การประเมินความต้องการทางเทคโนโลยีพลังงานในภาคการผลิตไฟฟ้าเพื่อบรรเทาการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ

นายวิสรรค์ ศรีอนันต์

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทคัดย่อและแฟ้มข้อมูลฉบับเต็มของวิทยานิพนธ์ตั้งแต่ปีการศึกษา 2554 ที่ให้บริการในคลังปัญญาจุฬาฯ (CUIR)
เป็นแฟ้มข้อมูลของนิสิตเจ้าของวิทยานิพนธ์ ที่ส่งผ่านทางบัณฑิตวิทยาลัย
The abstract and full text of theses from the academic year 2011 in Chulalongkorn University Intellectual Repository (CUIR)
are the thesis authors' files submitted through the University Graduate School.

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาเทคโนโลยีและการจัดการพลังงาน (สหสาขาวิชา)
บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2560
ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ENERGY TECHNOLOGY NEEDS ASSESSMENTS IN ELECTRICITY PRODUCTION SECTOR FOR CLIMATE CHANGE MITIGATION

Mr. Wisan Srianan

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Science Program in Energy Technology and Management
(Interdisciplinary Program)
Graduate School
Chulalongkorn University
Academic Year 2017

Copyright of Chulalongkorn University

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การประเมินความต้องการทางเทคโนโลยีพลังงานในภาคการผลิตไฟฟ้าเพื่อบรรเทาการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ
โดย	นายวิสรรค์ ศรีอนันต์
สาขาวิชา	เทคโนโลยีและการจัดการพลังงาน
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก	ดร.วีรินทร์ หวังจิรนิรันดร์

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

.....คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

(รองศาสตราจารย์ ดร.ธรรมนูญ หนูจักร)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....ประธานกรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ดร.สุทัศน์ รัตนเกื้อกังวาน)

.....อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

(ดร.วีรินทร์ หวังจิรนิรันดร์)

.....กรรมการ

(รองศาสตราจารย์ธนิต จินดาวณิค)

.....กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย

(ดร.ชัยวัฒน์ มั่นเจริญ)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

วิสรรค์ ศรีอนันต์ : การประเมินความต้องการทางเทคโนโลยีพลังงานในภาคการผลิตไฟฟ้าเพื่อบรรเทาการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (ENERGY TECHNOLOGY NEEDS ASSESSMENTS IN ELECTRICITY PRODUCTION SECTOR FOR CLIMATE CHANGE MITIGATION) อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: ดร.วีรินทร์ หวังจิรนิรันดร์, 110 หน้า.

งานวิจัยนี้ทำการศึกษาความต้องการเทคโนโลยีพลังงานในภาคการผลิตไฟฟ้า เพื่อบรรเทาการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ มีจุดประสงค์เพื่อจัดลำดับความสำคัญของเทคโนโลยี/ทางเลือก เพื่อนำไปจัดทำข้อเสนอแนะเชิงนโยบายเกี่ยวกับแนวทางการส่งเสริมสนับสนุนเทคโนโลยีพลังงานของภาคการผลิตไฟฟ้า ที่ช่วยลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก การศึกษานี้ใช้วิธีการวิเคราะห์ Multi-criteria Analysis (MCA) โดยให้ผู้เชี่ยวชาญในภาคการผลิตไฟฟ้า ทำการประเมินเพื่อให้คะแนนกับเทคโนโลยี/ทางเลือกพลังงาน ที่สามารถทำการประเมินได้ ซึ่งรายการเทคโนโลยี/ทางเลือก ถูกอ้างอิงจากเอกสารของ United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC) และสำหรับเกณฑ์ที่ใช้ในการประเมินประกอบด้วย 2 เกณฑ์หลัก คือ เกณฑ์ด้านความพร้อม และเกณฑ์ด้านผลกระทบ ผลการประเมินจากผู้เชี่ยวชาญ พบว่า เกณฑ์ด้านความพร้อมที่ทางผู้เชี่ยวชาญเล็งเห็นถึงความสำคัญมากสุด คือ ด้านการยอมรับจากสังคม ในด้านผลกระทบที่ทางผู้เชี่ยวชาญให้ความสำคัญ คือ ผลกระทบทางด้านสิ่งแวดล้อม: มลพิษทางอากาศ, มลพิษทางน้ำ, การปนเปื้อน ฯลฯ เป็นอันดับแรก และ ผลจัดอันดับเทคโนโลยีจากผู้เชี่ยวชาญพบว่า เทคโนโลยีพลังงานแสงอาทิตย์ เป็นอันดับแรก และลำดับที่ 2 คือ พลังงานไฟฟ้าร่วมโดยใช้แก๊สธรรมชาติแบบทั่วไป ที่ส่งผลกระทบสูงและมีความพร้อมสูง อีกทั้งเมื่อนำกลุ่มเทคโนโลยีที่ส่งผลกระทบสูงมาวิเคราะห์ช่องว่าง ประเด็นหลักที่สำคัญคือ ต้นทุนและผลประโยชน์ และ การสนับสนุนด้านการเงิน ที่ยังต้องได้รับการสนับสนุนเพิ่มเติมที่มากขึ้น ทั้งนี้จึงนำไปสู่ข้อเสนอแนะนโยบายควรให้มีองค์กรหรือสถาบันวิจัยอย่างเป็นรูปธรรม ทำการวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีให้กับประเทศไทยโดนเฉพาะ อีกทั้งตั้งกองทุนการสนับสนุนเทคโนโลยี รวมไปถึงกฎหมายควบคุมต่างๆ เพื่อให้บรรลุเป้าหมายในการใช้เทคโนโลยีเพื่อลดการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สาขาวิชา เทคโนโลยีและการจัดการพลังงาน ลายมือชื่อนิสิต .....

ปีการศึกษา 2560 ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาหลัก .....

5987203720 : MAJOR ENERGY TECHNOLOGY AND MANAGEMENT
KEYWORDS: TECHNOLOGY NEEDS ASSESSMENT (TNA) / ELECTRICITY PRODUCTION / CLIMATE CHANGE MITIGATION

WISAN SRIANAN: ENERGY TECHNOLOGY NEEDS ASSESSMENTS IN ELECTRICITY PRODUCTION SECTOR FOR CLIMATE CHANGE MITIGATION. ADVISOR: WEERIN WANGJIRANIRAN, Ph.D., 110 pp.

Energy technology needs assessments in electricity production sector for climate change mitigation in Thailand are studied in this paper. By the objective about prioritizing technologies / alternatives in order to lead policy recommendation for the technology support in electricity sector which reduce greenhouse gas emissions. This study uses Multi-criteria Analysis (MCA) method by experts in the electricity sector evaluate for rating against the technology / alternative that can be assessed. The list technology are referred from United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC) document. The criteria consist of 2 topics are Readiness and Impact criteria. According to evaluation results from the experts have the most important topic in Readiness criteria is social and stakeholder acceptance and the most impact criteria is environment criteria. The results prioritizing technologies of electricity production in the first technology is Solar PV and Conventional natural gas combined cycle is second technology as high impact and high readiness also. And take high impect group technology to gap analysis found Cost and benefit and financial support issues are should be more support so leads to a policy recommendation should be have an organization or research institute for research and development technology for Thailand also set up a technology support fund and including the control laws for achieve the goal of using technology to reduce greenhouse gas emissions.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

Field of Study:	Energy Technology and Management	Student's Signature	.....
		Advisor's Signature	.....
Academic Year:	2017		

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ได้สำเร็จไปได้ด้วยดี ด้วยความกรุณาจาก ดร.วีรินทร์ หวังจิรนิรันดร์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ซึ่งท่านได้ถ่ายทอดความรู้ ให้คำปรึกษา รวมถึงการสละเวลาและดูแลเอาใจใส่เป็นอย่างดีมาโดยตลอด ตั้งแต่เริ่มงานวิจัยจนกระทั่งงานวิจัยสำเร็จลุล่วงตามวัตถุประสงค์ที่ได้ตั้งไว้ ผู้วิจัยขอขอบพระคุณอาจารย์ไว้ ณ โอกาสนี้ และ ขอขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ดร.สุทัศน์ รัตนเกื้อกังวาล ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ รองศาสตราจารย์ธนิต จินดาวณิค และ ดร.ชัยวัฒน์ มั่นเจริญ กรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ที่ให้ความเมตตาและข้อเสนอแนะต่างๆ อันเป็นประโยชน์อย่างยิ่งกับงานวิจัยในครั้งนี้

ขอขอบพระคุณผู้เชี่ยวชาญทั้ง 31 คน ที่เสียสละเวลาอันมีค่าทำการประเมินในงานวิจัยฉบับนี้ ให้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

ขอขอบพระคุณบิดา มารดา ญาติพี่น้อง และเพื่อนๆ ที่คอยให้กำลังใจและความช่วยเหลือในการดำเนินงานวิทยานิพนธ์

ท้ายที่สุด ขอขอบคุณ สถาบันวิจัยพลังงาน จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย และบุคคลากรทุกท่าน ที่มอบความรู้และประสบการณ์อันล้ำค่าแก่ผู้วิจัย

ขอขอบพระคุณอย่างสูง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... จ
กิตติกรรมประกาศ ..... ฉ
สารบัญ ..... ช
สารบัญตาราง ..... ซ
สารบัญรูป ..... ญ
สารบัญคำย่อ ..... ฏ
บทที่ 1 1
บทนำ 1
1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา 1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย 5
1.3 ขอบเขตการศึกษา 5
1.4 ขั้นตอนการดำเนินการศึกษา 6
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 6
บทที่ 2 7
ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 7
2.1 Cost/Benefit Analysis (CBA) 7
2.2 Analytic Hierarchy Process: AHP 8
2.3 Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution (TOPSIS) 9
2.4 Multi-criteria Analysis (MCA) 9
2.4.1 ระบุเกณฑ์ในการประเมิน 9
2.4.2 การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ที่สำคัญของเกณฑ์ (ให้ค่าน้ำหนัก) 9

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

หน้า

2.4.3 ดำเนินการให้ค่าคะแนน....10
2.4.3.1 การประเมินโดยตรง....10
2.4.3.2 ทำการเปรียบเทียบเกณฑ์เพื่อทำการตัดสินใจ....10
2.4.3.3 ตัดสินใจดำเนินการในทางเลือกที่เปรียบเทียบกับทางเลือกอื่นๆ....10
2.4.4 ให้ค่าน้ำหนักหลายครั้ง....10
2.4.5 วิเคราะห์ความอ่อนไหวของการเปลี่ยนแปลงในการให้ค่าคะแนน....10
บทที่ 3....23
วิธีการดำเนินงานวิจัย....23
3.1 ศึกษา รวบรวม วิเคราะห์ สังเคราะห์ข้อมูลและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง....23
3.2 เก็บข้อมูลและรวบรวมผลจากกลุ่มเป้าหมาย....34
3.3 การให้คะแนนและค่าน้ำหนักต่อเกณฑ์....35
3.4 หลักการคำนวนการประเมินค่าน้ำหนักความสำคัญของแต่ละเกณฑ์ (ให้ค่าน้ำหนัก)....35
3.5 ประเมินผลวิเคราะห์จากแบบสอบถาม....38
3.6 กรอบแนวคิดและสรุปวิธีการดำเนินการวิจัย....39
บทที่ 4 ผลการดำเนินวิจัย....40
4.1 จำนวนผู้เชี่ยวชาญที่ทำการประเมินในแต่ละเทคโนโลยี....40
4.2 การวิเคราะห์ผลการประเมินค่าน้ำหนักของประเด็นด้านความพร้อมเทคโนโลยีและผลกระทบ....40
4.3 ผลการประเมินเทคโนโลยี/ทางเลือกจากผู้เชี่ยวชาญ....45
4.4 การวิเคราะห์ช่องว่าง หรือ Gap analysis....51
4.4.1 เทคโนโลยีถ่านหิน....51
4.4.2 กลุ่มพลังงานชีวมวลและก๊าซชีวภาพ....52
4.4.4 กลุ่มเทคโนโลยีพลังงานน้ำ....54

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

หน้า

4.4.5 เทคโนโลยีพลังงานแสงอาทิตย์.....55
4.4.6 เทคโนโลยีเทคโนโลยีก๊าซธรรมชาติ.....56
4.5 การจัดลำดับเทคโนโลยีโดยการสนับสนุนนโยบายในแต่ละประเด็น.....58
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัย.....66
5.1 สรุปผลการจัดลำดับความสำคัญของเทคโนโลยีโดยเปรียบเทียบจากการประเมินด้านผลกระทบกับด้านความพร้อมของเทคโนโลยี.....66
5.2 สรุปการวิเคราะห์ช่องว่าง หรือ Gap analysis.....67
5.3 สรุปผลการจัดลำดับความสำคัญของเทคโนโลยีโดยสนับสนุนประเด็นนโนบายด้านต่างๆ.....68
5.4 เปรียบเทียบการจัดลำดับความสำคัญของเทคโนโลยีของประเทศไทยกับประเทศต่างๆ..70
บทที่ 6.....72
ข้อเสนอแนะเชิงนโยบาย.....72
รายการอ้างอิง.....74
ภาคผนวก.....78
แบบสอบถาม.....79
ข้อมูลเทคโนโลยี.....88
ชีวมวล 88
เชื้อเพลิงชีวภาพ.....90
พลังงานแสงอาทิตย์.....92
โรงไฟฟ้าพลังงานความร้อน ระบบบ่อรับแสง (SOLAR POND SYSTEM).....93
Energy towers.....94
พลังงานน้ำ.....95
กังหันลม.....97
เซลล์เชื้อเพลิง.....98

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

หน้า

เซลล์เชื้อเพลิงแบบแอลคาไลน์ 99
เซลล์เชื้อเพลิงแบบกรดฟอสฟอริก.....99
เซลล์เชื้อเพลิงแบบเกลือคาร์บอเนตหลอม..... 100
เซลล์เชื้อเพลิงแบบออกไซด์แข็ง 101
เซลล์เชื้อเพลิงแบบเมมเบรนแลกเปลี่ยนโปรตอน 101
เซลล์เชื้อเพลิงแบบป้อนสารเมทานอลโดยตรง..... 102
พลังงานร่วม Co-generation 103
ระบบผลิตพลังงานร่วมชนิดกังหันก๊าซ..... 104
ระบบผลิตพลังงานร่วมชนิดเครื่องยนต์สันดาป 105
เทคโนโลยีเตาเผาความร้อนร่วมกับระบบแก๊สซิฟิเคชั่น (IGCC)..... 106
เทคโนโลยี Supercritical Pulverized Coal Combustion..... 107
เทคโนโลยี Ultra Supercritical Pulverized Coal Combustion 107
ก๊าซมีเทนในชั้นถ่านหิน..... 107
รายการอ้างอิง 108
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์ 110

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 1 ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของประเทศไทย ปี พ.ศ. 2543.....2

ตารางที่ 2 ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ปล่อยตามสาขาต่างๆ ปี พ.ศ.2543 เทียบเท่าคาร์บอนไดออกไซด์.....3

ตารางที่ 3 เกณฑ์และแสดงการให้น้ำหนักด้านความพร้อมของเทคโนโลยีและด้านผลกระทบ ...12

ตารางที่ 4 แสดงการเปรียบเทียบงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการประเมินความต้องการจำเป็นทางเทคโนโลยี (Technology Needs Assessment: TNA).....18

ตารางที่ 5 แสดงอันดับเทคโนโลยีภาคการผลิตไฟฟ้าในแต่ละประเทศ.....22

ตารางที่ 6 แสดงรายการเทคโนโลยีของภาคการผลิตไฟฟ้า อ้างอิงจาก Handbook for conducting Technology Needs Assessment for Climate Change (UNDP) 23

ตารางที่ 7 แสดงเกณฑ์การประเมิน 2 เกณฑ์คือด้านความพร้อมเทคโนโลยีและด้านผลกระทบพร้อมความหมายของระดับคะแนน [6].....28

ตารางที่ 8 แสดงกรอบแนวคิดและสรุปวิธีการดำเนินการวิจัย 39

ตารางที่ 9 แสดงผลการให้ลำดับความสำคัญในประเด็นด้านความพร้อมแต่ละภาคส่วน 42

ตารางที่ 10 แสดงผลการให้ลำดับความสำคัญในประเด็นด้านผลกระทบแต่ละภาคส่วน.....44

ตารางที่ 11 แสดงจำนวนผู้ประเมินที่สามารถทำการประเมินได้แต่ละเทคโนโลยี.....45

ตารางที่ 12 แสดงการแบ่งกลุ่มเทคโนโลยีที่ส่งผลกระทบสูงจากกรณีที่ 1 จากการให้ค่าน้ำหนักเท่ากันในทุกประเด็น 50

ตารางที่ 13 แสดงผลการจัดลำดับความสำคัญของกลุ่มเทคโนโลยีที่ส่งผลกระทบสูงและความพร้อมสูง 66

ตารางที่ 14 แสดงผลการจัดลำดับความสำคัญของกลุ่มเทคโนโลยีที่ส่งผลกระทบสูงแต่ความพร้อมอยู่ระดับต่ำ 67

ตารางที่ 15 แสดงผลการวิเคราะห์ช่องว่างของกลุ่มเทคโนโลยีที่ส่งผลกระทบสูง 67

ตารางที่ 16 แสดงผลการจัดลำดับเทคโนโลยีโดยสนับสนุนประเด็นนโนบายด้านความพร้อม 69

ตารางที่ 17 แสดงผลการจัดลำดับเทคโนโลยีโดยสนับสนุนประเด็นนโนบายด้านผลกระทบ 70

ตารางที่ 18 เปรียบเทียบการจัดลำดับความสำคัญของเทคโนโลยีของประเทศไทยกับประเทศต่างๆ 71

ตารางที่ 19 แสดงข้อเสนอแนะเชิงนโยบายแต่ละกลุ่มเทคโนโลยี.....72

ตารางที่ 20 แสดงค่าความร้อนของเชื้อเพลิงชีวมวลแต่ละชนิด.....88

ตารางที่ 21 แสดงการเปรียบเทียบข้อแตกต่างเชื้อเพลิงชีวภาพและเชื้อเพลิงฟอสซิล 91

ตารางที่ 22 แสดงเปรียบเทียบรายะเอียดระหว่างกังหันก๊าซและเครื่องยนต์เผาไหม้ภายใน 105

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

สารบัญรูป

หน้า

รูปที่ 1 แสดงผลการประเมินค่าน้ำหนักของประเด็นด้านความพร้อมเทคโนโลยีจากผู้เชี่ยวชาญ 41

รูปที่ 2 แสดงผลการประเมินค่าน้ำหนักของประเด็นด้านความพร้อมเทคโนโลยีแบ่งแต่ละภาคส่วน.....42

รูปที่ 3 แสดงผลการประเมินจากการให้ค่าน้ำหนักของประเด็นด้านผลกระทบจากผู้เชี่ยวชาญกลุ่มภาคการผลิตไฟฟ้า.....43

รูปที่ 4 แสดงผลการประเมินค่าน้ำหนักของประเด็นด้านผลกระทบแบ่งแต่ละภาคส่วน 44

รูปที่ 5 แสดงแผนภาพกรณีที่ 1 ผลการให้ค่าน้ำหนักเท่ากันในทุกประเด็นโดยพลอตค่าระหว่างคะแนนด้านความพร้อมและผลกระทบ.....47

รูปที่ 6 แสดงแผนภาพกรณีที่ 2 ผลการให้ค่าน้ำหนักตามผู้เชี่ยวชาญที่ทำการประเมินโดยพลอตค่าระหว่างด้านความพร้อมและผลกระทบ.....48

รูปที่ 7 แสดงผลการวิเคราะห์ช่องว่างของเทคโนโลยีถ่านหิน 51

รูปที่ 8 แสดงผลการวิเคราะห์ช่องว่างของกลุ่มเทคโนโลยีพลังงานชีวมวลและก๊าซชีวภาพ.....52

รูปที่ 9 แสดงผลการวิเคราะห์ช่องว่างของเทคโนโลยีแบตเตอรี่.....53

รูปที่ 10 แสดงผลการวิเคราะห์ช่องว่างของกลุ่มเทคโนโลยีพลังงานน้ำ 55

รูปที่ 11 แสดงผลการวิเคราะห์ช่องว่างของเทคโนโลยีพลังงานแสงอาทิตย์.....56

รูปที่ 12 แสดงผลการวิเคราะห์ช่องว่างของเทคโนโลยีก๊าซธรรมชาติ 57

รูปที่ 13 แสดงจำนวนครั้งที่เทคโนโลยีถูกการประเมินจากทุกประเทศที่เข้าโครงการ TNA ของ UNFCCC [21].....58

รูปที่ 14 แสดงการจัดลำดับเทคโนโลยีด้านความพร้อมจากผลการประเมินตามผู้เชี่ยวชาญ 59

รูปที่ 15 แสดงการจัดลำดับเทคโนโลยีด้านความพร้อมจากการสนับสนุนอย่างเต็มที่ในด้านต้นทุนและผลประโยชน์.....59

รูปที่ 16 แสดงการจัดลำดับเทคโนโลยีด้านความพร้อมจากการสนับสนุนอย่างเต็มที่ในด้านการยอมรับจากสังคมและผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย.....60

Chulalongkorn University

รูปที่ 17 แสดงการจัดลำดับเทคโนโลยีด้านความพร้อมจากการสนับสนุนอย่างเต็มที่ในด้านความเป็นไปได้ในการผลิตในประเทศ 60

รูปที่ 18 แสดงการจัดลำดับเทคโนโลยีด้านผลกระทบจากผลการประเมินตามผู้เชี่ยวชาญ 64

รูปที่ 19 แสดงการจัดลำดับเทคโนโลยีด้านผลกระทบจากการสนับสนุนอย่างเต็มที่ในด้านผลกระทบทางด้านเศรษฐกิจ 64

รูปที่ 20 แสดงการจัดลำดับเทคโนโลยีด้านผลกระทบจากการสนับสนุนอย่างเต็มที่ในด้านผลกระทบทางด้านสิ่งแวดล้อม 65

รูปที่ 21 แสดงการทำงานของโรงไฟฟ้าชีวมวลโดยรวม.....89

รูปที่ 22 แสดงรายละเอียดของแผงโซล่าเซลล์.....92

รูปที่ 23 แสดงรายละเอียดระบบบ่อรับแสง 93

รูปที่ 24 แสดงรายละเอียดเทคโนโลยี Energy tower.....94

รูปที่ 25 แสดงรายละเอียดโรงไฟฟ้าพลังงานน้ำแบบสูบน้ำกลับ 95

รูปที่ 26 แสดงรายละเอียดโรงไฟฟ้าแบบมีน้ำไหลตลอดปี 96

รูปที่ 27 แสดงรายละเอียดภายในห้องเครื่องกังหันลม.....97

รูปที่ 28 แสดงรายละเอียดเครื่องกำเนิดไฟฟ้าของกังหันลม.....98

รูปที่ 29 แสดงรายละเอียดเซลล์เชื้อเพลิงแบบแอลคาไลน์.....98

รูปที่ 30 แสดงรายละเอียดเซลล์เชื้อเพลิงแบบกรดฟอสฟอริก.....99

รูปที่ 31 แสดงรายละเอียดของเซลล์เชื้อเพลิงแบบเกลือคาร์บอเนตหลอม..... 100

รูปที่ 32 แสดงรายละเอียดของเซลล์เชื้อเพลิงแบบออกไซด์แข็ง 100

รูปที่ 33 แสดงรายละเอียดเซลล์เชื้อเพลิงแบบเมมเบรนแลกเปลี่ยนโปรตอน..... 101

รูปที่ 34 แสดงรายละเอียดเซลล์เชื้อเพลิงแบบป้อนสารเมทานอลโดยตรง 102

รูปที่ 35 แสดงเทคโนโลยีกังหันก๊าซ..... 104

รูปที่ 36 แสดงเครื่องยนต์สันดาป 105

รูปที่ 37 แสดงระบบการทำงานของ IGCC 106

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

สารบัญคำย่อ

AHP	Analytic Hierarchy
CBA	Cost/Benefit Analysis
CHP	Combined heat and power
GEF	Global Environment Facility
I	Impact
IGCC	Integrated coal Gasification Combined Cycle
IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change
MCA	Mulit-Criteria Analysis
MCDA	Multi-Criteria Decision Analysis
NAMAs	Nationally Appropriate Mitigation Actions
R	Readiness
Solar PV	Solar Photovoltaic
TAP	Technology Action Plan
TNA	Technology Needs Assessments
TOPSIS	Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution
UNCED	United Nations Conference on Environment and Development
UNEP	United Nations Environment Programmed
UNFCCC	United Nations framework Convention on Climate Change
WMO	World Meteorological Organization

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

กฟผ.	การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย
สผ.	สำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม
สวทน.	สำนักงานคณะกรรมการนโยบายวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและนวัตกรรมแห่งชาติ
สวทช.	สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ
สสนก.	สถาบันสารสนเทศทรัพยากรน้ำและการเกษตร
ศภ.	ศูนย์จัดการความรู้ด้านการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา

จากสถานการณ์การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศของโลกมีความรุนแรงมากขึ้นต่อเนื่องเรื่อยมา ซึ่งสาเหตุมาจากการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เพิ่มขึ้น จากกิจกรรมของมนุษย์ จึงเป็นสาเหตุให้นานาชาติมีแรงผลักดันตระหนักถึงผลกระทบและความเสียหายในด้านต่างๆที่จะตามมา โดยโครงการสิ่งแวดล้อมแห่งสหประชาชาติ (United Nations Environment Programmed: UNEP) ร่วมกับองค์การอุตุนิยมวิทยาโลก (World Meteorological Organization: WMO) ได้จัดตั้งคณะกรรมการระหว่างรัฐบาลด้านการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (Intergovernmental Panel on Climate Change: IPCC) โดยมีวัตุประสงค์เพื่อศึกษาวิเคราะห์ข้อมูลทางวิทยาศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับประเด็นการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ แลเพื่อเตรียมมาตรการและกลุทธ์ที่เป็นไปได้ในการบริหารจัดการที่เกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ

ด้วยเหตุนี้จึงเกิดการประชุมระดับนานาชาติเพื่อหาแนวทางการยับยั้งการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศและป้องกันผลกระทบที่จะเกิดขึ้นกับมนุษย์ โดยมีการลงนามรับรอง อนุสัญญาสหประชาชาติว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (United Nations Framework Convention on Climate Change: UNFCCC) หรืออนุสัญญาฯ ซึ่งต่อมาประเทศต่างๆทั่วโลกมากกว่า 150 ประเทศได้ลงนามให้สัตยาบันในระหว่างการประชุมสหประชาชาติว่าด้วยสิ่งแวดล้อมและการพัฒนา (United Nations Conference on Environment and Development: UNCED) หรือการประชุมสุดยอดโลก (Earth Summit) โดยวัตถุประสงค์หลักของอนุสัญญาฯ เพื่อรักษาระดับความเข้มข้นของก๊าซเรือนกระจกในบรรยากาศให้คงที่ในระดับที่ไม่เป็นอันตรายต่อระบบสภาวะอากาศ ซึ่งวัตถุประสงค์นี้ควรที่จะบรรลุภายในระยะเวลาอันพอเหมาะกับการให้ระบบนิเวศปรับตัวให้เข้ากับการเปลี่ยนแปลงสภาพอากาศอย่างเป็นธรรมชาติ และเพื่อป้องกันผลกระทบที่รุนแรงต่อการผลิตอาหาร ตลอดจนเป็นการส่งเสริมการพัฒนาเศรษฐกิจที่ยั่งยืน

ทั้งนี้ประเทศไทยก็เป็นประเทศที่ได้ให้สัตยาบันเข้าร่วมเป็นภาคีกรอบอนุสัญญาฯ เหตุเนื่องจาก เป็นปัญหาระหว่างประเทศที่สำคัญและส่งผลกระทบต่อทุกประเทศ, ประเทศไทยFเป็นส่วนหนึ่งของปัญหาในการปล่อยก๊าซเรือนกระจก และเป็นผู้ที่ได้รับผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ โดยประเทศไทยมีการจัดทำรายงานแห่งชาติฉบับที่ 2 เพื่อเสนอต่อ UNFCCC[1] เพื่อรายงานสถานการณ์การดำเนินการด้านการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศของประเทศไทย ซึ่งได้

กล่าวถึงภาคพลังงานกับการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ซึ่งเป็นสาขาที่ปล่อยเยอะที่สุด 150 ล้านตันหรือประมาณร้อยละ 71 ของการปล่อยก๊าซ CO_2 ทั้งหมด ดังแสดงตารางที่ 1 และเมื่อประเทศไทยปล่อยก๊าซเรือนกระจกคิดเป็นค่าศักยภาพการทำให้โลกร้อน (GWP) เทียบเท่ากับ CO_2 ประมาณ 281 ล้านตัน และมีปริมาณการดูดซับก๊าซเรือนกระจกเท่ากับ 52 ล้านตัน จึงมีปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสุทธิเทียบเท่าคาร์บอนไดออกไซด์เท่ากับ 229 ล้านตัน เมื่อแยกตามแหล่งปล่อยแล้ว ประเทศไทยปล่อยก๊าซเรือนกระจกเทียบเท่า CO_2 จากสาขาพลังงานมากที่สุดถึงร้อยละ 70 แสดงตารางที่ 2

ตารางที่ 1 ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของประเทศไทย ปี พ.ศ. 2543

National greenhouse gas inventory of anthropogenic emissions by sources and removals by sinks of all greenhouse gases not controlled by the Montreal Protocol and greenhouse gas precursors								
Greenhouse gas source and sink categories	CO_2 emissions (Gg)	CO_2 removals (Gg)	CH_4 (Gg)	N_2O (Gg)	NO_x (Gg)	CO (Gg)	NMVOCs (Gg)	SO_x (Gg)
Total national emissions and removals	210,231.2	-52,374.0	2,801.5	40.0	907.0	5,624.4	759.5	618.8
1. Energy	149,914.6	0.0	413.9	2.5	873.3	4,773.0	668.1	605.7
A. Fuel combustion (sectoral approach)	149,914.6		164.8	2.5	873.3	4,773.0	668.1	605.7
1. Energy industries	64,241.0		97.4	0.5	181.3	700.7	168.1	52.2
2. Manufacturing industries and construction	30,305.8		7.5	1.0	105.6	664.7	13.0	514.4
3. Transport	44,436.7		5.5	0.4	450.4	2,071.1	380.0	6.2
4. Other sectors	10,829.0	0.0	53.3	0.5	136.0	1,313.5	93.9	32.8
B. Fugitive emissions from fuels	0.0		249.1		0.0	0.0	0.0	0.0
1. Solid fuels			32.0		0.0	0.0	0.0	0.0
2. Oil and natural gas			217.1		0.0	0.0	0.0	0.0
2. Industrial processes	16,059.3	0.0	6.4	0.6	1.2	6.3	91.4	13.1
A. Mineral products	16,052.6				0.0	0.0	5.5	7.7
B. Chemical industry	0.0		6.4	0.6	0.2	2.6	51.2	0.8
C. Metal production	6.6		0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.1
D. Other production	0.0		0.0	0.0	1.0	3.7	34.7	4.6
E. Production of halocarbons and sulphur hexafluoride								
F. Consumption of halocarbons and sulphur hexafluoride								
G. Other (please specify)	0.0		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
3. Solvent and other product use	0.0			0.0			0.0	

ตารางที่ 2 ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ปล่อยตามสาขาต่างๆ ปี พ.ศ.2543 เทียบเท่าคาร์บอนไดออกไซด์

	CO_2 Emission	CO_2 Removal	CH_4	N_2O	Total	Percent of total
Total	210,231.2	-52,374.0	58,831.5	12400	229,088.7	100.00
Energy	149,914.6	0.0	8,691.9	775	159,381.5	69.57
Industrial Process	16,059.3	0.0	134.4	186	16,379.7	7.15
Agriculture and livestock	0.0	0.0	41,517.0	10354	51,871.0	22.64
Forestry	44,234.10	-52,374.00	218.40	31	-7,890.50	-3.44
Waste management	23.30	0.00	8,269.80	1023	9,316.10	4.07
Percent of Total	68.91 (net)		25.68	5.41	100	

จากเหตุข้างต้นนั้นเองส่งผลให้ผู้นำกลุ่มความร่วมมือทางเศรษฐกิจเอเชีย-แปซิฟิก (APEC) ปฏิญาณในเรื่องการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ความมั่นคงทางพลังงานและการพัฒนาพลังงานสะอาด (APEC Leaders' Declaration on Climate Change, Energy Security and Clean Development) โดยประกาศเจตจำนงของ APEC ในการใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น มีเป้าหมาย ร่วมที่จะลดอัตราส่วนของปริมาณพลังงานที่ใช้ต่อผลของกิจกรรมหรือลดความเข้มการใช้พลังงาน (Energy Intensity, EI) ลงอย่างน้อยร้อยละ 45 ภายในปี พ.ศ. 2578 (ค.ศ. 2035) นอกจากนั้น ประเทศภาคีสมาชิกอนุสัญญาฯ ได้มีข้อตกลงว่าด้วยการให้ทุกประเทศแสดงเจตจำนงในการลดก๊าซเรือนกระจกที่เหมาะสมของประเทศ (Nationally Appropriate Mitigation Actions: NAMAs) และประเทศไทยในการประชุม UNFCCC ได้เสนอเป้าหมายในปี พ.ศ. 2563 ที่จะลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในภาคขนส่งและภาคพลังงานให้ได้ร้อยละ 7-20 จากปริมาณที่ ปล่อยในปี พ.ศ. 2548 (ค.ศ. 2005) ซึ่งเป็นไปตามกรอบแผนแม่บทรองรับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ พ.ศ. 2557-2593 จัดทำโดยสำนักงานนโยบายและแผนสิ่งแวดล้อม (สผ.) และได้รับความเห็นชอบจากคณะกรรมการนโยบายการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศแห่งชาติ

เพื่อให้เกิดผลที่คาดหวังได้สำเร็จลุล่วงนั้น องค์กร Global Environment Facility (GEF) และ United Nations Environment Programme (UNEP) ให้ประเทศที่ถูกคัดเลือกเข้าร่วมโครงการได้พิจารณาจัดลำดับความสำคัญของเทคโนโลยี เพื่อลดผลกระทบจากการปล่อยก๊าซเรือนกระจกและการปรับตัวเพื่อรองรับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ โดยมีสำนักงาน นโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม (สผ.) กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมในฐานะหน่วยงาน ประสานกลางของ UNFCCC ได้สนับสนุนให้สำนักงานคณะกรรมการนโยบายวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและนวัตกรรมแห่งชาติ (สวทน.) เป็นหน่วยงานที่ทำหน้าที่เป็นผู้ประสานงานหลักของ

ประเทศไทยในการดำเนินโครงการประเมินความต้องการเทคโนโลยี [2] (Technology Needs Assessments) หรือ TNA ซึ่งเป็น 1 ในองค์ประกอบของ Framework for meaningful and effective actions to enhance the implementation of article 4.5 of the Convention จากข้อกำหนดแนวทางการเร่งรัดการดำเนินการ มาตรา 4 วรรค 5 ของกรอบอนุสัญญาฯ ที่ได้กำหนดให้ประเทศภาคีที่พัฒนาแล้ว “ดำเนินการที่เป็นไปได้ในทางปฏิบัติทั้งปวงเพื่อส่งเสริมเอื้ออำนวยความสะดวก และสนับสนุนทางการเงินตามความเหมาะสมในการถ่ายทอดหรือการเข้าถึงวิทยาการและเทคโนโลยีที่เหมาะสมด้านสิ่งแวดล้อมแก่ประเทศภาคีอื่นโดยเฉพาะอย่างยิ่งประเทศภาคีที่กำลังพัฒนาเพื่อให้ประเทศภาคีที่กำลังพัฒนาเหล่านั้นสามารถดำเนินการตามที่กำหนดในอนุสัญญาฯ ในกระบวนการนี้ ให้ประเทศภาคีที่พัฒนาแล้วสนับสนุนการพัฒนาและการขยายขีดความสามารถภายใน (endogenous capacities)และเทคโนโลยีของประเทศภาคีที่กำลังพัฒนา ภาคีและองค์การอื่นๆ ที่อยู่ในฐานะที่จะกระทำเช่นนั้นอาจช่วยเหลือเอื้ออำนวยความสะดวกในการถ่ายทอดเทคโนโลยีเช่นว่านั้นได้เช่นกัน”[1]

สวทน.ได้ร่วมมือกับหน่วยงานที่มีความเชี่ยวชาญด้านเทคโนโลยี 4 หน่วยงาน ได้แก่ สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี แห่งชาติ (สวทช.), สถาบันสารสนเทศทรัพยากรน้ำและการเกษตร (สสนก.), ศูนย์จัดการความรู้ด้านการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ (ศภ.),จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย และ สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ โดยประเมินความต้องการด้านเทคโนโลยี และจัดลำดับความสำคัญของเทคโนโลยีและการจัดทำแผนปฏิบัติการเทคโนโลยี (Technology Action Plan: TAP) ใน 4 รายสาขา ได้แก่ (1) การเกษตร (2) การบริหารจัดการทรัพยากรน้ำ (3) แบบจำลอง และ (4) พลังงาน ซึ่งโครงงานดังกล่าวได้เสร็จสิ้นแล้ว เป็นรายงาน Technology Needs assessments Report for Climate Change Mitigation (July 2012) [2]

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาต่อจากรายงานดังกล่าว งานวิจัยนี้ได้ศึกษาการจัดลำดับความสำคัญของโทคโนโลยีพลังงานที่ช่วยการปล่อยก๊าซเรือนกระจก โดยมุ่งเน้นภาคการผลิตไฟฟ้าเท่านั้น โดยพิจารณาจากการประเมินของผู้เชี่ยวชาญในด้านประเด็นความพร้อม (Readiness) 11 เกณฑ์ และด้านผลกระทบ (Impact) 4 เกณฑ์ ผลจากการวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้มานั้น จะนำไปสู่การจัดทำข้อเสนอแนะเชิงนโยบายทางด้านการสนับสนุนเทคโนโลยีทางด้านการผลิตไฟฟ้าเพื่อลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อจัดลำดับความสำคัญของเทคโนโลยีพลังงานในภาคการผลิตไฟฟ้าเพื่อการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกโดยพิจารณาจากความพร้อมและผลกระทบในด้านต่างๆ

1.3 ขอบเขตการศึกษา

1. รายการเทคโนโลยีในภาคการผลิตไฟฟ้า อ้างอิงจาก Handbook for conducting Technology Needs Assessment for Climate Change (UNDP) ซึ่งเป็นเทคโนโลยีที่ได้รับการยอมรับแล้วว่าช่วยลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก และคัดเฉพาะเทคโนโลยีที่เป็นที่รู้จักในประเทศไทย หรือมีความเป็นไปได้ในเชิงพาณิชย์ หรือมีโครงการสาธิต หรือบทความสนับสนุนการนำเทคโนโลยี/ทางเลือก นั้นๆ มาใช้ในประเทศไทย และผู้เชี่ยวชาญที่ประเมินได้มากกว่า 1 คนขึ้นไป

2. ใช้ด้านความพร้อม (readiness) 11 เกณฑ์ และผลกระทบในมิติต่างๆ (impact) 4 เกณฑ์ โดยใช้วิธี Multi-criteria Analysis (MCA) โดยเกณฑ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์อ้างอิงจากเอกสาร TECHNOLOGY NEEDS ASSESSMENTS REPORT FOR CLIMATE CHANGE MITIGATION ของสำนักงานคณะกรรมการนโยบายวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและนวัตกรรมแห่งชาติ (สวทน.)

3. กลุ่มเป้าหมายจำนวนผู้เชี่ยวชาญที่ทำการประเมินอย่างน้อย 30 คน

4. วิเคราะห์ผลจากการประเมินของผู้เชี่ยวชาญในรายการเทคโนโลยีที่มีผลกระทบสูงเท่านั้น

5. วิเคราะห์ช่องว่างหรือ gap analysis ของเกณฑ์ด้านความพร้อม (Readiness) ของรายการเทคโนโลยีที่มีผลกระทบสูง

6. จัดลำดับเทคโนโลยีจากการสนับสนุนนโยบายทั้ง 5 ด้าน ประกอบไปด้วย ด้านต้นทุนและผลประโยชน์ ด้านการยอมรับจากสังคมและผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย ด้านความสามารถการผลิตภายในประเทศ ผลกระทบด้านเศรษฐกิจ และ ผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อม

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

1.4 ขั้นตอนการดำเนินการศึกษา

1. รวบรวมเทคโนโลยีในภาคการผลิตไฟฟ้า จาก Handbook for conducting Technology Needs Assessment for Climate Change (UNDP)

2. ทำแบบฟอร์มการประเมินเกณฑ์ด้านความพร้อม (readiness) และเกณฑ์ด้านผลกระทบ (Impact) ให้ผู้เชี่ยวชาญทำการประเมิน อย่างน้อย 30 คน

3.นำผลการประเมินสร้างแผนภาพโดยพลอตระหว่างค่าคะแนนด้านความพร้อม (readiness) และ ค่าคะแนนด้านผลกระทบ (Impact) แบ่งเป็น 2 กรณีคือ 1. ค่าน้ำหนักเท่ากันทุกประเด็น 2.ค่าน้ำหนักตามผู้เชี่ยวชาญทำการประเมิน

4. วิเคราะห์ผลจากการประเมินของผู้เชี่ยวชาญในรายเทคโนโลยีที่มีผลกระทบสูงเท่านั้น

5. วิเคราะห์ Gap analysis ของกลุ่มเทคโนโลยีที่มีด้านผลกระทบสูง

6. จัดลำดับเทคโนโลยีจากการสนับสนุนนโยบายทั้ง 5 ด้าน ประกอบไปด้วย ด้านต้นทุนและผลประโยชน์ ด้านการยอมรับจากสังคมและผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย ด้านความสามารถการผลิตภายในประเทศ ผลกระทบด้านเศรษฐกิจ และ ผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อม

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ทราบลำดับความสำคัญของเทคโนโลยีพลังงานในภาคการผลิตไฟฟ้าที่ควรส่งเสริมและสนับสนุน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทที่ 2

ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

เนื้อหาของบทนี้จะกล่าวถึงงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการประเมินความต้องการทางเทคโนโลยีด้านพลังงานของภาคการผลิตไฟฟ้า โดยผู้วิจัยจะทำการรวบรวมข้อมูลของวิธีการวิเคราะห์ในรูปแบบต่างๆ นิยามและความหมายของการประเมินความต้องการทางเทคโนโลยี ตลอดจนรวบรวมงานวิจัยที่เกี่ยวข้องทั้งหมด เพื่อสรุปขอบเขตของงานวิจัยนี้และเหตุผลความจำเป็นในการเลือกวิธีการที่เหมาะสมกับงานวิจัย

แนวคิดทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 Cost/Benefit Analysis (CBA): เป็นการใช้เครื่องมือทางด้านเศรษฐศาสตร์มาวิเคราะห์เปรียบเทียบทางด้านต้นทุนและกำไร รวมไปถึงผลลัพธ์ของกิจกรรมนั้นๆ โดยการเปรียบเทียบจะอยู่ในรูปของตัวเงิน ซึ่งการศึกษาวิธีการนี้สามารถนำไปพัฒนาและวิเคราะห์ทางเลือกเพียงทางเดียวหรือเปรียบเทียบทางเลือก เพื่อพิจารณาประสิทธิภาพของต้นทุนจากผลกระทบที่เกิดขึ้น[3]

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ข้อดี ของ CBA

- ทำให้เข้าใจได้ง่ายกับข้อมูล (ทางการเงิน) ง่ายต่อการเข้าใจเพราะเห็นถึงต้นทุนและกำไรในแต่ละกิจกรรมเพื่อประกอบการตัดสินใจ อีกทั้งยังสามารถคาดการณ์ถึงประสิทธิภาพทางต้นทุนของการพัฒนาในแต่ละทางเลือกอีกด้วย

ข้อเสีย ของ CBA

- ผู้มีส่วนได้ส่วนเสียคือ ผู้ที่ให้ข้อมูลซึ่งเป็นผู้เชี่ยวชาญด้านเศรษฐศาสตร์เป็นหลัก ทำให้มีความเชี่ยวชาญเพียงด้านเดียวเท่านั้น
- การวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ไม่สามารถตอบคำถามได้ทั้งหมด
- ผลของ CBA เป็นเพียงเครื่องมือหนึ่งในการตัดสินใจเชิงนโยบาย

2.2 Analytic Hierarchy Process: AHP: เป็นเทคนิคหนึ่งที่ถูกนำมาใช้ในการกระบวนการตัดสินใจโดยเป็นเทคนิคที่ใช้การแบ่งองค์ประกอบของปัญหาออกเป็นส่วน ๆ ในรูปของแผนภูมิตามลำดับชั้นแล้วมีการให้ ค่าน้ำหนักของแต่ละองค์ประกอบแล้วนำมาคำนวณค่าน้ำหนัก เพื่อนำไปสู่ค่าลำดับความสำคัญของแต่ละทางเลือกว่าทางเลือกใดมีค่าสูงสุดแล้วนำมาประกอบการตัดสินใจ ซึ่งมีโครงสร้างเลียนแบบกระบวนการคิดของ มนุษย์ ดังนั้นเทคนิคนี้จึงเหมาะสำหรับทั้งการตัดสินใจเป็นรายบุคคลและรายกลุ่ม [4]

ข้อดีของ AHP

- ให้ผลสำรวจที่น่าเชื่อถือ
- มีโครงสร้างที่เป็นแผนภูมิ ลำดับขั้น
- ผลลัพธ์ที่ได้เป็นปริมาณ ตัวเลข ทำให้ง่ายต่อการเปรียบเทียบและจัดลำดับความสำคัญ
- สามารถขจัดการตัดสินใจ แบบมีอคติหรือลำเอียง ออกไปได้
- ใช้ได้ทั้งการตัดสินใจแบบคนเดียวและแบบที่เป็นกลุ่ม หรือหมู่
- ก่อให้เกิดการประนีประนอมและการสร้างประชามติ
- ไม่จำเป็นต้องใช้ ผู้เชี่ยวชาญพิเศษคอยควบคุม

ข้อเสียของ AHP

- การเก็บข้อมูลซับซ้อน
- ใช้เวลาค่อนข้างมากในการเก็บข้อมูล เนื่องจากต้อง อธิบายระดับความสำคัญ อย่างละเอียดและชัดเจนให้ เข้าใจตรงกันสำหรับกลุ่มผู้ให้ข้อมูล
- ใช้เวลาในการวิเคราะห์มาก หากมีปจัจยัหลายปัจจัยจะเกิดความยุ่งยากและซับซ้อน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

2.3 Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution (TOPSIS): เป็นหนึ่งในวิธีการวิเคราะห์การตัดสินใจแบบหลายเกณฑ์เพื่อหาวิธีหรือทางเลือกที่ดีที่สุด หลักการของวิธี TOPSIS คือการพยายามหาทางเลือกที่มีสมรรถนะโดยรวมใกล้เคียงกับค่าที่ดีที่สุดในแต่ละเกณฑ์รวมทั้งห่างไกลจากค่าที่แย่ที่สุดในแต่ละเกณฑ์เช่นกัน โดยในการประยุกต์ ใช้ TOPSIS นั้น ผู้วิเคราะห์ต้องทำการให้น้ำหนักความสำคัญกับเกณฑ์ในการตัดสินใจแต่ละเกณฑ์ TOPSIS เป็นเครื่องมือที่ช่วยในการจัดลำดับของทางเลือกโดยอาศัยข้อมูลจากการประเมินผลของแต่ละทางเลือกบนเกณฑ์ที่ใช้ประกอบในการตัดสินใจแต่ละเกณฑ์ดังนั้น TOPSIS จึงเหมาะสำหรับการตัดสินใจโดยใช้เกณฑ์เชิงปริมาณซึ่งสามารถประเมินผลทางเลือกออกมาเป็นตัวเลขได้ [5]

ข้อดีของ TOPSIS

- เหมาะสำหรับการตัดสินใจบนเกณฑ์เชิงปริมาณ
- เหมาะสำหรับการตัดสินใจที่อยู่บนทั้งเกณฑ์เชิงบวกและเชิงลบ

ข้อเสียของ TOPSIS

- หากมีทางเลือกจำนวนมากอาจเกิดความผิดพลาดในการพิจารณาทางเลือกที่มีค่าดีที่สุดหรือแย่ที่สุด

2.4 Multi-criteria Analysis (MCA): เป็นวิธีการในการประเมินทางเลือกจากหลายเกณฑ์และเป็นการรวมเอาการประเมินที่แยกส่วนกันมาอยู่ในการวัดประเมินทั้งหมด ซึ่งสามารถทำให้ระบุทางเลือกเดียวที่น่าจะเป็นไปได้มากที่สุด จัดอันดับทางเลือก จำกัดจำนวนทางเลือก เพื่อลงในรายละเอียดในการให้คุณค่า MCA ช่วยในการจัดการความซับซ้อนโดยการแปลงไปเป็นการประเมินในลักษณะของค่าคะแนน วิธีการ MCA ทั้งหมดนั้นจะต้องเกิดจากการร่วมกันตัดสินใจในการให้ค่าน้ำหนักของเกณฑ์ในการดำเนินการประเมิน ซึ่งขั้นตอนในการทำ MCA มีดังนี้ [3]

2.4.1 ระบุเกณฑ์ในการประเมินที่สามารถวัดผลลัพธ์สำคัญของทางเลือก ที่ถูกนำเสนอได้ โดยอยู่บนพื้นฐานของวัตถุประสงค์ที่เกี่ยวข้องกันหรือความเป็นไปได้ของผลกระทบที่จะเกิดขึ้น ข้อควรระวังในการกำหนดเกณฑ์ ได้แก่ การตั้งเกณฑ์นั้นควรจะมีความสมบูรณ์ ไม่ควรใช้คำซ้ำกันในเกณฑ์ เกณฑ์ต้องสามารถทำการวัดได้เกณฑ์แต่ละเกณฑ์จะต้องเป็นอิสระต่อกัน

2.4.2 การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ที่สำคัญของเกณฑ์ (ให้ค่าน้ำหนัก) เทคนิคการวิเคราะห์หลายแบบหลักเกณฑ์นั้น สามารถอธิบายการให้ค่าน้ำหนักความสัมพันธ์ของแต่ละเกณฑ์ในการตัดสินใจได้ โดยวิธีการในการให้ค่าน้ำหนักนั้นจะเริ่มจากวิธีการที่ง่ายไปสู่วิธีการที่ซับซ้อน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

2.4.3 ดำเนินการให้ค่าคะแนน ก่อนการให้คะแนน ควรอธิบายความหมายของระดับคะแนน ซึงการให้คะแนนมีวิธีด้วยกัน 3 วิธี คือ

2.4.3.1 การประเมินโดยตรง โดยให้ผู้เชี่ยวชาญทำการประเมิน และให้ค่าคะแนนแต่ละความคิดเห็น เช่น 1-5 คะแนน หรือ 0-100 คะแนน

2.4.3.2 ทำการเปรียบเทียบเกณฑ์เพื่อทำการตัดสินใจ โดยกำหนดเกณฑ์ในการพัฒนาเฉพาะด้าน จากต่ำที่สุดจนถึงดีที่สุด

2.4.3.3 ตัดสินใจดำเนินการในทางเลือกที่เปรียบเทียบกับทางเลือกอื่นๆ โดยวิธีการก็จะเปลี่ยนจากการจัดลำดับโดยการอธิบายอย่างง่าย สู่การคำนวณที่ซับซ้อน

2.4.4 ให้ค่าน้ำหนักหลายครั้ง และให้คะแนนในแต่ละทางเลือก และหารด้วยคะแนนทั้งหมด แต่ละทางเลือกในการดำเนินการในแต่ละเกณฑ์ ทุกเกณฑ์ ผลรวมทั้งหมดมาสัมพันธ์กับคะแนนในแต่ละทางเลือก นำผลทั้งหมดของแต่ละทางเลือกมาทำการวิเคราะห์ เปรียบเทียบและอภิปราย

2.4.5 วิเคราะห์ความอ่อนไหวของการเปลี่ยนแปลงในการให้ค่าคะแนน หรือการให้ค่าน้ำหนัก โดยความอ่อนไหวนั้นแสดงให้เห็นถึงการเปลี่ยนแปลงที่มีกระทบต่อผลของ MCA ซึ่งการวิเคราะห์นั้นอาจจำเป็นจะต้องมีตัวแปรที่ไม่ทราบ หรือทราบไม่แน่ชัดอย่างมาก และมีความสำคัญต่อการดำเนินการของบางทางเลือกที่เปรียบเทียบกับเกณฑ์ที่ถูกเลือก หรือถ้าผู้ตัดสินใจหรือผู้มีส่วนได้ส่วนเสียโต้แย้งเกี่ยวกับการให้ค่าน้ำหนักของเกณฑ์ที่ใช้ในการประเมิน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ข้อดีของ MCA

- สามารถใช้เกณฑ์ที่แตกต่างกันในเวลาเดียวกันได้ ซึ่งเป็นไปไม่ได้ในกระบวนการตัดสินใจปกติที่จะอยู่บนพื้นฐานของเกณฑ์เดียว
- MCA สามารถรวบรวมมุมมองของผู้มีส่วนได้ส่วนเสียที่แตกต่างกัน มาทำการประเมินโดยวิธีการที่โปร่งใส ชัดเจน (มีการให้ค่าคะแนนและให้น้ำหนัก) และง่ายต่อการตรวจสอบ ดังนั้นทำให้การทำ MCA สามารถที่จะสื่อสารระหว่างผู้ตัดสิน และสังคมโดยรวมได้ง่ายมากขึ้น

ข้อเสียของ MCA

- ทางเลือกที่ถูกนำเสนอในลักษณะของตัวเลข (คือ การให้ค่าคะแนนและให้น้ำหนัก) ซึ่งอาจจะลดการอภิปรายเชิงเหตุผลของทางเลือกดังกล่าวในแง่บวกและแง่ลบ และอาจทำให้ลักษณะของความเที่ยงตรงที่เป็นเท็จเนื่องจาก MCA ขึ้นอยู่กับค่าของการตัดสินใจเป็นหลัก ผลลัพธ์อาจจะถูกปรับเปลี่ยนแนวโน้มหรือควบคุมโดยผู้เชี่ยวชาญทางด้าน MCA ได้ง่าย (เช่น การวิเคราะห์ความอ่อนไหว ซึ่งโดยทั่วไปจะทำภายในเกณฑ์ของ MCA มีผลต่อผลลัพธ์มากที่สุดและ ความรู้นี้สามารถสร้างความแตกต่างให้กับการให้ค่าคะแนนได้อย่างมีนัยสำคัญ

จากข้อมูลวิธีการวิเคราะห์และแนวคิดทฤษฎีต่างๆจากงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง พบว่าการประเมินทางเลือกจากหลายเกณฑ์ (Multi-criteria Analysis: MCA) มีความเหมาะสมกับงานวิจัยนี้มากที่สุด เพราะว่างานวิจัยทำการเปรียบเทียบข้อมูลหลายด้าน เช่น ความพร้อม (readiness) ไม่ว่าจะเป็นด้านนโยบาย โครงสร้างพื้นฐาน กฎระเบียบข้อบังคับ รวมไปถึงงบประมาณ และผลกระทบต่อด้านเศรษฐกิจสังคมและสิ่งแวดล้อม และอีกทั้งการลดการเกิดก๊าซเรือนกระจกอีกด้วย สำหรับขั้นตอนการวิเคราะห์ MCA มีดังนี้

1. ระบุเกณฑ์การประเมิน

งานวิจัยนี้จะอ้างอิงตาม Thailand Technology Needs Assessments Report for Climate Change Mitigation ของสำนักงานคณะกรรมการนโยบายวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและนวัตกรรมแห่งชาติ (สวทน.) ซึ่งวิจัยครั้งนี้จะระบุเจาะจงเฉพาะภาคการผลิตไฟฟ้ามากขึ้น ซึ่งในการประเมินจะประเมินหลักๆอยู่ 2 เกณฑ์คือ ด้านความพร้อมของเทคโนโลยีและด้านผลกระทบ ดังแสดงในตารางที่ 3 [6]

ตารางที่ 3 เกณฑ์และแสดงการให้น้ำหนักด้านความพร้อมของเทคโนโลยีและด้านผลกระทบ

เกณฑ์	(ก) คะแนนเต็มในการประเมิน	(ข) ค่าน้ำหนัก	(ก) x (ข)
1. ด้านความพร้อมของเทคโนโลยี			
1.1 นโยบาย โครงสร้างพื้นฐาน รวมทั้งกฎระเบียบที่เกี่ยวข้อง	5	0.1	0.5
1.2 ต้นทุนและผลประโยชน์	5	0.1	0.5
1.3 แนวโน้มระยะสั้น	5	0.1	0.5
1.4 การบริหารจัดการโครงสร้างพื้นฐาน	5	0.1	0.5
1.5 ความเป็นไปได้ของการผลิตภายในประเทศ	5	0.2	1
1.6 การยอมรับจากสังคมและผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย	5	0.2	1
1.7 สภานการณ์ปัจจุบันของเทคโนโลยีในประเทศไทย	5	0.1	0.5
1.8 สภานการณ์ปัจจุบันของเทคโนโลยีในประเทศที่พัฒนาแล้ว	5	0.1	0.5
2. ด้านผลกระทบ			
2.1 ผลกระทบอื่นๆ อาทิ สังคม เศรษฐกิจและสิ่งแวดล้อม	5	0.5	2.5
2.2 การประเมินค่าการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกของเทคโนโลยี	5	0.5	2.5

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

2. วิเคราะห์ความสำคัญของความสัมพันธ์ของเกณฑ์การประเมิน (การถ่วงน้ำหนัก) จะใช้วิธีการที่ง่าย คือ นำแต่ละเกณฑ์ทางเลือกมาเปรียบเทียบกัน และ จัดลำดับความสำคัญโดยการถ่วงน้ำหนัก แสดงดังตาราง 1

3. วิเคราะห์ (การให้คะแนน) โดยทำการคัดเลือกผู้เชี่ยวในด้านต่างๆ ที่มีความเกี่ยวข้อง ไม่ว่าจะเป็นด้านการวิจัย ด้านพลังงาน และภาคการผลิตไฟฟ้า เป็นต้น เป็นผู้ทำการประเมินและให้คะแนน

4. น้ำหนักที่ให้แต่ละเกณฑ์ ให้ค่าน้ำหนักและนำผลทั้งหมดทุกทางเลือกทำการวิเคราะห์เปรียบเทียบและอภิปราย

5. วิเคราะห์ความอ่อนไหวต่อการเปลี่ยนแปลงคะแนนหรือน้ำหนัก

Technology Need Assessment (TNA)

Technology Need Assessment หรือ TNA เป็นการประเมินความต้องการจำเป็นทางเทคโนโลยี หรือเป็นเครื่องมือเพื่อกำหนดลำดับความสำคัญของเทคโนโลยีที่จำเป็น จึงมีประโยชน์ช่วยในการวางแผน การตัดสินใจ การพัฒนาต่างๆ นำไปสู่ผลสำเร็จจากการใช้เทคโนโลยีได้อย่างมีประสิทธิภาพสูงสุด การประเมินด้วยเครื่องมือนี้ยังไม่เป็นที่แพร่หลายมากนัก จึงขอยกตัวอย่างงานวิจัยที่ใช้วิธี Need Assessment ซึ่งขั้นตอนการดำเนินการสามารถประยุกต์ใช้กับงานวิจัยนี้ได้ดังนี้

โครงการประเมินเทคโนโลยีเพื่อรองรับการเปลี่ยนแปลงของสภาพภูมิอากาศสำหรับประเทศไทย (Climate Change Technology Needs Assessments for Thailand) [7] ซึ่งโครงการนี้จะทำการประเมินทั้ง 3 สาขา คือ

1.การประเมินเทคโนโลยีเพื่อการปรับตัวของภาคการเกษตร (technology needs assessment for adaptation in agricultural sector) โดยมีสำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ (สวทช.) เป็นที่ปรึกษา

2. การประเมินเทคโนโลยีที่เกี่ยวกับเทคโนโลยีการสร้างแบบจำลอง (technology needs assessment (TNA) on modeling technology) โดยมีศูนย์การจัดการความรู้ด้านการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศเป็นที่ปรึกษา

3. การประเมินเทคโนโลยีเพื่อการจัดการทรัพยากรน้ำ (technology needs for water resource management) โดยมีสถาบันสารสนเทศทรัพยากรน้ำและการเกษตร (องค์การมหาชน) สสนก. เป็นที่ปรึกษา

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

โดยการประเมินทั้ง 3 สาขานี้จะต้องรวบรวมความคิดเห็น คำแนะนำต่างๆจากผู้เชี่ยวชาญและผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย เพื่อทำการประเมิน จัดทำแผน จัดลำดับความสำคัญของเทคโนโลยี และเพื่อให้บรรลุตามแผนที่ร่วมกันกำหนดไว้

โครงการการประเมินศักยภาพและความต้องการจำเป็นในการบริการสุขภาพของชุมชน (Need and Capacity Assessment in community Health Service) เป็นโครงการที่ตอบสนองนโยบายของชาติที่เกี่ยวกับการลงทุนสนับสนุนโครงการพัฒนาสุขภาพของประชาชนด้วยหลักเศรษฐกิจพอเพียง เพื่อช่วยกระตุ้นประชาชนนั้นได้เห็นคุณค่าของการมีสุขภาพที่ดี ซึ่งวิธีการประเมินชนิดนี้จะช่วยให้ดำเนินงานได้อย่างมีระบบ เป็นแบบแผนที่ชัดเจนและทำให้สามารถนำไปใช้งานง่ายอีกด้วย ข้อสรุปที่ประมวลได้จากการประเมินศักยภาพและความต้องการจำเป็นนั้นจะช่วยให้ผู้บริหารสามารถกำหนดลำดับความสำคัญของกิจกรรมต่างๆ ของการดำเนินงาน และยังเข้าใจลักษณะธรรมชาติของสังคมในชุมชนที่ต้องการพัฒนาอีกด้วย [8]

โครงการการประเมินความต้องการจำเป็นในการฝึกอบรมเกี่ยวกับการจัดการศึกษาโดยบูรณาการหลักปรัชญาของเศรษฐกิจพอเพียงของสถานศึกษาในสังกัดสำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมการศึกษาเอกชน โครงการนี้ได้ดำเนินการยึดหลักตามกระทรวงศึกษาธิการที่ได้ออกนโยบายในการขับเคลื่อนปรัชญาของเศรษฐกิจพอเพียงเข้าสู่สถานศึกษา ซึ่งมีขอบข่ายการขับเคลื่อนทั้งหมด 4 ด้าน คือ ด้านการบริหารจัดการ ด้านหลักสูตรและการจัดการเรียนการสอน ด้านการจัดกิจกรรมพัฒนาผู้เรียน และด้านพัฒนาบุคลการของสถานศึกษา เพื่อประเมินความต้องการจำเป็นในการฝึกอบรมเกี่ยวกับการจัดการศึกษาโดยบูรณาการ หลักปรัชญาของเศรษฐกิจพอเพียง ของสถานศึกษาในสังกัดสำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมการศึกษาเอกชน และจัดลำดับความสำคัญของความต้องการจำเป็น ด้วยดัชนีความต้องการจำเป็นฉบับปรับปรุง ผลการจัดลำดับความสำคัญความต้องการจำเป็นในการฝึกอบรมจากครูผู้สอน พบว่าด้านที่มีความต้องการจำเป็นสูงที่สุดคือ ด้าน การบริหารจัดการ รองลงมาได้แก่ ด้านหลักสูตรและการจัดการเรียนการสอนและด้านการจัดกิจกรรมพัฒนาผู้เรียน และด้านความต้องการจำเป็นต่ำที่สุดคือ ด้านการ พัฒนาบุคลากรของสถานศึกษา [9]

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Jonathan & Klaus (2007) ศึกษาการประเมินแบบหลายเกณฑ์สำหรับการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีด้านพลังงานขนาดเล็กในหน่วยงานท้องถิ่น ในงานวิจัยครั้งนี้ได้ศึกษาที่สหราชอาณาจักร ซึ่งทางรัฐบาลได้ตั้งเป้าหมายเกี่ยวกับพลังงานทดแทนไว้ โดยทางรัฐบาลท้องถิ่นและทางครัวเรือนนั้นมีบทบาทเพิ่มมากขึ้นในระบบพลังงานโดยรวมในฐานะผู้บริโภคและผู้ผลิต ซึ่งในงานวิจัย พิจารณาว่าโครงการขนาดเล็กหรือโครงการขนาดใหญ่ในการจัดหาพลังงานทดแทนที่สามารถบรรลุเป้าหมายด้านทางสังคม เศรษฐกิจ และสิ่งแวดล้อม อย่างมีประสิทธิภาพมากที่สุด โดยทำการศึกษาในเขตเมือง Kirklees ใน Yorkshire ประเทศอังกฤษและได้ใช้วิธีการวิเคราะห์ตัดสินใจแบบพิจารณาหลายเกณฑ์ (Multi-Criteria Decision Analysis: MCDA) เพื่อเปรียบเทียบโครงการการขนาดเล็กและโครงการขนาดใหญ่ใน Kirklees โดยข้อมูลที่ได้มาจากการวิเคราห์ทางการเงิน วิเคราะห์วงจรชิวิต และวรรณกรรมทางด้านเทคนิคอื่นๆ รวมไปถึงมุมมองของภาคครัวเรือน ผู้เชี่ยวชาญ และสมาชิกสภาในท้องถิ่น ซึ่งเหตุผลที่ใช้เทคนิค MCDA เนื่องจากเป็นเทคนิคที่นิยมมากในวงการพลังงานที่ใช้ในการวางแผน และในส่วนของการตัดสินใจเป็นกระบวนการที่ซับซ้อนมาก เพราะว่าการตัดสินใจทางด้านพลังงานมีประเด็นจำนวนมาก เช่น โรงงานแห่งใหม่อาจต้องหาคุ้มค่าเงินที่สุด ค่าบำรุงรักษาที่ต่ำ แต่ในขณะเดียวกันต้องมีกำลังการผลิตที่มีขนาดใหญ่และมีเสถียรภาพและมองถึงผลกระทบทางสังคมและสิ่งแวดล้อมอีกด้วย และรวมไปถึงการตัดสินใจของผู้มีส่วนได้ส่วนเสียที่ยากที่จะตัดสินใจ ซึ่งในการหาผู้มีส่วนได้ส่วนเสียนั้นจะสัมภาษณ์ด้วยกันทั้งหมด 10 คน ประกอบด้วยผู้เชี่ยวชาญและมีประสบการณ์ทางด้านพลังงาน 5 คน สมาชิกสภาเมือง Kirklees 3 คน และองค์กรอื่นๆ 2 คน โดยทุกคนจะมีความเชี่ยวชาญหรือมีความสนใจประเด็นทางด้านพลังงาน ผลการศึกษาพบว่า โครงการที่มีขนาดเล็กมีประสิทธิภาพมากที่สุดทั้ง 3 ด้าน แม้ว่าโครงการขนาดใหญ่จะมีประสิทธิภาพทางการเงินมากกว่า ซึ่งในการเลือกเกณฑ์ต่างๆ และการกำหนดน้ำหนักของแต่ละเกณฑ์นั้นมีความสำคัญมาก ดังนั้นในการรวบรวมผู้มีส่วนได้ส่วนเสียหรือผู้ที่เกี่ยวข้องมาให้ข้อมูลนี้เป็นปัจจัยที่สำคัญมาก [10]

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

Naim H. & Maria G. (2002) ศึกษาการประเมินทางเลือกหลายเกณฑ์ของเทคโนโลยีพลังงานใหม่และเทคโนโลยีพลังงานหมุนเวียน ซึ่งงานวิจัยนี้แสดงถึงการเลือกเกณฑ์และทางเลือกสำหรับเทคโนโลยีทั้งสองชนิด จำนวนตัวเลือกที่มีคุณสมัติบางอย่างที่สามารถวัดได้และถูกนำมาพิจารณา นั่นคือ ตัวชี้วัดความยั่งยืน สำหรับแต่ละตัวเลือกในการพิจารณานั้น ตัวชี้วัดความยั่งยืนจะถูกกำหนดเพื่อตรวจสอบในการจัดอันดับภายใต้ข้อจำกัดที่เฉพาะเจาะจง ดังนั้นก็จะได้ค่าดัชนีความยั่งยืนของตัวเลือกทั้งหมด จุดมุ่งหมายของงานวิจัยนี้ คือ กำหนดตัวชี้วัดพลังงานในการประเมินระบบพลังงานที่เป็นตามเกณฑ์ความยั่งยืน ตัวชี้วัดที่ได้รับการพิจารณา ก็จะมี ทางด้านทรัพยากรของพลังงาน ด้านสิ่งแวดล้อม ตัวชี้วัดทางสังคมและตัวชี้วัดทางเศรษฐกิจ ซึ่งสามารถสรุปการใช้วิธีการประเมินนี้ได้ดังนี้ [11]

- วิธีการนำเสนอแบบนี้เป็นประโยชน์สำหรับการประเมินหลายตัวเลือกของโรงไฟฟ้า
- ข้อมูลที่ไม่ได้เป็นตัวเลขนั้นแสดงออกอยู่ในรูปของความสัมพันธ์ร่วมกันระหว่างเกณฑ์ ซึ่งได้พิสูจน์แล้วว่าเป็นเครื่องมือที่มีประโยชน์ในขั้นตอนการประเมินผล
- วิธีการตัดสินใจที่นำเสนอในการวิเคราะห์นี้เป็นเพียงเครื่องมือที่ใช้ในการสร้างลำดับความสำคัญแต่ละรายการ แต่ละกรณีไป
- **ความไวของการรายการที่สำคัญนั้น การให้คะแนนตามเกณฑ์จะแสดงถึงความจำเป็นที่จะต้องศึกษารายละเอียดขั้นตอนการตัดสินใจก่อนตัดสินใจขั้นสุดท้าย**

P.Skobalj และคณะ (2017) งานวิจัยนี้ได้เสนอแนวทางที่มีความเป็นไปได้ในการตัดสินใจทางธุรกิจโดยอาศัยหลักการวิเคราะห์แบบทางเลือกหลายเกณฑ์ 7 ทางเลือกสำหรับการฟื้นฟูที่มีความเป็นไปได้ของโรงไฟฟ้าพลังงานความร้อน Kolubara แห่งที่ 2 กับ ตัวชี้วัดพลังงานของการพัฒนาที่ยั่งยืน หรือ เรียกอีกอย่างว่า EISD (energy indicators of sustainable development) ซึ่งจะถูกนำไปเสนอในงานวิจัยชิ้นนี้ ซึ่งงานวิจัยชิ้นนี้เกณฑ์ในการประเมินตัวเลือกความยั่งยืน จะถูกกำหนดมาหลายมุม ไม่ว่าจะเป็นทางด้านเศรษฐกิจ สังคมและสิ่งแวดล้อมและเทคโนโลยี ในงานวิจัยนี้เอง EISD แสดงให้เห็นถึงการผลิตและการใช้พลังงานมีความเกี่ยวข้องกับเศรษฐกิจ สิ่งแวดล้อมและอื่นๆอีก ซึ่งตัวชี้วัดเช่น การพัฒนาเศรษฐกิจและเทคโนโลยีชุมชนท้องถิ่นที่มีการจ้างงาน เป็นพารามิเตอร์ทางสังคมที่สำคัญที่สุด ดังนั้นการประเมินทางเลือกแบบหลายเกณฑ์ของกรณีศึกษาโรงไฟฟ้าพลังงานความร้อน Kolubara ตัวเลือกจะแนะนำทางเลือกที่ดีที่สุดซึ่งเกี่ยวข้องกับนโยบายพลังงาน[12]

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

Alexandru (2014) ในงานวิจัยนี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อจัดอันดับเทคโนโลยีการผลิตไฟฟ้าโดยอาศัยความเข้ากันได้กับการพัฒนาอย่างยั่งยืนของอุตสาหกรรม ซึ่งจะมีตัวชี้วัดความยั่งยืน 10 ตัวชี้วัด คือ 1.ต้นทุน 2.ความสามารถในการตอบสนองความต้องการ 3.ประสิทธิภาพ 4.กำลังการผลิต 5.การใช้ที่ดิน 6.ค่าใช้จ่ายภายนอก (สิ่งแวดล้อม) 7.ค่าใช้จ่ายภายใน (สุขภาพแรงงาน) 8.การสร้างงาน 9. การยอมรับทางสังคม 10. ความเสี่ยงภายนอกของวัตถุที่นำมาผลิต เทคโนโลยีในการผลิตไฟฟ้าที่งานวิจัยทำการศึกษาคือ ถ่านหิน, ก๊าซธรรมชาติ, ระบบไฟฟ้าพลังงานร่วม, เครื่องยนต์ลูกสูบ, เซลล์เชื้อเพลิง, พลังงานน้ำ(ขนาดใหญ่), พลังงานน้ำ(ขนาดเล็ก), พลังงานลม(นอกฝั่ง), พลังงานลม(ชายฝั่ง), พลังงานความร้อนใต้พิภพ, เซลล์แสงอาทิตย์, พลังงานความร้อนแสงอาทิตย์, ชีวมวล และ นิวเคลียร์ โดยทำการวิเคราะห์โดยค่าถ่วงน้ำหนักและการให้คะแนน ใช้เทคนิค MCDA เป็นการประเมินทางเลือกหลายเกณฑ์แบบถ่วงน้ำหนัก ซึ่งได้ผ่านการสำรวจของนักวิชาการ 62 คน จากผู้เชี่ยวชาญทางด้านสาขาพลังงานและสิ่งแวดล้อม ผลการวิจัยพบว่า พลังงานน้ำ(ขนาดใหญ่) มีความยั่งยืนมากที่สุด และตามมาด้วยเทคโนโลยีพลังงานน้ำ(ขนาดเล็ก) , พลังงานลม(บนฝั่ง), เซลล์แสงอาทิตย์ ตามลำดับ ทางทีมการวิจัยครั้งนี้จึงให้เหตุผลกับผู้นำทางการเมืองควรมีแนวทางโครงสร้างและกลยุทธ์มากขึ้นในการดำเนินการนโยบายทางด้านพลังงานที่ยั่งยืน ซึ่งการวิจัยประเภทนี้จะช่วยในการสนับสนุนในการตัดสินใจดียิ่งขึ้น [13]

Kardono และคณะ (2012) รายงานการประเมินความจำเป็นเทคโนโลยีเพื่อบรรเทาการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ประเทศอินโดเนเซีย เพื่อเสนอต่อ UNFCCC กล่าวไว้ว่าภาคส่วนที่ปล่อยย GHG มากที่สุดมาจากภาคพลังงาน ในประเทศอินโดเนเซีย ซึ่งการวิเคราะห์จะประกอบไปด้วย 2 เกณฑ์ คือด้านต้นทุน ประกอบไปด้วย 2 ประเด็น และด้านผลประโยชน์ ประกอบไปด้วย 16 ประเด็น โดยใช้ผู้เชี่ยวชาญทำการประเมิน โดยใช้เทคนิค MCA ผลการวิจัยพบว่า ลำดับเทคโนโลยีของภาคการผลิตไฟฟ้าของประเทศอินโดเนเซีย คือ PV, wind power, advanced coal power plant, geothermal power plant, biomass power plant, and nuclear power plant [14]

Quach Tat Quang และคณะ (2012) รายงานการประเมินความจำเป็นเทคโนโลยีเพื่อบรรเทาการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ เพื่อเสนอต่อ UNFCCC ประเทศเวียดนาม ผลการจัดลำดับในภาคการผลิตไฟฟ้าพบว่า Wind power technology, Energy-saving compact fluorescent lamps, Large-Scale Heat and Power (Cogeneration) ตามลำดับ [15]

ตารางที่ 4 แสดงการเปรียบเทียบงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการประเมินความต้องการจำเป็นทางเทคโนโลยี (Technology Needs Assessment: TNA)

งานวิจัย	วิธีการประเมิน	เกณฑ์ที่ใช้วิเคราะห์
Jonathan & Klaus (2007)	MCDA	1.ต้นทุนค่าใช้จ่าย 2. ค่าการดำเนินงานและค่าบำรุงรักษา 3.ความสามารถในการผลิต 4.อายุการใช้งาน 5.การปลดปล่อยคาร์บอน 6.มลภาวะทางเสียง 7.ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม 8.ด้านสังคม เทคโนโลยีภาคการผลิตไฟฟ้าที่ทำการประเมิน 1.เซลล์แสงอาทิตย์ 2.พลังงานน้ำ(ขนาดเล็ก) 3.พลังงานลม(ขนาดเล็ก) 4.พลังงานลม(ขนาดใหญ่) 5.พลังงานน้ำ(ขนาดใหญ่) 6.ชีวมวล 7.ก๊าซฝังกลบ 8.พลังงานจากของเสีย
Naim H. & Maria G. (2002)	MCA	1.ประสิทธิภาพ 2.ค่าการติดตั้ง 3.ต้นทุนทางไฟฟ้า 4.ปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ 5. พื้นที่

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

งานวิจัย	วิธีการประเมิน	เกณฑ์ที่ใช้วิเคราะห์
Naim H. & Maria G. (2002) (ต่อ)	MCA	เทคโนโลยีภาคไฟฟ้าที่ทำการประเมิน 1.ถ่านหิน 2.พลังงานความร้อนแสงอาทิตย์ 3.ความร้อนใต้พิภพ 4.ชีวมวล 5.นิวเคลียร์ 6.เซลล์แสงอาทิตย์ 7.ลม 8.พลังงานมหาสมุทร 9.พลังงานน้ำ 10.ก๊าซ
P. Skobalj และคณะ (2017)	MCA	1.ทรัพยากร 2.เศรษฐศาสตร์ 3.สิ่งแวดล้อม 4.สังคม เทคโนโลยีภาคไฟฟ้าที่ทำการประเมิน โรงไฟฟ้าพลังงานความร้อน
Alexandru (2014)	MCDA	1.ต้นทุนการผลิตไฟฟ้า 2.ความสามารถในการตอบสนองความต้องการ 3.ประสิทธิภาพ 4.ปัจจัยด้านกำลังการผลิต 5.พื้นที่ 6.ค่าใช้จ่ายภายนอก (สิ่งแวดล้อม) 7. ค่าใช้จ่ายภายนอก (สุขภาพของคน) 8.การสร้างงาน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

งานวิจัย	วิธีการประเมิน	เกณฑ์ที่ใช้วิเคราะห์
Alexandru (2014) (ต่อ)	MCDA	9.การยอมรับทางสังคม 10.ความเสี่ยงทางด้านการผลิตภายนอก เทคโนโลยีภาคไฟฟ้าที่ทำการประเมิน 1.ถ่านหิน 2.ก๊าซธรรมชาติ 3.ระบบไฟฟ้าพลังงานร่วม 4. เครื่องยนต์ลูกสูบ 5.เซลล์เชื้อเพลิง 6.พลังงานน้ำ(ขนาดใหญ่) 7.พลังงานน้ำ(ขนาดเล็ก) 8.พลังงานลม(นอกฝั่ง) 9.พลังงานลม(ชายฝั่ง) 10.พลังงานความร้อนใต้พิภพ 11.เซลล์แสงอาทิตย์ 12.พลังงานความร้อนแสงอาทิตย์13.ชีวมวล 14.นิวเคลียร์
สำนักงานคณะกรรมการนโยบายวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและนวัตกรรมแห่งชาติ (2555)	MCA	1) เกณฑ์ด้านความพร้อม 1.นโยบาย โครงสร้างพื้นฐานและกฎระเบียบที่เกี่ยวข้อง 2.ต้นทุนและประโยชน์ 3.แนวโน้มระยะสั้น 4.โครงสร้างการบริหารจัดการ 5.ความเป็นไปได้ในการผลิตภายในประเทศ 6.การยอมรับจากสังคมและผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

งานวิจัย	วิธีการประเมิน	เกณฑ์ที่ใช้วิเคราะห์
สำนักงานคณะกรรมการนโยบายวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและนวัตกรรมแห่งชาติ (2555) (ต่อ)	MCA	7.สถานการณ์ปัจจุบันด้านเทคโนโลยีของประเทศไทย 8.สถานการณ์ปัจจุบันด้านเทคโนโลยีของประเทศที่พัฒนาแล้ว 2) เกณฑ์ด้านผลกระทบ 1.ผลกระทบด้านอื่นๆ อาทิ สังคม เศรษฐกิจ และสิ่งแวดล้อม 2. การประมาณค่าการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกของเทคโนโลยี

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 5 แสดงอันดับเทคโนโลยีภาคการผลิตไฟฟ้าในแต่ละประเทศ

อันดับ	ประเทศอินโดเนเซีย [14]	ประเทศคาซัคสถาน[16]	ประเทศมองโกเลีย[17]
1	พลังงานแสงอาทิตย์ (Solar PV)	เทคโนโลยีถ่านหิน (Coal gasification technology)	เขื่อน (Large hydro power plant)
2	พลังงานลม (Wind power)	พลังงานความร้อนจากถ่านหิน (Pulverized coal combustion with higher efficiency)	พลังงานลม (Wind turbines)
3	โรงไฟฟ้าถ่านหินขั้นสูง (Advance coal power plant)	พลังงานน้ำขนาดเล็ก (Small hydro power)	พลังงานความร้อนจากถ่านหิน (Pulverized coal combustion technologies)
4	พลังงานความร้อนใต้ภิภพ (Geothermal power plant)	พลังงานลม (Wind energy)	เทคโนโลยีถ่านหินสะอาด (IGCC)
5	ชีวมวล (Biomass power plant)	พลังงานฟอสซิล (Fuel change from coal to natural gas)	พลังงานน้ำ (Medium size hydro power plant (10-100MW))

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สรุปจากการค้นคว้างานวิจัยที่เกี่ยวข้อง แสดงถึงว่า การประเมินความต้องการจำเป็นทางเทคโนโลยี (TNA) โดยวิธีการประเมินแบบหลายทางเลือก (MCA) มีความเหมาะสมกับงานวิจัยนี้ เนื่องจากวิธีวิจัยในครั้งนี้มีเกณฑ์ทางเลือกมากที่ทำการวิเคราะห์ และวิธีนี้มีความน่าเชื่อถือและครอบคลุมหลายๆมิติและเป็นการศึกษาจัดลำดับเทคโนโลยีภาคการผลิตไฟฟ้าให้กับประเทศไทย

บทที่ 3

วิธีการดำเนินงานวิจัย

ในการศึกษาเรื่อง “การประเมินความต้องการทางเทคโนโลยีพลังงานในภาคการผลิตไฟฟ้าเพื่อบรรเทาการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ” ในครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงสำรวจมุมมองของผู้เชี่ยวชาญทางด้านการผลิตไฟฟ้า โดยมีแบบสอบถาม เป็นเครื่องมือในการเก็บรวมรวบข้อมูล เพื่อจัดลำดับความสำคัญของเทคโนโลยีพลังงานในการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในภาคการผลิตไฟฟ้า โดยพิจารณาจากความพร้อมและผลกระทบในด้านต่างๆ อาศัยแนวคิด ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องมาประกอบการศึกษา มีรายละเอียดวิธีการดำเนินงานวิจัยดังนี้

3.1 ศึกษา รวบรวม วิเคราะห์ สังเคราะห์ข้อมูลและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ดังนี้

1) รวบรวมเทคโนโลยีของภาคการผลิตไฟฟ้า โดยอ้างอิงจาก Handbook for conducting Technology Needs Assessment for Climate Change (UNDP) ดังแสดงตารางที่ 6 ประกอบด้วย 3 กลุ่มเทคโนโลยี 33 รายการ [18] ซึ่งเป็นเทคโนโลยีที่ได้รับการยอมรับแล้วว่าช่วยลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก

ตารางที่ 6 แสดงรายการเทคโนโลยีของภาคการผลิตไฟฟ้า อ้างอิงจาก Handbook for conducting Technology Needs Assessment for Climate Change (UNDP)

ประเภท	เทคโนโลยี/ทางเลือก
พลังงานทดแทน (Renewable energy)	พลังงานมหาสมุทรและคลื่น (Ocean, wave and tidal energy)
	หอคอยพลังงาน (Energy towers)
	พลังงานลม (Wind turbines)

ประเภท	เทคโนโลยี/ทางเลือก
พลังงานทดแทน (Renewable energy)	พลังงานความร้อนใต้ภิภพ (Geothermal electricity)
	ชีวมวล (Biomass)
	กรีนแก๊ส (Green gas (Syn gas from Blomass))
	พลังงานความร้อนแสงอาทิตย์ (Solar thermal)
	พลังงานแสงอาทิตย์ (Solar Photovoltaic)
	เขื่อน (Hydro dams)
	พลังงานน้ำขนาดเล็ก Small scale hydro
	แบตเตอรี่ (Batteries)
	ไฮโดรเจน (Hydrogen)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ประเภท	เทคโนโลยี/ทางเลือก
พลังงานทดแทน (Renewable energy)	ระบบบ่อรับแสง (Solar Ponds)
	ก๊าซชีวภาพ (Biogas)
	พลังงานความร้อนร่วมขนาดเล็ก (Micro generation combined heat and power)
	พลังงานความร้อนร่วม (Combined heat and power (CHP))
เซลล์เชื้อเพลิง (Fuel Cells)	เซลล์เชื้อเพลิงชนิดคาร์บอเนตหลอมเหลว (Molten Carbonate)
	เซลล์เชื้อเพลิงชนิดแลกเปลี่ยนโปรตอน (Polymer Electrolyte Membrane (PEM))
	เซลล์เชื้อเพลิงชนิดใช้เมทานอลโดยตรง (Direct Methanol)
	เซลล์เชื้อเพลิงชนิดแอลคาไลน์ (Alkaline)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ประเภท	เทคโนโลยี/ทางเลือก
เซลล์เชื้อเพลิง (Fuel Cells)	เซลล์เชื้อเพลิงชนิดกรดฟอสฟอริก (Phosphoric Acid)
	เซลล์เชื้อเพลิงชนิดออกไซด์แข็ง (Solid Oxide)
	เซลล์เชื้อเพลิงรีเจนเนอเรทีฟ (Regenerative fuel cells)
พลังงานผลิตจากฟอสซิล (FOSSIL FUEL BASED ENERGY SUPPLY)	พลังงานไฟฟ้าร่วมโดยใช้แก๊สธรรมชาติแบบทั่วไป (Conventional natural gas combined cycle)
	พลังงานไฟฟ้าร่วมโดยใช้แก๊สธรรมชาติแบบขั้นสูง (Advanced natural gas combined cycle)
	กังหันเผาไหม้โดยใช้แก๊สธรรมชาติแบบทั่วไป (Conventional natural gas combustion turbine)
	พลังงานไฟฟ้าร่วมโดยใช้น้ำมันแบบทั่วไป (Conventional oil combined cycle)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ประเภท	เทคโนโลยี/ทางเลือก
พลังงานผลิตจากฟอสซิล (FOSSIL FUEL BASED ENERGY SUPPLY)	พลังงานไฟฟ้าร่วมโดยใช้น้ำมันแบบขั้นสูง (Advanced oil combined cycle)
	กังหันเผาไหม้โดยใช้น้ำมันแบบขั้นสูง (Advanced oil combustion turbine)
	เทคโนโลยีถ่านหินสะอาด (Integrated coal gasification combined cycle (IGCC))
	เทคโนโลยีถ่านหินสะอาด (Supercritical pulverized coal steam cycle)
	เทคโนโลยีถ่านหินสะอาด (Ultra-supercritical pulverized coal steam cycle)
	ก๊าซมีเทนในชั้นถ่านหิน (Coal-mine/ coal-bed methane recovery)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

2) เกณฑ์และวิธีการเพื่อใช้ในการประเมินความต้องการเทคโนโลยีด้านพลังงานของภาคการผลิตไฟฟ้า

- ศึกษาขั้นตอนวิธีการประเมินทางเลือกโดยใช้ตัวแปรหลายตัว (Multi-criteria Analysis, MCA) ของทั้งในและต่างประเทศ

- ศึกษาขั้นตอนวิธีการประเมินความต้องการเทคโนโลยี (Technology Needs Assessment, TNA) ของทั้งในและต่างประเทศและเลือกใช้เกณฑ์ที่เหมาะสม

- อ้างอิงเกณฑ์การประเมินจากรายงาน การประเมินเทคโนโลยีเพื่อรองรับการเปลี่ยนแปลงของสภาพภูมิอากาศสำหรับประเทศไทย (Climate Change Technology Needs Assessments for Thailand) ของ สำนักงานคณะกรรมการนโยบายวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและนวัตกรรมแห่งชาติ (สวทน.) โดยจากรายงานเดิมประกอบด้วย เกณฑ์ด้านความพร้อมเทคโนโลยี 8 เกณฑ์และด้านผลกระทบ 2 เกณฑ์ ทางผู้วิจัยได้เพิ่มประเด็นให้มีความเฉพาะเจาะจงมากขึ้น เพราะฉะนั้น เกณฑ์ที่ทำการประเมินจะประกอบด้วย เกณฑ์ด้านความพร้อมเทคโนโลยี 11 เกณฑ์ และด้านผลกระทบ 4 เกณฑ์ ดังแสดงตารางที่ 7

ตารางที่ 7 แสดงเกณฑ์การประเมิน 2 เกณฑ์คือด้านความพร้อมเทคโนโลยีและด้านผลกระทบ พร้อมความหมายของระดับคะแนน [6]

เกณฑ์	ความหมายของคะแนน
R : ด้านความพร้อมของเทคโนโลยี	
R1 นโยบาย โครงสร้างพื้นฐานรวมทั้งกฎระเบียบที่เกี่ยวข้อง	5: มีนโยบายและกฎระเบียบสนับสนุนเทคโนโลยีนี้ อย่างแข็งขัน และประกาศเป็นวาระแห่งชาติ
	4: มีนโยบายและกฎระเบียบสนับสนุนเทคโนโลยีนี้ และมีแผนที่ชัดเจน
	3: มีนโยบายสนับสนุนเทคโนโลยีนี้ที่สอดคล้องโดยตรง และกำลังพิจารณาเพื่อจัดทำกฎระเบียบรองรับ
	2: มีนโยบายสนับสนุนเทคโนโลยีนี้ที่สอดคล้องโดยตรง แต่ไม่มีกฎระเบียบรองรับ
	1: ไม่มีนโยบายสนับสนุนเทคโนโลยีนี้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

เกณฑ์	ความหมายของคะแนน
R2 การสนับสนุนด้านการเงิน	5: มีการสนับสนุนด้านการเงินทางตรงอย่างแข็งขัน จากทุกแหล่งทุน
	4: มีการสนับสนุนด้านการเงินทางตรง จากทุกแหล่งทุน
	3: มีการสนับสนุนด้านการเงินทางอ้อมจากทุกแหล่งทุน
	2: มีการสนับสนุนด้านการเงินอย่างไม่ต่อเนื่อง
	1: ไม่มีการสนับสนุนด้านการเงินจากแหล่งทุนใดเลย
R3 ต้นทุนและผลประโยชน์	5: เทคโนโลยีนี้มีผลตอบแทนจากการลงทุนสูงมาก โดยปราศจากกลไกใดๆ
	4: เทคโนโลยีนี้มีผลตอบแทนจากการลงทุนสูงมาก โดยมีกลไกบางอย่าง เช่น adder FIT เป็นต้น
	3: เทคโนโลยีนี้มีผลตอบแทนจากการลงทุนปานกลาง โดยมีกลไกบางอย่าง
	2: เทคโนโลยีนี้ไม่คุ้มค่าต่อการลงทุน ในบางสถานการณ์
	1: เทคโนโลยีนี้ไม่คุ้มค่าต่อการลงทุน ในทุกสถานการณ์
R4 การยอมรับจากสังคมและผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย	5: เทคโนโลยีนี้ได้รับการยอมรับจากผู้มีส่วนได้ส่วนเสียทุกภาคส่วน ทั้งภาครัฐบาล ท้องถิ่น และประชาชน
	4 : เทคโนโลยีนี้ได้รับการยอมรับจากผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย ทั้งภาครัฐบาล และท้องถิ่น
	3: เทคโนโลยีนี้ได้รับการยอมรับจากผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย ทั้งภาครัฐบาล และประชาชน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

เกณฑ์	ความหมายของคะแนน
R4 การยอมรับจากสังคมและผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย (ต่อ)	2: เทคโนโลยีนี้ได้รับการยอมรับจากภาครัฐบาลเพียงภาคเดียว
	1: เทคโนโลยีนี้ไม่ได้รับการยอมรับจากผู้มีส่วนได้ส่วนเสียทุกภาคส่วน
R5 ทรัพยากรบุคคล ผู้เชี่ยวชาญหรือสถาบันเฉพาะทาง	5: มีเครือข่ายผู้เชี่ยวชาญที่มีความรู้ความชำนาญที่เกี่ยวข้องกับเทคโนโลยีนี้ เพื่อแลกเปลี่ยนประสบการณ์ (มีหลายกลุ่มที่เชื่อมต่อกัน)
	4: มีกลุ่มผู้เชี่ยวชาญที่มีความรู้ความชำนาญที่เกี่ยวข้องกับเทคโนโลยีนี้ (≥ 10 คน ที่มีปฏิสัมพันธ์กัน)
	3: มีผู้เชี่ยวชาญที่มีความรู้ความชำนาญที่เกี่ยวข้องกับเทคโนโลยีนี้น้อย (≥ 10 คน)
	2: มีผู้เชี่ยวชาญที่มีความรู้ความชำนาญที่เกี่ยวข้องกับเทคโนโลยีนี้น้อยมาก (< 10 คน)
	1: ไม่มีผู้เชี่ยวชาญที่มีความรู้ความชำนาญที่เกี่ยวข้องกับเทคโนโลยีนี้เลย
R6 ฐานข้อมูลเทคโนโลยี	5: มีฐานข้อมูลเทคโนโลยีนี้ที่สมบูรณ์ และเปิดให้ผู้ใช้งานทุกคนสามารถเข้าถึงฐานข้อมูลได้
	4: มีฐานข้อมูลเทคโนโลยีนี้ที่สมบูรณ์ และมีผู้ใช้งานแค่บางส่วนสามารถเข้าถึงฐานข้อมูลได้
	3: มีฐานข้อมูลเทคโนโลยีนี้บางส่วน (ไม่สมบูรณ์)
	2: มีข้อมูลเทคโนโลยีนี้บางส่วน
	1: ไม่มีข้อมูลเทคโนโลยีนี้เลย
R7 แนวโน้มระยะสั้น (ภายใน 5 ปี)	5: ประเทศไทยมีแนวโน้มที่จะนำเทคโนโลยีนี้ไปใช้ในอัตราเติบโตสูงมาก
	4: ประเทศไทยมีแนวโน้มที่จะนำเทคโนโลยีนี้ไปใช้ในอัตราเติบโต

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

เกณฑ์	ความหมายของคะแนน
R7 แนวโน้มระยะสั้น (ภายใน 5 ปี) (ต่อ)	3: ประเทศไทยมีแนวโน้มที่นำเทคโนโลยีนี้ไปใช้
	2: ประเทศไทยมีความเป็นไปได้ที่จะนำเทคโนโลยีนี้ไปใช้น้อย
	1: ประเทศไทยไม่มีความเป็นไปได้ที่จะนำเทคโนโลยีนี้ไปใช้
R8 การบริหารจัดการโครงสร้างพื้นฐาน	5: มีระบบการบริหารจัดการโครงสร้างพื้นฐานในการสนับสนุนเทคโนโลยีนี้ที่ดีมาก อย่างครบถ้วน
	4: มีการบริหารจัดการโครงสร้างพื้นฐานในการสนับสนุนเทคโนโลยีนี้ที่ดี
	3: มีการบริหารจัดการโครงสร้างพื้นฐานในการสนับสนุนเทคโนโลยีนี้ปานกลาง
	2: มีการบริหารจัดการโครงสร้างพื้นฐานบางส่วนที่สามารถสนับสนุนเทคโนโลยีนี้
	1: ไม่มีการบริหารจัดการโครงสร้างพื้นฐานในการสนับสนุนเทคโนโลยีนี้
R9 ความเป็นไปได้ของการผลิตภายในประเทศ	5: มีความเป็นไปได้ในการผลิตเทคโนโลยีนี้ในประเทศสูงมาก (100%)
	4: มีความเป็นไปได้ในการผลิตเทคโนโลยีนี้ในประเทศสูง (>90%)
	3: มีความเป็นไปได้ในการผลิตเทคโนโลยีนี้ในประเทศปานกลาง (10-90%)
	2: มีความเป็นไปได้ในการผลิตเทคโนโลยีนี้ในประเทศต่ำ (<10%)
	1: ไม่มีความเป็นไปได้ในการผลิตเทคโนโลยีนี้ในประเทศ (0%)
R10 สถานการณ์ปัจจุบันของเทคโนโลยีในประเทศไทย	5: สถานการณ์ปัจจุบันของเทคโนโลยีนี้มีการกระจายอย่างเต็มที่ไปทุกภาคส่วนที่เกี่ยวข้อง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

เกณฑ์	ความหมายของคะแนน
R10 สถานการณ์ปัจจุบันของเทคโนโลยีในประเทศไทย (ต่อ)	4: สถานการณ์ปัจจุบันของเทคโนโลยีนี้มีการกระจายไปทุกภาคส่วนที่เกี่ยวข้อง
	3: สถานการณ์ปัจจุบันของเทคโนโลยีนี้มีการกระจายไปบางพื้นที่
	2: สถานการณ์ปัจจุบันของเทคโนโลยีนี้มีการกระจายในบางพื้นที่ ที่มีปัญหา
	1: สถานการณ์ปัจจุบันของเทคโนโลยีนี้มีการกระจายในระยะเริ่มต้น
R11 สถานการณ์ปัจจุบันของเทคโนโลยีในประเทศที่พัฒนาแล้ว	5: สถานการณ์ปัจจุบันของเทคโนโลยีนี้มีการกระจายอย่างเต็มที่ไปทุกภาคส่วนที่เกี่ยวข้องของทุกประเทศ ที่พัฒนาแล้ว
	4: สถานการณ์ปัจจุบันของเทคโนโลยีนี้มีการกระจายไปทุกภาคส่วนที่เกี่ยวข้องในบางประเทศที่พัฒนาแล้ว
	3: สถานการณ์ปัจจุบันของเทคโนโลยีนี้มีการกระจายไป
	2: สถานการณ์ปัจจุบันของเทคโนโลยีนี้มีการกระจายในบางพื้นที่ ที่มีปัญหาในบางประเทศที่พัฒนาแล้ว
	1: สถานการณ์ปัจจุบันของเทคโนโลยีนี้เพิ่งเริ่มมีการกระจายในประเทศที่พัฒนาแล้ว
I : ด้านผลกระทบ	
I1 ความสามารถในการแข่งขันและการสร้างมูลค่า	5: เทคโนโลยีนี้เพิ่มศักยภาพในการแข่งขันทางการเงินของประเทศ โดยมีความเป็นไปได้ในการสร้างมูลค่าทางการตลาดสูงมาก
	4: เทคโนโลยีนี้สามารถเพิ่มศักยภาพในการแข่งขันของประเทศ โดยมีความเป็นไปได้ในการสร้างมูลค่าทางการตลาดสูง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

เกณฑ์	ความหมายของคะแนน
I1 ความสามารถในการแข่งขันและการสร้างมูลค่า (ต่อ)	3: เทคโนโลยีนี้ไม่มีผลต่อการแข่งขันของประเทศอย่างมีนัยสำคัญ โดยมีการสร้างมูลค่าทางการตลาดน้อย
	2: เทคโนโลยีนี้ส่งผลให้เกิดผลเสียบางประการในด้านเศรษฐกิจของประเทศบางส่วน
	1: เทคโนโลยีนี้ส่งผลให้เกิดผลเสียต่อเศรษฐกิจของประเทศ
I2 ด้านสังคม: การจ้างงาน /กระจายรายได้/ เที่ยงธรรม	5: เทคโนโลยีนี้ส่งผลให้เกิดการจ้างงานเพิ่มขึ้นมาก
	4: เทคโนโลยีนี้ส่งผลให้เกิดการจ้างงานคนท้องถิ่นเพิ่มขึ้น
	3: เทคโนโลยีนี้ส่งผลให้เกิดการจ้างงานคนท้องถิ่นอย่างไม่มีนัยสำคัญ
	2: เทคโนโลยีนี้ส่งผลให้เกิดการจ้างงานคนท้องถิ่นน้อย
	1: เทคโนโลยีนี้ส่งผลให้เกิดการจ้างงานคนท้องถิ่นน้อยอย่างมาก
I3 ด้านสิ่งแวดล้อม: มลพิษทางอากาศ, มลพิษทางน้ำ, การปนเปื้อน ฯลฯ	5: เทคโนโลยีนี้ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในแง่บวก/ ลดการเกิดมลพิษทางสิ่งแวดล้อมในพื้นที่บริเวณกว้าง
	4: เทคโนโลยีนี้ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในแง่บวก/ ลดการเกิดมลพิษทางสิ่งแวดล้อมในพื้นที่จำกัด
	3: เทคโนโลยีนี้ไม่มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมอย่างมีนัยสำคัญ/ไม่เพิ่มมลพิษทางสิ่งแวดล้อม
	2: เทคโนโลยีนี้ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในแง่ลบ และเกิดมลพิษทางสิ่งแวดล้อมในพื้นที่จำกัด

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

เกณฑ์	ความหมายของคะแนน
I3 ด้านสิ่งแวดล้อม: มลพิษทางอากาศ, มลพิษทางน้ำ, การปนเปื้อน ฯลฯ (ต่อ)	1: เทคโนโลยีนี้ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในแง่ลบ และเกิดมลพิษทางสิ่งแวดล้อมในพื้นที่บริเวณกว้าง
I4 การประมาณค่าการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกของเทคโนโลยี	5: เทคโนโลยีนี้สามารถลดการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้สูงมาก
	4: เทคโนโลยีนี้สามารถลดการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้มาก
	3: เทคโนโลยีนี้สามารถลดการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้ปานกลาง
	2: เทคโนโลยีนี้สามารถลดการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้น้อย
	1: เทคโนโลยีนี้สามารถลดการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้น้อยมาก

3.2 เก็บข้อมูลและรวบรวมผลจากกลุ่มเป้าหมาย

1) จัดทำแบบสอบถามทั้งด้านความพร้อมและผลกระทบในมิติต่างๆ ตามขอบเขตของการวิจัย ของเทคโนโลยีด้านพลังงานในภาคการผลิตไฟฟ้า

2) กำหนดกลุ่มเป้าหมายและติดต่อประสานงานเพื่อจัดส่งแบบสอบถาม จำนวนอย่างน้อย 30 คน

CHULALONGKORN UNIVERSITY

3.3 การให้คะแนนและค่าน้ำหนักต่อเกณฑ์

งานวิจัยกำหนดให้ผู้เชี่ยวชาญทำการให้ค่าน้ำหนักความสำคัญกับเกณฑ์แต่ละประเด็น โดยแบ่งเป็น 3 ระดับ คือ ความสำคัญน้อย ปานกลาง และมาก มีการให้คะแนน 1-3 คะแนน ตามลำดับ จากนั้นผู้เชี่ยวชาญจะประเมินให้คะแนนกับเทคโนโลยีที่มีความสามารถที่จะประเมินได้โดยแต่ละเทคโนโลยีจะต้องให้คะแนนใน 2 เกณฑ์รวม 15 ประเด็น แต่ละประเด็นจะมีคะแนนเต็ม 5 คะแนน ซึ่งในแต่ละคะแนนของแต่ละประเด็นจะมีความหมายที่แตกต่างกัน ดังแสดงตารางที่ 7

3.4 หลักการคำนวนการประเมินค่าน้ำหนักความสำคัญของแต่ละเกณฑ์ (ให้ค่าน้ำหนัก)

(1) ประเมินค่าน้ำหนักความสำคัญของเกณฑ์ด้านความพร้อมในประเด็นต่างๆ

- หาค่าเฉลี่ยของเกณฑ์ด้านความพร้อมในประเด็นต่างๆ-หาเพื่อจัดลำดับความสำคัญของเกณฑ์ด้านความพร้อม

$$\overline{V_{R_i}} = \frac{\sum V_{R_i}}{n}$$

เมื่อ V_{R_i} คือ ค่าน้ำหนักความสำคัญที่ผู้เชี่ยวชาญทำการประเมินของเกณฑ์ด้านความพร้อมในประเด็นที่ i, คะแนน

$\overline{V_{R_i}}$ คือ ค่าเฉลี่ยน้ำหนักความสำคัญที่ผู้เชี่ยวชาญทำการประเมินของเกณฑ์ด้านความพร้อมในประเด็นที่ i, คะแนน

n คือ จำนวนผู้เชี่ยวชาญที่ทำการประเมินค่าน้ำหนักความสำคัญของเกณฑ์, คน

i คือ เกณฑ์ด้านความพร้อมในแต่ละประเด็น (ประเด็นที่ 1-11)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

(2) ประเมินค่าน้ำหนักความสำคัญของเกณฑ์ด้านผลกระทบในประเด็นต่างๆ

$$\overline{V_{I_j}} = \frac{\sum V_{I_j}}{n}$$

เมื่อ V_{I_j} คือ ค่าน้ำหนักความสำคัญที่ผู้เชี่ยวชาญทำการประเมินของเกณฑ์ด้านผลกระทบในประเด็นที่ ij, คะแนน

$\overline{V_{I_j}}$ คือ ค่าเฉลี่ยน้ำหนักความสำคัญที่ผู้เชี่ยวชาญทำการประเมินของเกณฑ์ด้านผลกระทบในประเด็นที่ ij, คะแนน

n คือ จำนวนผู้เชี่ยวชาญที่ทำการประเมินค่าน้ำหนักความสำคัญของเกณฑ์, คน

j คือ เกณฑ์ด้านผลกระทบในแต่ละประเด็น (ประเด็นที่ 1-4)

งานวิจัยนี้ให้ความสำคัญด้านความพร้อมและด้านผลกระทบเท่ากัน จึงต้อง Normalization ตามสูตรดังนี้

(1) เกณฑ์ค่าน้ำหนักความสำคัญของด้านความพร้อมในแต่ละประเด็น

$$W_{R_i} = \frac{\overline{V_{R_i}}}{\sum V_R} \quad \text{---------- (1)}$$

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

เมื่อ W_{R_i} คือ ค่าน้ำหนักความสำคัญของเกณฑ์ด้านความพร้อมในประเด็นที่ i ที่นอร์มัลไลเซชันแล้ว, คะแนน

V_R คือ ค่าน้ำหนักความสำคัญที่ผู้เชี่ยวชาญทำการประเมินของเกณฑ์ด้านความพร้อม, คะแนน

i คือ เกณฑ์ด้านความพร้อมในแต่ละประเด็น

(2) คะแนนเฉลี่ยที่ผู้เชี่ยวชาญทำการประเมินในแต่ละประเด็นของแต่ละเทคโนโลยี

$$\overline{X_{R_i T_k}} = \frac{\sum X_{R_i T_k}}{n_{T_k}} \quad \text{---------- (2)}$$

เมื่อ $X_{R_i T_k}$ คือ ค่าคะแนนที่ผู้เชี่ยวชาญทำการประเมินเกณฑ์ด้านความพร้อมในประเด็นที่ i ของรายการเทคโนโลยีที่ k , คะแนน

$\overline{X_{R_i T_k}}$ คือ ค่าเฉลี่ยคะแนนที่ผู้เชี่ยวชาญทำการประเมินเกณฑ์ด้านความพร้อมในประเด็นที่ i ของรายการเทคโนโลยีที่ k , คะแนน

T_k คือ รายการเทคโนโลยีที่ k

k คือ เทคโนโลยีแต่ละรายการ

n_{T_k} คือ จำนวนผู้เชี่ยวชาญที่ทำการประเมินเทคโนโลยีรายการที่ k, รายการ

(3) คะแนนที่ผู้เชี่ยวชาญทำการประเมินในแต่ละประเด็นของแต่ละเทคโนโลยี

$$Y_{R_i T_k} = \overline{X_{R_i T_k}} \quad x \quad W_{R_i} \quad \text{---------- (3)}$$

เมื่อ $Y_{R_i T_k}$ คือ คะแนนที่ผู้เชี่ยวชาญทำการประเมินเกณฑ์ด้านความพร้อมในประเด็นที่ i ของรายการเทคโนโลยีที่ k , คะแนน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

(4) ผลรวมคะแนนด้านความพร้อมในแต่ละเทคโนโลยี

$$Z_{RT_k} = \sum Y_{R_i T_k} \quad \text{---------- (4)}$$

เมื่อ Z_{RT_k} คือ ผลรวมคะแนนด้านความพร้อมในเทคโนโลยีที่ k, คะแนน

และด้านผลกระทบคำนวนเหมือนกันตั้งแต่ สมการ (1) – (4)

3.5 ประเมินผลวิเคราะห์จากแบบสอบถาม

1) นำผลรวมคะแนนด้านความพร้อมและผลกระทบในแต่ละเทคโนโลยีมาพลอตกราฟระหว่างคะแนนด้านความพร้อมและผลกระทบของแต่ละเทคโนโลยี

2) จัดทำแผนภาพ 2 กรณี คือ

กรณีที่ 1. ให้น้ำหนักเท่ากันในทุกประเด็น

กรณีที่ 2. ให้น้ำหนักตามผู้เชี่ยวชาญจากการทำแบบประเมิน

งานวิจัยกำหนดเกณฑ์ที่ใช้ในการคัดกรองที่จะใช้วิเคราะห์ผล ดังนี้

1. เทคโนโลยี/ทางเลือก ที่ได้รับการประเมินจากผู้เชี่ยวชาญมากกว่า 4 คนขึ้นไป
2. เทคโนโลยี/ทางเลือก ที่เป็นที่รู้จักในประเทศไทยหรือมีความเป็นไปได้ในเชิงพาณิชย์ หรือมีโครงการสาธิตเป็นรูปธรรม หรือบทความสนับสนุนการนำเทคโนโลยี/ทางเลือกนั้นๆ มาใช้ในประเทศไทย

3) จัดลำดับความสำคัญของเทคโนโลยีที่ส่งผลกระทบสูงกว่าค่าเฉลี่ยโดยรวมของแผนภาพกรณีที่ 2

4) จัดกลุ่มเทคโนโลยีที่มีค่าผลกระทบสูงจากแผนภาพกรณีที่ 2 เพื่อวิเคราะห์ช่องว่างหรือ Gap analysis

5) จัดลำดับความสำคัญของเทคโนโลยีโดยการสนับสนุน 5 ประเด็น ประกอบด้วย ประเด็นต้นทุนและผลประโยชน์, การยอมรับจากสังคมและผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย, ความเป็นไปได้ในการผลิตภายในประเทศ, ด้านเศรษฐกิจ และ ด้านสิ่งแวดล้อม

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

3.6 กรอบแนวคิดและสรุปวิธีการดำเนินการวิจัย

ตารางที่ 8 แสดงกรอบแนวคิดและสรุปวิธีการดำเนินการวิจัย

INPUT	OUTPUT
รวบรวมข้อมูลเทคโนโลยีภาคการผลิตไฟฟ้า อ้างอิงจาก Handbook for conducting Technology Needs Assessment for Climate Change (UNDP)	รายการเทคโนโลยีภาคการผลิตไฟฟ้า
กำหนดเกณฑ์ที่ใช้ในการประเมินความต้องการเทคโนโลยี อ้างอิงจาก สวทน.	เกณฑ์ที่ใช้ทำการประเมินความต้องการเทคโนโลยี
กำหนดการให้ค่าน้ำหนักของแต่ละเกณฑ์และทำการให้คะแนน ซึ่งได้จากการสัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญเทคโนโลยีภาคการผลิตไฟฟ้าและผู้ที่เกี่ยวข้องจำนวนอย่างน้อย 30 คน	ค่าน้ำหนักและคะแนนในแต่ละเทคโนโลยีที่ได้จากการประเมินของผู้เชี่ยวชาญ
วิเคราะห์ข้อมูลจากข้อมูลที่ได้รับมา	1.ลำดับความสำคัญของประเด็นด้านความพร้อมและด้านผลกระทบที่ทางผู้เชี่ยวชาญเล็งเห็นถึงความสำคัญมากที่สุด 2.ลำดับความสำคัญของเทคโนโลยีในกลุ่มที่มีค่าผลกระทบสูง 3.ผลวิเคราะห์ gap analysis ของกลุ่มเทคโนโลยีที่มีค่าผลกระทบสูง 4.ลำดับความสำคัญของเทคโนโลยี 5 อันดับแรกของการสนับสนุน 5 ประเด็น คือ ด้านต้นทุนและผลประโยชน์, ด้านการยอมรับจากสังคมและผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย, ความเป็นไปได้ที่ผลิตภายในประเทศ, ด้านเศรษฐกิจและด้านสิ่งแวดล้อม

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทที่ 4
ผลการดำเนินวิจัย

การศึกษาเรื่อง “การประเมินความต้องการทางเทคโนโลยีพลังงานในภาคการผลิตไฟฟ้าเพื่อบรรเทาการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ” มีวัตถุประสงค์เพื่อจัดลำดับความสำคัญของเทคโนโลยีพลังงานในภาคการผลิตไฟฟ้าเพื่อการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก โดยพิจารณาจากความพร้อมและผลกระทบในด้านต่างๆ ผู้วิจัยจะนำเสนอการวิเคราะห์ข้อมูลซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

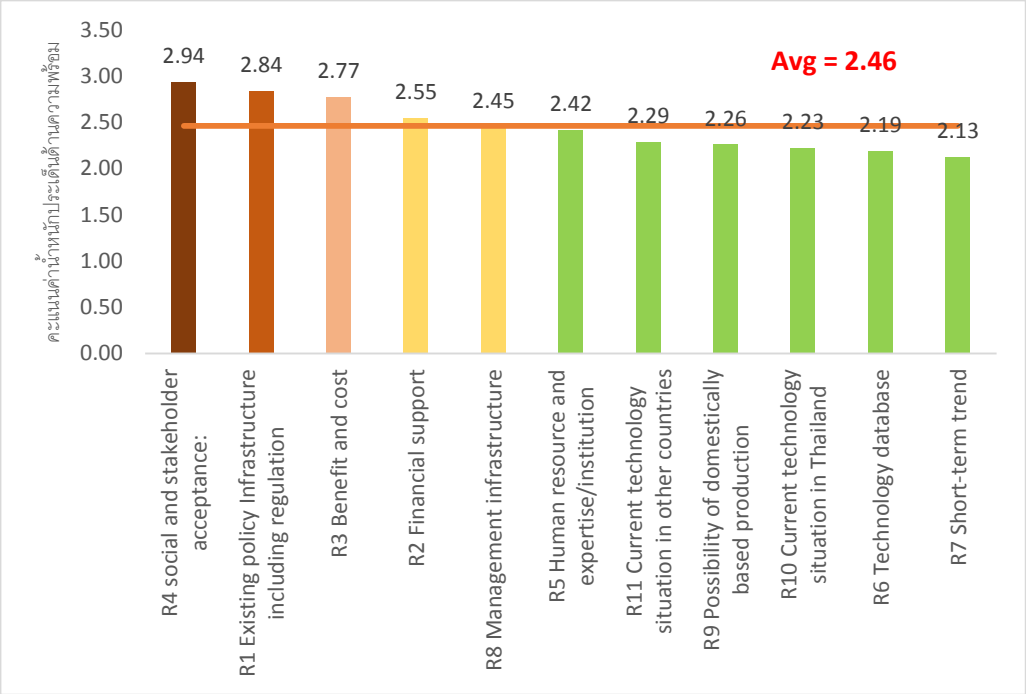
4.1 จำนวนผู้เชี่ยวชาญที่ทำการประเมินในแต่ละเทคโนโลยี

จากการส่งแบบประเมินให้ผู้เชี่ยวชาญภาคการผลิตไฟฟ้าทำการประเมิน มีผู้เชี่ยวชาญทำการประเมินตอบกลับ 31 ท่าน โดยแบ่งเป็น 3 ภาคส่วน ประกอบด้วยภาคสถาบันวิจัย/สถาบันการศึกษา ร้อยละ 35.5, ภาครัฐ ร้อยละ 41.9 และภาคเอกชน ร้อยละ 22.6

4.2 การวิเคราะห์ผลการประเมินค่าน้ำหนักของประเด็นด้านความพร้อมเทคโนโลยีและผลกระทบ

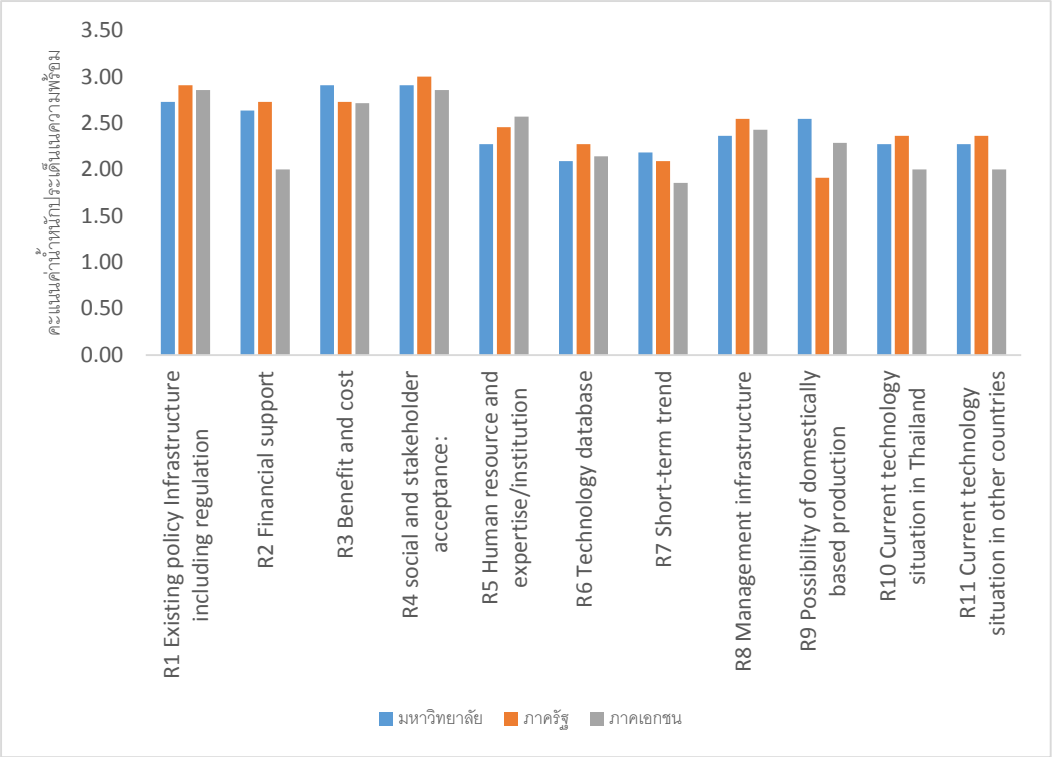
ผู้วิจัยให้ทางผู้เชี่ยวชาญทำการให้น้ำหนักของประเด็นด้านความพร้อมและผลกระทบซึ่งอ้างอิงจากการประเมินเทคโนโลยีเพื่อรองรับการเปลี่ยนแปลงของสภาพภูมิอากาศสำหรับประเทศไทย (Climate Change Technology Needs Assessments for Thailand) ของ สำนักงานคณะกรรมการนโยบายวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและนวัตกรรมแห่งชาติ (สวทน.) โดยรายงานเดิมประกอบด้วย เกณฑ์ด้านความพร้อมเทคโนโลยี 8 เกณฑ์ และด้านผลกระทบ 2 เกณฑ์ ทางผู้วิจัยได้เพิ่มประเด็นให้มีความเฉพาะเจาะจงมากขึ้น เพราะฉะนั้น เกณฑ์ที่ทำการประเมินประกอบด้วย เกณฑ์ด้านความพร้อมเทคโนโลยี 11 เกณฑ์ และด้านผลกระทบ 4 เกณฑ์ เพื่อสะท้อนให้เห็นว่าประเด็นความพร้อมด้านใดที่ทางผู้เชี่ยวชาญจากกลุ่มภาคการผลิตไฟฟ้าเล็งเห็นถึงความสำคัญมากที่สุด โดยการให้น้ำหนักแบ่งเป็น 3 ระดับ คือ ความสำคัญน้อย ปานกลาง และมาก การให้คะแนน 1-3 คะแนนตามลำดับ ผลการประเมินได้ดังรูปที่ 1

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY



รูปที่ 1 แสดงผลการประเมินค่าน้ำหนักของประเด็นด้านความพร้อมเทคโนโลยีจากผู้เชี่ยวชาญ

ผลการประเมินจากการให้ค่าน้ำหนักของประเด็นด้านความพร้อมจากผู้เชี่ยวชาญกลุ่มภาคการผลิตไฟฟ้า ประเด็นทางด้านการยอมรับจากสังคมและผู้มีส่วนได้มีส่วนเสีย ประเด็นแรกที่ผู้เชี่ยวชาญได้ให้ความสำคัญมากที่สุด ซึ่งสะท้อนให้เห็นความเป็นจริงในปัจจุบันว่าการที่จะมีโครงการจัดตั้งโรงไฟฟ้าใหม่ ต้องมีการมีส่วนร่วมภาคประชาชน การรับฟังความคิดเห็นจากประชาชนเป็นหลักการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย (กฟผ.) มีโนบายเรื่องนี้อย่างชัดเจนและเป็นหนึ่งในยุทธศาสตร์ขององค์กรที่ผลักดันเสมอ[19] ประเด็นลำดับที่สอง ประเด็นในด้านของนโยบาย โครงสร้างพื้นฐาน รวมทั้งกฎระเบียบที่เกี่ยวข้องที่ภาครัฐได้สนับสนุนโรงไฟฟ้าประเภทต่างๆ หรือเทคโนโลยีที่ถูกนำมาใช้เป็นบทบาทสำคัญในการพัฒนาพลังงานของประเทศ และลำดับที่สาม ประเด็นของต้นทุนและผลประโยชน์ โดยปกติการลงทุนในภาคการผลิตไฟฟ้า เทคโนโลยีต่างๆมีการลงทุนสูงมากถ้าผลประโยชน์ไม่คุ้มค่าจะทำให้ธุรกิจไม่สามารถอยู่ได้ หรืออาจจะเป็นการผลักภาระส่วนใดส่วนหนึ่งมากเกินไป เมื่อมาวิเคราะห์ในแต่ละภาคส่วน จะเห็นว่ามีความแตกต่างกันไม่มากโดยภาคสถาบันวิจัย/สถาบันการศึกษา และภาครัฐให้ความสำคัญเรื่องการยอมรับจากสังคมและผู้มีส่วนได้ส่วนเสียอันดับแรก และด้านต้นทุนและผลประโยชน์ทางภาคสถาบันวิจัย/สถาบันการศึกษาได้ให้ความสำคัญเท่ากันกับอันดับแรก และภาคเอกชนเล็งเห็นความสำคัญของนโยบาย โครงสร้างพื้นฐาน รวมทั้งกฎระเบียบที่เกี่ยวข้อง และด้านการยอมรับจากสังคมที่เท่ากัน ดังแสดงรูปที่ 2 และ ตารางที่ 9



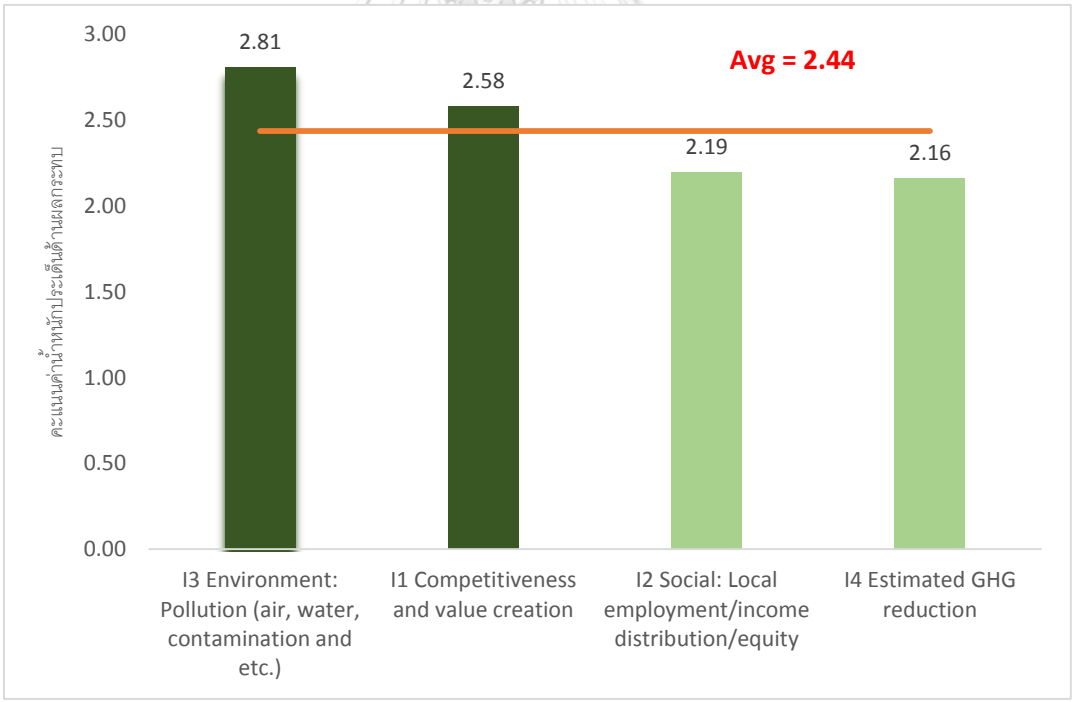
รูปที่ 2 แสดงผลการประเมินค่าน้ำหนักของประเด็นด้านความพร้อมเทคโนโลยีแบ่งแต่ละภาคส่วน

ตารางที่ 9 แสดงผลการให้ลำดับความสำคัญในประเด็นด้านความพร้อมแต่ละภาคส่วน

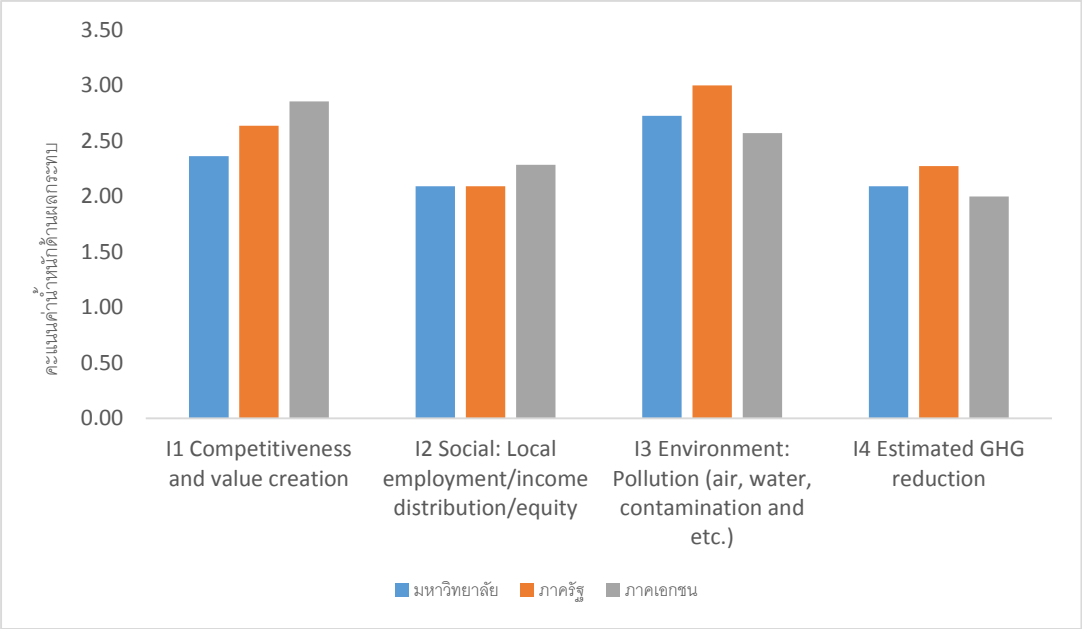
ภาคส่วน	อันดับที่ 1	อันดับที่ 2	อันดับที่ 3
ภาคสถาบันวิจัย/ สถาบันการศึกษา	ต้นทุนและผลประโยชน์ / การยอมรับจากสังคมและมีผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย	ด้านการโครงสร้างพื้นฐานรวมทั้งกฎระเบียบที่เกี่ยวข้อง	การสนับสนุนทางการเงิน
ภาครัฐ	การยอมรับจากสังคมและมีผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย	ด้านการโครงสร้างพื้นฐานรวมทั้งกฎระเบียบที่เกี่ยวข้อง	การสนับสนุนทางการเงิน / ต้นทุนและผลประโยชน์
ภาคเอกชน	ด้านการโครงสร้างพื้นฐานรวมทั้งกฎระเบียบที่เกี่ยวข้อง / การยอมรับจากสังคมและมีผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย	ต้นทุนและผลประโยชน์	การสนับสนุนทางการเงิน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ผลการประเมินการให้ค่าน้ำหนักของประเด็นด้านผลกระทบจากผู้เชี่ยวชาญกลุ่มภาคการผลิตไฟฟ้าดังแสดงในรูปที่ 3 ผลปรากฏว่า ประเด็นของผลกระทบทางด้านสิ่งแวดล้อม เป็นประเด็นหลักที่ผู้เชี่ยวชาญเล็งเห็นถึงความสำคัญเป็นอันดับแรก ซึ่งปฏิเสธไม่ได้เลยว่าการผลิตไฟฟ้าย่อมส่งผลกระทบโดยตรงกับสิ่งแวดล้อมโดยตรง เช่น การปล่อยมลภาวะสู่อากาศ ปล่อยของเสียลงแม่น้ำ หรือสิ่งปนเปื้อนต่างๆที่เป็นผลมาจากการผลิตไฟฟ้าในทรัพยากรแต่ละชนิด ด้วยเหตุนี้จึงเกิดความตระหนักในทุกประเทศทั่วโลกต่างก็วิจัยพัฒนา เพื่อหาสิ่งที่ดีหรือทดแทนจากทรัพยากรที่ปล่อยมลภาวะของเสียเยอะ จึงเกิดเทคโนโลยีใหม่ๆรวมไปถึงพลังงานทดแทน/ทางเลือก ในประเด็นรองลงมาเป็นประเด็นในเรื่องผลกระทบทางด้านเศรษฐกิจ ซึ่งจะช่วยให้สามารถมีศักยภาพในการแข่งขันทางการเงินรวมไปถึงการสร้างมูลค่าทางการตลาดให้สูงขึ้น และเมื่อวิเคราะห์ลงไปในแต่ละภาคส่วน ภาครัฐและสถาบันวิจัน/สถาบันการศึกษา มีความคิดเห็นตรงกันคือให้ความสำคัญเรื่องผลกระทบสิ่งแวดล้อมเป็นอันดับแรก ส่วนภาคเอกชนมุ่งไปที่ประเด็นผลกระทบทางด้านเศรษฐกิจเป็นหลัก ดังแสดงรูปที่ 4 และตารางที่ 10



รูปที่ 3 แสดงผลการประเมินจากการให้ค่าน้ำหนักของประเด็นด้านผลกระทบจากผู้เชี่ยวชาญกลุ่มภาคการผลิตไฟฟ้า



รูปที่ 4 แสดงผลการประเมินค่าน้ำหนักของประเด็นด้านผลกระทบแบ่งแต่ละภาคส่วน

ตารางที่ 10 แสดงผลการให้ลำดับความสำคัญในประเด็นด้านผลกระทบแต่ละภาคส่วน

ภาคส่วน	อันดับที่ 1	อันดับที่ 2
ภาคสถาบันวิจัย/ สถาบันการศึกษา	ผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อม	ผลกระทบด้านเศรษฐกิจ
ภาครัฐ	ผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อม	ผลกระทบด้านเศรษฐกิจ
ภาคเอกชน	ผลกระทบด้านเศรษฐกิจ	ผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อม

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

4.3 ผลการประเมินเทคโนโลยี/ทางเลือกจากผู้เชี่ยวชาญ

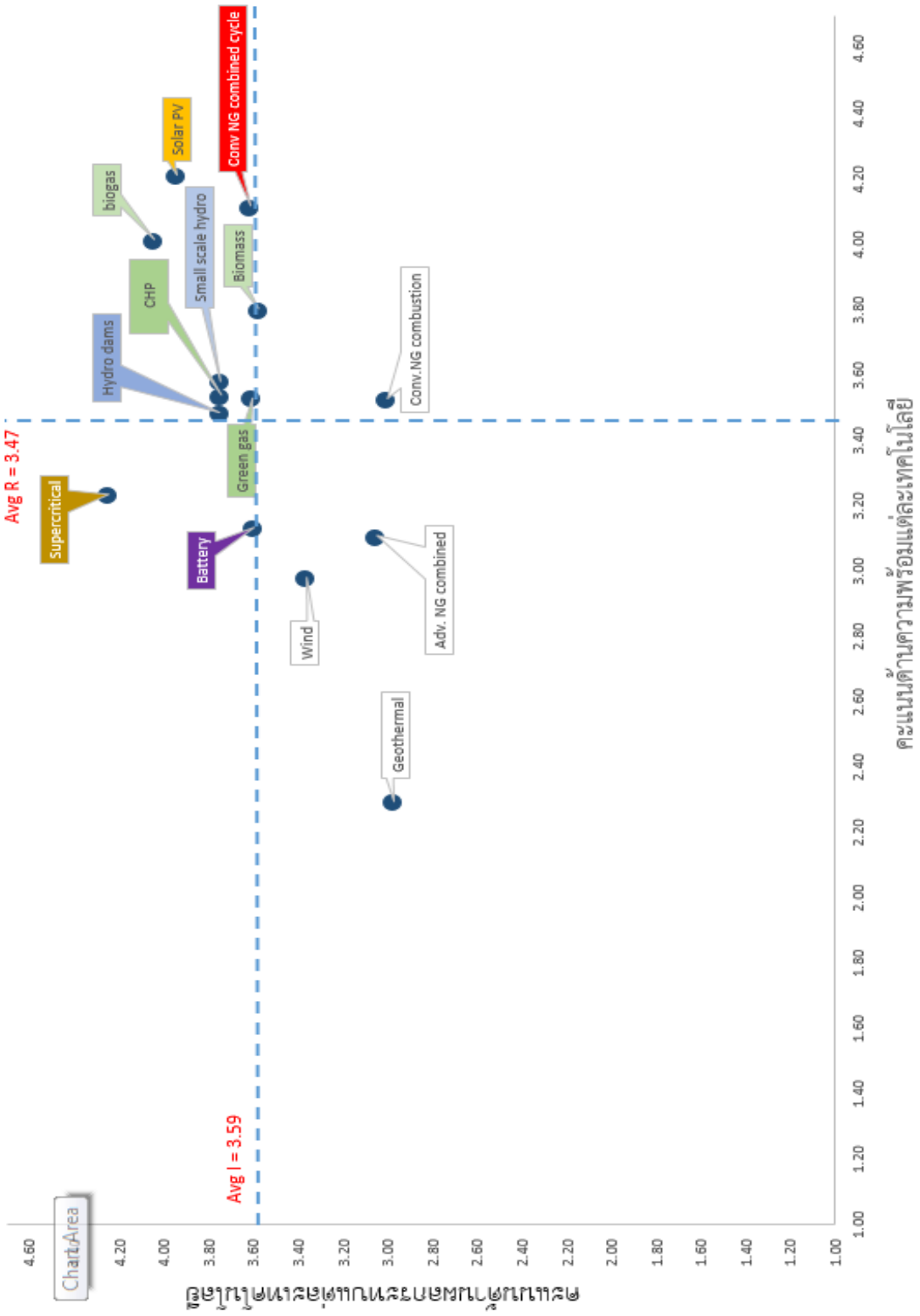
ผู้วิจัยทำการรวบรวมเทคโนโลยีของภาคการผลิตไฟฟ้า โดยอ้างอิงจาก Handbook for conducting Technology Needs Assessment for Climate Change (UNDP) ประกอบด้วย 3 กลุ่มเทคโนโลยีหลักๆทั้งหมด 33 รายการ ซึ่งเป็นเทคโนโลยีที่ได้รับการยอมรับและพิสูจน์แล้วว่าสามารถลดปริมาณก๊าซเรือนกระจกได้ จากนั้นให้ทางผู้เชี่ยวชาญทำการประเมินให้คะแนนกับเทคโนโลยีที่มีความสามารถทำการประเมินได้โดยแต่ละเทคโนโลยีต้องให้คะแนนใน 2 เกณฑ์รวม 15 ประเด็น โดยแต่ละประเด็นจะมีคะแนนเต็ม 5 คะแนน ซึ่งในแต่ละคะแนนของแต่ละประเด็นจะมีความหมายที่แตกต่างกัน ซึ่งการคำนวนใช้วิธี Multi criteria analysis (MCA) โดยนำคะแนนเฉลี่ยในแต่ละเทคโนโลยีที่ประเด็นต่างๆ มาคูณคะแนนน้ำหนักที่ผ่านการนอร์มอไรซ์เรียบร้อยแล้ว จะได้คะแนนในแต่ละเทคโนโลยีในประเด็นต่างๆ ซึ่งทางผู้วิจัยกำหนดเกณฑ์ที่ใช้ในการคัดกรองที่ใช้วิเคราะห์ผล คือ 1.เทคโนโลยี/ทางเลือก ที่ได้รับการประเมินจากผู้เชี่ยวชาญมากกว่า 4 คนขึ้นไป และ 2.เทคโนโลยี/ทางเลือก เป็นที่รู้จักในประเทศไทยหรือมีความเป็นไปได้ในเชิงพาณิชย์ หรือมีโครงการสาธิตเป็นรูปธรรม หรือบทความสนับสนุนการนำเทคโนโลยี/ทางเลือก นั้นๆ มาใช้ในประเทศไทย จากเกณฑ์ดังกล่าวทำให้เหลือเทคโนโลยี 14 เทคโนโลยี ดังตารางที่ 11 ซึ่งจะถูกนำไปจัดทำแผนภาพที่พลอตค่าระหว่างคะแนนของเกณฑ์ด้านความพร้อมและผลกระทบ เป็น 2 กรณี คือ กรณีที่ 1.ค่าน้ำหนักเท่ากันในทุกประเด็น และกรณีที่ 2.น้ำหนักตามผู้เชี่ยวชาญทำการประเมิน แสดงดังภาพที่ 5 และ 6 ตามลำดับ

ตารางที่ 11 แสดงจำนวนผู้ประเมินที่สามารถทำการประเมินได้แต่ละเทคโนโลยี

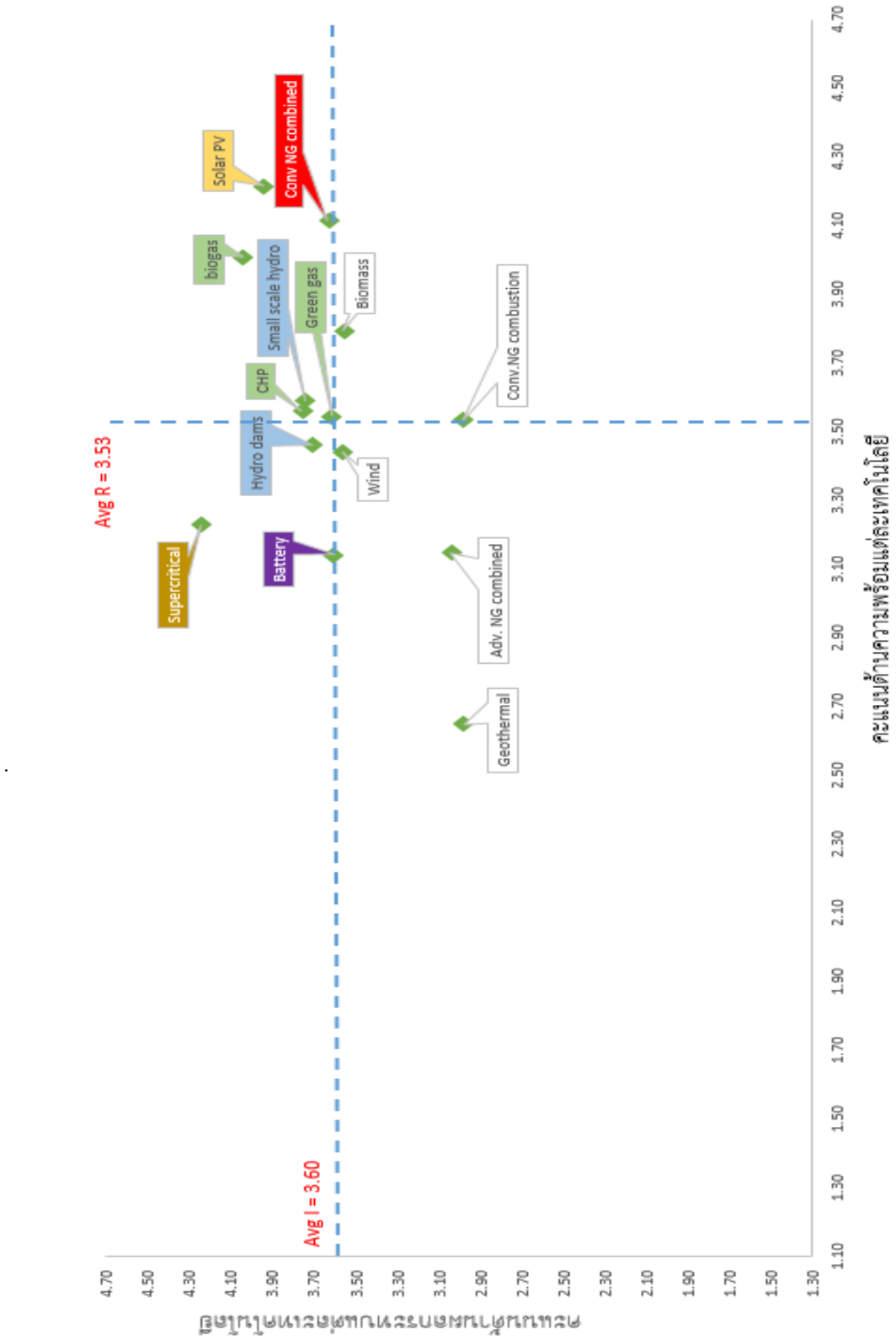
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ลำดับ	เทคโนโลยี/ทางเลือก	จำนวนผู้ประเมิน
1	พลังงานชีวมวล (Biomass)	26
2	พลังงานแสงอาทิตย์ (Solar PV)	22
3	ก๊าซชีวภาพ (Biogas)	19
4	พลังงานลม (Wind turbined)	16
5	กรีนแก๊ส (Green gas (syngas from biomass))	14
6	พลังงานความร้อนแสงอาทิตย์ (Solar thermal)	13
7	แบตเตอรี่ (Battery)	13
8	พลังงานน้ำขนาดเล็ก (Small scale hydro)	12

ลำดับ	เทคโนโลยี/ทางเลือก	จำนวนผู้ประเมิน
9	พลังงานไฟฟ้าร่วมโดยใช้แก๊สธรรมชาติแบบทั่วไป (Conventional Natural gas combined cycle)	11
10	เขื่อน (Hydro dams)	11
11	พลังงานความร้อนร่วม (CHP)	10
12	พลังงานมหาสมุทรและคลื่น (Ocean,Wave)	9
13	พลังงานความร้อนใต้ภิภพ (Geothermal electricity)	8
14	กังหันเผาไหม้โดยใช้แก๊สธรรมชาติแบบทั่วไป (Conventional Natural gas combustion)	6
15	พลังงานไฟฟ้าร่วมโดยใช้แก๊สธรรมชาติแบบขั้นสูง (Advance Natural gas combined cycle)	5
16	เทคโนโลยีถ่านหินสะอาด Supercritical pulverized coal steam cycle	5
17	เซลล์เชื้อเพลิงชนิดเยื่อแลปเปลี่ยนโปรตอน (PEM fuel cells)	4
18	พลังงานความร้อนร่วมขนาดเล็ก (Micro generation CHP)	4
19	เซลล์เชื้อเพลิงชนิดใช้เมทานอลโดยตรง (Methanol fuel cells)	3
20	ไฮโดรเจน (Hydrogen)	3
21	พลังงานไฟฟ้าร่วมโดยใช้น้ำมันแบบทั่วไป (Conventional oil combined cycle)	3
22	เทคโนโลยีถ่านหินสะอาด (IGCC)	3
23	เทคโนโลยีถ่านหินสะอาด (Ultra-supercritical pulverized coal steam cycle)	3
24	เซลล์เชื้อเพลิงชนิดคาร์บอเนตหลอมเหลว (Carbonate fuel cells)	2
25	หอคอยพลังงาน (Energy tower)	2
26	พลังงานไฟฟ้าร่วมโดยใช้น้ำมันแบบขั้นสูง (Advance oil combined cycle)	2
27	ระบบบ่อรับแสง (Energy ponds)	1



รูปที่ 5 แสดงแผนภาพกรณีที่ 1 ผลการให้ค่าน้ำหนักเท่ากันในทุกประเด็นโดยพลอตค่าระหว่างคะแนนด้านความพร้อมและผลกระทบ



รูปที่ 6 แสดงแผนภาพกรณีที่ 2 ผลการให้ค่าน้ำหนักตามผู้เชี่ยวชาญที่ทำการประเมินโดยพลอตค่าระหว่างด้านความพร้อมและผลกระทบ

จากแผนภาพทั้ง 2 กรณีดังกล่าวแสดงผลการการประเมินรายการเทคโนโลยีจากผู้เชี่ยวชาญด้านการผลิตไฟฟ้า เมื่อสังเกตจากทั้ง 2 กรณีจะเห็นว่ารายการเทคโนโลยีส่วนใหญ่จะอยู่เป็นกลุ่มไปทางด้านบน เมื่อเทียบกับค่าเฉลี่ย แสดงให้เห็นว่าเทคโนโลยีส่วนใหญ่ส่งผลกระทบสูง โดยเมื่อสังเกตจากรูปที่ 6 เทคโนโลยีที่ทางผู้เชี่ยวชาญเห็นว่ามีความพร้อมในระดับที่ต่ำและส่งผลกระทบต่ำประกอบด้วย 2 เทคโนโลยี คือ พลังงานความร้อนใต้ภิภพ (Geothermal electricity) และ พลังงานไฟฟ้าร่วมโดยใช้แก๊สธรรมชาติแบบขั้นสูง (Advance Natural Gas combined cycle) เทคโนโลยีที่มีความพร้อมในระดับที่สูงแต่ส่งผลกระทบต่ำ คือ กังหันเผาไหม้โดยใช้แก๊สธรรมชาติแบบทั่วไป (Conventional Natural Gas combustion) ซึ่งทางผู้วิจัยจะนำรายการเทคโนโลยีมีค่าผลกระทบสูงมากกว่าค่าเฉลี่ย มาวิเคราะห์ช่องว่าง หรือ gap analysis เพื่อวิเคราะห์รายการเทคโนโลยีในกลุ่มเทคโนโลยีที่ผลกระทบสูง ควรสนับสนุนประเด็นนด้านความพร้อมประเด็นใดเพิ่มเติ่มบ้าง โดยรายการที่มีผลกระทบที่สูงจะถูกแบ่งกลุ่มได้ 6 กลุ่ม โดยอ้างอิงจากกรณีที่ 1 เพื่อสะท้อนคะแนนความเป็นจริงโดยไม่มีน้ำหนักของผู้เชี่ยวชาญมาเกี่ยวข้อง ดังตารางที่ 12

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 12 แสดงการแบ่งกลุ่มเทคโนโลยีที่ส่งผลกระทบสูงจากกรณีที่ 1 จากการให้ค่าน้ำหนักเท่ากันในทุกประเด็น

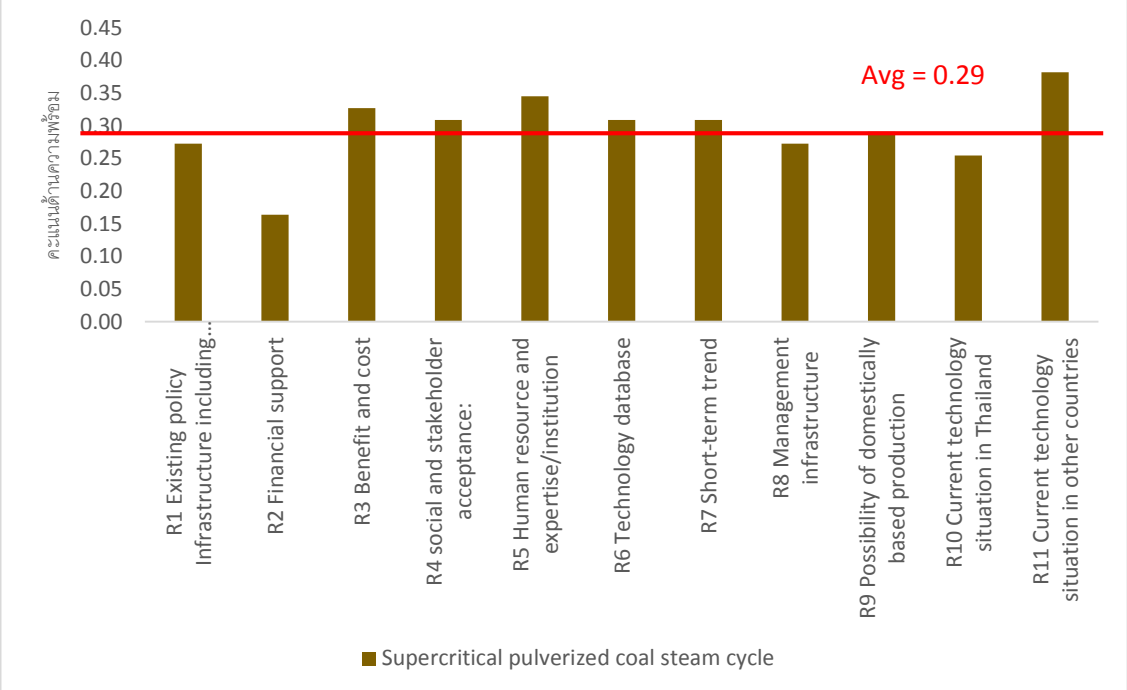
กลุ่มเทคโนโลยี	รายการเทคโนโลยี
เทคโนโลยีถ่านหิน	เทคโนโลยีถ่านหินสะอาด (Supercritical pulverized coal steam cycle)
กลุ่มพลังงานชีวมวลและก๊าซชีวภาพ	พลังงานความร้อนร่วม (CHP)
	ก๊าซชีวภาพ (Biogas)
	ชีวมวล (Biomass)
	กรีนแก๊ส (Green gas)
เทคโนโลยีแบตเตอรี่	แบตเตอรี่ (Battery)
กลุ่มเทคโนโลยีพลังงานน้ำ	เขื่อน (Hydro dams)
	พลังงานน้ำขนาดเล็ก (Small scale hydro)
เทคโนโลยีพลังงานแสงอาทิตย์	พลังงานแสงอาทิตย์ (Solar PV)
เทคโนโลยีก๊าซธรรมชาติ	พลังงานไฟฟ้าร่วมโดยใช้แก๊สธรรมชาติแบบทั่วไป (Conventional Natural gas combined cycle)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

4.4 การวิเคราะห์ช่องว่าง หรือ Gap analysis

4.4.1 เทคโนโลยีถ่านหิน

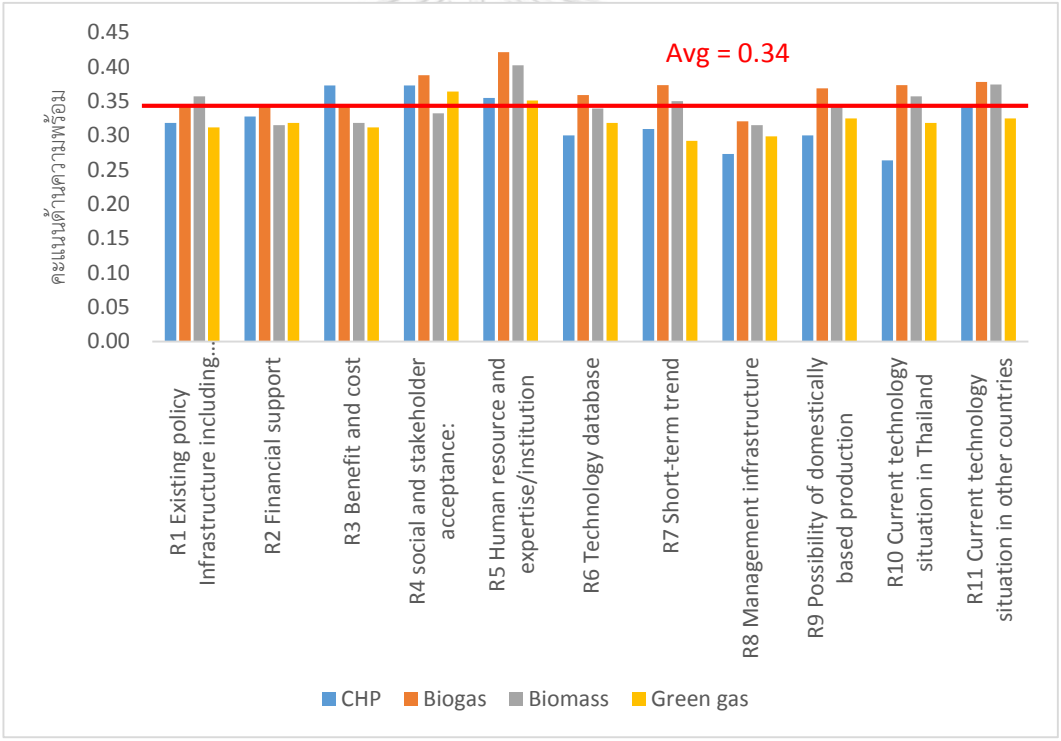
จากรูปที่ 7 เป็นการแสดงผลการวิเคราะห์ช่องว่าง gap analysis ของเทคโนโลยี เทคโนโลยีถ่านหินสะอาด (Supercritical pulverized coal steam cycle) ซึ่งเป็นเทคโนโลยีการเผาไหม้ถ่านหินแบบผงที่ใช้ร่วมกับหม้อไอน้ำแบบเหนือยิ่งยวด ซึ่งประสิทธิภาพระบบนี้อยู่ที่ประมาณร้อยละ 47 โดยถ่านหินที่ใช้ในการผลิตไฟฟ้าส่วนมากเป็นถ่านหินลิกไนต์ของโรงไฟฟ้าแม่เมาะ ซึ่งเป็นถ่านหินคุณภาพต่ำ และยังมีราคาถูกกว่าพลังงานฟอซซิลอื่นๆ ซึ่งจะส่งผลกระทบสิ่งแวดล้อมมาก จึงทำให้เกิดเทคโนโลยีถ่านหินสะอาดมากมาย จากผลการประเมินเห็นได้ว่า ในประเด็น R2 การสนับสนุนด้านเงินอยู่ในระดับต่ำมาก สอดคล้องกับ R1 นโนบายทางภาครัฐเองยังไม่มีบทบาทสนับสนุนแข่งขันอย่างมากนัก จึงส่งผลให้ ประเด็น R10 สถานการณ์ในปัจจุบันยังคงอยู่ในระดับต่ำ เมื่อเทียบกับ R11 สถานการณ์ของประเทศที่พัฒนาแล้วที่อยู่สูงกว่ามาก หากทางภาครัฐอยากสนับสนุนเทคโนโลยีถ่านหินอย่างเต็มที่ ทางผู้วิจัยวิเคราะห์ว่า ควรจะมีองค์กร และกฎหมายในการกำกับดูแลการใช้ถ่านหินและการพัฒนาเทคโนโลยีถ่านหินสะอาดอย่างชัดเจน ให้มีการดำเนินการอย่างเป็นรูปธรรมและต่อเนื่อง ควรมีกองทุนทางด้านถ่านหินเพื่อใช้ในการสนับสนุนและพัฒนาเทคโนโลยีถ่านหินสะอาดร่วมกันระหว่างภาครัฐ ภาคการศึกษาและภาคเอกชนต่างๆ ดังนั้นทำให้ประเทศไทยได้ใช้ถ่านหินในประเทศอย่างมีประสิทธิภาพและลดปัญหาเรื่องการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากถ่านหินอีกด้วย



รูปที่ 7 แสดงผลการวิเคราะห์ช่องว่างของเทคโนโลยีถ่านหิน

4.4.2 กลุ่มพลังงานชีวมวลและก๊าซชีวภาพ

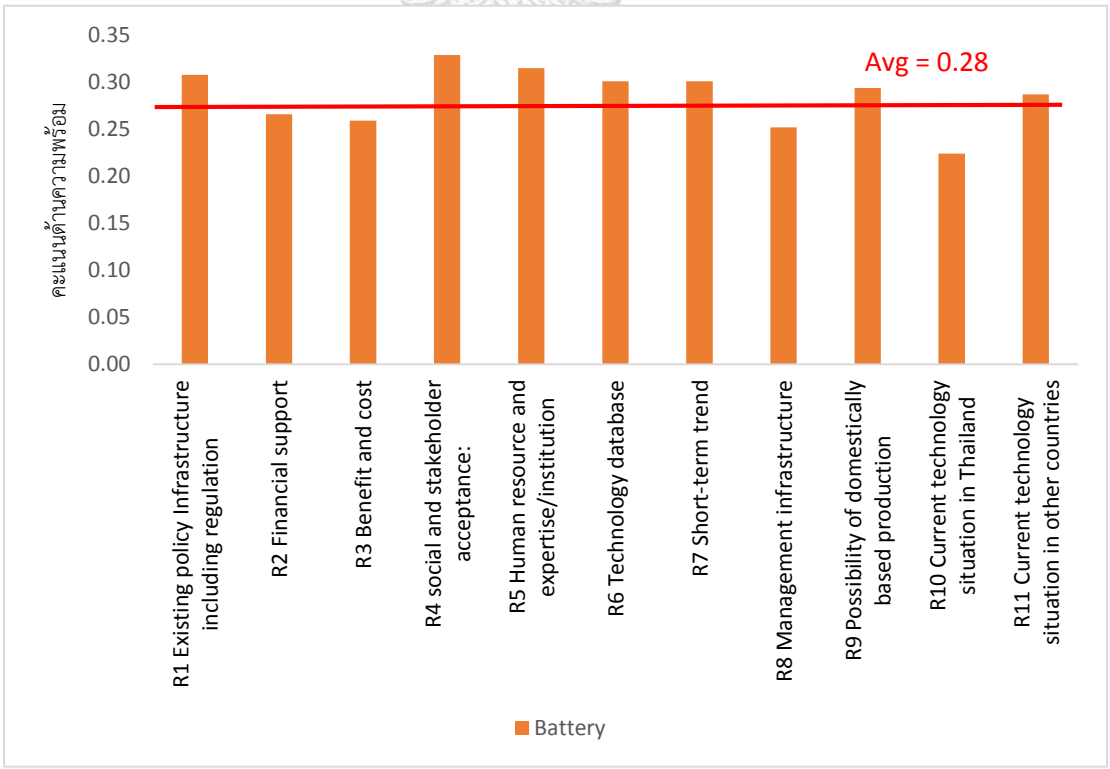
จากรูปที่ 8 แสดงผลการวิเคราะห์ช่องว่างหรือ gap analysis ของกลุ่มเทคโนโลยีพลังงานชีวมวลและก๊าซชีวภาพ ประกอบไปด้วย พลังงานความร้อนร่วม (CHP), ก๊าซชีวภาพ (Biogas), ชีวมวล (Biomass) และ กรีนแก๊ส (Green gas (syn gas from biomass)) เห็นได้ว่าคะแนนความพร้อมเทคโนโลยีของกลุ่มนี้ค่อนข้างที่จะเป็นไปแนวเดียวกัน สะท้อนให้เห็นว่า ไม่ว่าจะเป็นการสนับสนุนด้านใดก็ตามก็ส่งผลกระทบต่อกลุ่มเทคโนโลยีทั้งหมด เมื่อวิเคราะห์ช่องว่าง จะเห็นได้ว่าคะแนนจะอยู่ในระดับปานกลาง และเห็นได้ชัดในประเด็น R8 ที่คงอยู่ในระดับต่ำกว่าประเด็นอื่นๆอย่างเห็นได้ชัด ซึ่งผู้วิจัยวิเคราะห์ว่ากลุ่มเทคโนโลยีนี้ยังขาดการสนับสนุนเรื่องท่อส่งก๊าซ ซึ่งมีบางพื้นเท่านั้นทำให้เทคโนโลยีพลังงานความร้อนร่วม (CHP) ถูกใช้เพียงบางพื้นที่เท่านั้น และ เรื่องของผังเมือง ควรจัดสรรพื้นที่ในการขนส่งชีวมวลไปยังโรงไฟฟ้าเพื่อลดผลกระทบสิ่งแวดล้อมเนื่องจากด้านคมนาคม



รูปที่ 8 แสดงผลการวิเคราะห์ช่องว่างของกลุ่มเทคโนโลยีพลังงานชีวมวลและก๊าซชีวภาพ

4.4.3 เทคโนโลยีแบตเตอรี่

จากรูปที่ 9 การวิเคราะห์ช่องว่างของเทคโนโลยีแบตเตอรี่ เทคโนโลยีแบตเตอรี่ยังเป็นเทคโนโลยีที่ใหม่และยังพัฒนาอยู่ในประเทศไทยเมื่อเทียบกับประเทศอื่นที่เจริญแล้ว ซึ่งสอดคล้องกับผล R10 และ R11 แบตเตอรี่ ถือว่าเป็นเทคโนโลยีที่สร้างผลกระทบในเชิงบวกในหลายๆด้านเช่น นำมาใช้งานกับโครงข่ายไฟฟ้าหรือ ระบบกริดหรือพ่วงกับพลังงานทดแทนที่ยังขาดเสถียรภาพอยู่ เมื่อดูในภาพรวมแล้วคะแนนจะอยู่ในช่วงปานกลางถึงต่ำ ดังนั้นผู้วิจัยจึงวิเคราะห์ได้ว่าในปัจจุบันต้นทุนของเทคโนโลยีแบตเตอรี่ยังคงสูงเมื่อเทียบกับมูลค่าการตอบแทน นโยบายจากทางภาครัฐก็ยังไม่ได้สนับสนุนอย่างเห็นได้ชัด ทำให้การลงทุนต่างๆจึงมีไม่มากนัก นอกจากนี้โครงการต่างๆที่ผ่านมาเป็นเพียงโครงการนำร่องในพื้นที่ห่างไกลเท่านั้น ซึ่งหากทางรัฐบาลต้องการส่งเสริมเทคโนโลยีนี้อย่างเต็มกำลัง ควรมีมาตรการช่วยลดต้นทุน ด้วยการให้แรงจูงใจทางภาษี เพื่อเพิ่มในการลงทุนผลิตแบตเตอรี่ให้เพิ่มขึ้น หรือ การอุดหนุน (subsidize) ต้นทุนในการติดตั้งระบบแบตเตอรี่ซึ่งมาตรการนี้ควรเป็นมาตรการชั่วคราวเพื่อไม่ให้เป็นภาระต่องบประมาณมากเกินไปเพียงแต่ให้เกิดตลาดมากขึ้นเท่านั้น หากเทคโนโลยีแบตเตอรี่นั้นสามารถเกิดขึ้นและถูกนำมาใช้ได้อย่างเต็มที่ เป้าหมายของทางภาครัฐในการลดการพึ่งพาก๊าซธรรมชาติลง และโรงไฟฟ้าถ่านหิน ภาคประชาชนก็ยังคงต่อต้าน การนำแบตเตอรี่มาใช้คู่กับพลังงานทดแทน คงเป็นทางเลือกที่ดีที่สุดในขณะนี้ และสามารถลดปัญหาก๊าซเรือนกระจกได้อีกมาก

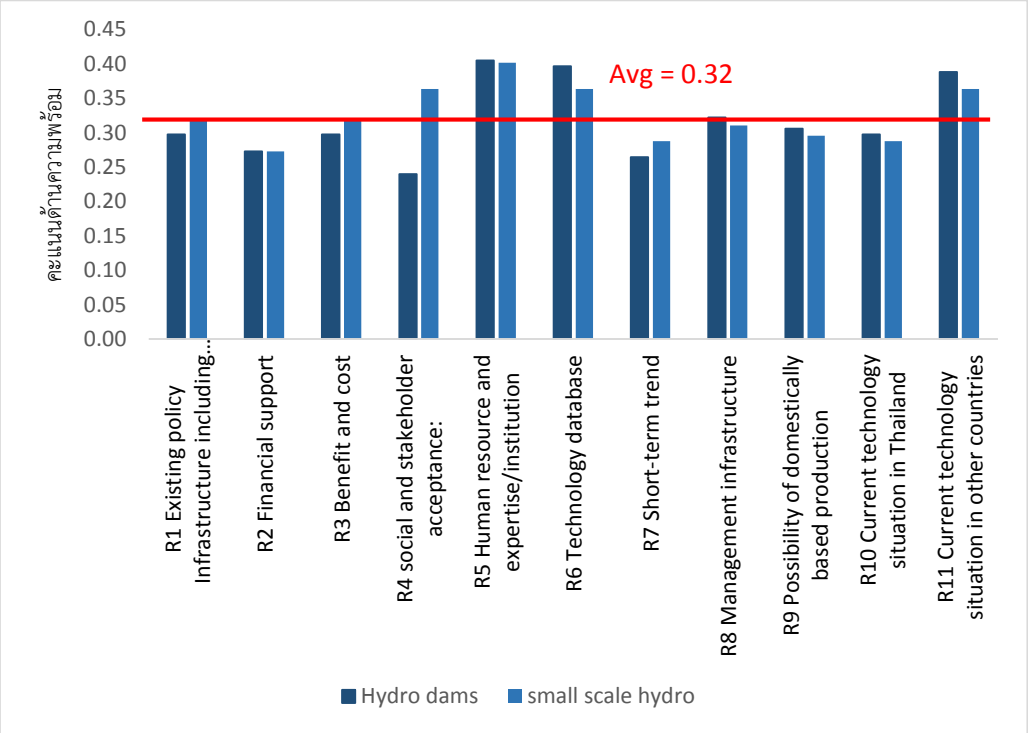


รูปที่ 9 แสดงผลการวิเคราะห์ช่องว่างของเทคโนโลยีแบตเตอรี่

4.4.4 กลุ่มเทคโนโลยีพลังงานน้ำ

จากรูปที่ 10 กลุ่มเทคโนโลยีพลังงานน้ำประกอบไปด้วย เขื่อน (Hydro dams) และ พลังงานน้ำขนาดเล็ก (small scale hydro) การส่งเสริมมาตรการต่างๆ ยังเป็นไปทิศทางเดียวกัน แต่ที่เห็นความแตกต่างอย่างเห็นได้ชัดคือประเด็น R4 การยอมรับจากสังคมและผู้มีส่วนได้ส่วยเสีย ที่ เขื่อน (Hydro dams) ได้คะแนนที่ระดับต่ำกว่ามากถึงแม้พลังน้ำเป็นพลังงานหมุนเวียนตามธรรมชาติที่สะอาดปราศจากมลพิษ สามารถควบคุมและบริหารจัดการให้จ่ายพลังงานได้รวดเร็ว (Availability สูง) สม่ำเสมอ มีประสิทธิภาพสูงสุดและไม่มีต้นทุนค่าเชื้อเพลิง แต่จากการก่อสร้างเขื่อนที่ต้องใช้พื้นที่ขนาดใหญ่ทำลายพื้นที่ระบบนิเวศและสิ่งแวดล้อมอย่างกว้างขวาง ในส่วนของพลังงานน้ำขนาดเล็ก ที่มีกำลังผลิต ไม่เกิน 30 เมกะวัตต์ จะมีประโยชน์อย่างมากเมื่อถูกนำไปใช้กับพื้นที่ชุมชนหรือหมู่บ้านเล็กๆ ซึ่งจากรายงานของ World Bank ได้ทำการสำรวจและวิเคราะห์ผลจากการให้การสนับสนุนการเงินแก่โรงไฟฟ้าพลังน้ำชุมชนขนาดเล็กที่เป็นโครงการ Best Practice จากประเทศศรีลังกา เปรู เนปาล ซิมบับเว และโมซัมบิก พบว่า การลงทุนสร้างโรงไฟฟ้าพลังน้ำขนาดเล็ก ได้รับผลตอบแทนสูง เช่น มีการเปรียบเทียบกำลังการผลิตและกระแสไฟฟ้าที่ผลิตได้ ประเมินออกมาเป็นค่า IRR (Internal Rate of Return) หรืออัตราผลตอบแทนภายในได้เป็นเปอร์เซ็นต์ที่สูงและคุ้มค่าต่อการลงทุน โดยเฉพาะอย่างยิ่งหากเป็นโครงการที่น้ำตกมีกระแสน้ำแรง และมีแรงดันสูง จะได้รับผลตอบแทนในอัตราที่สูง เป็นผลสะท้อนให้เห็นถึงประโยชน์ในการส่งเสริมให้สร้างโรงไฟฟ้าพลังน้ำขนาดเล็กสำหรับชุมชน ดังนั้นจึงเหมาะสำหรับชุมชนที่อยู่ในชนบทห่างไกล ยังไม่มีไฟฟ้าใช้ ทำให้สามารถพึ่งพาตัวเองได้ และยังจำหน่ายออกไปในพื้นที่ใกล้เคียง หรือขายคืนให้กับบริษัทเอกชนหรือให้หน่วยงานราชการรับซื้อต่อไป ซึ่งหากภาครัฐต้องการสนับสนุนพลังงานน้ำขนาดเล็กมากขึ้น ทางผู้วิจัยแนะนำให้สำรวจพื้นที่น้ำตกในประเทศไทยเพิ่มมากขึ้น เนื่องจากประเทศไทยเรานั้นมีน้ำตกหลายแห่งทั่วประเทศที่ยังตกสำรวจอยู่ ซึ่งคิดว่าภาคใต้ยังมีน้ำตกอีกเป็นจำนวนมากที่มีศักยภาพสูงในการสร้างโรงไฟฟ้าชุมชนพลังน้ำขนาดเล็กได้และเป็นการลดภาวะปัญหาก๊าซเรือนจกได้อีกมาก [20]

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

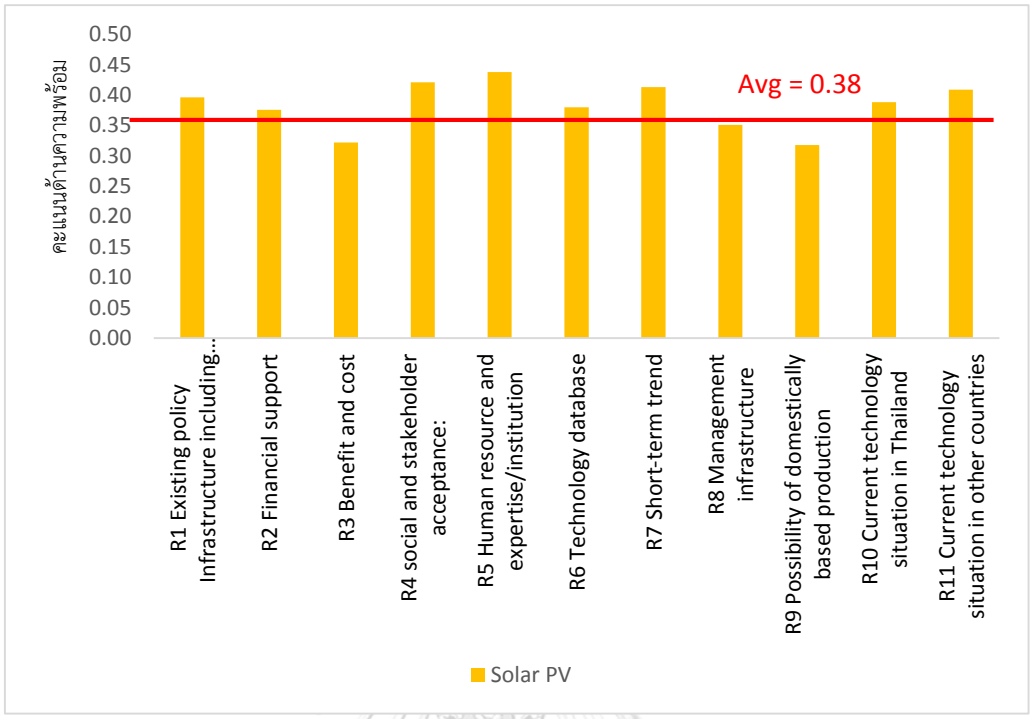


รูปที่ 10 แสดงผลการวิเคราะห์ช่องว่างของกลุ่มเทคโนโลยีพลังงานน้ำ

4.4.5 เทคโนโลยีพลังงานแสงอาทิตย์

จากรูปที่ 11 การวิเคราะห์ช่องว่างของเทคโนโลยีพลังงานแสงอาทิตย์ (Solar PV) จะเห็นภาพรวมว่าคะแนนจะอยู่ในช่วงปานกลางถึงสูง สะท้อนให้เห็นว่าในปัจจุบัน เทคโนโลยีนี้มีความพร้อมอยู่พอสมควร สังเกตประเด็นที่ R3 เรื่องของต้นทุนและผลประโยชน์สืบเนื่องมาจากต้นทุนในการสร้างแผงนั้นยังสูงมาก เนื่องจากซิลิกอนที่เป็นแร่มาผลิตแผง ไม่มีคุณภาพเมื่อเทียบกับประเทศจีนจึงไม่สามารถแข่งขันราคากันได้ สะท้อนให้เห็นกับผลประเมิน R10 กับความเป็นไปได้ที่ผลิตเทคโนโลยีในประเทศ ยังอยู่ในระดับที่ต่ำ ซึ่งโอกาสในไทยคงได้เป็นเพียงธุรกิจการติดตั้งและการบำรุงรักษา แต่ข้อเสียของพลังงานแสงอาทิตย์ยังมีอยู่คือไม่สามารถผลิตได้ต่อเนื่อง ขาดเสถียรภาพ ซึ่งต้องพึ่งพาแบตเตอรี่ที่มาใช้ควบคู่กันไปนั่นหมายถึงต้นทุนที่เพิ่มขึ้นมาด้วย

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

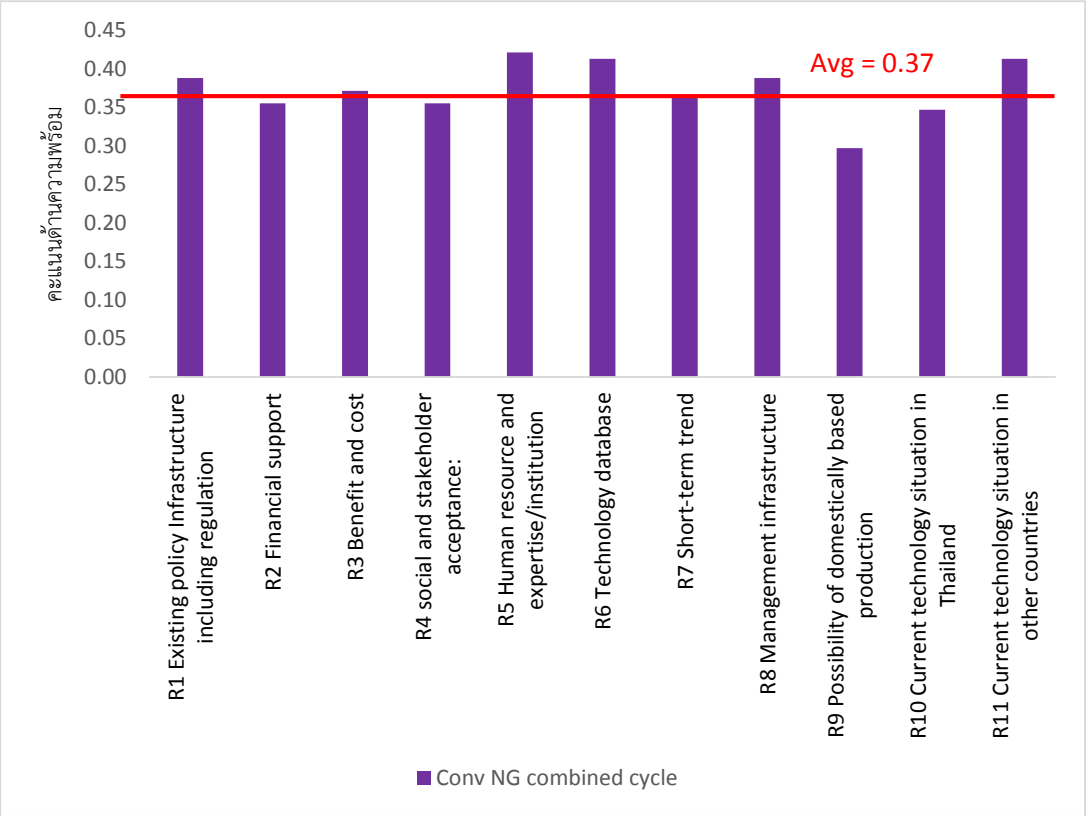


รูปที่ 11 แสดงผลการวิเคราะห์ช่องว่างของเทคโนโลยีพลังงานแสงอาทิตย์

4.4.6 เทคโนโลยีเทคโนโลยีก๊าซธรรมชาติ

จากรูปที่ 12 เทคโนโลยีก๊าซธรรมชาติ เป็นเทคโนโลยีที่ใช้ในปัจจุบันมาก เนื่องจากประเทศไทยพึ่งพาก๊าซธรรมชาติเป็นหลักถึงร้อยละ 64 ส่งผลให้คะแนนโดยรวมแล้วความพร้อมอยู่ในขั้นที่สูงเมื่อเทียบกับเทคโนโลยีอื่นๆ ซึ่งในปัจจุบันทางภาครัฐได้ระบุในแผนพัฒนากำลังผลิตไฟฟ้า หรือ PDP 2015 ที่มีนโนบายการกระจายเชื้อเพลิง เพื่อลดความเสี่ยงการพึงพิงเชื้อเพลิงชนิดใดชนิดหนึ่งมากเกินไป ซึ่งหากไม่เตรียมพร้อมรับมือ หากในวันข้างหน้าก๊าซธรรมชาติไม่เพียงพอต่อความต้องการของคนในประเทศ จะทำให้พลังงานขาดความมั่นคงลงได้ แผนจึงสนับสนุนพลังงานจากถ่านหินและทดแทนมากยิ่งขึ้น แต่หากยังจำเป็นต้องใช้ก๊าซธรรมชาติต่อไป ผู้วิจัยวิเคราะห์ว่า ควรจัดตั้งสถาบันวิจัยพัฒนาเทคโนโลยีด้านก๊าซธรรมชาติโดยตรงให้เป็นรูปธรรมอย่างชัดเจน และจัดกองทุนสนับสนุนสถาบันวิจัยดังกล่าว เพื่อให้ประเทศไทยมีเทคโนโลยีที่มีศักยภาพสูงเพื่อลดการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

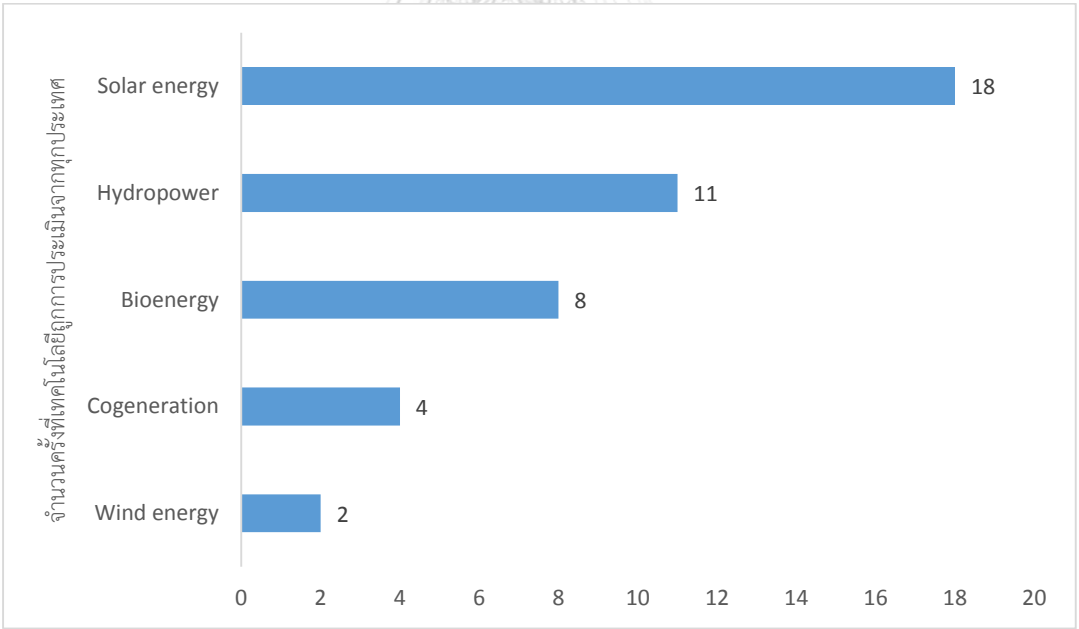


รูปที่ 12 แสดงผลการวิเคราะห์ช่องว่างของเทคโนโลยีก๊าซธรรมชาติ

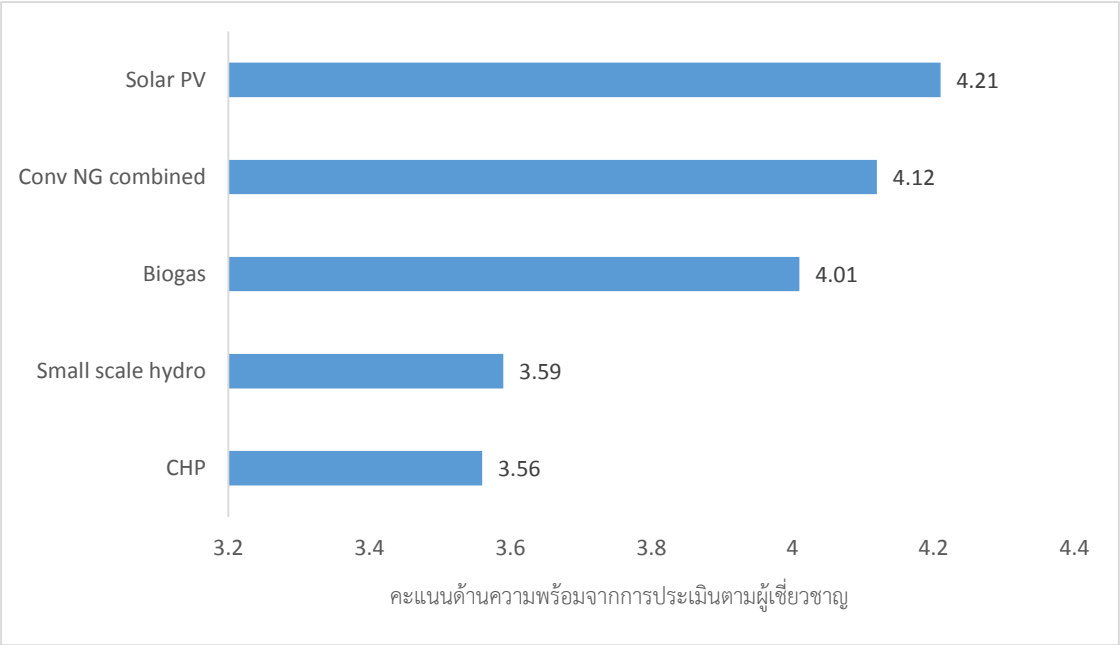
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

4.5 การจัดลำดับเทคโนโลยีโดยการสนับสนุนนโยบายในแต่ละประเด็น

ทางผู้วิจัยได้ตั้งสมมติฐานโดยเป็นผู้จัดทำแผนนโยบาย เพื่อที่ผลักดันประเด็นต่างๆอย่างเต็มที่ เพื่อที่จะดูว่าเทคโนโลยีใดที่เมื่อได้รับสนับสนุนแล้วจะมาเป็นอันดับแรก โดยมุ่งเน้น 5 ประเด็นหลัก คือ 1. R3 ด้านต้นทุนและผลประโยชน์ เป็นการสนับสนุนนโยบายที่แสดงถึงการลงทุนแล้วคุ้มค่าที่สุด 2. R4 ด้านการยอมรับจากสังคมและผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย เป็นนโยบายที่ประชาชนเห็นด้วยเป็นหลัก 3. R9 ด้านความเป็นไปได้ที่ผลิตภายในประเทศ เพื่อส่งเสริมทรัพยากรในประเทศให้เกิดประโยชน์สูงสุด 4. I1 ด้านผลกระทบต่อเศรษฐกิจ เพื่อส่งเสิมเทคโนโลยีที่สามารถสร้างมูลค่าและแข่งขันในตลาดได้สูง และประเด็นที่ 5. I3 ด้านผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม เป็นนโยบายที่คำนึงถึงแต่สิ่งแวดล้อมเท่านั้น โดยผู้วิจัยทำการให้ค่าน้ำหนักในประเด็นเดียวเท่านั้น เพื่อสะท้อนในมุมมองที่การสนับสนุนอย่างเต็มที่ จากนั้นจัดลำดับเทคโนโลยีแยกเป็นประเด็นด้านความพร้อมเทคโนโลยีและผลกระทบ และนำไปเปรียบเทียบกับ กรณีที่ 2 คือน้ำหนักตามที่ทางผู้เชี่ยวชาญเล็งเห็นถึงความสำคัญกับผลอันดับทาง UNFCCC ที่ได้รายงานไว้จากประเทศทั่วโลก ผลอันดับ 5 เทคโนโลยีแรกของประเด็นด้านความพร้อม ดังแสดงรูปที่ 13, 14, 15, 16 และ 17

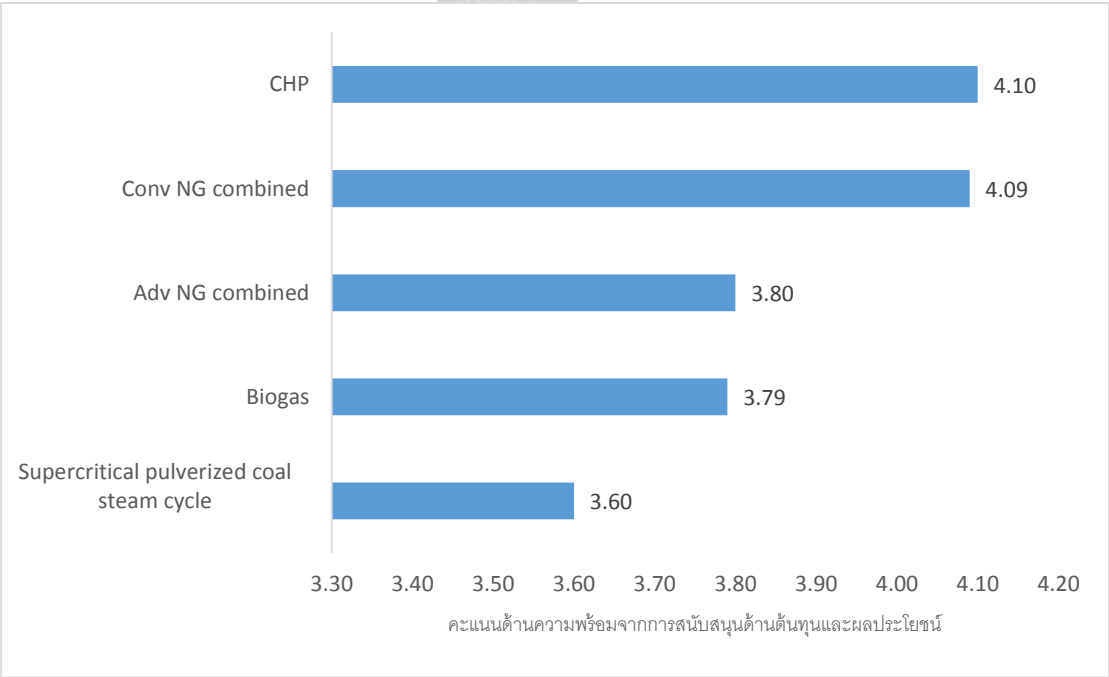


รูปที่ 13 แสดงจำนวนครั้งที่เทคโนโลยีถูกการประเมินจากทุกประเทศที่เข้าโครงการ TNA ของ UNFCCC *[21]*

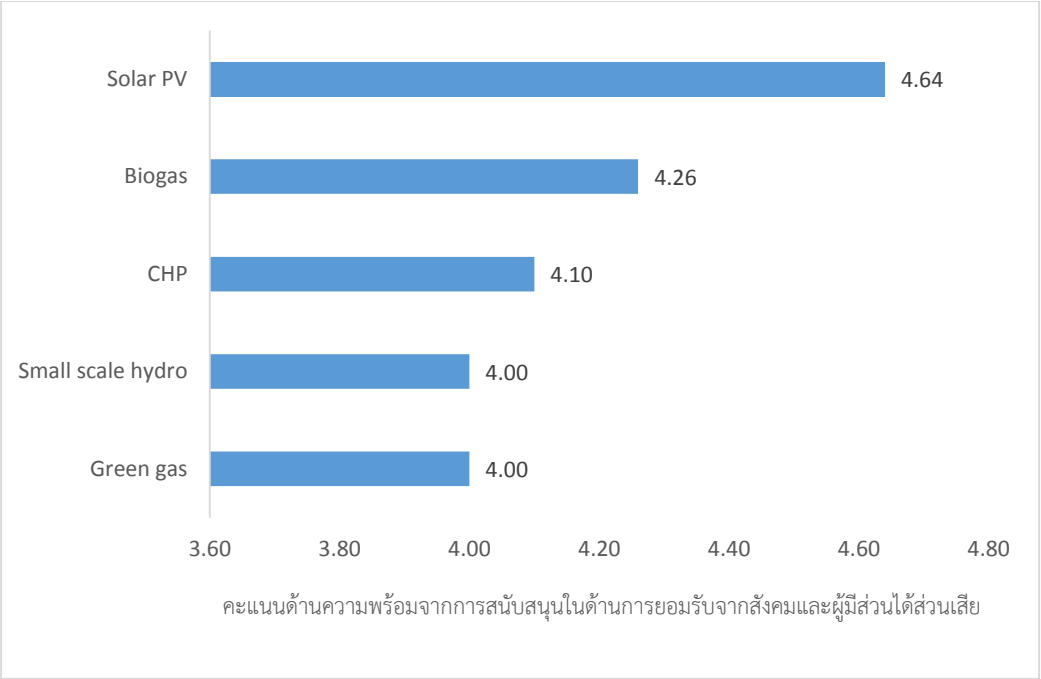


รูปที่ 14 แสดงการจัดลำดับเทคโนโลยีด้านความพร้อมจากผลการประเมินตามผู้เชี่ยวชาญ

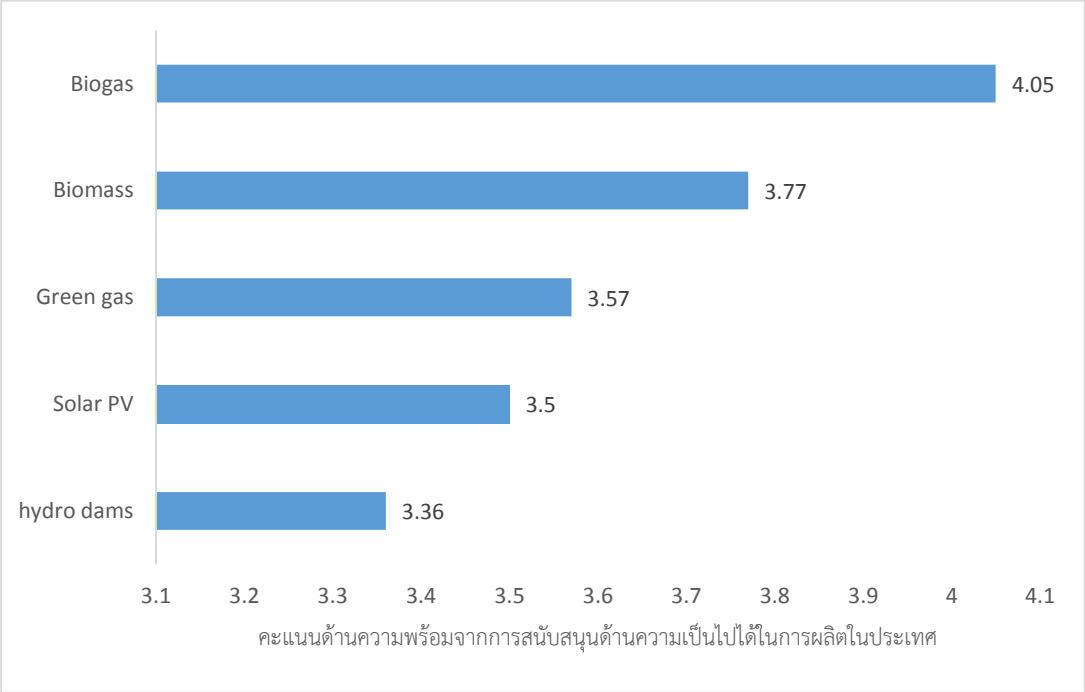
ประเด็นสนับสนุนด้านความพร้อม



รูปที่ 15 แสดงการจัดลำดับเทคโนโลยีด้านความพร้อมจากการสนับสนุนอย่างเต็มที่ในด้านต้นทุนและผลประโยชน์



รูปที่ 16 แสดงการจัดลำดับเทคโนโลยีด้านความพร้อมจากการสนับสนุนอย่างเต็มที่ในด้านการยอมรับจากสังคมและผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย



รูปที่ 17 แสดงการจัดลำดับเทคโนโลยีด้านความพร้อมจากการสนับสนุนอย่างเต็มที่ในด้านความเป็นไปได้ในการผลิตในประเทศ

จากรายงานทาง UNFCCC เป็นรายงาน Technology needs assessments 2015-2018 ซึ่งแสดงผลเป็นจำนวนครั้งของเทคโนโลยีที่ถูกนำมาประเมิน ซึ่งจากบทสรุปของรายงานนี้ภาคส่วนที่ถูกนำมาประเมินที่ควรได้รับการบรรเทามากที่สุดคือ ภาคพลังงาน มาจากการประเมินในหลายๆ ประเทศร้อยละ 80 โดยรายงานดังกล่าวสะท้อนให้เห็นว่าเทคโนโลยีทั่วโลกได้ถูกนำมาประเมินเป็นอย่างมากในหลายๆประเทศที่เข้าร่วมกับโครงการ เทคโนโลยีอันดับแรก จากรูปที่ 13 คือ พลังงานแสงอาทิตย์ (Solar Energy) เมื่อเทียบกับการวิเคราะห์จัดลำดับเทคโนโลยีที่สนับสนุนนโยบายต่างๆ อย่างเต็มที่ จะเห็นได้ว่า พลังงานแสงอาทิตย์ (Solar PV) เป็นเทคโนโลยีที่ติดอันดับ 5 ลำดับแรกจากหลายประเด็น ประกอบด้วย กรณีที่ 2 จากการประเมินทางผู้เชี่ยวชาญ และ ประเด็น R4 ด้านยอมรับจากสังคมและผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย อีกประเด็นคือ R9 ความเป็นไปได้ที่ผลิตภายในประเทศ เป็นเทคโนโลยีอันดับที่ 4 เนื่องจากขาดประเด็นด้านนี้ ยังได้รับการสนับสนุนหรือผลักดันอยู่ในระดับต่ำ เนื่องด้วยศักยภาพที่สามารถผลิตตัวแผงได้ ยังต่ำมากและมีราคาแพง จึงสะท้อนให้เห็นนโยบายประเด็น R3 ต้นทุนและผลประโยชน์ เทคโนโลยีนี้ไม่ติดอันดับ

ลำดับที่ 2 จากการรายงานของ UNFCCC คือ พลังงานน้ำ เมื่อเปรียบเทียบอีกทั้ง 4 นโยบาย มีนโยบาย 3 ด้านที่พลังงานน้ำติดอันดับ 5 ลำดับแรก คือ จากกรณีที่ 2 จากการประเมินผู้เชี่ยวชาญ และ R4 ประเด็นการยอมรับจากสังคมและผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย ที่เป็นลำดับที่ 4 ซึ่งเป็นเทคโนโลยีชนิดพลังงานน้ำขนาดเล็ก (small scale hydro) ทั้งคู่ จากรูปที่ 14 และ 16 ซึ่งเมื่อสังเกตจากระดับคะแนนเทียบกันทั้ง 2 กรณีแล้วนะ จะเห็นได้ว่า ระดับคะแนนนั้นสูงขึ้นอย่างเห็นได้ชัด แสดงว่า เมื่อมุ่งเน้นนโยบายการยอมรับจากสังคม มีผลต่อเทคโนโลยีนี้ในทางที่ดีขึ้น อีกประเด็นคือ ความเป็นไปได้ในการผลิตภายในประเทศ จะเป็นเทคโนโลยี เขื่อน (Hydro dams) ที่อยู่อันดับที่ 5

กลุ่มเทคโนโลยี พลังงานชีวภาพ (Bioenergy) ของทาง UNFCCC เป็นลำดับที่ 3 ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบในการสนับสนุนนโยบายด้านต่างๆแล้ว จากรูปที่ 17 ความเป็นไปได้ในการผลิตภายในประเทศ เห็นได้ว่าเมื่อได้ทำการสนับสนุนกับนโยบายนี้อย่างเต็มที่ กลุ่มเทคโนโลยีชีวมวลและก๊าซธรรมชาติ ขึ้นมาเป็น 3 อันดับแรก ประกอบไปด้วย ก๊าซชีวภาพ (Biogas), ชีวมวล (Biomass) และ กรีนแก๊ส (Green gas) ตามลำดับ สะท้อนให้เห็นว่าจากการประเมินผู้เชี่ยวชาญร่วมกับการสนับสนุนนโยบายประเด็นนี้แล้ว จะส่งผลให้เทคโนโลยีในกลุ่มนี้มีศักยภาพความพร้อมที่มากขึ้น ส่วนในประเด็นการยอมรับจากสังคมและผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย จะอยู่ที่ลำดับที่ 2 ของเทคโนโลยี ก๊าซชีวภาพ (biogas) และลำดับที่ 5 คือ กรีนแก๊ส (Green gas) เมื่อวิเคราะห์ดูคะแนน จะเห็นว่าคะแนนอยู่ในระดับที่สูง ซึ่งสะท้อนเห็นว่าการสนับสนุนประเด็นการยอมรับจากสังคมนั้นส่งผลในเชิงบวก ส่วนในประเด็น ต้นทุนและผลประโยชน์ จะประกอบด้วย ก๊าซชีวภาพ (Biogas) อยู่ลำดับที่ 4 เห็นได้ว่าเมื่อเทียบกับคะแนนของการประเมินจากผู้วิจัยแล้ว ความพร้อมน้อยลง วิเคราะห์ได้ว่า ถึงแม้จะสนับสนุนประเด็นนี้แล้วก็ตาม ในมุมมองผู้เชี่ยวชาญอาจจะยังไม่คุ้มค่ามากนักเมื่อเทียบกับเทคโนโลยีด้านอื่น

สุดท้ายไม่ว่าจะเป็นการสนับสนุนประเด็นด้านไหนก็ตาม จะเห็นว่าเทคโนโลยีกลุ่มนี้จัดอยู่ในลำดับ 5 ลำดับแรกของทุกนโยบายที่ทำการสนับสนุน สะท้อนเห็นว่า กลุ่มเทคโนโลยีนี้มีศักยภาพสูงที่จะผลักดันต่อไป

กลุ่มเทคโนโลยี พลังงานความร้อนร่วม (Cogeneration) อยู่ลำดับที่ 4 ของรายงานทาง UNFCCC เมื่อเปรียบเทียบกับผลการวิจัยแล้ว กลุ่มเทคโนโลยีที่ถูกจัดในกลุ่มนี้ ประกอบไปด้วย พลังงานความร้อร่วม (CHP), พลังงานไฟฟ้าร่วมโดยใช้ก๊าซธรรมชาติแบบทั่วไป (Conv NG combined cycle), พลังงานไฟฟ้าร่วมโดยใช้ก๊าซธรรมชาติแบบขั้นสูง (Adv NG combined cycle) ซึ่งเห็นได้ชัดเจนว่า กลุ่มเทคโนโลยีนี้โดดเด่นมากในการสนับสนุนของประเด็นเรื่องต้นทุนและผลประโยชน์ ทำให้ตรงกับความเป็นจริงในปัจจุบันเพราะส่วนใหญ่เทคโนโลยีที่ผลิตไฟฟ้านั้นส่วนใหญ่จะเป็น พลังงานความร้อนร่วม (cogeneration) เนื่องจากเราใช้เชื้อเพลิงก๊าซธรรมชาติเป็นหลักในการผลิตไฟฟ้า ถึงแม้ว่าต้นทุน ค่าติดตั้งและค่าบำรุงรักษาค่อนข้างสูง แต่เมื่อเทียบกับโรงไฟฟ้าขนาดใหญ่มาก เงินลงทุนเริ่มแรกของระบบ พลังงานความร้อนร่วม (cogeneration) ต่ำกว่า และยังประหยัดเชื้อเพลิงได้ถึงร้อยละ 10 ถึง 30 และประเด็นการยอมรับจากสังคมอยู่ในลำดับที่ 3

ลำดับสุดท้ายเทคโนโลยี พลังงานลม (Wind energy) ของรายงาน UNFCCC เมื่อดูผลจากวิเคราะห์จัดลำดับ ไม่ติดอันดับ 5 อันดับแรกเนื่องจากความพร้อมของพลังงานลม ศักยภาพอาจจะยังไม่พร้อมมากนัก หรือ เทคโนโลยีอื่นมีความพร้อมมากว่าเมื่อได้รับการสนับสนุนประเด็นต่างๆ แต่จะมีเทคโนโลยีที่ประชาชนต่อต้านในปัจจุบันคือเทคโนโลยีถ่านหิน คือ **เทคโนโลยีถ่านหินสะอาด** (Supercritical pulverized coal steam cycle) ซึ่งจะเห็นได้ว่าทุกประเด็นเทคโนโลยีถ่านหินจะไม่ติดอันดับเลย ยกเว้น ประเด็นด้านต้นทุนและผลประโยชน์ ซึ่งทำให้วิเคราะห์ว่า เมื่อได้ทำการสนับสนุนนโยบายประเด็นนี้แล้ว ถ่านหินซึ่งเป็นวัตถุดิบราคาถูก ไม่แพง และสามารถผลิตกระแสไฟฟ้าในปริมาณมากๆได้ และประเทศไทยสามารถหาแหล่งได้ พร้อมทั้งๆ ประเทศเพื่อนบ้านก็มีแหล่งอีกด้วย จากเหตุผลดังกล่าวทำให้ติดอันดับที่ 5 ของการสนับสนุนนโยบายเรื่องต้นทุนและผลประโยชน์

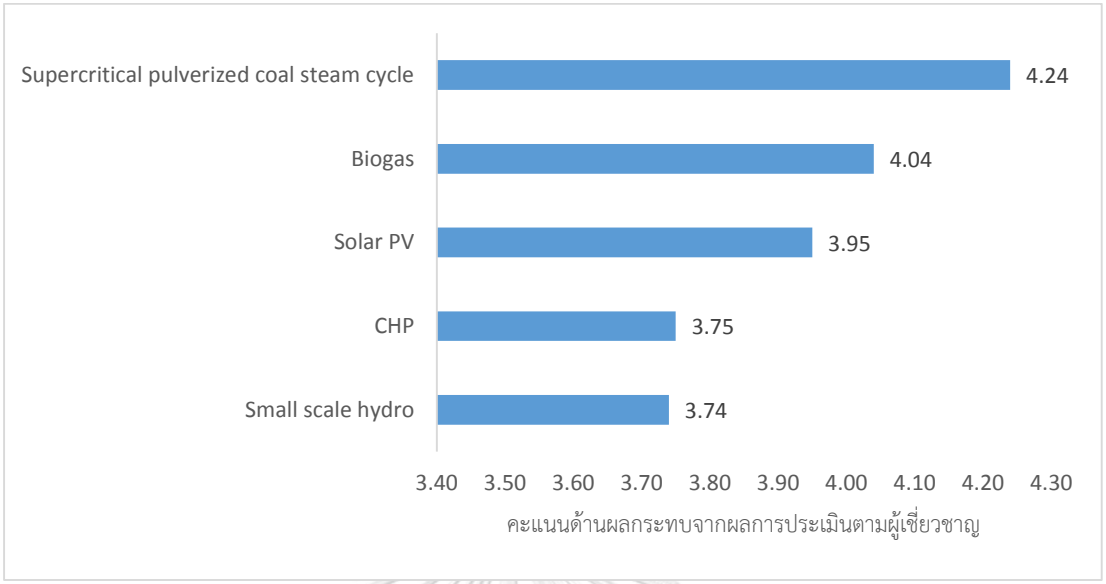
ประเด็นสนับสนุนด้านผลกระทบ

ผลการวิเคราะห์จัดลำดับเทคโนโลยีจากการสนับสนุนประเด็นด้านผลกระทบ 2 ประเด็น ประกอบด้วย ผลกระทบทางด้านเศรษฐกิจและผลกระทบทางด้านสิ่งแวดล้อม ดังรูปที่ 19 และ 20 เทียบกับลำดับเทคโนโลยีจากการประเมินของผู้เชี่ยวชาญในด้านผลกระทบรูปที่ 18 เห็นได้ว่า เทคโนโลยีถ่านหินสะอาด (Supercritical pulverized coal steam cycle) เป็นเทคโนโลยีอันดับที่ 1 ในทุกๆประเด็นที่ทำการสนับสนุนอย่างเต็มที่ เนื่องมาจากเทคโนโลยีนี้กำลังเป็นที่ผลักดันอยู่ในขณะนี้และทางผู้ประเมินเล็งเห็นว่าเทคโนโลยีได้ส่งผลกระทบในเชิงบวกพร้อมอีกทั้งยังส่งผลกระทบทางบวกในเชิงสิ่งแวดล้อมด้วย ทำให้เมื่อมีการผลักดันสนุนในแต่ละด้านเทคโนโลยีนี้จึงมาเป็นอันดับ 1

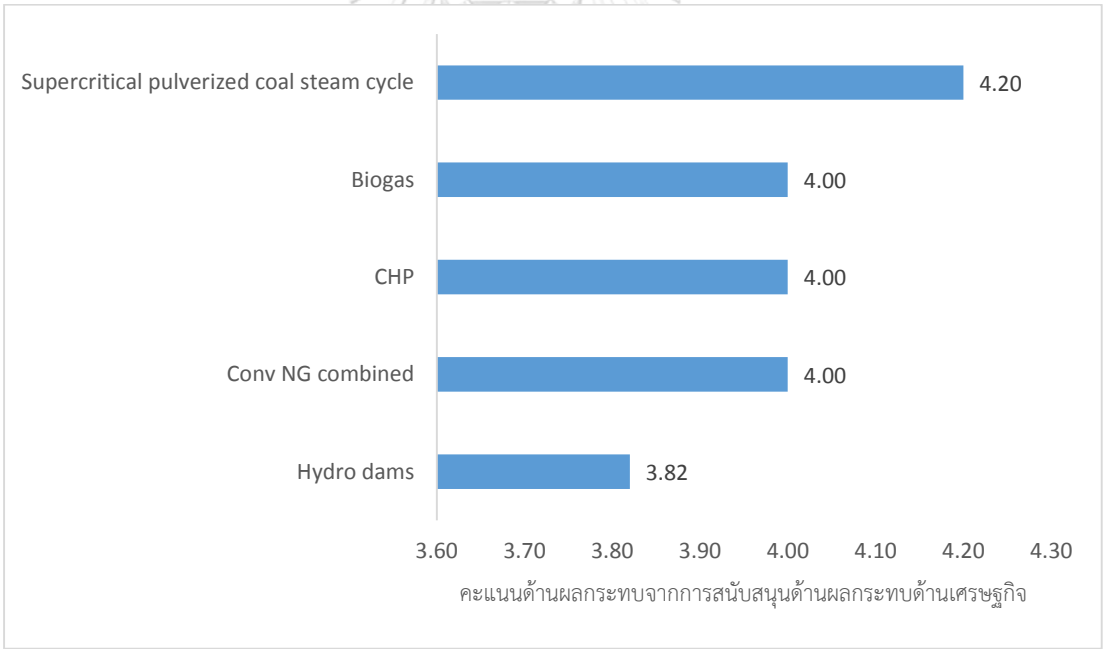
อันดับที่ 2 จากที่ผู้เชี่ยวชาญทำการประเมินนั้น คือ ก๊าซชีวภาพ (Biogas) ซึ่งเป็นเทคโนโลยีที่ติดอันดับในทุกๆประเด็นที่สนับสนุน แต่อันดับอาจจะต่างกันคือทางด้านผลกระทบทางด้านเศรษฐกิจจะอยู่อันดับที่ 2 แต่ในประเด็นผลกระทบทางด้านสิ่งแวดล้อมนั้นจะอยู่ในลำดับที่ 4 แต่ถึงกระนั้นเมื่อวิเคราะห์ระดับคะแนนแล้วคะแนนไม่ต่างกัน ซึ่งสะท้อนให้เห็นว่า ไม่ว่าจะสนับสนุนประเด็นผลกระทบมากน้อยแค่ไหนก็ตาม เทคโนโลยีนี้ไม่ได้แสดงถึงความจำเป็นที่มากขึ้นหรือน้อยลง

เทคโนโลยีอันดับที่ 3 คือ พลังงานแสงอาทิตย์ (Solar PV) ในด้านผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อม เทคโนโลยีนี้เป็นอันดับที่ 2 ซึ่งเมื่อวิเคราะห์ลำดับคะแนน อยู่ระดับที่สูงขึ้นมาก แสดงว่าการผลักดันนโยบายการยอมรับจากสังคมทำให้เทคโนโลยีมีความสำคัญมากขึ้น ในส่วนของเทคโนโลยีพลังงานน้ำที่ติดอันดับในทุกๆประเด็นนั้น อยู่ในลำดับที่ 5 ของประเด็นจากผู้เชี่ยวชาญทำการประเมินและผลกระทบทางด้านเศรษฐกิจ แต่เมื่อได้การให้สนับสนุนทางด้านสิ่งแวดล้อมมากขึ้น พลังงานน้ำขึ้นมาอันดับที่ 3 ของประเด็นนี้ และระดับคะแนนก็สูงขึ้นมาแสดงว่า ปัจจัยทางด้านสิ่งแวดล้อมเป็นตัวผลักดันให้พลังงานน้ำมีความสำคัญมากยิ่งขึ้น

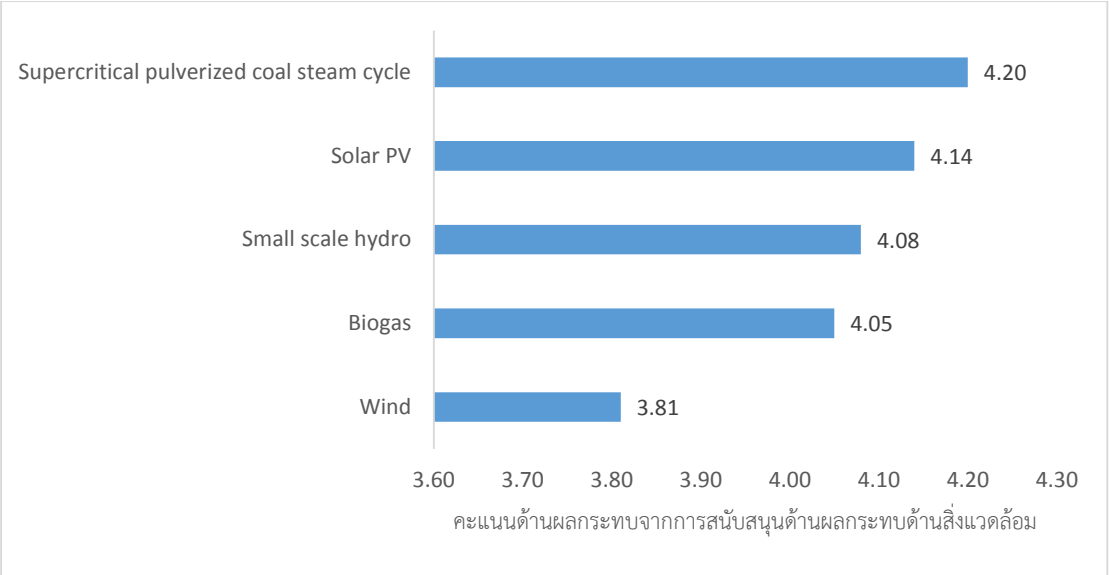
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University



รูปที่ 18 แสดงการจัดลำดับเทคโนโลยีด้านผลกระทบจากผลการประเมินตามผู้เชี่ยวชาญ



รูปที่ 19 แสดงการจัดลำดับเทคโนโลยีด้านผลกระทบจากการสนับสนุนอย่างเต็มที่ในด้านผลกระทบทางด้านเศรษฐกิจ



รูปที่ 20 แสดงการจัดลำดับเทคโนโลยีด้านผลกระทบจากการสนับสนุนอย่างเต็มที่ในด้านผลกระทบทางด้านสิ่งแวดล้อม

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทที่ 5
สรุปผลการวิจัย

การวิจัยนี้เป็นการวิจัยเพื่อจัดลำดับความสำคัญของเทคโนโลยีพลังงานในการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในภาคการผลิตไฟฟ้า โดยพิจารณาจากความพร้อมและผลกระทบในด้านต่างๆ โดยสามารถสรุปผลการวิจัยได้ดังต่อไปนี้

5.1 สรุปผลการจัดลำดับความสำคัญของเทคโนโลยีโดยเปรียบเทียบจากการประเมินด้านผลกระทบกับด้านความพร้อมของเทคโนโลยี

การทำแบบประเมินของผู้เชี่ยวชาญด้านการผลิตไฟฟ้าเพื่อทำการประเมินเทคโนโลยีด้านการผลิตไฟฟ้าครอบคลุม 2 ประเด็นคือ ประเด็นด้านความพร้อมเทคโนโลยีและผลกระทบ โดยทางผู้วิจัยได้จัดอันดับเทคโนโลยีโดยแบ่งกลุ่มเทคโนโลยีเป็น 2 กลุ่มคือ ตารางที่ 13 กลุ่มเทคโนโลยีที่ส่งผลกระทบและความพร้อมสูง และ ตารางที่ 14 กลุ่มเทคโนโลยีที่ส่งผลกระทบสูงแต่ความพร้อมอยู่ในระดับต่ำ สังเกตได้ว่าเทคโนโลยีส่วนใหญ่จะเป็นพลังงานทางเลือกสะท้อนให้เห็นว่าปัจจุบันเราได้ให้ความสำคัญกับพลังงานทางเลือกมากขึ้นที่ช่วยบรรเทาการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก

ตารางที่ 13 แสดงผลการจัดลำดับความสำคัญของกลุ่มเทคโนโลยีที่ส่งผลกระทบสูงและความพร้อมสูง

ลำดับ	เทคโนโลยี/ทางเลือก
1	พลังงานแสงอาทิตย์ (Solar PV)
2	พลังงานไฟฟ้าร่วมโดยใช้แก๊สธรรมชาติแบบทั่วไป (Conventional natural gas combined cycle)
3	ก๊าซชีวภาพ (Biogas)
4	พลังงานน้ำขนาดเล็ก (Small scale hydro)
5	พลังงานความร้อนร่วม (CHP)
6	กรีนแก๊ส (Green gas)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 14 แสดงผลการจัดลำดับความสำคัญของกลุ่มเทคโนโลยีที่ส่งผลกระทบสูงแต่ความพร้อมอยู่ระดับต่ำ

ลำดับ	เทคโนโลยี/ทางเลือก
1	เขื่อน (Hydro dams)
2	เทคโนโลยีถ่านหินสะอาด (Supercritical pulverized coal steam cycle)
3	แบตเตอรี่ (Bettery)

5.2 สรุปการวิเคราะห์ช่องว่าง หรือ Gap analysis

ผลการประเมินเทคโนโลยีจากผู้เชี่ยวชาญ ผู้วิจัยได้นำเทคโนโลยีที่มีค่าผลกระทบสูงจากแผนภาพกรณีที่ 1 การให้ค่าน้ำหนักเท่ากันในทุกประเด็น เนื่องจากเพื่อแสดงให้เห็นว่าผลการประเมินนั้นมาจากการประเมินผู้เชี่ยวชาญจริง โดยไม่มีน้ำหนักมาเกี่ยวข้อง เพื่อนำไปวิเคราะห์ช่องว่าง หรือ gap analysis เพื่อที่จะได้รู้ประเด็นความพร้อมด้านไหนบ้างที่ควรจะสนับสนุนเพิ่มเติมให้มีความพร้อมมากขึ้น ซึ่งในแต่ละเทคโนโลยีมีประเด็นที่ควรสนับสนุนที่แตกต่างกัน ซึ่งประเด็นหลักๆคือ การสนับสนุนด้านการเงิน และประเด็นทางด้านต้นทุนและผลประโยชน์ แสดงดังตารางที่ 15

ตารางที่ 15 แสดงผลการวิเคราะห์ช่องว่างของกลุ่มเทคโนโลยีที่ส่งผลกระทบสูง

กลุ่มเทคโนโลยี	รายการเทคโนโลยี	ประเด็นที่ควรสนับสนุนเพิ่มเติม
เทคโนโลยีถ่านหิน	เทคโนโลยีถ่านหินสะอาด (Supercritical pulverized coal steam cycle)	การสนับสนุนด้านการเงิน, นโยบาย กฎระเบียบที่เกี่ยวข้อง
กลุ่มพลังงานชีวมวลและก๊าซชีวภาพ	พลังงานความร้อนร่วม (CHP)	การบริหารจัดการโครงสร้างพื้นฐาน
	ก๊าซชีวภาพ (Biogas)	
	ชีวมวล (Biomass)	
	กรีนแก๊ส (Green gas)	

กลุ่มเทคโนโลยี	รายการเทคโนโลยี	ประเด็นที่ควรสนับสนุนเพิ่มเติม
เทคโนโลยีแบตเตอรี่	แบตเตอรี่ (Battery)	ต้นทุนและผลประโยชน์, การสนับสนุนด้านการเงิน
กลุ่มเทคโนโลยีพลังงานน้ำ	เขื่อน (Hydro dams)	การสนับสนุนด้านการเงิน, การยอมรับจากสังคม,ความเป็นไปได้ที่ผลิตในประเทศ
	พลังงานน้ำขนาดเล็ก (Small scale hydro)	
เทคโนโลยีพลังงานแสงอาทิตย์	พลังงานแสงอาทิตย์ (Solar PV)	ต้นทุนและผลประโยชน์, สนับสนุนด้านการเงิน
เทคโนโลยีก๊าซธรรมชาติ	พลังงานไฟฟ้าร่วมโดยใช้แก๊สธรรมชาติแบบทั่วไป (Conventional Natural gas combined cycle)	ความเป็นไปได้ที่ผลิตในประเทศ

5.3 สรุปผลการจัดลำดับความสำคัญของเทคโนโลยีโดยสนับสนุนประเด็นนโนบายด้านต่างๆ

การวิจัยการจัดลำดับความสำคัญเทคโนโลยีในภาคการผลิตไฟฟ้าเพื่อบรรเทาการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ โดยสนับสนุนประเด็นนโนบายด้านต่างๆ ประกอบด้วย 5 ประเด็น คือ R3 ต้นทุนและผลประโยชน์, R4 การยอมรับจากสังคมและผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย, R9 ความเป็นไปได้ที่จะผลิตในประเทศ, I1 ผลกระทบทางด้านเศรษฐกิจ และ I3 ผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อม เปรียบเทียบกับกรณีที่ 2 ผลการประเมินจากผู้เชี่ยวชาญ ซึ่งทำให้หาข้อสรุปได้ว่าลำดับเทคโนโยลีที่ควรสนับสนุนในภาคการผลิตไฟฟ้า ในแต่ละประเด็นมีเทคโนโลยีอะไรบ้าง เพื่อเป็นแนวทางในการสนับสนุนเทคโนโลยีภาคการผลิตไฟฟ้าที่สามารถลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้ ในแต่ละนโบบาย ซึ่งผลการจัดอันดับแสดงตารางที่ 16 และ 17

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 16 แสดงผลการจัดลำดับเทคโนโลยีโดยสนับสนุนประเด็นนโนบายด้านความพร้อม

ลำดับ	ผลการจัดอันดับเทคโนโลยีจากการประเมินผู้เชี่ยวชาญ	สนับสนุนด้านต้นทุนและผลประโชยน์อย่างเต็มที่	สนับสนุนด้านการยอมรับจากสังคมและผู้มีส่วนได้ส่วนเสียอย่างเต็มที่	สนับสนุนด้านความเป็นไปได้ในการผลิตภายในประเทศอย่างเต็มที่
1	พลังงานแสงอาทิตย์ (Solar PV)	พลังงานความร้อนร่วม (CHP)	พลังงานแสงอาทิตย์ (Solar PV)	ก๊าซชีวภาพ (Biogas)
2	พลังงานไฟฟ้าร่วมโดยใช้แก๊สธรรมชาติแบบทั่วไป (Conv. NG combined cycle)	พลังงานไฟฟ้าร่วมโดยใช้แก๊สธรรมชาติแบบทั่วไป (Conv. NG combined cycle)	ก๊าซชีวภาพ (Biogas)	ชีวมวล (Biomass)
3	ก๊าซชีวภาพ (Biogas)	พลังงานไฟฟ้าร่วมโดยใช้แก๊สธรรมชาติแบบขั้นสูง (Adv. NG combined cycle)	พลังงานความร้อนร่วม (CHP)	กรีนแก๊ส (Green gas)
4	พลังงานน้ำขนาดเล็ก (Small scale hydro)	ก๊าซชีวภาพ (Biogas)	พลังงงานน้ำขนาดเล็ก (Small scale hydro)	พลังงานแสงอาทิตย์ (Solar PV)
5	พลังงานความร้อนร่วม (CHP)	เทคโนโลยีถ่านหินสะอาด (Supercritical pulverized coal steam cycle)	กรียแก๊ส (Green gas)	เขื่อน (Hydro dams)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 17 แสดงผลการจัดลำดับเทคโนโลยีโดยสนับสนุนประเด็นนโนบายด้านผลกระทบ

ลำดับ	ผลการจัดอันดับเทคโนโลยีจากการประเมินผู้เชี่ยวชาญ	สนับสนุนผลกระทบทางด้านเศรษฐกิจอย่างเต็มที่	สนับสนุนผลกระทบทางด้านสิ่งแวดล้อมอย่างเต็มที่
1	เทคโนโลยีถ่านหินสะอาด (Supercritical pulverized coal steam cycle)	เทคโนโลยีถ่านหินสะอาด (Supercritical pulverized coal steam cycle)	เทคโนโลยีถ่านหินสะอาด (Supercritical pulverized coal steam cycle)
2	ก๊าซชีวภาพ (Biogas)	ก๊าซชีวภาพ (Biogas)	พลังงานแสงอาทิตย์ (Solar PV)
3	พลังงานแสงอาทิตย์ (Solar PV)	พลังงานความร้อนร่วม (CHP)	พลังงานน้ำขนาดเล็ก (Small scale hydro)
4	พลังงานความร้อนร่วม (CHP)	พลังงานไฟฟ้าร่วมโดยใช้แก๊สธรรมชาติแบบทั่วไป (Conv. NG combined cycle)	ก๊าซชีวภาพ (Biogas)
5	พลังงานน้ำขนาดเล็ก (Small scale hydro)	เขื่อน (Hydro dams)	พลังงานลม (Wind)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

5.4 เปรียบเทียบการจัดลำดับความสำคัญของเทคโนโลยีของประเทศไทยกับประเทศต่างๆ

ผลการจัดลำดับความสำคัญของเทคโนโลยีในภาคการผลิตไฟฟ้า เพื่อบรรเทาการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ เป็นมุมมองของประเทศไทยเท่านั้น เมื่อไปเปรียบเทียบประเทศต่างๆที่เข้าร่วมโครงการ TNA ของ UNDP ซึ่งจะแสดงให้เห็นชัดเจนว่า ในแต่ละเทศนั้นมีความจำเป็นเทคโนโลยีที่แตกต่างกัน ขึ้นกับปัจจัยด้านต่างๆ เช่น ภูมิประเทศ ประชากร รัฐบาลแต่ละประเทศในการสนับสนุนเทคโนโลยีต่างๆ ความสามารถผลิตเทคโนโลยีได้ภายในประเทศรวมถึง ศักยภาพและทรัพยากรพลังงานที่มีอยู่ ซึ่งประเทศที่ได้นำมาเปรียบเทียบได้แก่ ประเทศอินโดเนเซีย, ประเทศคาซัคสถาน และ ประเทศมองโกเลีย แสดงตารางที่ 18

ตารางที่ 18 เปรียบเทียบการจัดลำดับความสำคัญของเทคโนโลยีของประเทศไทยกับประเทศต่างๆ

อันดับ	ประเทศไทย	ประเทศอินโดเนเซีย	ประเทศคาซัคสถาน	ประเทศมองโกเลีย
1	พลังงานแสงอาทิตย์ (Solar PV)	พลังงานแสงอาทิตย์ (Solar PV)	เทคโนโลยีถ่านหิน (Coal gasification technology)	เขื่อน (Large hydro power plant)
2	พลังงานไฟฟ้าร่วมโดยใช้แก๊สธรรมชาติแบบทั่วไป (Conventional natural gas combined cycle)	พลังงงานลม (Wind power)	พลังงานความร้อนจากถ่านหิน (Pulverized coal combustion with higher efficiency)	พลังงานลม (Wind turbines)
3	ก๊าซชีวภาพ (Biogas)	โรงไฟฟ้าถ่านหินขั้นสูง (Advance coal power plant)	พลังงานน้ำขนาดเล็ก (Small hydro power)	พลังงานความร้อนจากถ่านหิน (Pulverized coal combustion technologies)
4	พลังงานน้ำขนาดเล็ก (Small scale hydro)	พลังงานความร้อนใต้ภิภพ (Geothermal power plant)	พลังงานลม (Wind energy)	เทคโนโลยีถ่านหินสะอาด (IGCC)
5	พลังงานความร้อนร่วม (CHP)	ชีวมวล (Biomass power plant)	พลังงานฟอสซิล (Fuel change from coal to natural gas)	พลังงานน้ำ (Medium size hydro power plant (10-100MW))

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทที่ 6

ข้อเสนอแนะเชิงนโยบาย

ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาเพื่อจัดลำดับความสำคัญของเทคโนโลยีพลังงานในภาคการผลิตไฟฟ้าเพื่อลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก โดยเมื่อวิเคราะห์จากผลการวิจัยทางผู้วิจัยได้ให้ข้อเสนอแนะเชิงนโยบายในแต่ละกลุ่มเทคโนโลยี โดยรายละเอียดแสดงดังตารางที่ 17 เพื่อให้เกิดประโยชน์เป็นแนวทางในการพัฒนาเทคโนโลยีภาคการผลิตไฟฟ้าเพื่อบรรเทาการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศต่อไป

ตารางที่ 19 แสดงข้อเสนอแนะเชิงนโยบายแต่ละกลุ่มเทคโนโลยี

กลุ่มเทคโนโลยี	ข้อเสนอแนะเชิงนโยบาย
พลังงานแสงอาทิตย์	ควรจะมีมาตรการเพิ่มสัดส่วนการผลิตในประเทศมากขึ้นในกลุ่มของห่วงโซ่คุณค่า (Value chain) เช่น การบริการติดตั้งแผงโซล่าเซลล์, inverter หรือกิจการการบริการด้านต่างๆ ข้อสังเกตุ : คะแนนในประเด็นด้านต้นทุนอาจเปลี่ยนแปลงไปตามต้นทุนผลิตที่เปลี่ยนไป ซึ่งปัจจุบัน ต้นทุนลดลงไปพอสมควรเมื่อเทียบกับการเก็บข้อมูลในอดีต
กลุ่มพลังงานถ่านหิน	ควรมีองค์กรและกฎหมายที่เป็นรูปธรรมชัดเจนในการส่งเสริมและควบคุมการใช้เทคโนโลยีถ่านหินสะอาดโดยมีลักษณะร่วมมือกันระหว่างสถาบันวิจัย รัฐบาล และภาคการผลิตไฟฟ้าหรือ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

กลุ่มพลังงานถ่านหิน (ต่อ)	อุตสาหกรรม เพื่อให้สามารถวิจัยพัฒนาและส่งเสริมการใช้เทคโนโลยีถ่านหินสะอาดในประเทศได้อย่างมีประสิทธิภาพ รวมไปถึงประชาชน เพื่อให้เกิดความเข้าใจที่ถูกต้องเกี่ยวกับเทคโนโลยีถ่านหินสะอาด ซึ่งก่อให้เกิดการยอมรับในการผลิตพลังงานจากถ่านหินและยังสามารถควบคุมดูแลเรื่องการปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้อีกด้วย
กลุ่มพลังงานชีวมวลและก๊าซชีวภาพ	ปรับปรุงระบบโครงสร้างพื้นฐานให้ครอบคลุม CHP : เพิ่มการกระจายท่อก๊าซในหลายพื้นที่ Biomass : เพิ่มสายส่งให้กระจายในหลายพื้นที่
พลังงานน้ำ	ควรสนับสนุนและพัฒนาเทคโนโลยีพลังงานน้ำขนาดเล็ก ให้มีประสิทธิภาพมากขึ้นและค้นหาพื้นที่มีศักยภาพในการผลิต
แบตเตอรี่	สนับสนุนการวิจัย พัฒนา และสาธิต ทั้งด้านการเงินและบุคลากรวิจัยจากภาครัฐ และมาตรการให้แรงจูงใจทางการเงินในการติดตั้ง Energy storage และการส่งเสริม energy storage ที่ติดตั้งคู่กับพลังงานทดแทน ที่ช่วยลดต้นทุนในการติดตั้ง energy storage โดยตรง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

รายการอ้างอิง

1. ศูนย์วิจัยเศรษฐศาสตร์ประยุกต์ คณะเศรษฐศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, รายงานแห่งชาติ ฉบับที่ *2* เพื่อเสนอต่อ *UNFCCC*. กันยายน 2553. p. 3-5, 112.
2. อาศิร จิระวิทยาบุญ, ศ.ศ.แ.ศ.ไ., *Horizon*. Vol. 3.
3. สำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, การประเมินสิ่งแวดล้อมระดับยุทธศาสตร์ (*Strategic Environmental Assessment: SEA)*. 2554.
4. สถาบันเทคโนโลยีป้องกันประเทศ (องค์กรมหาชน), กระบวนการวิเคราะห์ตามลำดับชั้น *Analytic Hierarchy Process: AHP*. p. 1-2.
5. กวินภพ ศรีวัฒนานุศาสตร์, การคัดเลือกผู้จัดส่งวัตถุดิบโดยใช้วิธีการ *TOPSIS* และ *ROC :* กรณีศึกษาอุตสาหกรรมร้านอาหาร, in มหาวิทยาลัยขอนแก่น. 2560, มหาวิทยาลัยขอนแก่น: วารสารวิจัยและพัฒนา มจธ. ปีที่ 40. p. 20.
6. สำนักงานคณะกรรมการนโยบายวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและนวัตกรรมแห่งชาติ (สวทน.), การประเมินเทคโนโลยีเพื่อเตรียมพร้อมรับมือ *Climate Change* 2555.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

7. ดร.สุชาต อุดมโสภกิจ, การประเมินเทคโนโลยีเพื่อเตรียมพร้อมรับมือ *climate change*. 2012. p. 38-41.
8. อัญชลี เชี่ยวโสธร ดูวอล, การประเมินศักยภาพและความต้องการจำเป็นในการบริการสุขภาพของชุมชน. วารสารวิชาการมหาวิทยาลัยอีสเทิร์นเอเชีย. มกราคม-มิถุนายน 2557. **1**: p. 56.
9. โรจน์ สถริยากร, การประเมินความต้องการจำเป็นในการฝึกอบรมเกี่ยวกับการจัดการศึกษาโดยบรูณาการหลักปรัชญาของเศรษฐกิจพอเพียงของสถานศึกษาในสังกัดสำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมการศึกษาเอกชน. 2558, คณะครุศาสตร์ อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ: วารสารวิชาการครุศาสตร์อุตสาหกรรม พระจอมเกล้าพระนครเหนือ. p. 7.
10. Jonathan B., a.K.H., *Is small beautiful? A multicriteria assessment of small-scale energy technology applications in local governments.* Energy Policy 2007. **35**: p. 6402-6412.
11. N.H. Afgan, M.G.C., *Multi-criteria assessment of new and renewable energy power plants.* Energy, 2002. **27**: p. 739–755.
12. P.Skobalj a., M.K., N. Afgan c., M. Jovanovic a., V. Turanjanin a., B. Vucicevic a a, *Multi-criteria sustainability analysis of thermal power plant Kolubara-A Unit 2.* Energy, 2017. **125**: p. 837-847.
13. A. Maxim, *Sustainability assessment of electricity generation technologies using weighted multi-criteria decision analysis.* Energy policy 2014. **65**: p. 284-297.
14. Kardono, A.R., Widiatmini Sih Winan, , *Indonesia Technology Needs Assessment for Climate Change Mitigation 2012*. 2012. p. 27.
15. Quach Tat Quang, N.V.A., Nguyen Thanh Hai,, *The global technology needs assessment VIET NAM summary report*. 2012.
16. REPUBLIC OF KAZAKHSTAN, *TECHNOLOGY NEEDS ASSESSMENT FOR CLIMATE CHANGE MITIGATION*. 2013.
17. Climate change coordination office of the Ministry of Environment and green development Mongolia, *TECHNOLOGY NEEDS ASSESSMENT-Climate change Mitigation in Mongolia*. 2013.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

18. UNDP, *Handbook for conducting Technology Needs Assessment for Climate Change* 2010.
19. การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย. Available from: http://www.egat.co.th/index.php?option=com_content&view=article&id=2137&Itemid=149.
20. วรรณนิภา พิภพไชยาสิทธิ์, โรงไฟฟ้าพลังน้ำขนาดเล็กและขนาดจิ๋วในอียูและไทย. 2553.
21. Sara Traerup and Lucy Ellen Gregersen (UNEP DTU Partnership), V.H.U.C.C.S., *SUMMARY OF COUNTRY PRIORITIES TECHNOLOGY NEEDS ASSESSMENTS 2015-2018*. 2018. p. 17.
22. กองประเมินผลกระทบต่อสุขภาพกรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข, แนวทางการเฝ้าระวังพื้นที่เสี่ยงจากมลพิษทางอากาศ กรณีโรงไฟฟ้าชีวมวล. 2558, กระทรวงสาธารณสุข. p. 3-10.
23. iEnergyGuru. เชื้อเพลิงชีวภาพ. 2015; Available from: https://ienergyguru.com/2015/09/เชื้อเพลิงชีวภาพ-biofuel.
24. iEnergyGuru. เซลล์แสงอาทิตย์...ผู้ผลิตไฟฟ้า. 2557; Available from: http://ienergyguru.com/2015/06/แสงอาทิตย์ผลิตไฟฟ้า/.
25. บริษัท เอนเนอร์ยี่ ควอลิตี้ เซอร์วิส จำกัด. *renewable energy*. Available from: https://ienergyguru.com/icontent/พลังงานทดแทน.
26. *Solar Chimneys, Vortex, Energy tower*. 2008-2018 [cited 2018; Available from: www.21e-siecle.com.
27. กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, การพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานไฮโดรเจนและเซลล์เชื้อเพลิง สำหรับภาคคมนาคมขนส่งในประเทศไทย. p. 3-5.
28. บริษัท ปตท. จำกัด(มหาชน), ระบบโคเจนเนอเรชั่น. วารสารธุรกิจสีเขียว, 2549. **4**.
29. กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, ระบบผลิตพลังงานร่วม ภาคอุตสาหกรรม. p. 3-5.
30. เทคโนโลยีถ่านหินสะอาด และการพัฒนาการใช้ถ่านหินในต่างประเทศ, in โครงการเสริมสร้างความเข้าใจและการมีส่วนร่วมของประชาชน ชุมชน และผู้มีส่วนได้เสียจากอุตสาหกรรมที่มีการใช้ถ่านหิน.
31. บัณฑิตวิทยาลัยร่วมด้านพลังงานและสิ่งแวดล้อมมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรีและคณะ, โครงการศึกษาจัดทาแผนที่นาทางและศักยภาพในการวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีถ่านหินสะอาด (*Clean coal Technology)*ในภาคอุตสาหกรรมของประเทศไทย. 2556.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาคผนวก

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

แบบสอบถาม

แบบสอบถามชุดนี้จัดทำขึ้นเพื่อใช้ในการประเมินเทคโนโลยี/ทางเลือก เพื่อบรรเทาการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (Technology Need Assessment, TNA)

แบ่งเป็น 4 ภาคส่วน (sector) คือ ภาคขนส่ง ภาคไฟฟ้า ภาคอุตสาหกรรม และภาคที่อยู่อาศัย

<u>ขั้นตอนการจัดทำแบบสอบถาม</u> ประกอบด้วย 3 STEP

STEP 1 : เลือกเทคโนโลยีที่ท่านสามารถทำการประเมินได้

เทคโนโลยีที่แสดงรายการตามแบบสอบถามฉบับนี้ อ้างอิงจาก United Nations Framework Convention on Climate Change: UNFCCC ทั้งนี้อาจมีเทคโนโลยี/ทางเลือก ที่ยังไม่มีในประเทศไทย ณ ปัจจุบัน ให้ท่านพิจารณาคัดเลือกเทคโนโลยี/ทางเลือก ที่ท่านสามารถทำการประเมินได้ และ ท่านสามารถเพิ่มเติมเทคโนโลยี/ทางเลือกที่ท่านให้ความสำคัญและเห็นว่ายังไม่มีในรายการได้ ในช่องเพิ่มเติม

STEP 2 : ให้ค่าน้ำหนักกับเกณฑ์ 14 ประเด็น

เกณฑ์ 14 ประเด็นที่แสดงรายการตามแบบสอบถามฉบับนี้อ้างอิงจาก สำนักงานคณะกรรมการนโยบายวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและนวัตกรรมแห่งชาติ (สวทน.) ขอให้ท่านให้ค่าน้ำหนักแต่ละประเด็นโดยมี 3 ระดับ คือ ❶ ประเด็นนี้มีความสำคัญน้อย ❷ ประเด็นนี้มีความสำคัญปานกลาง และ ❸ ประเด็นนี้มีความสำคัญมาก ทั้งนี้ท่านสามารถกำหนดเกณฑ์เพิ่มเติมได้ ในข้อเสนอแนะเพิ่มเติม

STEP 3 : ประเมินให้คะแนนเทคโนโลยี/ทางเลือกตามรายการที่ท่านเลือกใน STEP 1

ให้ท่านประเมินให้คะแนนเทคโนโลยี/ทางเลือกตามรายการที่ท่านเลือกใน STEP 1 ซึ่งในแต่ละเกณฑ์มีคะแนน 5 ระดับ และมีความหมายเฉพาะเจาะจงของแต่ละระดับ ในแต่ละเกณฑ์ โดยแสดงความหมายไว้ในแบบฟอร์มเรียบร้อยแล้ว ทั้งนี้ จำนวนแบบสอบถามใน STEP 3 นี้จะสัมพันธ์กับจำนวนเทคโนโลยี/ทางเลือกที่ท่านเลือกใน STEP 1 เช่น มีเทคโนโลยี 10 รายการ ท่านเลือกประเมินจำนวน 3 รายการ ท่านจะต้องประเมินให้คะแนนเทคโนโลยี/ทางเลือกใน STEP 3 นี้ จำนวน 3 ชุด

ผลการประเมินนี้จะเป็นส่วนหนึ่งของวิทยานิพนธ์ในหลักสูตรเทคโนโลยีและการจัดการพลังงาน จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ขอขอบพระคุณในความกรุณาให้ความร่วมมือของท่านในครั้งนี้

STEP 1 : ให้ค่าน้ำหนักกับเกณฑ์

แบบฟอร์มการให้ค่าน้ำหนักกับเกณฑ์ด้านต่างๆที่ใช้ในการประเมินเทคโนโลยีพลังงานของภาคการผลิตไฟฟ้า

ชื่อผู้เชี่ยวชาญที่ทำการประเมิน/ให้คะแนน/ให้ข้อมูล.....

ตำแหน่ง/หน่วยงาน.....

วันที่ให้ข้อมูล.....

ขอให้ท่านโปรดใส่เครื่องหมาย √ ในช่องน้ำหนักที่เหมาะสมตามความคิดเห็นของท่าน

เกณฑ์	ค่าน้ำหนัก		
	1 (ประเด็นนี้มีความสำคัญน้อย)	2 (ประเด็นนี้มีความสำคัญปานกลาง)	3 (ประเด็นนี้มีความสำคัญมาก)
1. ความพร้อมของเทคโนโลยี			
1.1 นโยบาย โครงสร้างพื้นฐาน รวมทั้งกฎระเบียบที่เกี่ยวข้อง			
1.2 การสนับสนุนด้านการเงิน			
1.3 ต้นทุนและผลประโยชน์			
1.4 การยอมรับจากสังคมและผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย			
1.5 ทรัพยากรบุคคล ผู้เชี่ยวชาญ หรือสถาบันเฉพาะทาง			
1.6 ฐานข้อมูลเทคโนโลยี			
1.7 แนวโน้มระยะสั้น (ภายใน 5 ปี)			
1.8 โครงสร้างพื้นฐานเพื่อการบริหารจัดการ			
1.9 ความเป็นไปได้ของการผลิตภายในประเทศ			
1.10 สถานการณ์ปัจจุบันของเทคโนโลยีในประเทศไทย			
1.11 สถานการณ์ปัจจุบันของเทคโนโลยีในประเทศที่พัฒนาแล้ว			
2. ผลกระทบ			
2.1 ความสามารถในการแข่งขันและการสร้างมูลค่า			
2.2 ด้านสังคม: การจ้างงานคนท้องถิ่น/ การกระจายรายได้/ ความเหลื่อมล้ำ			
2.3 ด้านสิ่งแวดล้อม: มลพิษทางอากาศ, มลพิษทางน้ำ, การปนเปื้อน ฯลฯ			
2.4 การประมาณค่าการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกของเทคโนโลยี			

ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม (ถ้ามี)

.....

.....

.....

.....

คณะผู้วิจัยขอขอบพระคุณในความกรุณาสละเวลาอันมีค่าของท่านในการให้ข้อมูลที่เป็นประโยชน์ต่องานวิจัยและต่อประเทศชาติ

STEP 2 : เลือกเทคโนโลยี/ทางเลือกที่จะทำการประเมิน

แบบฟอร์มสำหรับให้ผู้ประเมินคัดเลือกเทคโนโลยี/ทางเลือกพลังงานของภาคการผลิตไฟฟ้าที่สามารถประเมินได้

ชื่อผู้ที่ทำการประเมิน/ให้คะแนน/ให้ข้อมูล.....

ตำแหน่ง/หน่วยงาน.....

วันที่ให้ข้อมูล.....

ขอให้ท่านโปรดใส่ เครื่องหมาย / สำหรับเทคโนโลยี/ทางเลือกพลังงานของภาคการผลิตไฟฟ้าที่ท่านสามารถทำการประเมินได้ (ท่านสามารถเลือกประเมินได้มากกว่า 1 เทคโนโลยี/ทางเลือก)

ที่	เทคโนโลยี/ทางเลือก	ท่านอยากให้ความเห็นเทคโนโลยี/ทางเลือกใดโปรดใส่ ☐
T1	พลังงานมหาสมุทร,คลื่น และน้ำขึ้นน้ำลง (Ocean, wave and tidal energy)	☐
T2	หอคอยพลังงาน (Energy towers)	☐
T3	กังหันลม (ชายฝั่งและนอกชายฝั่ง) Wind turbines (onshore, offshore)	☐
T4	พลังงานความร้อนใต้ภิภพ (Geothermal electricity production)	☐
T5	ชีวมวล (Biomass combined heat and power)	☐
T6	กรีนแก๊ส (biogas from biomass purified to give calorific value ▪ natural gas) for heat and power)	☐
T7	พลังงานความร้อนแสงอาทิตย์ (Solar Thermal – CSP; Central Receiver tower, parabolic trough collector and dish)	☐
T8	พลังงานแสงอาทิตย์ (Solar Photovoltaic)	☐
T9	เขื่อน (Hydro dams for large scale electricity supply)	☐
T10	พลังงานน้ำขนาดเล็ก (Small scale hydro energy)	☐
T11	การกักเก็บพลังงานไฟฟ้า (Batteries)	☐
T12	ไฮโดรเจน (Hydrogen)	☐
T13	ระบบบ่อรับแสง Solar Ponds (electricity and storage)	☐
T14	ก๊าซชีวภาพ (Biogas from anaerobic digestion)	☐

ที่	เทคโนโลยี/ทางเลือก	ท่านอยากให้ความเห็นเทคโนโลยี/ทางเลือกใดโปรดใส่ ☐
T15	เซลล์เชื้อเพลิงแบบคาร์บอเนตหลอมเหลว (Molten Carbonate Fuel Cells)	☐
T16	เซลล์เชื้อเพลิงชนิดเยื่อแลกเปลี่ยนโปรตอน (Polymer Electrolyte Membrane (PEM) Fuel Cells)	☐
T17	เซลล์เชื้อเพลิงชนิดใช้เมทานอลโดยตรง (Direct Methanol Fuel Cells)	☐
T18	เซลล์เชื้อเพลิงแบบแอลคาไลน์ (Alkaline Fuel Cells)	☐
T19	เซลล์เชื้อเพลิงแบบกรดฟอสฟอริก (Phosphoric Acid Fuel Cells)	☐
T20	เซลล์เชื้อเพลิงแบบออกไซด์แข็ง (Solid Oxide Fuel Cells)	☐
T21	เซลล์เชื้อเพลิงแบบยุคใหม่ (Regenerative fuel cells)	☐
T22	การใช้พลังงานความร้อนร่วม เช่น ก๊าซชีวภาพ กับ ก๊าซธรรมชาติ เป็นต้น (Combined heat and power (domestic distributed energy;CHP in power stations/industry), e.g., on biogas)	☐

ที่	เทคโนโลยี/ทางเลือก	ท่านอยากให้ความเห็นเทคโนโลยี/ทางเลือกใดโปรดใส่ ☐
T23	ระบบผลิตพลังงานไฟฟ้าร่วมก๊าซธรรมชาติแบบทั่วไป (Conventional natural gas combined cycle)	☐
T24	ระบบผลิตพลังงานไฟฟ้าร่วมใช้ พลังงานความร้อนและพลังงานไฟฟ้าขนาดเล็ก (Micro generation combined heat and power)	☐
T25	ระบบผลิตพลังงานไฟฟ้าร่วมก๊าซธรรมชาติขั้นสูง (Advanced natural gas combined cycle)	☐
T26	กังหันเผาไหม้ด้วยก๊าซธรรมชาติ (Conventional natural gas combustion turbine)	☐
T27	ระบบผลิตพลังงานไฟฟ้าร่วมโดยใช้น้ำมัน (Conventional oil combined cycle)	☐
T28	ระบบผลิตพลังงานไฟฟ้าร่วมแบบขั้นสูงโดนใช้น้ำมัน (Advanced oil combined cycle)	☐
T29	กังหันเผาไหม้ด้วยน้ำมันแบบขั้นสูง (Advanced oil combustion turbine)	☐
T30	การผสมผสานระหว่างเทคโนโลยีที่เปลี่ยนสถานะถ่านหินให้เป็นก๊าซ (Coal Gasification) กับ โรงไฟฟ้าพลังความร้อนร่วมกังหันก๊าซ (Gas Fired Combined Cycle Plant) เข้าด้วยกัน (IGCC)	☐
T31	ปรับปรุงถ่านหินให้มีคุณภาพ (Supercritical pulverized coal steam cycle)	☐
T32	ปรับปรุงถ่านหินให้มีคุณภาพ (Ultra-supercritical pulverized coal steam cycle)	☐
T33	การนำมีเทนกลับมาจากถ่านหิน (Coal-mine/ coal-bed methane recovery)	☐
....		☐
....		☐

STEP 3 : ให้คะแนนเทคโนโลยี/ทางเลือก

แบบฟอร์มการให้คะแนนเทคโนโลยี/ทางเลือก ตามเกณฑ์ด้านต่างๆ

ชื่อเทคโนโลยี/ทางเลือก.....

ชื่อผู้ที่ทำการประเมิน/ให้คะแนน/ให้ข้อมูล.....

ตำแหน่ง/หน่วยงาน.....

วันที่ให้ข้อมูล.....

ขอให้ท่านพิจารณาให้คะแนนโดย ☑ ในช่อง เพื่อแสดงคะแนนของเทคโนโลยี/ทางเลือก ตามเกณฑ์ด้านต่างๆ ที่กำหนด

R : ด้านความพร้อมของเทคโนโลยี
R1 นโยบาย โครงสร้างพื้นฐาน รวมทั้งกฎระเบียบที่เกี่ยวข้อง ☐ 5 คะแนน : มีนโยบายและกฎระเบียบสนับสนุนเทคโนโลยีนี้อย่างแข็งขัน และประกาศเป็นวาระแห่งชาติ ☐ 4 คะแนน : มีนโยบายและกฎระเบียบสนับสนุนเทคโนโลยีนี้ และมีแผนที่ชัดเจน ☐ 3 คะแนน : มีนโยบายสนับสนุนเทคโนโลยีนี้ที่สอดคล้องโดยตรง และกำลังพิจารณาเพื่อจัดทำกฎระเบียบรองรับ ☐ 2 คะแนน : มีนโยบายสนับสนุนเทคโนโลยีนี้ที่สอดคล้องโดยตรง แต่ไม่มีกฎระเบียบรองรับ ☐ 1 คะแนน : ไม่มีนโยบายสนับสนุนเทคโนโลยีนี้
R2 การสนับสนุนด้านการเงิน ☐ 5 คะแนน : มีการสนับสนุนด้านการเงินทางตรงอย่างแข็งขัน จากทุกแหล่งทุน ☐ 4 คะแนน : มีการสนับสนุนด้านการเงินทางตรง จากทุกแหล่งทุน ☐ 3 คะแนน : มีการสนับสนุนด้านการเงินทางอ้อม จากทุกแหล่งทุน ☐ 2 คะแนน : มีการสนับสนุนด้านการเงินอย่างไม่ต่อเนื่อง เช่น รายโครงการ ☐ 1 คะแนน : ไม่มีการสนับสนุนด้านการเงินจากแหล่งทุนใดเลย
R3 ต้นทุนและผลประโยชน์ ☐ 5 คะแนน : เทคโนโลยีนี้มีผลตอบแทนจากการลงทุนสูงมาก โดยปราศจากกลไกใดๆ ☐ 4 คะแนน : เทคโนโลยีนี้มีผลตอบแทนจากการลงทุนสูงมาก โดยมีกลไกบางอย่าง เช่น adder FIT เป็นต้น ☐ 3 คะแนน : เทคโนโลยีนี้มีผลตอบแทนจากการลงทุนปานกลาง โดยมีกลไกบางอย่าง ☐ 2 คะแนน : เทคโนโลยีนี้ไม่คุ้มค่าต่อการลงทุน ในบางสถานการณ์ ☐ 1 คะแนน : เทคโนโลยีนี้ไม่คุ้มค่าต่อการลงทุน ในทุกสถานการณ์
R4 การยอมรับจากสังคมและผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย ☐ 5 คะแนน : เทคโนโลยีนี้ได้รับการยอมรับจากผู้มีส่วนได้ส่วนเสียทุกภาคส่วน ทั้งภาครัฐบาล ท้องถิ่น และประชาชน ☐ 4 คะแนน : เทคโนโลยีนี้ได้รับการยอมรับจากผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย ทั้งภาครัฐบาล และท้องถิ่น ☐ 3 คะแนน : เทคโนโลยีนี้ได้รับการยอมรับจากผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย ทั้งภาครัฐบาล และประชาชน ☐ 2 คะแนน : เทคโนโลยีนี้ได้รับการยอมรับจากภาครัฐบาลเพียงภาคเดียว ☐ 1 คะแนน : เทคโนโลยีนี้ไม่ได้รับการยอมรับจากผู้มีส่วนได้ส่วนเสียทุกภาคส่วน

R5 ทรัพยากรบุคคล ผู้เชี่ยวชาญ หรือสถาบันเฉพาะทาง

- ☐ 5 คะแนน : **มีเครือข่ายผู้เชี่ยวชาญที่มีความรู้ความชำนาญที่เกี่ยวข้องกับเทคโนโลยีนี้ เพื่อแลกเปลี่ยนประสบการณ์** (มีหลายกลุ่มที่เชื่อมต่อกัน)
- ☐ 4 คะแนน : **มีกลุ่มผู้เชี่ยวชาญที่มีความรู้ความชำนาญที่เกี่ยวข้องกับเทคโนโลยีนี้** (≥ 10 คน ที่มีปฏิสัมพันธ์กัน)
- ☐ 3 คะแนน : **มีผู้เชี่ยวชาญที่มีความรู้ความชำนาญที่เกี่ยวข้องกับเทคโนโลยีนี้น้อย** (≥ 10 คน)
- ☐ 2 คะแนน : **มีผู้เชี่ยวชาญที่มีความรู้ความชำนาญที่เกี่ยวข้องกับเทคโนโลยีนี้น้อยมาก** (< 10 คน)
- ☐ 1 คะแนน : **ไม่มีผู้เชี่ยวชาญที่มีความรู้ความชำนาญที่เกี่ยวข้องกับเทคโนโลยีนี้เลย**

R6 ฐานข้อมูลเทคโนโลยี

- ☐ 5 คะแนน : **มีฐานข้อมูลเทคโนโลยีนี้ที่สมบูรณ์ และเปิดให้ผู้ใช้งานทุกคนสามารถเข้าถึงฐานข้อมูลได้**
- ☐ 4 คะแนน : **มีฐานข้อมูลเทคโนโลยีนี้ที่สมบูรณ์ และมีผู้ใช้งานแค่บางส่วนสามารถเข้าถึงฐานข้อมูลได้**
- ☐ 3 คะแนน : **มีฐานข้อมูลเทคโนโลยีนี้บางส่วน (ไม่สมบูรณ์)**
- ☐ 2 คะแนน : **มีข้อมูลเทคโนโลยีนี้บางส่วน**
- ☐ 1 คะแนน : **ไม่มีข้อมูลเทคโนโลยีนี้เลย**

R7 แนวโน้มระยะสั้น (ภายใน 5 ปี)

- ☐ 5 คะแนน : ประเทศไทย**มีแนวโน้มที่จะนำเทคโนโลยีนี้ไปใช้ในอัตราเติบโตสูงมาก**
- ☐ 4 คะแนน : ประเทศไทย**มีแนวโน้มที่จะนำเทคโนโลยีนี้ไปใช้ในอัตราเติบโต**
- ☐ 3 คะแนน : ประเทศไทย**มีแนวโน้มที่จะนำเทคโนโลยีนี้ไปใช้**
- ☐ 2 คะแนน : ประเทศไทย**มีความเป็นไปได้ที่จะนำเทคโนโลยีนี้ไปใช้น้อย**
- ☐ 1 คะแนน : ประเทศไทย**ไม่มี**ความเป็นไปได้ที่จะนำเทคโนโลยีนี้ไปใช้

R8 การบริหารจัดการโครงสร้างพื้นฐาน

- ☐ 5 คะแนน : **มีระบบการบริหารจัดการโครงสร้างพื้นฐานในการสนับสนุนเทคโนโลยีนี้ที่ดีมาก อย่างครบถ้วน**
- ☐ 4 คะแนน : **มีการบริหารจัดการโครงสร้างพื้นฐานในการสนับสนุนเทคโนโลยีนี้ที่ดี**
- ☐ 3 คะแนน : **มีการบริหารจัดการโครงสร้างพื้นฐานในการสนับสนุนเทคโนโลยีนี้ปานกลาง**
- ☐ 2 คะแนน : **มีการบริหารจัดการโครงสร้างพื้นฐานบางส่วนที่สามารถสนับสนุนเทคโนโลยีนี้**
- ☐ 1 คะแนน : **ไม่มีการบริหารจัดการโครงสร้างพื้นฐานในการสนับสนุนเทคโนโลยีนี้**

R9 ความเป็นไปได้ของการผลิตภายในประเทศ

- ☐ 5 คะแนน : **มีความเป็นไปได้ในการผลิตเทคโนโลยีนี้ในประเทศสูงมาก (100%)**
- ☐ 4 คะแนน : **มีความเป็นไปได้ในการผลิตเทคโนโลยีนี้ในประเทศสูง (>90%)**
- ☐ 3 คะแนน : **มีความเป็นไปได้ในการผลิตเทคโนโลยีนี้ในประเทศปานกลาง (10-90%)**
- ☐ 2 คะแนน : **มีความเป็นไปได้ในการผลิตเทคโนโลยีนี้ในประเทศต่ำ (<10%)**
- ☐ 1 คะแนน : **ไม่มีความเป็นไปได้ในการผลิตเทคโนโลยีนี้ในประเทศ (0%)**

R10 สถานการณ์ปัจจุบันของเทคโนโลยีในประเทศไทย

- ☐ 5 คะแนน : สถานการณ์ปัจจุบันของเทคโนโลยีนี้มีการกระจายอย่างเต็มที่ไปทุกภาคส่วนที่เกี่ยวข้อง
- ☐ 4 คะแนน : สถานการณ์ปัจจุบันของเทคโนโลยีนี้มีการกระจายไปทุกภาคส่วนที่เกี่ยวข้อง
- ☐ 3 คะแนน : สถานการณ์ปัจจุบันของเทคโนโลยีนี้มีการกระจายไปบางพื้นที่
- ☐ 2 คะแนน : สถานการณ์ปัจจุบันของเทคโนโลยีนี้มีการกระจายในบางพื้นที่ ที่มีปัญหา
- ☐ 1 คะแนน : สถานการณ์ปัจจุบันของเทคโนโลยีนี้มีการกระจายในระยะเริ่มต้น

R11 สถานการณ์ปัจจุบันของเทคโนโลยีในประเทศที่พัฒนาแล้ว

- ☐ 5 คะแนน : สถานการณ์ปัจจุบันของเทคโนโลยีนี้มีการกระจายอย่างเต็มที่ไปทุกภาคส่วนที่เกี่ยวข้องของทุกประเทศที่พัฒนาแล้ว
- ☐ 4 คะแนน : สถานการณ์ปัจจุบันของเทคโนโลยีนี้มีการกระจายไปทุกภาคส่วนที่เกี่ยวข้องในบางประเทศที่พัฒนาแล้ว
- ☐ 3 คะแนน : สถานการณ์ปัจจุบันของเทคโนโลยีนี้มีการกระจายไปบางพื้นที่ ในบางประเทศที่พัฒนาแล้ว
- ☐ 2 คะแนน : สถานการณ์ปัจจุบันของเทคโนโลยีนี้มีการกระจายในบางพื้นที่ ที่มีปัญหาในบางประเทศที่พัฒนาแล้ว
- ☐ 1 คะแนน : สถานการณ์ปัจจุบันของเทคโนโลยีนี้เพิ่งเริ่มมีการกระจายในประเทศที่พัฒนาแล้ว

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

I : ด้านผลกระทบ	
I1	ความสามารถในการแข่งขันและการสร้างมูลค่า
	☐ 5 คะแนน : เทคโนโลยีนี้เพิ่มศักยภาพในการแข่งขันทางการเงินของประเทศ โดยมีความเป็นไปได้ในการสร้างมูลค่าทางการตลาดสูงมาก
	☐ 4 คะแนน : เทคโนโลยีนี้สามารถเพิ่มศักยภาพในการแข่งขันของประเทศ โดยมีความเป็นไปได้ในการสร้างมูลค่าทางการตลาดสูง
	☐ 3 คะแนน : เทคโนโลยีนี้ไม่มีผลต่อการแข่งขันของประเทศอย่างมีนัยสำคัญ โดยมีการสร้างมูลค่าทางการตลาดน้อย
	☐ 2 คะแนน : เทคโนโลยีนี้ส่งผลให้เกิดผลเสียบางประการในด้านเศรษฐกิจของประเทศบางส่วน
	☐ 1 คะแนน : เทคโนโลยีนี้ส่งผลให้เกิดผลเสียต่อเศรษฐกิจของประเทศ
I2	ด้านสังคม: การจ้างงานคนท้องถิ่น/ การกระจายรายได้/ ความเที่ยงธรรม
	☐ 5 คะแนน : เทคโนโลยีนี้ส่งผลให้เกิดการจ้างงานเพิ่มขึ้นมาก
	☐ 4 คะแนน : เทคโนโลยีนี้ส่งผลให้เกิดการจ้างงานคนท้องถิ่นเพิ่มขึ้น
	☐ 3 คะแนน : เทคโนโลยีนี้ส่งผลให้เกิดการจ้างงานคนท้องถิ่นอย่างไม่มีนัยสำคัญ
	☐ 2 คะแนน : เทคโนโลยีนี้ส่งผลให้เกิดการจ้างงานคนท้องถิ่นน้อย
	☐ 1 คะแนน : เทคโนโลยีนี้ส่งผลให้เกิดการจ้างงานคนท้องถิ่นน้อยอย่างมาก
I3	ด้านสิ่งแวดล้อม: มลพิษทางอากาศ, มลพิษทางน้ำ, การปนเปื้อน ฯลฯ
	☐ 5 คะแนน : เทคโนโลยีนี้ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในแง่บวก/ลดการเกิดมลพิษทางสิ่งแวดล้อมในพื้นที่บริเวณกว้าง
	☐ 4 คะแนน : เทคโนโลยีนี้ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในแง่บวก/ลดการเกิดมลพิษทางสิ่งแวดล้อมในพื้นที่จำกัด
	☐ 3 คะแนน : เทคโนโลยีนี้ไม่มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมอย่างมีนัยสำคัญ/ไม่เพิ่มมลพิษทางสิ่งแวดล้อม
	☐ 2 คะแนน : เทคโนโลยีนี้ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในแง่ลบ และเกิดมลพิษทางสิ่งแวดล้อมในพื้นที่จำกัด
	☐ 1 คะแนน : เทคโนโลยีนี้ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในแง่ลบ และเกิดมลพิษทางสิ่งแวดล้อมในพื้นที่บริเวณกว้าง
I4	การประมาณค่าการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกของเทคโนโลยี
	☐ 5 คะแนน : เทคโนโลยีนี้สามารถลดการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้สูงมาก
	☐ 4 คะแนน : เทคโนโลยีนี้สามารถลดการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้มาก
	☐ 3 คะแนน : เทคโนโลยีนี้สามารถลดการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้ปานกลาง
	☐ 2 คะแนน : เทคโนโลยีนี้สามารถลดการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้น้อย
	☐ 1 คะแนน : เทคโนโลยีนี้สามารถลดการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้น้อยมาก

ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม (ถ้ามี)

.....

.....

.....

.....

.....

.....

คณะผู้วิจัยขอขอบพระคุณในความกรุณาสละเวลาอันมีค่าของท่านในการให้ข้อมูลที่เป็นประโยชน์ต่องานวิจัยและต่อประเทศชาติ

ข้อมูลเทคโนโลยี

ชีวมวล [22]

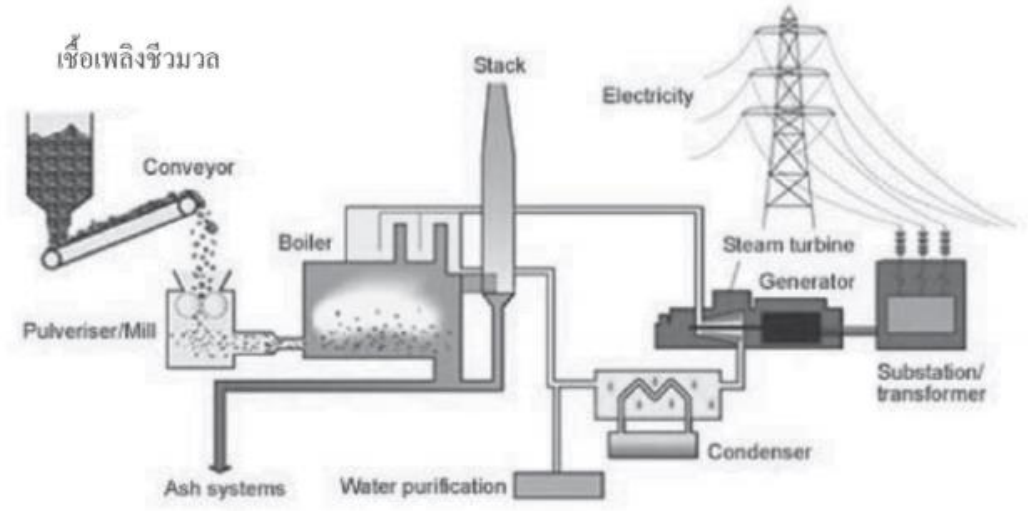
ชีวมวล หมายถึง กากหรือวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร หรือกากจากการผลิต ผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม หรือการเกษตร เช่น แกลบที่ได้จากการสีข้าว เปลือกชานอ้อยที่ได้จาการผลิตน้ำตาล ทราย เศษไม้ที่ได้จากการแปรรูปไม้ยางพารา

เชื้อเพลิงชีวมวล หมายถึง เชื้อเพลิงที่ได้มาจากอินทรีย์สารหรือสิ่งมีชีวิตทั้งผลผลิตการเกษตร การปศุสัตว์และการทำป่าไม้ เช่น ไม้ฟืน เศษไม้ แกลบ ฟาง ชานอ้อย เป็นต้น

โรงไฟฟ้าชีวมวล คือ โรงไฟฟ้าที่ใช้เศษวัสดุต่างๆ ที่กล่าวมา เป็นเชื้อเพลิงในการผลิตไฟฟ้า และ/หรือ พลังไอน้ำ ซึ่งอาจจะเป็นเศษวัสดุชนิดเดียวหรือหลายชนิดรวมกัน

ตารางที่ 20 แสดงค่าความร้อนของเชื้อเพลิงชีวมวลแต่ละชนิด

ชนิด	วัสดุเหลือใช้	อัตราผลผลิตต่อวัสดุเหลือใช้	ค่าความร้อน (MJ/Kg)
อ้อย	ชานอ้อย	0.25-0.28	7.37-9.25
	ยอด	ไม่มีข้อมูล	15.48-17.39
ข้าวเปลือก	แกลบ	0.21-0.23	13.52-14.27
	ฟางข้าว	0.447-0.49	10.24-12.33
มันสัมปะหลัง	ลำต้นมันสำปะหลัง	0.08-0.09	15.59-18.42
	เหง้า	0.2	5.49
ปาล์มน้ำมัน	ทะลายปาล์ม	0.32-0.428	7.24-17.86
	เส้นใยปาล์ม	0.147-0.19	11.4-17.62
	กะลาปาล์ม	0.049	16.9-18.46
	ก้านทาง	ไม่มีข้อมูล	9.83
	ทะลาย	0.32	7.24-16.33
มะพร้าว	กากมะพร้าว	0.362	16.23
	กะลามะพร้าว	0.16	17.93
	ทะลายมะพร้าว	ไม่มีข้อมูล	15.40
	ทาง	ไม่มีข้อมูล	16.00
ข้าวโพด	ซัง	0.24	9.62-18.04
	ลำต้น	0.82	9.83
ถั่วลิสง	เปลือก	ไม่มีข้อมูล	12.66
ฝ้าย	ลำต้น	ไม่มีข้อมูล	14.49
ถั่วเหลือง	ลำต้นและใบ	ไม่มีข้อมูล	19.44
ข้าวฟ่าง	ลำต้นและใบ	ไม่มีข้อมูล	19.23
เศษไม้	กิ่งก้าน	ไม่มีข้อมูล	14.98



รูปที่ 21 แสดงการทำงานของโรงไฟฟ้าชีวมวลโดยรวม

เทคโนโลยีการผลิตพลังงานจากเชื้อเพลิงชีวมวลในประเทศไทยมี 4 ระบบ คือ

1. ระบบการเผาไหม้โดยตรง

   เป็นเทคโนโลยีที่ใช้กันอย่างแพร่หลายที่สุดในการผลิตไฟฟ้าด้วยชีวมวล คือการนำพืชชีวมวลมาใช้เป็นเชื้อเพลิงเพื่อเผาไหม้ในหม้อน้ำ และถ่ายเทความร้อนให้หม้อน้ำกลายเป็นไอน้ำที่ร้อนจัดและมีความดันสูง ซึ่งไอน้ำจะปั่นกังหันหรือเครื่องจักรไอน้ำที่ต่ออยู่กับเครื่องกำเนิดไฟฟ้าทำให้เกิดกระแสไฟออกมา และสามารถออกแบบนำไอน้ำมาใช้ประโยชน์ในรูปแบบของความร้อน หรือเรียกระบบการผลิตไอน้ำและไฟฟ้าร่วมกัน ชื่อว่า ระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานความร้อนร่วม เป็นระบบที่มีประสิทธิภาพสูง ข้อจำกัดของการเผาไหม้โดยตรงคือ โรงไฟฟ้าต้องมีขนาดมากกว่า 5 เมกะวัตต์ขึ้นไป จึงเหมาะสมกับการลงทุน

2. การเผาไหม้โดยใช้เชื้อเพลิงสองชนิดขึ้นไป เป็นการใช้เชื้อเพลิง 2 ชนิดร่วมกัน โดยส่วนใหญ่มักใช้เชื้อเพลิงชีวมวลและถ่านหินร่วมกัน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

3. การผลิตก๊าซเชื้อเพลิง

กระบวนการการเปลี่ยนวัตถุดิบชีวมวลของแข็งเป็นก๊าซเชื้อเพลิงหรือก๊าซวัตถุดิบตั้งต้นทางเคมี (Syngas) ซึ่งเป็นระบบการเผาไหม้ในเครื่อง Gasifier โดยควบคุมการไหลเข้าไปในปริมาณจำกัด ทำให้เกิดการเผาไหม้ที่ไม่สมบูรณ์ เพื่อผลิตก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ ไฮโดรเจน และก๊าซมีเทน โดยก๊าซที่เกิดขึ้นสามารถนำไปให้ความร้อนโดยตรงหรือนำไปใช้เป็นเชื้อเพลิงสำหรับใช้ในการเดินเครื่องผลิตกระแสไฟฟ้า ระบบนี้เป็นเทคโนโลยีที่เหมาะสำหรับผลิตไฟฟ้าขนาดไม่เกิน 1 เมกะวัตต์ จึงไม่เป็นที่แพร่หลาย

4. เทคโนโลยีไพโรไลซีส

มีลักษณะคล้ายกระบวนการแก๊สซิฟิเคชั่น เริ่มจากกระบวนการทำเชื้อเพลิงชีวมวลให้แห้งแล้วนำไปทำลายพันธะทางเคมีโดยการให้ความร้อนที่สูงขึ้นได้เป็นผลิตภัณฑ์จำพวกก๊าซต่างๆ โดยน้ำมันดิบและถ่านชาร์ จะถูกทำให้เป็นก๊าซผลิตภัณฑ์ อันเป็นขั้นตอนของกระบวนการแก๊สซิฟิเคชั่น

เชื้อเพลิงชีวภาพ[23]

เป็นสารชีวมวลมาผลิตเป็นสารประกอบไฮโดรคาร์บอนที่สามารถใช้ทดแทนหรือผสมกับน้ำมันเชื้อเพลิงฟอสซิล เพื่อลดหรือทดแทนการพึ่งพาเชื้อเพลิงจากฟอสซิลที่ใช้มากปัจจุบัน โดยระยะเวลาในการผลิตเชื้อเพลิงชีวภาพนี้จะใช้เวลากาผลิตที่ในช่วงสั้นๆ ซึ่งแตกต่างจากเชื้อเพลิงฟอสซิลซึ่งฝช้เวลาหลายล้านปีในการแปรสภาพ

ชีวมวลที่นำมาแปรรูปเป็นเชื้อเพลิงชีวภาพได้นั้นสามารถแบ่งออกเป็น สามรุ่น คือ ชีวมวลรุ่งนที่หนึ่ง ที่ถูกนำมาแปรรุปได้แก่พวกน้ำตาลและแป้ง ชีวมวลรุ่นที่สอง ได้แก่วัตถุดิบที่ประกอบด้วยลิกโนเซลลูโลส และชีวมวลรุ่นที่สาม ได้แก่ สาหร่ายขนาดใหญ่และขนาดเล็ก

ชนิดของเชื้อเพลิงชีวภาพจะแบ่งตามโครงสร้างของสารประกอบไฮโดรคาร์บอนที่ได้จากการแปรรูปชีวมวลมาเป็นเชื้อเพลิงชีวภาพโดยเชื้อเพลิงชีวภาพส่วนใหญ่จะอยู่ในรูปของของเหลวเพื่อความสะดวกในการขนส่ง ชนิดของเชื้อเพลิงชีวภาพที่มีการใช้กันส่วนใหญ่มีทั้งหมด 4 ชนิดได้แก่ Ethanol, Biodiesel, Methanol และ Biobutanol

ตารางที่ 21 แสดงการเปรียบเทียบข้อแตกต่างเชื้อเพลิงชีวภาพและเชื้อเพลิงฟอสซิล

ชนิดของเชื้อเพลิงชีวภาพ	ชนิดของเชื้อเพลิงฟอสซิลที่เทียบเท่า	ข้อแตกต่าง
Ethanol	Gasoline/Ethane	Ethanol มีค่าความร้อนต่อน้ำหนักเป็นครึ่งหนึ่งของ gasoline ฉะนั้นต้องใช้เชื้อเพลิง ethanol จำนวน 2 กิโลกรัมเพื่อให้เกิดความร้อนเท่ากับ gasoline 1 กิโลกรัม ethanol มีการเผาไหม้ที่สะอาดกว่า gasoline แต่อย่างไรก็ตามต้องมีการดัดแปลงเครื่องยนต์ก่อนเสมอเมื่อจะใช้ Ethanol ทดแทน Gasoline
Biodiesel	Diesel	Biodiesel มีค่าความร้อนที่ใกล้เคียงกับ Diesel แต่มีการเผาไหม้ที่สะอาดกว่า ซึ่งปล่อยฝุ่นละอองและสารประกอบกัมมะถันน้อยกว่า แต่ biodiesel มีสภาพกัดกร่อนเครื่องยนต์มากกว่าซึ่งต้องมีการออกแบบเครื่องยนตีให้หมาะสมเมื่อมีการใช้ Biodiesel
Methanol	Methane	Methanol มีค่าความร้อนประมาณ 1 ใน 3 ถึงครึ่งหนึ่งของ Methane การขนส่ง Methane ต้องมีการอัดเพื่อสามารถขนได้ในปริมาณที่มาก
Biobutanol	Gasoline/Butane	Biobutanol มีค่าความร้อยน้อยกว่า Gasoline เพียงเล็กน้อยซึ่งสามารถนำมาใช้เติมเป็นเชื้อเพลิงในรถแทน Gasoline ได้เลย โดยไม่ต้องปรับแต่งเครื่องยนต์

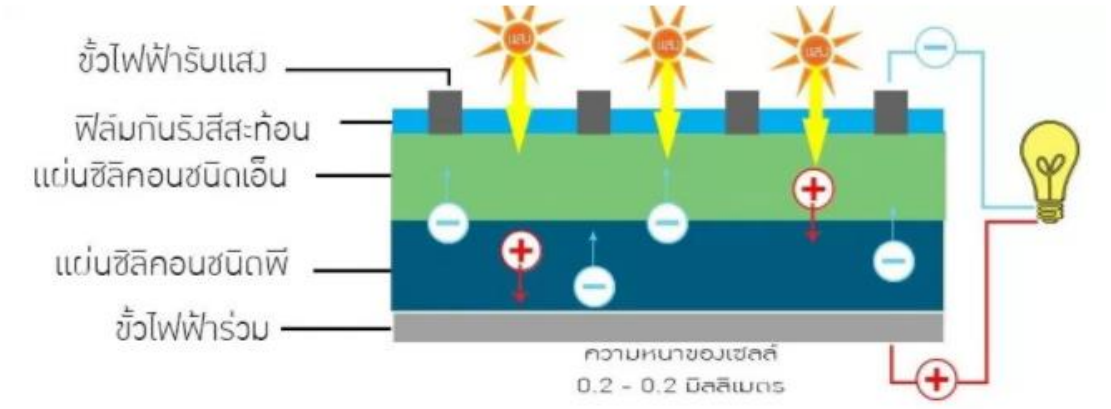
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

พลังงานแสงอาทิตย์[24]

พลังงานแสงอาทิตย์ เป็นพลังงานทดแทนประเภทหมุนเวียนที่ใช้แล้วเกิดขึ้นใหม่ได้ตามธรรมชาติ เป็นพลังงานที่สะอาด ปราศจากมลพิษ และเป็นพลังงานที่มีศักยภาพสูง

เซลล์แสงอาทิตย์ (Solar Cell) เป็นสิ่งประดิษฐ์ที่สร้างขึ้นให้เป็นอุปกรณ์ที่สามารถเปลี่ยนพลังงานจากแสงอาทิตย์เป็นพลังงานไฟฟ้า โดยระยะเริ่มต้นได้นำเซลล์แสงอาทิตย์ไปใช้งานในการผลิตพลังงานไฟฟ้าทางด้านอวกาศดาวเทียมระบบสื่อสารต่างจนในปัจจุบันมีการผลิตใช้งานอย่างแพร่หลายเนื่องจากความต้องการการผลิตไฟฟ้าด้วยเทคโนโลยาะอาดที่เพิ่มสูงขึ้นและการพัฒนาเทคโนโลยีส่งผลให้เซลล์แสงอาทิตย์มีราคาถูกลงและประสิทธิภาพสูงขึ้น

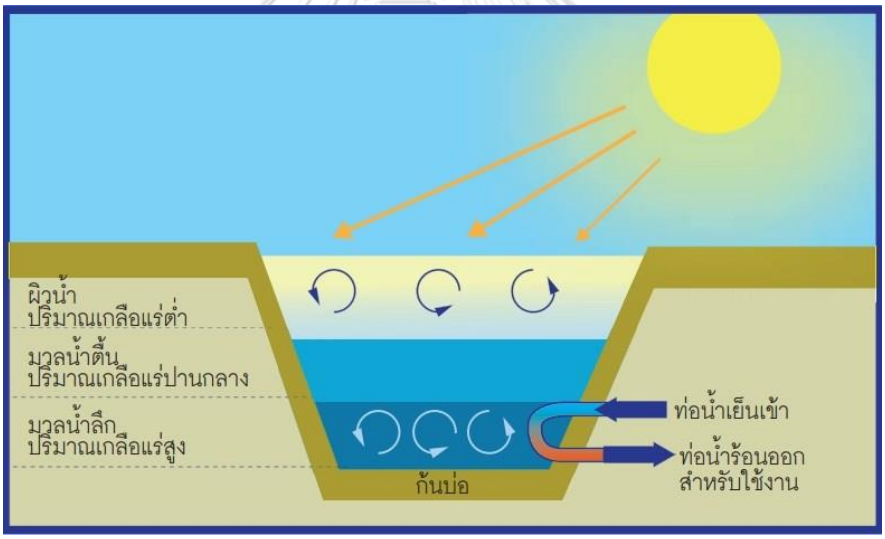
เซลล์แสงอาทิตย์ทำจากซิลิกอน โดยผลึกซิลิกอนจะถูกทำให้ไม่บริสุทธิ์ โดยการเติมธาตุในกลุ่ม 3 และ 5 ของตารางธาตุซึ่งจะได้ผลิตซิลิกอน (P-Type และ N-Type) ที่มีคุณสมบัติทางไฟฟ้าต่างกันตามลำดับ เมื่อนำต่อเชื่อมกันด้วยกรรมวิธีการแพร่สารระหว่างผลึกทำให้ระหว่างรอยต่อมีสภาวะเป็นกลาง ผลึกซิลิกอนจะวางซ้อนกันเป็นชั้นบ้าง เมื่อมีแสงซึ่งมีอนุภาคโฟตอน มาตกกระทบแผ่นชั้นซิลิกอน อิเล็กตรอนที่ได้รับพลังงานจะเกิดการไหลความไม่สมดุลของประจุระหว่างชั้นเซลล์ เมื่อมีการต่อเชื่อมขั่วไฟฟ้าออกไปก็จะเกิดการความต่างศักย์ไฟฟ้าขึ้นที่ขั้วไฟฟ้านั้นเมื่อนำมาต่อเชื่อมกันเป็นวงจรไฟฟ้าก็จะเกิดการถ่ายเทอิเล็กตรอนระหว่างขั้วเกิดมีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านวงจรทำให้เกิดพลังงานไฟฟ้าขึ้นมาได้



รูปที่ 22 แสดงรายละเอียดของแผงโซล่าเซลล์

โรงไฟฟ้าพลังงานความร้อน ระบบบ่อรับแสง (SOLAR POND SYSTEM) [25]

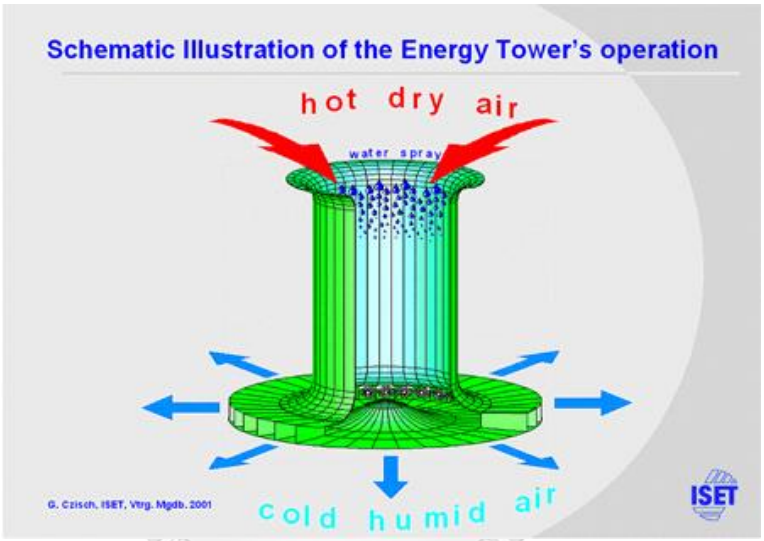
ระบบสะสมพลังความร้อนจากแสงอาทิตย์โดยอาศัยหลักการจัดช่วงชั้นของเกลือแร่ในน้ำ (water stratification) โดยทั่วไปแหล่งน้ำตามธรรมชาติหรือแหล่งเก็บน้ำที่สร้างขึ้นจะมีปริมาณเกลือแร่เพิ่มขึ้นตามระดับความลึกจากผิวน้ำ เมื่อได้รับแสงอาทิตย์ในช่วงเวลากลางวัน มวลน้ำลึกที่มีเกลือแร่สูงจะสะสมความร้อน ทำให้อุณหภูมิสูงขึ้นและเคลื่อนที่ขึ้นมาที่ผิวน้ำ เนื่องจากมวลน้ำอุ่นจะมีความหนาแน่นต่ำกว่ามวลน้ำเย็นที่ความลึกระดับหนึ่ง ซึ่งมีปริมาณเกลือแร่มากพอ ความหนาแน่นของมวลน้ำสูงมากจนไม่สามารถเคลื่อนที่ขึ้นมาสู่ผิวน้ำได้แม้ว่าจะสะสมความร้อนจากแสงอาทิตย์จนอุณหภูมิเกือบถึงจุดเดือดของน้ำก็ตาม (80-90 องศาเซลเซียส) เรียกว่าบริเวณเก็บความร้อน (heat storage zone) ความร้อนที่สะสมอยู่ในมวลน้ำบริเวณนี้สามารถถ่ายเทมาใช้ประโยชน์ในการผลิตกระแสไฟฟ้าได้ ในกรณีนี้มวลน้ำในระดับที่ตื้นกว่าที่มีปริมาณเกลือแร่ปานกลาง จะทำหน้าที่เป็นฉนวน (insulation zone) ป้องกันการสูญเสียความร้อนจากการระเหย การพาความร้อน และการแผ่รังสีความร้อนจากมวลน้ำลึกที่มีความร้อนสูงอีกด้วย



รูปที่ 23 แสดงรายละเอียดระบบบ่อรับแสง

Energy towers[26]

เป็นการแปลงพลังงานจากแสงอาทิตย์ เป็นพลังงานไฟฟ้าโดยอาศัยการเคลื่อนที่ของอากาศ หอคอยเย็น (energy tower) เพราะระบบมีหลักการทำงานง่าย ดูแลรักษาง่ายเพราะมีส่วนที่เคลื่อนไหวน้อยชิ้น และไม่ต้องใช้เทคโนโลยีสูงวัสดุอุปกรณ์นำเข้าราคาแพงในการก่อสร้างหลักการทำงานของหอคอยเย็น (energy tower) อาศัยน้ำหนักของอากาศที่ได้รับความเย็นแล้วหดตัวเคลื่อนที่ลงด้านล่างของหอคอย ซึ่งทำได้โดยการพ่นน้ำที่ด้านบนของหอคอย แต่ลมที่เคลื่อนที่ออกทางปลายปล่องด้านล่างหมุนกังหันลมและกำเนิดไฟฟ้าเช่นเดียวกัน



รูปที่ 24 แสดงรายละเอียดเทคโนโลยี Energy tower

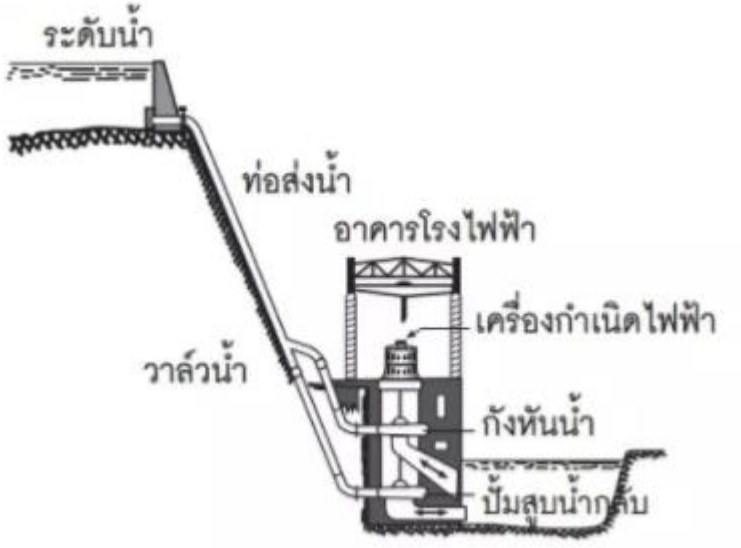
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

พลังงานน้ำ[25]

เขื่อน เป็นสิ่งก่อสร้างขนาดใหญ่สำหรับกั้นน้ำซึ่งเป็นต้นน้ำ ทำให้น้ำถูกสะสม และกักเก็บไว้ในอ่างเก็บน้ำเหนือเขื่อน ใช้การควบคุมการระบายน้ำในอ่างเก็บเหนือเขื่อน เพื่อป้องกันอุทกภัยและเพื่อการชลประทา ใช้ประโยชน์จากพลังงานน้ำเหนือเขื่อนผลิตกระแสฟ้า ที่ใช้พลังงานเคลื่อนไหวของน้ำทำให้เป็นต้นกำเนิดไฟฟ้า ซึ่งโรงไฟฟ้าพลังงานน้ำมีหลายประเภท คือ

1. โรงไฟฟ้าพลังงานน้ำแบบสูบน้ำกลับ

   เป็นโรงฟ้าที่สามารถสูบน้ำที่ปล่อยจากอ่างเก็บน้ำลงมา แล้วนำกลับขึ้นไปเก็บไว้ในอ่างเก็บน้ำเพื่อใช้ผลิตกระแสไฟฟ้าได้อีก เช่น เขื่อนศรีนครินทร์



รูปที่ 25 แสดงรายละเอียดโรงไฟฟ้าพลังงานน้ำแบบสูบน้ำกลับ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

2. โรงไฟฟ้าพลังงานน้ำแบบมีอ่างเก็บน้ำขนาดเล็ก

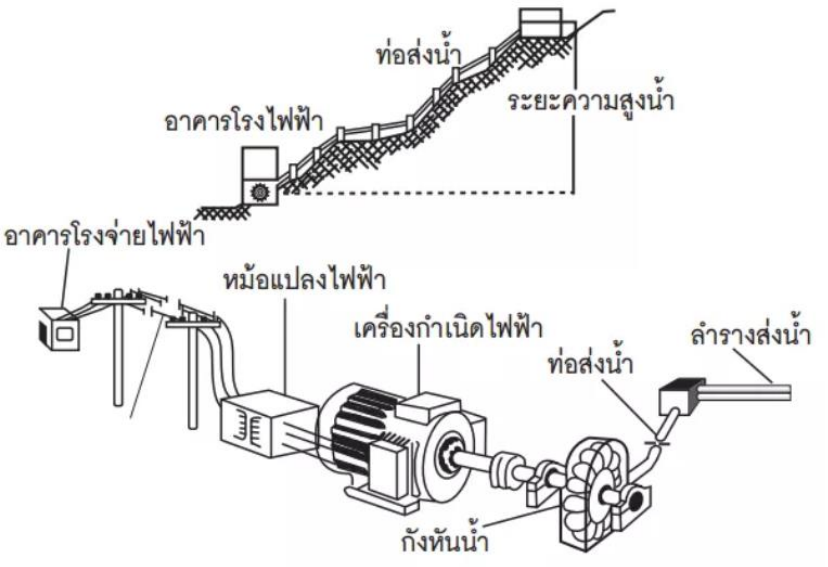
   เป็นโรงไฟฟ้าที่สามารถบังคับการไหลของน้ำได้ในช่วงสั้นๆ เช่นประจำวันหรือประจำสัปดาห์ สามารถควบคุมการผลิตไฟฟ้าให้สอดคล้องกับความต้องการได้ดีกว่าโรงไฟฟ้าแบบมีน้ำไหลตลอดปี แต่อยู่ในช่วงเวลาที่จำกัดตามขนาดของอ่างเก็บน้ำ เช่น โรงไฟฟ้าพลังงานน้ำเขื่อนท่าทุ่งนา และโรงไฟฟ้าขนาดเล็ก บ้านสันติ

3. โรงไฟฟ้าพลังงานน้ำแบบมีอ่างเก็บน้ำขนาดใหญ่

   เป็นโรงไฟฟ้าที่มีเขื่อนกั้นน้ำขนาดใหญ่ และสูง กั้งขวางลำน้ำไว้ ทำให้เกิดเป็นทะเลสาบใหญ่ ซึ่งสามารถกักเก็บน้ำในฤดูฝน และนำไปใช้ในฤดูแล้ง นับว่ามีประโยชน์มาก เพราะสามารถควบคุมการใช้น้ำในการผลิตกระแสไฟฟ้าเสริมในช่วงที่มีความต้องการใช้ไฟฟ้าสูงได้อย่างมีประสิทธิภาพตลอดปี เช่นเขื่อนภูมิพล เขื่อนสิริกิติ์

4. โรงไฟฟ้าพลังงานน้ำแบบมีน้ำไหลตลอดปี

   เป็นโรงไฟฟ้าที่ไม่มีอ่างเก็บน้ำ ผลิตไฟฟ้าโดยพลังงานน้ำที่ไหลตามธรรมชาติของลำน้ำในบางช่วง หากน้ำมีปริมาณมากเกินกว่าที่โรงไฟฟ้าจะรับไว้ได้ก็ต้องปล่อยทิ้งไป ส่วนใหญ่ติดตั้งอยู่กับเขื่อนผันน้ำชลประทานซึ่งมีน้ำไหลผ่านตลอดปี



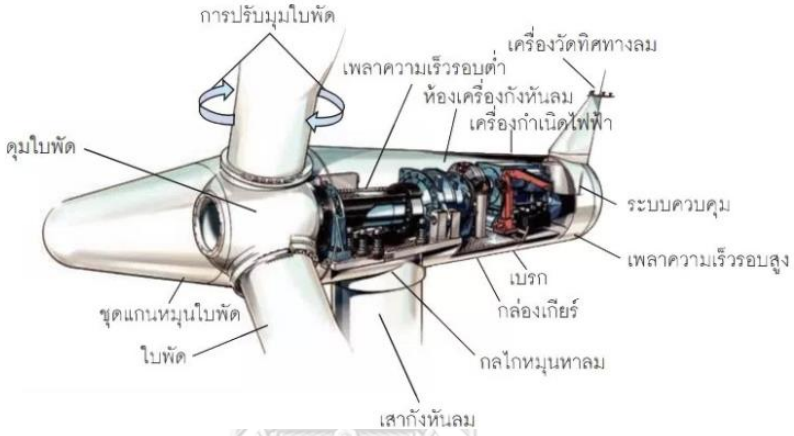
รูปที่ 26 แสดงรายละเอียดโรงไฟฟ้าแบบมีน้ำไหลตลอดปี

กังหันลม[25]

กังหันลมทำหน้าที่ในการเปลี่ยนพลังงายของลมมาเป็นพลังงานกลในการขับเคลื่อนเครื่องกำเนิดไฟฟ้า เพื่อให้สามารถใช้เป็นพลังงานไฟฟ้าได้อีกต่อหนึ่ง โดยมีส่วนประกอบดังนี้

1. ห้องเครื่องกังหันลม

   ภายในประกอบด้วยอุปกรณ์หลักๆ ได้แก่ ระบบเกียร์ ระบบเบรก ระบบส่งกำลัง ชุดเครื่องกำเนิดไฟฟ้าและอุปกรณ์ส่วนควบคุม



รูปที่ 27 แสดงรายละเอียดภายในห้องเครื่องกังหันลม

2. ชุดแกนหมุนใบพัด

   ทำหน้าที่รับหรือปะทะกับแรงลมทำให้กังหันลมหมุน ประกอบด้วย ใบพัด ชุดควบคุมการปรับมุมใบพัด ดุมฝบพัด และ เพลาโรเตอร์

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

3. เบรกกังหันลม

   ทำหน้าที่หยุดกังหันลมทั้งในขณะเวลาปกติและสภาวะฉุกเฉิน เป็นระบบความปลอดภัยหลักที่สำคัญ

4. ระบบควบคุมกังหันลม

   ประกอบด้วยเครื่องคอมพิวเตอร์หลายเครื่อง ทำหน้าที่ควบคุมและตรวจสอบการทำงานของกังหันลมอย่างต่อเนื่อง เก็บรวมรวมสถิติต่างๆ เกี่ยวกับการทำงาน ควบคุมการทำงานของสวิทซ์ควยคุมจำนวนมาก ปั๊มไฮดรอลิก วาล์ว และมอเตอร์ต่างๆภายในกังหันลม

5. เครื่องกำเนิดไฟฟ้าของกังหันลม

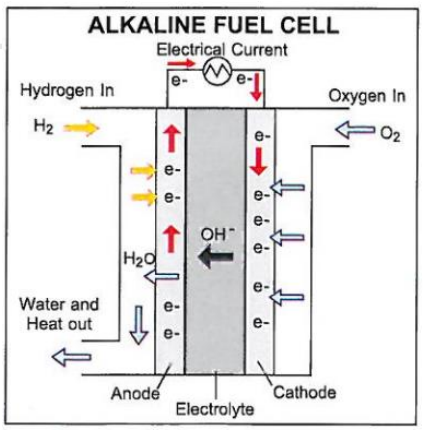
   ทำหน้าที่เปลี่ยนพลังงานกลที่เกิดจากการหมุนของใบพัดกังหันลมเป็นพลังงานไฟฟ้า

รูปที่ 28 แสดงรายละเอียดเครื่องกำเนิดไฟฟ้าของกังหันลม

เซลล์เชื้อเพลิง[27]

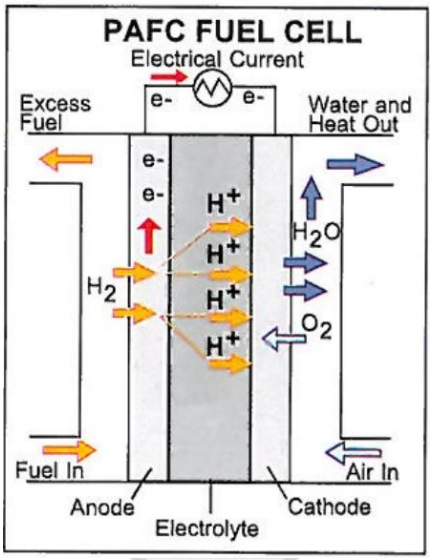
เป็นเซลล์ไฟฟ้าเคมีอย่างหนึ่งคล้ายแบตเตอรี่ แต่แตกต่างกันที่เซลล์เชื้อเพลิงนั้นออกแบบมาให้มีการเติมไฮโดรเจน และออกซิเจนตลอดเวลา ซึ่งช่วยขจัดปัญหาความจุที่จำกัดของแบตเตอรี่ออกไป นอกจากนี้ที่ขั้วไฟฟ้าของแบตเตอรี่จะเข้าทำปฏิกิริยาเมื่อมันถูกอัดประจุ หรือคายประจุ ในขณะที่ขั้วไฟฟ้าของเซลล์เชื้อเพลิงเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาและค่อนข้างเสถียร เซลล์เชื้อเพลิงทุกชนิดจะให้กระแสไฟฟ้าที่ 1.16 โวล์ตต่อเซลล์ ประกอบด้วยอิเล็คโทรด 2 ขั้ว คือแคโทด หรือขั้วบวก ขั้วแอโนดหรือขั้วลบ แต่ละขั้วประกอบด้วยแท่งคาร์บอนที่มีรูพรุน 2 แท้งทำหน้าที่เป็นขั้วไฟฟ้า ที่ผิวแท่งคาร์บอนมีผงแพลทินัมหรือแพลเลเดียมผสมอยู่เพื่อทำหน้าที่เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา ขั้วไฟฟ้าทั้งสองจุ่มอยู่ในอิเล็คโทรไลต์ซึ่งอาจเป็นสารละลาย NaOH หรือ KOH ที่จะพากระแสจากขั้วหนึ่ง และยังประกอบด้วยตัวเรื่องปฏิกิริยา ทำหน้าที่เร่งปฏิกิริยาของอิเล็คโทรไลต์ให้เกิดกระแสไฟฟ้ามากขึ้น

เซลล์เชื้อเพลิงที่มีใช้งานในปัจจุบัน แต่ละชนิดจะมีโครงสร้างและปฏิกิริยาทางไฟฟ้าเคมีที่แตกต่างกัน ทำให้การนำมาประยุกต์ใช้งานแตกต่างกันด้วย ดังนี้



รูปที่ 29 แสดงรายละเอียดเซลล์เชื้อเพลิงแบบแอลคาไลน์

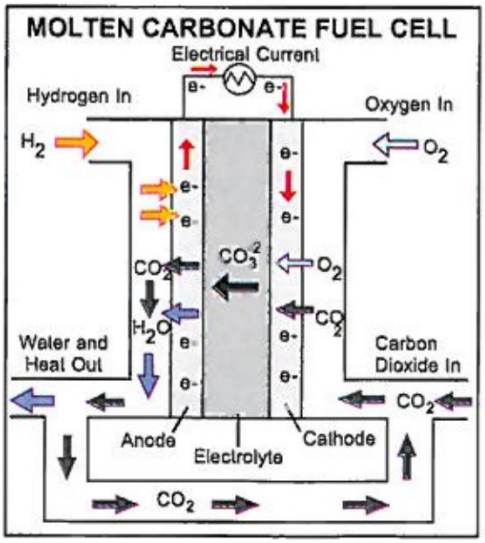
เซลล์เชื้อเพลิงแบบแอลคาไลน์ เป็นเซลล์เชื้อเพลิงที่มีประสิทธิภาพสูงที่สุด (50-70%) แต่เนื่องจากระบบไวต่อการปนเปื้อนมาก จึงจำเป็นต้องใช้ไฮโดรเจนและออกซิเจน ที่บริสุทธิ์เท่านั้น ทำให้ระบบโดยรวมมีราคาถูกมาก ดังนั้นเซลล์เชื้อเพลิงชนิดนี้จะถูกใช้งานด้านอวกาศเป็นส่วนใหญ่ เนื่องจากมีประสิทธิภาพสูงสุด อุณหภูมิขณะที่ทำงานอยู่ต่ำกว่า 80 องศาเซลเซียส นอกจากนี้ของเสียที่ได้จากเซลล์เชื้อเพลิงคือ น้ำบริสุทธิ์ ซึ่งนักบินอวกาศสามารถใช้บริโภคได้



รูปที่ 30 แสดงรายละเอียดเซลล์เชื้อเพลิงแบบกรดฟอสฟอริก

เซลล์เชื้อเพลิงแบบกรดฟอสฟอริก เป็นเชื้อเพลิงชนิดแรกที่สามาถสร้างขึ้นในเชิงพาณิชย์ มีระดับอุณหภูมิในการทำงานประมาณ 210 องศาเซลเซียส สามารถสร้างพลังงานไฟฟ้าได้ถึง 200 กิโลวัตต์ มีประสิทธิภาพประมาณ 35-50% มักนำไปใช้เป็นแหล่งพลังงานไฟฟ้า ในสถานที่เล็กต่างๆ เช่น โรงแรมและสำนักงานต่างๆ เป็นต้น

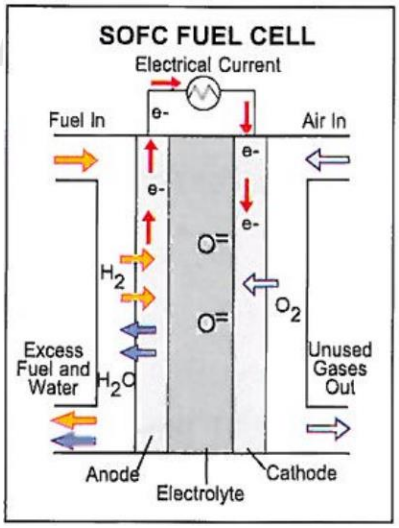
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University



รูปที่ 31 แสดงรายละเอียดของเซลล์เชื้อเพลิงแบบเกลือคาร์บอเนตหลอม

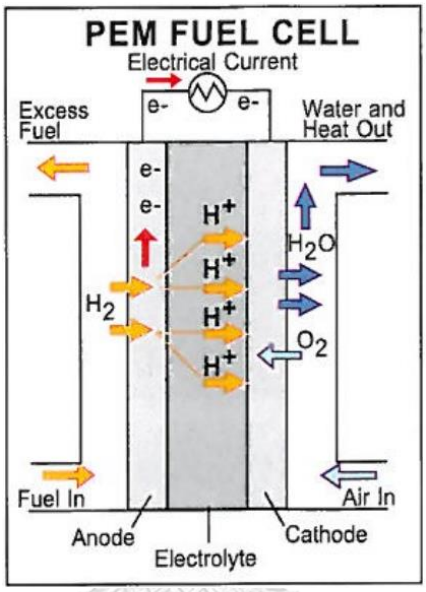
เซลล์เชื้อเพลิงแบบเกลือคาร์บอเนตหลอม เซลล์เชื้อเพลิงชนิดนี้เหมาะสม สำหรับโรงไฟฟ้าขนาดใหญ่ สำหรับจำหน่ายไฟฟ้า มีอุณหภูมิการทำงานที่สูงมากประมาณ 650 องสาเซลเซียส สามารถสร้างพลังงานไฟฟ้าได้สูงถึง 2 เมกะวัตต์ และยังให้ไอน้ำความดันสูงออกมา ซึ่งสามารถนำมาช่วยผลิตกระแสไฟฟ้าในลักษณะความร้อนร่วมได้ เป็นผลทำให้ประสิทธิภาพของระบบโดยรวมสูงขึ้นถึง 80-55 เปอร์เซ็นต์ และเนื่องจากทำงานที่อุณหภูมิที่ต่ำกว่าเซลล์เชื้อเพลิงแบบออกไซด์แข็ง ทำให้ไม่ต้องใช้วัสดุที่มีคุณสมบัติพิเศษ จึงทำให้ระบบโดยรวมมีราคาที่ต่ำกว่า

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University



รูปที่ 32 แสดงรายละเอียดของเซลล์เชื้อเพลิงแบบออกไซด์แข็ง

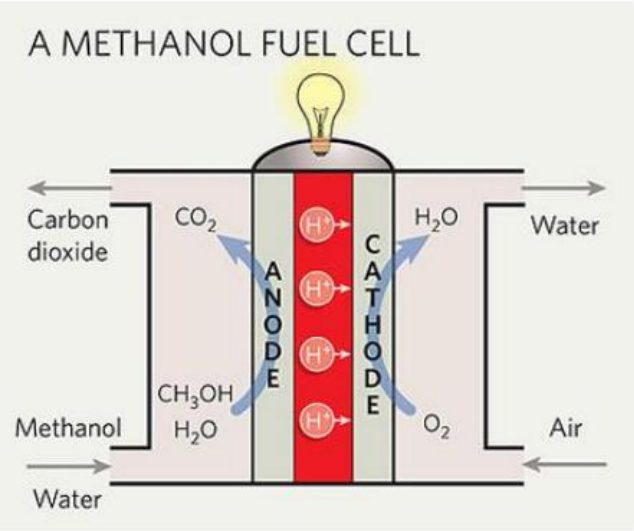
เซลล์เชื้อเพลิงแบบออกไซด์แข็ง เซลล์เชื้อเพลิงชนิดนี้มีอุณหภูมิในการทำงานที่สูงที่สุด เมื่อเทียบกับเซลล์เชื้อเพลิงประเภทอื่นๆ คือ ประมาณ 800-1000 องศาเซลเซียส เหมาะสำหรับโรงไฟฟ้าขนาดใหญ่ มีไอน้ำอุณหภูมิสูง เป็นผลผลิตจากกระบวนการทางเคมี ซึ่งสามารถนำไปใช้ในการผลิตกระแสไฟฟ้า สำหรับในระบบที่ต้องการกำลังไฟฟ้าสูงมากๆ นั้นเซลล์เชื้อเพลิงแบบออกไซด์ของแข็งจะมีราคาถูกกว่าระบบที่ใช้เซลล์เชื้อเพลิงแบบเกลือคาร์บอเนตหลอม



รูปที่ 33 แสดงรายละเอียดเซลล์เชื้อเพลิงแบบเมมเบรนแลกเปลี่ยนโปรตอน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

เซลล์เชื้อเพลิงแบบเมมเบรนแลกเปลี่ยนโปรตอน เซลล์เชื้อเพลิงชนิดนี้ได้รับความนิยมมากในการนำมาประยุกต์ใช้งาน เนื่องจากมีอุณหภูมิในการทำงานที่ไม่สูงมากนักและราคาไม่แพงเมื่อเทียบกับเซลล์เชื้อเพลิงชนิดอื่น รวมถึงมีประสิทธิภาพที่สูง (35-60%) เชื้อเพลิงที่ใช้คือ ไฮโดรเจน (บริสุทธิ์ 99.99%) และอากาศปัจจุบันนำมาประยุกต์ใช้งานด้านต่างๆ กันอย่างแพร่หลาย โดยเฉพาะการนำมาเป็นแหล่งพลังงานขับเคลื่อน สำหรับรถยนต์หรือรถโดยสารสาธารณะ รวมถึงเป็นแหล่งกำเนิดกระแสไฟฟ้าขนาดเล็กเพื่อใช้ภายในที่อยู่อาศัย



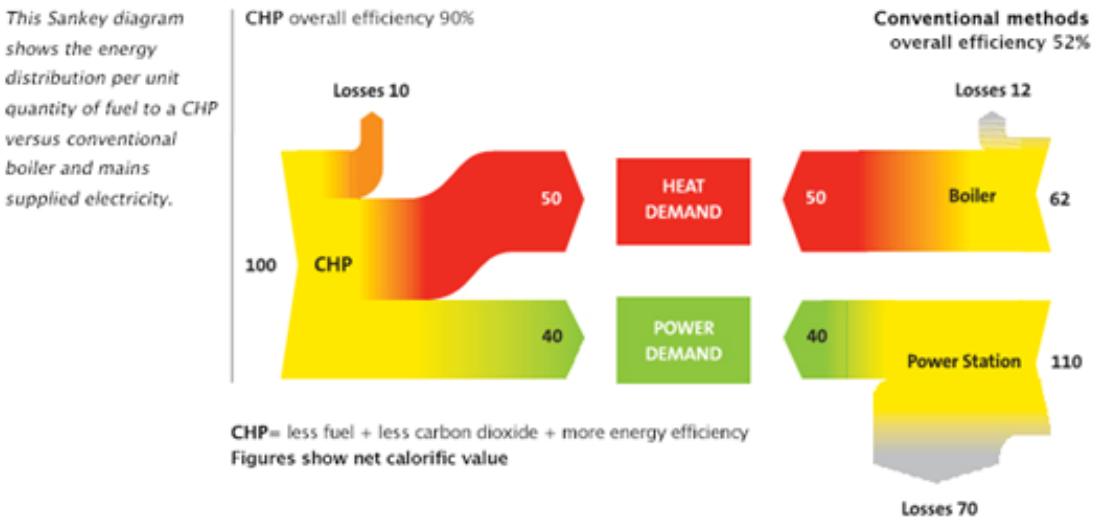
รูปที่ 34 แสดงรายละเอียดเซลล์เชื้อเพลิงแบบป้อนสารเมทานอลโดยตรง

เซลล์เชื้อเพลิงแบบป้อนสารเมทานอลโดยตรง เป็นเซลล์เชื้อเพลิงที่ถูกพัฒนาจากเมมเบรนแลกเปลี่ยนโปรตอน แตกต่างจากเซลล์เชื้อเพลิงประเภทอื่นๆ คือ เมทานอลเป็นเชื้อเพลิงซึ่งถือว่าเป็นข้อดี ในเรื่องของการจัดการเชื้อเพลิงที่สะดวกกว่า หากแต่ให้แรงดันไฟฟ้าที่ค่อนข้างต่ำ ทำให้จำเป็นต้องใช้เซลล์เป็นจำนวนมาก มาต่ออนุกรมกันเพื่อให้ได้แรงดันสูงพอ เป็นผลให้เซลล์เชื้อเพลิงชนิดนี้มีประสิทธิภาพต่ำที่สุด (ประมาณ 35-40%) เมื่อเทียบกับเซลล์เชื้อเพลิงชนิดอื่นๆ อย่างไรก็ตาม เซลลีเชื้อเพลิงชนิดนี้มีอุณหภูมิในการทำงานค่อนข้างต่ำ และใช้เมทานอลเป็นเชื้อเพลิง ทำให้เหมาะที่จะใช้เป็นแหล่งพลังงานไฟฟ้าให้กับอุปกรณ์อิเล็คทรอนิกส์ขนาดเล็ก เช่น โทรศัพท์มือถือ เครื่องคอมพิวเตอร์แบบพกพา เป็นต้น

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

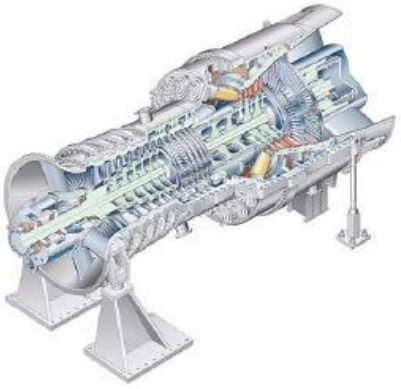
พลังงานร่วม Co-generation[28]

Co-generation หรืออีกชื่อว่า Combined Heat and Power คือนำเชื้อเพลิงเช่น ก๊าซธรรมชาติมาผลิตพลังงานไฟฟ้าและความร้อนเพื่อนำไปใช้งานให้เกิดประโยชน์สูงสุด ซึ่งการผลิตไฟฟ้าและความร้อนร่วมกันจะมีประสิทธิภาพโดยรวมดีกว่าการผลิตแยกกันมาก โดยระบบ Co-generation สามรถใช้ได้ทั้ง Gas turbine, Gas Engine หรือ Steam Boiler + Steam Turbine ในการผลิตไฟฟ้า โดยในที่นี้จะขอกล่าวถึงระบบ Co-generation ที่ใช้ Gas turbine เป็นหลัก โดยทั่วไประบบ Co-generation จะมีประสิทธิภาพในการใช้พลังงานโดยรวมสูงกว่าการผลิตไฟฟ้าและความร้อนแยกกัน จากรูป Sankey-diagram จะแสดงให้เห็นว่าระบบ Co-generation ใช้พลังงานจากเชื้อเพลิง 100 หน่วยเปลี่ยนเป็นพลังงานไฟฟ้า 40 หน่วย พลังงานความร้อนอีก 50 หน่วย และที่เหลือเป็นพลังงานที่สูญเปล่า 10 หน่วย ในขณะที่การผลิตพลังงานความร้อนและไฟฟ้าแยกกันต้องใช้พลังงานโดยรวมถึง 172 หน่วยเพื่อให้ได้พลังงานไฟฟ้าและความร้อนที่เท่ากัน



แผนภาพเปรียบเทียบระบบ Co-generation และการผลิตไฟฟ้า ความร้อนแยกกัน

ระบบผลิตพลังงานร่วมชนิดกังหันก๊าซ[29]



รูปที่ 35 แสดงเทคโนโลยีกังหันก๊าซ

มีหลักการทำงานคือ คอมเพรสเซอร์จะอัดอากาศจากภายนอก และนำเข้าสู่ห้องเผาไหม้ เชื้อเพลิงจะถูกฉีดเข้ามาผสมกับอากาศและจุดระเบิด เกิดก๊าซร้อนจากการเผาไหม้ขึ้น ซึ่งจะไปขยายตัวผ่านเครื่องกังหันก๊าซ ทำให้กังหันก๊าซหมุน แกนของเครื่องกังหันก๊าซจะต่อไปขับเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเพื่อผลิตกระแสไฟฟ้า ส่วนก๊าซร้อนที่ปล่อยจากกังหันก๊าซจะมีอุณหภูมิประมาณ 450-550 องศาเซลเซียสก๊าซร้อนนี้สามารถนำไปใช้เป็นแหล่งให้ความร้อน โดยใช้อุปกรณ์เสริมคือ waste heat boiler เพื่อผลิตไอน้ำที่ความดันต่ำๆ หรือนำไปใช้ในกระบวนการผลิตโดยตรง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ระบบผลิตพลังงานร่วมชนิดเครื่องยนต์สันดาป [29]

รูปที่ 36 แสดงเครื่องยนต์สันดาป

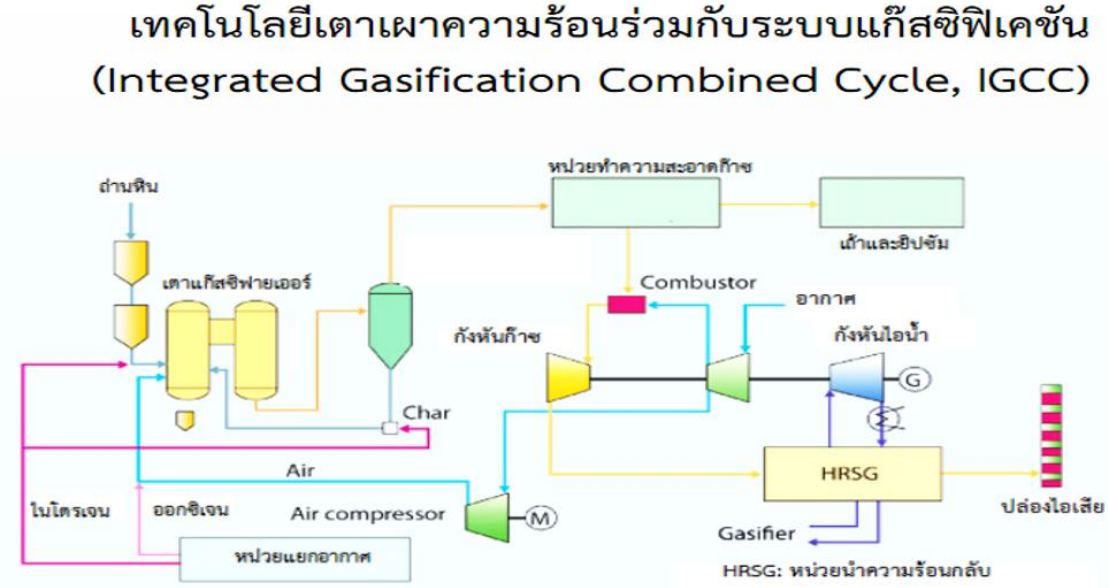
ระบบนี้สามารถแบ่งได้ตามประเภทเครื่องยนต์เป็น 2 ชนิด คือ เครื่องยนต์ spark-ignition engines จะใช้เชื้อเพลิงเหลวหรือก๊าซธรรมชาติเป็นเชื้อเพลิง และเครื่องยนต์ compression-ignition engines จะใช้น้ำมันดีเซลหรือน้ำมันเตาเป็นเชื้อเพลิง พลังงานที่ผลิตได้อยู่ในช่วง 100 kW ถึง 10 MW พลังงานความร้อนที่ออกมาอยู่ในรูปของก๊าซไอเสีย น้ำหล่อเย็นเสื้อสูบและน้ำมันหล่อลื่น ซึ่งการนำ พลังงานความร้อนไปใช้อาจใช้คู่กับ waste heat boiler ในการผลิตไอน้ำหรือน้ำร้อน

ตารางที่ 22 แสดงเปรียบเทียบรายละเอียดระหว่างกังหันก๊าซและเครื่องยนต์เผาไหม้ภายใน

รายละเอียด	กังหันก๊าซ	เครื่องยนต์เผาไหม้ภายใน
ขนาดของระบบ	500 kW-100 MW	100 kW-10 MW
ประสิทธิภาพของระบบ	55-75%	50-80%
Heat to Power Ration (H/P)	2-5	1-3
ความร้อนที่ออกจากระบบ	ก๊าซร้อน 450-550 องศาเซลเซียส	น้ำร้อน 50% ก๊าซร้อนที่ 450 องศาเซลเซียส 50%
เชื้อเพลิง	ก๊าซ เชื้อเพลิงเหลว	ก๊าซ เชื้อเพลิงเหลว

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

เทคโนโลยีเตาเผาความร้อนร่วมกับระบบแก๊สซิฟิเคชั่น (IGCC)[30]



รูปที่ 37 แสดงระบบการทำงานของ IGCC

Integrated Gasification Combined Cycle (IGCC) คือ การผสมผสานระหว่างเทคโนโลยีที่เปลี่ยนสถานะถ่านหินให้เป็นก๊าซ (Coal Gasification) กับ โรงไฟฟ้าพลังความร้อนร่วมกังหันก๊าซ (Gas Fired Combined Cycle Plant) เข้าด้วยกัน โดยกระบวนการเริ่มจากการนำถ่านหินไปผสมกับไอน้ำและออกซิเจน โดยใช้แรงดันและอุณหภูมิสูงจนเกิดปฏิกริยาทางเคมี จะได้ก๊าซที่มีส่วนประกอบของคาร์บอนมอนอกไซด์ และไฮโดรเจน ก๊าซที่นำมาใช้เป็นเชื้อเพลิงนี้ จะผ่านขั้นตอนในการทำให้สะอาด โดยการสกัดฝุ่นละออง กำมะถัน และไนโตรเจนออกไป ก่อนที่จะนำไปเผาไหม้ผ่านเครื่องกังหันก๊าซ เพื่อหมุนเครื่องกำเนิดไฟฟ้า

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

เทคโนโลยี Supercritical Pulverized Coal Combustion[31]

เป็นกระบวนการนี้ถือว่าเป็นเทคโนโลยีถ่านหินสะอาดที่มีประสิทธิภาพสูง และเป็น Advanced Technology สามารถพัฒนาให้มีประสิทธิภาพมากกว่าร้อยละ50 ได้ในอนาคต โดยระบบนี้มีผงถ่านหินจะถูกเผาไหม้ในห้องเผาไหม้ของหม้อไอน้ำ โดยไอน้ำที่ผลิตได้จะอยู่ในสภาวะของน้ำวิกฤตยวดยิ่ง กล่าวคือ อยู่ในสภาพที่มีความดันและอุณหภูมิสูงกว่าจุดวิกฤตของน้ำ โดนทั่วไปประสิทธิภาพของระบบนี้จะสูงกว่าระบบ Pulverized Coal Combustion แบบธรรมดา ประมาณร้ายละ 47 แต่ปัญหาที่ท้าทาย คือ การลดมลพิษด้านสิ่งแวดล้อม และสามารถแข่งขันเชิงเศรษฐศาสตร์ได้ โดยเฉพาะอย่างยิ่งการลดแก๊ส SO_2 และ NO_x ให้ใกล้ศูนย์และการลดปริมาณฝุ่นละอองให้ต่ำกว่า 50 mg/m^3 โดยเฉพาะในถ่านหินทที่มีปริมาณเถ้าสูง

เทคโนโลยี Ultra Supercritical Pulverized Coal Combustion[31]

เทคโนโลยีนี้เป็นการพัฒนาและวิจัยเทคนิคการเพิ่มสภาวะของไอน้ำให้อยู่ในสภาวะที่มีความดันและอุณหภูมิสูงกว่าสภาวะวิกฤติยวดยิ่ง (Supercritical) คือไอน้ำที่ผลิตได้จะอยู่ในสภาวะที่มีความดันสูงกว่า 37.5 MPa และอุณหภูมิ 700 องศาเซลเซียส ซึ่งมีการคาดการณ์ว่าประสิทธิภาพในการผลิตไฟฟ้าจะสูงถึงร้อยละ 50-52 แต่ประเด็นปัญหาที่สำคัญ คือ วัสดุที่ใช้ในการผลิตหม้อน้ำและกังหันไอน้ำต้องสามารถทนความดันและอุณหภูมิของสภาวะเหนือวิกฤติยวดยิ่งได้

ก๊าซมีเทนในชั้นถ่านหิน[31]

ก๊าซมีเทนในชั้นถ่านหิน Coal Bed Methane มีส่วนประกอบและนำมาใช้ประโยชน์ได้เช่นเดียวกับก๊าซมีเทนในก๊าซธรรมชาติ แต่ต่างกันที่พบอยู่ในชั้นถ่านหิน ก๊าซมีเทนที่เกิดขึ้นจะสะสมตัวใน 3 ลักษณะ ละลายอยู่ในชั้นน้ำ และแทรกซึมอยู่ในรอยแตกในชั้นถ่านหิน การนำก๊าซมีเทนมาใช้ประโยชน์จะต้องสูบน้ำออกจากหลุมผลิตให้ความกดดันในหลุมผลิตลดลงมากที่สุด เพื่อให้ก๊าซมีเทนซึ่งมีความดันต่ำไหลออกมาได้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

รายการอ้างอิง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาคผนวก

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นายวิสรรค์ ศรีอนันต์ เกิดวันที่ 7 ธันวาคม พ.ศ. 2534 สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรีจากคณะวิทยาศาสตร์ สาขาวิชาเคมี มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ในปีการศึกษา 2557 และเข้าศึกษาต่อที่บัณฑิตวิทยาลัย หลักสูตรสหสาขาวิชาเทคโนโลยีและการจัดการพลังงาน จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เมื่อปีการศึกษา 2559

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY