำหนดนโยบายให้มีความชัดเจนและครอบคลุมมากขึ้น ส่งเสริมการบริหารจัดการโครงสร้างพื้นฐานที่เกี่ยวข้องให้สามารถรองรับกับเทคโนโลยีใหม่ๆ ที่จะถูกพัฒนาในอนาคต ออกมาตรการสนับสนุนด้านการเงินเพื่อส่งเสริมการลงทุนของผู้ประกอบการ และเพื่อเอื้อต่อการผลิตภายในประเทศ ซึ่งจะนำไปสู่การใช้งานอย่างแพร่หลาย ทั้งยังช่วยเพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขันให้กับประเทศอีกด้วย ดังแสดงในตารางที่ 5-2

ทั้งนี้ เมื่อพิจารณาช่องว่างด้านความพร้อม (Gap Analysis) ในภาพรวมของเทคโนโลยีพลังงานในภาคอาคารของประเทศไทยที่มีผลกระทบสูง พบว่า ขาดความพร้อมใน 3 ประเด็นเหมือนกันทุกกลุ่มเทคโนโลยี คือ ประเด็นการสนับสนุนด้านการเงิน (R2) ประเด็นต้นทุนและผลประโยชน์ (R3) ซึ่งในสองประเด็นนี้อาจยังไม่มีมาตรการด้านการเงินที่เอื้อต่อการลงทุนที่ชัดเจนหรือยังไม่มีมาตรการที่เข้มแข็งเพียงพอต่อการจูงใจนักลงทุนและผู้ประกอบการให้หันมาสนใจมากพอ และในประเด็นการบริหารจัดการโครงสร้างพื้นฐาน (R8) ซึ่งการจัดการโครงสร้างพื้นฐานของประเทศในปัจจุบันอาจยังไม่สามารถรองรับหรือครอบคลุมกับบางเทคโนโลยีที่เกิดขึ้น เนื่องจากความไม่ต่อเนื่องของนโยบายภาครัฐ ซึ่งส่งผลให้เกิดความล่าช้าในการจัดการโครงสร้างพื้นฐานของประเทศ

ตารางที่ 5-2 สรุปผลการเปรียบเทียบช่องว่างด้านความพร้อม (Gap Analysis) ของเทคโนโลยีพลังงานในภาคอาคารของประเทศไทยที่มีผลกระทบสูง

กลุ่ม	รายการเทคโนโลยี	ประเด็นที่ควรสนับสนุน
เชื้อเพลิงฟอสซิล/พลังงานทดแทน (Fossil Fuels/Renewables)	- หม้อไอน้ำแบบไอเสียควบแน่น[1,2] - LPG และ LNG สำหรับใช้ในครัวเรือนและการปรุงอาหารในเชิงพาณิชย์[3]	- การสนับสนุนด้านการเงิน (R2) - ต้นทุนและผลประโยชน์ (R3) - การบริหารจัดการโครงสร้างพื้นฐาน (R8)
เทคโนโลยีพลังงานทดแทน (Renewable Energy Technology)	- ปั๊มความร้อน โดยผ่านอากาศ/พื้นดิน/น้ำ - เทคโนโลยีเก็บสะสมพลังงาน	- นโยบาย โครงสร้างพื้นฐานรวมทั้งกฎระเบียบที่เกี่ยวข้อง (R1) - การสนับสนุนด้านการเงิน (R2) - ต้นทุนและผลประโยชน์ (R3) - ฐานข้อมูลเทคโนโลยี (R6) - การบริหารจัดการโครงสร้างพื้นฐาน (R8) - สถานการณ์ปัจจุบันของเทคโนโลยีในประเทศไทย (R10)

กลุ่ม	รายการเทคโนโลยี	ประเด็นที่ควรสนับสนุน
เทคโนโลยีประหยัดพลังงาน (Energy Saving Technology)	- ระบบระบายอากาศ แบบแลกเปลี่ยนความร้อนกับอากาศ/ระบบควบคุม - ระบบความร้อน ระบายอากาศ ปรับอากาศ (HVAC)/ระบบ Free cooling - เครื่องทำความเย็นที่มีประสิทธิภาพสูง - หน้าต่างหน่วยเครื่องปรับอากาศประสิทธิภาพสูง - อุปกรณ์ป้องกันอากาศเข้า - การเคลือบกระจกป้องกันความร้อน - อาคารอัตโนมัติ - การควบคุมอัจฉริยะ - เครื่องใช้ไฟฟ้าอัจฉริยะและบ้านอัตโนมัติ - อุปกรณ์ไฟฟ้าอิเล็กทรอนิกส์ - หลอดคอมแพคฟลูออเรสเซนต์/หลอด LED - โคมไฟพลังงานแสงอาทิตย์	- นโยบาย โครงสร้างพื้นฐาน รวมทั้งกฎระเบียบที่เกี่ยวข้อง (R1) - การสนับสนุนด้านการเงิน (R2) - ต้นทุนและผลประโยชน์ (R3) - การบริหารจัดการโครงสร้างพื้นฐาน (R8) - ความเป็นไปได้ของการผลิตภายในประเทศ (R9) - สถานการณ์ปัจจุบันของเทคโนโลยีในประเทศไทย (R10)

หมายเหตุ: [1]space heating ไม่มีในประเทศไทย

[2]domestic hot water ในประเทศไทย มีการใช้งานในอาคารบางประเภท เช่น โรงแรม

[3]LNG ในประเทศไทย ไม่มีการนำมาใช้งานในครัวเรือนและการปรุงอาหารในเชิงพาณิชย์

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

5.4 สรุปผลการจัดลำดับความสำคัญของเทคโนโลยีพลังงานในภาคอาคารของประเทศไทยที่มีผลกระทบสูง โดยพิจารณาในรูปแบบนโยบายต่าง ๆ

จากผลการจัดลำดับความสำคัญของเทคโนโลยีพลังงานในภาคอาคารของประเทศไทยที่มีความพร้อมและผลกระทบสูง จำนวน 16 รายการ ได้ทำการเปรียบเทียบผลการจัดลำดับความสำคัญฯ โดยพิจารณาในรูปแบบนโยบายต่าง ๆ เพื่อนำเสนอถึงสถานภาพของเทคโนโลยีในด้านใดด้านหนึ่ง และเป็นทางเลือกพิจารณาประกอบการตัดสินใจที่เหมาะสมตามแต่ละบริบทขององค์กรที่ให้ความสำคัญ สามารถสรุปได้ดังนี้

(1) รูปแบบนโยบายด้านความพร้อม ทั้งในประเด็นภาพรวม (11 ประเด็น) และประเด็นที่มุ่งเน้นเฉพาะในรูปแบบนโยบาย 3 ประเด็น ได้แก่ ประเด็นต้นทุนและผลประโยชน์ (R3) ประเด็นการยอมรับจากสังคมและผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย (R4) และประเด็นความเป็นไปได้ของการผลิตภายในประเทศ (R9) พบว่า *เทคโนโลยีการควบคุมอัจฉริยะ และเทคโนโลยีหลอดคอมแพคฟลูออเรสเซนต์, หลอด LED* เป็นเทคโนโลยีที่มีความพร้อมสูงใน 5 อันดับแรก

(2) รูปแบบนโยบายด้านผลกระทบ ทั้งในประเด็นภาพรวม (4 ประเด็น) และประเด็นที่มุ่งเน้นเฉพาะในรูปแบบนโยบาย 2 ประเด็น ได้แก่ ประเด็นความสามารถในการแข่งขันและการสร้างมูลค่า (I1) และประเด็นด้านสิ่งแวดล้อม (I3) พบว่า *เทคโนโลยีอาคารอัตโนมัติ/เพิ่มประสิทธิภาพของระบบการจัดการ, ปรับปรุงเซ็นเซอร์ความร้อน เทคโนโลยีอุปกรณ์ไฟฟ้าอิเล็กทรอนิกส์ เทคโนโลยีเครื่องใช้ไฟฟ้าอัจฉริยะและบ้านอัตโนมัติ เทคโนโลยีการควบคุมอัจฉริยะ และเทคโนโลยีหลอดคอมแพคฟลูออเรสเซนต์, หลอด LED* เป็นเทคโนโลยีที่มีผลกระทบสูงใน 5 อันดับแรก

ทั้งนี้ หากพิจารณาผลการเปรียบเทียบฯ ในรูปแบบนโยบาย ทั้งในประเด็นภาพรวม และในประเด็นที่มุ่งเน้นเฉพาะในรูปแบบนโยบายทั้ง 5 ประเด็น พบว่า *เทคโนโลยีการควบคุมอัจฉริยะและเทคโนโลยีหลอดคอมแพคฟลูออเรสเซนต์/หลอด LED* เป็นเทคโนโลยีที่มีทั้งความพร้อมและผลกระทบสูงสุดใน 5 อันดับแรก ดังแสดงในตารางที่ 5-3

ตารางที่ 5-3 สรุปผลการจัดลำดับความสำคัญของเทคโนโลยีพลังงานในภาคอาคารของประเทศไทยที่มีผลกระทบสูง โดยพิจารณาในรูปแบบนโยบายต่าง ๆ ทั้งด้านความพร้อมและด้านผลกระทบ

เทคโนโลยี	รูปแบบนโยบายด้านความพร้อม				รูปแบบนโยบายด้านผลกระทบ		
	ภาพรวม (11 ประเด็น)	ประเด็นต้นทุนและผลประโยชน์ (R3)	ประเด็นการยอมรับจากสังคมและผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย (R4)	ประเด็นความเป็นไปได้ของการผลิตภายในประเทศ (R9)	ภาพรวม (4 ด้าน)	ประเด็นความสามารถในการแข่งขันและการสร้างมูลค่า (I1)	ประเด็นด้านสิ่งแวดล้อม (I3)
- การควบคุมอัจฉริยะ	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
- หลอดคอมแพคฟลูออเรสเซนต์, หลอด LED	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
- อาคารอัตโนมัติ/เพิ่มประสิทธิภาพของระบบการจัดการ, ปรับปรุงเซ็นเซอร์ความร้อน					✓	✓	✓
- อุปกรณ์ไฟฟ้าอิเล็กทรอนิกส์					✓	✓	✓
- เครื่องใช้ไฟฟ้าอัจฉริยะและบ้านอัตโนมัติ					✓	✓	✓

5.5 ข้อเสนอแนะเชิงนโยบาย

จากผลการวิจัยที่ได้ ภาครัฐควรกำหนดนโยบายเพื่อส่งเสริมสนับสนุนเทคโนโลยีพลังงานในภาคอาคารของประเทศไทยที่มีความพร้อมและผลกระทบสูง ตามลำดับความสำคัญ ดังนี้

1) อาคารอัตโนมัติ/เพิ่มประสิทธิภาพของระบบการจัดการ, ปรับปรุงเซ็นเซอร์ความร้อน (Building automation/management system optimization, improved enthalpy sensors)

ปัจจุบันเทคโนโลยีอาคารอัตโนมัติกำลังได้รับความนิยมเพิ่มมากขึ้น โดยเฉพาะกับอาคารขนาดใหญ่ที่ใช้ในเชิงพาณิชย์ เช่น อาคารสำนักงาน ศูนย์การค้า และโรงแรม เป็นต้น เนื่องจากอาคารขนาดใหญ่นั้นมีระบบอำนวยความสะดวกหลายระบบ แต่ละระบบมีความยุงยากในการควบคุมดูแลต่างกัน จึงจำเป็นตองอาศัยระบบบริหารจัดการอาคาร (Building management system; BMS) เขามาช่วยเพื่อให้เกิดการทำงานที่เหมาะสมอย่างมีประสิทธิภาพสูงสุดของอาคาร ทั้งยังช่วยลดค่าใช้จ่ายพลังงานประจำปีได้เป็นอย่างมาก ดังนั้น ภาครัฐควรกำหนดนโยบาย กฎระเบียบที่เกี่ยวข้อง และกำหนดมาตรฐานการใช้พลังงานกับอาคารที่จะก่อสร้างใหม่ และการปรับปรุงอาคารเดิม ให้มีความชัดเจน และควรกำหนดมาตรการประหยัดพลังงานควบคู่ไปด้วย เพื่อให้เกิดการใช้งานระบบอาคารอัตโนมัติอย่างจริงจัง นอกจากนี้ ยังขาดมาตรการที่ส่งเสริมและสนับสนุนในด้านการเงิน และความคุ้มทุนต่อการนำเทคโนโลยีมาใช้งาน จึงมีแนวโน้มความเป็นไปได้จะมีการลงทุนผลิตขึ้นในประเทศน้อย ทั้งยังมีการใช้งานกระจุกตัวในบางพื้นที่ ยังไม่แพร่หลายมากนัก เนื่องจากบางพื้นที่ยังมีโครงสร้างพื้นฐานที่ยังไม่เอื้อต่อการรองรับเทคโนโลยีนี้ หากภาครัฐให้ส่งเสริมและสนับสนุนในด้านการเงิน จะช่วยให้มีผู้ลงทุนและผู้ที่สนใจนำระบบอาคารอัตโนมัติมาใช้งานมากยิ่งขึ้น ซึ่งจะทำให้อาคารในปัจจุบันสามารถเปลี่ยนเป็นอาคารอัจฉริยะแห่งอนาคตที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมและเฝ้าระวังตัวเองได้ ช่วยแก้ปัญหาต่าง ๆ ที่เกิดจากการขยายตัวของเมืองที่ส่งผลต่อสังคมได้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

2) อุปกรณ์ไฟฟ้าอิเล็กทรอนิกส์ (Electronic power supplies)

อุปกรณ์ไฟฟ้าอิเล็กทรอนิกส์เป็นอุปกรณ์ที่ใช้เปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าเป็นพลังงานรูปแบบอื่นเพื่อนำไปใช้ในชีวิตประจำวัน เช่น อุปกรณ์ที่ให้แสงสว่าง อุปกรณ์ที่ให้พลังงานความร้อน อุปกรณ์ที่ให้พลังงานกล เป็นต้น ในปัจจุบันอุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้าแทบทุกชนิดที่ผลิตออกมาล้วนแล้วแต่มีชิ้นส่วนอุปกรณ์ไฟฟ้าอิเล็กทรอนิกส์เป็นส่วนประกอบสำคัญ นอกจากนี้ อุปกรณ์ไฟฟ้าอิเล็กทรอนิกส์ยังได้มีการควบคุมมาตรฐานของอุปกรณ์ไฟฟ้าอิเล็กทรอนิกส์จากหน่วยงานภาครัฐอยู่แล้ว ดังนั้น ภาครัฐควรสนับสนุนในด้านการเงินแก่ผู้ผลิตชิ้นส่วนอุปกรณ์ไฟฟ้าอิเล็กทรอนิกส์ อาทิ มาตรการลดหย่อนภาษีจากการนำเข้าวัตถุดิบหลัก หรือชิ้นส่วนอื่น ๆ ที่ไม่สามารถผลิตได้เอง นอกจากนี้ ควรพัฒนาบุคคากรและฐานข้อมูลองค์ความรู้ เพื่อที่จะสามารถผลิตชิ้นส่วนที่ต้องนำเข้าได้เอง ซึ่งจะเป็นการลดต้นทุนให้กับผู้ผลิต

เป็นอย่างมาก และส่งผลไปถึงผู้ผลิตเครื่องใช้ไฟฟ้าอื่น ๆ อีกด้วย ทั้งยังเป็นเพิ่มขีดความสามารถให้กับประเทศ เกิดการจ้างงาน และยังช่วยกระจายรายได้สู่ท้องถิ่นอีกทางหนึ่ง

3) เครื่องใช้ไฟฟ้าอัจฉริยะและบ้านอัตโนมัติ (“Smart” appliances and home automation)

บ้านอัตโนมัติเป็นเทคโนโลยีที่กำลังได้รับความนิยมเพิ่มมากขึ้นเช่นเดียวกับอาคารอัตโนมัติ แต่มีขอบเขตการทำงานที่เล็กกว่าอาคารอัตโนมัติ ไม่ต้องใช้ระบบบริหารจัดการอาคารที่ซับซ้อน เป็นการนำระบบการควบคุมอัจฉริยะ เรียกว่า Internet of Things (IoT) มาประยุกต์ใช้ภายในบ้าน ซึ่งมีความเกี่ยวเนื่องกับเทคโนโลยีการควบคุมอัจฉริยะ (Smart controls) ในข้อถัดไป โดยจะทำให้เกิดการเชื่อมต่อกันระหว่างอินเทอร์เน็ตไร้สายกับเครื่องใช้ไฟฟ้าภายในบ้านที่มีอุปกรณ์ฝังตัวและติดตั้งระบบเซ็นเซอร์แบบไร้สาย ทำให้สามารถควบคุมการทำงานผ่านแอปพลิเคชันบนสมาร์ทโฟน หรืออุปกรณ์เคลื่อนที่ได้ เช่น การควบคุมระบบไฟฟ้าและแสงสว่างภายในบริเวณบ้าน การควบคุมอุณหภูมิภายในบ้าน ระบบรักษาความปลอดภัย เป็นต้น จะช่วยลดต้นทุนการติดตั้งสายเคเบิล ช่วยให้ระบบมีความยืดหยุ่นในการขยายการเชื่อมต่ออุปกรณ์เพิ่มเติมในอนาคต และยังสามารถตรวจสอบสถานะของอุปกรณ์ได้ตลอดเวลา แต่ปัญหาของบ้านอัตโนมัติและเครื่องใช้ไฟฟ้าอัจฉริยะในไทยส่วนใหญ่ที่ทำให้การใช้งานยังไม่แพร่หลายมากนัก เกิดจากการเข้าใจผิดของผู้บริโภค เกี่ยวกับเรื่องความสำคัญของระบบอัตโนมัติ ระบบรักษาความปลอดภัย กังวลกับค่าใช้จ่ายที่สิ้นเปลืองในการติดตั้ง และอุปกรณ์ที่มีราคาแพง ซึ่งผู้บริโภคหลายคนยังไม่เข้าใจและไม่เห็นถึง ความสำคัญของระบบว่ามีประโยชน์ด้านใดบ้าง จึงทำให้ระบบบ้านอัตโนมัติในประเทศไทยยังไม่เป็นที่นิยมมากนัก ดังนั้น ภาครัฐควรส่งเสริมเผยแพร่ความสำคัญและประโยชน์ของเครื่องใช้ไฟฟ้าอัจฉริยะและบ้านอัตโนมัติให้แก่ผู้บริโภคได้ทราบ เพื่อให้ผู้บริโภคเกิดความสนใจในการนำไปใช้งานแพร่หลายมากขึ้น นอกจากนี้ ควรกำหนดนโยบายที่ผลักดันเทคโนโลยีอย่างชัดเจน กำหนดมาตรฐานให้ครอบคลุมทุกด้าน และสนับสนับด้านการเงินแก่ผู้ผลิต อาทิ มาตรการลดต้นทุน มาตรการลดภาษี การเอื้อต่อการเข้าถึงแหล่งเงินทุนที่สนับสนุนในการพัฒนาเทคโนโลยีนี้ เป็นต้น

4) การควบคุมอัจฉริยะ (Smart controls)

ระบบการควบคุมอัจฉริยะนั้นเป็นระบบที่มีความชาญฉลาด เป็นเสมือนเส้นทางเชื่อมต่อระหว่างเทคโนโลยีที่แตกต่างกันของอุปกรณ์ภายในบ้าน และเป็นเสมือนเส้นทางเพื่อเชื่อมต่อกับบริการที่อยู่ภายนอกบ้าน ปัจจุบันระบบการควบคุมอัจฉริยะส่วนหนึ่งถูกนำมาใช้กับอุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้าต่าง ๆ ในรูปแบบของปัญญาประดิษฐ์ (Artificial Intelligence; AI) และ Internet of Things (IoT) โดยการควบคุมผ่านการเชื่อมต่อทางสมาร์ทโฟนและอุปกรณ์เคลื่อนที่ได้ จึงทำให้อุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้าที่มีระบบ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

การควบคุมอัจฉริยะต่างได้รับความสนใจมากขึ้น โดยฉพาะเพื่อการอยู่อาศัย เนื่องจากทำให้ได้รับความสะดวกสบาย ช่วยประหยัดค่าใช้จ่ายด้านพลังงาน และมีความปลอดภัยมากขึ้น เช่น สามารถควบคุมการทำงานของเครื่องใช้ไฟฟ้า การเปิดปิดระบบแสงสว่าง การปรับระบบปรับอากาศ และระบบรักษาความปลอดภัยภายในบ้าน เป็นต้น นอกจากนี้ ประเทศไทยมีความพร้อมของโครงสร้างพื้นฐานอย่างอินเทอร์เน็ตไร้สายที่ครอบคลุมเกือบทั่วประเทศ ผนวกกับมีระบบการควบคุมอัจฉริยะอย่าง Internet of Things (IoT) อยู่ในระดับที่ดี แต่ยังขาดการยอมรับจากสังคมทำให้การใช้งานยังไม่แพร่หลาย และยังมีมาตรการสนับสนุนด้านการเงินที่ยังไม่จูงใจมากพอ ดังนั้น ภาครัฐควรผลักดันส่งเสริมทางการด้านเงินและการลงทุน เพื่อจูงใจให้ผู้ผลิตหันมาสนใจลงทุนและพัฒนาผลิตภัณฑ์ให้รองรับกับเทคโนโลยีระบบการควบคุมอัจฉริยะออกมามากขึ้นมากขึ้น นอกจากนี้ ควรกำหนดมาตรฐานของระบบการควบคุมอัจฉริยะและอุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้าที่มีระบบการควบคุมอัจฉริยะให้มีความปลอดภัยและรัดกุมมากขึ้น

5) หลอดคอมแพคฟลูออเรสเซนต์, หลอด LED (Compact Fluorescent Light Bulbs and LEDs)

ปัจจุบันหลอดฟลูออเรสเซ็นต์นับเป็นอุปกรณ์หนึ่งที่ได้รับความสนใจเป็นอย่างมากและถูกนำมาใช้ทดแทนหลอดไฟฟ้าแบบเก่าที่เป็นหลอดที่มีขนาดใหญ่และกินพลังงานไฟฟ้ามากกว่า ทั้งยังมีหลอดแอลอีดี (LED) ที่ถูกนำมาใช้งานเช่นเดียวกัน ซึ่งหลอดแอลอีดีนั้นได้มีการพัฒนาให้มีประสิทธิภาพสูงขึ้นและสามารถให้แสงสว่างได้ใกล้เคียงกับแสงจากหลอดฟลูออเรสเซ็นต์และแสงธรรมชาติได้ และมีอายุการใช้งานนานขึ้นอีกด้วย ถือเป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่น่าสนใจในการเลือกนำไปใช้งาน นอกจากนี้หลอด LED ยังมีแนวโน้มที่จะมีราคาถูกลง และผู้ใช้งานส่วนหนึ่งโดยเฉพาะภาครัฐได้ริเริ่มเปลี่ยนให้อาคารสำนักงานต่าง ๆ หันมาใช้หลอดประเภทดังกล่าวแล้ว โดยภาครัฐได้มีนโยบายสนับสนุนทางด้านพลังงานให้มีการใช้งานหลอดฟลูออเรสเซ็นต์หรือหลอดแอลอีดีเพิ่มขึ้นอยู่แล้ว แต่ยังขาดให้เรื่องการสนับสนันด้านการเงิน ดังนั้น ภาครัฐควรผลักดันส่งเสริมในเรื่องการลดต้นทุน มีมาตรการลดหย่อนภาษีนำเข้า หรือเอื้อต่อการเข้าถึงแหล่งเงินทุนต่าง ๆ ที่จะสามารถช่วยผู้ผลิตได้ พร้อมทั้งควบคุมราคาจำหน่ายให้มีความเหมาะสม ซึ่งการผลักดันดังกล่าวจะเป็นผลดีสำหรับผู้ผลิตและผู้นำเข้าหลอดประเภทดังกล่าวเพื่อการจำหน่ายในประเทศอีกด้วย

5.6 ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม

1) ควรส่งเสริมและสนับสนุนการพัฒนาเทคโนโลยีและนวัตกรรมที่ช่วยลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกภายในประเทศอย่างจริงจัง และเร่งพัฒนาศักยภาพในการผลิตพลังงานทดแทนภายในประเทศควบคู่กันไปด้วย รวมถึงควรส่งเสริมการถ่ายทอดเทคโนโลยี การต่อยอด การพัฒนาทักษะแรงงานให้พร้อมรองรับต่อการใช้เทคโนโลยี การผลิต และการพัฒนาเทคโนโลยีในอนาคตอย่างเป็นระบบ

2) ควรเร่งผลักดันให้กลไกความช่วยเหลือเหล่านี้เกิดผลในทางปฏิบัติโดยเร็ว และผลักดันให้มีบทบาทสำคัญในการเป็นผู้นำพัฒนาการดำเนินงานด้านการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในระดับภูมิภาคหรืออนุภูมิภาค เนื่องจากประเทศไทยยังคงอยู่ในฐานะประเทศกำลังพัฒนาที่สามารถรับความช่วยเหลือด้านการเงิน การเสริมสร้างศักยภาพ และการถ่ายทอดเทคโนโลยีได้

3) ควรเตรียมความพร้อมและศึกษาข้อมูลทั้งปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในภาพรวมและรายสาขาต่าง ๆ รวมถึงศักยภาพและความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ของการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกให้ครอบคลุมมากยิ่งขึ้น

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาคผนวก

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาคผนวก ก

ข้อมูลพื้นฐานของเทคโนโลยีพลังงานในภาคอาคารที่ช่วยลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก

งานวิจัยนี้ได้ทำการคัดเลือกเฉพาะเทคโนโลยีพลังงานที่เกี่ยวข้องกับอาคารในประเทศไทย เพื่อนำมาใช้ในการประเมินความต้องการเทคโนโลยีพลังงาน มีจำนวนทั้งหมด 28 เทคโนโลยี แบ่งเทคโนโลยีออกเป็น 3 ประเภท โดยมีรายละเอียดดังนี้

ประเภทเชื้อเพลิงฟอสซิล/พลังงานทดแทน (Fossil Fuels/Renewables)

1. **หม้อไอน้ำแบบไอเสียควบแน่น (Condensing boilers for space heating[1] and domestic hot water[2])** [1]space heating ไม่มีในประเทศไทย [2]domestic hot water ในประเทศไทย มีการใช้งานในอาคารบางประเภทเท่านั้น เช่น โรงแรม เป็นต้น

หม้อไอน้ำแบบไอเสียควบแน่น เป็นหม้อไอน้ำที่มีการติดตั้งเครื่องควบแน่น (condenser) ซึ่งสามารถผลิตไอน้ำจากการเผาไหม้ก๊าซและน้ำมันในหม้อไอน้ำด้วยอุณหภูมิที่พอเหมาะ จนเกิดการควบแน่นเป็นของเหลว และนำพลังงานที่ได้จากกระบวนการไปใช้ประโยชน์ต่อได้ ซึ่งหม้อไอน้ำแบบไอเสียควบแน่นได้รับการออกแบบให้สามารถนำความร้อนแฝงจากเสียกลับไปใช้ประโยชน์ได้อย่างเต็มที่ และสามารถรองรับภาระได้ทุกช่วงอุณหภูมิใช้งาน ทำให้มีประสิทธิภาพสูงหว้าหม้อไอน้ำแบบทั่วไป [37]

2. **LPG และ LNG[3] สำหรับใช้ในครัวเรือนและการปรุงอาหารในเชิงพาณิชย์ (LPG and LNG for household and commercial cooking)** [3]LNG ในประเทศไทย ไม่มีการนำมาใช้งานในครัวเรือนและการปรุงอาหารในเชิงพาณิชย์

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

แก๊สปิโตรเลียมเหลว (Liquefied Petroleum Gas: LPG) คือ ก๊าซธรรมชาติที่ได้จากการแยกน้ำมันดิบในโรงกลั่นน้ำมัน หรือ ในโรงแยกแก๊สธรรมชาติ ประกอบไปด้วยไฮโดรคาร์บอน 2 ชนิด ผสมกัน คือ โพรเพนและบิวเทน ในประเทศไทยก๊าซปิโตรเลียมเหลวส่วนใหญ่ได้จากการกลั่นน้ำมัน โดยใช้อัตราส่วนผสมของโพรเพนและบิวเทนประมาณ 70:30 ซึ่งจะให้ค่าความร้อนที่สูง ไม่มีกลิ่น ไม่มีสี ปราศจากพิษ หนักกว่าอากาศ การติดไฟเกิดขึ้นได้ในช่วงค่าปริมาณก๊าซในอากาศระหว่าง 2-15% และอุณหภูมิที่ติดไฟได้เอง คือ 400 องศาเซลเซียส แก๊สปิโตรเลียมเหลวสามารถใช้เป็นเชื้อเพลิงในการประกอบอาหารในครัวเรือน ที่เรียกกันว่า แก๊สหุงต้ม สามารถใช้ในโรงงานอุตสาหกรรมและยานพาหนะได้ [38]

แก๊สธรรมชาติเหลว (Liquefied Natural Gas; LNG) คือ ก๊าซธรรมชาติที่ถูกเปลี่ยนสถานะจากก๊าซเป็นของเหลว เพื่อให้เกิดความสะดวกสำหรับการกักเก็บและการขนส่ง ประกอบไปด้วยมีเทนเป็นส่วนใหญ่ และมีอีเทน โพรเพน ไฮโดรคาร์บอนหนัก รวมทั้งไนโตรเจน ฮีเลียม คาร์บอนไดออกไซด์

สารประกอบซัลเฟอร์ และน้ำเป็นจำนวนเล็กน้อย โดยต้องนำไปผ่านกระบวนการคัดแยกสารประกอบอื่น ๆ ออกก่อน แล้วนำเข้าสู่กระบวนการลดอุณหภูมิให้เหลือประมาณ -160.5 ถึง -160 องศาเซลเซียส เพื่อให้กลายเป็นของเหลว ซึ่งจะเรียกว่าก๊าซธรรมชาติเหลว มีลักษณะใส ไม่มีกลิ่น ไม่มีฤทธิ์เป็นสารกัดกร่อน ไม่เป็นพิษ กรณีเกิดการรั่วไหลไม่ต้องกำจัดเนื่องจากก๊าซจะระเหยไปในอากาศได้อย่างรวดเร็ว ไม่ทิ้งสารตกค้าง การติดไฟเกิดขึ้นได้ต้องอยู่ในสถานะก๊าซ สภาพแวดล้อมปิด และมีค่าปริมาณก๊าซในอากาศระหว่าง 5-15% แล้วมีการก่อให้เกิดประกายไฟในบริเวณที่มีก๊าซอยู่ ความไวต่อการติดไฟของแก๊สธรรมชาติสูงกว่าแก๊สปิโตรเลียมเหลว เมื่อต้องการนำไปใช้ประโยชน์จะนำเข้าสู่กระบวนการเพิ่มอุณหภูมิเพื่อให้กลายเป็นก๊าซ ก่อนนำไปใช้งานเป็นเชื้อเพลิงในรูปของแก๊สธรรมชาติอัด (CNG) [39]

<u>ประเภทเทคโนโลยีพลังงานทดแทน (Renewable Energy Technology)</u>

3. แผงรับแสงอาทิตย์แบบแผ่นเรียบ (Solar thermal flat plate – for hot water, hot air, cooling)

แผงรับแสงอาทิตย์แบบแผ่นเรียบ มีตัวเก็บรังสีอาทิตย์ที่มีลักษณะเป็นแผงโลหะ ประกอบด้วยตัวดูดกลืนที่เป็นแผ่นเรียบรับแสงทำด้วยทองแดงหรืออลูมิเนียม และมีระบบท่อ (riser tube) เชื่อมติดอยู่ด้านบนของแผ่นรับแสง ปิดทับด้วยกระจกหรือพลาสติกด้านบน (glazing) แผ่นรับแสงเคลือบด้วยสารพิเศษที่มีคุณสมบัติเลือกรังสี (selective coating) ช่วยเพิ่มการดูดกลืนแสงอาทิตย์ (absorption) ทั้งจากรังสีตรง (direct radiation) และรังสีกระจาย (diffuse radiation) และลดอัตราการปลดปล่อยพลังงานในรูปของแสง (emission) ตัวแผงโลหะและขอบทั้งสี่ด้านหุ้มด้วยฉนวน เพื่อลดการสูญเสียพลังงานจากการนำความร้อน (conductive heat loss) เมื่อแสงอาทิตย์ส่องเข้ามาในแผงโลหะ พลังงานความร้อนที่เกิดขึ้นจากแผ่นดูดกลืนจะส่งผ่านให้ตัวกลาง (medium) ที่ไหลอยู่ภายในท่อ เช่น น้ำหรือของเหลวชนิดอื่น โดยทั่วไปตัวเก็บรังสีอาทิตย์แบบแผ่นเรียบสามารถนำมาใช้ผลิตน้ำร้อนเพื่อใช้ประโยชน์ในช่วงอุณหภูมิไม่เกิน 100 องศาเซลเซียส เช่น การผลิตน้ำร้อนเพื่อใช้ในอาคารบ้านเรือน หรือผลิตน้ำอุ่นสำหรับสระว่ายน้ำ เป็นต้น [40]

4. ปั๊มความร้อน โดยผ่านอากาศ/พื้นดิน/น้ำ (Heat pumps air or ground or water sourced)

ปั๊มความร้อนสามารถผลิตได้ทั้งความร้อน ความเย็น และน้ำร้อนให้กับอาคารในระดับครัวเรือน ภาครัฐ และภาคอุตสาหกรรม และสามารถติดตั้งได้ทุกที่ทั่วโลก เนื่องจากใช้ใช้ทรัพยากรธรรมชาติที่มีอยู่แล้ว อาทิ อุณหภูมิของอากาศ แหล่งน้ำ ซึ่งปั๊มความร้อนส่วนใหญ่จะใช้ระบบการทำงานแบบอัดไอเพื่อขับเคลื่อนด้วยมอเตอร์ไฟฟ้า ทั้งนี้ ปั๊มความร้อนชนิดดูดซับความร้อนด้วยก๊าซหรือความร้อนเหลือทิ้งเป็นพลังงาน

ปั๊มความร้อนมีอยู่ 3 ประเภท คือ ปั๊มความร้อนจากอากาศ, พื้นดิน และแหล่งน้ำใต้ดิน ปั๊มความร้อนมีหน้าที่หลักในการทำความร้อน และยังสามารถเป็นเครื่องทำความเย็นแบบผันกลับในพื้นที่ที่อุณหภูมิคงที่ของพื้นดิน (หรืออากาศ) เป็นแหล่งกักเก็บความร้อนในช่วงฤดูหนาว สำหรับปั๊มความร้อนจากพื้นดิน เป็นระบบพื้นฐานอย่างง่ายในการนำความร้อนจากใต้ดินระดับตื้นขึ้นมาใช้ในห้องหรือช่องว่างที่ต้องการให้มีอุณหภูมิที่สูงขึ้นหรือต่ำลงแล้วแต่กรณี โดยใต้ผิวดินนั้นทำหน้าที่เป็นแอ่งความร้อนขนาดใหญ่และเสถียรได้เป็นอย่างดี ทั้งยังสามารถช่วยลดการใช้พลังงานและก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ได้อีกด้วย ซึ่งปั๊มความร้อนจากพื้นดินในระบบปิด จะมีสารละลายที่มีส่วนผสมของสารป้องกันการแข็งตัวไหลเวียนผ่านท่อที่วางไว้ในพื้นดิน (ประมาณ 10 องศาเซลเซียส) ทั้งแนวนอน และแนวตั้ง เพื่อนำความร้อนหรือปลดปล่อยความร้อนออกจากพื้นดิน โดยความร้อนจะส่งผ่านสารทำความเย็นที่ส่งไปยังคอมเพรสเซอร์ และถูกบีบจนเกิดไอระเหยและสร้างความร้อนให้กระจายอยู่รอบอาคาร [41]

5. เทคโนโลยีเก็บสะสมพลังงาน (Energy storage technologies)

เทคโนโลยีเก็บสะสมพลังงานมีส่วนช่วยในการสนับสนุนความมั่นคงด้านพลังงานและเป้าหมายการบรรเทาการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ด้วยการเพิ่มประสิทธิภาพในการให้บริการระบบพลังงานของประเทศที่พัฒนาแล้วและประเทศกำลังพัฒนา โดยการออกแบบระบบการจัดเก็บพลังงานอย่างมีทิศทาง จะนำไปสู่การบูรณการระบบการบริหารจัดการพลังงานทั้งระบบไฟฟ้าและความร้อนที่ดียิ่งขึ้น และมีบทบาทสำคัญในการลดคาร์บอนไดออกไซด์ของระบบพลังงาน โดยช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงานในระบบอย่างมีประสิทธิภาพ และสามารถกักเก็บพลังงานทดแทนที่หลากหลายได้มากขึ้น อีกทั้งยังเพิ่มเสถียรภาพและความมั่นคงของไฟฟ้าด้วย ในปัจจุบันมีเทคโนโลยีเก็บสะสมพลังงานที่ได้รับการพัฒนาและเข้าสู่การพาณิชย์แล้ว อาทิ Pumped Storage Hydropower (PSH), Pitstorage, Underground thermal energy storage (UTES), Compressed air energy storage (CAES), Batteries เป็นต้น [42]

6. เตาก๊าซชีวมวล (Biomass gasification stoves)

เตาแก๊สชีวมวลเป็นเตาแก๊สที่ออกแบบขึ้นเพื่อสำหรับการหุงต้มในครัวเรือน โดยการนำเชื้อเพลิงชีวมวลมาเผาไหม้ทำให้เกิดแก๊ส จากนั้นนำความร้อนที่ได้ไปใช้หุงต้มอาหาร หรือใช้ประโยชน์ด้านอื่น ๆ ซึ่งเชื้อเพลิงชีวมวลจำนวน 1- 1.2 กิโลกรัม จะสามารถใช้งานได้นานประมาณ 30 - 45 นาที อุณหภูมิเฉลี่ยของเตาจะอยู่ที่ 800 – 900 องศาเซลเซียส

หลักการทำงานของเตาชีวมวล คือ ให้อากาศภายนอกส่วนแรกไหลผ่านแผ่นปรับอากาศและตะแกรงเข้าสู่ห้องเผาไหม้ส่วนที่ 1 เกิดปฏิกิริยาได้คาร์บอนไดออกไซด์กับน้ำ จากนั้นแก๊สที่อุณภูมิสูง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

จะไหลเข้าสู่ห้องเผาไหม้ส่วนที่ 2 และเกิดปฏิกิริยากับคาร์บอน ได้แก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) แก๊สไฮโดรเจน (H_2) และแก๊สมีเทน (CH_4) จากนั้นให้อากาศส่วนที่ 2 ไหลเข้าผสมกับแก๊สที่เกิดขึ้น เกิดการลุกไหม้เป็นเปลวไฟให้ความร้อนออกมา [43]

7. การผลิตก๊าซชีวภาพจากของเสียเพื่อใช้ในการปรุงอาหาร (Biogas from waste for cooking)

การผลิตแก๊สชีวภาพไว้ใช้เองภายในครัวเรือนนั้น เป็นการประหยัดการใช้แก๊สหุงต้มตามท้องตลาดได้มาก อีกทั้งวัตถุดิบที่ใช้ผลิตก็ได้จากการเกษตร เศษอาหารจากครัวเรือน มีต้นทุนต่ำเหมาะสำหรับใช้ในครัวเรือน เริ่มต้นด้วยการนำมูลสัตว์แห้งหรือเปียกผสมกับน้ำแล้วใส่ลงไปในถังหมักปริมาตร 25% ของตัวถัง ให้มูลสัตว์กระจายตัวให้ทั่วถัง ทำการหมักมูลสัตว์ที่เป็นวัตถุดิบตั้งต้นในถังประมาณ 10 - 15 วัน หลังจากนั้นเติมน้ำลงไปให้ถึงระดับ 75% ของถัง ซึ่งจะอยู่ที่ระดับน้ำล้นของถัง แล้วจึงสามารถเติมเศษอาหารหรือมูลสัตว์เพื่อทำการผลิตแก๊สต่อไปได้ กระบวนการย่อยเพื่อผลิตแก๊สจะใช้เวลาประมาณ 24 ชั่วโมง โดยในระยะแรกเติมวัตถุดิบแต่น้อยทุกวันที่มีการใช้แก๊สประมาณ 1 - 2 กิโลกรัม แต่ไม่ควรเกิน 4 กิโลกรัมต่อวัน เมื่อใช้งานนานขึ้นสามารถเติมได้มากขึ้นแต่ไม่เกิน 10 กิโลกรัม ขณะเติมต้องให้เศษอาหารกระจายตัวทั่วถัง [44]

8. การผลิตถ่านที่มีประสิทธิภาพสำหรับการปรุงอาหาร (Efficient Charcoal production for cooking)

ถ่าน เป็นวัตถุดิบชนิดหนึ่งที่ถูกนำมาใช้ในการให้ความร้อนสำหรับการประกอบกิจการประเภทต่าง ๆ เนื่องจากราคาที่ถูกกว่าและมีประสิทธิภาพในการให้ความร้อนสูง โดยส่วนใหญ่แล้วถ่านมักจะถูกผลิตในพื้นที่ชนบท โดยนำไม้ดิบไปเผาบางส่วนด้วยความร้อนเพียงเล็กน้อยเพื่อให้อยู่ในรูปของคาร์บอน เมื่อเผาจนความร้อนอยู่ในระดับหนึ่งไม้ดิบจะกลายเป็นถ่าน ถ้าเป็นการเผาไหม้ในอากาศเปิด กระบวนการเผาไหม้จะดำเนินไปจนกระทั่งเหลือแต่ขี้เถ้า แต่ถ้าถูกเผาในสภาพอากาศปิดหรือจำกัดอากาศ ไม้ดิบจะเปลี่ยนสภาพกลายเป็นถ่าน ซึ่งเป็นหลักการเบื้องต้นในการผลิตถ่าน

การจะเผาถ่านให้ได้ถ่านที่ดี คือ การให้ความร้อนสูงในระดับที่เหมาะสม เพราะหากให้ความร้อนเป็นเวลานานเกินไปจะทำให้ถ่านไม้เกิดภาวะกรอบและแตกง่าย ดังนั้นผู้ประกอบกิจการจำเป็นต้องเลือกไม้ที่ใช้เป็นวัตถุดิบ และต้องเลือกเตาเผาถ่านที่เหมาะสม ซึ่งเทคนิคเบื้องต้นในการเผา ถ่านให้มีประสิทธิภาพ คือ (1) เลือกเตาเผาถ่านที่เหมาะสม คือ เตาเผาควรเป็นรูปไข่ ซึ่งจะช่วยให้ความร้อนกระจายตัวเป็นไปได้ดีทั่วกัน ทั้งนี้ ขึ้นกับเทคนิคและความเปลี่ยนแปลงทางเทคโนโลยีที่อาจทำให้เตาเผาถ่านมีลักษณะอื่นได้ (2) ที่ตั้งของเตาเผาถ่าน ไม่ควรอยู่กลางแจ้ง และตำแหน่งที่ใช้เป็นที่จุดไฟหน้าเตาควรจะอยู่ต่ำกว่าพื้นเตา และ (3) ปล่องควันไฟในตอนล่าง ควรมีขนาดใหญ่กว่าตอนบนเพื่อป้องกันลมเข้าทางปล่องควันเตา ทำให้สามารถควบคุมจำกัดปริมาณของอากาศภายในเตาได้ดี

ในประเทศจีน เกาหลี และญี่ปุ่น ซึ่งมีเทคโนโลยีการผลิตถ่านไม้อย่างล้ำหน้า สามารถผลิตถ่านขาว หรือ White Charcoal เพื่อใช้ในเชิงสุขภาพโดยเฉพาะ เช่น ใช้ถ่านขาวใส่ลงใน กาต้มน้ำร้อนเพื่อทำน้ำแร่ เพราะถ่านชนิดนี้จะละลายแร่ธาตุต่าง ๆ ออกมาเพิ่มคุณภาพและรสชาติของน้ำ หากนำไปชงกาแฟหรือจะใช้ผสมเหล้าวิสกี้ ก็จะได้รสชาติที่นุ่มละมุน เป็นต้น เหล่านี้เป็นตัวอย่างการใช้ถ่านแบบพิเศษในต่างประเทศ สำหรับในประเทศไทย ผลผลิตถ่านส่วนใหญ่จะเป็นถ่านดำที่ผลิตภายใต้อุณหภูมิต่ำ ซึ่งไม่เหมาะจะนำมาใช้เป็นเชื้อเพลิงปิ้งย่างอาหาร แต่ถ่านดำได้เปรียบกว่าถ่านบริสุทธิ์ตรงที่ผลิตได้จำนวนมากกว่า ซึ่งเหมาะแก่การนำไปใช้ทำเชื้อเพลิงอื่น ๆ ที่ไม่เป็นการประกอบอาหารโดยตรง เช่น ใช้เป็นแหล่งพลังงานทดแทนเชื้อเพลิงถ่านหินชนิดต่าง ๆ ซึ่งมักจะมีค่ามลพิษที่สูงมาก เป็นต้น อย่างไรก็ดี ถ่านดำที่ผลิตด้วยอุณหภูมิสูงที่เรา เรียกว่า ถ่านบริสุทธิ์นั้น หากมีปริมาณผลผลิตที่มากพอและคงที่ก็สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้หลากหลายทั้งในครัวเรือนและระดับอุตสาหกรรม [45]

<u>ประเภทเทคโนโลยีประหยัดพลังงาน (Energy Saving Technology)</u>

9. ระบบระบายอากาศ แบบแลกเปลี่ยนความร้อนกับอากาศ/ระบบควบคุม (Ventilation: Air-to-air heat recovery, demand control systems)

ระบบระบายอากาศ หรือการระบายอากาศ คือ การจัดการเคลื่อนย้ายอากาศด้วยปริมาณที่กำหนดให้ไหลไปในทิศทางด้วยความเร็วที่ต้องการ และสามารถควบคุมความร้อน ความชื้น ให้อยู่ในระดับที่เหมาะสม รวมถึงสามารถกำจัดสิ่งปนเปื้อนในอากาศและดักเก็บวัสดุที่ฟุ้งกระจายกลับมาใช้ประโยชน์ได้ ทำให้อากาศบริสุทธิ์เข้ามาแทนที่ การระบายอากาศสามารถแบ่งออกเป็น 2 ประเภท ดังนี้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

1) การระบายอากาศแบบทั่วไป (General Exhaust Ventilation) หรือการระบายอากาศเพื่อเจือจาง (Dilution Ventilation) การระบายอากาศประเภทนี้แบ่งได้เป็นอีก 2 ชนิด คือ

(1.1) การระบายอากาศแบบธรรมชาติ (Natural ventilation) ซึ่งการไหลเวียนของอากาศตามธรรมชาติจากความแตกต่างของความดันบรรยากาศในพื้นที่ โดยอากาศจะเคลื่อนที่จากที่ที่มีความดันบรรยากาศสูงไปยังที่ที่มีความดันบรรยากาศต่ำ

(1.2) การระบายอากาศโดยวิธีกล (Mechanism ventilation) ซึ่งเป็นวิธีการระบายอากาศที่ต้องอาศัยอุปกรณ์หรือเครื่องกล เช่น พัดลมช่วยให้อากาศเคลื่อนไหวหมุนเวียน

2) การระบายอากาศเฉพาะที่ (Local Exhaust Ventilation) ซึ่งถูกออกแบบมาเพื่อรวบรวมสารปนเปื้อนที่แหล่งกำเนิดหรือในกระบวนการผลิต ก่อนที่สารจะฟุ้งกระจายหรือระเหย ขึ้นสู่อากาศในระดับหายใจของผู้ปฏิบัติงาน ดังนั้น ระบบระบายอากาศเฉพาะที่จึงมีมาตรการควบคุมสารปนเปื้อนที่มีประสิทธิภาพสูง และประหยัดพลังงานเนื่องจากมีอัตราการไหลออกสู่ภายนอกต่ำ จึงใช้

พลังงานในการเคลื่อนที่อากาศต่ำ ซึ่งองค์ประกอบสำคัญในการระบายอากาศในโรงงานอุตสาหกรรมมีดังนี้ ฮูด (Hood) ท่อนำอากาศ (Duct) อุปกรณ์ทำความสะอาด (Air Cleaner) และพัดลม (Fan) [46]

10. ระบบความร้อน ระบายอากาศ ปรับอากาศ (HVAC)/ ระบบ Free cooling (High efficiency heating, venting, and air conditioning HVAC))

ระบบความร้อน ระบายอากาศ ปรับอากาศ (HVAC) เป็นระบบปรับอากาศขนาดใหญ่กว่าการติดตั้งแอร์บ้านทั่วไป ทำให้มีศักยภาพในการถ่ายเทอากาศเพื่อให้มีคุณภาพอากาศที่ดีขึ้น ระบบนี้จึงเหมาะสำหรับอาคารสำนักงาน ห้างสรรพสินค้า บ้านตั้งแต่ 2 ชั้นขึ้นไป ไปจนถึงอาคารอุตสาหกรรมที่ต้องการควบคุมอุณหภูมิและความชื้นเพื่อการผลิตสินค้า โดยทั่วไปการติดตั้งเครื่องปรับอากาศก็ช่วยให้ความเย็นได้ แต่เหมาะสำหรับพื้นที่ขนาดเล็กถึงขนาดกลางมากกว่า แต่สำหรับระบบแบบ HVAC จะช่วยทำความเย็นในพื้นที่ขนาดใหญ่ โดยมีศักยภาพในการปรับปรุงอากาศให้มีคุณภาพดีอยู่เสมอ พร้อมทั้งการระบายอากาศที่ลดการเจือปนของกลิ่นเหม็นและความดันอากาศให้เป็นปกติ นอกจากนี้ ยังช่วยในการควบคุมความชื้น ลดฝุ่นละอองจากภายนอกที่จะเข้ามาสู่ภายในอาคาร รวมถึงควบคุมการเคลื่อนไหวของอากาศภายในห้องให้เป็นปกติ เพื่อความเหมาะสมกับการใช้งานของอาคาร

<u>ระบบการจ่ายลมเย็นของระบบปรับอากาศ (Ventilation)</u>

ส่วนสำคัญของระบบปรับอากาศ HVAC ที่นอกจากระบบการทำความเย็น (Air-conditioning) แล้ว ก็คือระบบหมุนเวียนอากาศ (Ventilation) ซึ่งเป็นอีกระบบหนึ่งที่ควบคุมคุณภาพของอากาศให้เป็นไปตามที่ต้องการได้ แบ่งออกเป็น 2 ระบบ คือ

1) ระบบหมุนเวียนอากาศสำหรับระบบปรับอากาศแบบไม่มีท่อส่งลม ระบบนี้ใช้เครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนในพื้นที่ปรับอากาศ โดยอากาศในพื้นที่จะถูกพัดลมดูดหมุนเวียนไปยังคอยล์เย็นแล้วส่งกลับไปที่ห้องปรับอากาศอีกครั้ง มีการระบายอากาศโดยพัดลมดูดอากาศที่ทำหน้าที่ดูดอากาศออกไปทิ้งยังภายนอก และเติมอากาศใหม่โดยอาศัยการแทรกซึมของอากาศตามช่องลม ขอบหน้าต่างหรือขอบใต้ประตู

2) ระบบหมุนเวียนอากาศสำหรับระบบปรับอากาศแบบมีท่อส่งลม ระบบปรับอากาศที่ใช้ท่อส่งลมเย็นมักเป็นระบบปรับอากาศขนาดใหญ่ โดยอากาศในพื้นที่ที่ต้องการปรับอากาศจะถูกพัดลมดูดหมุนเวียนอากาศกลับไปที่คอยล์เย็นผ่านทางท่อลม ซึ่งในขณะที่หมุนเวียนอากาศอยู่ก็จะมีการเติมอากาศใหม่จากภายนอกเข้าไปเพื่อช่วยเพิ่มคุณภาพของอากาศ และส่งกลับไปยังพื้นที่ปรับอากาศ

<u>การควบคุมคุณภาพอากาศ</u>

ระบบปรับอากาศจะมีปริมาณลมหมุนเวียนทั่วไปอยู่ในช่วง 12-15 เท่า ของปริมาตรห้องต่อชั่วโมง และปริมาณอากาศบริสุทธิ์ที่เข้ามาผสมอยู่ที่ 10-15% ของปริมาณลมหมุนเวียน โดยขึ้นอยู่กับ

ลักษณะของสถานที่และความหนาแน่นของคน นอกจากการนำอากาศบริสุทธิ์เข้ามาแล้ว ยังมีการระบายอากาศเสียทิ้งทั้งจากห้องน้ำ ห้องครัว ห้องสูบบุหรี่ และห้องเก็บของ รวมถึงมีการรักษาความดันอากาศให้เหมาะสม โดยจะปรับความดันภายในห้องให้สูงกว่าภายนอก เพื่อเป็นการป้องกันไรฝุ่นและความชื้นเข้าไปภายในห้องหรืออาคารโดยง่าย

การควบคุมความชื้น

วิธีลดความชื้นภายในอาคารที่มีประสิทธิภาพมากกว่าคือ การใช้ความร้อนที่เหลือจากกระบวนการทำความเย็น (Refrigeration cycle) แทนที่จะปล่อยความร้อนที่เหลือเหล่านั้นออกไปสู่ภายนอก รูปแบบแรกมาจากความร้อนที่หลงเหลือจากสารทำความเย็นในช่วงที่เป็นไอและมีความร้อนสูงวิ่งเข้าสู่คอยล์เย็น ทำให้ความร้อนถูกดูดออกมาจากไอสารทำความเย็น ความร้อนที่ถูกดูดออกมาจะกลับไปทำความร้อนเพื่อลดความชื้นในอาคารลง แต่ก็ยังมีข้อเสียในเรื่องระบบปรับอากาศที่ถูกความร้อนรบกวนจนต้องทำงานหนัก แต่ได้ผลการลดความชื้นภายในอาคารได้ดีกว่า อีกรูปแบบหนึ่งมาจากการทำงานของ ท่อความร้อน (Heat pipe) ที่อาศัยหลักการถ่ายเทความร้อนของการเปลี่ยนแปลงสถานะของสารทำความเย็นในระบบทำความเย็น ทำให้ได้ความร้อนขึ้นมาใช้สำหรับการกำจัดความชื้นภายในอาคารได้อย่างมีประสิทธิภาพ

การเลือกระบบปรับอากาศให้เหมาะสมกับการใช้งาน เป็นทางเลือกของการช่วยประหยัดพลังงาน โดยเฉพาะในอาคารขนาดใหญ่ ห้างสรรพสินค้า ไปจนถึงโรงงานที่ต้องการควบคุมอุณหภูมิให้เหมาะสมสำหรับรักษามาตรฐานการผลิต ระบบปรับอากาศ HVAC ตอบโจทย์กว่าที่นอกจากเรื่องการปรับอากาศ ยังช่วยในการรักษาอุณหภูมิภายในอาคารให้คงที่ ไปจนถึงระบบกำจัดความชื้นที่จะก่อให้เกิดปัญหาต่าง ๆ ตามมาภายหลัง [47]

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

11. ระบบผลิตพลังงานร่วมกับระบบของเหลวดูดความชื้น (ควบคุมความชื้นในร่ม) (Cogeneration in combination with liquid-desiccant systems)

เทคโนโลยีการทำความเย็นด้วยตัวดูดซับความชื้น (Desiccant Cooling Technology) เป็นการควบคุมปริมาณความชื้นสำหรับระบบการปรับอากาศในอาคาร แบ่งเป็น 2 ระบบ คือ ระบบการลดความชื้นด้วยตัวดูดซับความชื้นชนิดของแข็ง (Solid Desiccant) และระบบการลดความชื้นด้วยสารดูดซึมชนิดของเหลว (Liquid Desiccant System) ทั้งนี้ ระบบการลดความชื้นด้วยสารดูดซึมชนิดของเหลว สามารถแบ่งได้เป็น 2 ส่วน คือ

1) กระบวนการลดความชื้น เริ่มจากปั๊มสารดูดซึมความชื้นและสเปรย์สารบริเวณด้านบนของหอให้สวนทางกลับการไหลของอากาศป้อนเข้าทางด้านล่างของหอ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพพื้นที่สัมผัสการดูดซึมความชื้นในอากาศ จากนั้นสารดูดความชื้นที่เจือจางแล้ว จะถูกเก็บรวบรวมไว้ในถังด้านล่างของหอดูดซึม

2) กระบวนการเตรียมสารดูดซึมความชื้นกลับมาใช้ใหม่ เริ่มจากปั๊มสารที่เจือจางเข้าสู่กระบวนการเตรียมสารดูดซึมความชื้นกลับมาใช้ใหม่ (Desiccant Regeneration) โดยใช้ความร้อนทิ้งจากระบบ เช่น ความร้อนจากไอเสีย หรือความร้อนทิ้งจากไอน้ำ ผ่านฮีตเตอร์ควบคุมอุณหภูมิที่ 55 องศาเซลเซียส เพื่อต้มสารให้เข้มข้นขึ้นและสามารถนำกลับไปใช้ในกระบวนการลดความชื้นได้

ข้อดีของการทำความเย็นด้วยตัวดูดซับความชื้น

(1) ช่วยเพิ่มคุณภาพอากาศภายในอาคาร ช่วยควบคุมอุณหภูมิและความชื้นในอากาศให้มีความเหมาะสม และช่วยลดเชื้อแบคทีเรียที่ปะปนมากับความชื้นในอากาศได้

(2) เสียค่าใช้จ่ายในการดำเนินการต่ำ เพราะใช้ความร้อนเหลือทิ้งในการช่วยเตรียมความร้อนแก่ตัวดูดซับความชื้น

(3) ช่วยในการประหยัดพลังงานไฟฟ้า ใช้พลังงานความร้อนจากความร้อนทิ้ง ความร้อนจากไอน้ำเหลือทิ้ง และความร้อนจากพลังงานหมุนเวียน เช่น พลังงานแสงอาทิตย์ เป็นต้น

(4) ช่วยลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก เพราะไม่ได้ใช้สารทำความเย็นในระบบปรับอากาศ [48]

12. เครื่องทำความเย็นที่มีประสิทธิภาพสูง (High efficiency refrigeration: multi-compressor control)

เครื่องทำความเย็นประสิทธิภาพสูง มีการออกแบบโดยมุ่งเน้นให้มีค่าสมรรถนะการทำความเย็นที่ดีขึ้น มุ่งเน้นการใช้กำลังไฟฟ้าให้น้อยที่สุด เพื่อผลิตความเย็นจ่ายเข้าสู่ระบบ ในปัจจุบันมีอยู่หลายประเภทขึ้นอยู่กับความต้องการในการใช้งาน ทั้งตู้เย็น ตู้แช่ ห้องเย็น โรงน้ำแข็ง เครื่องปรับอากาศ โดยหลักการทำให้เกิดความเย็นเบื้องต้นคือ ทำให้สารซึ่งเป็นตัวกลางในการทำความเย็น (Refrigerant) เปลี่ยนสถานะด้วยการใช้ความร้อนแฝงจากของเหลวเป็นไอ ส่งผลให้บริเวณนั้นมีอุณหภูมิลดลง ซึ่งเริ่มต้นกระบวนการทำความเย็นจากการดูดความร้อนเข้ามาด้วย Evaporator หรือคอยล์เย็น ความร้อนที่สารทำความเย็นดูดเข้ามาจะทำให้สารทำความเย็นเกิดความร้อนและเปลี่ยนสถานะจากของเหลวกลายเป็นไอ กระบวนการนี้สารทำความเย็นจะดูดซับเอาความร้อนจากบริเวณโดยรอบ ซึ่งความร้อนแฝงของการกลายเป็นไอของสารทำความเย็นได้รับความร้อนมาจากวัตถุต่าง ๆ ที่อยู่ใกล้คอยล์เย็น โดยวิธีการนำความร้อน การพาความร้อน หรือการแผ่รังสีความร้อน ทำให้สารทำความเย็นนี้มีอุณหภูมิสูงและความดันต่ำ จากนั้นสารทำความเย็นที่มีอุณหภูมิสูงสถานะไอนี้จะถูกส่งต่อไปยัง Compressor หรือ เครื่องอัด โดยจะอัดให้มีความดันสูงขึ้นก่อนส่งต่อไปที่ Condenser หรือคอยล์ร้อน เพื่อระบายความร้อนออกจากสารทำความเย็นและควบแน่นให้สารทำความเย็นที่เป็นไอเปลี่ยนสถานะกลับมาเป็นของเหลวอีกครั้ง ก่อนส่งต่อไปที่ Expansion Valve วาล์วลดความดัน เพื่อ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ลดความดันของสารทำความเย็นให้ต่ำลง เพื่อให้สารทำความเย็นดังกล่าวพร้อมที่จะระเหยตัวที่อุณหภูมิต่ำที่คอยล์เย็น วนการทำงานไปแบบนี้เรื่อย ๆ ตามวัฏจักรทำความเย็น [49]

การควบคุมแบบหลาย ๆ เครื่อง (Multiple Compressor Control)

ลักษณะการติดตั้งเครื่องอัดอากาศส่วนใหญ่จะมีเครื่องอัดอากาศมากกว่า 1 เครื่อง เพื่อให้ทำงานร่วมกันอย่างดีและเหมาะสมที่สุด เหมาะกับความดันที่ต้องการ วิธีการควบคุมแบบอัตโนมัติที่เหมาะกับเครื่องอัดอากาศหลาย ๆ เครื่องที่นิยมใช้อยู่ มี 2 วิธี คือ

(1) การควบคุมความดันตามลำดับขั้น (Cascade Pressure Control) เป็นการควบคุมพื้นฐานของสวิทช์ควบคุมความดันของเครื่องอัดอากาศซึ่งนำไปสู่การควบคุมเครื่องจำนวนมาก เพื่อป้องกันความดันตกคร่อม โดยเครื่องที่ 1 “เครื่องสำคัญที่สุด” ที่กำหนดให้มีความดันสูงที่ความต้องการอากาศต่ำ ๆ ซึ่งถ้ามีการต้องการอากาศเพิ่มขึ้น ความดันจะลดลง นำไปสู่การทำงานของเครื่องที่ 2. และจะส่งต่อไปยังเครื่องอื่น ๆ ต่อไป จนถึงระดับความต้องการอากาศสูงสุดสำหรับเครื่องอัดอากาศทั้งหมด

(2) การควบคุมด้วยอิเล็กทรอนิกส์ (Electronic Control) สามารถนำมาใช้กับการควบคุมตามลำดับขั้นบนพื้นฐานของการรวมความดันและความต้องการอากาศที่สัมพันธ์กัน วิธีนี้จำเป็นต้องหลีกเลี่ยงการกำหนดค่าความดันที่ต่อเนื่องกันสำหรับเครื่องอัดอากาศแต่ละเครื่อง ซึ่งความดันที่เกิดขึ้นจะผันแปรสอดคล้องกับความต้องการความดันอากาศอัดและอาจมีความดันต่ำเกิดขึ้นระหว่างช่วงเย็นและสุดสัปดาห์ [50]

13. อุปกรณ์ควบคุมความเร็วรอบมอเตอร์ (Variable Speed Motor Control (VFD))

อุปกรณ์ควบคุมความเร็วรอบมอเตอร์ เป็นอุปกรณ์ที่ควบคุมความเร็วรอบมอเตอร์ไฟฟ้าให้เหมาะสมกับสภาวะของโหลด และเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานของมอเตอร์ในกระบวนการผลิตของภาคอุตสาหกรรม อาทิ ระบบปั๊มน้ำ พัดลม และระบบปรับอากาศขนาดใหญ่ จะใช้อุปกรณ์ VFD แบบ Voltage Vector Control (VVC) เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการควบคุมไม่ให้มีการสูญเสียพลังงานความร้อนในตัวมอเตอร์ (Derating) และมีอุปกรณ์กำจัดสัญญาณรบกวน (Harmonics Filters) ที่เป็นอุปกรณ์มาตรฐานของเครื่องป้องกันการรบกวนสัญญาณควบคุมและส่งผลดีในการประหยัดพลังงานอีกด้วย ในปัจจุบัน VFD ถูกนำมาใช้อย่างแพร่หลายในภาคอุตสาหกรรม เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในกระบวนการผลิต ลดต้นทุนและงานทั่วไปในระบบปั๊มน้ำและระบบปรับอากาศ เช่น ประยุกต์ใช้กับเครื่องจักรกลในอุตสาหกรรมที่ใช้มอเตอร์เป็นแรงขับเคลื่อน ระบบสายพานลำเลียงกระบวนการผลิตที่ต้องการควบคุมประสิทธิภาพและคุณภาพการผลิตให้คงที่ เป็นต้น [51]

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

14. หน้าต่างหน่วยเครื่องปรับอากาศประสิทธิภาพสูง (High efficiency window unit air conditioners)

หน้าต่างหน่วยเครื่องปรับอากาศประสิทธิภาพสูง เป็นเครื่องปรับอากาศที่มีส่วนประกอบทั้งหมดประกอบเป็นชิ้นเดียวกันทั้งคอนเดนซิ่งยูนิตและแฟนคอยล์ยูนิตเพื่อประหยัดเนื้อที่ สามารถติดตั้งโดยการฝังที่กำแพงห้องหรือบนกรอบของหน้าต่าง โดยที่ไม่ต้องเดินท่อสารทำความเย็น ภายในประกอบด้วย คอมเพรสเซอร์ (Compressor) วาล์วลดความดัน (Expansion valve) คอยล์ร้อน (Condenser) ยื่นออกมาอยู่นอกตัวห้อง คอยล์เย็น (Evaporator) พัดลม 2 ตัว สำหรับพัดคอยล์ร้อนและคอยล์เย็น โดยทั่วไปแอร์แบบหน้าต่างมีขนาดเล็กกว่า 10,000 BTU มีหลักการทำงานคือ สารทำความเย็นไหลเวียนที่สภาวะความดันต่ำภายในท่อคอยล์เย็น พัดลมของคอยล์เย็นจะดูดอากาศร้อนภายในห้องไหลผ่านคอยล์เย็น ความร้อนจากอากาศถ่ายเทไปยังสารทำความเย็นทำให้ระเหยกลายเป็นไอ อากาศที่ออกจากคอยล์เย็นจะมีอุณหภูมิลดลงและไหลเวียนภายในห้อง สารทำความเย็นที่กลายเป็นไอจากคอยล์เย็นจะถูกดูดเข้าคอมเพรสเซอร์และถูกอัดให้มีความดันสูงขึ้น มีสถานะเป็นไอและมีอุณหภูมิสูง ก่อนจะปล่อยเข้าคอยล์ร้อนเพื่อถ่ายเทความร้อนให้กับอากาศที่ไหลผ่านคอยล์ร้อนและเปลี่ยนสถานะเป็นของเหลว หลังจากนั้นจะไหลออกจากคอยล์ร้อนผ่านวาล์วลดความดันไปยังคอยล์เย็น โดยวาล์วลดความดันจะทำให้สารทำความเย็นไหลช้าลงและลดความดันลงในขณะที่ไหลเข้าคอยล์เย็น [52]

15. เทคโนโลยีผนังอาคาร (กระจกหนา, ร่มเงา, ไฟฟ้าเคมี) (Façade technology: advanced glazing, shading, electrochemical)

ฟาซาด (Facade) หมายถึง โฉมหน้า ด้านสถาปัตยกรรมจะมีความหมายว่า องค์ประกอบด้านหน้าอาคาร หรือ รูปด้านอาคารที่มองเห็นได้ชัดเจน เช่น หน้าต่าง กันสาด ชายคา ระเบียง ช่องเปิดต่าง ๆ ไปจนถึงสิ่งตกแต่งปลีกย่อยของอาคาร ในปัจจุบันเราเรียกองค์ประกอบเหล่านี้ว่า “เปลือกอาคาร” ซึ่งคอยทำหน้าในการป้องกันอาคารจากสภาพแวดล้อมภายนอก ช่วยรักษาความสมดุลระหว่างพื้นที่ภายนอกและภายในอาคาร อีกทั้งยังช่วยสร้างอัตลักษณ์เฉพาะตัวที่มีความสวยงามให้กับอาคาร

<u>การใช้งาน Facade (เปลือกอาคาร) ในอาคารแต่ละประเภท</u>

การออกแบบอาคารสำนักงาน อาคารทางศาสนา หรือ อาคารราชการส่วนใหญ่ รูปแบบหน้าตาของ Facade ก็จะออกมาเรียบง่ายด้วย Pattern การออกแบบที่ไม่ซับซ้อนมากนัก

การออกแบบที่เน้นการใช้งานเชิงพาณิชย์ในรูปแบบสาธารณะ เช่น ร้านค้า โรงแรม ศูนย์การค้า สนามกีฬาขนาดใหญ่ หรือ อาคารสูงระฟ้า ฯลฯ รูปแบบหน้าตาของ Facade จะมีตั้งแต่ระดับที่เรียบง่ายกลาง ๆ ไปจนถึงระดับที่หวือหวาน่าตื่นตาตื่นใจ ซึ่งจะมี Pattern รายละเอียดการออกแบบที่มีลูกเล่นหลากหลาย และค่อนข้างซับซ้อน

การออกแบบที่พักอาศัย เช่น บ้าน ทาวน์เฮ้าส์ หรือ คอนโดมิเนียม ส่วนใหญ่จะเน้นรูปแบบหน้าตาของ Facade ตั้งแต่ระดับที่เรียบง่ายไปจนถึงระดับกลาง ๆ แต่ไม่หวือหวามากนัก เพราะต้องคำนึงถึงความเหมาะสมในการใช้งาน และต้องสะดวกต่อการดูแลรักษา

ประเภทของ Facade (เปลือกอาคาร) และและวัสดุที่นิยมใช้

(1) Double-Skin Facade หรือ ผนังสองชั้น คือ การกรุหรือหุ้มฟาซาดภายนอกอีกชั้นให้กับอาคาร โดยเว้นระยะออกจากผนังภายในเล็กน้อย ซึ่งก็มีรูปแบบที่หลากหลาย ขึ้นอยู่กับการออกแบบและวัสดุที่นำมาใช้ แต่ลักษณะทั่วไปคือเป็นผนังทึบสลับโปร่ง ให้ประโยชน์ในการกรองแสงแดด ลดอุณหภูมิ สร้างความเป็นส่วนตัว นอกจากนี้ยังเป็นนวัตกรรมที่ถูกใช้กับอาคารขนาดใหญ่ เช่น ตึกกระจกสูงระฟ้า และอาคารสาธารณะต่าง ๆ เป็นต้น ประกอบไปด้วยโครงสร้างที่เป็นเหล็ก หรืออลูมิเนียม เพื่อใช้สำหรับยึดวัสดุที่จะมาติดตั้งทับอีกชั้น เช่น อิฐ ระแนงไม้ บล็อก ตะแกรงเหล็ก แผ่นอะลูมิเนียมแคลดดิง ระแนงอลูมิเนียม กระจก แผ่นอะคริลิค สวนแนวตั้ง รวมไปถึงระบบผนัง Curtain Wall สำหรับอาคารสูง เป็นต้น

(2) Building Form Facade ถูกออกแบบให้เป็นทั้งผนัง และเป็นเปลือกอาคารในองค์ประกอบเดียวกัน ซึ่งมีลักษณะเป็นส่วนหนึ่งของอาคารอย่างชัดเจน โดยได้รับอิทธิพลการออกแบบมาตั้งแต่ยุค Modern Movement เป็นต้นมา ซึ่งรูปทรงของ Facade ประเภทนี้ จะเน้นการเล่นกับรูปทรงของอาคารแบบ โดยเน้นองค์ประกอบที่เป็นอันหนึ่งอันเดียวกับระนาบผนังอาคาร เช่น ช่องเปิด กันสาด หรือ ระเบียง ด้วยการออกแบบให้มีส่วนยื่น หรือ ส่วนตื้นลึกของแมสอาคารแต่ละส่วนเพื่อเล่นกับเฉดเงา โดยวัสดุปิดผิวที่ใช้กับเปลือกอาคารแบบ Building Form Facade ส่วนใหญ่จะเป็นวัสดุที่กลมกลืนไปกับวัสดุหลัก จึงทำให้ภาพรวมของอาคารดูมีความสมดุลเป็นอันหนึ่งอันเดียว

ประโยชน์ของ Facade (เปลือกอาคาร)

- ช่วยประหยัดพลังงานภายในอาคารมากขึ้น เพราะทำหน้าที่ควบคุมการรั่วไหลของอากาศภายในอาคารให้มีความสมดุล

- ช่วยลดความร้อน และฝุ่นที่จะเข้ามาสู่ภายในอาคารโดยตรง ป้องกันการเสื่อมสภาพของโครงสร้างอาคารจากสภาพแวดล้อมภายนอก เช่น ฝน ความร้อน หรือ สารพิษจากมลภาวะทางอากาศ ซึ่งจะช่วยยืดอายุโครงสร้าง และวัสดุตกแต่งอื่น ๆ ของอาคารให้มีความคงทนยาวนานขึ้น

- ช่วยควบคุมแสงสว่างจากภายนอกที่จะเข้าสู่ตัวอาคารให้อยู่ในปริมาณที่เหมาะสม

- ช่วยให้การไหลเวียนของอากาศมีความสมดุล ด้วยรูปแบบเปลือกอาคารแบบสองชั้น จะทำให้มีช่องว่างอยู่ตรงกลางระหว่างผนังชั้นในและชั้นนอก ซึ่งช่องว่างนี้จะทำให้มวลอากาศที่เย็นกว่าจากภายนอกไหลเวียนเข้ามาทดแทนมวลอากาศที่ร้อนกว่าภายใน ทำให้เกิดความกดอากาศที่แตกต่างกัน ส่งผลให้มวลอากาศร้อนที่สะสมอยู่ภายในช่องว่างนี้สามารถลอยตัวขึ้นได้เมื่อมีความดันอากาศที่มากพอ โดยมวลอากาศที่มีความร้อนจะไหลผ่านช่องเปิดหมุนเวียนอากาศที่อยู่ด้านบนออกไปสู่ภายนอก

อาคารตามหลักการของ Stack Effect ซึ่งจะช่วยเพิ่มสภาวะน่าสบายให้พื้นที่การใช้งานภายในอาคารได้อย่างมีประสิทธิภาพ

- ช่วยสร้างสุนทรียศาสตร์ทางด้านรูปทรงให้กับงานสถาปัตยกรรม ซึ่งเป็นการสร้างอัตลักษณ์เฉพาะตัวที่มีความสวยงามให้กับอาคาร และเป็นการเพิ่มความเป็นส่วนตัวให้กับพื้นที่การใช้งานที่ต้องการความสงบเป็นส่วนตัว [53]

16. ระบบป้องกันความร้อนโดยผนังฉนวน (Insulation – exterior wall systems)

ความร้อนส่วนใหญ่สูญหายจากอาคารผ่านกำแพงหลังคาและพื้นซึ่งเป็นพื้นที่ภายนอกที่ใหญ่ที่สุดของอาคารที่อยู่อาศัยและบริการส่วนใหญ่ที่ใหญ่ที่สุด ฉนวนกันความร้อนที่เหมาะสมสามารถลดการสูญเสียความร้อนในสภาพอากาศหนาวเย็น และช่วยป้องกันความร้อนส่วนเกินในช่วงอากาศร้อน ทั้งยังช่วยรักษาสภาพแวดล้อมในอาคารให้สามารถอยู่ได้สบายโดยไม่เสียค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษา ทั้งนี้ ตัวอย่างวัสดุที่เป็นฉนวนกันความร้อน คือ โฟม (foam) ซึ่งมีหลากหลายชนิด อาทิ โฟมโพลีเอทิลีน (Polyethylene) เป็นโฟมที่มีความหนาแน่นต่ำ (Low Density Polyethylene: LDPE) แต่มีคุณสมบัติป้องกันความความร้อนสูง สามารถสะท้อนความร้อนได้ดี มีอายุการใช้งานยาวนาน, โฟมโพลียูริเทนหรือพียูโฟม (Polyurethane, PU foam) ซึ่งเป็นวัสดุที่สามารถลดการแผ่รังสีและการนำความร้อนได้มากกว่า 90% (มีคุณสมบัติในการป้องกันความร้อนได้มากกว่าฉนวนใยแก้ว 2 เท่า) สามารถคงสภาพการเป็นฉนวนที่อุณหภูมิการใช้งานได้สูงถึง 100 องศาเซลเซียส และต่ำสุดถึง -118 องศาเซลเซียส ซึ่งผู้ใช้สามารถกำหนดความหนาได้ตามต้องการ และปัจจุบันได้มีการฉีดติดสำเร็จรูปมากับแผ่นโลหะ (Metal Sheet) จึงสามารถติดตั้งได้ง่าย และประหยัดเวลารวมถึงค่าติดตั้ง, โฟมโพลีสไตรีน (Expanded Polystyrene, EPS) เป็นวัสดุเซลล์ธรรมชาติ (Organic cell) โครงสร้างมีลักษณะที่อากาศถูกห่อหุ้มด้วยโพลีสไตรีน ซึ่งมีสัดส่วนโพลีสไตรีนประมาณ 2% ของโครงสร้างของวัสดุ จึงไม่เป็นพิษ มีน้ำหนักเบาและเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม อีกทั้งสามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้ ในปัจจุบันมีการประยุกต์ใช้โฟมโพลีสไตรีนในงานก่อสร้างอาคารอย่างกว้างขว้าง จึงมีการคิดค้นและพัฒนาเทคโนโลยีอย่างต่อเนื่องเพื่อให้ง่ายต่อการนำโฟมชนิดนี้ไปใช้งาน เช่น การใช้โฟมโพลีสไตรีนร่วมกับคอนกรีตบล็อก โดยมีโฟมโพลีสไตรีนอยู่ตรงกลางซึ่งมีชื่อทางการค้าว่า คูลบล็อก (Cool Block) หรือการใช้โฟมโพลีสไตรีนร่วมกับระบบผนังป้องกันความร้อนและความชื้นภายนอกหรือ EIFS (Exterior Insulation and Finish System) เป็นต้น [54]

17. อุปกรณ์ป้องกันอากาศเข้า (Air-sealing)

การปิดกั้นทางที่อากาศไหลผ่านกรอบอาคารเป็นวิธีที่สำคัญในการเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงานทั้งอาคารที่ก่อสร้างใหม่และปรับปรุงใหม่ ซึ่งการรั่วซึมของอากาศภายนอกเข้ามาภายในอาคารทำให้เกิดการสูญเสียพลังงานในการปรับอากาศภายในบ้าน อากาศภายนอกที่รั่วซึมเข้ามาภายในบ้านจะเพิ่มภาระการปรับอากาศและการใช้พลังงานถึง 25-40% ซึ่งการรั่วซึมของอากาศเข้าสู่ภายในอาคารนั้นขึ้นอยู่กับสภาพอากาศโดยรอบอาคาร เมื่อมีความดันระหว่างอากาศภายในกับภายนอกบ้านแตกต่าง เช่น เมื่อมีลมพัดหรือมีความแตกต่างของอุณหภูมิโดยอากาศจะไหลผ่านช่องว่างหรือรอยแตก รอยแยก บนกรอบอาคาร ทั้งทางผนังหรือช่องเปิดต่าง ๆ ซึ่งจะนำเอาอากาศร้อนชื้นหรืออากาศเย็นเข้าสู่ตัวบ้านได้ การปิดกั้นอากาศที่ไหลผ่านกรอบอาคารจึงมีส่วนสำคัญในการเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงานของอาคาร เพื่อป้องกันการรั่วไหลของอากาศควรปิดกั้นอาคารระหว่างการก่อสร้างถึงก่อนติดตั้งแผ่นฝ้าบุผนัง (drywall) เมื่อทำการปิดผนึกแล้วจะเกิดการรั่วไหลของอากาศได้ยาก ซึ่งสามารถทำการทดสอบด้วย blower door อันเป็นวิธีที่ดีในการระบุเส้นทางการรั่วไหลของอากาศ เพื่อให้สามารถปิดผนึกโดยใช้วัสดุที่เหมาะสมได้ ในปัจจุบันมีผลิตภัณฑ์สำหรับการกั้นอากาศจำนวนมาก ได้แก่ วัสดุอุดรอยรั่ว (caulks) โฟม (foams) แผ่นปิดผนึก (weatherstripping) ยางกันรั่ว (gaskets) คิ้วประตู (door sweeps) [54]

18. การเคลือบกระจกป้องกันความร้อน (Advanced glazing, triple or membrane technology)

การเคลือบกระจกป้องกันความร้อน เป็นส่วนสำคัญในการลดความร้อนภายในอาคาร ลดภาระจากอุณหภูมิที่สูงผ่านช่องเปิด/กระจกของกรอบอาคารซึ่งเป็นพื้นที่ที่มีขนาดใหญ่ ทั้งนี้สามารถลดความร้อนจากการเคลือบโดยวัสดุและเทคโนโลยีการเคลือบสมัยใหม่มีจุดมุ่งหมายเพื่อเป็นฉนวนกันความร้อนประสิทธิภาพสูง (HPI) หรือระบบควบคุมการได้รับแสงอาทิตย์ (SC) หรือการทั้งสองแบบรวมกัน เช่น กระจก Low-E แบบฉนวนอินซูเลท ซึ่งลดภาระการทำงานของเครื่องปรับอากาศและลดค่าไฟจากการเปิดไฟในอาคารได้เป็นอย่างมาก [54]

19. การกำหนดทิศของอาคาร (Building orientation)

การกำหนดทิศของอาคารเป็นปัจจัยปัจจัยที่มีความสำคัญสูงที่สุดในด้านการออกแบบอาคารที่สัมพันธ์กับรังสีอาทิตย์ ซึ่งเป็นตัวกำหนดระดับของการรับรังสีอาทิตย์ของเปลือกอาคาร เนื่องจากรังสีอาทิตย์นั้นประกอบด้วยแสงสว่างและพลังงานความร้อน ทั้งนี้ การกำหนดทิศทางการวางอาคารที่เหมาะสมนั้นจะทำให้อาคารสามารถใช้ประโยชน์จากรังสีอาทิตย์ซึ่งเป็นสิ่งที่มีอยู่ในธรรมชาติได้อย่างเหมาะสม ปัจจัยสำคัญที่เป็นตัวกำหนดทิศทางการวางอาคารได้อย่างเหมาะสมนั้นคือ มุมทิศ

(Azimuth) คือ การวัดขนาดของมุมทางราบที่วัดจากแนวทิศเหนือหลักเวียนตามเข็มนาฬิกามาบรรจบกับแนวเป้าหมายที่ต้องการ มุมทิศนี้จะมีค่าตั้งแต่ 0-360 องศา ที่อาคารถูกวางไว้และเป็นสิ่งสำคัญที่ใช้เป็นข้อมูลในการออกแบบอุปกรณ์บังแดดและกำหนดสมรรถนะของกรอบแสงอาทิตย์ (Solar Envelope) ประโยชน์ของการกำหนดทิศทางการวางอาคารที่เหมาะสมเป็นสิ่งที่ไม่มีต้นทุนด้านการก่อสร้าง หากมีการคำนึงในขั้นตอนออกแบบอาคาร จะส่งผลให้สามารถลดการใช้พลังงานในอาคารอย่างมาก และนำไปสู่อาคารที่มีประสิทธิภาพด้านพลังงาน [54]

20. แสงธรรมชาติ และการออกแบบอาคาร (Day lighting and building design)

แสงธรรมชาติสามารถใช้ในการส่องสว่างเพื่อการใช้งานได้เช่นเดียวกับแสงไฟฟ้า จึงทำให้มีศักยภาพในการประหยัดพลังงาน นอกจากนี้ การที่แสงธรรมชาติมีความแปรเปลี่ยนตามเวลาทั้งด้านระดับความสว่าง ทิศทาง สี ทำให้เกิดการมองเห็นความเป็นสามมิติและรูปแบบความสว่างที่หลากหลาย ซึ่งถือเป็นประโยชน์ต่อผู้ใช้งานในสภาพแวดล้อมการทำงานภายในอาคาร

ระบบการนำแสงธรรมชาติเข้าสู่ตัวอาคารเพื่อลดการใช้พลังงาน (Daylighting System) ในปัจจุบันการออกแบบอาคารต้องคำนึงถึงสภาวะโลกร้อน และความยั่งยืนการออกแบบการใช้แสงธรรมชาติในอาคารมากขึ้น แนวทางสำคัญในการปรับลดการใช้พลังงานลงคือ การลดแสงแดดและความร้อนที่เข้าสู่ตัวอาคารที่มีการปรับอากาศ ซึ่งจะสามารถลดการใช้ไฟฟ้าของอาคารได้ ปรับปรุงได้ง่าย และควบคุมคุณภาพของแสงในอาคารได้ การนำแสงธรรมชาติเข้าสู่ตัวอาคารเพื่อลดการใช้พลังงานมีจำนวน 12 แบบ ดังนี้

- หิ้งสะท้อนแสง (Light Shelves)
- บานเกล็ดและมู่ลี่ (Louvers and Blind Systems)
- แผงปริซึม (Prismatic Panels)
- แผงบังแดดที่ตัดด้วยเลเซอร์ (Laser-Cut Panels)
- สกายไลท์แบบเลือกมุม (Angular Selective Skylight)
- อุปกรณ์กำหนดทิศทางแสง (Light-Guiding Shades)
- กระจกนำแสง (Sun-Directing Glass)
- กระจกนำแสงซีนิทัล (Zenithal Light-Guiding Glass with Holographic Optical Elements)
- ระบบบังแดดแบบเลือกทิศทาง (Directional Selective Shading Systems Using)
- ระบบเพดานท่อแสง (Anidolic Ceilings)
- ท่อนำแสงแอนโดลิก (Anidolic Zenithal Openings)
- มู่ลี่แสงอาทิตย์แอนโดลิก (Anidolic Solar Blinds) [55]

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

21. อาคารอัตโนมัติ (Building automation/ management system optimization, improved enthalpy sensors)

ระบบควบคุมอาคารอัตโนมัติ (Building Automation System; BAS) คือ ระบบควบคุมอัตโนมัติซึ่งเป็นการนำเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์และอิเล็กทรอนิกส์มาใช้ควบคุมและดูแลระบบหลักในอาคารให้ทำงานอย่างมีประสิทธิภาพ เพื่อให้มั่นใจได้ว่าระบบต่างจะทำงานได้อย่างถูกต้องและสมบูรณ์ที่สุด สำหรับอาคารขนาดใหญ่จำเป็นจะต้องมีการควบคุมดูแลงานระบบที่มีประสิทธิภาพ เนื่องจากอาคารขนาดใหญ่มีระบบอำนวยความสะดวกภายในอาคารหลายระบบ งานระบบแต่ละระบบจะมีการดูแลและความยุ่งยากในการดูแลแตกต่างกันไป จึงจำเป็นจะต้องมีระบบควบคุมอาคารอัตโนมัติเข้ามาช่วย ซึ่งระบบควบคุมอาคารอัตโนมัติมีส่วนประกอบของงานระบบต่าง ๆ (Building services systems being controlled) ได้แก่ ระบบปรับอากาศ ระบบสุขาภิบาล ระบบดับเพลิง ระบบไฟฟ้าแสงสว่าง ระบบสัญญาณแจ้งเตือนเพลิงไหม้ ระบบรักษาความปลอดภัย และระบบขนส่งในอาคาร

<u>หลักการทำงานของระบบควบคุมอาคารอัตโนมัติ</u>

ระบบควบคุมอาคารอัตโนมัติเป็นระบบที่มีการนำเอาคอมพิวเตอร์มาประยุคใช้งานในการตรวจสอบสภาวะหรือสถานะการทำงานของอุปกรณ์ในระบบต่าง ๆ ที่ต้องการใช้ควบคุมการเปิดปิดอุปกรณ์ต่าง ๆ ให้ทำงาน และใช้ในการรวบรวมข้อมูลในการที่จะให้ระบบควบคุมอาคารอัตโนมัติทำงานดังกล่าวนั้น จุดตรวจวัดค่าหรือจุดตรวจสอบ หรือแสดงสถานะทุกจุดของอุปกรณ์ทุกระบบจะต้องมีการการกำหนดหมายเลขที่แน่นอน และจะต้องให้ระบบควบคุมอาคารอัตโนมัติรับรู้ว่าจุดนั้นเป็นอะไร เกี่ยวข้องกับระบบใดบ้าง และต้องมีโปรแกรมแสดงความสัมพันธ์ ใช้งานอย่างไรและเมื่อใด อุปกรณ์หลักในระบบควบคุมอาคารอัตโนมัติทั่วไปประกอบด้วย

(1) BAS Field points (Remote sensor and Actuator)

(2) System Controller (BAS Controller)

(3) Work Station (Network Controller)

(4) Communication Network [56]

22. การควบคุมอัจฉริยะ (Smart controls)

Intelligent Control System คือ ระบบการควบคุมระบบอัจฉริยะที่มีความชาญฉลาด เป็นเสมือนสะพานเชื่อมต่อระหว่างเทคโนโลยีที่แตกต่างกันของอุปกรณ์ภายในบ้าน และเป็นเสมือน gateway เพื่อเชื่อมต่อกับบริการที่อยู่ภายนอกบ้าน [57]

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

23. เครื่องใช้ไฟฟ้าอัจฉริยะและบ้านอัตโนมัติ ("Smart" appliances and home automation)

Smart Home หรือบ้านอัจฉริยะ เป็นการนำเทคโนโลยี Internet of Things มาประยุกต์ใช้ภายในบ้าน โดยจะทำให้เกิดการเชื่อมต่อกันระหว่างอินเทอร์เน็ตกับเครื่องใช้ไฟฟ้าภายในบ้านที่มีอุปกรณ์ฝังตัวและระบบเซ็นเซอร์ ทำให้ผู้ใช้งานสามารถควบคุมการทำงานผ่านแอปพลิเคชันบน Smart Device ได้ เช่น การควบคุมระบบไฟฟ้าและแสงสว่างภายในบริเวณบ้าน การควบคุมอุณหภูมิภายในบ้าน ระบบรักษาความปลอดภัย เป็นต้น เพื่อให้ระบบการทำงานภายในบ้านเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ โดยองค์ประกอบของ Smart Home จะต้องประกอบไปด้วย 3 ส่วนหลัก ได้แก่

1) อุปกรณ์อัจฉริยะ (Smart Device) อุปกรณ์และเครื่องใช้ไฟฟ้าภายในบ้านจะต้องรองรับการเชื่อมต่อเครือข่ายไร้สายและเชื่อมต่อระหว่างอุปกรณ์ได้

2) ระบบเครือข่ายอัจฉริยะ (Smart Home Network) จะเป็นตัวกลางระหว่างอุปกรณ์กับเครือข่ายไร้สาย กล่าวคือ ระบบเครือข่ายอัจฉริยะจะทำหน้าที่รับส่งสัญญาณเครือข่ายไร้สายกับอุปกรณ์ Smart Device

3) ระบบควบคุมอัจฉริยะ (Intelligent Control System) เป็นระบบที่ทำหน้าที่เชื่อมต่อเทคโนโลยีที่แตกต่างกันของอุปกรณ์ภายในบ้านเพื่อให้อุปกรณ์ภายในบ้านสามารถทำงานร่วมกันได้ [58]

24. อุปกรณ์ไฟฟ้าอิเล็กทรอนิกส์ (Electronic power supplies)

อุปกรณ์ไฟฟ้า เป็นอุปกรณ์ที่ใช้เปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าเป็นพลังงานรูปแบบอื่น เพื่อนำไปใช้ในชีวิตประจำวัน เช่น อุปกรณ์ที่ให้แสงสว่าง อุปกรณ์ที่ให้พลังงานความร้อน อุปกรณ์ที่ให้พลังงานกล

อิเล็กทรอนิกส์ เป็นเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องกับวงจรไฟฟ้าที่ประกอบด้วยอุปกรณ์ไฟฟ้า ทำหน้าที่ควบคุมการไหลผ่านของกระแสไฟฟ้า [59]

25. จอภาพคอมพิวเตอร์ประสิทธิภาพสูง (High efficiency PC monitors)

การใช้ไฟฟ้าของคอมพิวเตอร์ขึ้นอยู่กับชนิดของตัวเครื่อง ขนาด และความละเอียดการแสดงผลของจอภาพเป็นสำคัญ โดยคอมพิวเตอร์ชนิดตั้งโต๊ะ (Desktop) ที่มีจอภาพ 14 นิ้ว ซึ่งใช้กันมากในสำนักงานทั่วไป จะใช้กำลังไฟฟ้า 100 วัตต์ ส่วนจอภาพที่มีขนาดใหญ่ ใช้กำลังไฟฟ้ามากกว่าจอภาพที่มีขนาดเล็ก และจอภาพ LED, LCD ใช้พลังงานน้อยกว่าจอภาพแบบ CRT ถึง 50-60% ช่วยลดค่าใช้จ่ายในเรื่องของค่าไฟฟ้าได้เป็นอย่างมาก เพราะจอภาพที่มีความละเอียดในการแสดงผลสูง ใช้กำลังไฟฟ้ามากกว่าจอภาพที่มีความละเอียดในการแสดงผลต่ำกว่า เช่น จอภาพ Super Video Graphics Array (SV6A) ใช้กำลังไฟฟ้ามากกว่าจอภาพ Video Graphic Array (V6A)

ชนิด	กำลังไฟฟ้าขณะที่ใช้งาน (วัตต์)
จอภาพสีคอมพิวเตอร์ชนิดตั้งโต๊ะ แบบ CRT	80-100
จอภาพสีคอมพิวเตอร์ชนิดตั้งโต๊ะ แบบ LCD	35-50
จอภาพสีคอมพิวเตอร์ชนิดตั้งโต๊ะ แบบ LED	30-45
คอมพิวเตอร์ชนิดกระเป๋าหิ้ว (Notebook)	20-65

นอกจากนี้ การเลือกซื้อคอมพิวเตอร์ที่มีระบบประหยัดพลังงาน (Energy Management) เช่น คอมพิวเตอร์ที่มีสัญลักษณ์ Energy Star คอมพิวเตอร์ชนิดนี้จะใช้กำลังไฟฟ้าเท่ากับคอมพิวเตอร์ทั่วไปขณะที่ใช้งาน (Active) แต่จะใช้กำลังไฟฟ้าลดลงร้อยละ 55 ในขณะที่รอทำงาน หรือเมื่อไม่ได้ใช้งานในระยะเวลาที่กำหนด (Idle) ถ้าตัวเครื่องคอมพิวเตอร์กับจอภาพคอมพิวเตอร์ไม่ได้มาจากผู้ผลิตรายเดียวกัน ควรตรวจดูว่าตัวเครื่องคอมพิวเตอร์มีระบบประหยัดพลังงานหรือไม่ และถ้ามี ควรตรวจสอบว่าสามารถทำงานกับจอภาพ Energy Star ได้หรือไม่ โดยทั่วไปจะประหยัดพลังงานได้ต่อเมื่อได้รับการสั่งงานจากตัวคอมพิวเตอร์ [60]

26. หลอดคอมแพคฟลูออเรสเซนต์, หลอด LED (Compact Fluorescent Light Bulbs and LEDs)

หลอดคอมแพคฟลูออเรสเซนต์ เป็นหลอดปล่อยประจุความดันไอต่ำ สีของหลอดมี 3 แบบ คือ daylight, cool white และ warm white เช่นเดียวกันกับหลอดฟลูออเรสเซนต์ แบบที่ใช้งานกันมาก คือ หลอดเดี่ยว มีขนาด 5, 7, 9 และ11 วัตต์ และหลอดคู่ มีขนาด 10, 13, 18 และ 26 วัตต์ เป็นหลอดที่พัฒนาขึ้นมาแทนที่หลอดอินแคนเดสเซนต์ โดยมีประสิทธิผลสูงกว่าหลอดอินแคนเดสเซนต์ คือประมาณ 35 - 80 ลูเมนต่อวัตต์ และอายุการใช้งานประมาณ 7,500 - 10,000 ชั่วโมง

หลอดแอลอีดี (LED) หลอดชนิดนี้มีชื่อเต็มว่า Light Emitting Diode เป็นอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่ผลิตจากสารกึ่งตัวนำ มีลักษณะโครงสร้างภายในเป็นรอยต่อของสาร p และสาร n หรือที่เราเรียกว่า pn Junction เหมือนกับไดโอด สีของแสงที่เปล่งออกมานั้นขึ้นอยู่กับองค์ประกอบทางเคมีของสารกึ่งตัวนำที่ใช้ หลอดชนิดนี้ใช้งานกับไฟฟ้ากระแสตรง ดังนั้นหากจะนำมาใช้ในอาคารต้องมีอุปกรณ์แปลงไฟฟ้ากระแสสลับให้เป็นกระแสตรงก่อนการใช้งาน หลอด LED มีค่าประสิทธิผลอยู่ที่ประมาณ 40 - 45 lm/W การเพิ่มกำลังการส่องสว่างของ LED ทำได้โดยการต่อ LED เล็ก ๆ หลายหลอดไว้บนแผงเดียวกัน โดยมักจะนำมาใช้แทนหลอดทังสเตนฮาโลเจน หรือนำไปใช้เป็นไฟส่องเฉพาะจุด เนื่องจากไม่มีการแผ่รังสียูวีและอินฟราเรด [61]

27. หลอดไฟ (Light tubes)

หลอดไฟฟ้า หรือ หลอดไฟ เป็นอุปกรณ์ที่ใช้ไฟฟ้าเพื่อทำให้เกิดแสงสว่าง มีหลายประเภท เช่น หลอดไส้ (Incandescent Lamp) หลอดฟลูออเรสเซนต์ (Fluorescent tube) หลอดฮาโลเจน (Halogen) หลอดเมทัลฮาไลด์ (Metal halide) หลอดแสงจันทร์หรือหลอดไฟไอปรอท หลอดคอมแพคฟลูออเรสเซนต์หรือหลอดตะเกียบ หลอด LED เป็นต้น [62]

28. โคมไฟพลังงานแสงอาทิตย์ (Solar lanterns)

โคมไฟพลังงานแสงอาทิตย์มีลักษณะที่คล้ายกับโคมไฟทั่วไปเพียงแต่มีแหล่งพลังงานที่ต่างกัน โดยโคมไฟพลังงานแสงอาทิตย์มีแหล่งพลังงานงานจากแผงโซลาร์เซลล์ที่ติดอยู่กับตัวโคมไฟ ซึ่งแผงโซลาร์เซลล์เป็นตัวรับความร้อนจากแสงของดวงอาทิตย์ (Photon) แปลงมาเป็นพลังงานไฟฟ้าโดยตรง ทำให้โคมไฟตัวนี้ไม่จำเป็นต้องใช้พลังงานจากการไฟฟ้า ช่วยลดค่าไฟ หรือใช้ไฟฟรีจากแสงอาทิตย์ [63]

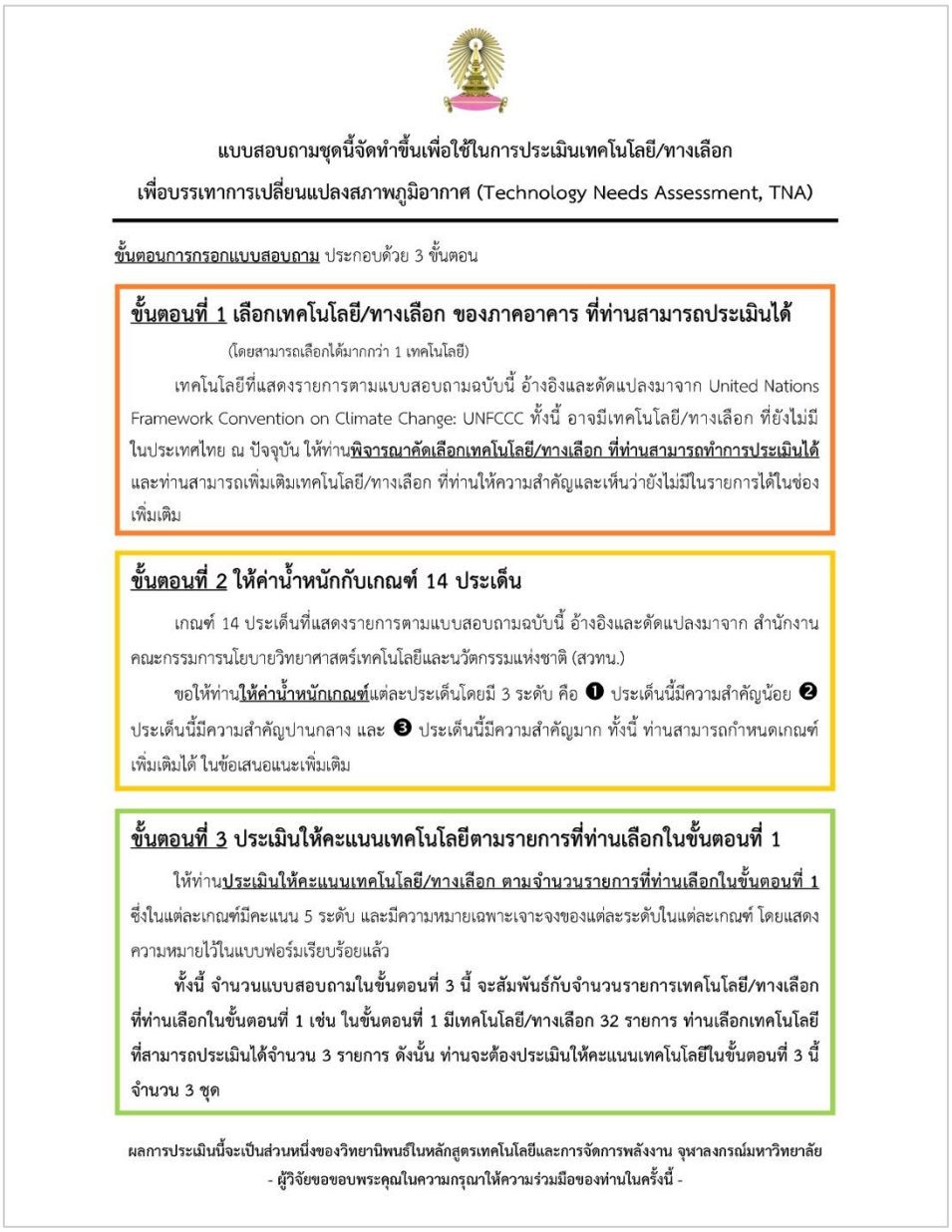
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาคผนวก ข

แบบประเมินความต้องการเทคโนโลยีพลังงานของภาคอาคาร

ผู้วิจัยได้จัดทำแบบประเมินความต้องการเทคโนโลยีพลังงานของภาคอาคารขึ้น 2 รูปแบบ ได้แก่ รูปแบบเอกสาร และรูปแบบออนไลน์ โดยรูปแบบเอกสารจะประกอบด้วย 4 ชุด ดังนี้

1) เอกสารแสดงรายละเอียดขั้นตอนและวิธีการกอกแบบประเมินความต้องการเทคโนโลยีพลังงานของภาคอาคาร ดังแสดงในรูปที่ ข-1



แบบสอบถามชุดนี้จัดทำขึ้นเพื่อใช้ในการประเมินเทคโนโลยี/ทางเลือก
เพื่อบรรเทาการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (Technology Needs Assessment, TNA)

ขั้นตอนการกรอกแบบสอบถาม ประกอบด้วย 3 ขั้นตอน

ขั้นตอนที่ 1 เลือกเทคโนโลยี/ทางเลือก ของภาคอาคาร ที่ท่านสามารถประเมินได้

(โดยสามารถเลือกได้มากกว่า 1 เทคโนโลยี)

เทคโนโลยีที่แสดงรายการตามแบบสอบถามฉบับนี้ อ้างอิงและดัดแปลงมาจาก United Nations Framework Convention on Climate Change: UNFCCC ทั้งนี้ อาจมีเทคโนโลยี/ทางเลือก ที่ยังไม่มีในประเทศไทย ณ ปัจจุบัน ให้ท่านพิจารณาคัดเลือกเทคโนโลยี/ทางเลือก ที่ท่านสามารถทำการประเมินได้ และท่านสามารถเพิ่มเติมเทคโนโลยี/ทางเลือก ที่ท่านให้ความสำคัญและเห็นว่ายังไม่มีในรายการได้ในช่องเพิ่มเติม

ขั้นตอนที่ 2 ให้ค่าน้ำหนักกับเกณฑ์ 14 ประเด็น

เกณฑ์ 14 ประเด็นที่แสดงรายการตามแบบสอบถามฉบับนี้ อ้างอิงและดัดแปลงมาจาก สำนักงานคณะกรรมการนโยบายวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและนวัตกรรมแห่งชาติ (สวทน.)

ขอให้ท่านให้ค่าน้ำหนักเกณฑ์แต่ละประเด็นโดยมี 3 ระดับ คือ ❶ ประเด็นนี้มีความสำคัญน้อย ❷ ประเด็นนี้มีความสำคัญปานกลาง และ ❸ ประเด็นนี้มีความสำคัญมาก ทั้งนี้ ท่านสามารถกำหนดเกณฑ์เพิ่มเติมได้ ในข้อเสนอแนะเพิ่มเติม

ขั้นตอนที่ 3 ประเมินให้คะแนนเทคโนโลยีตามรายการที่ท่านเลือกในขั้นตอนที่ 1

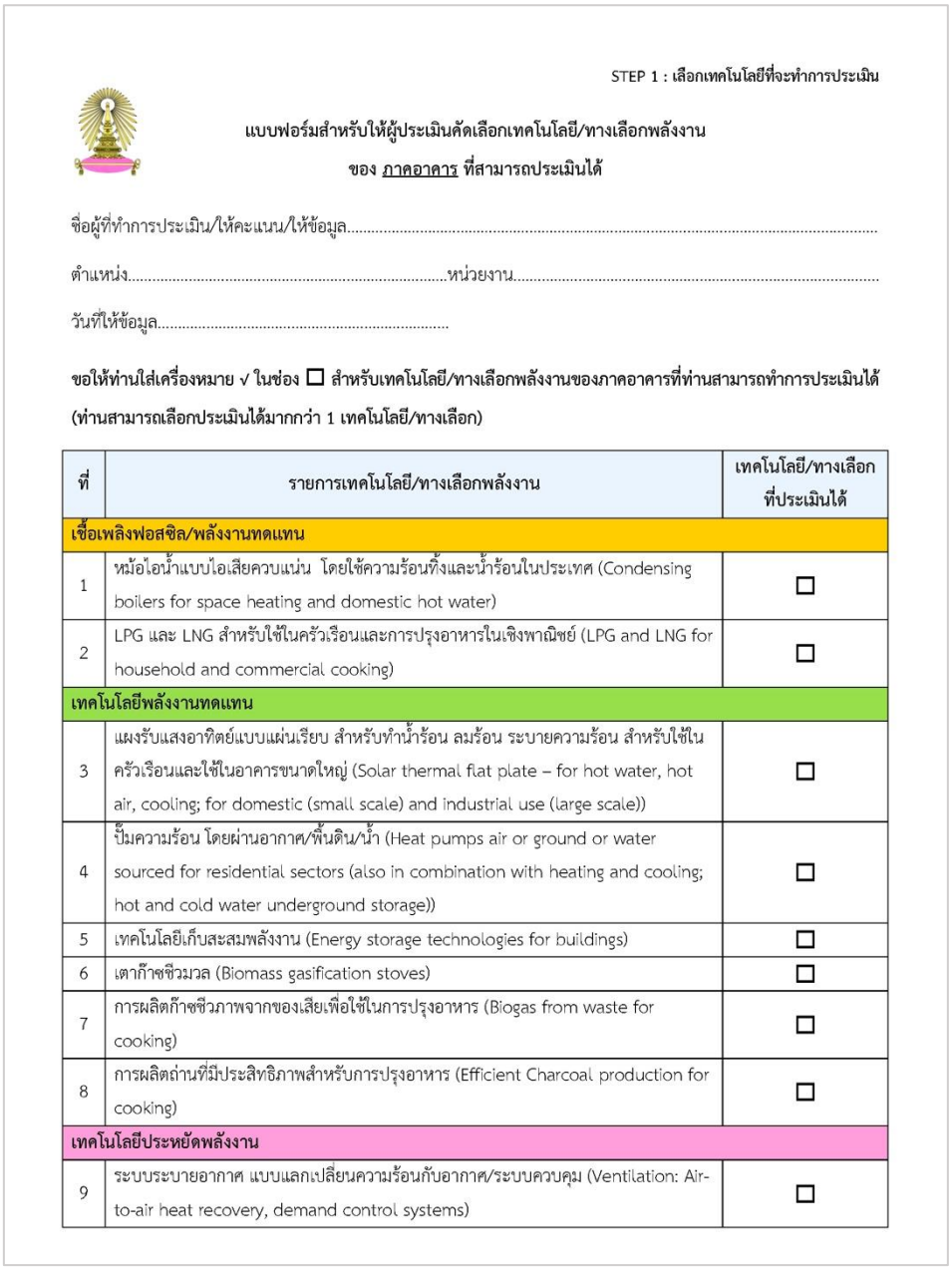
ให้ท่านประเมินให้คะแนนเทคโนโลยี/ทางเลือก ตามจำนวนรายการที่ท่านเลือกในขั้นตอนที่ 1 ซึ่งในแต่ละเกณฑ์มีคะแนน 5 ระดับ และมีความหมายเฉพาะเจาะจงของแต่ละระดับในแต่ละเกณฑ์ โดยแสดงความหมายไว้ในแบบฟอร์มเรียบร้อยแล้ว

ทั้งนี้ จำนวนแบบสอบถามในขั้นตอนที่ 3 นี้ จะสัมพันธ์กับจำนวนรายการเทคโนโลยี/ทางเลือกที่ท่านเลือกในขั้นตอนที่ 1 เช่น ในขั้นตอนที่ 1 มีเทคโนโลยี/ทางเลือก 32 รายการ ท่านเลือกเทคโนโลยีที่สามารถประเมินได้จำนวน 3 รายการ ดังนั้น ท่านจะต้องประเมินให้คะแนนเทคโนโลยีในขั้นตอนที่ 3 นี้ จำนวน 3 ชุด

ผลการประเมินนี้จะเป็นส่วนหนึ่งของวิทยานิพนธ์ในหลักสูตรเทคโนโลยีและการจัดการพลังงาน จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
- ผู้วิจัยขอขอบพระคุณในความกรุณาให้ความร่วมมือของท่านในครั้งนี้ -

รูปที่ ข-1 เอกสารแสดงรายละเอียดขั้นตอนและวิธีการกรอกแบบประเมิน

2) เอกสารแบบประเมินขั้นตอนที่ 1 เลือกเทคโนโลยีที่มีความรู้ความเชี่ยวชาญและสามารถทำการประเมินได้ ทั้งนี้ สามารถเลือกได้มากกว่า 1 เทคโนโลยี โดยมีรายการเทคโนโลยีพลังงานเพื่อบรรเทาการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในภาคอาคาร จำนวนรวม 28 รายการ ดังแสดงในรูปที่ ข-2



STEP 1 : เลือกเทคโนโลยีที่จะทำการประเมิน

แบบฟอร์มสำหรับให้ผู้ประเมินคัดเลือกเทคโนโลยี/ทางเลือกพลังงาน
ของ ภาคอาคาร ที่สามารถประเมินได้

ชื่อผู้ที่ทำการประเมิน/ให้คะแนน/ให้ข้อมูล.....

ตำแหน่ง.....หน่วยงาน.....

วันที่ให้ข้อมูล.....

ขอให้ท่านใส่เครื่องหมาย √ ในช่อง ☐ สำหรับเทคโนโลยี/ทางเลือกพลังงานของภาคอาคารที่ท่านสามารถทำการประเมินได้
(ท่านสามารถเลือกประเมินได้มากกว่า 1 เทคโนโลยี/ทางเลือก)

ที่	รายการเทคโนโลยี/ทางเลือกพลังงาน	เทคโนโลยี/ทางเลือกที่ประเมินได้
เชื้อเพลิงฟอสซิล/พลังงานทดแทน		
1	หม้อไอน้ำแบบไอเสียควบแน่น โดยใช้ความร้อนทิ้งและน้ำร้อนในประเทศ (Condensing boilers for space heating and domestic hot water)	☐
2	LPG และ LNG สำหรับใช้ในครัวเรือนและการปรุงอาหารในเชิงพาณิชย์ (LPG and LNG for household and commercial cooking)	☐
เทคโนโลยีพลังงานทดแทน		
3	แผงรับแสงอาทิตย์แบบแผ่นเรียบ สำหรับทำน้ำร้อน ลมร้อน ระบายความร้อน สำหรับใช้ในครัวเรือนและใช้ในอาคารขนาดใหญ่ (Solar thermal flat plate – for hot water, hot air, cooling; for domestic (small scale) and industrial use (large scale))	☐
4	ปั๊มความร้อน โดยผ่านอากาศ/พื้นดิน/น้ำ (Heat pumps air or ground or water sourced for residential sectors (also in combination with heating and cooling; hot and cold water underground storage))	☐
5	เทคโนโลยีเก็บสะสมพลังงาน (Energy storage technologies for buildings)	☐
6	เตาก๊าซชีวมวล (Biomass gasification stoves)	☐
7	การผลิตก๊าซชีวภาพจากของเสียเพื่อใช้ในการปรุงอาหาร (Biogas from waste for cooking)	☐
8	การผลิตถ่านที่มีประสิทธิภาพสำหรับการปรุงอาหาร (Efficient Charcoal production for cooking)	☐
เทคโนโลยีประหยัดพลังงาน		
9	ระบบระบายอากาศ แบบแลกเปลี่ยนความร้อนกับอากาศ/ระบบควบคุม (Ventilation: Air-to-air heat recovery, demand control systems)	☐

รูปที่ ข-2 เอกสารแบบประเมินขั้นตอนที่ 1

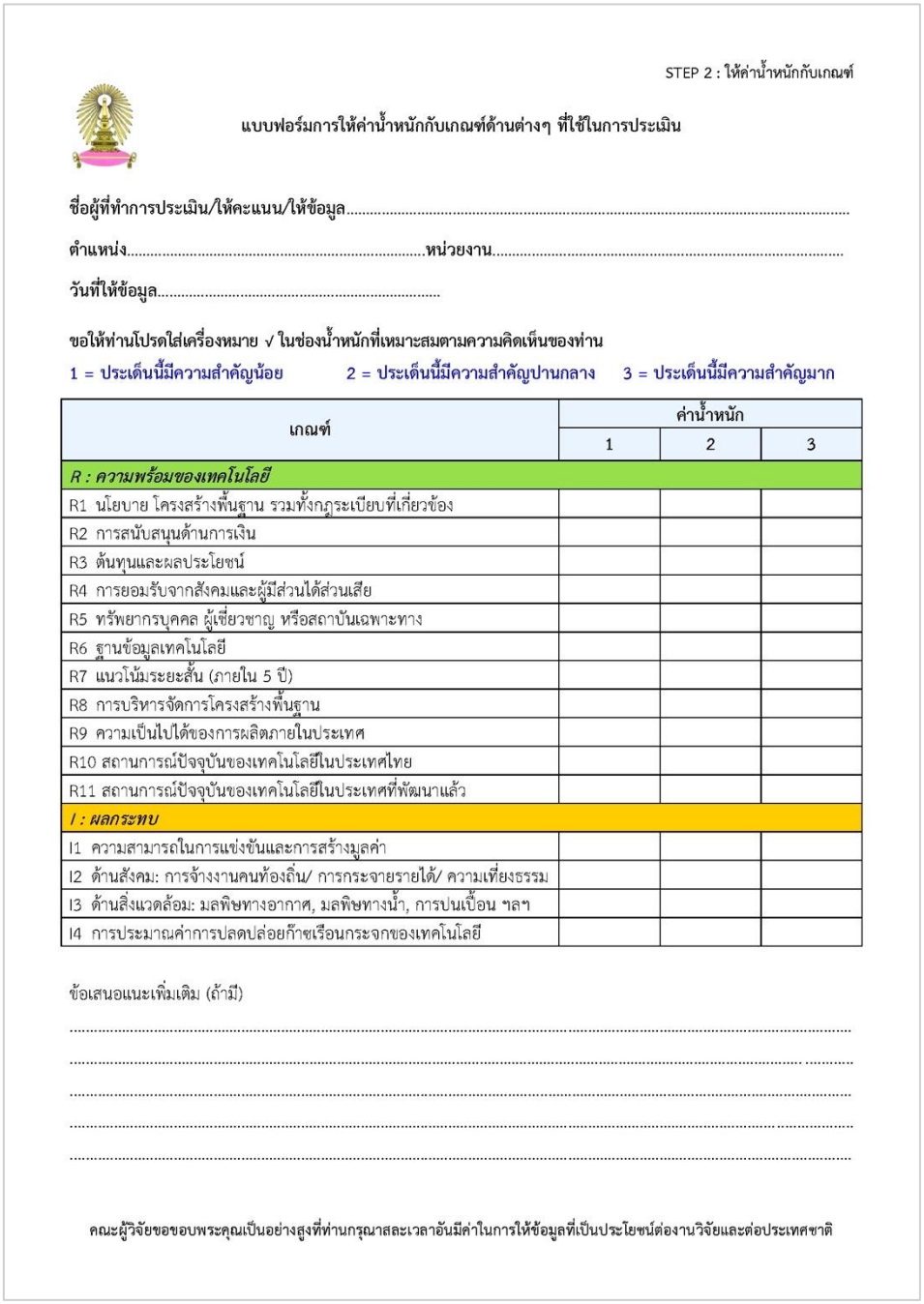
STEP 1 : เลือกเทคโนโลยีที่จะทำการประเมิน

ที่	รายการเทคโนโลยี/ทางเลือกพลังงาน	เทคโนโลยี/ทางเลือกที่ประเมินได้
10	ระบบความร้อน ระบายอากาศ ปรับอากาศ (HVAC)/ Free cooling ในอาคาร (High efficiency heating, venting, and air conditioning HVAC), free cooling, plants)	☐
11	ระบบผลิตพลังงานร่วมกับระบบของเหลวดูดความชื้น (ควบคุมความชื้นในร่ม) (Cogeneration in combination with liquid-desiccant systems (for indoor humidity control))	☐
12	เครื่องทำความเย็นที่มีประสิทธิภาพสูง: การควบคุมหลายคอมเพรสเซอร์ (High efficiency refrigeration: multi-compressor control)	☐
13	เครื่องควบคุมความเร็วรอบมอเตอร์ (VFD) (Variable Speed Motor Control)	☐
14	หน้าต่างหน่วยเครื่องปรับอากาศประสิทธิภาพสูง (High efficiency window unit air conditioners)	☐
15	เทคโนโลยีผนังอาคารเกี่ยวกับการเลือกใช้วัสดุผนังอาคาร (กระจกหนา, ร่มเงา, ไฟฟ้าเคมี) (Façade technology: advanced glazing, shading, electrochemical)	☐
16	ระบบป้องกันความร้อนโดยผนังฉนวน (Insulation – exterior wall systems)	☐
17	อุปกรณ์ป้องกันอากาศเข้า (Air-sealing)	☐
18	การเคลือบกระจกป้องกันความร้อน (Advanced glazing, triple or membrane technology)	☐
19	การกำหนดทิศของอาคาร (Building orientation)	☐
20	แสงธรรมชาติ และการออกแบบอาคาร (Day lighting and building design)	☐
21	อาคารอัตโนมัติ/ เพิ่มประสิทธิภาพของระบบการจัดการ, ปรับปรุงเซ็นเซอร์ความร้อน (Building automation/ management system optimization, improved enthalpy sensors)	☐
22	การควบคุมอัจฉริยะ (Smart controls)	☐
23	เครื่องใช้ไฟฟ้าอัจฉริยะและบ้านอัตโนมัติ (“Smart” appliances and home automation)	☐
24	อุปกรณ์ไฟฟ้าอิเล็กทรอนิกส์ (Electronic power supplies)	☐
25	จอภาพคอมพิวเตอร์ประสิทธิภาพสูง (High efficiency PC monitors)	☐
26	หลอดคอมแพคฟลูออเรสเซนต์, หลอด LED (Compact Fluorescent Light Bulbs and LEDs)	☐
27	หลอดไฟ (Light tubes)	☐
28	โคมไฟพลังงานแสงอาทิตย์ (Solar lanterns)	☐
29		☐
30		☐

คณะผู้วิจัยขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูงที่ท่านกรุณาสละเวลาอันมีค่าในการให้ข้อมูลที่เป็นประโยชน์ต่องานวิจัยและต่อประเทศชาติ

รูปที่ ข-2 เอกสารแบบประเมินขั้นตอนที่ 1 (ต่อ)

3) เอกสารแบบประเมินขั้นตอนที่ 2 พิจารณาและให้ค่าน้ำหนักต่อเกณฑ์ด้านความพร้อมและผลกระทบทั้ง 15 ประเด็น ดังแสดงในรูปที่ ข-3



STEP 2 : ให้ค่าน้ำหนักกับเกณฑ์

แบบฟอร์มการให้ค่าน้ำหนักกับเกณฑ์ด้านต่างๆ ที่ใช้ในการประเมิน

ชื่อผู้ที่ทำการประเมิน/ให้คะแนน/ให้ข้อมูล.....

ตำแหน่ง.....**หน่วยงาน**.....

วันที่ให้ข้อมูล.....

ขอให้ท่านโปรดใส่เครื่องหมาย √ ในช่องน้ำหนักที่เหมาะสมตามความคิดเห็นของท่าน

1 = ประเด็นนี้มีความสำคัญน้อย 2 = ประเด็นนี้มีความสำคัญปานกลาง 3 = ประเด็นนี้มีความสำคัญมาก

เกณฑ์	ค่าน้ำหนัก		
	1	2	3
R : ความพร้อมของเทคโนโลยี			
R1 นโยบาย โครงสร้างพื้นฐาน รวมทั้งกฎระเบียบที่เกี่ยวข้อง			
R2 การสนับสนุนด้านการเงิน			
R3 ต้นทุนและผลประโยชน์			
R4 การยอมรับจากสังคมและผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย			
R5 ทรัพยากรบุคคล ผู้เชี่ยวชาญ หรือสถาบันเฉพาะทาง			
R6 ฐานข้อมูลเทคโนโลยี			
R7 แนวโน้มระยะสั้น (ภายใน 5 ปี)			
R8 การบริหารจัดการโครงสร้างพื้นฐาน			
R9 ความเป็นไปได้ของการผลิตภายในประเทศ			
R10 สถานการณ์ปัจจุบันของเทคโนโลยีในประเทศไทย			
R11 สถานการณ์ปัจจุบันของเทคโนโลยีในประเทศที่พัฒนาแล้ว			
I : ผลกระทบ			
I1 ความสามารถในการแข่งขันและการสร้างมูลค่า			
I2 ด้านสังคม: การจ้างงานคนท้องถิ่น/ การกระจายรายได้/ ความเที่ยงธรรม			
I3 ด้านสิ่งแวดล้อม: มลพิษทางอากาศ, มลพิษทางน้ำ, การปนเปื้อน ฯลฯ			
I4 การประมาณค่าการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกของเทคโนโลยี			

ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม (ถ้ามี)

.....

.....

.....

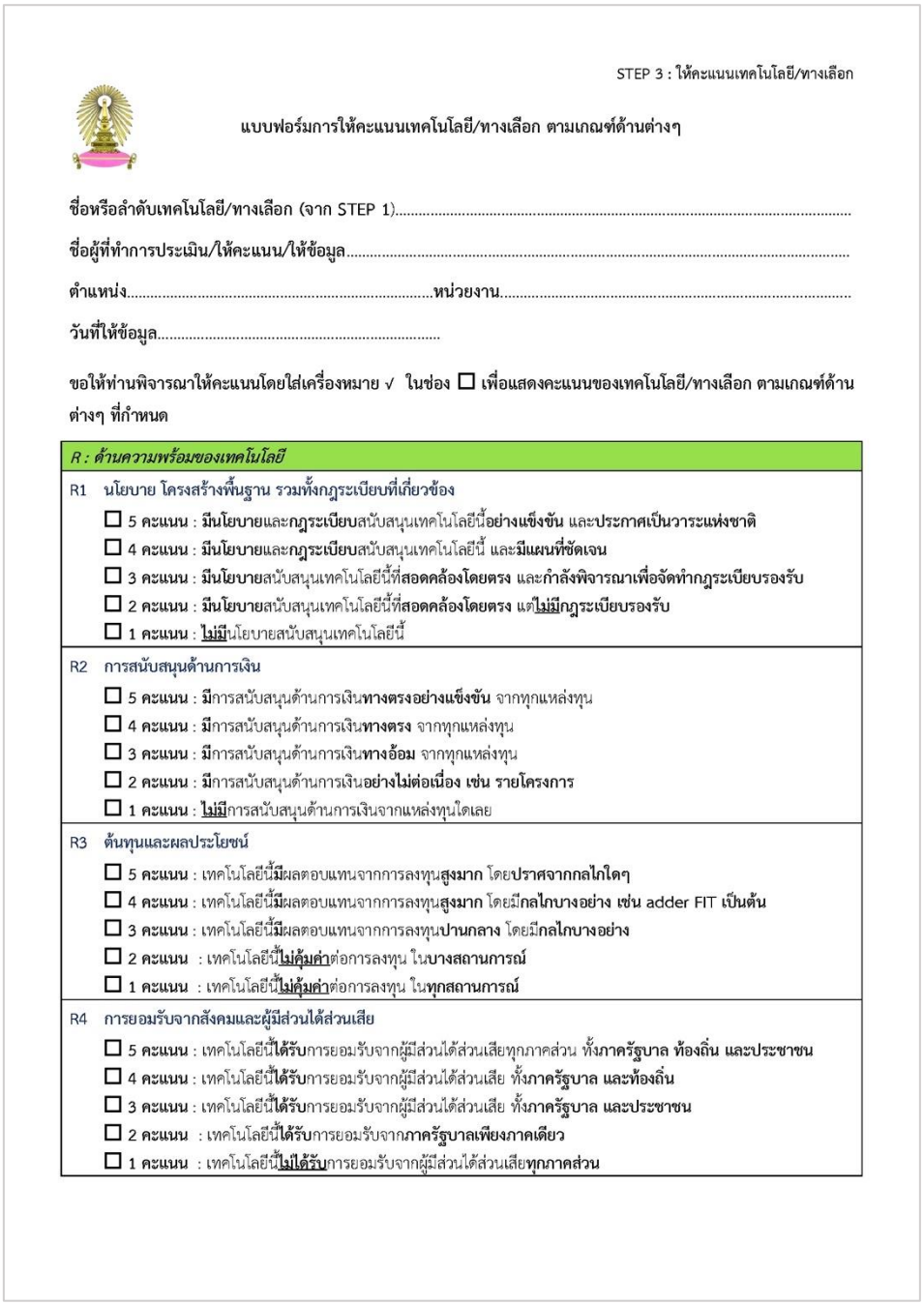
.....

.....

คณะผู้วิจัยขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูงที่ท่านกรุณาสละเวลาอันมีค่าในการให้ข้อมูลที่เป็นประโยชน์ต่องานวิจัยและต่อประเทศชาติ

รูปที่ ข-3 เอกสารแบบประเมินขั้นตอนที่ 2

4) เอกสารแบบประเมินขั้นตอนที่ 3 พิจารณาและให้ค่าคะแนนในแต่ละประเด็นของเทคโนโลยี โดยเอกสารแบบประเมินขั้นตอนนี้จะใช้ 1 ชุด ต่อ 1 เทคโนโลยี ตามรายการเทคโนโลยีที่เลือกในขั้นตอนที่ 1 ดังแสดงในรูปที่ ข-4



STEP 3 : ให้คะแนนเทคโนโลยี/ทางเลือก

แบบฟอร์มการให้คะแนนเทคโนโลยี/ทางเลือก ตามเกณฑ์ด้านต่างๆ

ชื่อหรือลำดับเทคโนโลยี/ทางเลือก (จาก STEP 1).....

ชื่อผู้ที่ทำการประเมิน/ให้คะแนน/ให้ข้อมูล.....

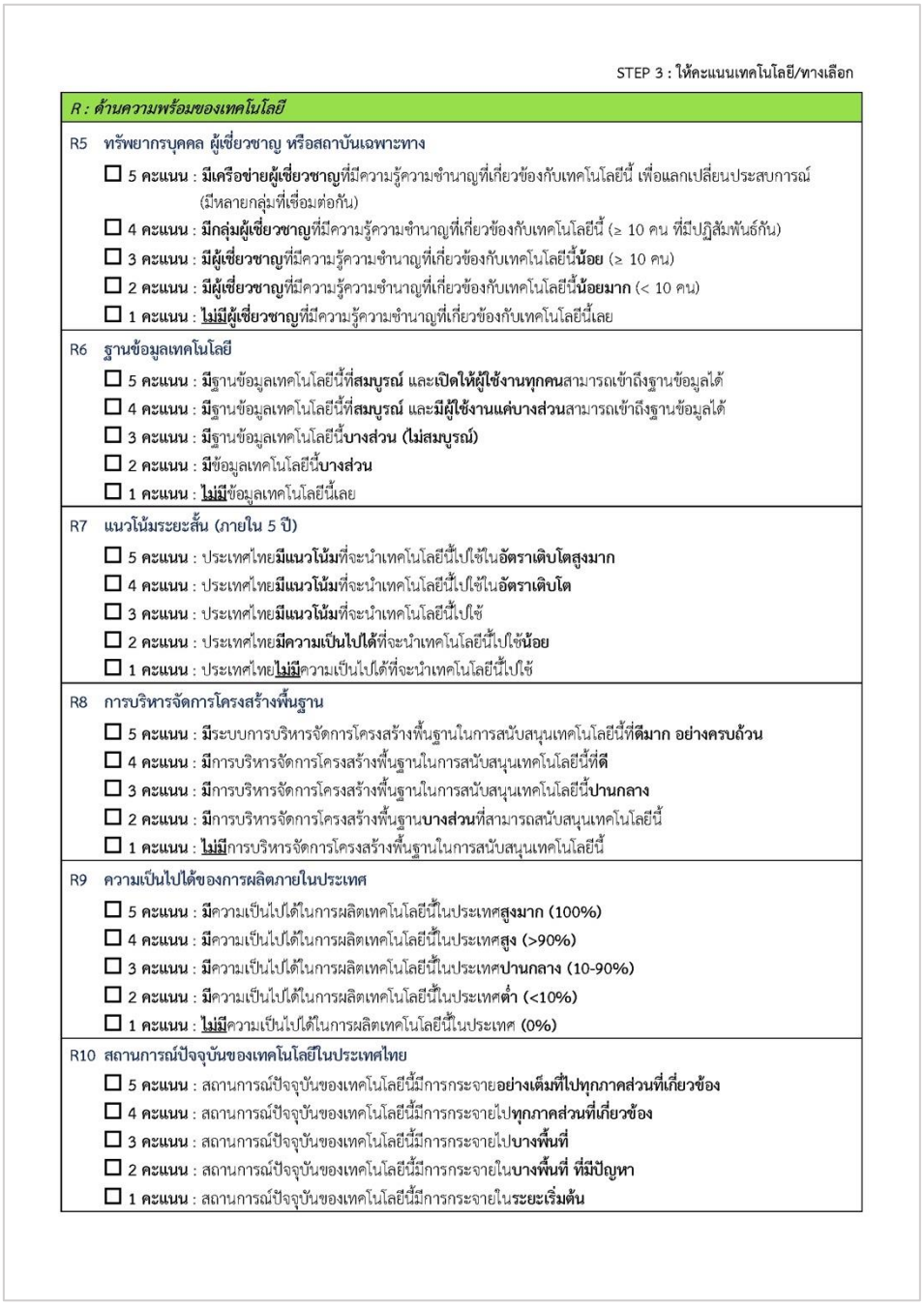
ตำแหน่ง.....หน่วยงาน.....

วันที่ให้ข้อมูล.....

ขอให้ท่านพิจารณาให้คะแนนโดยใส่เครื่องหมาย √ ในช่อง ☐ เพื่อแสดงคะแนนของเทคโนโลยี/ทางเลือก ตามเกณฑ์ด้านต่างๆ ที่กำหนด

R : ด้านความพร้อมของเทคโนโลยี
R1 นโยบาย โครงสร้างพื้นฐาน รวมทั้งกฎระเบียบที่เกี่ยวข้อง ☐ 5 คะแนน : **มีนโยบายและกฎระเบียบ**สนับสนุนเทคโนโลยีนี้**อย่างแข็งขัน** และ**ประกาศเป็นวาระแห่งชาติ** ☐ 4 คะแนน : **มีนโยบายและกฎระเบียบ**สนับสนุนเทคโนโลยีนี้ และ**มีแผนที่ชัดเจน** ☐ 3 คะแนน : **มีนโยบาย**สนับสนุนเทคโนโลยีนี้**ที่สอดคล้องโดยตรง** และ**กำลังพิจารณาเพื่อจัดทำกฎระเบียบรองรับ** ☐ 2 คะแนน : **มีนโยบาย**สนับสนุนเทคโนโลยีนี้**ที่สอดคล้องโดยตรง** แต่**ไม่มีกฎระเบียบรองรับ** ☐ 1 คะแนน : **ไม่มี**นโยบายสนับสนุนเทคโนโลยีนี้
R2 การสนับสนุนด้านการเงิน ☐ 5 คะแนน : **มี**การสนับสนุนด้านการเงิน**ทางตรงอย่างแข็งขัน** จากทุกแหล่งทุน ☐ 4 คะแนน : **มี**การสนับสนุนด้านการเงิน**ทางตรง** จากทุกแหล่งทุน ☐ 3 คะแนน : **มี**การสนับสนุนด้านการเงิน**ทางอ้อม** จากทุกแหล่งทุน ☐ 2 คะแนน : **มี**การสนับสนุนด้านการเงิน**อย่างไม่ต่อเนื่อง เช่น รายโครงการ** ☐ 1 คะแนน : **ไม่มี**การสนับสนุนด้านการเงินจากแหล่งทุนใดเลย
R3 ต้นทุนและผลประโยชน์ ☐ 5 คะแนน : เทคโนโลยีนี้**มี**ผลตอบแทนจากการลงทุน**สูงมาก** โดย**ปราศจากกลไกใดๆ** ☐ 4 คะแนน : เทคโนโลยีนี้**มี**ผลตอบแทนจากการลงทุน**สูงมาก** โดย**มีกลไกบางอย่าง เช่น adder FIT เป็นต้น** ☐ 3 คะแนน : เทคโนโลยีนี้**มี**ผลตอบแทนจากการลงทุน**ปานกลาง** โดย**มีกลไกบางอย่าง** ☐ 2 คะแนน : เทคโนโลยีนี้**ไม่คุ้มค่า**ต่อการลงทุน ใน**บางสถานการณ์** ☐ 1 คะแนน : เทคโนโลยีนี้**ไม่คุ้มค่า**ต่อการลงทุน ใน**ทุกสถานการณ์**
R4 การยอมรับจากสังคมและผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย ☐ 5 คะแนน : เทคโนโลยีนี้**ได้รับ**การยอมรับจากผู้มีส่วนได้ส่วนเสียทุกภาคส่วน ทั้ง**ภาครัฐบาล ท้องถิ่น และประชาชน** ☐ 4 คะแนน : เทคโนโลยีนี้**ได้รับ**การยอมรับจากผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย ทั้ง**ภาครัฐบาล และท้องถิ่น** ☐ 3 คะแนน : เทคโนโลยีนี้**ได้รับ**การยอมรับจากผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย ทั้ง**ภาครัฐบาล และประชาชน** ☐ 2 คะแนน : เทคโนโลยีนี้**ได้รับ**การยอมรับจาก**ภาครัฐบาลเพียงภาคเดียว** ☐ 1 คะแนน : เทคโนโลยีนี้**ไม่ได้รับ**การยอมรับจากผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย**ทุกภาคส่วน**

รูปที่ ข-4 เอกสารแบบประเมินขั้นตอนที่ 3



STEP 3 : ให้คะแนนเทคโนโลยี/ทางเลือก

R : ด้านความพร้อมของเทคโนโลยี

R5 ทรัพยากรบุคคล ผู้เชี่ยวชาญ หรือสถาบันเฉพาะทาง

- ☐ 5 คะแนน : **มีเครือข่ายผู้เชี่ยวชาญ**ที่มีความรู้ความชำนาญที่เกี่ยวข้องกับเทคโนโลยีนี้ เพื่อแลกเปลี่ยนประสบการณ์ (มีหลายกลุ่มที่เชื่อมต่อกัน)
- ☐ 4 คะแนน : **มีกลุ่มผู้เชี่ยวชาญ**ที่มีความรู้ความชำนาญที่เกี่ยวข้องกับเทคโนโลยีนี้ (≥ 10 คน ที่มีปฏิสัมพันธ์กัน)
- ☐ 3 คะแนน : **มีผู้เชี่ยวชาญ**ที่มีความรู้ความชำนาญที่เกี่ยวข้องกับเทคโนโลยีนี้**น้อย** (≥ 10 คน)
- ☐ 2 คะแนน : **มีผู้เชี่ยวชาญ**ที่มีความรู้ความชำนาญที่เกี่ยวข้องกับเทคโนโลยีนี้**น้อยมาก** (< 10 คน)
- ☐ 1 คะแนน : **ไม่มีผู้เชี่ยวชาญ**ที่มีความรู้ความชำนาญที่เกี่ยวข้องกับเทคโนโลยีนี้เลย

R6 ฐานข้อมูลเทคโนโลยี

- ☐ 5 คะแนน : **มี**ฐานข้อมูลเทคโนโลยีนี้**ที่สมบูรณ์** และ**เปิดให้ผู้ใช้งานทุกคน**สามารถเข้าถึงฐานข้อมูลได้
- ☐ 4 คะแนน : **มี**ฐานข้อมูลเทคโนโลยีนี้**ที่สมบูรณ์** และ**มีผู้ใช้งานแค่บางส่วน**สามารถเข้าถึงฐานข้อมูลได้
- ☐ 3 คะแนน : **มี**ฐานข้อมูลเทคโนโลยีนี้**บางส่วน (ไม่สมบูรณ์)**
- ☐ 2 คะแนน : **มี**ข้อมูลเทคโนโลยีนี้**บางส่วน**
- ☐ 1 คะแนน : **ไม่มี**ข้อมูลเทคโนโลยีนี้เลย

R7 แนวโน้มระยะสั้น (ภายใน 5 ปี)

- ☐ 5 คะแนน : ประเทศไทย**มีแนวโน้ม**ที่จะนำเทคโนโลยีนี้ไปใช้ใน**อัตราเติบโตสูงมาก**
- ☐ 4 คะแนน : ประเทศไทย**มีแนวโน้ม**ที่จะนำเทคโนโลยีนี้ไปใช้ใน**อัตราเติบโต**
- ☐ 3 คะแนน : ประเทศไทย**มีแนวโน้ม**ที่จะนำเทคโนโลยีนี้ไปใช้
- ☐ 2 คะแนน : ประเทศไทย**มีความเป็นไปได้**ที่จะนำเทคโนโลยีนี้ไปใช้**น้อย**
- ☐ 1 คะแนน : ประเทศไทย**ไม่มี**ความเป็นไปได้ที่จะนำเทคโนโลยีนี้ไปใช้

R8 การบริหารจัดการโครงสร้างพื้นฐาน

- ☐ 5 คะแนน : **มี**ระบบการบริหารจัดการโครงสร้างพื้นฐานในการสนับสนุนเทคโนโลยีนี้**ที่ดีมาก อย่างครบถ้วน**
- ☐ 4 คะแนน : **มี**การบริหารจัดการโครงสร้างพื้นฐานในการสนับสนุนเทคโนโลยีนี้**ที่ดี**
- ☐ 3 คะแนน : **มี**การบริหารจัดการโครงสร้างพื้นฐานในการสนับสนุนเทคโนโลยีนี้**ปานกลาง**
- ☐ 2 คะแนน : **มี**การบริหารจัดการโครงสร้างพื้นฐาน**บางส่วน**ที่สามารถสนับสนุนเทคโนโลยีนี้
- ☐ 1 คะแนน : **ไม่มี**การบริหารจัดการโครงสร้างพื้นฐานในการสนับสนุนเทคโนโลยีนี้

R9 ความเป็นไปได้ของการผลิตภายในประเทศ

- ☐ 5 คะแนน : **มี**ความเป็นไปได้ในการผลิตเทคโนโลยีนี้ในประเทศ**สูงมาก (100%)**
- ☐ 4 คะแนน : **มี**ความเป็นไปได้ในการผลิตเทคโนโลยีนี้ในประเทศ**สูง (>90%)**
- ☐ 3 คะแนน : **มี**ความเป็นไปได้ในการผลิตเทคโนโลยีนี้ในประเทศ**ปานกลาง (10-90%)**
- ☐ 2 คะแนน : **มี**ความเป็นไปได้ในการผลิตเทคโนโลยีนี้ในประเทศ**ต่ำ (<10%)**
- ☐ 1 คะแนน : **ไม่มี**ความเป็นไปได้ในการผลิตเทคโนโลยีนี้ในประเทศ (0%)

R10 สถานการณ์ปัจจุบันของเทคโนโลยีในประเทศไทย

- ☐ 5 คะแนน : สถานการณ์ปัจจุบันของเทคโนโลยีนี้มีการกระจาย**อย่างเต็มที่ไปทุกภาคส่วนที่เกี่ยวข้อง**
- ☐ 4 คะแนน : สถานการณ์ปัจจุบันของเทคโนโลยีนี้มีการกระจายไป**ทุกภาคส่วนที่เกี่ยวข้อง**
- ☐ 3 คะแนน : สถานการณ์ปัจจุบันของเทคโนโลยีนี้มีการกระจายไป**บางพื้นที่**
- ☐ 2 คะแนน : สถานการณ์ปัจจุบันของเทคโนโลยีนี้มีการกระจายใน**บางพื้นที่ ที่มีปัญหา**
- ☐ 1 คะแนน : สถานการณ์ปัจจุบันของเทคโนโลยีนี้มีการกระจายใน**ระยะเริ่มต้น**

รูปที่ ข-4 เอกสารแบบประเมินขั้นตอนที่ 3 (ต่อ)

STEP 3 : ให้คะแนนเทคโนโลยี/ทางเลือก

R : ด้านความพร้อมของเทคโนโลยี
R11 สถานการณ์ปัจจุบันของเทคโนโลยีในประเทศที่พัฒนาแล้ว
☐ 5 คะแนน : สถานการณ์ปัจจุบันของเทคโนโลยีนี้มีการกระจาย**อย่างเต็มที่**ไป**ทุกภาคส่วนที่เกี่ยวข้องของทุกประเทศที่พัฒนาแล้ว**
☐ 4 คะแนน : สถานการณ์ปัจจุบันของเทคโนโลยีนี้มีการกระจายไป**ทุกภาคส่วนที่เกี่ยวข้องในบางประเทศที่พัฒนาแล้ว**
☐ 3 คะแนน : สถานการณ์ปัจจุบันของเทคโนโลยีนี้มีการกระจายไป**บางพื้นที่ ในบางประเทศที่พัฒนาแล้ว**
☐ 2 คะแนน : สถานการณ์ปัจจุบันของเทคโนโลยีนี้มีการกระจายใน**บางพื้นที่ ที่มีปัญหาในบางประเทศที่พัฒนาแล้ว**
☐ 1 คะแนน : สถานการณ์ปัจจุบันของเทคโนโลยีนี้**เพิ่งเริ่มมี**การกระจาย**ในประเทศที่พัฒนาแล้ว**

I : ด้านผลกระทบ
I1 ความสามารถในการแข่งขันและการสร้างมูลค่า
☐ 5 คะแนน : เทคโนโลยีนี้**เพิ่มศักยภาพในการแข่งขันทางการเงินของประเทศ**โดยมีความเป็นไปได้ในการสร้างมูลค่าทางการตลาด**สูงมาก**
☐ 4 คะแนน : เทคโนโลยีนี้สามารถ**เพิ่มศักยภาพในการแข่งขันของประเทศ** โดยมีความเป็นไปได้ในการสร้างมูลค่าทางการตลาด**สูง**
☐ 3 คะแนน : เทคโนโลยีนี้**ไม่มี**ผลต่อการ**แข่งขันของประเทศอย่างมีนัยสำคัญ** โดยมีการสร้างมูลค่าทางการตลาด**น้อย**
☐ 2 คะแนน : เทคโนโลยีนี้**ส่งผลให้เกิดผลเสียบางประการ**ในด้านเศรษฐกิจของประเทศ**บางส่วน**
☐ 1 คะแนน : เทคโนโลยีนี้**ส่งผลให้เกิดผลเสีย**ต่อเศรษฐกิจของประเทศ
I2 ด้านสังคม: การจ้างงานคนท้องถิ่น/ การกระจายรายได้/ ความเที่ยงธรรม
☐ 5 คะแนน : เทคโนโลยีนี้ส่งผลให้เกิดการจ้างงาน**เพิ่มขึ้นมาก**
☐ 4 คะแนน : เทคโนโลยีนี้ส่งผลให้เกิดการจ้างงาน**คนท้องถิ่นเพิ่มขึ้น**
☐ 3 คะแนน : เทคโนโลยีนี้ส่งผลให้เกิดการจ้างงาน**คนท้องถิ่นอย่างไม่มีนัยสำคัญ**
☐ 2 คะแนน : เทคโนโลยีนี้ส่งผลให้เกิดการจ้างงาน**คนท้องถิ่นน้อย**
☐ 1 คะแนน : เทคโนโลยีนี้ส่งผลให้เกิดการจ้างงาน**คนท้องถิ่นน้อยอย่างมาก**
I3 ด้านสิ่งแวดล้อม: มลพิษทางอากาศ, มลพิษทางน้ำ, การปนเปื้อน ฯลฯ
☐ 5 คะแนน : เทคโนโลยีนี้**ส่งผลกระทบ**ต่อสิ่งแวดล้อม**ในแง่บวก/ลด**การเกิดมลพิษทางสิ่งแวดล้อม**ในพื้นที่บริเวณกว้าง**
☐ 4 คะแนน : เทคโนโลยีนี้**ส่งผลกระทบ**ต่อสิ่งแวดล้อม**ในแง่บวก/ลด**การเกิดมลพิษทางสิ่งแวดล้อม**ในพื้นที่จำกัด**
☐ 3 คะแนน : เทคโนโลยีนี้**ไม่มีผลกระทบ**ต่อสิ่งแวดล้อม**อย่างมีนัยสำคัญ/ไม่เพิ่ม**มลพิษทางสิ่งแวดล้อม
☐ 2 คะแนน : เทคโนโลยีนี้**ส่งผลกระทบ**ต่อสิ่งแวดล้อม**ในแง่ลบ** และ**เกิด**มลพิษทางสิ่งแวดล้อม**ในพื้นที่จำกัด**
☐ 1 คะแนน : เทคโนโลยีนี้**ส่งผลกระทบ**ต่อสิ่งแวดล้อม**ในแง่ลบ** และ**เกิด**มลพิษทางสิ่งแวดล้อม**ในพื้นที่บริเวณกว้าง**
I4 การประมาณค่าการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกของเทคโนโลยี
☐ 5 คะแนน : เทคโนโลยีนี้สามารถลดการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้**สูงมาก**
☐ 4 คะแนน : เทคโนโลยีนี้สามารถลดการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้**มาก**
☐ 3 คะแนน : เทคโนโลยีนี้สามารถลดการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้**ปานกลาง**
☐ 2 คะแนน : เทคโนโลยีนี้สามารถลดการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้**น้อย**
☐ 1 คะแนน : เทคโนโลยีนี้สามารถลดการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้**น้อยมาก**

ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม (ถ้ามี)

.....

.....

.....

.....

คณะผู้วิจัยขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูงที่ท่านกรุณาสละเวลาอันมีค่าในการให้ข้อมูลที่เป็นประโยชน์ต่องานวิจัยและต่อประเทศชาติ

รูปที่ ข-4 เอกสารแบบประเมินขั้นตอนที่ 3 (ต่อ)

ภาคผนวก ค

ตารางที่ ค-1 ค่าน้ำหนักของเกณฑ์แต่ละประเด็น และคะแนนเฉลี่ยในประเด็นต่าง ๆ ของแต่ละเทคโนโลยีทั้งด้านความพร้อมและด้านผลกระทบ

รายการเทคโนโลยี	เกณฑ์ด้านความพร้อม												เกณฑ์ด้านผลกระทบ				
	นโยบายฯ (R1)	การสนับสนุนด้านการเงิน (R2)	ต้นทุนและผลประโยชน์ (R3)	การยอมรับจากสังคมและผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย (R4	ทรัพยากรบุคคลฯ (R5)	ฐานข้อมูลเทคโนโลยี (R6)	แนวโน้มระยะสั้น (ภายใน 5 ปี) (R7)	การบริหารจัดการโครงสร้างพื้นฐาน (R8)	ความเป็นไปได้ของการผลิตภายในประเทศ (R9)	สถานการณ์ปัจจุบันในประเทศไทย (R10)	สถานการณ์ปัจจุบันในประเทศที่พัฒนาแล้ว (R11)	**รวม**	ความสามารถในการแข่งขันและการสร้างมูลค่า (I1)	ด้านสังคมฯ (I2)	ด้านสิ่งแวดล้อมฯ (I3)	การประมาณค่าการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกฯ (I4)	**รวม**
น้ำหนักความสำคัญ	0.1023	0.0947	0.0985	0.0947	0.0922	0.0896	0.0808	0.0909	0.0922	0.0833	0.0808	**1.0000**	0.2431	0.2292	0.2778	0.2500	**1.0000**
กลุ่มเชื้อเพลิงฟอสซิล/พลังงานทดแทน (Fossil Fuels/Renewables)																	
หม้อไอน้ำแบบไอเสียควบแน่น (Condensing boilers for space heating and domestic hot water)	0.4091	0.3788	0.3447	0.4261	0.3687	0.4034	0.2828	0.3182	0.2765	0.3333	0.3232	**3.8649**	0.9722	0.8021	1.1111	1.0000	**3.8854**
LPG และ LNG สำหรับใช้ในครัวเรือนและการปรุงอาหารในเชิงพาณิชย์ (LPG and LNG for household and commercial cooking)	0.4295	0.3409	0.3742	0.4167	0.4056	0.4124	0.2747	0.3455	0.2765	0.3500	0.3394	**3.9654**	0.8750	0.7792	1.2222	0.8500	**3.7264**
กลุ่มเทคโนโลยีพลังงานทดแทน (Renewable Technology)																	
แผงรับแสงอาทิตย์แบบแผ่นเรียบ (Solar thermal flat plate – for hot water, hot air, cooling)	0.3347	0.3013	0.3223	0.3960	0.4022	0.3667	0.2865	0.2810	0.3435	0.2803	0.3306	**3.6452**	0.8396	0.6458	1.1364	0.9091	**3.5309**
ปั๊มความร้อน โดยผ่านอากาศ/พื้นดิน/น้ำ (Heat pumps air or ground or water sourced)	0.3750	0.3157	0.3283	0.4419	0.4301	0.4482	0.2963	0.3333	0.3687	0.3889	0.3771	**4.1035**	1.0532	0.7639	1.1111	0.9167	**3.8449**
เทคโนโลยีเก็บสะสมพลังงาน (Energy storage technologies)	0.2301	0.2604	0.3201	0.3551	0.3456	0.2914	0.3030	0.2727	0.3226	0.2500	0.3434	**3.2945**	0.9115	0.7448	0.9722	0.9375	**3.5660**
เตาก๊าซชีวมวล (Biomass gasification stoves)	0.3068	0.2841	0.2758	0.2841	0.3134	0.3407	0.2586	0.2909	0.3134	0.2333	0.2263	**3.1273**	0.7778	0.6875	0.7778	0.8000	**3.0431**

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย CHULALONGKORN UNIVERSITY

รายการเทคโนโลยี	เกณฑ์ด้านความพร้อม												เกณฑ์ด้านผลกระทบ				
	นโยบายฯ (R1)	การสนับสนุนด้านการเงิน (R2)	ต้นทุนและผลประโยชน์ (R3)	การยอมรับจากสังคมและผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย (R4	ทรัพยากรบุคคลฯ (R5)	ฐานข้อมูลเทคโนโลยี (R6)	แนวโน้มระยะสั้น (ภายใน 5 ปี) (R7)	การบริหารจัดการโครงสร้างพื้นฐาน (R8)	ความเป็นไปได้ของการผลิตภายในประเทศ (R9)	สถานการณ์ปัจจุบันในประเทศไทย (R10)	สถานการณ์ปัจจุบันในประเทศที่พัฒนาแล้ว (R11)	**รวม**	ความสามารถในการแข่งขันและการสร้างมูลค่า (I1)	ด้านสังคมฯ (I2)	ด้านสิ่งแวดล้อมฯ (I3)	การประมาณค่าการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกฯ (I4)	**รวม**
น้ำหนักความสำคัญ	0.1023	0.0947	0.0985	0.0947	0.0922	0.0896	0.0808	0.0909	0.0922	0.0833	0.0808	**1.0000**	0.2431	0.2292	0.2778	0.2500	**1.0000**
การผลิตก๊าซชีวภาพจากของเสียเพื่อใช้ในการปรุงอาหาร (Biogas from waste for cooking)	0.3068	0.2683	0.2626	0.3157	0.2919	0.2689	0.2290	0.2273	0.2919	0.2361	0.2155	**2.9139**	0.6076	0.6111	0.8796	0.8333	**2.9317**
การผลิตถ่านที่มีประสิทธิภาพสำหรับการปรุงอาหาร (Efficient Charcoal production for cooking)	0.2045	0.1578	0.2626	0.2841	0.3687	0.3287	0.2424	0.3030	0.3380	0.2500	0.2694	**3.0093**	0.8102	0.6875	1.1111	0.8333	**3.4421**
เทคโนโลยีประหยัดพลังงาน (Energy Saving Technology)																	
ระบบระบายอากาศ แบบแลกเปลี่ยนความร้อนกับอากาศ/ระบบควบคุม (Ventilation: Air-to-air heat recovery, demand control systems)	0.2727	0.2841	0.3283	0.3788	0.4301	0.3885	0.2694	0.2727	0.3994	0.3333	0.3502	**3.7075**	0.8102	0.6875	1.2037	1.0000	**3.7014**
ระบบความร้อน ระบายอากาศ ปรับอากาศ (HVAC)/ ระบบ Free cooling (High efficiency heating, venting, and air conditioning HVAC))	0.3750	0.3314	0.3283	0.4104	0.3994	0.3735	0.2963	0.3333	0.3533	0.3333	0.3367	**3.8710**	0.9317	0.8021	1.1111	0.8750	**3.7199**
ระบบผลิตพลังงานร่วมกับระบบของเหลวดูดความชื้น (ควบคุมความชื้นในร่ม) (Cogeneration in combination with liquid-desiccant systems)	0.2386	0.2210	0.2955	0.2841	0.2765	0.3287	0.2155	0.2121	0.2765	0.2222	0.2963	**2.8670**	0.8102	0.6111	1.0185	0.7500	**3.1898**
เครื่องทำความเย็นที่มีประสิทธิภาพสูง (High efficiency refrigeration: multi-compressor control)	0.3068	0.3157	0.3939	0.4104	0.3994	0.3586	0.2963	0.3030	0.3380	0.3333	0.3502	**3.8056**	0.8912	0.7639	1.2963	0.7500	**3.7014**

รายการเทคโนโลยี	เกณฑ์ด้านความพร้อม												เกณฑ์ด้านผลกระทบ				
	นโยบายฯ (R1)	การสนับสนุนด้านการเงิน (R2)	ต้นทุนและผลประโยชน์ (R3)	การยอมรับจากสังคมและผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย (R4	ทรัพยากรบุคคลฯ (R5)	ฐานข้อมูลเทคโนโลยี (R6)	แนวโน้มระยะสั้น (ภายใน 5 ปี) (R7)	การบริหารจัดการโครงสร้างพื้นฐาน (R8)	ความเป็นไปได้ของการผลิตภายในประเทศ (R9)	สถานการณ์ปัจจุบันในประเทศไทย (R10)	สถานการณ์ปัจจุบันในประเทศที่พัฒนาแล้ว (R11)	**รวม**	ความสามารถในการแข่งขันและการสร้างมูลค่า (I1)	ด้านสังคมฯ (I2)	ด้านสิ่งแวดล้อมฯ (I3)	การประมาณค่าการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกฯ (I4)	**รวม**
น้ำหนักความสำคัญ	0.1023	0.0947	0.0985	0.0947	0.0922	0.0896	0.0808	0.0909	0.0922	0.0833	0.0808	**1.0000**	0.2431	0.2292	0.2778	0.2500	**1.0000**
อุปกรณ์ควบคุมความเร็วรอบมอเตอร์ (Variable Speed Motor Control (VFD))	0.3409	0.3157	0.3283	0.3946	0.3226	0.3885	0.3098	0.3333	0.2919	0.3472	0.3771	**3.7498**	0.8507	0.6875	1.0648	0.8333	**3.4363**
หน้าต่างหน่วยเครื่องปรับอากาศประสิทธิภาพสูง (High efficiency window unit air conditioners)	0.2386	0.2210	0.2955	0.3157	0.3994	0.3885	0.1886	0.2424	0.3380	0.2778	0.2963	**3.2016**	0.9722	0.6875	1.2037	0.9167	**3.7801**
เทคโนโลยีผนังอาคาร (กระจกหนา , ร่มเงา, ไฟฟ้าเคมี) (Façade technology: advanced glazing, shading, electrochemical)	0.3273	0.2652	0.2758	0.3788	0.3134	0.3048	0.2747	0.2545	0.3318	0.3167	0.3394	**3.3823**	0.8264	0.5958	0.9444	0.7500	**3.1167**
ระบบป้องกันความร้อนโดยผนังฉนวน (Insulation – exterior wall systems)	0.3273	0.2841	0.2955	0.3598	0.3503	0.3227	0.3071	0.2909	0.3503	0.3167	0.3394	**3.5439**	0.7778	0.5958	1.0556	0.9500	**3.3792**
อุปกรณ์ป้องกันอากาศเข้า (Air-sealing)	0.2557	0.2367	0.4924	0.3314	0.4148	0.4034	0.3232	0.2273	0.2304	0.1667	0.3636	**3.4457**	1.0938	0.9167	0.9722	0.6250	**3.6076**
การเคลือบกระจกป้องกันความร้อน (Advanced glazing, triple or membrane technology)	0.3068	0.1578	0.2955	0.3472	0.3380	0.3287	0.3232	0.3030	0.3380	0.3056	0.2963	**3.3401**	0.9722	0.7639	1.1111	0.9167	**3.7639**
การกำหนดทิศของอาคาร (Building orientation)	0.2455	0.2652	0.3152	0.3409	0.3503	0.3227	0.3071	0.3091	0.4056	0.2667	0.3556	**3.4836**	0.7292	0.4583	1.1667	0.8500	**3.2042**
แสงธรรมชาติ และการออกแบบอาคาร (Day lighting and building design)	0.3239	0.2367	0.3283	0.3788	0.3687	0.3138	0.2694	0.2727	0.3994	0.2778	0.3232	**3.4926**	0.8507	0.6111	1.0185	0.8333	**3.3137**
อาคารอัตโนมัติ (Building automation/ management system optimization, improved enthalpy sensors)	0.3068	0.2841	0.3611	0.3788	0.3380	0.3287	0.3502	0.2727	0.3380	0.2778	0.3502	**3.5863**	0.9722	0.9931	1.2037	1.0000	**4.1690**

รายการเทคโนโลยี	เกณฑ์ด้านความพร้อม											เกณฑ์ด้านผลกระทบ				
	นโยบายฯ (R1)	การสนับสนุนด้านการเงิน (R2)	ต้นทุนและผลประโยชน์ (R3)	การยอมรับจากสังคมและผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย (R4	ทรัพยากรบุคคลฯ (R5)	ฐานข้อมูลเทคโนโลยี (R6)	แนวโน้มระยะสั้น (ภายใน 5 ปี) (R7)	การบริหารจัดการโครงสร้างพื้นฐาน (R8)	ความเป็นไปได้ของการผลิตภายในประเทศ (R9)	สถานการณ์ปัจจุบันในประเทศไทย (R10)	สถานการณ์ปัจจุบันในประเทศที่พัฒนาแล้ว (R11)	**รวม**	ความสามารถในการแข่งขันและการสร้างมูลค่า (I1)	ด้านสังคมฯ (I2)	ด้านสิ่งแวดล้อมฯ (I3)	การประมาณค่าการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกฯ (I4)	**รวม**
น้ำหนักความสำคัญ	0.1023	0.0947	0.0985	0.0947	0.0922	0.0896	0.0808	0.0909	0.0922	0.0833	0.0808	**1.0000**	0.2431	0.2292	0.2778	0.2500	**1.0000**
การควบคุมอัจฉริยะ (Smart controls)	0.3835	0.3314	0.3939	0.4498	0.3687	0.3362	0.3636	0.3636	0.3687	0.3125	0.3636	**4.0357**	1.0330	0.8021	1.1806	1.0000	**4.0156**
เครื่องใช้ไฟฟ้าอัจฉริยะและบ้านอัตโนมัติ (“Smart” appliances and home automation)	0.3068	0.3472	0.3939	0.4104	0.3072	0.3287	0.3232	0.3030	0.3380	0.2500	0.3232	**3.6317**	0.9722	0.8403	1.2037	1.0833	**4.0995**
อุปกรณ์ไฟฟ้าอิเล็กทรอนิกส์ (Electronic power supplies)	0.3477	0.3409	0.3545	0.3788	0.3318	0.3227	0.2747	0.2909	0.3318	0.2833	0.3394	**3.5967**	0.9722	0.8708	1.2222	1.0500	**4.1153**
จอภาพคอมพิวเตอร์ประสิทธิภาพสูง (High efficiency PC monitors)	0.2557	0.2841	0.3939	0.3788	0.3687	0.3138	0.2424	0.2727	0.3226	0.3333	0.2828	**3.4489**	0.8507	0.5729	0.9722	0.8750	**3.2708**
หลอดคอมแพคฟลูออเรสเซนต์, หลอด LED (Compact Fluorescent Light Bulbs and LEDs)	0.4091	0.3551	0.3693	0.4261	0.4148	0.4034	0.4040	0.3636	0.3456	0.3333	0.3636	**4.1881**	1.0330	0.8594	1.1806	0.9375	**4.0104**
หลอดไฟ (Light tubes)	0.4091	0.3314	0.3775	0.3788	0.3533	0.3436	0.3367	0.3333	0.3533	0.3194	0.3636	**3.9003**	0.9317	0.8021	1.0185	0.7917	**3.5440**
โคมไฟพลังงานแสงอาทิตย์ (Solar lanterns)	0.3273	0.3220	0.3545	0.3409	0.3871	0.3765	0.3556	0.2909	0.3687	0.3667	0.3717	**3.8619**	0.8750	0.8250	1.1111	0.8500	**3.6611**
ค่าเฉลี่ยด้านความพร้อม												**3.5420**	**ค่าเฉลี่ยด้านผลกระทบ**				**3.5608**

บรรณานุกรม

1. สำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. แผนแม่บทรองรับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ พ.ศ. *2558 - 2593*. 23 Jul 2020; Available from: https://climate.onep.go.th/wp-content/uploads/2019/07/CCMP_58-93_TH.pdf.
2. ธรรมกุล, ก., นโยบายด้านการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศของประเทศไทยและการดำเนินการสู่การปฏิบัติ. เอกสารประกอบการประชุมเพื่อสรุปผลการดำเนินงานและถอดบทเรียนการแปลงนโยบายด้านการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศสู่การปฏิบัติ ภายใต้โครงการสนับสนุนการพัฒนาและดำเนินงานด้านนโยบายการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศของไทย, 2560.
3. กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน. สรุปสาระสำคัญแผนอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ. *2558 - 2579 (Energy Efficiency Plan; EEP 2015)*. 23 Jul 2020; Available from: http://www.eppo.go.th/images/POLICY/PDF/EEP2015.pdf.
4. กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, สถานการณ์พลังงานของประเทศไทย. มกราคม 2560.
5. กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, การใช้พลังงานขั้นสุดท้ายจำแนกตามสาขาเศรษฐกิจ. 2558.
6. สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน. แผนพัฒนากำลังผลิตไฟฟ้าของประเทศไทย พ.ศ. *2558 - 2579 (PDP2015)*. 2558 23 Jul 2020; Available from: http://www.eppo.go.th/images/POLICY/PDF/PDP_TH.pdf.
7. สำนักงานคณะกรรมการนโยบายวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและนวัตกรรมแห่งชาติ, *TECHNOLOGY NEEDS ASSESSMENTS REPORT FOR CLIMATE CHANGE MITIGATION*. 2012.
8. (ONEP), O.o.N.R.a.E.P.a.P., *CHAPTER 2 NATIONAL GREENHOUSE GASES INVENTORY : Trend of Thailand's GHG emissions from 2000 to 2013"*. 2nd Biennial Update Report (2nd BUR), 2018: p. 33-34, 36.
9. วิมลศิร, ป. ยุทธศาสตร์ชาติ *20* ปี อนาคตประเทศไทยเพื่อความมั่นคง มั่งคั่ง ยั่งยืน. 2559 23 Jul 2020; Available from: http://planning.pn.psu.ac.th/plan_doc/procedure/docs_procedure/300_1498813858.pdf.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

10. สำนักงานคณะกรรมการพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ, สรุปสาระสำคัญแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติฉบับที่สิบสอง พ.ศ. *2560 - 2564.* 2560.
11. สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน. แผนจัดการคุณภาพสิ่งแวดล้อม พ.ศ. *2560 - 2564*. 2559 23 Jul 2020; Available from: http://www.eppo.go.th/index.php/th/eppo-intranet/itemlist/category/282-2016-03-16-03-42-48?limitstart=0.
12. สาขากร, ก., การขับเคลื่อนจากนโยบายสู่การปฏิบัติ กลไกเสริมหนุนจากภาครัฐสู่การปรับตัว. เอกสารประกอบการเสวนาการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ ปฏิบัติการรุกรับปรับตัวบนโลกที่เปราะบาง, 2560.
13. สัยยะสิทธิ์พานิช, พ., แผนที่นำทางการลดก๊าซเรือนกระจกของประเทศ ปี พ.ศ. *2564 – 2573.* เอกสารประกอบการฝึกอบรมเชิงปฏิบัติการ “Carbon Offsetting and Reduction Scheme for International Aviation (CORSIA)”, 2560.
14. สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน. แผนบูรณาการพลังงานระยะยาว (*TIEB)*. 2559 23 Jul 2020; Available from: http://www.eppo.go.th/index.php/th/plan-policy/tieb.
15. สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน. แผนอนุรักษ์พลังงาน (*EEP)*. 2559 23 Jul 2020; Available from: http://www.eppo.go.th/index.php/th/plan-policy/tieb/eep.
16. Environnet. นโยบายกระทรวงพลังงาน. 2559 23 Jul 2020; Available from: http://www.environnet.in.th/archives/1751.
17. สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน. แผนบริหารจัดการน้ำมันเชื้อเพลิง (*Oil Plan)*. 2559 23 Jul 2020; Available from: http://www.eppo.go.th/index.php/th/plan-policy/tieb/oilplan.
18. สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน. แผนจัดหาก๊าซธรรมชาติ (*Gas Plan)*. 2559 23 Jul 2020; Available from: http://www.eppo.go.th/index.php/th/plan-policy/tieb/gasplan.
19. (UNEP), U.N.E.P. *Technology Needs Assessment*. 2017 [cited 2017 June 15]; Available from: http://unfccc.int/ttclear/tna.
20. ว่องวานิช, ส., การสังเคราะห์เทคนิคที่ใช้ในการประเมินความต้องการจำเป็นในนิสิตคณะครุศาสตร์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. 2542.
21. Altschuld, B.R.W.a.J.W., *Planning and Conducting Needs Assessments.* A Practical Guide, 1995. **39**(3): p. 350.
22. Kaufman, R.a.F.W.E., *Needs Assessment Concept and Application.* 1981.
23. Programme, U.N.D., *Handbook for Conducting Technology Needs Assessment*

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

for Climate Change. 2010.

24. สำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, การประเมินสิ่งแวดล้อมระดับยุทธศาสตร์ (*Strategic Environmental Assessment: SEA).* 2554.
25. ศรีอนันต์, ว., การประเมินความต้องการเทคโนโลยีพลังงานในภาคการผลิตไฟฟ้าเพื่อบรรเทาการเปลี่ยนสภาพภูมิอากาศ. 2017.
26. ปรีชา, ศ., การประเมินความต้องการเทคโนโลยีพลังงานในภาคอุตสาหกรรมการผลิตเพื่อบรรเทาการเปลี่ยนสภาพภูมิอากาศ. 2017.
27. ปรีชาสถิต, ค., การประเมินความต้องการเทคโนโลยีพลังงานในภาคคมนาคมขนส่งทางถนนเพื่อบรรเทาการเปลี่ยนสภาพภูมิอากาศ. 2017.
28. Georgia, M.o.E.P.o., *Technology Needs Assessments and Technology Action Plans for Climate Change Mitigation.* 2012.
29. Ministry of Natural Resources and Environmental Conservation, M., *Technology Needs Assessments Report for Mitigation.* 2020.
30. Lanka, M.o.E.a.R.E.S., *Technology Needs Assessments and Technology Action Plans for Climate Change Mitigation.* 2011.
31. Climate Change Coordination Office of the Ministry of Environment and Green Development, M., *Technology Needs Assessments. Volume 2 – Climate Change Mitigation in Mongolia.* 2013.
32. Swaziland, T.K.o., *Technology Needs Assessments for Climate Change Mitigation Report.* 2016.
33. Ministry of Natural Resources, E.a.M., Malawi, *Technology Needs Assessments for Climate Change Mitigation Energy Sector.* 2020.
34. Wikipedia. ประเทศเอสวาตีนี. 2020 [cited 2020 9 December]; Available from: https://th.wikipedia.org/wiki/ประเทศเอสวาตีนี.
35. Manufacturing, M. สร้างอาคารอัจฉริยะให้ฉลาดขึ้น เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม และประหยัดพลังงานมากขึ้น. 2020 [cited 2020 9 December]; Available from: https://www.mmthailand.com/infineon-smart-building-sensor/.
36. อัญชลีวรพันธุ์, ด.ไ. หลอดไฟฟ้าแบบไส้กับมาตรการด้านพลังงานของสหภาพยุโรป และการทดสอบอุปกรณ์ส่องสว่างในประเทศไทย. 2018 [cited 2020 9 December]; Available from: http://www.ptec.or.th/home/contentdetail/27.html.
37. กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, ส. หม้อไอน้ำแบบไอเสียควบแน่น

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

(*condensing boiler)*. 23 Jul 2020; Available from: http://library.dip.go.th/multim6/edoc/2557/23053.pdf.

38. Wikipedia. แก๊สปิโตรเลียมเหลว. 2559 23 Jul 2020; Available from: https://th.wikipedia.org/wiki/แก๊สปิโตรเลียมเหลว.
39. Wikipedia. แก๊สธรรมชาติเหลว. 2557 23 Jul 2020; Available from: https://th.wikipedia.org/wiki/แก๊สธรรมชาติเหลว.
40. กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน. การใช้ประโยชน์จากพลังงานความร้อนของแสงอาทิตย์. 2557 23 Jul 2020; Available from: https://ienergyguru.com/2015/07/solar-thermal-heat-system/.
41. กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน. เทคโนโลยีการใช้ปั๊มความร้อนสำหรับการทำความร้อน. 2552 23 Jul 2020; Available from: http://www2.dede.go.th/km_berc/downloads/menu4/เทคโนโลยี/อาคาร/04%20การใช้ปั๊มความร้อนสำหรับการทำความร้อน.pdf.
42. Agency, I.E., *Technology Roadmap Energy storage.* 2014.
43. กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, ส. เตาแก๊สชีวมวล. 23 Jul 2020; Available from: http://www2.dede.go.th/center10/3.pdf.
44. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, ศ. การผลิตแก๊สชีวภาพใช้ในครัวเรือน. 23 Jul 2020; Available from: http://www3.oae.go.th/rdpcc/images/filesdownload/km/Knowledge/housenoldconsumption/5.pdf.
45. กระทรวงสาธารณสุข, ส.ก. คู่มือวิชาการ เรื่อง แนวทางการประกอบกิจการที่เป็นอันตรายต่อสุขภาพ ประเภท การเผาถ่านหรือการสะสมถ่าน. 2555 23 Jul 2020; Available from: http://env.anamai.moph.go.th/ewt_dl_link.php?nid=568.
46. กรมโรงงานอุตสาหกรรม. อากาศเสียจากอุตสาหกรรม - ปัญหาและแนวทางแก้ไข. 23 Jul 2020; Available from: https://www.diw.go.th/km/env/pdf/บทที่1,2.pdf.
47. Pcl., H.E.S. ทำความรู้จักกับ ระบบปรับอากาศ *HVAC* ในอาคาร. 23 Jul 2020; Available from: https://www.harn.co.th/articles/understand-air-conditioning-hvac-in-buildings/.
48. ภู่สีม่วง, อ. มาตรการสำหรับการนำกลับมาใช้ใหม่ของพลังงาน. 2557 23 Jul 2020; Available from: https://sites.google.com/site/stangsumarin/assignment-2-1/matrkar-sahrab-karna-klab-ma-chi-him-khxng-phlangngan.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

49. Pcl., H.E.S. รู้จักกับหลักการทำงานของเครื่องทำความเย็น. 23 Jul 2020; Available from: https://www.harn.co.th/articles/understand-principles-of-cooling-system/.
50. กระทรวงพลังงาน, ก. ระบบอากาศอัด (*COMPRESSED AIR SYSTEM)*. 2547 23 Jul 2020; Available from: https://ienergyguru.com/2015/09/compressed-air-system/.
51. กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน. อุปกรณ์ควบคุมความเร็วรอบมอเตอร์ (*Variable Speed Drive : VSD)*. 23 Jul 2020; Available from: http://www2.dede.go.th/bhrd/old/dataenergy/DocEnergy/energy%20saving%20Technogy3.htm.
52. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล, ภ.ค. เครื่องปรับอากาศแบบหน้าต่าง. 23 Jul 2020; Available from: http://www.rmutphysics.com/charud/specialnews/mechanical/3/index.htm.
53. Encyclopedia, W. *Facade* (เปลือกอาคาร) คืออะไร มีกี่ประเภท และมีอิทธิพลต่องานสถาปัตยกรรมอย่างไร...*?* 2561 23 Jul 2020; Available from: https://www.wazzadu.com/article/2161.
54. Agency, I.E., *Technology Roadmap Energy efficient building envelopes.* 2013.
55. กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน. ระบบการนำแสงธรรมชาติเข้าสู่ตัวอาคารเพื่อลดการใช้พลังงาน (*Daylighting System)*. 23 Jul 2020; Available from: http://new.2e-building.com/sites/default/files/2020-03/ระบบการนำแสงธรรมชาติเข้าสู่ตัวอาคารเพื่อลดการใช้พลังงาน.pdf.
56. The Sun Electric Co., L. ระบบควบคุมอาคารอัตโนมัติ (*Building Automation System)*. 23 Jul 2020; Available from: https://thesunelectric.com/en/products/455076-building-automation-system.
57. กัณหเวก, อ. ความหมายของ *smart home*. 2559 23 Jul 2020; Available from: http://www.mut.ac.th/research-detail-91.
58. สถาบันไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์, แ. บ้านอัจฉริยะ (*Smart Home)* เทรนด์เทคโนโลยีที่ใกล้ตัว. 23 Jul 2020; Available from: http://eiu.thaieei.com/box/Research/53/Smart%20Home10-07-2562.pdf.
59. เจริญภูมิ, อ. อุปกรณ์ไฟฟ้าอิเล็กทรอนิกส์. 2561 23 Jul 2020; Available from: https://sites.google.com/a/rajsima.ac.th/kruten/w30115-xxkbaeb-thekhnoloyi/hnwy-thi-2-krabwnkar-cheing-wiswkrrm/kar-leuxk-chi-wasdu-kheruxng-mux/xupkrn-fi-fa-xi-lek-thrx.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

60. Consultants of Technology Co., L. คอมพิวเตอร์ประหยัดพลังงาน. 2560 23 Jul 2020; Available from: https://www.cot.co.th/th/คอมพิวเตอร์ประหยัดพลัง/.

61. กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน. ระบบแสงสว่างประหยัดพลังงาน (*Energy Efficient Lighting)*. 23 Jul 2020; Available from: http://www2.dede.go.th/bhrd/old/web_display/websemple/Residential(PDF)/2_Bay%2049%20Lighting_Rev1.pdf.

62. Wikipedia. หลอดไฟฟ้า. 2562 23 Jul 2020; Available from: https://th.wikipedia.org/wiki/หลอดไฟฟ้า.

63. PR2YOU.com. โคมไฟพลังงานแสงอาทิตย์ (โคมไฟโซล่าเซลล์). 2561 23 Jul 2020; Available from: http://www.pr2you.com/lifestyle/solar-lamp/.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-สกุล	เทพพนม นพรัตน์ไชยพร
วัน เดือน ปี เกิด	04 กุมภาพันธ์ 2536
สถานที่เกิด	จังหวัดเชียงใหม่
วุฒิการศึกษา	วิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาพลังงานทดแทน
ที่อยู่ปัจจุบัน	PSC Apartment เลขที่ 5/139 ซ.ลาดพร้าว 38 ถ.ลาดพร้าว แขวงจันทรเกษม เขตจตุจักร กรุงเทพมหานคร 10900
ผลงานตีพิมพ์	- บทความประชาสัมพันธ์ “การรับรองการใช้หรือผลิตพลังงานหมุนเวียน (Alternative Energy Certificate)” ตีพิมพ์ในวารสาร Green Society ปีที่ 9 ฉบับที่ 2 (พฤษภาคม – สิงหาคม 2560) คอลัมน์ Eco-Labeling - ผลงานวิจัยและบทความ “การใช้ขี้เถ้าจากชีวมวลเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาในการผลิตไบโอดีเซล” ผ่านการประชุมทางวิชาการและนำเสนอผลงานวิจัยระดับชาติ อุตสาหกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี ครั้งที่ 3 “นวัตกรรมและเทคโนโลยี เพื่อความมั่นคงพลังงาน สิ่งแวดล้อมอย่างยั่งยืน” มหาวิทยาลัยราชภัฏบ้านสมเด็จเจ้าพระยา (ปี 2559)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University