

การศึกษาความเป็นไปได้ของต้นแบบโรงไฟฟ้าพลังงานทดแทนผสมผสาน

แพรว เตชาเบญจรัตน์

มหาวิทยาลัยเกษมบัณฑิต ถนนพัฒนาการ เขตสวนหลวง กรุงเทพมหานคร 10250

พนิดา ชินสุวพลา

มหาวิทยาลัยรามคำแหง 282 ถนนรามคำแหง หัวหมาก บางกะปิ กรุงเทพมหานคร 10240

ณัฐพล ชันธไชย

มหาวิทยาลัยเกษมบัณฑิต ถนนพัฒนาการ เขตสวนหลวง กรุงเทพมหานคร 10250

ติดต่อผู้เขียนบทความที่ **ณัฐพล ชันธไชย** 1761 มหาวิทยาลัยเกษมบัณฑิต ถนนพัฒนาการ เขตสวนหลวง กรุงเทพมหานคร 10250

E-mail: nkhanthachai@gmail.com

วันที่รับบทความ: 29 พฤศจิกายน 2564 วันที่แก้ไขบทความ: 11 มกราคม 2565 วันที่ตอบรับบทความ: 8 มีนาคม 2565

บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์ ศึกษาความเป็นไปได้การพัฒนาโรงไฟฟ้าพลังงานทดแทน ผสมผสานต้นแบบ ขนาด 1 เมกะวัตต์ ในอำเภอยะหริ่ง จังหวัดปัตตานี โดยใช้พลังงานจากชีวมวลขนาด 500 กิโลวัตต์ พลังงานแสงอาทิตย์ขนาด 300 กิโลวัตต์ และพลังงานลมขนาด 200 กิโลวัตต์ **วิธีการวิจัย** การวิจัยจากเอกสาร การสัมภาษณ์แบบเจาะลึก วิเคราะห์ความเป็นไปได้ของโครงการ และการคุ้มค่าการลงทุนโดย NPV, IRR และ PP **ผลการวิจัย** โรงไฟฟ้านี้มีความเป็นไปได้ 5 ด้าน ได้แก่ ด้านเทคนิค ด้านกฎหมายและระเบียบข้อบังคับ ด้านการเงิน ด้านการตลาด และด้านสังคมและสิ่งแวดล้อม การวิเคราะห์ด้านการเงินแสดงว่า NPV, IRR และ PP เท่ากับ 19.97 ล้านบาท 11.58 % และ 8 ปี ตามลำดับ **นัยทางด้านทฤษฎี/นโยบาย** โครงการมีความเป็นไปได้และคุ้มค่าการลงทุน

คำสำคัญ: การศึกษาความเป็นไปได้ โรงไฟฟ้าพลังงานทดแทนผสมผสาน ผู้ผลิตไฟฟ้ารายเล็กมาก



A feasibility study of an integrated alternative power plant model

Pear Dechabenjarat

Kasem Bundit University, Patanakarn Road, Suanluang, Bangkok, 10250

Panida Chinsuvapala

Ramkhamhaeng University, 282 Ramkhamhaeng Road, Huamark, Bangkok, 10240

Nathabhol Khanthachai

Kasem Bundit University, Patanakarn Road, Suanluang, Bangkok, 10250

Correspondence concerning this article should be addressed to **Nathabhol Khanthachai**, Kasem Bundit University, Patanakarn Road, Suanluang, Bangkok, 10250
E-mail: nkhanthachai@gmail.com

Received date: November 29, 2021 Revised date: January 11, 2022 Accepted date: March 8, 2022

Abstract

PURPOSES: To conduct a feasibility study of an integrated alternative power plant model at 1MW in Yaring District, Patani Province, Thailand. The alternative power plant model produced electricity at 500 kW. from biomass, 300 kW. from solarcells, and 200 kW. from wind energy respectively. **METHODS:** It was a documentary research coupled with an in-depth interview of 30 key informants for the feasibility study as well as returns from investment by means of NPV, IRR and PP. **RESULTS:** The power plant model was feasible in terms of technical and engineering, legal and regulations, financial, market and social and environment, particularly in the financial feasibility, NPP, IRR and PP were baht 19.99 million, 11.58% and 8 years respectively. **THEORETICAL/POLICY IMPLICATIONS:** The integrated alternative power plant model was feasible in all main aspects and thus the investment was worthwhile.

Keywords: Feasibility study, integrated alternative power plant, very small power producer (VSPP)

บทนำ

พลังงานมีความสำคัญอย่างยิ่งต่อการดำรงชีวิต การพัฒนาเศรษฐกิจและการบริหารประเทศโดยเฉพาะอย่างยิ่งพลังงานไฟฟ้า

พื้นที่ภาคใต้ของประเทศไทย กำลังประสบปัญหาการผลิตไฟฟ้าไม่เพียงพอต่อความต้องการใช้ไฟฟ้า แม้จะมีการนำพลังงานลมเป็นพลังงานทางเลือกใช้ช่วยในการผลิตไฟฟ้า แต่ด้วยปริมาณการผลิตที่ได้ยังคงไม่เพียงพอต่อความต้องการใช้พลังงานไฟฟ้าที่เพิ่มขึ้น ของประชาชน ซึ่ง กฟผ. คาดการณ์ความต้องการไฟฟ้าของภาคใต้ในปี พ.ศ.2563 จะเพิ่มขึ้นราว 3,200 เมกะวัตต์ และด้วยข้อจำกัดของพลังงานลม คือ มีปัญหาความไม่แน่นอนของลม ทำให้มีการผลิตไฟฟ้าไม่สม่ำเสมอ

เพื่อแก้ปัญหาความต้องการพลังงานไฟฟ้าที่เพิ่มขึ้น และข้อจำกัดของการใช้พลังงานลม การพัฒนาโรงไฟฟ้า โดยพลังงานที่ใช้เป็นพลังงานทดแทนแบบผสมผสานมาจากพลังงานชีวมวล พลังงานแสงแดดและพลังงานลม จึงเป็นสิ่งที่ควรพิจารณาอย่างจริงจัง

โรงไฟฟ้าขนาด 1 เมกะวัตต์ สอดคล้องกับระเบียบการรับซื้อไฟฟ้าประกาศโดยการไฟฟ้านครหลวง (กฟน.) ได้รับซื้อไฟฟ้าจากผู้ผลิตไฟฟ้าขนาดเล็กมาก (Very small power producer: VSPP) จากพลังงานทดแทนที่มีขนาดไม่เกิน 1 เมกะวัตต์ ในลักษณะ “1 ชุมชน 1 เมกะวัตต์” (การไฟฟ้านครหลวง, 2555)

จากการศึกษาแผนพัฒนาอำเภอเยะหริง พ.ศ. 2557 – 2560 การวิจัยนี้เสนอโรงไฟฟ้าพลังงานผสมผสานในแบบจำลองขนาด 1 เมกะวัตต์ ในอำเภอเยะหริง จังหวัดปัตตานี โดยชุมชนมีส่วนร่วมสามารถช่วยกัน

หาวัตถุดิบมาป้อนโรงไฟฟ้าและนำทรัพยากรที่มีอยู่ในชุมชนมาใช้อย่างคุ้มค่า และมีปัญหาผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมของโรงไฟฟ้านี้ โดยทำการศึกษาความเป็นไปได้ของโรงไฟฟ้าในแบบจำลองขนาด 1 เมกะวัตต์ ในอำเภอเยะหริง จังหวัดปัตตานี ซึ่งเป็นโรงไฟฟ้าประกอบด้วยพลังงานชีวมวลขนาด 500 กิโลวัตต์ พลังงานแสงอาทิตย์ขนาด 300 กิโลวัตต์และพลังงานลมขนาด 200 กิโลวัตต์

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ของโรงไฟฟ้าพลังงานทดแทน แบบผสมผสานจากพลังงานแสงอาทิตย์ และพลังงานลมขนาด 1 เมกะวัตต์ ในอำเภอเยะหริง จังหวัดปัตตานี

ประโยชน์ที่ได้รับจากการวิจัย

1. ทราบความเป็นไปได้ของโรงไฟฟ้าพลังงานทดแทนผสมผสานต้นแบบขนาด 1 เมกะวัตต์ ในอำเภอเยะหริง จังหวัดปัตตานี
2. ได้แนวทางการพัฒนาโรงไฟฟ้าพลังงานทดแทนผสมผสานต้นแบบขนาด 1 เมกะวัตต์ ในอำเภอเยะหริง จังหวัดปัตตานี

กรอบแนวความคิดของการวิจัย

ศึกษาวิเคราะห์ความเป็นไปได้ของโครงการ (Project feasibility study) ใน 5 ด้าน ดังนี้

1. ความเป็นไปได้ด้านเทคนิค (Technical Feasibility)
2. ความเป็นไปได้ด้านกฎหมายและระเบียบข้อบังคับ (Legal Feasibility)
3. ความเป็นไปได้ด้านการเงิน (Financial Feasibility)

4. ความเป็นไปได้ด้านการตลาด (Market Feasibility)

5. ความเป็นไปได้ด้านสังคมและสิ่งแวดล้อม (Social and Environmental Feasibility)

วิธีการวิจัย

ประชากรของการวิจัยประกอบด้วย ประชาชน ผู้นำชุมชน ผู้ลงทุน นักวิชาการ และเจ้าหน้าที่ของรัฐบาลที่เกี่ยวข้องกับโรงไฟฟ้าพลังงานผสมผสาน อำเภอยะหริ่ง จังหวัดปัตตานี กลุ่มตัวอย่างใช้วิธีการเลือกแบบเจาะจง จำนวน 30 คน ได้แก่

1. เจ้าหน้าที่รัฐบาล	6 คน
2. นักวิชาการทางด้านพลังงาน ผู้เชี่ยวชาญด้านสิ่งแวดล้อมและสิทธิมนุษยชน	8 คน
3. ผู้ลงทุนภาคเอกชน	6 คน
4. ผู้นำชุมชนและประชาชน	10 คน

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

1. เทคนิคการวิเคราะห์ความเป็นไปได้ของโครงการ
2. การเก็บรวบรวมข้อมูลจากการสัมภาษณ์ผู้เกี่ยวข้องกับโครงการ โดยใช้แบบสัมภาษณ์เชิงลึก

ผลการวิจัย

โรงไฟฟ้าพลังงานทดแทนผสมผสาน พลังงานชีวมวล พลังงานลม และพลังงานแสงอาทิตย์มีรายละเอียดสำคัญดังนี้

กำลังการผลิตรวม: 1 เมกะวัตต์

ประเภทของโรงไฟฟ้า: โรงไฟฟ้าพลังงานทดแทนขนาดเล็กมาก (Very Small Power Plant-VSPP)

สถานที่ตั้ง: อำเภอยะหริ่ง จังหวัดปัตตานี

ขนาดของพื้นที่: 15 ไร่

ประเภทพลังงานที่ใช้: พลังงานผสมผสาน ประกอบด้วย

1. พลังงานชีวมวลขนาด 500 กิโลวัตต์
 2. พลังงานแสงอาทิตย์ขนาด 300 กิโลวัตต์
 3. พลังงานลมขนาด 200 กิโลวัตต์
- อายุโครงการ: 20 ปี (นับจากวันที่เริ่มผลิต)

การเดินเครื่อง: 24 ชม./วัน 330 วัน/ปี
จำนวนวันผลิต: 330 วัน/ปี (พลังงานชีวมวล) 360 วัน/ปี (พลังงานแสงอาทิตย์และลม)

ความเป็นไปได้ด้านเทคนิคของการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานชีวมวล

ความเป็นไปได้ทางด้านเทคนิคของการผลิตพลังงานจากชีวมวล

ตารางที่ 1 ศักยภาพเชิงพลังงานจากชีวมวลจำแนกเป็นรายปีของจังหวัดปัตตานี

ชนิด		พินตันเทียบเท่าน้ำมันดิบ (ktoe)		
		2555	2556	2557
ข้าว	ฟางข้าว	4.72	4.36	3.35
	แกลบ	23.82	21.98	16.90
ปาล์มน้ำมัน	ทางใบและก้านปาล์ม	1.68	1.52	2.45
	ใบปาล์ม	1.81	1.64	2.64
	กะลาปาล์ม	1.94	1.76	2.83
	ทะลายปาล์ม	1.71	1.55	2.49
มะพร้าว	กะลามะพร้าว	5.47	5.28	5.28
	เปลือกและกาบมะพร้าว	11.24	0.86	10.89
	ก้าน ใบ จั่น ทะลายมะพร้าว	10.53	10.18	10.18
ถั่วลิสง	เปลือก	0.01	0.01	0.01
ยางพารา	ถ่านไม้	13.56	13.66	14.74
	ไม้พิน	6.27	6.31	6.81
	เศษไม้	2.02	2.04	2.20
	ขี้เลื่อย	0.58	0.59	0.64

ที่มา: กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน (2555; 2557)

จากตารางที่ 1 ชนิดของวัตถุดิบที่มีศักยภาพเชิงพลังงานจากชีวมวลปริมาณมากที่สุดของแต่ละปี คือ แกลบ รองลงมา คือ ถ่าน ไม้ยางพารา และเปลือกและกาบมะพร้าว ซึ่งโรงไฟฟ้าต้นแบบได้เลือกใช้แกลบ ถ่าน ไม้ยางพารา เปลือกและกาบมะพร้าวที่มาจากภายในจังหวัดปัตตานี เป็นวัตถุดิบสำหรับผลิตพลังงานชีวมวล แสดงว่า โรงไฟฟ้าต้นแบบมีความเป็นไปได้ของทรัพยากรในการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานชีวมวลที่เหมาะสม

เทคโนโลยีที่ใช้ของพลังงานชีวมวล คือ การแปรสภาพเป็นแก๊ส (Gasification) แบบไหลลง (Downdraft gasifier) มีความเป็นไปได้เนื่องจากเป็นระบบที่ได้รับการรับรองจากกรม

พัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน และเป็นที่ยอมรับจากหน่วยงานที่พิจารณาใบอนุญาตประกอบธุรกิจไฟฟ้า

ความเป็นไปได้ด้านเทคนิคของการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์

เทคโนโลยีการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ที่สำคัญ คือ แผงโซลาร์เซลล์

คุณสมบัติและตัวแปรที่สำคัญของเซลล์แสงอาทิตย์

1. ความเข้มของแสง
2. อุณหภูมิ

รายละเอียดของค่าความเข้มแสงและ
อุณหภูมิรายเดือนของอำเภอยะหริ่ง จังหวัด

ปัตตานี ปี พ.ศ. 2557 ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ค่าความเข้มแสง และอุณหภูมิ รายเดือนของอำเภอยะหริ่ง จังหวัดปัตตานี พ.ศ. 2557

เดือน	ค่าความเข้มแสง (เมกะจูลต่อตารางเมตรปี)	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)		
		สูงสุด	ต่ำสุด	เฉลี่ย
มกราคม	18.90	33.0	19.5	25.59
กุมภาพันธ์	20.29	34.6	17.4	26.12
มีนาคม	21.74	36.5	19.7	27.34
เมษายน	21.79	36.5	22.7	28.99
พฤษภาคม	20.68	37.5	23.3	28.85
มิถุนายน	19.34	36.5	24.0	28.76
กรกฎาคม	18.35	35.2	23.2	28.53
สิงหาคม	19.34	35.7	22.2	27.62
กันยายน	18.14	34.2	23.0	27.37
ตุลาคม	16.80	33.9	22.5	27.10
พฤศจิกายน	14.50	34.0	22.8	26.70
ธันวาคม	13.14	34.0	22.4	26.47
ค่าเฉลี่ย	18.45	35.13	21.89	27.45

ที่มา: กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน (2557)

จากคุณสมบัติของแผงโซลาร์เซลล์ที่ใช้ใน
โรงไฟฟ้านี้ระบุไว้ว่า ให้กำลังไฟฟ้าสูงสุดได้ 300
วัตต์ ณ อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ดังนั้น
โรงไฟฟ้ามีความเป็นไปได้ในการผลิตไฟฟ้าโดยใช้
พลังงานแสงอาทิตย์จากแผงโซลาร์เซลล์ขนาด
300 กิโลวัตต์

ความเป็นไปได้ด้านเทคนิคของการผลิตไฟฟ้า จากพลังงานลม

ระดับความเร็วลมรายเดือนของอำเภอ
ยะหริ่ง จังหวัดปัตตานี ปี พ.ศ. 2558 ดังตารางที่
3 และระดับของ *Power Class* ของความเร็วลม
และกำลังลมของประเทศไทยในแต่ละระดับ
ความสูง ดังตารางที่ 4

ตารางที่ 3 ระดับความเร็วลมรายเดือนของอำเภอยะหริ่ง จังหวัดปัตตานี พ.ศ. 2558

เดือน	ระดับความเร็วลม Class
มกราคม	7
กุมภาพันธ์	7
มีนาคม	3
เมษายน	1.3
พฤษภาคม	1.1
มิถุนายน	1.1
กรกฎาคม	1.1
สิงหาคม	1.1
กันยายน	1.1
ตุลาคม	1.1
พฤศจิกายน	1.3
ธันวาคม	7
ค่าเฉลี่ย	2

ที่มา: การไฟฟ้านครหลวง (2559)

ตารางที่ 4 ระดับของ Power Class ของความเร็วลมและกำลังลมของประเทศไทยในแต่ละระดับความสูง

ระดับความสูง		ระดับของ Power Class									
		1.1	1.2	1.3	1.4	2.0	3.0	4.0	5.0	6.0	7.0
10 เมตร	ความเร็ว	0	2.8	3.6	4.0	4.4	5.1	5.6	6.0	6.4	7.0
	ลม (m/s)	2.8	3.6	4.0	4.4	5.1	5.6	6.0	6.4	7.0	9.4
	กำลังลม	0	25	50	75	100	150	200	250	300	400
	(W/m ²)	25	50	75	100	150	200	250	300	400	1000
30 เมตร	ความเร็ว	0	3.3	4.1	4.7	5.2	5.9	6.5	7.0	7.4	8.2
	ลม (m/s)	3.3	4.1	4.7	5.2	5.9	6.5	7.0	7.4	8.2	11.0
	กำลังลม	0	40	80	120	160	240	320	400	480	640
	(W/m ²)	40	80	120	160	240	320	400	480	640	1600
50 เมตร	ความเร็ว	0	3.6	4.4	5.1	5.6	6.4	7.0	7.5	8.0	8.8
	ลม (m/s)	3.6	4.4	5.1	5.6	6.4	7.0	7.5	8.0	8.8	11.9
	กำลังลม	0	50	100	150	200	300	400	500	600	800
	(W/m ²)	50	100	150	200	300	400	500	600	800	2000

หมายเหตุ: m² เป็นหน่วยของพื้นที่รับลมของใบพัดกังหันลม

ที่มา: การไฟฟ้านครหลวง (2559)

โครงการโรงไฟฟ้านี้มีการใช้กังหันลมขนาด 10 กิโลวัตต์ และความเร็วลมที่ผลิตไฟฟ้าได้ คือ 2 เมตร/วินาที และที่ระดับความสูง 30 เมตร มีความเร็วลม 5.6 – 6.4 เมตร/วินาที ซึ่งเหมาะสมสำหรับการใช้กังหันลมขนาด 50 กิโลวัตต์ ที่ระบุไว้ในโครงการ และความเร็วลมที่เริ่มผลิตไฟฟ้าได้ คือ 2 เมตร/วินาที ดังนั้นโรงไฟฟ้านี้มีความเป็นไปได้ในการใช้พลังงานลมในการผลิตพลังงานไฟฟ้าที่อำเภอยะหริ่ง จังหวัดปัตตานี

การวิเคราะห์ความเป็นไปได้ทางด้านเทคนิคที่นำเสนอมาตามลำดับแล้วนั้นแสดงให้เห็นว่าโรงไฟฟ้าต้นแบบนี้มีความเป็นไปได้ทางเทคนิค

ความเป็นไปได้ด้านกฎหมายและระเบียบข้อบังคับ (Legal feasibility)

1. ขอบอนุญาตประกอบกิจการไฟฟ้า

ผู้ยื่นขอรับใบอนุญาตประกอบกิจการไฟฟ้าต้องปฏิบัติตามระเบียบ กกพ. ว่าด้วยการขอรับใบอนุญาตและการอนุญาตการประกอบกิจการพลังงาน พ.ศ. 2551 และระเบียบ/ประกาศ กกพ. ที่เกี่ยวข้อง

2. ขอบอนุญาตอื่นที่เกี่ยวข้องกับการประกอบกิจการไฟฟ้า

โรงไฟฟ้าต้นแบบมีการใช้ชีวมวลแต่ขนาดกำลังการผลิตไม่ถึง 150 เมกะวัตต์ จึงไม่ต้องทำรายงาน EHIA (Environmental Health impact assessment) แต่ต้องปฏิบัติตามข้อกำหนดที่เป็นเงื่อนไขประกอบการอนุญาต CoP (Code of practice)

ใบอนุญาตประกอบกิจการโรงงานผลิตไฟฟ้า (ร.ง.4 ประเภทโรงงานลำดับที่ 88)

ใบอนุญาตก่อสร้างอาคาร ดัดแปลงอาคาร หรือรื้อถอนอาคาร (อ.1)

ใบอนุญาตให้ผลิตพลังงานควบคุม (พค.2)
จากการพิจารณากฎหมายและข้อบังคับที่เกี่ยวข้องกับการขออนุญาตเพื่อดำเนินการโรงไฟฟ้า พบว่า โรงไฟฟ้าได้ดำเนินการตามกฎหมายที่กำหนดครบถ้วน ดังนั้นโรงไฟฟ้าต้นแบบนี้มีความเป็นไปได้ของการขออนุญาตเพื่อสร้างโรงไฟฟ้าได้อย่างถูกต้องตามกฎหมาย

ความเป็นไปได้ด้านการเงิน (Financial feasibility)

1. การวิเคราะห์กระแสการเงินของโครงการ

ตารางที่ 5 รายได้ – รายจ่าย ของโรงไฟฟ้าต้นแบบ

รายได้-รายจ่ายจากการขายไฟฟ้า (พันบาท)												
ปี	รายได้จากการขายไฟฟ้า	รายได้จากผลผลิตพลอยได้	รายได้รวม	ต้นทุนการผลิต	กำไรขั้นต้น	ค่าใช้จ่ายในการขายและบริหาร	กำไรจากการดำเนินงาน (EBIT)	กำไรจากการดำเนินงานหักค่าเสื่อมราคา (EBITA)	ดอกเบี้ยจ่าย	ภาษีเงินได้	กำไรสุทธิ	หนี้สินรวม
0												
1				32	-32	2,428	-2460	-2460	2250	-4710	-4710	75,000
2	9,909	803	10,713	5,858	4,854	2,051	2,803	5,094	4,388	-1,584	-1,584	71,250
3	23,932	2,322	26,254	12,717	13,537	2,428	11,110	15,691	4,050	7,060	7,060	63,750
4	24,292	2,368	26,660	12,954	13,705	2,507	11,198	15,779	3,555	7,643	7,643	54,750
5	24,659	2,416	27,075	13,199	13,876	2,590	11,285	15,867	2,948	8,338	8,338	43,500
6	25,036	2,464	27,500	13,456	14,044	2,676	11,367	15,949	2,205	9,162	9,162	30,000
7	25,422	2,513	27,936	13,884	14,052	2,666	11,386	16,036	1,350	10,036	10,036	15,000
8	25,818	2,563	28,382	14,329	14,053	2,659	11,394	16,121	450	10,944	10,944	
9	25,382	2,615	27,997	14,787	13,209	2,755	10,455	15,364		10,455	10,455	
10	24,956	2,667	27,623	15,260	12,363	2,855	9,508	14,605		10,372	8,644	
11	25,382	2,720	28,102	15,750	12,352	2,959	9,393	14,683		10,959	7,828	
12	22,686	2,775	25,461	16,073	9,388	3,066	6,321	11,635		7,375	5,268	
13	20,001	2,830	22,831	16,405	6,426	3,178	3,248	8,584		3,789	2,707	
14	20,459	2,887	23,346	16,754	6,593	3,294	3,298	8,663		3,848	2,749	
15	20,929	2,945	23,874	17,113	6,761	3,415	3,346	8,741		3,904	2,788	
16	21,411	3,004	24,415	17,489	6,925	3,540	3,385	8,811		3,949	2,821	
17	21,905	3,064	24,968	17,869	7,099	3,670	3,429	8,886		4,001	2,858	
18	22,411	3,125	25,536	18,026	7,510	3,805	3,705	8,957		4,323	3,088	
19	22,930	3,187	26,118	18,188	7,930	3,945	3,985	9,026		4,649	3,321	
20	23,463	3,251	26,714	18,357	8,357	4,090	4,267	9,091		4,978	3,556	
21	24,009	3,316	27,325	18,531	8,794	4,241	4,552	9,152		5,311	3,793	
22	12,284	1,691	13,976	9,563	4,413	2,348	2,065	4,250		2,409	1,721	

ที่มา: จากการคำนวณโดยผู้วิจัย

จากตารางที่ 5 โรงไฟฟ้าจะเริ่มมีรายได้จากการผลิตและขายไฟฟ้าในปีที่ 2 ของการลงทุน ซึ่งประมาณการเท่ากับ 9.91 ล้านบาท และเพิ่มขึ้นเป็น 23.93 ล้านบาทในปีที่ 3 ของการลงทุนในกระบวนการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานชีวมวล โรงไฟฟ้าสามารถนำกากของวัตถุดิบดังกล่าวมาอัดเป็นเม็ดเพื่อจำหน่ายเป็นถ่านเชื้อเพลิงได้ประมาณ 5% ของวัตถุดิบที่ใช้ ซึ่งในปีที่มีการผลิตทั้งปี จะสามารถผลิตถ่านเชื้อเพลิงได้ประมาณ 219 ตันต่อปี โดยในปีที่ 3 ของการลงทุน (ปีที่เริ่มผลิตเต็มปี) รายได้จากผลผลิตพลอยได้ประมาณ 2.32 ล้านบาท (ราคาขายประมาณ 10 บาทต่อกิโลกรัม และมีอัตราการเติบโตเท่ากับ 2.0% ต่อปี) และเพิ่มขึ้นตามอัตราการเติบโตของราคาขาย

ทั้งนี้รายได้รวมของโรงไฟฟ้าฯ จะอยู่ที่ประมาณ 22.83-28.38 ล้านบาทต่อปี ในช่วงการดำเนินการผลิต 20 ปี โดยมีสัดส่วนรายได้จากการผลิตและจำหน่ายไฟฟ้าประมาณ 88-91% ของรายได้รวม และมีสัดส่วนรายได้จากผลผลิตพลอยได้คิดเป็นประมาณ 9-12% ของรายได้รวมการวิเคราะห์ความคุ้มค่าต่อการลงทุน การวิเคราะห์ความคุ้มค่าต่อการลงทุน

รายละเอียดข้อมูลค่าใช้จ่ายและรายได้ของแต่ละปี ซึ่งสามารถคำนวณมูลค่าอัตราผลตอบแทนภายในโครงการ ผลตอบแทนปัจจุบันสุทธิของโครงการ ระยะเวลาคืนทุน อัตราผลตอบแทนของผู้ถือหุ้นและต้นทุนเงินทุนถัวเฉลี่ยถ่วงน้ำหนัก ดังตารางที่ 6

ตารางที่ 6 การวิเคราะห์ความคุ้มค่าต่อการลงทุนของโรงไฟฟ้าต้นแบบ

เกณฑ์การพิจารณา	อัตราหรือมูลค่า	หมายเหตุ
1.อัตราผลตอบแทนภายในโครงการ (Internal Rate of Return: IRR)	11.58%	ณ เงินลงทุนโครงการรวมประมาณ 88.51 ล้านบาท โดยอัตราต้นทุนเงินทุนถัวเฉลี่ยถ่วงน้ำหนัก (WACC) เท่ากับ 8.25%
2.ผลตอบแทนปัจจุบันสุทธิของโครงการ (Net Present Value : NPV on Project)	19.97 ล้านบาท	ณ อัตราส่วนลด (Discount rate) ที่ WACC
3.ระยะเวลาคืนทุน (Payback period: PB)	ประมาณ 8 ปี	
4.อัตราผลตอบแทนของผู้ถือหุ้น (Internal Rate of Return : IRR on Equity)	16.97%	ณ ทุนชำระแล้ว จำนวน 25 ล้านบาท โดยอัตราผลตอบแทนที่ผู้ถือหุ้นต้องการขั้นต่ำ (Ke) เท่ากับ 15%
5.ต้นทุนเงินทุนถัวเฉลี่ยถ่วงน้ำหนัก (Weighted Average Cost of Capital : WACC)	8.25%	Kd = 6% และ Ke = 15% ที่ D/E = 3.0 เท่า และได้รับสิทธิประโยชน์ทางภาษีจากการขอบัตรส่งเสริมการลงทุน (BOI)

จากตารางที่ 6 มูลค่าปัจจุบันสุทธิของโครงการได้เท่ากับ 19.97 ล้านบาท แสดงว่าหากทำการลงทุนโรงไฟฟ้านี้มีความคุ้มค่าเนื่องจากมีค่ามากกว่า 0 และไม่ติดลบ อัตราผลตอบแทนภายในจากการลงทุน (IRR) ได้ 11.58% ซึ่งมีความเหมาะสมต่อการตัดสินใจลงทุน และระยะเวลาการคืนทุน (Payback Period) เป็นระยะเวลาที่การลงทุนเพื่อให้ได้กระแสเงินสดรับสุทธิที่ได้จากการลงทุนคุ้มค่างับต้นทุน ซึ่งในโครงการนี้ใช้เวลาคืนทุนประมาณ 8 ปี อัตราผลตอบแทนของผู้ถือหุ้น 16.97 % ค่อนข้างสูง และต้นทุนเฉลี่ยถ่วงน้ำหนัก 8.25 % อยู่ในระดับไม่สูง

การวิเคราะห์ความไวต่อการเปลี่ยนแปลงของโครงการ (Sensitivity Analysis)

จากการวิเคราะห์ความอ่อนไหวของโครงการเพื่อพิจารณาว่า เมื่อสถานการณ์ทางด้านค่าใช้จ่ายและรายรับเปลี่ยนแปลงไปในหลากหลายกรณี โครงการนี้จะยังคุ้มค่าที่จะลงทุนหรือไม่ ซึ่งจากผลการวิเคราะห์พบว่า ยังมี

ความคุ้มค่าในการลงทุน เนื่องจากในทุกกรณี ค่า IRR ของโครงการก็ยังคงมีค่ามากกว่าค่าอัตราเงินกู้ที่ 6% และค่า NPV ของโครงการก็ยังคงมีค่ามากกว่า 0

ความเป็นไปได้ด้านการตลาด (Market Feasibility)

1. การสนับสนุนของนโยบายรัฐ

รัฐบาลมีนโยบายสำหรับพลังงานทดแทนในการผลิตกระแสไฟฟ้า แต่ละปีมีการใช้พลังงานทดแทนเพิ่มขึ้น แต่สัดส่วนการใช้ทั้งพลังงานแสงอาทิตย์ พลังงานชีวมวล และพลังงานลมปี พ.ศ. 2558 ยังคงไม่ถึงเป้าหมายที่ตั้งไว้

2. ข้อมูลราคาของไฟฟ้าเป็นไปตามที่ กฟภ.รับซื้อ แยกตามประเภทเทคโนโลยีและเชื้อเพลิง กฟภ.จึงใช้ในการกำหนดอัตราส่วนเพิ่มราคารับซื้อไฟฟ้า (ส่วนเพิ่มฯ) หรือ Adder สำหรับผู้ผลิตไฟฟ้าขนาดเล็กมาก (VSPP) เฉพาะการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานหมุนเวียน ดังตารางที่ 7

ตารางที่ 7 อัตราส่วนเพิ่มราคารับซื้อไฟฟ้า กฟภ. สำหรับผู้ผลิตไฟฟ้าขนาดเล็กมากจากพลังงานหมุนเวียน

เชื้อเพลิง	ส่วนเพิ่มฯ (บาท/ กิโลวัตต์-ชั่วโมง)	ระยะเวลาดำเนินการนับ จากวัน COD (ปี)
พลังงานชีวมวล		
1. กำลังการผลิตติดตั้ง $\leq$ 1 MW	0.50	7
2. กำลังการผลิตติดตั้ง $>$ 1 MW	0.30	7
พลังงานลม		
1. กำลังการผลิตติดตั้ง $\leq$ 50 kW	4.50	10
2. กำลังการผลิตติดตั้ง $>$ 50 kW	3.50	10
พลังงานแสงอาทิตย์	8.00	10

ที่มา: สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน (2559)

โรงไฟฟ้าต้นแบบนี้ได้กำหนดราคาขาย คือ ราคา 0.50 บาท/กิโลวัตต์-ชั่วโมง พลังงาน แสงอาทิตย์ ราคา 8.00 บาท/กิโลวัตต์-ชั่วโมง และพลังงานลม ราคา 3.50 บาท/กิโลวัตต์-ชั่วโมง ซึ่งสอดคล้องกับข้อมูลอัตราส่วนเพิ่มราคา รับซื้อไฟฟ้า และระยะเวลาการให้การสนับสนุน กฟผ. ดังนั้นมีความเป็นไปได้ว่า กฟผ. จะรับซื้อ ไฟฟ้าที่ผลิตได้จากโรงไฟฟ้าต้นแบบ

ข้อมูลผู้ผลิตไฟฟ้าเอกชนรายเล็กมาก (Very Small Power Producer : VSPP)

จากแผน PDP2015 กำหนดให้ช่วงปี พ.ศ. 2558 –2579 มีการรับซื้อไฟฟ้าจาก VSPP (ตาม แผน AEDP) กำลังผลิตไฟฟ้ารวม 9,735.6 เมกะวัตต์ ข้อมูล ณ สิ้นเดือน ธันวาคม พ.ศ. 2557 (ตารางที่ 8) มีการรับซื้อไฟฟ้าจาก VSPP เท่ากับ 2,029 เมกะวัตต์ซึ่งต่ำกว่าเป้าหมายมาก

ตารางที่ 8 กำลังผลิตไฟฟ้าแบ่งตามผู้ผลิตไฟฟ้า

ประเภทผู้ผลิต	กำลังการผลิตไฟฟ้า (เมกะวัตต์)	ร้อยละ
กฟผ.	15,482	41.2
เอกชนรายใหญ่ (IPP)	13,167	35.0
เอกชนรายเล็ก (SPP)	4,530	12.0
เอกชนรายเล็กมาก (VSPP)	2,029	5.4
ซื้อไฟฟ้าต่างประเทศ	2,404	6.4
รวม	37,612	100.0

ที่มา: สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน (2557)

ความต้องการไฟฟ้า

ใน พ.ศ. 2557 ความต้องการพลังไฟฟ้า เพิ่มขึ้นจากความต้องการพลังไฟฟ้าสูงสุดปี พ.ศ. 2556 เท่ากับ 344.0 เมกะวัตต์ เพิ่มขึ้นคิดเป็น ร้อยละ 1.29 ดังนั้นจึงมีความจำเป็นในการผลิต กระแสไฟฟ้าเพิ่มขึ้นโดยใช้พลังงานทดแทนแบบ ผสมผสานเพื่อรองรับอัตราการใช้ไฟฟ้าที่เพิ่มขึ้น

จากความต้องการใช้ไฟฟ้าที่เพิ่มขึ้นใน แต่ละปี ดังนั้นโรงไฟฟ้าต้นแบบของโครงการนี้จึง ยังเป็นที่ต้องการของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค

สรุปโครงการโรงไฟฟ้านี้มีความเป็นไปได้ทางด้านการตลาดที่เหมาะสม เนื่องจากมี กลุ่มเป้าหมายที่ชัดเจน คือ ผลิตกระแสไฟฟ้าเพื่อ จำหน่ายให้แก่การไฟฟ้าส่วนภูมิภาคในภาคใต้

และได้รับการสนับสนุนจากนโยบายรัฐบาล ข้อมูลราคาขายเป็นไปตามที่ กฟผ. รับซื้อ และเป็นไปตามความต้องการผู้ผลิตไฟฟ้าเอกชนราย เล็กมาก ตามแผน PDP2015 รวมทั้งโรงไฟฟ้านี้ ยังอยู่ในเป้าหมายการรับซื้อของคณะกรรมการ กำกับกิจการพลังงาน (กกพ.) ประกาศรับซื้อรวม ไม่เกิน 46 เมกะวัตต์ จากพื้นที่ 3 จังหวัด ชายแดนภาคใต้ (จังหวัดปัตตานี ยะลา และ นราธิวาส) เมื่อวันที่ 13 สิงหาคม 2558 ซึ่ง โรงไฟฟ้านี้ผลิตไฟฟ้าเพียง 1 เมกะวัตต์ ทำให้ยัง เป็นที่ต้องการรับซื้อของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค ด้วย และจากความต้องการใช้ไฟฟ้าที่เพิ่มขึ้นใน แต่ละปี ดังนั้นโรงไฟฟ้าต้นแบบนี้จึงยังเป็นที่ ต้องการของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค

ความเป็นไปได้ด้านสังคมและสิ่งแวดล้อม (Social and Environmental Feasibility)

การสร้างโรงไฟฟ้าต้นแบบนี้มีผลกระทบต่อสังคมและสิ่งแวดล้อม ดังนี้

ด้านสังคม

สร้างรายได้ให้กับคนท้องถิ่นหรือคนในชุมชน โดยมีการรับซื้อวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรจากคนในชุมชน เพื่อนำใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตพลังงานชีวมวล

การเพิ่มโอกาสการทำงาน เนื่องจากการตั้งโรงไฟฟ้าต้องมีการจ้างพนักงานในการดูแลโรงไฟฟ้า ซึ่งส่วนหนึ่งเป็นคนในพื้นที่

การปรับปรุงคุณภาพชีวิตให้ดีขึ้น โดยกระทบต่อการดำเนินชีวิตของคนในชุมชนน้อยที่สุด

จัดเป็นสถานที่ศึกษาดูงาน โดยให้คณะ/หน่วยงานต่าง ๆ ทั้งภาครัฐและเอกชนในประเทศ

ด้านสิ่งแวดล้อม

การผลิตพลังงานชีวมวล มีข้อดีต่อสิ่งแวดล้อม ดังนี้

1. ชีวแก๊สจากกระบวนการแปรสภาพเป็นแก๊สจะมีปริมาณคาร์บอนจำนวนมาก ช่วยเพิ่มความสมบูรณ์ให้ดิน

2. เป็นการใช้ประโยชน์จากเศษวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรอย่างคุ้มค่า ซึ่งเป็นประโยชน์ต่อสิ่งแวดล้อม

3. ช่วยลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก และลดปัญหาหมอกควันจากการเผาวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรในที่โล่ง

4. ใช้ประโยชน์จากผลผลิตเหลือจากกระบวนการผลิตพลังงานชีวมวล เช่น ถ่าน น้ำส้ม ควันไม้สำหรับใช้ไล่แมลงต่าง ๆ

การผลิตพลังงานชีวมวล มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม ดังนี้

1. ของแข็ง ของเสียในรูปของแข็ง ได้แก่ เถ้า (Ash) และถ่านชาร์ (Char) จากกระบวนการเผาไหม้สารอินทรีย์ ของเสียเหล่านี้สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ เช่น การนำไปใช้เป็นวัตถุดิบในอุตสาหกรรมปูนซีเมนต์ หรือการนำไปผสมเป็นวัสดุในการปรับปรุงดิน (Soil conditioner)

2. ของเหลว น้ำเสีย เกิดได้จากไอน้ำกลั่นตัว หรือ ของเหลวผลควบแน่น (Condensate) ที่ปนเปื้อนไปด้วยกรดอะซิติก ฟีนอล และสารอินทรีย์ที่อยู่ในเนื้อไม้ ควรมีการติดตั้งระบบบำบัดก่อนปล่อยน้ำทิ้งลงสู่สิ่งแวดล้อม

3. ก๊าซ มลพิษทางอากาศจากการแปรสภาพเป็นแก๊สที่ปล่อยออกสู่บรรยากาศ หากเปรียบเทียบกับการใช้เชื้อเพลิงจากฟอสซิลแล้ว การเผาไหม้เชื้อเพลิงชีวมวลจะมีปริมาณก๊าซ เช่น ซัลเฟอร์ออกไซด์ ไนโตรเจนออกไซด์ เป็นต้น ที่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและอันตรายต่อสุขภาพของมนุษย์น้อยกว่า

4. ฝุ่นละออง ทางโรงไฟฟ้ามีการป้องกันติดตั้งระบบดักฝุ่นเพื่อลดการเกิดฝุ่นละออง และการปิดพื้นที่เพื่อป้องกันการฟุ้งกระจายของฝุ่นละอองแล้ว

5. รีดิวิซ์ก๊าซต่าง ๆ (Reduced Gases) รีดิวิซ์ก๊าซ เช่น คาร์บอนมอนอกไซด์ กรดไฮโดรคลอริก ไฮโดรเจนซัลไฟด์ และแอมโมเนีย อย่างไรก็ตาม การดักจับรีดิวิซ์ก๊าซสามารถทำได้ง่ายและมีประสิทธิภาพสูงกว่าการดักจับก๊าซออกไซด์ที่พบในระบบเผาไหม้ทั่วไป

6. กลิ่น กลิ่นเหม็นอาจเกิดจากกลิ่นและควันที่เกิดจากกระบวนการเผาไหม้

7. เสี่ยงและแรงสั่นสะเทือน ด้านผลกระทบทางเสียงและแรงสั่นสะเทือนเกิดจากการทำงานของเครื่องจักร
มาตรการทางด้านสังคมและสิ่งแวดล้อม

มาตรการเกี่ยวกับผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม โดยจำแนกตามประเภทของโรงไฟฟ้าและขนาดกำลังการผลิตติดตั้งได้ ดังตารางที่ 9

ตารางที่ 9 มาตรการเกี่ยวกับผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมโดยจำแนกตามประเภทของโรงไฟฟ้าและขนาดกำลังการผลิตติดตั้ง

กำลังการผลิต	ประเภทโรงไฟฟ้า	
	พลังงานความร้อน	ไม่มีการเผาไหม้เชื้อเพลิง
10 เมกะวัตต์ขึ้นไป	EIA/ EHIA	CoP
5 -10 เมกะวัตต์	CoP + ESA	CoP + ESA
1,000 กิโลวัตต์แอมแปร์ขึ้นไป	CoP	CoP

หมายเหตุ: 1,000 กิโลวัตต์แอมแปร์ เท่ากับ 800 กิโลวัตต์ (1000 kVA = 800 kW)

ที่มา : สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน (2558)

โรงไฟฟ้าต้นแบบโครงการนี้มีการผลิตรวมขนาด 1 เมกะวัตต์ ดังนั้นจึงต้องปฏิบัติตามหลักการของ CoP (Code of Practice) โรงไฟฟ้ามีการวางแผนปฏิบัติตามการประมวลหลักการปฏิบัติ หรือ Code of Practice (CoP) ของพลังงานชีวมวล พลังงานแสงอาทิตย์ ส่วนพลังงานลมยังไม่มีข้อกำหนดใด ๆ ซึ่งรายการตรวจสอบตามประมวลหลักการปฏิบัติ (Code of Practice) เพื่อป้องกันผลกระทบต่อสังคมและสิ่งแวดล้อมที่วิเคราะห์ไปแล้ว

คาร์บอนเครดิต

จากข้อมูลคาร์บอนเครดิตของโรงไฟฟ้าต้นแบบกำหนด ดังนี้

ปริมาณการลดก๊าซเรือนกระจก: 5,561 ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า
หน่วยงานรับซื้อ: องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน)
สัญญาประเภท: Crediting period 7 ปี (แบบต่ออายุได้ 2 ครั้ง)
มูลค่าการขายคาร์บอนเครดิต: 1,101,009.80 บาทต่อปี
อัตราค่าธรรมเนียมของโครงการ: 75,000 บาท
การลดก๊าซเรือนกระจก
การปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์ของโรงไฟฟ้าชนิดต่าง ๆ

ตารางที่ 10 หน่วยการปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์ของโรงไฟฟ้าชนิดต่าง ๆ

ชนิดโรงไฟฟ้า	หน่วยการปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์ (kg-CO ₂ /kWh)
ถ่านหิน	0.916
น้ำมัน	0.756
ก๊าซธรรมชาติ	0.563
พลังงานแสงอาทิตย์	0.148
พลังงานชีวมวล	0.119
พลังงานลม	0.067
พลังงานน้ำ	0.017

ที่มา: สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน (2558)

โรงไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ พลังงานชีวมวล และพลังงานน้ำมีการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ต่ำกว่าโรงงานประเภทอื่น ๆ ยกเว้นโรงไฟฟ้าพลังงานน้ำ

โรงไฟฟ้าต้นแบบของโครงการนี้สามารถลดการปล่อยก๊าซ 5,561 ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า (tCO₂e) ต่อปี ทำให้สามารถขายคาร์บอนเครดิตโดย EU Emissions Trading Scheme (EU ETS) = 5.04 ยูโร ต่ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อปี

สรุปโรงไฟฟ้านี้มีความเป็นไปได้ทางด้านสังคมและสิ่งแวดล้อม เพราะมีแผนปฏิบัติต่าง ๆ ปฏิบัติเป็นไปตาม CoP และยังสามารถขายคาร์บอนเครดิตเพื่อเพิ่มรายได้ อีกทั้งด้วย แสดงว่าโรงไฟฟ้านี้เป็นโรงไฟฟ้าที่ออกแบบมาเพื่อชุมชนและสิ่งแวดล้อมโดยแท้จริง

สรุปผลการวิจัย

โรงไฟฟ้าต้นแบบใช้พลังงานผสมของพลังงานชีวมวล พลังงานลมและพลังงานแสงอาทิตย์ ที่อำเภอยะหริ่ง จังหวัดปัตตานี มีความเป็นไปได้ด้านเทคนิค ด้านกฎหมายและระเบียบ ข้อบังคับ ด้านการเงิน ด้านการตลาด และด้านสังคมและสิ่งแวดล้อม

อนึ่งการวิเคราะห์ความเป็นไปได้ด้านการเงินมีค่า NPV, IRR และ PP เท่ากับ 19.97 ล้านบาท 11.58% และ 8 ปี ตามลำดับ เมื่อการวิเคราะห์ผลตอบแทนการลงทุนทางการเงินมีค่าสูง และผลการขยายทางการสังคมและสิ่งแวดล้อมมีเพียงเล็กน้อยและสามารถป้องกันแก้ไขได้ จึงไม่มีความจำเป็นต้องวิเคราะห์ผลตอบแทนทางเศรษฐกิจ



References

- Department of Alternative Energy Development and Efficiency. (2555). *Report on alternative energy in Thailand 2555*. Ministry of Energy.
- Department of Alternative Energy Development and Efficiency. (2557). *Report on alternative energy in Thailand 2557*. Ministry of Energy.
- Energy Policy and Planning Office. (2557). *Energy and fuel alternative of Thailand*.
<http://www.eppo.go.th/doc/doc-AlterFuel.html>.
- Energy Policy and Planning Office. (2558). *Electricity generating plan of Thailand*. Ministry of Energy
<http://www.eppo.go.th/power/PDP2015/PDP2015.pdf>
- Energy Policy and Planning Office. (2559). *Status VSPP*
<http://www.eppo.go.th/index.php/th/electricity/private/vspp>.
- Metropolitan Electricity Authority. (2555). *Electricity buying from very small produces regulations*.
<http://www.mea.or.th>.
- Metropolitan Electricity Authority. (2559). *Solar cell*.
<http://www3.egat.co.th/re/solarcell/solarcell.htm>.