การประเมินผลประโยชน์เชิงเศรษฐศาสตร์ในการลงทุนสร้างโรงไฟฟ้าพลังงานหมุนเวียน โดยพิจารณาตลาดซื้อขายคาร์บอนเครดิตในประเทศไทย

The Cost-Benefits Assessment of Renewable Power Generation Investment by Considering Carbon Credit Market in Thailand

นิจพร อินทศร* วรรัตน์ ปัตรประกร ภานุวัฒน์ เทียนศรี พรระพีพัฒน์ ภาสบุตร
ภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
เลขที่ 99 หมู่ 18 ถ. พหลโยธิน ต. คลองหนึ่ง อ. คลองหลวง จ. ปทุมธานี 12121
E-mail: inaom@hotmail.com

Nidjaporn Inthasorn* Woraratana Pattaraprakorn Panuwat Teansri Pornrapeepat Bhasaputra
Department of Chemical Engineering, Faculty of Engineering, Thammasat University
99, Moo 18 Phaholyothin Rd. Ampher Khlongluang Pathumthani 12121 E-mail: inaom@hotmail.com

บทคัดย่อ

ปัจจุบันได้มีการส่งเสริมให้มีระบบการผลิตพลังงานไฟฟ้าจากพลังงานหมุนเวียนเพื่อเสริมสร้างความมั่นคงทางด้านพลังงานให้กับประเทศ อย่างไรก็ตามโรงไฟฟ้าพลังงานหมุนเวียนยังคงมีต้นทุนที่สูงเมื่อเทียบกับการผลิตไฟฟ้าจากเชื้อเพลิงแบบดั้งเดิม บทความนี้ได้ศึกษาต้นทุนและผลประโยชน์ที่ได้ของการสร้างโรงไฟฟ้าพลังงานหมุนเวียนอันได้แก่พลังงานชีวมวล พลังงานก๊าซชีวภาพ และพลังงานแสงอาทิตย์ โดยพิจารณาถึงผลประโยชน์ที่ได้จากการซื้อขายคาร์บอนเครดิต ข้อมูลโรงไฟฟ้าพลังงานหมุนเวียนที่ได้รับการรับรองเป็นโครงการกลไกการพัฒนาที่สะอาดในประเทศไทย 71 โครงการ ถูกนำมาใช้ในการศึกษาด้วยดัชนีชี้วัด 5 ดัชนี ซึ่งได้แก่ ดัชนีต้นทุนโครงการต่อกำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้ ดัชนีผลตอบแทนภายใน ดัชนีผลต่างของผลตอบแทนกรณีพิจารณาการซื้อขายคาร์บอนเครดิต ดัชนีศักยภาพของแหล่งวัตถุดิบ และดัชนีความเสี่ยงการทำโครงการ ผลการศึกษาพบว่าการสร้างโรงไฟฟ้าจากก๊าซชีวภาพมีศักยภาพสำหรับประเทศไทยมากที่สุดด้วยค่าคะแนนรวมของศักยภาพในการลงทุน 83% ตามด้วยโรงไฟฟ้าพลังงานชีวมวล 70% และโรงไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์มีคะแนนรวมของศักยภาพในการลงทุนต่ำสุดที่ 46% ท้ายที่สุดการศึกษาพบว่าการดำเนินโครงการกลไกการพัฒนาที่สะอาดด้วยการซื้อขายคาร์บอนเครดิตมีนัยสำคัญในการเพิ่มศักยภาพในการลงทุนสร้างโรงไฟฟ้าพลังงานหมุนเวียนและส่งผลต่อนโยบายการพัฒนาพลังงานอย่างยั่งยืนของประเทศ

Abstract

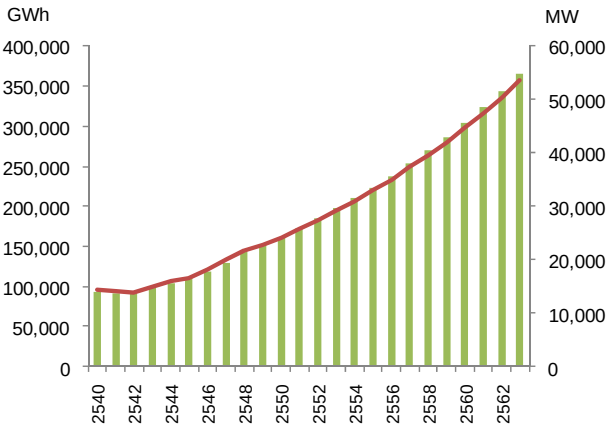
At the present, the power generations from renewable energy are very attractive to enhance the energy security in Thailand. However, the investment costs of renewable power generations are higher than the power generation from traditional fuels. This paper presents the cost-benefits analysis of power generation from biomass, biogas and solar energy by considering the revenue of carbon credits. The information of 71 renewable power generations approved as the clean development mechanism projects is used to evaluate the potential of investment with five indices which are project investment cost per power output, internal rate of return (IRR), the potential of carbon credit revenue, the potential of resources and risks of project. The study results show that biogas power generation has the highest potential of investment with the score of 83% while the biomass power generation has the potential of investment with the score of 70%. The solar power generation has the lowest potential of investment with the score of 46% due to very high investment cost per power output and low benefits from carbon credit revenue. Finally, the benefits of investment in renewable power generations can be significantly increased with carbon credit revenue and directly effect to the sustainable energy development policy.

Key words: Renewable Power Generations, Clean Development Mechanism (CDM), Carbon Credit Revenue.

คำสำคัญ : โรงไฟฟ้าพลังงานหมุนเวียน กลไกการพัฒนาที่สะอาด รายได้จากการซื้อขายคาร์บอนเครดิต

1. บทนำ

พลังงานไฟฟ้าเป็นปัจจัยพื้นฐานที่มีบทบาทในการขับเคลื่อนและการพัฒนาเศรษฐกิจของประเทศ การพยากรณ์ความต้องการการใช้ไฟฟ้าในประเทศไทย พ.ศ. 2553-2562 ดังรูปที่ 1 แสดงให้เห็นว่าประเทศไทยจำเป็นต้องมีการพิจารณาการก่อสร้างโรงไฟฟ้าใหม่โดยพิจารณาถึงต้นทุนที่เหมาะสม แหล่งเชื้อเพลิงที่สามารถจัดหาได้ในระยะยาวและผลกระทบทางด้านสิ่งแวดล้อม[1] เป้าหมายของแผนการพัฒนาพลังงานทางเลือกของประเทศไทยคือการเพิ่มสัดส่วนการใช้พลังงานทางเลือกเป็น 20% ของความต้องการการใช้พลังงานขั้นสุดท้ายของประเทศให้ได้ภายในปี พ.ศ.2565 เพื่อให้ได้ผลประหยัด 461 พันล้านบาท และลดปริมาณก๊าซเรือนกระจก 42 ล้านตัน โดย 2.4% ได้จากการส่งเสริมให้มีระบบการผลิตพลังงานไฟฟ้าจากพลังงานหมุนเวียน [2] ต้นทุนการผลิตของโรงไฟฟ้าซึ่งใช้ทรัพยากรธรรมชาติจากหลายแหล่งในตารางที่ 1 ชี้ให้เห็นว่าแนวโน้มต้นทุนการผลิตไฟฟ้าของโรงไฟฟ้านิวเคลียร์ โรงไฟฟ้าถ่านหิน และโรงไฟฟ้าพลังงานความร้อนร่วม มีต้นทุนที่ต่ำกว่าโรงไฟฟ้าพลังงานหมุนเวียน อย่างไรก็ตาม การเผาผลาญเชื้อเพลิงฟอสซิลเป็นสาเหตุสำคัญที่ทำให้ความเข้มข้นของก๊าซเรือนกระจก (Greenhouse Gas) ในบรรยากาศเพิ่มสูงขึ้น ก่อให้เกิดปรากฏการณ์เรือนกระจก (Greenhouse Effect) ซึ่งมีผลต่อการอยู่รอดของสิ่งมีชีวิตและการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ จึงเป็นปัญหาสำคัญที่มวลมนุษยชาติจะต้องร่วมมือกันป้องกัน และเสริมสร้างความสามารถในการรองรับการเปลี่ยนแปลงที่จะเกิดขึ้น อนุสัญญาสหประชาชาติที่มีบทบาทสำคัญต่อสภาวะของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศอันเนื่องมาจากกิจกรรมของมนุษย์ที่เรียกว่า “พิธีสารเกียวโต” (Kyoto Protocol) มีผลบังคับใช้ตั้งแต่วันที่16 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2549 ได้กำหนดให้ประเทศพัฒนาแล้ว หรือที่เรียกว่าประเทศในกลุ่มภาคผนวกที่ 1 (Annex 1 Countries) จำกัดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกซึ่งประกอบด้วย คาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) มีเทน (CH_4) ไนตรัสออกไซด์(N_2O)ไฮโดรฟลูออโรคาร์บอน (HFCs) เปอร์ฟลูออโรคาร์บอน (PFCs) และซัลเฟอร์เฮกซาฟลูโอไรด์ (SF_6) ที่เป็นสาเหตุทำให้เกิดปัญหาภาวะโลกร้อนให้อยู่ในระดับที่ต่ำกว่าปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในปี พ.ศ. 2533ประมาณ 5% และจะต้องดำเนินการให้ได้ภายในช่วงปี พ.ศ. 2550-2555 (ค.ศ. 2008-2012) โดยหากประเทศที่ลงนามและมีรายชื่ออยู่ในภาคผนวกที่ 1 เช่น สหภาพยุโรป แคนาดา รวมถึงญี่ปุ่น ไม่สามารถลดก๊าซเรือนกระจกได้ภายในช่วงดังกล่าว ก็จะมีโทษค่าปรับถึงตันละ 2,000 - 5,000 บาท จึงก่อให้เกิดการตื่นตัวของภาคอุตสาหกรรมในประเทศที่มีข้อผูกพันภายใต้พิธีสารดังกล่าว กลไกการพัฒนาที่สะอาด (Clean Development Mechanism: CDM) โดยใช้แนวคิดตลาดซื้อขายคาร์บอน (Carbon Market) เป็นกลไกตลาดเพื่อสร้างแรงจูงใจในการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกและกำหนดให้ “คาร์บอนเครดิต” เป็นสินค้าสำหรับการซื้อขายได้ รวมทั้งยังทำให้เกิดการกำหนดราคาของคาร์บอนเครดิตด้วยเพื่อทำให้ต้นทุนของการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกต่ำที่สุด ราคาซื้อขายคาร์บอนเครดิตในระหว่างปี ค.ศ. 2008-2010 แสดงดังรูปที่ 2 โดยปัจจัยซึ่งทำให้ราคาคาร์บอนเครดิตมีการเปลี่ยนแปลงตั้งแต่ 5-30 ยูโรต่อตันเทียบเท่าก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์นั้นมีหลายประการ อาทิเช่น การเจริญเติบโตของเศรษฐกิจโลก ระดับความรุนแรงของสภาวะการ เปลี่ยนแปลงสภาพทางภูมิอากาศ ราคาน้ำมันดิบ เสถียรภาพทางการเมือง เสถียรภาพและประสิทธิภาพของเทคโนโลยีด้านพลังงาน เป็นต้น



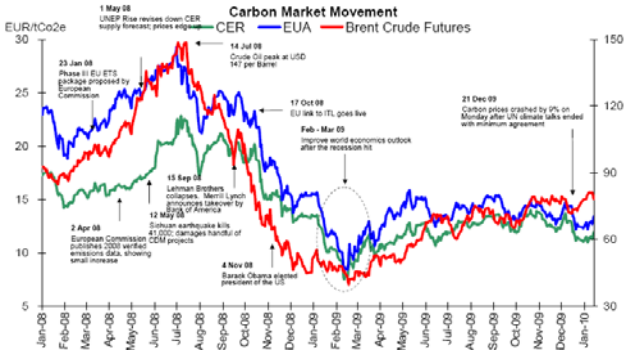
ที่มา: สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน กระทรวงพลังงาน

รูปที่ 1 การพยากรณ์ความต้องการการใช้ไฟฟ้าของประเทศไทย

ตารางที่ 1 ต้นทุนค่าไฟฟ้าจำแนกตามประเภทของโรงไฟฟ้า

ประเภทโรงไฟฟ้า	กำลังผลิต (เมกะวัตต์)	ต้นทุน (บาทต่อกิโลวัตต์-ชั่วโมง)
โรงไฟฟ้านิวเคลียร์	1,000	2.08
โรงไฟฟ้าถ่านหิน	700	2.12
โรงไฟฟ้าพลังงานความร้อนร่วม	700	2.29
โรงไฟฟ้าพลังความร้อน - น้ำมัน	700	4.12
โรงไฟฟ้ากังหันแก๊ส	230	7.93
พลังงานทดแทน		
พลังงานแสงอาทิตย์	2	20.2
กังหันลม	4	5.98
ขยะ	20	4.63
ชีวมวล	36	2.63

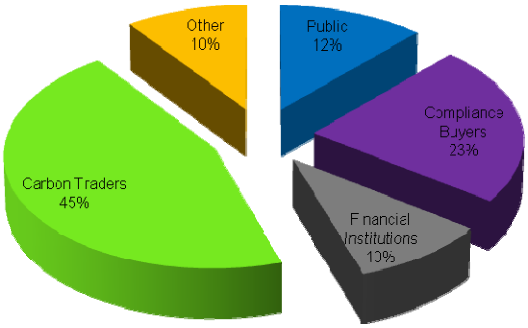
ที่มา: แผนพัฒนากำลังผลิตไฟฟ้า (พีดีพี 2007) โดยคิดอัตราแลกเปลี่ยนที่ 38 บาทต่อเหรียญสหรัฐ ราคา ณ ปี 2557 (2014) Discount Rate 10%



ที่มา: ธนาคารโลก (ค.ศ. 2010)

รูปที่ 2 แนวโน้มราคาคาร์บอนเครดิตปี ค.ศ. 2008-2010

อุปสรรคของธุรกิจการซื้อขายคาร์บอนเครดิตในประเทศไทยคือความล่าช้าในการตรวจสอบโครงการจากหน่วยงานกลางขององค์การสหประชาชาติ อีกทั้งระยะเวลาในการดำเนินโครงการกลไกการพัฒนาที่สะอาดซึ่งมีระยะเวลาขั้นต่ำประมาณ 2 ปี ทำให้โครงการขนาดเล็กมักไม่ถูกพิจารณา อีกทั้งการเจริญเติบโตทางธุรกิจด้านพลังงานหมุนเวียนในประเทศไทยยังคงเป็นไปอย่างช้าเมื่อเทียบกับประเทศอื่นๆ แม้มีการสนับสนุนจากภาครัฐ สถาบันการเงินและหน่วยงานต่างๆ เมื่อพิจารณาบทบาทของผู้ที่ดำเนินธุรกิจการซื้อขายคาร์บอนเครดิตดังในรูปที่ 3 จะเห็นได้ว่าบทบาทของผู้ค้า (Carbon traders) นั้นมีสัดส่วนการซื้อขายคาร์บอนเครดิตมากที่สุดร้อยละ 45% ถัดมาเป็นบทบาทของผู้ซื้อโดยสมัครใจ (Compliance buyers) ด้วยสัดส่วนร้อยละ 23 หน่วยงานภาครัฐ (Public) คิดเป็นสัดส่วนร้อยละ 12 สถาบันการเงิน (Financial institutions) คิดเป็นร้อยละ 10 และอื่นๆ คิดเป็นร้อยละ 10 การเจริญเติบโตของตลาดการซื้อขายคาร์บอนเครดิตนั้นถูกคาดการณ์ว่าจะมีสูงขึ้นอย่างต่อเนื่องและมีความหลากหลายมากขึ้น อย่างไรก็ตาม มีการศึกษาความเสี่ยงในการดำเนินโครงการกลไกการพัฒนาที่สะอาดและการพัฒนาพลังงานหมุนเวียนในประเทศไทย [3-7].



ที่มา: CDM Pipeline, Unep Risoe as of 1 Jan 2010

รูปที่ 3 สัดส่วนผู้ซื้อในตลาดคาร์บอนเครดิต

จากสถิติการดำเนินโครงการกลไกพัฒนาที่สะอาดในประเทศไทย 94 โครงการ สามารถแบ่งเป็นโครงการพลังงานหมุนเวียน โครงการจากอุตสาหกรรมการผลิต และโครงการเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงาน ดังแสดงในรูปที่ 4 ตัวอย่างโครงการโรงไฟฟ้าพลังงานงานหมุนเวียนอาทิเช่น

โครงการพลังงานชีวมวล

-โครงการผลิตไฟฟ้าจากแกลบ
-โครงการผลิตไฟฟ้าจากต้นกระถินยักษ์
-โครงการผลิตไฟฟ้าจากเศษไม้ยางพารา
-โครงการผลิตไฟฟ้าจากทะลายปาล์มเปล่าเศษไม้ยูคาลิปตัส
-โครงการผลิตไฟฟ้าจากกากอ้อยและใบอ้อย

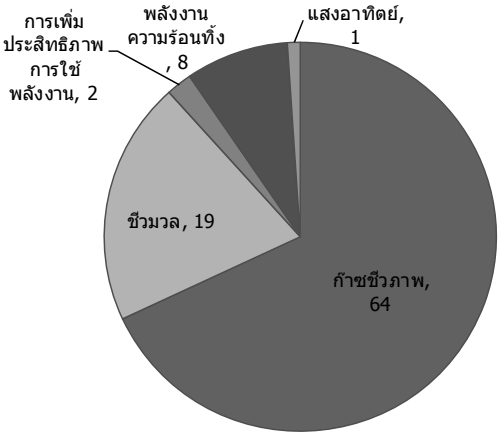
โครงการพลังงานชีวภาพ

- โครงการผลิตพลังงานไฟฟ้าจากน้ำเสียจากหลุมฝังกลบขยะ
- โครงการผลิตพลังงานไฟฟ้าจากน้ำเสียจากฟาร์มสุกร
- โครงการผลิตพลังงานไฟฟ้าจากน้ำเสียจากโรงงานเอทานอล
- โครงการผลิตพลังงานไฟฟ้าจากโรงงานสุรา
- โครงการผลิตพลังงานไฟฟ้าจากน้ำเสียจากโรงงานผลิตน้ำมันปาล์ม
- โครงการผลิตพลังงานไฟฟ้าจากน้ำเสียจากโรงงานผลิตแป้งมันสัมปะหลัง

โครงการพลังงานแสงอาทิตย์

- โครงการผลิตไฟฟ้าจากฟาร์มเซลล์แสงอาทิตย์ (Solar Farm)

ประเทศไทยในฐานะที่เป็นประเทศนอกกลุ่มภาคผนวกที่ 1 ได้ใช้กลไกการพัฒนาที่สะอาดมากำหนดนโยบายและแผนพัฒนาพลังงาน 15 ปี เพื่อให้บรรลุถึงการใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพและเกิดการพัฒนาที่ยั่งยืนและช่วยให้ประเทศในกลุ่มภาคผนวกที่ 1 ลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้ตามพันธกรณี



รูปที่ 4 จำนวนโครงการกลไกการพัฒนาที่สะอาดในประเทศไทย

2. ขั้นตอนการศึกษาวิจัย

การศึกษาวิจัยในบทความนี้ได้วิเคราะห์ข้อมูลของโครงการที่ได้จดทะเบียนเป็นโครงการกลไกการพัฒนาที่สะอาดประเภทโรงไฟฟ้าพลังงานหมุนเวียนจำนวน 71 โครงการ โดยจำแนกเป็นโครงการผลิตไฟฟ้าจากก๊าซชีวภาพ โครงการผลิตไฟฟ้าจากชีวมวลและโครงการผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ ขั้นตอนการศึกษาวิจัยในบทความนี้แสดงดังรูปที่ 5

การศึกษาได้พิจารณาผลประโยชน์จากการซื้อขายคาร์บอนเครดิตตลอดจนประเมินถึงอุปสรรคและความเสี่ยงของการดำเนินโครงการกลไกการพัฒนาที่สะอาด โดยใช้เกณฑ์การพิจารณาด้วยดัชนีชี้วัด 5 ดัชนีดังต่อไปนี้

ดัชนีที่ 1 ต้นทุนโครงการต่อกำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้ (บาท/กิโลวัตต์) เป็นดัชนีที่สะท้อนถึงต้นทุนการก่อสร้างโรงไฟฟ้าพลังงานหมุนเวียนในประเทศไทยที่ได้รับรองเป็นโครงการกลไกการพัฒนาที่สะอาด โรงไฟฟ้าพลังงานหมุนเวียนที่มีต้นทุนต่ำสุดจะอยู่ในเกณฑ์การให้คะแนนระดับที่ 5 ในขณะที่โรงไฟฟ้าพลังงานหมุนเวียนที่มีต้นทุนสูงก็จะถูกพิจารณาให้มีคะแนนอยู่ในระดับต่ำ

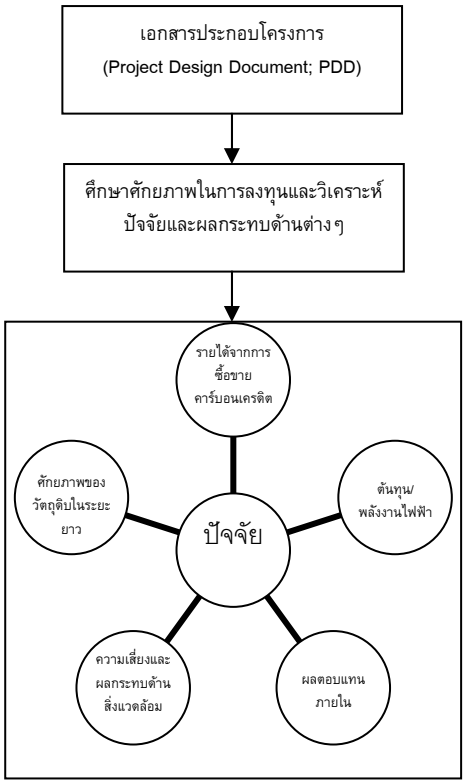
ดัชนีที่ 2 อัตราผลตอบแทนภายใน (Internal Rate of Return; %IRR) เป็นดัชนีที่ใช้ในการประเมินผลประโยชน์ทางเศรษฐศาสตร์ของการก่อสร้างโรงไฟฟ้าพลังงานหมุนเวียน

ดัชนีที่ 3 อัตราผลตอบแทนภายในที่เพิ่มขึ้น (% IRR) กรณีพิจารณาผลประโยชน์ของโครงการเมื่อมีการซื้อขายคาร์บอนเครดิต (CERs)

ดัชนีที่ 4 ศักยภาพของแหล่งวัตถุดิบทั้งปริมาณและคุณภาพ เป็นดัชนีที่สะท้อนถึงความสามารถในการจัดหาแหล่งวัตถุดิบในประเทศไทยในระยะยาวตลอดอายุโครงการ

ดัชนีที่ 5 ความเสี่ยงและอุปสรรค เป็นดัชนีที่ได้จากการประเมินโครงการกลไกการพัฒนาที่สะอาดที่ได้มีการลงทะเบียน โดยพิจารณาความเสี่ยงด้านเทคนิคและเทคโนโลยีในการทำโครงการและผลกระทบทางด้านสิ่งแวดล้อมและชุมชน โรงไฟฟ้าพลังงานหมุนเวียนที่มีความเสี่ยงและอุปสรรคในการดำเนินการมากที่สุดจะมีระดับคะแนนต่ำในทางตรงกันข้าม หากมีความเสี่ยงและอุปสรรคในการดำเนินการน้อยจะมีระดับคะแนนอยู่ในเกณฑ์สูง

การศึกษานี้ได้กำหนดคะแนนของดัชนีชี้วัดของโครงการ 5 ดัชนี ในช่วงระดับคะแนน 0-5 ดังแสดงในตารางที่ 2 โดยเกณฑ์การพิจารณาอ้างอิงจากแบบการประเมินโครงการกลไกการพัฒนาที่สะอาดตามหลักเกณฑ์การพัฒนาที่ยั่งยืน



รูปที่ 5 ขั้นตอนการศึกษาวิจัย

ตารางที่ 2 หลักเกณฑ์การให้คะแนนศักยภาพการลงทุนของโครงการสร้างโรงไฟฟ้าพลังงานหมุนเวียนโดยอ้างอิงจากข้อมูลโครงการกลไกการพัฒนาที่สะอาด 71 โครงการ

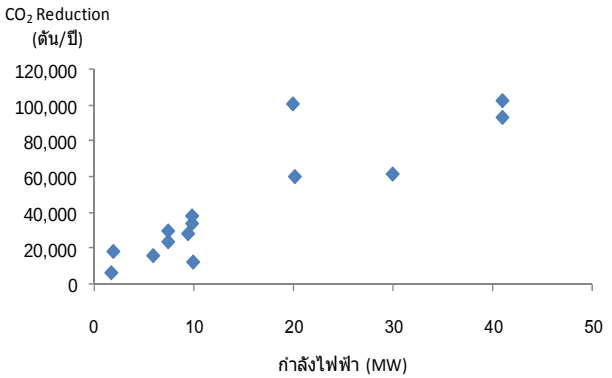
ปัจจัยที่พิจารณา	ระดับคะแนน				
	1	2	3	4	5
ดัชนีที่ 1	250,001-300,000	200,001-250,000	150,001-200,000	100,001-150,000	50,000-100,000
ดัชนีที่ 2	0-5	6-10	11-15	16-20	21-25
ดัชนีที่ 3	0-1	2-3	4-5	6-7	8-9
ดัชนีที่ 4	น้อยมาก	น้อย	ปานกลาง	มาก	มากที่สุด
ดัชนีที่ 5	มากที่สุด	มาก	ปานกลาง	น้อย	น้อยมาก

3. ผลการศึกษา

จากข้อมูลโครงการกลไกการพัฒนาที่สะอาดจำนวน 71 โครงการ สามารถประเมินและวิเคราะห์ศักยภาพในการลงทุนสร้างโรงไฟฟ้าพลังงานหมุนเวียนด้วยเกณฑ์การให้คะแนนในตารางที่ 2 โดยแบ่งการพิจารณาโครงการออกเป็น 3 ประเภทได้แก่ โรงไฟฟ้าพลังงานชีวมวล โรงไฟฟ้าพลังงานก๊าซชีวภาพ และโรงไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ ผลการศึกษาสามารถสรุปได้ดังนี้

- โรงไฟฟ้าพลังงานชีวมวล

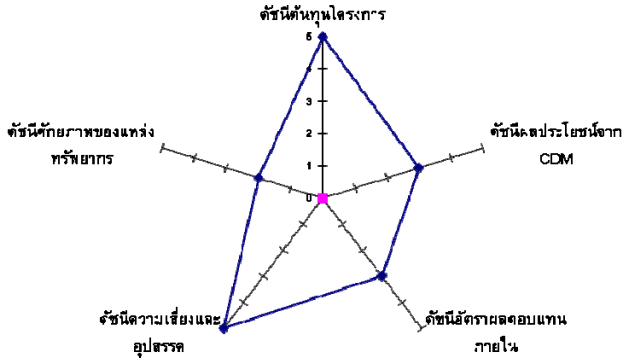
โรงไฟฟ้าพลังงานชีวมวลในประเทศไทยจำนวน 14 โครงการถูกใช้ในการศึกษา โดยมีเชื้อเพลิงจากกากอ้อยและใบอ้อย แกลบ เศษไม้ ยางพารา ทะลายปาล์มเปล่า เศษไม้ยูคาลิปตัส และต้นกระถินยักษ์ เป็นต้น กำลังไฟฟ้าของโครงการโรงไฟฟ้าพลังงานชีวมวลดังรูปที่ 6 แสดงให้เห็นว่าโรงไฟฟ้าพลังงานชีวมวลส่วนใหญ่จัดเป็นโครงการขนาดเล็ก (กำลังไฟฟ้าน้อยกว่า 15 MW) ตามข้อกำหนดของโครงการกลไกการพัฒนาที่สะอาด โดยพบว่าโครงการขนาดเล็กจะใช้แกลบเป็นเชื้อเพลิง ส่วนโครงการที่มีกำลังไฟฟ้ามากกว่า 15 MW จะเป็นโรงไฟฟ้าจากกากอ้อยและใบอ้อยซึ่งได้มาจากโรงผลิตน้ำตาลเป็นหลัก จากการประเมินข้อมูลโครงการโรงไฟฟ้าชีวมวลพบว่าปริมาณพืชผลทางการเกษตรกรรมมีศักยภาพในการนำมาเป็นวัตถุดิบตลอดอายุโครงการโรงไฟฟ้าชีวมวล อย่างไรก็ตามโครงการส่วนใหญ่มักจะพิจารณาเชื้อเพลิงเพียงแหล่งเดียวหรือเพียงชนิดเดียวในพื้นที่ใกล้เคียงกับสถานที่ตั้งของโรงไฟฟ้า ข้อจำกัดของการพึ่งพาปริมาณวัตถุดิบเพียงชนิดใดชนิดหนึ่งอาจทำให้เกิดปัญหาวัตถุดิบขาดแคลนในบางฤดูกาล ปัญหาสภาพภูมิอากาศ โรคที่เกิดขึ้นกับผลผลิตในการทำเกษตรกรรม คุณภาพของเชื้อเพลิงชีวมวลเช่นความชื้นก็อาจส่งผลต่อปริมาณวัตถุดิบ ดั้งนั้นการกระจายแหล่งเชื้อเพลิงชีวมวลให้มีความหลากหลายและเพียงพอที่จะสามารถผลิตไฟฟ้าให้มีความมั่นคงและมีความน่าเชื่อถือของระบบไฟฟ้าเป็นสิ่งที่ควรนำมาพิจารณาประกอบการตัดสินใจลงทุนในโครงการกลไกการพัฒนาที่สะอาด ดังนั้นดัชนีศักยภาพของแหล่งทรัพยากรโดยรวมจึงอยู่ในเกณฑ์ปานกลาง เมื่อพิจารณาดัชนีต้นทุนโครงการต่อกำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้พบว่าโรงไฟฟ้าพลังงานชีวมวลสามารถให้กำลังไฟฟ้าสูงเมื่อเปรียบเทียบกับต้นทุนทั้งหมดของโครงการด้วยค่าเฉลี่ย 72,692 บาทต่อกิโลวัตต์ ค่าดัชนีอัตราผลตอบแทนภายใน (% IRR) ในตารางที่ 3 ชี้ให้เห็นว่าโรงไฟฟ้าพลังงานชีวมวลมีศักยภาพในด้านการลงทุนด้วยค่าเฉลี่ย 12.63% กรณีพิจารณาการซื้อขายคาร์บอนเครดิตส่งผลให้อัตราผลตอบแทนภายในโครงการเพิ่มขึ้น 2.5-3% เมื่อวิเคราะห์ถึงความอ่อนไวของโครงการพบว่าการลดต้นทุนโครงการมีผลต่ออัตราผลตอบแทนภายในมากที่สุด ในขณะที่ดัชนีความเสี่ยงและอุปสรรคโครงการอยู่ในเกณฑ์ต่ำโดยพิจารณาจากปัจจัยของการพัฒนาเทคโนโลยีเครื่องจักรและอุปกรณ์อย่างต่อเนื่องส่งผลให้ค่าคะแนนของดัชนีดังกล่าวมีค่าสูง ภาพรวมคะแนนของดัชนีทั้ง 5 ในโครงการสร้างโรงไฟฟ้าพลังงานชีวมวลแสดงดังรูปที่ 7



รูปที่ 6 ขนาดโรงไฟฟ้าชีวมวลที่เป็นโครงการกลไกการพัฒนาที่สะอาด

ตารางที่ 3 ค่าผลตอบแทนภายใน (%IRR) ของโรงไฟฟ้าชีวมวลโดยใช้เชื้อเพลิงจากแกลบ

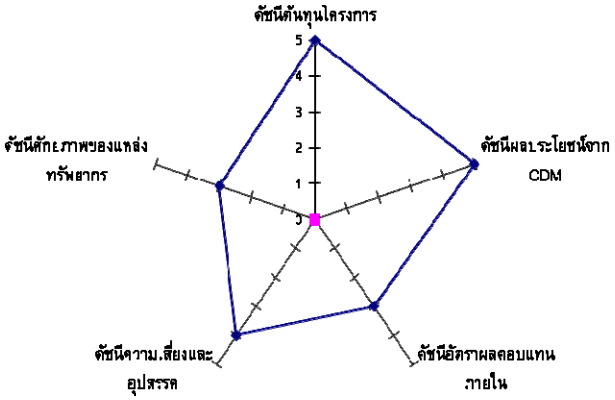
การวิเคราะห์ความอ่อนไหว	% IRR (ไม่พิจารณา CERs)	% IRR (พิจารณา CERs)	ผลต่าง % IRR
กรณีฐาน	12.63	15.18	2.55
ต้นทุนโครงการ (-10%)	14.15	16.84	2.69
ค่าดำเนินการและการบำรุงรักษา (-10%)	12.98	15.5	2.52
ค่าเชื้อเพลิงชีวมวล (-10%)	13.50	15.98	2.48
รายได้จากการขายไอน้ำ (+10%)	13.23	15.73	2.50
รายได้จากการขายไฟฟ้า (+10%)	14.52	16.92	2.40



รูปที่ 7 คะแนนศักยภาพโดยรวมของโครงการกลไกการพัฒนาที่สะอาด ประเภทโรงไฟฟ้าพลังงานชีวมวล

- โรงไฟฟ้าพลังงานก๊าซชีวภาพ

การผลิตไฟฟ้าจากก๊าซชีวภาพนั้นสามารถนำของเสียในโรงงานอุตสาหกรรมเช่นน้ำเสียจากโรงงานแป้งมัน มูลสัตว์ที่เกิดจากฟาร์มปศุสัตว์เช่นฟาร์มสุกร และขยะจากชุมชนต่างๆ โครงการที่จดทะเบียนเป็นโครงการกลไกการพัฒนาที่สะอาดจะเป็นโครงการขนาดเล็กตั้งแต่ 0.45 MW-9.5 MW จากการประเมินพบว่าต้นทุนของโครงการโรงไฟฟ้าจากก๊าซชีวภาพอยู่ในช่วง 55,000-130,000 บาทต่อกิโลวัตต์ ซึ่งขึ้นอยู่กับประเภทของเทคโนโลยีที่ใช้ ดัชนีอัตราผลตอบแทนภายในมีค่าเป็นช่วงตั้งแต่ -9.4% ของโรงไฟฟ้าจากน้ำเสียโรงงานผลิตแป้งมันสัมปะหลังไปจนถึง 12.8% ของโรงไฟฟ้าจากน้ำเสียโรงงานสกัดน้ำมันปาล์ม ในขณะที่ผลประโยชน์จากการขายคาร์บอนเครดิตส่งผลให้อัตราผลตอบแทนภายในเพิ่มขึ้น 4-20% ซึ่งถือว่าเป็นปัจจัยที่มีความสำคัญต่อการตัดสินใจลงทุน เนื่องจากก๊าซชีวภาพมีส่วนประกอบของก๊าซมีเทนที่มีศักยภาพทำให้เกิดภาวะโลกร้อนมากกว่าก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ถึง 21 เท่า ดัชนีศักยภาพของแหล่งทรัพยากรนั้นมีค่าคะแนนปานกลาง เนื่องจากน้ำเสียที่เกิดจากโรงงานอุตสาหกรรมและฟาร์มปศุสัตว์มีข้อดีในด้านไม่มีต้นทุนการขนส่ง อย่างไรก็ตามข้อจำกัดในด้านปริมาณของก๊าซที่เกิดจากมูลสัตว์เช่นจำนวนสุกรอาจมีการเปลี่ยนแปลงหรือเกิดสภาวะขาดแคลนได้หากเกิดโรคระบาดเป็นต้น ดัชนีความเสี่ยงและอุปสรรคในการดำเนินโครงการมีค่าคะแนนสูง เนื่องจากเทคโนโลยีและเครื่องจักรที่ใช้ในโรงไฟฟ้าก๊าซชีวภาพได้มีการพัฒนามาอย่างต่อเนื่อง ทำให้มีความเสี่ยงค่อนข้างต่ำ ภาพรวมคะแนนของดัชนีทั้ง 5 ในโครงการสร้างโรงไฟฟ้าพลังงานก๊าซชีวภาพแสดงดังรูปที่ 8



รูปที่ 8 คะแนนศักยภาพโดยรวมของโครงการกลไกการพัฒนาที่สะอาด ประเภทโรงไฟฟ้าพลังงานก๊าซชีวภาพ

- โรงไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์

ภาพรวมการผลิตไฟฟ้าจากแสงอาทิตย์ในประเทศไทยถือว่าอยู่ในช่วงเริ่มต้น โดยมีการพัฒนาไปอย่างช้าเมื่อเปรียบเทียบกับประเทศอื่นๆ ประเทศไทยมีโครงการกลไกการพัฒนาที่สะอาดประเภทโรงไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์เพียง 1 โครงการซึ่งมีขนาด 1 MW โดยสามารถลดก๊าซเรือนกระจกเฉลี่ย 858.5 ตันเทียบเท่าก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ข้อมูลโรงไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ที่ขึ้นทะเบียนเป็นโครงการกลไกการพัฒนาที่สะอาดแสดงในตารางที่ 4 การประเมินผลด้านเศรษฐศาสตร์ของโรงไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ขนาด 1 MW แสดงดังตารางที่ 5 เมื่อเปรียบเทียบผลประโยชน์ที่ได้จากการขายไฟฟ้าซึ่งรวมค่าส่วนเพิ่มที่ได้จากการสนับสนุนของรัฐบาลคิดเป็น 19.18 บาทต่อกิโลวัตต์ชั่วโมงและรายได้จากการขายคาร์บอนเครดิต ส่งผลให้อัตราผลตอบแทนภายในมีค่า 9.58% เพิ่มจากกรณีไม่มีรายได้จากการขายคาร์บอนเครดิตเพียง 0.95% นอกจากนั้น เมื่อมีการวิเคราะห์ความอ่อนไหวของประสิทธิภาพเซลล์แสงอาทิตย์ดังรูปที่ 9 โดยพิจารณากรณีฐาน(16.8%) พบว่าอัตราผลตอบแทนภายในที่ได้จากการขายคาร์บอนเครดิตมีค่าไม่แตกต่างอย่างชัดเจนหากประสิทธิภาพเซลล์แสงอาทิตย์มีค่าการเปลี่ยนแปลงทั้งในด้านเพิ่มขึ้นและลดลงร้อยละ 5

ภาพรวมคะแนนของดัชนีทั้ง 5 ในโครงการสร้างโรงไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์แสดงดังรูปที่ 10 อุปสรรคของการสร้างโรงไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ในประเทศไทยสามารถพิจารณาเป็น 2 ประการ ดังนี้

อุปสรรคด้านเศรษฐศาสตร์การลงทุน

ราคาแผงเซลล์รับแสงอาทิตย์มีราคาสูงและพื้นที่ในการติดตั้งต้องอาศัยพื้นที่บริเวณกว้าง อีกทั้งปัจจัยด้านราคาของแบตเตอรี่ ราคาของอินเวอร์เตอร์ และราคาต้นทุนการเชื่อมต่อสายส่งเข้ากับระบบจำหน่ายเป็นอุปสรรคหลักที่ทำให้โครงการโรงไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ในประเทศไทยยังไม่สามารถผลักดันให้เป็นโครงการในภาคธุรกิจ

อุปสรรคด้านเทคนิคและเทคโนโลยี

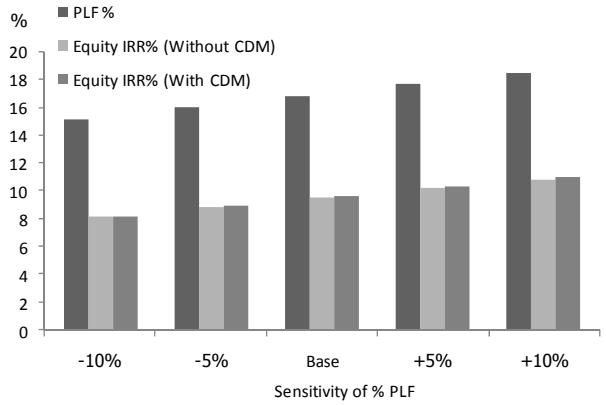
อายุเฉลี่ยของแผงเซลล์รับแสงอาทิตย์กำหนดไว้ประมาณ 20-25 ปี แต่ประสิทธิภาพของเซลล์รับแสงอาทิตย์มีค่าเพียง 16.8% และระบบควบคุมตำแหน่งยังคงเป็นอุปสรรคสำคัญที่ทำให้ไม่สามารถใช้ศักยภาพของแสงอาทิตย์ได้อย่างมีประสิทธิภาพสูงสุด อีกทั้งอายุของแบตเตอรี่ที่ใช้เก็บพลังงานในช่วงเวลากลางวันจะเสื่อมสภาพเมื่อมีอายุเพียง 1-2 ปี

ตารางที่ 4 ข้อมูลโรงไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ของโครงการกลไกการพัฒนาที่สะอาด

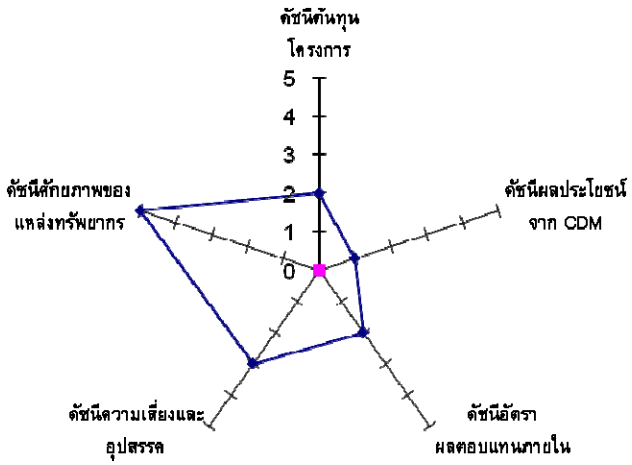
กำลังการผลิตไฟฟ้า (MW)	1.02
ประสิทธิภาพของโรงไฟฟ้า (%)	16.8
ปริมาณการผลิตไฟฟ้า (GWh/ปี)	1.5
ชั่วโมงการผลิต (ชั่วโมง/ปี)	1,472
อายุโครงการ (ปี)	25
CERs (tCO_2/ปี)	858.5
ระยะเวลา CERs (ปี)	10

ตารางที่ 5 ผลการประเมินด้านเศรษฐศาสตร์ของโรงไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ขนาด 1 MW

ต้นทุนโครงการ (บาท)	กรณีไม่พิจารณา CER	กรณีพิจารณา CER
-ค่าเครื่องจักรและอุปกรณ์ของโรงไฟฟ้า	230,880,000	230,880,000
-ค่าก่อสร้าง	3,460,000	3,460,000
-ต้นทุนโครงการรวม	234,340,000	234,340,000
ค่าธรรมเนียมของ CDM		
- ค่าใช้จ่ายจนกระทั่งขึ้นทะเบียน	-	877,600
- เอกสารอนุมัติโครงการโดย TGO	-	75,000
- การตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูลโครงการ	-	800,000
- การขึ้นทะเบียน	-	2,649
- ค่าใช้จ่ายหลังการขึ้นทะเบียนต่อปี	-	8,800
- ค่าธรรมเนียม (2%) ของค่า CER ต่อปี	-	10,000
ค่าดำเนินการและซ่อมบำรุง		
-ค่าดำเนินการและค่าซ่อมบำรุงรักษาต่อปี	270,000	270,000
-ค่าสัญญาประกันต่อปี	1,730,000	1,730,000
รายได้		
- รายได้จากการขายไฟฟ้าต่อกิโลวัตต์ชั่วโมง	19.18	19.18
- รายได้จากการขาย CERs (บาท/tCO_2)	-	510
- อัตราผลตอบแทนการลงทุน (% Equity IRR)	9.49	9.58



รูปที่ 9 ค่าความอ่อนไหวของประสิทธิภาพเซลล์แสงอาทิตย์ต่อผลตอบแทนการลงทุน

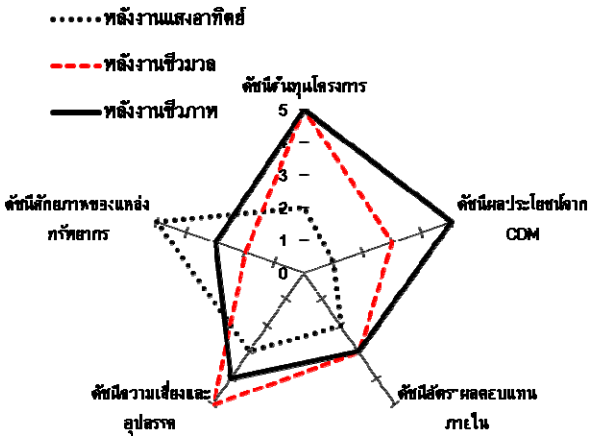


รูปที่ 10 คะแนนศักยภาพโดยรวมของโครงการกลไกการพัฒนาที่สะอาดประเภทโรงไฟฟ้าจากเซลแสงอาทิตย์

พลังงานแสงอาทิตย์ถือว่าเป็นพลังงานที่สะอาดเช่นเดียวกับพลังงานลม ข้อจำกัดทางด้านประสิทธิภาพของแผงเซลล์รับแสงอาทิตย์ทำให้โครงการกลไกการพัฒนาที่สะอาดซึ่งได้มีการจดทะเบียนในตลาดคาร์บอนเครดิตมีเพียง 17 โครงการ โดยประเทศเกาหลีใต้มีจำนวนโครงการมากที่สุดคือ 10 โครงการ ประเทศจีนมี 3 โครงการ ประเทศสหรัฐอาหรับเอมิเรตส์มี 2 โครงการ และประเทศอินโดนีเซียมี 1 โครงการ ซึ่งโครงการทั้งหมดล้วนแต่ให้ผลลบในด้านการลงทุน ทำให้ไม่สามารถพัฒนาพลังงานแสงอาทิตย์ในเชิงธุรกิจได้ แต่ภาครัฐของประเทศเกาหลีใต้มีการลงทุนโรงไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ในหลายโครงการเพื่อช่วยลดความเสี่ยงของการพึ่งพาพลังงานไฟฟ้าจากเชื้อเพลิงดั้งเดิม โดยมีเป้าหมายหลักให้ประชาชนตระหนักถึงความสำคัญในการใช้พลังงานมากกว่ามุ่งหวังในเชิงความคุ้มทุนของโครงการ ประเด็นสำคัญอีกประการคือแผลเซลล์รับแสงอาทิตย์ไม่สามารถผลิตกระแสไฟฟ้าได้จำนวนมาก จากอุปสรรคที่มีผลต่อความเป็นไปได้ของโครงการข้างต้นส่งผลถึงดัชนีความเสี่ยงและอุปสรรคของโครงการ แต่พลังงานแสงอาทิตย์เป็นทรัพยากรธรรมชาติที่มีอยู่ไม่จำกัดทำให้ดัชนีศักยภาพของแหล่งทรัพยากรแสงอาทิตย์มีค่ามากที่สุด แนวทางการผลิตไฟฟ้าจากแสงอาทิตย์นั้นสามารถดำเนินโครงการกลไกการพัฒนาที่สะอาดในโครงการขนาดเล็กระดับชุมชนหรือระดับ

ครัวเรือนให้มีส่วนร่วมโครงการในพื้นที่ข้างเคียงและมีการยื่นเสนอขอเป็นโครงการกลไกการพัฒนาที่สะอาดในรูปแบบที่เรียกว่า “Bundling CDM” หรือ Programmatic CDM ที่มีความคุมค่าและเหมาะสมในการลงทุน โดยเฉพาะในพื้นที่ชุมชนชนบท หรือในย่านที่อยู่อาศัยเช่น โครงการหมู่บ้านจัดสรร ซึ่งในปัจจุบันมีอัตราการเจริญเติบโตค่อนข้างสูง จึงเป็นอีกหนึ่งโครงการที่มีศักยภาพในการดำเนินโครงการกลไกการพัฒนาที่สะอาด

ภาพรวมของผลการศึกษาศักยภาพของการสร้างโรงไฟฟ้าจากพลังงานหมุนเวียนภายใต้การดำเนินโครงการกลไกการพัฒนาที่สะอาดในประเทศไทยสามารถแสดงได้ดังรูปที่ 11 ซึ่งพบว่าศักยภาพของโรงไฟฟ้าพลังงานก๊าซชีวภาพจะให้ผลประโยชน์ทั้งในด้านการลงทุนและผลประโยชน์จากการซื้อขายคาร์บอนเครดิตค่อนข้างสูงเนื่องจากสามารถลดก๊าซมีเทนที่มีค่าศักยภาพในการก่อให้เกิดภาวะโลกร้อน 21 เท่าเมื่อเทียบกับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ นอกจากนี้ความเสี่ยงและอุปสรรคในการดำเนินโครงการอยู่ในเกณฑ์ต่ำ (คะแนนดัชนีสูง) ทั้งในด้านเทคโนโลยีที่มีการพัฒนาอย่างต่อเนื่องและถูกนำมาใช้อย่างแพร่หลาย โรงไฟฟ้าพลังงานชีวมวลก็เป็นหนึ่งในพลังงานหมุนเวียนที่มีศักยภาพในเชิงธุรกิจพลังงานเช่นเดียวกันแต่ต้องคำนึงถึงต้นทุนในการขนส่งวัตถุดิบที่ป้อนให้กับโรงไฟฟ้าและความหลากหลายของชนิดเชื้อเพลิงที่มีในปัจจุบัน รวมไปถึงสถานที่ตั้งของโรงไฟฟ้าที่มีความเหมาะสม ในขณะที่โรงไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์นั้นมีศักยภาพในการลงทุนต่ำที่สุดโดยเฉพาะดัชนีชี้วัดในด้านเศรษฐศาสตร์ทั้งในกรณีที่พิจารณาผลประโยชน์จากการขายคาร์บอนเครดิตแล้วก็ตาม



รูปที่ 11 คะแนนศักยภาพโดยรวมของโครงการกลไกการพัฒนาที่สะอาดในประเทศไทย

4. สรุปผลงานวิจัย

การพัฒนาพลังงานทดแทนในประเทศไทยเป็นหนึ่งในนโยบายสำคัญ 5 ข้อนอกเหนือจากความมั่นคงทางด้านพลังงาน การอนุรักษ์พลังงาน การควบคุมราคาพลังงานที่เป็นธรรม และการดูแลรักษาสิ่งแวดล้อม กลยุทธ์พัฒนาพลังงานทดแทนในแผน 15 ปีซึ่งได้กำหนดเป้าหมายที่ชัดเจนในการเพิ่มการใช้พลังงานทดแทนของประเทศให้ได้ถึง 20 % ภายใน 15 ปีจะเป็นตัวกำหนดทิศทางของมาตรการต่างๆ ในการพัฒนาพลังงานทดแทนให้สามารถบรรลุวัตถุประสงค์ในนโยบายที่ได้วางแผนไว้ หากพิจารณาในปัจจุบันพบว่าพลังงานชีวมวลและพลังงานก๊าซชีวภาพจะเป็นแหล่งพลังงานหมุนเวียนหลักในประเทศไทยที่มีศักยภาพในการลงทุนมากที่สุด เนื่องจากมีปัจจัยสนับสนุนทั้งด้านเงินลงทุน การบริหารความเสี่ยงในการดำเนินการ ศักยภาพของแหล่งทรัพยากรที่มีอยู่อย่างเพียงพอ ความชำนาญของทั้งนักวิจัยและนักพัฒนาโครงการ เครื่องจักรและเทคโนโลยีที่มีประสิทธิภาพ อีกทั้งการสนับสนุนด้านงบประมาณและจากมาตรการสร้างแรงจูงใจของภาครัฐ แต่สำหรับพลังงานลมและพลังงานแสงอาทิตย์ถือเป็นแหล่งพลังงานหมุนเวียนที่ยังมีข้อจำกัดอยู่หลายด้านแม้มีการดำเนินโครงการกลไกการพัฒนาที่สะอาดและมีการซื้อขายคาร์บอนเครดิตแล้วก็ตาม แต่ผลตอบแทนที่ได้ยังไม่สามารถสร้างแรงจูงใจให้เกิดการลงทุนในเชิงธุรกิจพลังงานในประเทศไทยได้

การทำโครงการกลไกการพัฒนาที่สะอาดโดยมีกลไกของการซื้อขายคาร์บอนเครดิตเป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่ช่วยให้การลงทุนในโครงการโรงไฟฟ้าพลังงานหมุนเวียนในประเทศไทยมีความคุ้มค่าในการลงทุนได้อย่างมีนัยสำคัญ เช่น อัตราผลตอบแทนภายในสามารถเพิ่มขึ้นสูงสุดที่ 20% ในโครงการโรงไฟฟ้าพลังงานก๊าซชีวภาพ อย่างไรก็ตามการซื้อขายคาร์บอนเครดิตในประเทศไทยถือเป็นเรื่องใหม่และมีความท้าทายในภาคธุรกิจของประเทศไทย ขั้นตอนการดำเนินการที่ซับซ้อนและใช้เวลาค่อนข้างนานในการยื่นจดทะเบียน อีกทั้งปัจจัยด้านราคาของตลาดคาร์บอนเครดิตที่มีความผันผวน ถือเป็นข้อจำกัดในการดำเนินธุรกิจดังกล่าว การจัดการและการบริหารความเสี่ยงในการลงทุนอย่างเหมาะสมในโครงการลดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์มีส่วนช่วยให้การลงทุนเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ

รายได้จากการซื้อขายคาร์บอนเครดิต เป็นผลประโยชน์อีกรูปแบบหนึ่งที่ภาคเอกชนจะได้รับนอกเหนือจากการส่งเสริมและการสนับสนุนของภาครัฐ ซึ่งช่วยให้ผู้ประกอบการและนักลงทุนเกิดความคุ้มค่าในการลงทุนด้านพลังงานทดแทนและการอนุรักษ์พลังงาน และส่งผลกระทบโดยตรงต่อยุทธศาสตร์ความมั่นคงด้านพลังงานของประเทศ

เอกสารอ้างอิง

1. แผนการพัฒนากำลังการผลิตไฟฟ้าของประเทศไทย ฉบับปรับปรุงครั้งที่ 2 (Power Development Plan; PDP 2007 Revision 2)
2. แผนพัฒนาพลังงานทดแทน 15 ปี พ.ศ. 2551-2565 สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน กระทรวงพลังงาน
3. Adhikari, S., Mithulananthan, N., Dutta, A., and Mathias, A.J., “Sustainable Energy Technologies under CDM in Thailand: Opportunities and Barriers,” International Journal of Renewable Energy, Vol. 33, pp. 2122-2133, 2007.
4. Sajjakulnukit, B., Maneekhao, V., and Pongnarintasut, V., “Policy Analysis to Indentify the barriers to the Development of Bioenergy in Thailand,” International Journal of Energy for Sustainable Development Energy, Vol. 5, pp. 21-30, 2002.
5. Bhattacharya, S.C., “Biomass Energy in Asia: A Review of Status, Technologies and Policies,” International Journal of Energy for Sustainable Development Energy, Vol. 5, pp. 5-10, 2002.

6. Lidula, N.W.A., Mithulananthan, N., Ongsakul, W., Widjara, C., and Henson, R., “ASEAN towards Clean and Sustainable Energy: Potentials, Utilization and Barriers,” International Journal of Renewable Energy, Vol. 32, pp. 1441-1452, 2007.
7. Wohlgemuth, N., and Missfeldt, F., “The Kyoto Mechanism and the Prospects for Renewable Energy Technologies,” International Journal of Solar Energy, Vol. 69, pp. 305-314, 2000.