



## ใบรับรองวิทยานิพนธ์

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

.....  
วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต (เทคโนโลยีและการจัดการสิ่งแวดล้อม)

ปริญญา

.....  
เทคโนโลยีและการจัดการสิ่งแวดล้อม

.....  
วิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม

สาขา

ภาควิชา

เรื่อง อิทธิพลของต้นทุนภายนอกต่ออัตราการรับซื้อไฟฟ้าของโรงไฟฟ้าชีวมวลขนาดเล็ก

Effect of the External costs to Feed-in Tariff of a Small Biomass Power Plant

นามผู้วิจัย นางสาวปกรศัพรณ์ ณะคำปา

ได้พิจารณาเห็นชอบโดย

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

.....  
( ผู้ช่วยศาสตราจารย์จักรกฤษณ์ มหัจฉริยวงศ์, Ph.D. )

หัวหน้าภาควิชา

.....  
( ผู้ช่วยศาสตราจารย์จักรกฤษณ์ มหัจฉริยวงศ์, Ph.D. )

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์รับรองแล้ว

.....  
( รองศาสตราจารย์กัญญา ชีระกุล, D.Agr. )

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

วันที่ ..... เดือน ..... พ.ศ. ....

วิทยานิพนธ์

เรื่อง

อิทธิพลของต้นทุนภายนอกต่ออัตรากรับซื้อไฟฟ้าของโรงไฟฟ้าชีวมวลขนาดเล็ก

Effect of the External costs to Feed-in Tariff of a Small Biomass Power Plant

โดย

นางสาวปกรศพรณ์ ณะคำปา

เสนอ

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (เทคโนโลยีและการจัดการสิ่งแวดล้อม)

พ.ศ. 2552

ปกรศัพรณ์ ณะคำปา 2552: อธิพลของต้นทุนภายนอกต่ออัตรการรับซื้อไฟฟ้าของ  
โรงไฟฟ้าชีวมวลขนาดเล็ก ปริญญาวิตยาศาสตรมหาบัณฑิต (เทคโนโลยีและการจัดการ  
สิ่งแวดล้อม) สาขาวิชาเทคโนโลยีและการจัดการสิ่งแวดล้อม ภาควิตยาวิตยาศาสตร์  
สิ่งแวดล้อม อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก:  
ผู้ช่วยศาสตราจารย์จักรกฤษณ์ มหัจฉริวงศ, Ph.D. 111 หน้า

โรงไฟฟ้าชีวมวลเป็นทางเลือกหนึ่งของการใช้พลังงานทดแทน ซึ่งมีผลดีทางด้าน  
เศรษฐกิจ สังคมและสิ่งแวดล้อมทั้งใน ระดับชุมชนและประเทศ การศึกษาอทธิพลของต้นทุน  
ภายนอก (External Cost) ของโรงไฟฟ้าชีวมวลขนาดเล็กสำหรับชุมชนที่มีขนาดกำลังการผลิตไม่  
เกิน 1 เมกะวัตต์ มีวัตถุประสงค์ในการประเมินประโยชน์ของการใช้ชีวมวลเป็นเชื้อเพลิงในการ  
ผลิตไฟฟ้าและสะท้อนถึงอัตรการรับซื้อไฟฟ้าจากมูลค่าของผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม เศรษฐกิจ  
และสังคมที่เชื่อมโยงกับการผลิตไฟฟ้า โดยการนำมูลค่าเชิงผลประโยชน์ด้านสิ่งแวดล้อม  
เศรษฐกิจ และสังคมของโรงไฟฟ้าชีวมวลมาเป็นปัจจัยหนึ่งใน โครงสร้างราคารับซื้อไฟฟ้าและ  
อัตรการรับซื้อไฟฟ้า (Feed-in Tariff) จากผู้ผลิตไฟฟ้าพลังงานหมุนเวียนขนาดเล็กมาก (VSPP) ของ  
การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย ส่งผลให้ราคารับซื้อไฟฟ้านั้นสามารถสะท้อนถึงต้นทุนการ  
ผลิตไฟฟ้าอย่างแท้จริงมากขึ้น จากกรณีศึกษาโรงไฟฟ้าชีวมวลที่ขนาดกำลังการผลิต 250  
กิโลวัตต์ และ 900 กิโลวัตต์ มูลค่าผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมเชิงบวกที่ประเมินได้คือ 6.82 และ 6.80 บาท  
ต่อกิโลวัตต์ เมื่อนำมูลค่านี้มาพิจารณาพบว่ามีผลกระทบเชิงบวกมากกว่าเชื้อเพลิงฟอสซิล และ  
หากนำความสามารถในการลดการปล่อยแก๊สเรือนกระจกเข้าร่วมโครงการ กลไกการพัฒนาที่  
สะอาด (CDM) แล้วคำนวณรวมกับการคิดอัตรการรับซื้อไฟฟ้า (feed-in tariff) พบว่ากรณี  
โรงไฟฟ้าชีวมวล ขนาดกำลังการผลิต 250 กิโลวัตต์ ค่า feed-in tariff ควรอยู่ที่ 10.81 บาทต่อ  
กิโลวัตต์-ชั่วโมง การกำหนดราคารับซื้อไฟฟ้าให้สอดคล้องกับมูลค่าประโยชน์จากผลกระทบ  
ภายนอกที่แท้จริงจะเป็นการส่งเสริมการผลิตพลังงานไฟฟ้าที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม

Pakornpan Nakhampa 2009: Effect of the External costs to Feed-in Tariff of a Small Biomass Power Plant. Master of Science (Environmental Technology and Management), Major Field: Environmental Technology and Management, Department of Environmental Science. Thesis Advisor: Assistant Professor Jukkrit Mahujchariyawong, Ph.D. 111 pages.

Biomass power plant is one of the alternative energy plans that provides rural and nation the positive impacts on economic, social and environmental issues. The objective of this research was to study effect of external cost in electricity generating processes from biomass fuel and reflect the value of impacts on environmental economic and social issues to electricity purchasing system of biomass power plant. This positive value of environmental economic and social was added as one factor of electricity purchasing system of Electricity Generating Authority of Thailand to feed-in tariff of firm contract for very small renewable power generation. The real price related to external cost showed the reasonable feed-in-tariff. In the case of 250 kilowatt and 900 kilowatt biomass power plants, the positive externality value were 6.82 and 6.80 baht per kilowatt which were higher than using fossil fuels in power plant processes, when economic social and environmental impacts were considered. Furthermore, carbon sink can be planned for Clean Development Mechanism (CDM), carbon sink was simulated to calculate with the feed-in tariff. The result showed feed-in-tariff in the case of 250 kilowatt biomass power plant should be 10.81 baht per kilowatt-hour. Thus, process financial support considering feed-in tariff related to the real positive externality value will be promotion for the environment-friendly and renewable energy.

---

Student's signature

---

Thesis Advisor's signature

/ /

## กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ ผู้เขียนขอกราบขอบพระคุณ ผศ.ดร.จักรกฤษณ์ มหัจฉริยวงศ์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์เป็นอย่างสูง ที่กรุณาให้คำปรึกษา ข้อเสนอแนะ และแก้ไขข้อบกพร่องของวิทยานิพนธ์มาโดยตลอด ขอกราบขอบพระคุณ อาจารย์ภาควิชา วิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม สาขาเทคโนโลยีและการจัดการสิ่งแวดล้อมทุกท่าน ที่ได้อบรมสั่งสอน และมอบความรู้อันเป็นประโยชน์อย่างยิ่งในการนำไปใช้ประโยชน์ต่อไป

ผู้เขียนขอกราบขอบพระคุณ ดร. วีรชัย อาจหาญ หัวหน้าโครงการ ศึกษาต้นทุนทาง เศรษฐศาสตร์ของโรงไฟฟ้าชีวมวลขนาดเล็กสำหรับชุมชน และหน่วยปฏิบัติการวิศวกรรมพลังงาน และสิ่งแวดล้อม สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ที่กรุณาให้คำแนะนำ สนับสนุนงานวิจัยและให้ความอนุเคราะห์ข้อมูลที่เป็นประโยชน์ยิ่งในการจัดทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้

ผู้เขียนขอกราบขอบพระคุณบิดามารดา และครอบครัวที่ได้ให้การดูแล สนับสนุน และคอย เป็นกำลังใจ ให้ทุนและความช่วยเหลือในทุกด้านท้ายที่สุดนี้ ขอขอบคุณเพื่อนทุกคน ที่ได้คอยเป็นกำลังใจและช่วยเหลือมาโดยตลอด ทำให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี หากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้มีข้อผิดพลาดประการใด ผู้เขียนขอน้อมรับผิดแต่เพียงผู้เดียว และ หากประโยชน์อันใดที่เกิดจากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ข้าพเจ้าขอยกผลประโยชน์และความดีนั้นให้แก่ ผู้มีพระคุณที่ได้กล่าวมาข้างต้น

ปกรศัพรณ์ ณะคำปา  
ตุลาคม 2552

## สารบัญ

	หน้า
สารบัญ	(1)
สารบัญตาราง	(2)
สารบัญภาพ	(5)
คำนำ	1
วัตถุประสงค์	5
การตรวจเอกสาร	6
อุปกรณ์และวิธีการ	38
อุปกรณ์	38
วิธีการ	38
ผลและวิจารณ์	50
สรุปและข้อเสนอแนะ	86
สรุป	86
ข้อเสนอแนะ	87
เอกสารและสิ่งอ้างอิง	89
ภาคผนวก	93
ภาคผนวก ก การกำหนดส่วนเพิ่มราคารับซื้อไฟฟ้า	94
ภาคผนวก ข ปริมาณพื้นที่เพาะปลูกไม้โตเร็วและปริมาณไม้ที่ต้องการ	98
ภาคผนวก ค สถิติค่า Ft ของการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย	102
ภาคผนวก ง ผลการวิเคราะห์ความเป็นไปได้ทางเศรษฐศาสตร์	104
ประวัติการศึกษา และการทำงาน	111

## สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	การประมาณความต้องการไฟฟ้า	2
2	ค่าใช้จ่ายในการเชื่อมโยงระบบไฟฟ้า สำหรับผู้ผลิตไฟฟ้าขนาดเล็กมาก ปริมาณไฟฟ้าเสนอขายตามสัญญาไม่เกิน 6 เมกะวัตต์	22
3	ประเภทและศักยภาพชีวมวลในประเทศไทย	23
4	ราคาชีวมวลปี 2551	24
5	ประเภทของกิจกรรมภายใต้กลไกการพัฒนาที่สะอาด	25
6	การเปรียบเทียบมลพิษทางอากาศที่ปลดปล่อยสู่บรรยากาศโดยโรงไฟฟ้า ประเภทต่างๆ	27
7	การเปรียบเทียบต้นทุนในการผลิตไฟฟ้า	45
8	ส่วนเพิ่มราคารับซื้อไฟฟ้า (Adder) แยกตามประเภทเชื้อเพลิง	46
9	ต้นทุนและผลประโยชน์ทางการเงินของโรงไฟฟ้าชีวมวลที่ใช้ไม้โตเร็วเป็นเชื้อเพลิง ขนาดกำลังการผลิต 250 กิโลวัตต์ ที่อัตราคิดลด 5% ราคารับซื้อชีวมวล 800 บาทต่อตัน	66
10	ต้นทุนและผลประโยชน์ทางการเงินของโรงไฟฟ้าชีวมวลที่ใช้ไม้โตเร็วเป็นเชื้อเพลิง ขนาดกำลังการผลิต 250 กิโลวัตต์ ที่อัตราคิดลด 10% ราคารับซื้อชีวมวล 800 บาทต่อตัน	67
11	ต้นทุนและผลประโยชน์ทางการเงินของโรงไฟฟ้าชีวมวลที่ใช้ไม้โตเร็วเป็นเชื้อเพลิง ขนาดกำลังการผลิต 900 กิโลวัตต์ ที่อัตราคิดลด 5% ราคารับซื้อชีวมวล 800 บาทต่อตัน	68
12	ต้นทุนและผลประโยชน์ทางการเงินของโรงไฟฟ้าชีวมวลที่ใช้ไม้โตเร็วเป็นเชื้อเพลิง ขนาดกำลังการผลิต 900 กิโลวัตต์ ที่อัตราคิดลด 10% ราคารับซื้อชีวมวล 800 บาทต่อตัน	69

## สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
13	การวิเคราะห์การเงิน โรงไฟฟ้าชีวมวลขนาดเล็กสำหรับชุมชน	70
14	มูลค่าผลกระทบภายนอกทางด้านสังคมและเศรษฐกิจ	75
15	สรุปผลกระทบภายนอกทางด้านสังคมและเศรษฐกิจ และประโยชน์จากการลดต้นทุนสิ่งแวดล้อม	77
16	การเปรียบเทียบต้นทุนในการผลิตไฟฟ้า ต้นทุนทางสิ่งแวดล้อม และอัตราส่วนเพิ่ม: กรณีโรงไฟฟ้าชีวมวลจากไม้โตเร็ว ขนาดกำลังการผลิต 250 กิโลวัตต์	84
ตารางผนวกที่		
ข1	ชนิด แหล่งเพาะปลูก ลักษณะทั่วไป ความชื้น และน้ำหนักไม้สดต่อหน่วยไฟฟ้าของไม้ยูคาลิปตัส	100
ข2	พื้นที่ปลูกไม้ยูคาลิปตัส ตามขนาดกำลังการผลิต	101
ค1	สถิติค่า Ft ขายส่งเฉลี่ยของการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย	103
ง1	รายการต้นทุนและผลตอบแทนทางการเงินของโรงไฟฟ้าชีวมวลที่ใช้เชื้อเพลิงจากไม้โตเร็ว ณ ขนาดกำลังการผลิตที่ 250 กิโลวัตต์ ที่อัตราคิดลดเท่ากับ 5% อายุโครงการ 10 ปี	105
ง2	รายการต้นทุนและผลตอบแทนทางการเงินของโรงไฟฟ้าชีวมวลที่ใช้เชื้อเพลิงจากไม้โตเร็ว ณ ขนาดกำลังการผลิตที่ 250 กิโลวัตต์ ที่อัตราคิดลดเท่ากับ 10% อายุโครงการ 10 ปี	106
ง3	รายการต้นทุนและผลตอบแทนทางการเงินของโรงไฟฟ้าชีวมวลที่ใช้เชื้อเพลิงจากไม้โตเร็ว ณ ขนาดกำลังการผลิตที่ 900 กิโลวัตต์ ที่อัตราคิดลดเท่ากับ 5% อายุโครงการ 10 ปี	107

## สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางผนวกที่		หน้า
ง4	รายการต้นทุนและผลตอบแทนทางการเงินของโรงไฟฟ้าชีวมวลที่ใช้เชื้อเพลิงจากไม้โตเร็ว ณ ขนาดกำลังการผลิตที่ 900 กิโลวัตต์ ที่อัตราคิดลดเท่ากับ 10% อายุโครงการ 10 ปี	108
ง5	เงินลงทุนของโครงการโรงไฟฟ้าชีวมวลขนาดกำลังการผลิต 250 กิโลวัตต์	109
ง6	เงินลงทุนของโครงการโรงไฟฟ้าชีวมวลขนาดกำลังการผลิต 900 กิโลวัตต์	109
ง7	ต้นทุนแรงงานทางตรงของโครงการโรงไฟฟ้าชีวมวลขนาดกำลังการผลิต 250 กิโลวัตต์	110
ง8	ต้นทุนแรงงานทางตรงของโครงการโรงไฟฟ้าชีวมวลขนาดกำลังการผลิต 900 กิโลวัตต์	110

## สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	ต้นแบบโรงไฟฟ้าชีวมวลขนาดเล็ก มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี	51
2	กระบวนการแก๊สซิฟิเคชั่น	52
3	อุปกรณ์ผลิตกระแสไฟฟ้าและระบบบำบัดมลพิษโรงไฟฟ้าชีวมวลขนาดเล็กสำหรับชุมชน มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี	57

# อิทธิพลของต้นทุนภายนอกต่ออัตราารรับซื้อไฟฟ้าของโรงไฟฟ้าชีวมวลขนาดเล็ก

## Effect of the External costs to Feed-in Tariff of a Small Biomass Power Plant

### คำนำ

ปัญหาวิกฤติการณ์ด้านพลังงานของประเทศไทยในปัจจุบันส่งผลกระทบต่อเศรษฐกิจ และการพัฒนาของประเทศ เป็นอย่างมาก เนื่องจากการเปลี่ยนแปลง พฤติกรรม การบริโภคของภาค ประชาชนและการขยายตัวของภาคอุตสาหกรรม ทำให้ความต้องการใช้พลังงานในปัจจุบันเพิ่มมากขึ้น (การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย, 2547) จากการพยากรณ์ความต้องการไฟฟ้า พบว่าในช่วง แผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ฉบับที่ 10 (พ.ศ.2550-2554) ความต้องการไฟฟ้าเพิ่มสูงขึ้น ถึง 30,587 เมกะวัตต์ (ตารางที่ 1) ยิ่งทำให้ประเทศไทยต้องนำเข้าเชื้อเพลิง ฟอสซิล เช่น น้ำมัน ปิโตรเลียม น้ำมันดิบ จากต่างประเทศเป็นปริมาณมากขึ้น รัฐบาลได้มีนโยบายที่จะพัฒนาแหล่ง พลังงานทดแทนเพื่อเป็นการสร้างความมั่นคงทางด้านเศรษฐกิจและพลังงานให้กับประเทศ โดยเฉพาะการพัฒนาพลังงานทดแทนผลิตไฟฟ้าภายในประเทศ ซึ่งประเทศไทยมีศักยภาพของ พลังงานทดแทนในการผลิต ไฟฟ้าหลายประเภทเช่น พลังงานลม พลังงานน้ำ พลังงานแสงอาทิตย์ และพลังงานทดแทนประเภทชีวมวล แก๊สชีวมวล พลังงานขยะ ซึ่งแนวทางในการพัฒนาพลังงาน ทดแทนผลิตไฟฟ้าของประเทศต้องมีการคำนึงถึงการใช้ทรัพยากรพลังงานที่มีอยู่อย่างจำกัด และ สามารถใช้ประโยชน์อย่างมีประสิทธิภาพ หากสามารถนำพลังงานเหล่านี้มาใช้ให้เกิดประโยชน์ก็ จะเป็นแหล่งพลังงานที่ยั่งยืนของประเทศได้

นโยบายการพัฒนาพลังงานทดแทน โดยแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ฉบับที่ 10 (พ.ศ.2550-2554) ยุทธศาสตร์พลังงานของประเทศ รัฐบาลมุ่งเน้นเรื่องการเพิ่มสัดส่วนพลังงาน ทดแทน และการเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงาน โดยกำหนดเป้าหมายค่าความยืดหยุ่นการใช้ พลังงาน (Energy Elasticity) จากสัดส่วนอัตราราคาเติบโตของการใช้พลังงานต่ออัตราราคาเติบโต ทางเศรษฐกิจของประเทศ โดยรัฐบาลมีมาตรการส่งเสริมการผลิตพลังงานทดแทน และการพัฒนา เทคโนโลยีพลังงานทดแทนจากภาคเอกชน ซึ่ง รัฐบาลได้มีนโยบายสนับสนุนให้เอกชนเข้ามา มีบทบาทและร่วมลงทุนในการผลิตไฟฟ้าและจำหน่ายไฟฟ้าในรูปแบบผู้ผลิตไฟฟ้ารายเล็ก (Small

Power Producer, SPP) และผู้ผลิตไฟฟ้าพลังงานหมุนเวียนขนาดเล็กมาก (Very Small Power Producer, VSPP) โดยใช้พลังงานนอกรูปแบบ กากหรือเศษวัสดุเหลือใช้เป็นเชื้อเพลิง และการผลิตไฟฟ้าระบบ Cogeneration ซึ่งเป็นการใช้พลังงานนอกรูปแบบในประเทศให้เกิดประโยชน์มากยิ่งขึ้น อีกทั้งเป็นการลดภาระของประเทศในการจัดหาพลังงานและช่วยแบ่งเบาภาระทางด้านการลงทุนของรัฐในระบบการผลิตและจำหน่ายไฟฟ้า การลดปริมาณการใช้พลังงานโดยการใช้อย่างประหยัด และมีประสิทธิภาพสูงสุด ย่อมจะช่วยลดภาระของประเทศในการจัดหาพลังงาน ประหยัดเงินตราต่างประเทศในการนำเข้าพลังงาน และลดผลกระทบที่เกิดจากความเสียด้านการขาดแคลนพลังงาน

### ตารางที่ 1 การประมาณความต้องการไฟฟ้า

แผนพัฒนาฯ ฉบับที่	พ.ศ.	ความต้องการไฟฟ้าสูงสุด (เมกกะวัตต์)		
		เพิ่มจาก	เป็น	เพิ่มขึ้นเฉลี่ย (ร้อยละ)
8	2540-2544	13,331	16,214	4.02
9	2545-2549	16,214	22,164	6.46
10	2550-2554	22,168	30,587	6.65

ที่มา: การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย (2547)

มาตรการบังคับใช้ Renewable Portfolio Standard (RPS) ให้ผู้ผลิตไฟฟ้าจากเชื้อเพลิงฟอสซิลจัดหาพลังงานทดแทน 5% โดยในปี 2554 จะผลิตไฟฟ้าจากพลังงานทดแทนให้ได้ปริมาณกำลังการผลิตที่ 140 MW และมาตรการรับซื้อไฟฟ้า (Feed-in Tariff) เป็นการกำหนดราคารับซื้อไฟฟ้าจากผู้ผลิตไฟฟ้าพลังงานทดแทนทุกราย ณ จุดเชื่อมต่อเข้าระบบ มาตรการสนับสนุนอื่นๆ เช่น สิทธิประโยชน์ทางภาษี การให้อัตราดอกเบี้ยเงินกู้ต่ำแก่ผู้ลงทุน การให้สิทธิประโยชน์สูงสุดตามพระราชบัญญัติการส่งเสริมการลงทุน (BOI) แก่ธุรกิจด้านพลังงานทดแทน เป็นต้น นอกจากนี้

การผลิตไฟฟ้าจากพลังงานทดแทนยังมีส่วนส่งเสริมการลดก๊าซเรือนกระจก ซึ่งสามารถนำโครงการเข้าสู่กระบวนการซื้อขายคาร์บอนเครดิต

ประเทศไทยมีวัตถุดิบสำหรับพลังงานชีวมวลมาก เนื่องจากเป็นประเทศที่มีการเกษตรและอุตสาหกรรมแปรรูปมากมายที่สามารถนำชีวมวลที่เหลือใช้ทางการเกษตรจำนวนมากในแต่ละปีมาเป็นพลังงานชีวมวลที่สำคัญ เช่น ต้นอ้อย ชังข้าวโพด ชานอ้อย แกลบ ลำต้นและเหง้ามันสำปะหลัง กากถั่วเหลือง ถ่านไม้ ไม้โตเร็ว และฟาง ข้าวเป็นต้น การใช้ประโยชน์จากพลังงานชีวมวลสามารถใช้ได้ทั้งในรูปของความร้อน ไอ้ น้ำ หรือผลิตเป็นพลังงานไฟฟ้า โดยการใช้ชีวมวลเป็นเชื้อเพลิง ซึ่งระบบและเทคโนโลยี ในการผลิตพลังงานไฟฟ้าด้วยเชื้อเพลิงชีวมวลที่เหมาะสมจะไม่ก่อให้เกิดมลภาวะและผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม เนื่องจากการปลูกหมุนเวียนชีวมวลจะทำให้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เกิดการหมุนเวียนในชั้นบรรยากาศ และ การใช้ชีวมวลเป็นพลังงานจะไม่เพิ่มปริมาณสุทธิของคาร์บอนไดออกไซด์ในชั้นบรรยากาศ หากมีการผลิตชีวมวลขึ้นมาทดแทนชีวมวลที่ใช้ไปแล้ว เพราะการเกิดชีวมวลใหม่จะใช้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เท่ากับปริมาณที่ออกมาจากการเผาไหม้ชีวมวล

แนวคิดในการนำระบบผลิตไฟฟ้าจากชีวมวลขนาดเล็กมาใช้กับชุมชนท้องถิ่นนั้น มีวัตถุประสงค์เพื่อให้ชุมชนสามารถผลิตพลังงานไฟฟ้าได้เองจากเศษเหลือทิ้งทางการเกษตรและการปลูกไม้โตเร็ว อย่างไรก็ตาม ข้อจำกัดของการใช้พลังงานชีวมวลคือ ต้นทุนการผลิตที่ยังสูง อยู่ เทคโนโลยีที่ยังต้องการการพัฒนา และวัตถุดิบที่มีปริมาณจำกัด ในกรณีที่ใช้พืชอาหารเป็นวัตถุดิบ การเพิ่มปริมาณพลังงานชีวมวลกลับเป็นผลเสียทำให้การปลูกพืชเพื่อใช้เป็นอาหารลดลงไปและอาหารอาจมีราคาแพงขึ้น แต่ในแง่ผลกระทบภายนอกเชิงบวกซึ่งจะเกิดจากการผลิตไฟฟ้าจากชีวมวล จะทำให้เศรษฐกิจท้องถิ่นมีการขยายตัวเนื่องด้วย เกษตรกรจะมีรายได้เพิ่มขึ้นจากการขายได้ทั้งผลิตผลทางการเกษตรและเศษเหลือทิ้งทางการเกษตร ก่อให้เกิดการจ้างงาน เกิดระบบเศรษฐกิจรอบแหล่งผลิต เงินหมุนเวียนอยู่ในท้องถิ่น และยังสามารถเข้าร่วมโครงการกระบวนการผลิตที่สะอาดซึ่งเป็นการรับประโยชน์เชิงการเงินและเป็นการช่วยลดปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในชั้นบรรยากาศ จากการทำมี ถือว่าเป็นการผลิตกระแสไฟฟ้าที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมอีกด้วย

ฉะนั้นอิทธิพลของต้นทุนภายนอกต่ออัตราการรับซื้อไฟฟ้าของ โรงไฟฟ้าชีวมวลขนาดเล็กเป็นการศึกษาถึงผลกระทบภายนอก (Externality) ที่เกิดขึ้นทั้งผลกระทบภายนอกทางบวก และ

ผลกระทบภายนอกทางลบ ซึ่งมูลค่าผลกระทบที่เกิดขึ้นจะนำมาคิดรวมเป็นต้นทุนภายนอกของโครงการ หรือผลประโยชน์ทางอ้อมที่เป็นผลประโยชน์ทางสิ่งแวดล้อม เศรษฐกิจและสังคม และนำมามูลค่าผลกระทบที่เกิดขึ้นนั้นรวมกับโครงสร้างการรับซื้อไฟฟ้า เพื่อที่จะสามารถสะท้อนถึงราคาต้นทุนผลกระทบภายนอกจากการผลิตกระแสไฟฟ้าจากชีวมวลอย่างแท้จริง และสามารถนำต้นทุนภายนอกที่เกิดขึ้นมาพิจารณาในนโยบายการให้ อัตรารับซื้อไฟฟ้าพิเศษ (Feed-in Tariff) ของรัฐต่อพลังงานทดแทน ซึ่งจะเป็นแนวทางการคำนวณเงินอุดหนุนในอัตราที่เหมาะสมและยุติธรรมเพื่อการพัฒนาเศรษฐกิจโดยรวมของประเทศที่สามารถสอดคล้องกับการพัฒนาด้านพลังงานทดแทน

## วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาอิทธิพลของต้นทุนภายนอกที่มีต่อโครงสร้างอัตรารับซื้อไฟฟ้าของโรงไฟฟ้าชีวมวลขนาดกำลังการผลิตไม่เกิน 1 เมกะวัตต์
2. ประเมินประโยชน์ด้านต่างๆของการใช้พืชโตเร็วเป็นเชื้อเพลิง และนำมูลค่าเชิงผลประโยชน์ด้านสิ่งแวดล้อม เศรษฐกิจ และสังคมของโรงไฟฟ้าชีวมวลมาเป็นปัจจัยเสริมในการคำนวณอัตรารับซื้อไฟฟ้า
3. เพื่อสร้างแรงจูงใจในการผลิตไฟฟ้าพลังงานชีวมวล โดยการสนับสนุน อัตรารับซื้อไฟฟ้าพิเศษ (Feed-in Tariff) ของรัฐต่อพลังงานทดแทนในอัตราที่เหมาะสมที่สอดคล้องกับมูลค่าประโยชน์จากผลกระทบภายนอกที่แท้จริง

## ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

การศึกษานี้จะทำให้ทราบถึงลักษณะ โครงสร้างของอัตรารับซื้อไฟฟ้าและแรงจูงใจของต้นทุนภายนอกในการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานชีวมวลประเภทไม้โตเร็ว และเป็นข้อมูลเพื่อประกอบการพิจารณาตัดสินใจลงทุนของผู้ประกอบการในการใช้ข้อมูลเพื่อเปรียบเทียบต้นทุนและผลประโยชน์จากการใช้เชื้อเพลิงชีวมวลประเภทไม้โตเร็ว ในการผลิตพลังงานไฟฟ้า

## ขอบเขตการศึกษา

การศึกษานี้จะทำการศึกษาโดยกำหนดให้พื้นที่ในการศึกษา อยู่ในบริเวณมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี อำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมา เนื่องจากเป็นสถานที่ตั้งของโรงไฟฟ้าชีวมวลต้นแบบชุมชนที่มีขนาดกำลังการผลิต 100 กิโลวัตต์ ที่ใช้วัตถุดิบไม้โตเร็วเป็นเชื้อเพลิง

## การตรวจเอกสาร

การวิจัยในครั้งนี้ได้ทำการศึกษาค้นคว้าเอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ตลอดจนการศึกษาแนวคิดทฤษฎีต่างๆ เพื่อใช้เป็นแนวทางกำหนด กรอบการศึกษาของงานวิจัย ซึ่งสามารถสรุปเป็นประเด็นหลัก ๆ ได้ดังนี้

### แนวคิดพื้นฐานของการวิเคราะห์โครงการ

การวิเคราะห์โครงการ (Project Analysis) เป็นวิธีการแสดงการใช้ทรัพยากรไปอย่างมีประสิทธิภาพและประหยัด ภายใต้จุดมุ่งหมายหรือความต้องการของสังคมในรูปแบบที่สะดวก และเหมาะสม เพราะการวิเคราะห์โครงการจะมีการประเมินถึงผลตอบแทน (Benefit) และค่าใช้จ่าย (Cost) ต่าง ๆ ของแต่ละโครงการ แล้วปรับเป็นตัวร่วม (Common Denominator) ซึ่งถ้าหากผลตอบแทนมีมากกว่าค่าใช้จ่ายตามที่ได้ปรับแล้ว โครงการนั้นก็จะเป็นโครงการที่ให้ผลตอบแทนคุ้มค่า การวิเคราะห์โครงการจึงมีส่วนช่วยต่อการตัดสินใจ ที่จะใช้ทรัพยากรไปอย่างมีประสิทธิภาพตามหลักวิชาการ (ประสิทธิ์, 2542)

โดยจะได้กล่าวถึงการวิเคราะห์ทางการเงิน (Financial Analysis) และการวิเคราะห์ทางด้านเศรษฐศาสตร์ (Economic Analysis)

การวิเคราะห์ทางการเงิน (Financial Analysis) เป็นการวิเคราะห์ การลงทุนทางด้านเอกชนเป็นสำคัญ เพราะเป็นการวิเคราะห์ที่มุ่งหมายเพื่อหาผลตอบแทนทางการเงิน หรือความสามารถในการทำกำไรของโครงการ รวมถึงการวางแผนทางการเงินที่เหมาะสมกับโครงการ เพื่อก่อให้เกิดความมั่นใจว่า ถ้ามีการดำเนินงานตามโครงการนี้แล้ว จะไม่มีปัญหาทางการเงินใด ๆ ในทุกขั้นตอนตลอดอายุของโครงการ และการวิเคราะห์ทางการเงินเป็นสิ่งจำเป็น สำหรับโครงการของรัฐบาลเพราะบางโครงการของรัฐบาลอาจต้องมีการกู้เงินจากสถาบันการเงินจากต่างประเทศ และบ่อยครั้งที่สถาบันการเงินต่างประเทศ ก็กำหนดเป็นเงื่อนไขให้ต้องมีการวิเคราะห์ ทางด้านนี้ด้วย นอกจากนั้นยังอาจมีความจำเป็นที่จะต้องพิจารณาด้วยว่า โครงการที่จะทำนั้นจะมีผลตอบแทนมากพอที่จะจูงใจให้ผู้ที่เกี่ยวข้อง เช่น เกษตรกร หรือผู้มีส่วนได้เสียกับโครงการเต็มใจจะเข้าร่วมด้วยหรือไม่

การวิเคราะห์ทางด้านเศรษฐศาสตร์ (Economic Analysis) เป็นวิธีการกำหนดผลตอบแทนรวม หรือผลิตภาพ หรือความสามารถในการทำกำไรต่อสังคมโดยส่วนรวม หรือระบบเศรษฐกิจที่ทรัพยากรทั้งหมดได้ทุ่มเทให้กับโครงการ โดยไม่คำนึงว่าใครในสังคมจะเป็นผู้รับผลประโยชน์เหล่านั้น หรือกล่าวได้ว่า การวิเคราะห์ด้านเศรษฐศาสตร์มีทรศนะเพื่อสังคมเป็นส่วนรวม (The Society as a Whole)

แนวคิดเบื้องต้นในการวิเคราะห์ทางการเงินของโครงการใด ๆ เป็นการเปรียบเทียบการลงทุนหรือต้นทุน (Costs) กับรายได้ (Income) หรือผลตอบแทน (Benefits) เพื่อที่จะพิจารณาความเหมาะสมของโครงการที่ให้ผลตอบแทนจากการลงทุนนั้น ๆ ซึ่งมีขั้นตอนในการวิเคราะห์ที่สำคัญดังนี้

1. ขั้นการจัดเตรียมงบประมาณกระแสเงินเข้า (Inflows) ซึ่งเป็นรายการที่เกี่ยวกับรายได้หรือผลตอบแทนที่ได้จากการลงทุน กระแสเงินออก (Outflows) ซึ่งเป็นรายการที่เกี่ยวกับค่าใช้จ่ายหรือเงินทุนที่ใช้ในการลงทุน
2. ขั้นการคำนวณผลตอบแทนสุทธิของการลงทุน โดยนำกระแสเงินออกหรือกระแสค่าใช้จ่ายที่คิดจากโครงการลงทุน ลบกระแสเงินเข้าหรือกระแสรายได้จากโครงการลงทุน
3. ขั้นการคำนวณมูลค่าปัจจุบันสุทธิ อัตราส่วนผลตอบแทนต่อต้นทุน และอัตราผลตอบแทนทางการเงินภายในจากโครงการลงทุน

การวิเคราะห์ทางการเงินของโรงไฟฟ้าพลังงานชีวมวลที่ใช้ไม้ไผ่เร็วเป็นเชื้อเพลิง จะเป็นการพิจารณาถึงผลประโยชน์สุทธิทางการเงินที่มีต่อเจ้าของกิจการหรือเอกชน โดยอาศัยการพิจารณาต้นทุนและผลประโยชน์ (Cost-Benefit) ของโครงการ โดยใช้ราคาตลาด (Market price) ในการตีค่า ซึ่งจะพิจารณาว่าโครงการดังกล่าว จะให้ผลตอบแทนคุ้มค่านำลงทุนเป็นอย่างไร ต้นทุนและประโยชน์ทางการเงินต้นทุนทางการเงินของโครงการโรงไฟฟ้าพลังงานชีวมวลที่ใช้ไม้ไผ่เร็วเป็นเชื้อเพลิง ที่สำคัญที่จะต้องนำมาพิจารณาในการวิเคราะห์กระแสเงินเข้าและกระแสเงินออกประกอบด้วยต้นทุนประเภทต่างๆ ดังนี้

1. ค่าใช้จ่ายในการลงทุน (Investment Costs) หมายถึง มูลค่าของทรัพยากรที่ใช้ไปเพื่อเป็นพื้นฐานหรือสร้างสิ่งอำนวยความสะดวกในการผลิต ค่าใช้จ่ายในการลงทุน หรือเรียกอีกอย่างหนึ่งว่า เงินลงทุนในโครงการ เป็นเงินลงทุนในทรัพย์สินถาวรที่มีอายุใช้งานมากกว่า 1 ปีและโครงการจำเป็นต้องใช้ในการดำเนินงาน เช่น ค่าลงทุนเครื่องจักร อุปกรณ์ และการติดตั้งโรงจักรผลิตไฟฟ้าและระบบต่างๆของโรงไฟฟ้ารวมทั้งระบบสายส่งไฟฟ้าจากโรงไฟฟ้าไปเชื่อมต่อกับระบบส่งไฟฟ้าของการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย และเครื่องอบแห้งและเครื่องสับชิ้นไม้

2. ค่าใช้จ่ายในการดำเนินงาน และบำรุงรักษา (Operating & Maintenance Cost) หมายถึง มูลค่าของทรัพยากรที่ใช้ไปเพื่อการดำเนินงานของโครงการ หรือจำนวนเงินที่โครงการจ่ายออกไปเพื่อการดำเนินงานตามปกติของโครงการนั่นเอง ประกอบด้วยค่าใช้จ่ายต่างๆ ดังนี้

2.1 ค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษา ซ่อมแซม อุปกรณ์ เครื่องจักรผลิตไฟฟ้า โดยจะเริ่มจ่ายตั้งแต่ปีที่เริ่มทำการผลิตพลังงานไฟฟ้าเพื่อจ่ายเข้าสู่ระบบสายส่งไฟฟ้าของการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย จนถึงสิ้นสุดอายุโครงการ

2.2 ค่าใช้จ่ายในการบริหารและควบคุมงาน ซึ่งเป็นค่าใช้จ่ายด้านค่าจ้างแรงงาน ในการดูแลควบคุมระบบผลิตไฟฟ้า โดยมีระดับค่าจ้างแรงงานแตกต่างกันไปตามหน้าที่ความรับผิดชอบ โดยคิดจากจำนวนตำแหน่งบุคลากรคูณด้วยอัตราค่าจ้างประจำตำแหน่ง จะเริ่มจ่ายตั้งแต่ปีที่เริ่มทำการผลิตพลังงานไฟฟ้าเพื่อจ่ายเข้าสู่ระบบสายส่งไฟฟ้าของการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย จนถึงสิ้นสุดอายุโครงการ

2.3 ค่าใช้จ่ายด้านการวิเคราะห์คุณภาพ

2.4 ค่าใช้จ่ายด้านสาธารณูปโภค เช่น ค่าน้ำ ค่าไฟฟ้า ภายในโรงไฟฟ้าชีวมวล

2.5 ต้นทุนค่าเชื้อเพลิง เป็นค่าใช้จ่ายสำหรับจัดซื้อเชื้อเพลิงวัตถุดิบสำหรับการผลิตพลังงานไฟฟ้า

3. ผลตอบแทนโครงการที่มีตัวตน (Tangible Benefits) หมายถึง ผลตอบแทนที่สามารถคิดเป็นมูลค่าหรือตัวเงินได้ เช่น ผลตอบแทนจากการขายไฟฟ้าให้การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย และผลพลอยได้จากการขายถ่าน

### การวิเคราะห์โครงการทางการเงินของโครงการโรงไฟฟ้าชีวมวลขนาดเล็กสำหรับชุมชน (Financial analysis)

การวิเคราะห์แบ่งเป็น 3 ส่วน คือ การวิเคราะห์รายได้ของการจำหน่ายไฟฟ้า การวิเคราะห์งบกระแสเงินสด และการวิเคราะห์การลงทุน

1. การวิเคราะห์รายได้ของการจำหน่ายไฟฟ้า (Income Analysis) เป็นการตรวจสอบผลการดำเนินงานของ โรงไฟฟ้าในปีใดปีหนึ่ง เพื่อให้ผู้ประกอบการโรงไฟฟ้า รู้ว่า การใช้ทุน แรงงาน ได้ผลตอบแทนคุ้มหรือไม่ กำไรหรือขาดทุน

2. การวิเคราะห์งบกระแสเงินสด (Cash Flow Analysis) เป็นการตรวจสอบสภาพคล่องของการเกษตร รายจ่ายเงินสด รายได้เงินสด และเงินสดที่เหลือในแต่ละปี

3. การวิเคราะห์การลงทุน (Investment Analysis) โดยต้องมีการกำหนดสมมติฐานการคำนวณต้นทุนและรายได้ ได้แก่ อายุโครงการมีอายุกี่ปี ขึ้นกับอายุของเครื่องจักรและอุปกรณ์ที่สามารถผลิตไฟฟ้าในระดับที่เหมาะสม จากนั้นกำหนดเงินลงทุน ต้นทุน และรายได้ในแต่ละปี และหาอัตราผลตอบแทน NPV, FIRR, B/C ratio และ PB (ชูชีพ, 2544)

#### เกณฑ์การตัดสินใจ

1. มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (Net Present Value: NPV) คือ ผลต่างระหว่างมูลค่าปัจจุบันของรายได้ที่คาดว่าจะได้รับในแต่ละปี ตลอดอายุของโครงการกับ มูลค่าปัจจุบันของรายจ่ายที่จ่ายออกไปซึ่งมีสูตรคำนวณดังนี้

$$NPV = \sum_{t=0}^n \frac{B_t - C_t}{(1+r)^t}$$

กำหนดให้

NPV = มูลค่าปัจจุบันสุทธิ

$B_t$  = มูลค่ารายได้จากการขายไฟในปีที่  $t$

$C_t$  = ต้นทุนในการผลิตไฟฟ้าในปีที่  $t$

$t$  = อายุโครงการตั้งแต่ปีที่ 0,1,2,3,...,10

$n$  = อายุโครงการปีที่ 10

$r$  = อัตราคิดลดซึ่งกำหนดให้เท่ากับอัตราดอกเบี้ยเงินกู้ของธนาคารแห่งประเทศไทย

$(1+r)^t$  = ตัวส่วนรวม (Discount Factor) ที่เกิดขึ้นปีที่  $t$

หลักเกณฑ์การตัดสินใจคือ ควรลงทุนเมื่อมูลค่าปัจจุบันสุทธิมีค่าเป็นบวก และไม่ควรถือว่ามูลค่าปัจจุบันสุทธิมีค่าเป็นลบ

2. อัตราส่วนผลประโยชน์ต่อต้นทุน (Benefit – Cost Ratio: B/C Ratio) เป็นอัตราส่วนระหว่างมูลค่าปัจจุบันของรายได้ตลอดอายุโครงการกับมูลค่าปัจจุบันของต้นทุนตลอดอายุโครงการ ซึ่งมีสูตรคำนวณดังนี้

$$BCR = \frac{\sum_{t=0}^n B_t (1+r)^{-t}}{\sum_{t=0}^n C_t (1+r)^{-t}}$$

กำหนดให้

BCR = อัตราส่วนผลประโยชน์ต่อต้นทุน

$B_t$  = มูลค่ารายได้จากการขายไฟฟ้าในปีที่  $t$

$C_t$  = ต้นทุนในการผลิตไฟฟ้าในปีที่  $t$

$t$  = อายุโครงการตั้งแต่ปีที่ 0,1,2,3,...,10

$n$  = อายุโครงการปีที่ 10

$r$  = อัตราคิดลดซึ่งกำหนดให้เท่ากับอัตราดอกเบี้ยเงินกู้ของธนาคารแห่งประเทศไทย

$(1+r)^t$  = ตัวส่วนรวม (Discount Factor) ที่เกิดขึ้นปีที่  $t$

หลักเกณฑ์การตัดสินใจ คือ ควรลงทุนเมื่อ B/C Ratio มีค่ามากกว่าหรือเท่ากับหนึ่ง และไม่ควรถือว่า B/C Ratio มีค่าน้อยกว่า 1

3. อัตราผลตอบแทนภายในของโครงการ (Financial Internal Rate of Return: FIRR) เป็นอัตราดอกเบี้ยที่ใช้คิดหักส่วนลดแล้ว ทำให้มูลค่าปัจจุบันของผลตอบแทนสุทธิของโครงการมีค่าเท่ากับศูนย์ สูตรในการคำนวณมีดังนี้

$$FIRR = r_L + (r_U - r_L) [NPV_L / NPV_L - NPV_U]$$

กำหนดให้

FIRR = ผลตอบแทนภายในทางการเงินของโครงการ

$NPV_L$  = มูลค่าปัจจุบันสุทธิที่คำนวณได้จากอัตราส่วนลดตัวต่ำ

$NPV_U$  = มูลค่าปัจจุบันสุทธิที่คำนวณได้จากอัตราส่วนลดตัวสูง

$r_L$  = อัตราส่วนลดตัวต่ำ

$r_U$  = อัตราส่วนลดตัวสูง

เกณฑ์ที่ใช้ในการตัดสินใจ คือ เปรียบเทียบค่า FIRR ที่คำนวณได้กับค่าของอัตราส่วนลดที่เป็นเกณฑ์ ซึ่งได้กำหนดไว้ก่อนแล้ว ถ้าค่า FIRR ที่คำนวณได้สูงกว่าที่กำหนดก็ยอมรับโครงการนั้น ถ้าต่ำกว่าก็ปฏิเสธโครงการ โดยทั่วไปถ้า FIRR มากกว่าอัตราดอกเบี้ยทั่วไปธุรกิจจะเหมาะสมในการลงทุน

FIRR > ค่าเสียโอกาสของเงินลงทุนแสดงว่าการลงทุนในกิจการให้ผลคุ้มค่า

FIRR = ค่าเสียโอกาสของเงินลงทุนแสดงว่าการลงทุนในกิจการพอเป็นไปได้

FIRR < ค่าเสียโอกาสของเงินลงทุนแสดงว่าการลงทุนในกิจการให้ผลไม่คุ้มค่า

4. ระยะเวลาคืนทุน (Payback Period) ระยะเวลาคืนทุนได้แก่ ระยะเวลาที่ผลตอบแทนสุทธิจากการดำเนินงานมีค่าเท่ากับค่าลงทุนของโครงการ หลักเกณฑ์นี้พิจารณาจำนวนปีที่จะได้รับผลตอบแทนคุ้มกับเงินลงทุนและใช้กันมากในวงธุรกิจ โดยเฉพาะในกรณีที่การลงทุนมีความเสี่ยงสูง

ระยะคืนทุน = ค่าใช้จ่ายในการลงทุน/ผลตอบแทนสุทธิเฉลี่ยต่อปี

#### การวิเคราะห์อัตราคิดลด

เนื่องจากมูลค่าของเงินตราเปลี่ยนแปลงไปตามเวลา ในการที่จะรวมต้นทุนผลตอบแทนที่เกิดขึ้นปีต่าง ๆ ในอนาคตเข้าด้วยกัน และสามารถนำมาเปรียบเทียบกันได้นั้น ต้องมีการปรับลดต้นทุนและผลประโยชน์ในอนาคตให้ตั้งอยู่บนฐานเวลาเดียวกันในปัจจุบัน คือเป็นมูลค่าในปัจจุบัน โดยปัจจัยที่นำมาทำส่วนลดเรียกว่า อัตราส่วนลด

การเลือกอัตราคิดลด (Choosing the Discount Rate) เพื่อใช้ในการคำนวณหามูลค่าปัจจุบัน (Present Worth) สามารถแยกออกได้เป็น 3 อัตรา ได้แก่

1. อัตราตัดขาด (Cut-off Rate) ใช้สำหรับคำนวณหามูลค่าปัจจุบันสุทธิ อัตราส่วนผลประโยชน์ต่อต้นทุน หรืออัตราที่ต่ำกว่านี้จะไม่เป็นที่ยอมรับสำหรับอัตราผลตอบแทนภายใน ลดลง สำหรับการวิเคราะห์ทางการเงิน Cut-off Rate โดยปกติคือต้นทุนหน่วยสุดท้ายของเงินตรา (Marginal Cost of Money) ที่มีต่อกิจการ หรืออัตราที่วิสาหกิจจะสามารถกู้ยืมเงินได้ ส่วนการวิเคราะห์ทางด้านเศรษฐกิจ Cut-off Rate ที่ใช้คือ ค่าเสียโอกาสของทุน (Opportunity Cost of Capital) ซึ่งเป็นอัตราที่สะท้อนถึงการเลือกของสังคม โดยส่วนรวมระหว่างผลตอบแทนในปัจจุบัน และอนาคต ไม่มีใครเลยที่จะทราบว่าค่าเสียโอกาสของทุนที่แท้จริงเป็นเท่าใด ค่าเสียโอกาสของทุนในประเทศกำลังพัฒนาส่วนใหญ่จะมีค่าในรูปที่แท้จริง (In Real Terms) อยู่ระหว่างร้อยละ 8 ถึง 15 ต่อปี ดังนั้น อัตราที่เลือกใช้กัน โดยทั่วไปตาม The Rule of Thumb คือร้อยละ 12 ต่อปี

2. อัตรากู้ยืม (Borrowing Rate) อัตราคิดลดที่เลือกใช้สำหรับการวิเคราะห์ทางด้านเศรษฐกิจแบบที่สองคือ อัตรากู้ยืม (Borrowing Rate) ที่ประเทศต้องจ่าย เพื่อที่จะใช้กับโครงการเมื่อประเทศคาดว่าจะต้องมีการกู้ยืมเงินจากต่างประเทศมาเพื่อการลงทุน โครงการ

3. อัตราความชอบตามเวลาทางสังคม (Social Time Preference Rate) โดยทั่วไปอัตราคิดลดที่ใช้กับผลตอบแทนอนาคตต่อสังคมโดยส่วนรวมจะมีค่าต่ำกว่าอัตราคิดลดต่อบุคคล เพราะสังคมมีช่วงเวลา (Time Horizon) ที่ยาวนานกว่าของบุคคลนั่นเอง ซึ่งหมายความว่าอัตราคิดลดที่ใช้กับโครงการสาธารณะ (Public Projects) จะต่ำกว่าที่ใช้กับโครงการเอกชน (Private Projects) อัตราความชอบตามเวลาทางสังคมนี้จะแตกต่างไปจากค่าเสียโอกาสของทุนตรงที่ว่าค่าเสียโอกาสของทุนมาจากกิจกรรมการลงทุนทั้งภาครัฐและเอกชน และยังให้น้ำหนักที่เหมือนกันต่อผลตอบแทนอนาคตจากกิจกรรมทั้ง 2 ชนิด (ชูชีพ, 2544)

ในการศึกษาครั้งนี้เลือกใช้อัตราคิดลด 5% และอัตราดอกเบี้ย 10% ซึ่งเป็นอัตราดอกเบี้ยพันธบัตรรัฐบาลในระยะสั้นและระยะยาว เนื่องจากการลงทุนโรงไฟฟ้าชีวมวลขนาดเล็กสำหรับชุมชนเป็นโครงการที่เอกชนเป็นผู้ลงทุนดังนั้นการคิดอัตราส่วนลดจึงยึดตาม ดอกเบี้ยพันธบัตรรัฐบาล และเป็นค่าอัตราคิดลดที่อยู่ในช่วงอัตราคิดลด 8-15% ของประเทศกำลังพัฒนา

## แนวคิดพื้นฐานเกี่ยวกับต้นทุนภายนอก (External cost)

ผลกระทบภายนอก (Externality) หมายถึง ผลที่เกิดจากการกระทำของหน่วยผลิตหรือผู้บริโภคใด ๆ ที่ส่งผลกระทบโดยตรงต่อมูลค่าทางเศรษฐกิจของการผลิต การบริโภคหรือการแลกเปลี่ยนของหน่วยผลิตหนึ่งหรือบุคคลหนึ่ง ซึ่งผลกระทบดังกล่าวอาจทำให้เกิดผลดีหรือผลเสียต่อการบริโภคหรือการผลิตต่อหน่วยเศรษฐกิจอื่นได้ โดยผลกระทบดังกล่าวอาจไม่ผ่านกลไกตลาด และไม่มีกฎหมายรองรับให้มีการชดเชยค่าเสียหายหรือตอบแทนผลประโยชน์ที่เกิดขึ้นในบางกรณี และสามารถแยกผลภายนอกออกได้เป็น 2 ประเภทด้วยกัน

1. ผลภายนอกเชิงลบ (Negative Externalities) คือผลพลอยได้จากกิจกรรมหนึ่ง ๆ ที่มีผลกระทบด้านลบต่อคนรอบข้าง ตัวอย่างเช่นมลภาวะจากกระบวนการผลิต คิวพิษจากท่อไอเสีย เป็นต้น

2. ผลภายนอกเชิงบวก (Positive Externalities) คือผลพลอยได้ที่ได้รับจากกิจกรรมหนึ่ง ๆ ที่เป็นผลกระทบในด้านบวกต่อคนรอบข้าง เช่นกระบวนการพัฒนาและปรับปรุงผลิตภัณฑ์ ซึ่งทำให้เทคโนโลยีของทั้งอุตสาหกรรมเพิ่มขึ้น เป็นต้น

ผลกระทบภายนอกจากการใช้ทรัพยากรที่มีต่อสิ่งแวดล้อมนี้ อาจเป็นผลกระทบภายนอกเชิงลบ (Negative externalities) โดยมีผลทำให้คุณภาพสิ่งแวดล้อมแย่ลงกว่าระดับเดิม ผลกระทบดังกล่าวนี้ก่อให้เกิด ต้นทุนภายนอก (External costs) ปัญหาผลกระทบภายนอกเชิงลบนี้ มักจะไม่มีผู้รับผิดชอบโดยตรง จึงมักไม่ถูกนำมาพิจารณา ซึ่งทำให้ราคาของสินค้าและบริการไม่สะท้อนถึงมูลค่าที่แท้จริง นับเป็นสาเหตุหนึ่งทำให้ไม่มีประสิทธิภาพทางเศรษฐศาสตร์ โดยผลกระทบภายนอกที่มีต่อสิ่งแวดล้อมนั้นบางครั้งอาจถูก เรียกว่า มลพิษ (Pollution) เช่น การผลิตพลังงานไฟฟ้าของโรงไฟฟ้าที่ใช้ถ่านหินเป็นเชื้อเพลิง ก่อให้เกิดมลพิษทางอากาศ ทำให้เกิดผลเสียต่อสุขภาพอนามัยของประชาชน ทำให้ต้องหยุดงานและขาดรายได้เมื่อเกิดการเจ็บป่วย ต้องเสียค่าใช้จ่ายในการรักษาพยาบาล ผลกระทบภายนอก ที่เป็นผลกระทบภายนอกเชิงบวก (Positive externalities) ผลกระทบประเภทนี้ก่อให้เกิดผลประโยชน์ภายนอก (External benefits) เช่น การผลิตพลังงานไฟฟ้าจาก เชื้อเพลิงชีวมวล ไม่ก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม ดังนั้นต้นทุนการบำบัดมลพิษที่ลดลงจากการผลิตพลังงานไฟฟ้าจากเชื้อเพลิงชีวมวล คือผลประโยชน์ภายนอกที่เกิดขึ้น ทั้งนี้เมื่อกิจการต่างๆ มีการดำเนินการแล้วส่งผลกระทบต่อทั้งทางบวก (External Benefit) และ

ทางลบ (External Cost) รัฐควรมีเครื่องมือในการดำเนินการเพื่อสนับสนุนช่วยเหลือ สำหรับกิจกรรมหรือกิจการที่ส่งผลกระทบต่อสังคม แต่ในทางตรงกันข้าม รัฐก็ควรมีมาตรการในการกีดกันและลงโทษ สำหรับผู้ผลิต ที่มีการดำเนินการผลิตหรือการกระทำที่ก่อให้เกิดผลลบต่อสิ่งแวดล้อม หรือส่งผลกระทบต่อสังคมนั่นเอง แต่ก่อนอื่นขอกล่าวถึง ความไม่มีประสิทธิภาพที่เกิดจากผลกระทบภายนอกที่เป็นลบ และความไม่มีประสิทธิภาพที่เกิดจากผลกระทบภายนอกที่เป็นบวก โดยที่ Externalities สามารถแบ่งออกเป็นลักษณะต่างๆ ได้ 5 ประเภท คือ

1. External diseconomies of production เป็นลักษณะของการไม่ประหยัดภายนอกของการผลิต คือ ในการผลิตสินค้าใดสินค้าหนึ่งแล้วก่อให้เกิดการไม่ประหยัดภายนอกจากการขยายการผลิต ทำให้ต้นทุนเพิ่มขึ้น และไม่ได้แก้ไขหรือจัดการสร้างความเดือดร้อนให้แก่ผู้อื่น เช่น การขยายการผลิตของน้ำตาล ทำให้เกิดน้ำเสียเพิ่มขึ้นแล้วปล่อยลงสู่แม่น้ำลำคลองเลย โดยไม่ได้ทำการบำบัดให้เป็นน้ำที่มีคุณภาพดีก่อน

2. External diseconomies of consumption เป็นการไม่ประหยัดจากการบริโภคของผู้บริโภคคนหนึ่ง ซึ่งส่งผลทำให้ผู้อื่นเดือดร้อนเช่น ผู้ขับขีมอเตอร์ไซด์บางคนไปเปลี่ยนท่อไอเสียให้เป็นเสียงดังมากๆ หนวกหู ส่งเสียงรบกวนผู้อื่น

3. External economies of production เป็นผลประโยชน์ภายนอกที่เกิดจากการขยายการผลิต เช่น บริษัท ABC ฝึกอบรมคนงานเพื่อทำให้คนงานนั้นๆ ทำงานมีผลผลิตสูงขึ้น มีหลักการทำงานที่ดีขึ้น เมื่อคนงานนั้นๆออกไปทำงานบริษัทอื่น เช่น บริษัท DEF ทำให้บริษัท DEF ได้รับผลประโยชน์ด้วย

4. External economies of consumption เป็นผลประโยชน์ภายนอกจากการขยายการบริโภคของผู้บริโภคคนหนึ่ง เช่น นายเอ้อยากจะตกแต่งสวนภายในบริเวณบ้านให้สวยงาม ก็ไปจ้างนักจัดสวนมืออาชีพมาจัดสวนให้สวยงามมาก จะส่งผลทำให้เพื่อนบ้านข้างๆ ก็พลอยได้ผลกระทบในทางบวกด้วย เพราะช่วยทำให้ทัศนียภาพของบ้านแถวนั้นดูดีสวยงามขึ้น

5. Technical externalities เป็นผลกระทบภายนอกที่เกิดขึ้นจากการที่เมื่อบริษัทใดบริษัทหนึ่ง มีการค้นพบเทคนิคการผลิตที่ดีกว่า จะสามารถลดต้นทุนการผลิตของตัวเองได้ เมื่อมีการขยาย

การผลิต ซึ่งจะนำไปสู่การเป็นผู้ผูกขาด (Monopoly) ได้ เนื่องจากถ้าผู้ผลิตรายนี้ต้นทุนต่ำกว่าบริษัทอื่นมาก ก็จะสามารถลดราคาสินค้าลงมา อันอาจเป็นสาเหตุทำให้ผู้ผลิตรายอื่นๆ ต้องเลิกผลิตและออกจากตลาดไป

ผลกระทบภายนอกยังสามารถแบ่งออกได้เป็น ผลกระทบภายนอกที่เกี่ยวข้องกับเงิน (Pecuniary externalities) กับผลกระทบภายนอกที่ไม่เกี่ยวข้องกับเงิน (Non pecuniary externalities)

ผลกระทบภายนอกที่เกี่ยวข้องกับเงิน (Pecuniary externalities) จะมีผลกระทบต่อราคาสินค้าในตลาด และเป็นสาเหตุให้ต้นทุนเอกชน (Private costs) และต้นทุนสังคม (Social costs) ไม่เท่ากัน เช่น เมื่อความต้องการในการบริโภคเพิ่มขึ้นส่งผลให้หน่วยธุรกิจต้องการปัจจัยการผลิตเพิ่มขึ้น ทำให้ปัจจัยการผลิตมีราคาสูงขึ้น และกระทบทำให้ต้นทุนเอกชน (PC) สูงขึ้น

ต้นทุนเอกชน (Private cost) คือ ต้นทุนที่หน่วยผลิตเป็นผู้รับภาระโดยตรง ได้แก่ ค่าตอบแทนที่จ่ายให้ปัจจัยการผลิตต่างๆ ในรูปค่าจ้าง ค่าเช่า ดอกเบี้ย ค่าวัสดุดิบ และประโยชน์จากเอกชนคือรายรับที่หน่วยผลิตได้รับจากการขายผลผลิต

ต้นทุนทางสังคม (Social cost / External Cost) คือ ผลรวมต้นทุนเอกชนและผลกระทบภายนอกที่เป็นลบ มักสร้างปัญหาต่อส่วนรวมและกลไกตลาดที่เกี่ยวข้องกับการซื้อขายปัจจัยการผลิตและผลผลิตนั้นไม่สามารถแก้ปัญหานี้ได้ เพราะผู้ที่ได้รับความเสียหายจากผลกระทบภายนอกที่เป็นลบอยู่นอกวงการค้าซื้อขาย จึงต้องอาศัยกลไกทางกฎหมายมาแก้ปัญหา ทางเศรษฐศาสตร์ช่วยในแง่การวางหลักเกณฑ์และประเมินมูลค่าความเสียหายจากผลกระทบภายนอกเพื่อกำหนดค่าชดเชยที่เหมาะสม ประโยชน์สังคม คือผลรวมของประโยชน์เอกชนและผลกระทบภายนอกที่เป็นบวก

ดังนั้น จะเห็นได้ว่า ต้นทุนเอกชนที่เพิ่มสูงขึ้นนี้ ไม่ได้มีสาเหตุมาจากมลพิษ หรือที่เรียกว่าผลกระทบภายนอกเชิงลบ แต่เป็นผลกระทบภายนอกที่เกี่ยวข้องกับเงิน

ผลกระทบภายนอกที่ไม่เกี่ยวข้องกับเงิน (Non pecuniary externalities) คือ ผลกระทบภายนอกที่เป็นได้ทั้งเชิงบวกและเชิงลบ ที่ทำให้ต้นทุนของสังคมเปลี่ยนแปลงไป เช่น โรงงานผลิตกระดาษปล่อยของเสียลงแหล่งน้ำ ทำให้น้ำในแม่น้ำเน่าเสียและทำลายการประมง ทำให้ชาวประมงมีต้นทุน

ภายนอกเกิดขึ้น หรือถ้าทำการหยุดประมง ต้นทุนภายนอกจะเท่ากับรายได้ที่ชาวประมงต้องสูญเสียไป สังคมจะสูญเสียผลผลิตเนื่องมาจากคนหยุดงานและขาดรายได้

### แนวคิดการประเมินค่าผลกระทบเชิงเศรษฐศาสตร์

การประเมินค่าทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม มีผู้กล่าวถึงและให้ความหมายของการประเมินค่าทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม ไว้ดังนี้

Barbier (1997) ให้ความหมายว่า การประเมินค่าทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมในเชิงเศรษฐศาสตร์ คือ การคิดมูลค่าของการเปลี่ยนแปลงในความพอใจของมนุษย์ในสังคมที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงในทรัพยากรสิ่งแวดล้อมนั้น และการประเมินค่าผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม ก็คือ การหาค่าความพอใจของคนในสังคมที่เปลี่ยนไปเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงทางในทรัพยากรสิ่งแวดล้อม

ซึ่งในทางปฏิบัติ การประเมินคุณค่าของทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมไม่อาจกระทำได้อย่างสมบูรณ์ เนื่องจากปัจจัยหลายอย่าง เช่น ความเชื่อมโยงระหว่างการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพ ซึ่งภาพกับการใช้ประโยชน์ของมนุษย์ หรือการที่ตัวแปรบางตัวไม่อาจเชื่อมโยงต่อการเปลี่ยนแปลงด้านความพอใจของมนุษย์อย่างเด่นชัด ซึ่งข้อจำกัดด้านเทคนิคในการประเมินค่าทางเศรษฐศาสตร์ คือปัญหาตัวแปรด้านสิ่งแวดล้อมหลายตัว ไม่ผ่านขบวนการทางการตลาด ดังนั้นการประเมินค่าทางเศรษฐศาสตร์จึงเป็นการประเมินค่าทรัพยากรได้เพียงบางส่วน โดยเน้นส่วนที่เกี่ยวข้องกับการดำรงชีพของมนุษย์เป็นสำคัญ

แนวทางการการประเมินค่าทางเศรษฐศาสตร์ของทรัพยากรสิ่งแวดล้อม สามารถประเมินได้หลายวิธีขึ้นอยู่กับดุลยพินิจของผู้ประเมิน ซึ่งวิธีที่นิยมใช้มีดังนี้ โดย (สุรศักดิ์, 2548)

1. การรวมผลกระทบภายนอกโดยผ่านการออกแบบวางแผนโครงการ วิธีนี้จะเป็นการนำผลกระทบภายนอกมารวมเข้าไว้กับการออกแบบวางแผนโครงการ ทั้งนี้เพื่อนำผลกระทบมาเป็นส่วนหนึ่งของต้นทุนและผลตอบแทนทางตรงของโครงการ กล่าวคือ ถ้าโครงการก่อให้เกิดผลกระทบทางลบ ก็ต้องมี การออกแบบวางแผนใหม่เพื่อลดผลกระทบทางลบ การออกแบบวางแผนใหม่จึงช่วยป้องกันแก้ไขผลกระทบทางลบไปในตัว

2. การรวมผลกระทบภายนอกโดยผ่านการให้ค่าชดเชย บางโครงการอาจมีความยากลำบากในการหาเทคโนโลยีมาใช้ในการควบคุมมลภาวะ หรืออาจหาเทคโนโลยีมาใช้ได้ แต่เป็นเทคโนโลยีที่มีราคาแพงมาก ในกรณีเช่นนี้ทางเลือกที่เป็นไปได้ก็คือ ล้มเลิกโครงการหรือไม่ก็ต้องจ่ายค่าชดเชยให้กับผู้เสียหายจากการมีโครงการ อย่างไรก็ตามการจ่ายค่าชดเชยที่จ่ายก็จะเป็นส่วนหนึ่งของต้นทุนโครงการทำให้โครงการมีต้นทุนสูงขึ้น ค่าชดเชยดังกล่าว อาจกำหนดขึ้นมาได้หลายวิธีเช่น จากคำพิพากษาของศาล จากการสำรวจความเต็มใจที่จะรับการชดเชย (Willingness to Accept Compensation) จากราคาตลาด (Market Prices) และจากการคำนวณหาผลตอบแทนสุทธิที่สูญเสียไป (Net Benefit Forgone)

3. การรวมผลกระทบภายนอกโดยผ่านทางภาษีอากรและเงินอุดหนุน การเก็บภาษีจากผู้ที่เกี่ยวข้องทำให้เกิดความเสียหายแก่ผู้อื่น เพื่อนำเอาเงินส่วนนั้นจ่ายชดเชยแก่ผู้ที่ได้รับความเสียหาย ทั้งนี้การเก็บภาษีจะทำให้ผู้ก่อความเสียหายลดการกระทำลง ซึ่งจะส่งผลให้สวัสดิการของสังคมดีขึ้น เมื่อระดับการผลิตนำไปสู่จุดสมดุลของราคาและต้นทุนการผลิตที่แท้จริง เป็นการแก้ปัญหาของรัฐตามแนวของ Pigou และการรวมผลกระทบภายนอกตามวิธีนี้เป็นการจัดเก็บภาษีสินค้าที่มีการบริโภคแล้วก่อให้เกิดผลกระทบทางลบ เช่น การเก็บภาษีสรรพสามิต บุหรี่ และแอลกอฮอล์ในอัตราที่สูงเพื่อลดการบริโภคสินค้าที่มีผลกระทบทางลบ และในขณะเดียวกันรัฐบาลก็อาจให้เงินอุดหนุนหรือจัดให้มีสินค้าและบริการแบบให้เปล่า ถ้าการบริโภคสินค้าและบริการนั้นก่อให้เกิดผลกระทบภายนอกในทางบวก อย่างไรก็ตามการรวมผลกระทบภายนอกในโครงการอาจเป็นไปได้ยากเพราะปัญหาทางด้านเทคนิคและความประสงค์ทางสังคม ทั้งนี้ย่อมมีความจำเป็นต้องมีการตีค่าผลกระทบภายนอกโดยตรง เพื่อนำผลกระทบดังกล่าวไปรวมไว้ในกระแสเงินสดทางเศรษฐศาสตร์ของโครงการ ถึงแม้ว่าจะไม่ได้รวมไว้ในกระแสเงินสดทางการเงินก็ตาม

4. การตีค่าผลกระทบภายนอกทางตรงโดยใช้ราคาตลาด เป็นการตีราคาสินค้าและบริการที่มีการผลิตหรือที่ถูกผลกระทบอันเนื่องมาจากผลกระทบภายนอกโดยตรงด้วยราคาตลาด โดยสามารถจำแนกผลกระทบภายนอกดังกล่าวได้หลายรายการด้วยกัน ซึ่งสามารถวัดได้ด้วยราคาตลาดได้ดังนี้

4.1 การวัดการเปลี่ยนแปลงเกี่ยวกับประสิทธิภาพการผลิต โครงการอาจก่อให้เกิดผลกระทบภายนอก ซึ่งมีผลกระทบต่อประสิทธิภาพการผลิตของผู้ผลิตหรือผู้บริโภคอื่นๆ ผลกระทบดังกล่าวจึงสามารถตีค่าได้โดยอาศัยราคาตลาดของผลผลิตชนิดนั้นมาตีค่า

4.2 การเปลี่ยนแปลงเงินที่ทำได้ ผลกระทบภายนอกที่เกิดจากโครงการอาจมีผลกระทบต่อสุขภาพอนามัยของประชาชน ซึ่งจะนำไปสู่การสูญเสียเงินทองได้ เช่น ค่ารักษาพยาบาล เป็นต้น นอกจากนี้ก็อาจก่อให้เกิดการสูญเสียเงินได้ในระหว่างการเจ็บป่วยหรือเมื่อเสียชีวิต ในทำนองเดียวกันถ้าหากมีโครงการเพื่อแก้ไขปัญหาสิ่งแวดล้อมและ ลดผลกระทบที่มีต่อสุขภาพอนามัยประชาชน ค่าใช้จ่ายต่างๆ ดังกล่าวก็สามารถประหยัดหรือหลีกเลี่ยงได้ ค่าใช้จ่ายส่วนที่ประหยัดหรือหลีกเลี่ยงนี้ จะเป็นผลตอบแทนของโครงการป้องกันแก้ไขปัญหาสิ่งแวดล้อม

4.3 ค่าเสียโอกาส เป็นวิธีที่สามารถคำนวณผลตอบแทนหรือต้นทุนที่เกิดจากผลกระทบภายนอกด้านสิ่งแวดล้อม เช่น ถ้ามีโครงการแล้วโครงการนี้มีผลกระทบต่อสถานที่ตกปลา อันเป็นสถานที่พักผ่อนหย่อนใจของประชาชน รายได้สุทธิที่ต้องสูญเสียไปจากการที่สถานที่นี้ถูกทำลาย ก็สามารถนำมาใช้เป็นตัวทุนด้านสิ่งแวดล้อมของโครงการ ค่าเสียโอกาสในกรณีนี้ก็คือ รายได้สุทธิที่เจ้าของสถานที่ตกปลาต้องสูญเสียไป

4.4 ค่าใช้จ่ายป้องกันความเสียหาย (Preventive Cost) ค่าใช้จ่ายที่บุคคลหรือบริษัทห้างร้านจ่ายหรือยินดีจ่ายเพื่อลดความเสียหายหรือหลีกเลี่ยงความเสียหายจากผลกระทบภายนอก ก็สามารถนำมาใช้วัดต้นทุนของผลกระทบภายนอกในทางลบได้

4.5 ค่าใช้จ่ายตอบแทน จะเป็นค่าใช้จ่ายเพื่อทดแทนความเสียหายหรือความสูญเสียที่โครงการก่อให้เกิดขึ้นแก่สินค้าและบริการ หรือทรัพย์สินต่างๆ ค่าใช้จ่ายส่วนนี้จึงต้องถือว่าเป็นค่าใช้จ่ายด้านผลกระทบสิ่งแวดล้อมของโครงการ

5. การตีค่าผลกระทบภายนอกทางอ้อมโดยใช้ราคาตลาดตัวแทน นอกจากใช้ราคาที่ตั้งเกตได้โดยตรงมาตีค่าผลกระทบสิ่งแวดล้อม แล้ว ยังสามารถตีค่าผลกระทบภายนอกโดยใช้ราคาตัวแทน (Surrogate Prices) ซึ่งเป็นการวัดผลกระทบภายนอกที่มีต่อสวัสดิการทางอ้อม

5.1 วิธีการประเมินอ้างอิงราคาที่อยู่อาศัยหรือราคาที่ดิน (Hedonic Pricing) วิธีนี้จะมีประโยชน์ต่อการวัดการเปลี่ยนแปลงมลภาวะทางเสียงและอากาศโดยจะเกี่ยวข้องกับการเปรียบเทียบราคา เช่น ราคาที่ดินหรือทรัพย์สินในพื้นที่ที่อยู่ใกล้กับแหล่งมลภาวะ และที่ดินหรือทรัพย์สินในลักษณะคล้ายกันที่อยู่ในเขตรอบนอกไกลออกไปจากแหล่งมลภาวะ วิธีนี้ต้องใช้ข้อมูลจากการสำรวจเป็นจำนวนมากเพื่อจะได้ประมาณการมูลค่าได้อย่างสมเหตุสมผล วิธีนี้อาจไม่เหมาะ

ที่จะนำมาใช้กับโครงการในพื้นที่ชนบท ซึ่งตลาดที่ดินและที่อยู่อาศัยยังไม่พัฒนาเท่าที่ควร สำหรับประเทศที่พัฒนาแล้วจะใช้วิธีนี้ในการศึกษามลภาวะทางเสียงจากถนน สนามบิน ระดับมลภาวะ และราคาที่ดินเสื่อมสภาพเนื่องจากมลภาวะทางอากาศ

5.2 วิธีการประเมินต้นทุนการเดินทาง (Travel Cost) เป็นการประเมินทางอ้อมเพื่อตีค่าผลกระทบภายนอกของโครงการ โดยการวัดการเปลี่ยนแปลงเรื่องการเดินทางและต้นทุนการเดินทาง วิธีนี้สามารถใช้วัดผลกระทบ ภายนอกทางลบ จากการจราจรติดขัด หรือผลกระทบ ภายนอกทางลบ เช่น ค่าใช้จ่ายในการเดินทางมายัง สถานที่พักผ่อนหย่อนใจ สวนสาธารณะ และ สถานที่ท่องเที่ยวธรรมชาติ

5.3 วิธีการประเมินโดยการถามถึงทัศนคติความเต็มใจจ่ายหรือยอมรับ (Contingent Method) เป็นวิธีการประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อม โดยการออกแบบสอบถามเพื่อสำรวจทัศนคติของประชาชนหรือผู้ที่ได้รับผลกระทบ โดยอาศัยการสร้างแบบจำลองที่สามารถอธิบายพฤติกรรมของประชาชนต่อผลกระทบสิ่งแวดล้อม

6. การเจรจากันระหว่างฝ่ายที่เสียผลประโยชน์กับฝ่ายที่ได้รับผลประโยชน์ (Bargaining system) ตามแนวความคิดของ Coase Theorem การเจรจาดกกลงกันเองกรณีนี้ สามารถเกิดขึ้นได้ต่อเมื่อกรรมสิทธิ์ความเป็นเจ้าของหรือมีสิทธิ์เด็ดขาดในทรัพย์สิน หลักการความเป็นเจ้าของนี้จึงเป็นเครื่องกำหนดว่าใครเป็นฝ่ายได้และใครเป็นฝ่ายเสียสิทธิอันเป็นจุดเริ่มต้นที่ทำให้เกิดการต่อรองกัน แต่ในกรณีที่เป็นของสาธารณะซึ่งไม่สามารถระบุการครอบครองกรรมสิทธิ์เป็นเจ้าของในการเจรจาต่อรองต่างๆ ก็ไม่สามารถเกิดขึ้นได้ (สถาบันวิจัยพัฒนาประเทศไทย, 2550)

### ลักษณะกระบวนการผลิตไฟฟ้าของผู้ผลิตไฟฟ้าขนาดเล็กมาก (VSPP)

ระบบผลิตไฟฟ้า หมายถึง โรงไฟฟ้าหรือโรงจักรไฟฟ้าโดยกระบวนการที่เปลี่ยนรูปจากพลังงานกลซึ่งเป็นตัวขับเคลื่อนกำเนิดไฟฟ้า ให้กลายเป็นพลังงานไฟฟ้า ไฟฟ้าในประเทศไทยเป็นไฟฟ้ากระแสสลับ ความถี่ 50 รอบต่อวินาที (Hertz) มีทั้งระบบ 1 เฟส แรงดัน 220 โวลต์ ซึ่งใช้สำหรับไฟฟ้าตามบ้านเรือน และระบบ 3 เฟส แรงดัน 380 โวลต์ ใช้สำหรับโรงงานอุตสาหกรรม และแรงดันขนาด 11 22 33 69 115 230 และ 500 กิโลวัตต์ สำหรับการส่งจ่ายไฟฟ้าภายในประเทศ

เนื่องจากการส่งจ่ายไฟฟ้าจะต้องมีการสูญเสีย กำลังไฟฟ้าที่จะนำมาใช้หมุนเครื่องกำเนิดไฟฟ้าอีกด้วย ดังนั้นจึงมีการสร้างแหล่งผลิตไฟฟ้าในครอบคลุมทั่วประเทศ

การผลิตไฟฟ้าของประเทศไทยสามารถแบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ

1. การผลิตไฟฟ้าประเภทไม่ใช้เชื้อเพลิง เช่น โรงไฟฟ้าพลังน้ำ โรงไฟฟ้าจากพลังงานทดแทนอย่างเช่น พลังงานลม พลังงานแสงอาทิตย์ และพลังงานงานความร้อนใต้พิภพ
2. การผลิตไฟฟ้าประเภทใช้เชื้อเพลิง เช่น โรงไฟฟ้าถ่านหินลิกไนต์ โรงไฟฟ้าก๊าซธรรมชาติ โรงไฟฟ้าชีวมวล โรงไฟฟ้ากังหันแก๊ซ โรงไฟฟ้าพลังงานความร้อนร่วม และโรงไฟฟ้าดีเซล

การไฟฟ้าฝ่ายจำหน่ายจะรับซื้อไฟฟ้าจากผู้ผลิตไฟฟ้าขนาดเล็กมากที่ผลิตไฟฟ้าตามลักษณะกระบวนการผลิตดังต่อไปนี้

1. การผลิตไฟฟ้าจากพลังงานหมุนเวียน (Renewable Energy) เช่น พลังลม พลังแสงอาทิตย์ พลังน้ำขนาดเล็ก (Mini Hydroelectricity) พลังน้ำขนาดเล็กมาก (Micro Hydroelectricity) และก๊าซชีวภาพ เป็นต้น (ยกเว้นการใช้น้ำมัน ก๊าซธรรมชาติ ถ่านหิน และพลังนิวเคลียร์)

2. การผลิตไฟฟ้าจากเชื้อเพลิงดังต่อไปนี้

2.1 กากหรือเศษวัสดุเหลือใช้ในการเกษตร หรือกากจากการผลิตผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมหรือการเกษตร

2.2 ผลิตภัณฑ์ที่แปรรูปมาจากกากหรือเศษวัสดุเหลือใช้จากการเกษตร หรือจากการผลิตผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมหรือการเกษตร

2.3 ขยะมูลฝอย

2.4 ไม้จากการปลูกป่าเป็นเชื้อเพลิง

3. การผลิตไฟฟ้าจากไอน้ำ (Steam) การผลิตไฟฟ้าจากไอน้ำที่เหลือจากกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมหรือการเกษตร ที่ใช้เชื้อเพลิงในข้อ 1 หรือ 2 ผู้ผลิตไฟฟ้าขนาดเล็กมากที่ใช้เชื้อเพลิงดังกล่าวข้างต้นสามารถใช้เชื้อเพลิงในเชิงพาณิชย์ เช่น น้ำมัน ก๊าซธรรมชาติ และถ่านหิน เป็นเชื้อเพลิงเสริมได้ แต่ทั้งนี้พลังงานความร้อนที่ได้จากการใช้เชื้อเพลิงเสริมในแต่ละรอบปีไม่เกินร้อยละ 25 ของพลังงานความร้อนทั้งหมดที่ใช้ในการผลิตไฟฟ้าในรอบปีนั้นๆ

ในการที่ผู้ผลิตไฟฟ้าขนาดเล็กมาก จะทำการซื้อขายไฟฟ้า โดย จะจ่ายไฟฟ้าเข้าระบบได้ เมื่อทำการเชื่อม ต่อระบบกับการไฟฟ้าฝ่ายจำหน่าย โดย ผู้ผลิตไฟฟ้าขนาดเล็กมาก จะต้องรับภาระค่าใช้จ่ายดังต่อไปนี้

1. ค่าใช้จ่ายในการเชื่อมโยงระบบไฟฟ้า ได้แก่ ค่าระบบจำหน่ายไฟฟ้าจากจุดเชื่อมโยงระบบไฟฟ้าถึงโรงไฟฟ้าของผู้ผลิตไฟฟ้าขนาดเล็กมาก ค่ามาตรวัดไฟฟ้า ค่าใช้จ่ายเกี่ยวกับระบบป้องกันไฟฟ้า และค่าทดสอบอุปกรณ์ป้องกัน ยกเว้นกรณีที่อยู่การผลิตไฟฟ้ามีระบบป้องกันรวมอยู่แล้ว ทั้งนี้ จะไม่คิดค่าใช้จ่ายในการตรวจสอบแบบเพื่อการขานเครื่อง สำหรับผู้ผลิตไฟฟ้าพลังงานหมุนเวียนขนาดเล็กมากที่เชื่อมโยงกับระบบแรงดันต่ำ ผู้ผลิตไฟฟ้าขนาดเล็กมาก จะต้องชำระค่าใช้จ่ายดังกล่าวให้เสร็จสิ้นก่อนที่การไฟฟ้าฝ่ายจำหน่ายจะเริ่มดำเนินการเชื่อมโยงระบบไฟฟ้า

2. ค่าใช้จ่ายในการตรวจสอบอุปกรณ์ ได้แก่ ค่าใช้จ่ายในการตรวจสอบอุปกรณ์การจ่ายไฟฟ้าของผู้ผลิตไฟฟ้าขนาดเล็กมาก ที่เกี่ยวข้องกับระบบไฟฟ้าของการไฟฟ้า และค่าใช้จ่ายในการปฏิบัติการที่เหมาะสมที่เกิดเพิ่มขึ้นจากปกติของการไฟฟ้าฝ่ายจำหน่าย ทั้งนี้ เฉพาะในกรณีที่การไฟฟ้าฝ่ายจำหน่ายตรวจสอบแล้วพบว่าเป็นปัญหาที่เกิดจากผู้ผลิตไฟฟ้าขนาดเล็กมากเท่านั้น โดยค่าใช้จ่ายในการเชื่อมโยงระบบไฟฟ้า สำหรับผู้ผลิตไฟฟ้าขนาดเล็กมาก อาจสรุปเป็นตารางได้ดังตารางที่ 2

**ตารางที่ 2** ค่าใช้จ่ายในการเชื่อมโยงระบบไฟฟ้า สำหรับผู้ผลิตไฟฟ้าขนาดเล็กมากปริมาณไฟฟ้า  
เสนอขายตามสัญญาไม่เกิน 6 เมกะวัตต์

รายการ	ค่าใช้จ่าย (บาท)	
	กฟน.	กฟผ.
ค่าก่อสร้างปรับปรุงระบบจำหน่าย (ระยะเวลาดำเนินการ)	ขึ้นอยู่กับระยะทางและ ขนาดหม้อแปลง (กรณีแรงสูง)	ขึ้นอยู่กับระยะทางและ ขนาดหม้อแปลง (กรณีแรงสูง) (40-55 วัน)
ค่าตรวจสอบแบบเพื่อการขนานเครื่อง (กรณีแรงสูง) (ระยะเวลาดำเนินการ)	ไม่เกิน 15,000* (3-5 วัน)	ไม่เกิน 15,000* (3-5 วัน)
ค่าทดสอบอุปกรณ์ป้องกัน(กรณีแรงสูง) (ระยะเวลาดำเนินการ)	ไม่เกิน 15,000* (3-5 วัน)	ไม่เกิน 15,000* (3-5 วัน)
ค่าติดตั้งมิเตอร์เพิ่มเติม		
- แรงต่ำ	1,600-20,000	1,600-20,000
- แรงสูง	10,000-25,000	10,000-25,000

ที่มา: แผนวิเคราะห์แหล่งผลิตไฟฟ้าขนาดเล็ก (2549)

**แนวคิดพื้นฐานเกี่ยวกับพลังงานทดแทนชีวมวล**

“พลังงานทดแทน” หมายถึง พลังงานที่มีอยู่ทั่วไปตามธรรมชาติและสามารถมีทดแทนได้  
อย่างไม่จำกัด (เมื่อเทียบกับพลังงานหลักในปัจจุบัน เช่น น้ำมันหรือถ่านหินซึ่งมีเฉพาะที่ และ  
รวมถึงต้นทุนที่สูงขึ้นเรื่อยๆ ในการสำรวจและขุดเจาะแหล่งน้ำมันใหม่ๆ ) ตัวอย่าง พลังงาน  
ทดแทนที่สำคัญเช่นแสงอาทิตย์ ลม คลื่นทะเล กระแสน้ำ ความร้อนจากใต้ผิวโลก พลังงานจาก  
กระบวนการชีวภาพ เช่น บ่อก๊าซชีวภาพ

พลังงานชีวมวล (Biomass) คือสารอินทรีย์ที่เป็นแหล่งกักเก็บพลังงานจากธรรมชาติและ  
สามารถนำมาใช้ผลิตพลังงานได้ ซึ่งในแต่ละปีประเทศไทยมีศักยภาพที่จะนำชีวมวลมาใช้เป็น  
พลังงานอยู่มากไม่ว่าจะอยู่ในรูปเชื้อเพลิงหรือเป็นพลังงานไฟฟ้า โดยที่หากนำชีวมวลทั้งหมดมา

ผลิตไฟฟ้าแล้วเราสามารถผลิตได้รวม ประมาณ 3,000 เมกะวัตต์ ดังแสดงในตารางที่ 3 แหล่งเชื้อเพลิงชีวมวลส่วนใหญ่มาจากภาคอุตสาหกรรมกรรมกรเกษตร เศษวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร จากกิจกรรมการผลิตในอุตสาหกรรมกรรมกรเกษตร เช่น แกลบ ได้จากการสีข้าวเปลือก ชานอ้อย ได้จากการผลิตน้ำตาลทราย เศษไม้ได้จากการแปรรูปไม้ ยางพาราหรือไม้ยูคาลิปตัสเป็นส่วนใหญ่ และบางส่วนได้จากสวนป่าที่ปลูกไว้ กากปาล์มได้จากการสกัดน้ำมันปาล์มดิบออกจากผลปาล์มสด กากมันสำปะหลังได้จากการผลิตแป้งมันสำปะหลัง ชังข้าวโพดได้จากการสีข้าวโพดเพื่อนำเมล็ดออกกากและกะลามะพร้าวได้จากการนำมะพร้าวมาปอกเปลือก กอกอกเพื่อนำเนื้อมะพร้าวไปผลิตกะทิและน้ำมันมะพร้าว สำเหล้า ได้จากการผลิตแอลกอฮอล์ เป็นต้น

นอกจากนี้แหล่งเชื้อเพลิงชีวมวลอีกแหล่งคือ พื้นที่เพาะปลูก เช่น นาข้าวซึ่งมีฟางข้าวเป็นเศษเหลือทิ้ง ใบอ้อยที่เหลือทิ้งจากร้อยอ้อย หรือเหง้ำมันสำปะหลังจากไร่มันสำปะหลัง และชีวมวลอื่นๆที่เป็นกากเหลือทิ้งจากพื้นที่เพาะปลูกซึ่งพื้นที่เพาะปลูกนี้หากมีการนำเศษชีวมวลมาใช้เป็นพลังงานชีวมวลผลิตไฟฟ้าก็สามารถสร้างรายได้เพิ่มเติมให้กับเกษตรกรได้จากราคาการรับซื้อชีวมวล ดังตารางที่ 4

ตารางที่ 3 ประเภทและศักยภาพชีวมวลในประเทศไทย

ประเภทของชีวมวล	ศักยภาพในการผลิตไฟฟ้า (เมกะวัตต์)
แกลบ	700
ฟางข้าว	650
ชานอ้อย	900
ยอดและใบอ้อย	570
เส้นใย กะลา และทะลายปาล์มเปล่า	70
เศษไม้	40
เหง้ำมันสำปะหลัง	70
ชังข้าวโพด	70

ที่มา: มุฉนิธิพลงานเพื่อสิ่งแวดล้อม (2551)

#### ตารางที่ 4 ราคาชีวมวลปี 2551

ชนิดของชีวมวล	ราคา (บาท/ตัน)
แกลบ	700-800
ปึกไม้ยางพารา	600-700
กะลาปาล์ม	1,500-1,600
ทะลายปาล์มเปล่า	40-50
ฟางข้าว	40-150
ชานอ้อย	130-200
ซังข้าวโพด	350-500
ยูคา	800-900
กระถิน	600-700

**ที่มา:** มูลนิธิพลังงานเพื่อสิ่งแวดล้อม (2551)

ผลประโยชน์ที่ได้รับจากการมีโรงไฟฟ้าชีวมวลขนาดเล็กสำหรับชุมชน

- หากมีการส่งเสริมให้เกิดการปลูกไม้โตเร็วเพื่อใช้ผลิตกระแสไฟฟ้าในชุมชน จะทำให้เกิดการหมุนเวียนทางเศรษฐกิจ เช่น การจ้างงานตัดฟัน และขนส่งไม้โตเร็ว
- เป็นการเพิ่มมูลค่าให้กับเศษวัสดุเหลือใช้แก่เกษตรกร
- ต้นทุนการผลิตไฟฟ้าของโรงไฟฟ้าชีวมวลส่วนใหญ่ (80%) เป็นค่าเชื้อเพลิง ซึ่งจะทำให้มีการซื้อขายชีวมวล เป็นเงินหมุนเวียนสม่ำเสมอในชุมชน ทำให้ชุมชนมีความเข้มแข็งทางด้านเศรษฐกิจอย่างยั่งยืน
- เกิดตลาดธุรกิจพลังงานขึ้น ตลอดจนนำไปสู่การขายคาร์บอนเครดิต
- ลดการนำเข้าพลังงานจากต่างประเทศ และทำให้ประหยัดค่าใช้จ่ายในเรื่องพลังงานนำเข้า

นอกจากนี้ การใช้พลังงานชีวมวลถือเป็นการลดปัญหาการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ซึ่งเป็นก๊าซเรือนกระจกที่มีผลต่ออุณหภูมิของโลกที่กำลังเพิ่มสูงขึ้น เนื่องจากเมื่อมีการเพาะปลูกพืชหรือชีวมวลทดแทนในอัตราที่เท่ากัน พืชเหล่านั้นก็จะดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จาก

บรรยากาศเพื่อการเจริญเติบโตของตนเอง ผ่านทางกระบวนการสังเคราะห์แสง ดังนั้น การใช้เชื้อเพลิงชีวมวลถือว่าการใช้พลังงานที่ไม่ทำให้การปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ออกไซด์ของโลกเพิ่มขึ้น และคาร์บอนไดออกไซด์ที่ลดได้จากกระบวนการผลิตพลังงานไฟฟ้าชีวมวลสามารถนำโครงการเข้าสู่ โครงการ กลไกการพัฒนาที่สะอาด CDM (Clean Development Mechanisms) ซึ่งเป็นโครงการที่ตั้งขึ้นเพื่อแก้ปัญหาการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศของโลก และเพื่อลดปัญหาการปล่อยก๊าซเรือนกระจกโค ลดการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ศักยภาพของโครงการ CDM ที่ได้รับการจัดลำดับความสำคัญสูง คือ โครงการเพิ่มหรือปรับปรุงประสิทธิภาพพลังงานและโครงการด้านการสืบเปลี่ยนเชื้อเพลิงทั้งในภาคอุตสาหกรรม ภาคขนส่ง และภาคการไฟฟ้า โครงการพลังงานหมุนเวียนในภาคอุตสาหกรรมและภาคการผลิตไฟฟ้า โครงการด้านการกักเก็บชีวมวลและโครงการด้านการผลิตพลังงานจากการเผาขยะในภาคการจัดการของเสีย ประเภทโครงการที่กระทรวงพลังงานเกี่ยวข้อง สามารถสรุปได้ดังตารางที่ 5

ตารางที่ 5 ประเภทของกิจกรรมภายใต้กลไกการพัฒนาที่สะอาด

ประเภทของโครงการ	ตัวอย่าง
พลังงานทดแทน (Renewable Energy Projects)	พลังงานชีวมวล พลังงานชีวภาพ (เอทานอลและไบโอดีเซล) พลังน้ำ พลังแสงอาทิตย์ พลังงานลม พลังงานความร้อนใต้พิภพ
โรงไฟฟ้า (Power Projects)	การเปลี่ยนเชื้อเพลิงจากถ่านหินเป็นก๊าซธรรมชาติ การนำก๊าซมีเทนจากขยะมาผลิตไฟฟ้า
ประสิทธิภาพการใช้พลังงาน (Energy Efficiency Projects)	ปรับปรุงประสิทธิภาพกระบวนการเพื่อลดการใช้พลังงาน
ภาคการขนส่ง (Transport Projects)	การใช้เครื่องยนต์ที่สะอาด เช่น Fuel cell การใช้ระบบขนส่งมวลชนเพื่อทดแทนการใช้รถยนต์ส่วนบุคคล
อื่นๆ (Others)	Geological sequestration, landfill methane recovery

ที่มา: UNEP and Baker & McKenzie (2004)

## เทคโนโลยีการผลิตไฟฟ้าพลังงานชีวมวล

เทคโนโลยีแบบดั้งเดิมที่ใช้ในการผลิตไฟฟ้าและผลิตไฟฟ้าพร้อมกับความร้อนจากชีวมวลคือกังหันไอน้ำ แต่มีปัญหาอยู่ที่กังหันไอน้ำยังมีประสิทธิภาพต่ำ ไม่เหมาะสมกับระบบการผลิตพลังงานขนาดใหญ่ ปัจจุบันจึงได้พัฒนาออกแบบให้ทำงานที่ความดันไอน้ำสูงมากและมีลักษณะการทำงานที่ซับซ้อนยิ่งขึ้น กระบวนการเพื่อการเปลี่ยนชีวมวลให้เป็นพลังงานโดยทั่วไปอาศัยกระบวนการทางเคมีความร้อนซึ่งแบ่งเป็น 3 ประเภทคือการเผาไหม้โดยตรง การผลิตก๊าซและการผลิตพลังงานร่วม (กระทรวงพลังงาน, 2550)

1. การเผาไหม้โดยตรง (Direct Combustion) เป็นวิธีที่ใช้กันมากที่สุดใช้กับเชื้อเพลิงชีวมวลที่เป็นเชื้อเพลิงแข็งมีขั้นตอนคือเผาเชื้อเพลิงชีวมวลโดยตรงในเตาเผาความร้อนที่ได้จะถูกนำไปใช้ผลิตไอน้ำที่มีอุณหภูมิและความดันสูงไอน้ำที่ผลิตได้นี้จะถูกนำไปใช้ขับเคลื่อนกังหันไอน้ำเพื่อผลิตไฟฟ้าไอน้ำที่ออกจากกังหันไอน้ำจะเข้าสู่คอนเดนเซอร์(เครื่องควบแน่น) เพื่อให้เย็นลงและกลั่นตัวกลายเป็นน้ำเพื่อปั๊มกลับขึ้นไปป้อนหม้อไอน้ำโดยถูกอุ่นด้วยไอน้ำที่มาจากกังหันที่ความดันช่วงกลางก่อนป้อนกลับเข้าสู่หม้อไอน้ำอีกครั้ง

2. การผลิตก๊าซ (Gasification) กระบวนการผลิตก๊าซจากการเผาไหม้ (Producer Gas) เป็นการเปลี่ยนเชื้อเพลิงชีวมวลซึ่งเป็นเชื้อเพลิงแข็งให้เป็นก๊าซโดยการเผาไหม้เชื้อเพลิงแข็งนั้นในที่ที่มีอากาศจำกัด เป็นการเผาไหม้ที่ไม่สมบูรณ์แต่จะเกิดความร้อนขึ้น ความร้อนที่เกิดขึ้นนี้จะเร่งปฏิกิริยาแบบต่อเนื่องให้กลายเป็น Producer Gas ซึ่งมีองค์ประกอบหลักคือก๊าซไฮโดรเจน ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์และก๊าซมีเทน ซึ่งสามารถนำไปใช้เป็ นเชื้อเพลิงได้ทั้งสำหรับกังหันก๊าซ (Gas Turbine) และเครื่องยนต์สำหรับผลิตกระแสไฟฟ้า (Gas Engine)

3. การผลิตพลังงานร่วม (Cogeneration) คือการใช้พลังงานจากแหล่งพลังงานหรือเชื้อเพลิงเพียงแหล่งเดียวผลิตพลังงานที่ต่างกัน 2 ชนิด พลังงานที่มักถูกผลิตร่วมกันโดยมากจะอยู่ในรูปการผลิตไฟฟ้าหรือพลังงานกลกับความร้อน โดยความร้อนที่ได้จากการผลิตพลังงานร่วมนี้อาจอยู่ในรูปของไอน้ำ ของเหลวร้อน หรือก๊าซร้อน สามารถแบ่งตามลำดับก่อนหลังของการผลิตไฟฟ้าและความร้อนออกได้เป็น 2 แบบคือการผลิตไฟฟ้านำหน้า (Topping Cycle) และการผลิตไฟฟ้าตามหลัง (Bottoming Cycle)

**ตารางที่ 6** การเปรียบเทียบมลพิษทางอากาศที่ปลดปล่อยสู่บรรยากาศโดยโรงไฟฟ้าประเภทต่างๆ

ปริมาณการปลดปล่อยมลพิษชนิดต่างๆจากโรงไฟฟ้า (ต้นต่อจิกะวัตต์ชั่วโมง)							
Energy source	CO <sub>2</sub>	NO <sub>2</sub>	SO <sub>2</sub>	TSP	CO	HC	Nuclear Waste
Conventional coal	1,058.2	2,986	2.971	1.626	0.267	0.102	NA
Fluidized bed coal	1,057.1	1,551	2.968	1.624	0.267	0.102	NA
Natural gas IGCC	824.00	0.251	0.336	1.176	NA	NA	NA
Nuclear	8.6	0.034	0.029	0.003	0.018	0.001	NA
Photovoltaic	5.9	0.008	0.023	0.017	0.003	0.002	3.641
Biomass	0	0.614	0.154	0.512	11.361	0.768	NA
Geothermal	56.8	TR	TR	TR	TR	TR	NA
Wind	7.4	TR	TR	TR	TR	TR	NA
Solar thermal	3.6	TR	TR	TR	TR	TR	NA
Hydropower	6.6	TR	TR	TR	TR	TR	NA

หมายเหตุ 1/ TR หมายถึง TRACE (มีจำนวนเล็กน้อยเท่านั้น)

2/ ค่า CO<sub>2</sub> ของ Biomass เท่ากับ 0 เนื่องจากการประมาณว่าปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ที่ ปล่อยจากการใช้เชื้อเพลิงชีวมวล มีปริมาณเท่ากับที่พืชใช้ในการปรุงอาหาร (คือคาร์บอนไดออกไซด์ในปริมาณที่เท่ากันนี้ก็ถูกดูดซับจากบรรยากาศในระหว่างวัฏภาคการเติบโตของชีวมวลนั่นเอง)

3/ TSP หมายถึงฝุ่นละอองรวม

ที่มา: ศูนย์อนุรักษ์พลังงานแห่งประเทศไทย (2542: 5-3)

จากตารางที่ 6 ปริมาณมลพิษทางอากาศที่ปลดปล่อยจากโรงไฟฟ้า ประเภทต่างๆ ซึ่งจะเห็นได้ว่ามลพิษที่ปลดปล่อยสู่บรรยากาศอันเนื่องมาจากการผลิตไฟฟ้าโดยใช้เชื้อเพลิงชีวมวลมีปริมาณค่อนข้างน้อย เมื่อเทียบกับการผลิตไฟฟ้าโดยใช้เชื้อเพลิงฟอสซิล เช่น ถ่านหิน หรือก๊าซธรรมชาติ ทั้งนี้การผลิตกระแสไฟฟ้าจากเชื้อเพลิงชีวมวลอาจจะก่อให้เกิดผลกระทบทางด้านอากาศเป็นหลัก รองลงมาคือผลกระทบต่อแหล่งน้ำ และอาจจะมีผลกระทบต่อผิวดินเล็กน้อย

ปริมาณมลพิษต่าง ๆ ที่ปล่อยสู่บรรยากาศอันเนื่องมาจากการใช้ชีวมวลเป็นเชื้อเพลิงขึ้นอยู่กับตัวแปรต่าง ๆ เช่น ส่วนประกอบและปริมาณความชื้นของชีวมวลที่ใช้เป็นเชื้อเพลิง รวมถึงเทคโนโลยีที่ใช้ หากใช้เทคโนโลยีในการเผาไหม้โดยตรง ตัวแปรต่างๆ จะได้แก่ ชนิดของเตาเผาหรือระบบเผาไหม้และสภาวะในการเผาไหม้ โดยมลพิษประเภทต่างๆ ที่เกิดจากการเผาไหม้ในกระบวนการผลิตกระแสไฟฟ้าประกอบด้วย

1. ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ( $\text{SO}_x$ ) อาจอยู่ในรูปของซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ( $\text{SO}_2$ ) ซัลเฟอร์ไตรออกไซด์ ( $\text{SO}_3$ ) และกรดซัลฟูริก ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ) ซึ่งจะส่งผลกระทบต่อสุขภาพ โดยซัลเฟอร์ไดออกไซด์ทำให้การถ่ายเทหรือการหมุนเวียนเลือดสู่ปอดมีประสิทธิภาพลดลง นอกจากนี้การปล่อยซัลเฟอร์ไดออกไซด์สู่บรรยากาศ เป็นสาเหตุสำคัญของการเกิดฝนกรดซึ่งสามารถทำลายพืชพรรณต่าง ๆ ได้ เช่น ก่อให้เกิดโรคใบเหลือง จุดแดงในพืช และยังก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงสภาพของดินซึ่งจะส่งผลต่อการเจริญเติบโตของพืชด้วย การที่ฝนกรดตกลงสู่พื้นน้ำบนโลกจะทำให้แหล่งน้ำเปลี่ยนแปลงไป ก่อให้เกิดอันตรายต่อพืชและสัตว์น้ำรวมทั้งระบบนิเวศวิทยาโดยรอบ สำหรับปริมาณ  $\text{SO}_x$  ที่เกิดจากการเผาไหม้ชีวมวลจะขึ้นอยู่กับปริมาณกำมะถันในชีวมวลเป็นสำคัญซึ่งชีวมวลประเภทไม้ไผ่เร็ว จะก่อให้เกิดปัญหานี้น้อยมากจนแทบไม่เกิดเลย เนื่องจากปริมาณ กำมะถันในไม้ไผ่เร็วมีค่าต่ำกว่าร้อยละ 0.1 (สุวรรณ, 2542:32)

2. ไนโตรเจนออกไซด์ ( $\text{NO}_x$ ) มีแหล่งกำเนิดหลักอยู่ 2 ทาง คือ เกิดจากปฏิกิริยาของไนโตรเจนและออกซิเจนในอากาศ ถ้าเตาเผาเป็นแบบที่ต้องใช้ปริมาณอากาศส่วนเกินมากและอุณหภูมิภายในเตาสูงเกิน  $900^\circ\text{C}$  โอกาสที่ไนโตรเจนและออกซิเจนในอากาศจะเกิดการแตกตัวและทำปฏิกิริยาเป็น  $\text{NO}_x$  ก็จะเพิ่มสูงขึ้น ส่วนอีกทางคือไนโตรเจนที่เป็นส่วนประกอบของเชื้อเพลิงทำปฏิกิริยากับออกซิเจนกลายเป็น  $\text{NO}_x$  การลดปริมาณ  $\text{NO}_x$  ในเตาเผาโดยทั่วไปมี 2 วิธี คือ การลดปริมาณอากาศส่วนเกินที่ใช้ในการเผาไหม้ลง และควบคุมอุณหภูมิในเตาไฟไม่ให้สูงเกินไป วิธีการควบคุมทั้งสองต้องอาศัยการปรับแต่งและเลือกชนิดหัว ฝา การแบ่งปริมาณ การเผาไหม้ออกเป็นสองตอนเพื่อควบคุมอุณหภูมิไม่ให้สูงเกินไป ณ จุดจุดหนึ่ง การได้รับไนโตรเจนไดออกไซด์จะเป็นสาเหตุของโรคปอด โรคถุงลมโป่งพอง โรคเลือด และเกิดอาการ ระคายเคืองตาและผิวหนัง นอกจากนี้อาจไปชะลอการเจริญเติบโตของพืช ส่วนไนเตรทที่ตกค้างอยู่ในน้ำจะไปเร่งการเจริญเติบโตของพืชน้ำและอาจจะมีผลต่อกระบวนการยูโทรฟิเคชัน (Eutrophication) ได้

3. ฝุ่นละออง เป็นสาเหตุของการเจ็บป่วยที่เกี่ยวข้องกับทางเดินหายใจ เช่น การหายใจติดขัด เจ็บหน้าอก ไอ เนื่องจากปอดถูกทำลาย นอกจากนี้ฝุ่นละอองจะไปขัดขวางการแลกเปลี่ยนน้ำและอากาศของใบพืช และอาจจะก่อให้เกิดอันตรายต่อระบบนิเวศวิทยาทางน้ำ เนื่องจากสารแขวนลอยที่มากับฝุ่นละอองในน้ำไปปิดกั้น หรือบดบังแสงสว่างที่จะส่งผ่านทะลุลงไปใต้น้ำ ฝุ่นละอองที่เกิดจากการนำชีวมวลมาใช้เป็นเชื้อเพลิงมีสาเหตุสำคัญจากการกองเก็บและการเผาไหม้ที่มีประสิทธิภาพไม่ดีเท่าที่ควร การลดปริมาณฝุ่นและการควบคุมฝุ่นละอองสามารถกระทำได้โดยสร้างโรงเก็บที่มีผนังและหลังคาที่ปิดมิดชิด และติดตั้งเครื่องแยกฝุ่นละอองจากก๊าซทิ้งก่อนปล่อยสู่บรรยากาศ

4. คาร์บอนมอนนอกไซด์ (CO) ก๊าซนี้จะก่อให้เกิดผลกระทบต่อในด้านสุขภาพ โดยอาจจะก่อให้เกิดอันตรายต่อสมองได้เนื่องจากขาดออกซิเจน สำหรับเรื่องการเพาะปลูกจะไม่ค่อยมีผลกระทบต่อพืชร้ายแรงเท่ากับมนุษย์ ผลที่เกิดขึ้นต่อพืชเช่น ใบม้วน การแก่อย่างรวดเร็ว สำหรับการควบคุมคาร์บอนมอนนอกไซด์ทำได้โดยการปรับปรุงประสิทธิภาพการเผาไหม้ให้อากาศเพียงพอกับการเผาไหม้ และให้เวลาเผาไหม้ให้เพียงพอ

5. คาร์บอนไดออกไซด์ (CO<sub>2</sub>) ที่ปลดปล่อยสู่บรรยากาศจะก่อให้เกิดผลกระทบต่อสุขภาพ ถ้าได้รับในปริมาณน้อยจะไม่ก่อให้เกิดอันตราย กรณีที่ร่างกายรับเข้าไปมาก ๆ อาจมีผลกระทบต่อระบบทางเดินหายใจได้ โดยคาร์บอนไดออกไซด์จะเข้าไปรวมตัวกับฮีโมโกลบินในเลือด กลายเป็นคาร์บอกซีฮีโมโกลบิน ซึ่งส่งผลทำให้ออกซิเจนในสมองลดลง มีอาการปวดหัว เวียนศีรษะ หายใจขัด กล้ามเนื้อกระตุก เหนื่อยง่าย และไม่สามารถควบคุมการทรงตัวได้ ในกรณีผลกระทบที่เกิดต่อพืช คือโดยปกติแล้วพืชต้องการ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เพื่อใช้ในการสังเคราะห์แสงแต่ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์อาจจะเป็นอันตรายต่อพืชได้ ถ้าก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ไปเพิ่มความเป็นกรดให้กับน้ำฝนกลายเป็นฝนกรด

6. ไฮโดรคาร์บอน (HC) ไฮโดรคาร์บอนที่ปลดปล่อยสู่บรรยากาศจากการเผาเชื้อเพลิงจะอยู่ในรูปของเถ้า ซึ่งสามารถแบ่งได้เป็น 2 ชนิด คือเถ้าลอย (fly ash) ซึ่งปะปนไปกับก๊าซทิ้ง และอีกชนิดเป็นเถ้า (Bottom ash) ซึ่งอยู่ด้านล่างของเตาเผา ในการลดและควบคุมสามารถทำได้โดยมีระบบกองเก็บที่ดีสำหรับเถ้า เพื่อป้องกันการฟุ้งกระจายและนำสู่ระบบฝังกลบที่ถูกต้อง สำหรับเถ้าลอยสามารถลดและควบคุมได้เช่นเดียวกับฝุ่นละออง

## แนวทางการส่งเสริมพลังงานชีวมวล

ถึงแม้ว่าประเทศไทยจะมีศักยภาพในการผลิตพลังงานจากชีวมวลอยู่มาก แต่ที่ผ่านมา มีโครงการที่นำชีวมวลมาผลิตเป็นพลังงานอย่างถูกต้องและมีประสิทธิภาพอยู่ไม่มากนัก เนื่องจากการส่งเสริมและสนับสนุนโครงการพลังงานชีวมวลไม่มีความชัดเจนและไม่ต่อเนื่อง กฎระเบียบที่เกี่ยวข้องปฏิบัติได้ยาก ทำให้ผู้เกี่ยวข้องในทุกส่วน เช่น นักลงทุน สถาบันการเงิน การไฟฟ้า องค์กรเอกชนอิสระ และประชาชนขาดความมั่นใจในการพัฒนาโครงการชีวมวล ดังนั้นทุกภาคส่วนที่เกี่ยวข้องควรจะให้ความร่วมมืออย่างจริงจัง เพื่อให้โครงการพัฒนาชีวมวลนั้นสามารถพัฒนาและใช้ประโยชน์ได้อย่างเหมาะสม (กระทรวงพลังงาน, 2550)

### 1. การเพิ่มปริมาณและการจัดสรรชีวมวลอย่างเป็นรูปแบบ

ถึงแม้ว่าประเทศไทยจะมีชีวมวลอยู่มากและยังสามารถที่จะเพิ่มปริมาณชีวมวลได้อีกเกือบเท่าตัว เนื่องจากในขณะนี้ผลผลิตทางการเกษตรต่อไร่ยังต่ำอยู่เมื่อเปรียบเทียบกับประเทศอื่นๆ แต่ประเทศไทยควรมีฐานข้อมูลชีวมวลที่มีการปรับปรุงให้ทันสมัยอยู่เสมอ เพื่อให้การจัดสรรชีวมวลสำหรับโครงการพลังงานชีวมวลเป็นไปอย่างมีแบบแผน

### 2. การสนับสนุนทางการเงิน

เนื่องจากโครงการพลังงานชีวมวลเป็นโครงการขนาดเล็ก ต้องใช้เงินลงทุนต่อหน่วยจำนวนมาก ประกอบกับการที่โครงการมีความเสี่ยงทางด้านเชื้อเพลิงตามฤดูกาลอยู่บ้าง จึงทำให้โดยทั่วไปการกู้เงินเพื่อการพัฒนาโครงการจะมีอัตราดอกเบี้ยเงินกู้ค่อนข้างสูง ดังนั้น ภาครัฐควรมีการสนับสนุนการลงทุนในรูปแบบเงินกู้ดอกเบี้ยต่ำอย่างต่อเนื่อง นอกจากนี้ ภาครัฐควรมีการสนับสนุนให้อัตรารับซื้อพลังงานไฟฟ้าจากโครงการพลังงานชีวมวลอยู่ในระดับที่จูงใจให้เกิดการลงทุนและการผลิต (Feed-in Tariff) โดยคำนึงถึงผลประโยชน์โดยรวมทั้งเศรษฐกิจ สังคม และสิ่งแวดล้อมที่โครงการมีต่อประเทศ

### 3. การปรับปรุงกฎระเบียบให้เหมาะสม

เนื่องจากโครงการพลังงานชีวมวลเป็นโครงการขนาดเล็ก การขออนุมัติโครงการและกฎระเบียบต่างๆ ที่เกี่ยวข้องควรมีความกระชับไม่ยุ่งยากและไม่เป็นอุปสรรคต่อการพัฒนาและดำเนินโครงการ การอนุมัติโครงการควรคำนึงถึงปริมาณชีวมวลที่เหลืออยู่ในพื้นที่รอบๆ โครงการด้วย เพื่อไม่ให้เกิดการแย่งชีวมวลกับโครงการพลังงานอื่นๆ หลักทรัพย์ค้ำประกันในการขออนุมัติ

โครงการควรมีความเหมาะสม ไม่สูงจนเกินไป กฎระเบียบของ ขนาดและการเดินเครื่อง หรือ Grid Code ของการไฟฟ้า รวมทั้งแนวคิดของการไฟฟ้าที่มีต่อโครงการพลังงานชีวมวลควรมีการปรับเปลี่ยน เนื่องจากเป็นโครงการที่มีขนาดเล็กและกระจายตัว ดังนั้นจึง ควรมีความแตกต่างกับโครงการขนาดใหญ่ที่ใช้เชื้อเพลิงฟอสซิลโดยธรรมชาติ

#### 4. การพัฒนาบุคลากร

เนื่องจากอุตสาหกรรมพลังงานชีวมวลเป็นอุตสาหกรรมใหม่ บุคลากรที่จำเป็น โดยเฉพาะอย่างยิ่งสำหรับการเดินเครื่องและบริหารโครงการยังมีไม่เพียงพอ ภาครัฐควรส่งเสริมให้สถาบันการศึกษาผลิตวิศวกรและช่างเทคนิคเพื่อป้อนสู่อุตสาหกรรมนี้ให้มากขึ้น

#### รายงานการวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในการศึกษาอิทธิพลของต้นทุนภายนอกต่ออัตราารับซื้อไฟฟ้าของโรงไฟฟ้าชีวมวลขนาดเล็ก มีผู้วิจัยในประเด็นต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัยดังนี้

จุมพล (2540) ได้ทำการศึกษาความเป็นได้โครงการโรงไฟฟ้า โดยใช้เชื้อเพลิงจากเศษวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร ภายใต้โครงการสนับสนุนให้ภาคเอกชนมีส่วนร่วม ในการผลิตไฟฟ้าของการไฟฟ้าผลิตแห่งประเทศไทย ภายใต้โครงการ Small Power Producer: SPP เพื่อตอบสนองความต้องการด้านพลังงานไฟฟ้าของประเทศที่มีแนวโน้มการเติบโตค่อนข้างสูงในอดีต และแนวโน้มความต้องการในอนาคต ในการศึกษาครั้งนี้จะใช้ข้อมูลทุกข้อมูจากหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง โดยการวิเคราะห์ความเป็นไปได้ของโครงการและทำการวิเคราะห์โครงการทางการเงิน การวิเคราะห์ต้นทุนผลประโยชน์ โดยมีการปรับค่าของเวลาและใช้เกณฑ์การวิเคราะห์ คือ มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) อัตราส่วนผลประโยชน์ต่อต้นทุน (BCR) และอัตราผลตอบแทนภายในโครงการ (IRR) โดยโรงไฟฟ้ามีกำลังการผลิต 6 เมกะวัตต์ สามารถขายไฟฟ้าให้การไฟฟ้าฝ่ายผลิตจำนวน 5 เมกะวัตต์ อายุโครงการ 21 ปี ผลการศึกษาพบว่ามีความคุ้มค่าต่อการลงทุนทั้งทางด้านการเงินและเศรษฐศาสตร์ที่อัตราคิดลดร้อยละ 12

ทรงกรต (2544) ได้ทำการศึกษาในเรื่อง การศึกษาความเหมาะสมทางเศรษฐกิจและสังคม เพื่อประยุกต์กฎระเบียบสาธารณะสำหรับพัฒนาพลังงานชีวมวลในประเทศไทย การศึกษามีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาต้นทุนและผลประโยชน์ที่เกิดจากการผลิตพลังงานชีวมวลใน 3 ระบบการ

ผลิต คือ ระบบก๊าซชีวภาพจากมูลสุกรโดยใช้เทคโนโลยีแบบโดมคงที่ และเทคโนโลยีแบบ บรางหมักซ้ำและบ่อหมักแบบย่อยเร็ว ระบบพลังงานไฟฟ้าจากชีวมวล เทคโนโลยีพลังงานความร้อนร่วม และนำข้อมูลที่ได้ไปวิเคราะห์ความ คุ่มค่าทางการเงินและทางเศรษฐกิจ การกระจายตัวของ ต้นทุนและผลประโยชน์ที่มีผลต่อระบบเศรษฐกิจและสังคม และพิจารณากฎระเบียบสาธารณะที่ เกี่ยวข้องกับพลังงานชีวมวลในด้านต่างๆ

ผลการวิเคราะห์ความคุ้มค่าทางการเงินพบว่า ในระบบผลิตก๊าซชีวภาพ จำเป็นต้องคำนึง ผลประโยชน์ที่เกิดขึ้นทางด้านอื่นๆ นอกเหนือผลประโยชน์จากพลังงานและการขายผลพลอยได้ จึงจะเกิดความคุ้มค่าในการลงทุน ส่วนผลการวิเคราะห์ความคุ้มค่าทางด้านเศรษฐกิจ พบว่า ในทุก ระบบการผลิตที่ทำกรวิเคราะห์มีความคุ้มค่าทางเศรษฐกิจ และการวิเคราะห์ที่คำนึงถึงผลกระทบ ภายนอกทางบวกที่เกิดขึ้น ยิ่งทำให้ผลการวิเคราะห์ที่ได้มีความคุ้มค่ามากขึ้น และการวิเคราะห์การ กระจายตัวของต้นทุนและผลประโยชน์ พบว่า เมื่อมีการผลิตพลังงานชีวมวลตามศักยภาพที่ สามารถผลิตได้ในแต่ละระบบการผลิต ผลประโยชน์ที่สังคมจะได้รับ ได้แก่ การลดจำนวนเงินที่ ต้องลงทุนทางด้านพลังงาน เท่ากับ 2,323.25 ล้านบาท การเพิ่มขึ้นในผลิตภัณฑ์มวลรวม ภายในประเทศเท่ากับ 1,311.72 ล้านบาท การลดการนำเข้าสินค้าและบริการจากต่างประเทศ เท่ากับ 2,708.74 ล้านบาท และการเพิ่มการจ้างงาน ปีละ 77,858.98 คน

ดังนั้นจากงานวิจัยชิ้นนี้พบว่า ในการวิเคราะห์ความคุ้มค่าทางเศรษฐกิจ เพื่อดูความคุ้มค่า ของสังคมนั้น การวิเคราะห์ด้วยการคำนึงและไม่คำนึงถึงผลกระทบภายนอกเข้ามาไว้ใน การวิเคราะห์ จะทำให้ผลการศึกษาก็ได้ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ดังนั้นในการวิเคราะห์เรื่อง ใดๆ ก็ตามทางด้านพลังงานและสิ่งแวดล้อม จำเป็นอย่างยิ่งที่ควรรวมประเด็นผลกระทบภายนอก เข้ามาวิเคราะห์ด้วยทุกครั้ง เพื่อให้เกิดความสมบูรณ์ของการวิเคราะห์ในเชิงสังคมและเชิง สิ่งแวดล้อม อีกทั้งยังสะท้อนให้เห็นถึงความสำคัญของการคิดต้นทุนที่สังคมได้รับจากสิ่งแวดล้อม ซึ่งจะทำให้ผู้ทำการตัดสินใจใน โครงการทำการตัดสินใจได้เหมาะสมมากขึ้น

สำหรับผลการวิเคราะห์ในเรื่องกฎระเบียบสาธารณะ พบว่า กฎระเบียบสาธารณะที่จำเป็น สำหรับพัฒนาพลังงานชีวมวลนั้น ได้แก่ การสนับสนุนทางการเงินในการลงทุน การสนับสนุนทาง การเงินทางด้านราคาซื้อขาย การรับประกันการซื้อขาย และการรับประกันสินเชื่อ โดยกฎระเบียบ สาธารณะแต่ละข้อจะเป็นต้องใช้ควบคู่กัน

ยังลักษณะ (2545) ได้ทำการศึกษาความเป็นไปได้ทางเศรษฐศาสตร์โครงการผลิตกระแสไฟฟ้าจากเหมืองมันสำปะหลัง การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ ศึกษา ต้นทุนและผลตอบแทนทางการผลิตไฟฟ้าที่ใช้เชื้อเพลิงจากเหมืองมันสำปะหลัง และเพื่อศึกษาความเป็นไปได้ทางเศรษฐศาสตร์ของการผลิตไฟฟ้าที่ใช้เชื้อเพลิงจากเหมืองมันสำปะหลังขนาด 3, 10 และ 30 เมกะวัตต์ด้วยวิธีวิเคราะห์โครงการโดย ใช้มูลค่าปัจจุบันสุทธิ อัตราส่วนผลประโยชน์ต่อต้นทุน และอัตราผลตอบแทนภายในเป็นตัวชี้วัดความเป็นไปได้ในการลงทุน นอกจากนี้ยังวิเคราะห์ความอ่อนไหวด้วยการศึกษาค่าความแปรเปลี่ยนของต้นทุนและผลประโยชน์ของโครงการ

สำหรับผลประโยชน์ของโครงการ คือ ต้นทุนที่หลีกเลี่ยง ึ่งได้ของการผลิตไฟฟ้าจากเชื้อเพลิงประเภทอื่นๆ และรายได้จากการขายเต้า ส่วนต้นทุนของโครงการประกอบด้วย ค่าเสียโอกาสที่ดิน ค่าก่อสร้าง เครื่องจักร อุปกรณ์และค่าดำเนินการเป็นหลัก รวมถึงค่าเสียโอกาสของเหมืองมันสำปะหลังซึ่งพิจารณาเป็น 2 กรณี กรณีแรกคือ เกษตรกรไถกลบ เหมืองมันสำปะหลังเพื่อเพิ่มอินทรีย์วัตถุให้กับดิน (มีค่าเสียโอกาสของเหมืองมันสำปะหลัง ) กรณีที่สอง คือ เกษตรเผาเหมืองมันสำปะหลัง (ไม่มีค่าเสียโอกาสของเหมืองมันสำปะหลัง ) ผลการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์กรณีแรกพบว่าโรงไฟฟ้าขนาด 3, 10 และ 30 เมกะวัตต์ มีมูลค่าปัจจุบันสุทธิประมาณ 17, 344 และ 930 ล้านบาทตามลำดับ อัตราส่วนผลประโยชน์ต่อทุนเท่ากับ 1.06, 1.58 และ 1.94 ตามลำดับ และอัตราส่วนผลตอบแทนภายในเท่ากับร้อยละ 9, 17 และ 16 ตามลำดับ สำหรับผลการศึกษาของกรณีที่สองพบว่ามูลค่าปัจจุบันสุทธิประมาณ 33, 396 และ 1,086 ล้านบาทตามลำดับ อัตราส่วนผลประโยชน์ต่อต้นทุนเท่ากับ 1.12, 1.73 และ 1.63 ตามลำดับ และอัตราส่วนผลตอบแทนภายในเท่ากับร้อยละ 10, 18 และ 17 ตามลำดับ

และทั้งนี้ยังมีการพิจารณาเรื่องผลกระทบภายนอกที่เกิดขึ้นอาจจะเกิดกับทรัพยากรสิ่งแวดล้อม หรือสังคมโดยลักษณะของผลกระทบภายนอก แบ่งเป็น 2 ประการ คือ ผลกระทบที่จับต้องได้ซึ่งสามารถมองเห็น สัมผัสได้ทางกายภาพ เช่น ขยะ น้ำเสีย การชะล้างพังทลายของดิน และผลกระทบที่จับต้องไม่ได้เช่น การกระจายรายได้ ความขัดแย้ง ผลกระทบทางด้านจิตใจ สรุปได้ว่าการผลิตไฟฟ้าจากเหมืองมันสำปะหลังมีความเป็นไปได้ ในการลงทุนทุกกรณี และกรณีที่สองจะมีความเหมาะสมในการลงทุนสูงกว่ากรณีแรกเล็กน้อย นอกจากนั้นโดยรวมโครงการมีความเสี่ยงต่อการเปลี่ยนแปลงของต้นทุนและผลประโยชน์ค่อนข้างต่ำ สำหรับโครงการที่มีความเหมาะสมในการลงทุนมากที่สุด ณ ระดับปริมาณผลผลิตเดียวกันคือ โรงไฟฟ้าขนาด 10 เมกะวัตต์

ดังนั้นจากงานวิจัยชิ้นนี้สามารถนำประเด็นเกี่ยวกับผลประโยชน์ที่เกิดจากการมีโครงการ และยังมีข้อวิจารณ์ที่น่าจะนำเอาประเด็นเรื่องผลกระทบต่อภายนอกเข้ามาวิเคราะห์ด้วย นอกเหนือจากประเด็นความเป็นไปได้ทั้งทางด้านการเงินและเศรษฐศาสตร์ ดังนั้นหากพิจารณาผลกระทบต่อภายนอกซึ่งมีค่าเป็นบวกมารวมด้วยในการวิเคราะห์ย่อมทำให้โครงการมีความคุ้มค่าในการลงทุนมากยิ่งขึ้น

ศลิธ (2548) ได้ทำการศึกษาความเป็นไปได้ทางเศรษฐศาสตร์ของโรงไฟฟ้าพลังงานชีวมวลที่ใช้แกลบเป็นเชื้อเพลิง ซึ่งแกลบเป็นผลพลอยได้จากกระบวนการสีข้าว และปริมาณแกลบจะเปลี่ยนแปลงตามอุปทานการผลิตข้าวและประเภทของโรงสี การศึกษาครั้งนี้ทำการศึกษาโรงไฟฟ้าพลังงานชีวมวลที่ใช้แกลบเป็นเชื้อเพลิง ขนาด 22 เมกะวัตต์ หลักเกณฑ์ที่ใช้วิเคราะห์ความเป็นไปได้ในการลงทุนคือ มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) อัตราส่วนผลประโยชน์ต่อต้นทุน (BCR) และอัตราผลตอบแทนภายในโครงการ (IRR)

ผลการศึกษาพบว่าต้นทุนประกอบส่วนมากประกอบด้วยค่าใช้จ่ายในการศึกษาผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม และต้นทุนค่าขนส่งเชื้อเพลิง โดยผลประโยชน์ประกอบด้วยผลประโยชน์ด้านพลังงานจากต้นทุนที่สามารถหลีกเลี่ยงได้ ผลพลอยได้จากการขายถ่าน และผลประโยชน์ด้านสิ่งแวดล้อม จากมูลค่าของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ลดลงเนื่องจากการผลิตพลังงานไฟฟ้าจากเชื้อเพลิงชีวมวล ไม่ก่อให้เกิดการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เพิ่มขึ้น อัตราผลการวิเคราะห์ความเป็นไปได้ทางการเงิน พบว่ามีความคุ้มค่าต่อการลงทุน โดยมีมูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) เท่ากับ 945,095,262 บาท อัตราส่วนผลประโยชน์ต่อต้นทุน (BCR) เท่ากับ 1.52 และอัตราผลตอบแทนภายในโครงการ (FIRR) เท่ากับ ร้อยละ 19 และมีระยะเวลาคืนทุน (Payback period) เท่ากับ 5.76 ปี จากการวิเคราะห์ความอ่อนไหวของโครงการทางการเงิน โดยกำหนดให้มีความเปลี่ยนแปลงทางด้านต้นทุน มีการเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้นร้อยละ 10 โดยให้ผลประโยชน์คงที่ และกำหนดให้มีความเปลี่ยนแปลงทางด้านผลประโยชน์ มีการเปลี่ยนแปลงลดลงร้อยละ 30 โดยให้ต้นทุนคงที่และเมื่อกำหนดให้มีการเปลี่ยนแปลงผลประโยชน์ตามอัตราค่าเปลี่ยนแปลงที่ได้จากการวิเคราะห์เชิงพลวัตของอัตราการรับซื้อไฟฟ้าของผู้ผลิตไฟฟ้ารายเล็ก ตลอดจนอายุโครงการ พบว่า ผลการวิเคราะห์ความอ่อนไหวของโครงการทั้ง 3 กรณียังให้ผลการวิเคราะห์มีความคุ้มค่าต่อการลงทุนอยู่

เสรี (2541) ได้ศึกษาการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ของโครงการผลิตก๊าซชีวภาพ ภายในฟาร์มเลี้ยงสุกรเพื่อทดแทนระบบก๊าซแอลพีจีและระบบไฟฟ้า ณ ปากช่องฟาร์ม บริษัทพันธุ์สุกรไทย - เดนมาร์ก จำกัด (มหาชน) มีวัตถุประสงค์เพื่อใช้เป็นแนวทางสำหรับผู้ที่จะขอเข้าร่วมโครงการผลิตก๊าซชีวภาพในฟาร์มเลี้ยงสุกรและเป็นข้อมูลประกอบการตัดสินใจของหน่วยงานที่เกี่ยวข้องในการส่งเสริมโครงการในพื้นที่อื่นๆ ต่อไป โดยการวิเคราะห์ต้นทุนและผลประโยชน์พิจารณาจากตัวชี้วัดคือ มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) อัตราส่วนผลประโยชน์ต่อต้นทุน (BCR) และอัตราผลตอบแทนภายใน (IRR) ของโครงการ ณ ระดับอัตราคิดลดร้อยละ 9 12 และ 15 รวมทั้งวิเคราะห์ความอ่อนไหวของโครงการ 3 แนวทางคือ แนวทางที่ 1. ต้นทุนเพิ่มขึ้นร้อยละ 10 โดยผลประโยชน์คงที่ แนวทางที่ 2. ผลประโยชน์ลดลงร้อยละ 10 โดยต้นทุนคงที่ แนวทางที่ 3. ต้นทุนเพิ่มขึ้นร้อยละ 10 และผลประโยชน์ลดลงร้อยละ 10 พบว่ากรณีที่ 1. การผลิตก๊าซชีวภาพเพื่อทดแทนก๊าซหุงต้ม การวิเคราะห์ทางการเงินเมื่อได้รับเงินสนับสนุนการลงทุน ให้ผลที่คุ้มค่าการลงทุน และเมื่อไม่ได้รับเงินสนับสนุนการลงทุนพบว่า ณ ระดับอัตราคิดลดร้อยละ 15 การวิเคราะห์ความอ่อนไหวตามแนวทางที่ 3 ให้ผลไม่คุ้มค่าต่อการลงทุน ส่วนการวิเคราะห์ทางด้านเศรษฐศาสตร์พบว่าให้ผลคุ้มค่าต่อการลงทุน ส่วนกรณีที่ 2. การผลิตก๊าซชีวภาพเพื่อทดแทนไฟฟ้า การวิเคราะห์ทางการเงินเมื่อได้รับเงินสนับสนุนการลงทุนพบว่า ณ ระดับอัตราคิดลดร้อยละ 15 ให้ผลไม่คุ้มค่าต่อการลงทุน และผลการวิเคราะห์ความอ่อนไหวทั้ง 3 แนวทางให้ผลไม่คุ้มค่าต่อการลงทุน ส่วนการวิเคราะห์ทางด้านเศรษฐศาสตร์ ณ ระดับอัตราคิดลดร้อยละ 12 และ 15 ให้ผลไม่คุ้มค่าต่อการลงทุน ดังนั้นจะพบว่าการผลิตก๊าซชีวภาพเพื่อทดแทนก๊าซหุงต้มจะให้ผลคุ้มค่ากว่าเพื่อทดแทนไฟฟ้า

อำพรณ (2544) ได้ทำการศึกษาในเรื่อง การวิเคราะห์ต้นทุนพลังงานของโรงไฟฟ้าผลิตร่วม เป็นการศึกษาวิเคราะห์ต้นทุนราคาไฟฟ้าของโรงไฟฟ้าผลิตร่วมโดยวิธี Exergy Costing ในกรณีรวมและไม่รวมการคิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมโดยใช้วิธี Externality Cost ร่วมกับวิธี NETS: Numerical Environment Total Standards ในการประเมินค่าใช้จ่ายที่เกิดจากผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม

ผลการวิเคราะห์ต้นทุนราคาไฟฟ้าซึ่งประกอบด้วยต้นทุนราคาไอน้ำและต้นทุนราคาไฟฟ้า เมื่อพิจารณาด้านต้นทุนราคาไอน้ำด้วยวิธีต่างๆ จะได้ต้นทุนราคาไอน้ำที่คำนวณด้วยวิธีการต่างๆ 3 วิธี โดยวิธีแรก โดยการให้ไอน้ำเป็นผลผลิตของระบบผลิตร่วมมีต้นทุนเทียบได้กับผลคูณของราคา ระบบผลิตร่วมกับอัตราส่วน Exergy ไอน้ำที่ผลิตได้กับ Exergy รวมของไอน้ำและไฟฟ้า วิธีที่สอง

เหมือนวิธีแรก ยกเว้นราคาระบบผลิตร่วมใช้ราคาระบบผลิตไอน้ำ วิธีสุดท้ายเป็นการใช้อัตราส่วน Exergy ของไอน้ำสำหรับกระบวนการผลิต Exergy ของไอน้ำจากหม้อไอน้ำคูณกับราคาของ ระบบผลิตไอน้ำ ผลที่ได้คือ กรณีเครื่องเดินเต็มพิกัด ต้นทุนราคาไอน้ำเท่ากับ 46.67, 11.42 และ 134.81 บาท/ตัน ตามลำดับ กรณีเดินเครื่องจริง ต้นทุนราคาไอน้ำเท่ากับ 131.19, 32.11 และ 270.85 บาท/ตัน ในส่วนต้นทุนราคาไฟฟ้า ในกรณีโรงไฟฟ้าในกรณีเดินเครื่องเต็มพิกัด ใน กรณีไม่รวมผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมมีค่าเท่ากับ 0.68 บาทต่อกิโลวัตต์ และเมื่อรวมผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม ต้นทุนราคาไฟฟ้ามีค่าเท่ากับ 1.656 บาทต่อกิโลวัตต์ โดยที่ค่าใช้จ่ายที่เกิดจากผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมจากก๊าซ CO<sub>2</sub> มีค่าเท่ากับ 0.503 บาท/kWh ค่าใช้จ่ายที่เกิดจากผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมจากก๊าซ SO<sub>x</sub> มีค่าเท่ากับ 0.038 บาทต่อกิโลวัตต์ ค่าใช้จ่ายที่เกิดจากผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมจากก๊าซ NO<sub>x</sub> มีค่าเท่ากับ 0.436 บาทต่อกิโลวัตต์ โดยระยะเวลาคืนทุนของโครงการกรณีที่ไม่นับรวมผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมมีค่าเท่ากับ 4.068 ปีและไม่สามารถหาระยะเวลา คืนทุนได้ในกรณีรวมผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม

Ramboll (1998) ได้ทำการศึกษาในเรื่อง Evaluation of the SPP regulation, Thailand กล่าวถึงการวิเคราะห์การหลีกเลี่ยงต้นทุน และแสดงถึงการประเมินข้อบังคับของ SPP การวิเคราะห์ แสดงถึงความสัมพันธ์แบบปีตรงระหว่าง เงื่อนไขการจ่ายและความน่าเชื่อถือของผู้ผลิตพลังงาน SPP และเมื่อมีการคาดการณ์ว่าจะมีการจ่ายมากขึ้นในอนาคตจึงมีการศึกษาความเป็นไปได้ในการ สนับสนุนการเชื่อมต่อ กริด (grid)

โดยสรุปแล้ว ในระยะยาวการมีอยู่ของผู้ผลิตพลังงาน SPP จะเพิ่มมากขึ้นถ้ามีการ สนับสนุนโดยให้ราคาซื้อขายไฟฟ้าที่เพิ่มมากขึ้น โดยการศึกษาครั้งนี้อยู่ภายใต้ข้อสมมติว่า จำนวน ทั้งหมดของผู้ผลิตพลังงานจะไม่มีลดลงแต่จะมีการเพิ่มมากขึ้นในช่วง 20 ปีข้างหน้า ด้วยเหตุนี้ ผู้ผลิตสามารถพิจารณาด้านการสนับสนุนด้านการลงทุนในระยะยาวของ SPP ถ้าผู้ผลิตแต่ละรายมี ความน่าเชื่อถือในระยะยาว การวิเคราะห์ผลกระทบทางบวกของ non-firm renewable SPP ซึ่งมีการ เพิ่มการจ่ายให้แก่ผู้ผลิตมากขึ้น ซึ่งจะทำให้มีมูลค่ามากขึ้นในระยะยาวประมาณ 80% ของ marginal generation และต้นทุนการส่งไฟฟ้าแรงสูง

ข้อเสนอแนะในการพิจารณาเพื่อการสนับสนุน เกี่ยวกับ “Externality adder” และการเพิ่มขึ้น ของการจ่ายราคาซื้อขายไฟฟ้าต่อ กิโลวัตต์ ผลประโยชน์ที่ได้ผู้ผลิตพลังงาน SPP ซึ่งมีการ เปรียบเทียบกับการใช้ไฟฟ้าจากผู้ผลิตตามปกติ ผลประโยชน์ที่เพิ่มขึ้นสามารถเสนอให้มีการเพิ่ม

ผู้ผลิตพลังงานสะอาดอย่าง SPP ให้มีการซื้อขายพลังงานไฟฟ้าให้มากขึ้น มากกว่าแค่ผลิตพลังงานใช้ในฟาร์มเพียงอย่างเดียว

จากผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้องข้างต้น แสดงให้เห็นว่าโครงการก่อสร้างโรงไฟฟ้าพลังงานชีวมวลส่วนมากจะเป็นโครงการโรงไฟฟ้าขนาดเล็กไม่สามารถสร้างขนาดใหญ่ได้เนื่องจากเชื้อเพลิงและวัตถุดิบที่ใช้มีปริมาณจำกัด มีการกระจายตัวของชีวมวลส่งผลให้ต้องขนส่งในระยะทางไกลซึ่งจะทำให้ต้นทุนของโครงการสูงขึ้น ทั้งนี้โครงการโรงไฟฟ้าชีวมวลขนาดเล็กสำหรับชุมชนจำเป็นต้องได้รับการสนับสนุนจากรัฐบาลเนื่องจากเป็นโครงการที่เกิดผลประโยชน์โดยตรงต่อเศรษฐกิจและสิ่งแวดล้อม และหากนำผลประโยชน์ในส่วนนี้รวมกับต้นทุนการผลิตไฟฟ้าต่อหน่วยแล้วย่อมสามารถสะท้อนถึงราคาค่าต้นทุนการผลิตกระแสไฟฟ้าจากชีวมวลอย่างแท้จริง และสามารถนำต้นทุนที่เกิดขึ้นมาพิจารณาในนโยบายการให้เงินสนับสนุนหรือ เงินอุดหนุนของรัฐต่อพลังงานทดแทนได้

## อุปกรณ์และวิธีการ

### อุปกรณ์

1. เอกสารข้อมูลรายละเอียดโครงการ และแผนที่บริเวณ โครงการ โรงไฟฟ้าต้นแบบสุรนารี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
2. เครื่องคอมพิวเตอร์พร้อมอุปกรณ์การคำนวณ
3. อุปกรณ์สำนักงาน

### วิธีการ

วิธีการศึกษาอิทธิพลของต้นทุนภายนอกต่ออัตราารับซื้อไฟฟ้าของโรงไฟฟ้าชีวมวลขนาดเล็ก ประกอบด้วย 4 ด้าน คือ

1. การศึกษาต้นทุนทางการเงิน (Financial Costs)
2. การศึกษาต้นทุนทางเศรษฐกิจและสังคม (Social and Economy Cost)
3. การศึกษาต้นทุนสิ่งแวดล้อม (Environmental Costs) หรือที่เรียกว่าผลกระทบจากปัจจัยภายนอก (Externality)
4. การวิเคราะห์โครงสร้างราคารับซื้อไฟฟ้าและอัตรารับซื้อไฟฟ้าพิเศษ (Feed-in Tariff)

### การเก็บรวบรวมข้อมูล

1. การเก็บรวบรวมข้อมูล ข้อมูลที่ใช้ในการศึกษาได้จากการรวบรวมเก็บข้อมูลทุติยภูมิ (Secondary Data) ซึ่งประกอบด้วยข้อมูลต่างๆ ดังนี้

1.1 สภาพทั่วไปของการผลิตและการใช้ประโยชน์จากไม้โตเร็ว

1.2 ข้อมูลด้านเทคโนโลยีการผลิตพลังงานไฟฟ้าจากเชื้อเพลิงไม้โตเร็ว

### 1.3 รายละเอียดและความเป็นมาของโครงการ

### 1.4 ต้นทุนและผลประโยชน์ของโครงการ

2. แหล่งที่มาของข้อมูล (Source of Data) ข้อมูลที่ทำการศึกษาค้นคว้าส่วนใหญ่เป็นข้อมูลทุติยภูมิที่รวบรวมจากเอกสารวิชาการของหน่วยงานราชการ เอกชน และมูลนิธิพลังงานแห่งประเทศไทย สำนักงานนโยบายพลังงานแห่งชาติ และรายงานวิจัยที่ได้มีการจัดทำไว้ในห้องสมุดของสถาบันต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง รวมทั้งเอกสาร วารสาร หนังสือที่เกี่ยวข้องตามสถาบันการศึกษาต่างๆ โดยทำการเก็บรวบรวมข้อมูลในเรื่องของระบบการผลิตไฟฟ้า ราคาอุปกรณ์การผลิต เติมน้ำมันและราคาการรับซื้อไฟฟ้า ต้นทุนการผลิตไฟฟ้าจากเชื้อเพลิงประเภทต่าง ๆ ผลกระทบที่เกิดจากขบวนการผลิต และข้อมูลที่เกี่ยวข้องอื่น ๆ

#### การวิเคราะห์ข้อมูล

##### 1. เชิงพรรณนา (Descriptive Method)

การประเมินมูลค่าด้านสิ่งแวดล้อมให้ออกเป็นรูปแบบตัวเงินนั้นทำได้ยาก ดังนั้นจึงทำการตรวจสอบเอกสารงานวิจัย และพิจารณาผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมและผลประโยชน์ที่เกิดขึ้นจากการลงทุนโรงไฟฟ้าพลังงานชีวมวล ในลักษณะของประโยชน์เชิงบวกและเชิงลบที่เกิดขึ้นต่อเศรษฐกิจ ชุมชนและสิ่งแวดล้อม เพื่อเป็นข้อสนับสนุนหรือคัดค้านการตัดสินใจในการสนับสนุนโครงการโรงไฟฟ้าชีวมวลระดับชุมชน

##### 2. เชิงปริมาณ (Quantitative Method)

การวิเคราะห์ทางการเงินของโรงไฟฟ้าพลังงานชีวมวลที่ใช้ไม้ไผ่เร็ว เป็นเชื้อเพลิง จะเป็นการพิจารณาถึงผลประโยชน์สุทธิทางการเงินที่มีต่อเจ้าของกิจการหรือเอกชน โดยอาศัยการพิจารณาต้นทุนและผลประโยชน์ (Cost-Benefit) ของโครงการ โดยใช้ราคาตลาด (Market price) ในการประเมินค่า ซึ่งจะพิจารณาว่าโครงการดังกล่าว จะให้ผลตอบแทนคุ้มค่านำลงทุนเป็นอย่างไร ต้นทุนและประโยชน์ทางการเงินต้นทุนทางการเงินของโครงการโรงไฟฟ้าพลังงานชีวมวลที่ใช้ไม้ไผ่เร็วเป็นเชื้อเพลิง ทั้งนี้ทำการระบุนายการต้นทุน และผลตอบแทนของโครงการ สามารถจำแนกรายการ ต้นทุน-ผลตอบแทนได้ดังต่อไปนี้

## 2.1 ต้นทุนหรือรายจ่ายของโครงการ ประกอบด้วย

### 2.1.1 ค่าที่ดิน

### 2.1.2 ค่าสิ่งก่อสร้าง อาคารต่างๆและสาธารณูปโภค

2.1.3 ค่าลงทุนระบบผลิตกระแสไฟฟ้า เช่น เครื่องกำเนิดไฟฟ้า กังหันไอน้ำ  
เตาเผา หม้อกำเนิดไอน้ำ อุปกรณ์เสริม ระบบลำเลียง และระบบบำบัดมลพิษ

### 2.1.4 ค่าลงทุนระบบสายส่ง

### 2.1.5 ค่าใช้จ่ายในระบบบำบัดของเสียและป้องกันสิ่งแวดล้อม

### 2.1.6 ค่าที่ปรึกษาด้านการบริหารและวางแผน

### 2.1.7 ค่าแรงงาน

### 2.1.8 ค่าบริหารและดำเนินการ

### 2.1.9 ค่าบำรุงรักษาและซ่อมแซม

### 2.1.10 ค่าวัสดุคิ

2.1.11 ค่าใช้จ่ายอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง ได้แก่ ค่าขนส่งวัสดุคิ ในกรณีคิค่าวัสดุคิ ที่  
รับซื้อจากเกษตรกร

2.2 ผลตอบแทนหรือผลประโยชน์ของโครงการ โรงไฟฟ้าชีวมวลขนาดเล็ก  
ประกอบด้วย

2.2.1 ผลตอบแทนทางด้านการเงิน หรือผลประโยชน์หลักที่จะเกิดขึ้นจากโครงการ ซึ่งเป็นรายรับจากการขายไฟฟ้า ให้การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย แต่หากมองถึงผลตอบแทนทางด้านเศรษฐศาสตร์ย่อมหมายความว่า การที่โครงการสามารถช่วยลดต้นทุนการผลิตไฟฟ้าจากเชื้อเพลิงประเภทอื่น ๆ ของประเทศได้ เพราะกระแสไฟฟ้าจากโรงไฟฟ้าที่ใช้ชีวมวลประเภทไม้โตเร็วเป็นเชื้อเพลิงสามารถไปทดแทนกระแสไฟฟ้าบางส่วนของประเทศได้

2.2.2 รายรับจากการขายถ่าน สำหรับการปรับมูลค่าทางการเงินของต้นทุน - ผลตอบแทนเป็นมูลค่าทางเศรษฐกิจ เพื่อแสดงมูลค่าที่แท้จริงของทรัพยากร ทำโดยระบุต้นทุน - ผลตอบแทนทางการเงินของโครงการจากนั้นตัดรายการเงินโอนซึ่งไม่เกี่ยวข้องกับการวิเคราะห์ทางด้านเศรษฐกิจออกไป เช่น ภาษีเงินสนับสนุน ในกรณีการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์จะทำการปรับราคาตลาดของต้นทุน - ผลตอบแทนดังกล่าวให้สะท้อนถึงมูลค่าทางเศรษฐกิจ หรือปรับราคาตลาดให้เป็นราคาเงาด้วยค่าแปรราคาเงา และทำการคิดลดมูลค่าในอนาคตให้เป็นมูลค่าปัจจุบันด้วยค่าอัตราส่วนลด

2.3 ประเมินความคุ้มค่าของโครงการ โดยการนำต้นทุนและผลตอบแทนมาเปรียบเทียบกันซึ่งใช้หลักเกณฑ์การประเมินความคุ้มค่าของโครงการดังนี้

2.3.1 มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (Net Present Value: NPV)

$$\text{Net Present Value: NPV} = \sum_{t=0}^n \frac{B_t - C_t}{(1+r)^t}$$

โดยที่

$B_t$  = ผลตอบแทน ตั้งแต่ปีที่ 0 ถึง n

$C_t$  = ต้นทุนในการผลิตไฟฟ้า ตั้งแต่ปีที่ 0 ถึง n

n = อายุโครงการ

r = อัตราดอกเบี้ยค่าเสียโอกาสของทุน ใช้อัตราดอกเบี้ยเงินกู้ขั้นต่ำ

$(1+r)^t$  = ตัวส่วนรวม (Discount Factor) ที่เกิดขึ้นปีที่ t

หลักเกณฑ์การตัดสินใจคือ ควรลงทุนเมื่อมูลค่าปัจจุบันสุทธินี้มีค่าเป็นบวก และไม่ควรถูกลงทุนถ้ามูลค่าปัจจุบันสุทธินี้มีค่าเป็นลบ

2.3.2 อัตราส่วนผลประโยชน์ต่อต้นทุน (Benefit-Cost Ratio: B/C)

$$\text{Benefit - Cost Ratio: B/C} = \frac{\sum_{t=0}^n B_t (1+r)^{-t}}{\sum_{t=0}^n C_t (1+r)^{-t}}$$

โดยที่

$B_t$  = ผลตอบแทน ตั้งแต่ปีที่ 0 ถึง n

$C_t$  = ต้นทุนในการผลิตไฟฟ้า ตั้งแต่ปีที่ 0 ถึง n

n = อายุโครงการ

r = อัตราดอกเบี้ยค่าเสียโอกาสของทุน ใช้ อัตราดอกเบี้ยเงินกู้ขั้นต่ำ

$(1+r)^t$  = ตัวส่วนรวม (Discount Factor) ที่เกิดขึ้นปีที่ t

หลักเกณฑ์การตัดสินใจ คือ ควรลงทุนเมื่อ B/C Ratio มีค่ามากกว่าหรือเท่ากับหนึ่ง และไม่ควรลงทุนเมื่อ B/C มีค่าน้อยกว่า 1

2.3.3 อัตราผลตอบแทนภายในของโครงการ (Financial Internal Rate of Return: FIRR)

$$\text{FIRR} = r_L + (r_U - r_L) [\text{NPV} / \text{NPV}_L - \text{NPV}_U]$$

โดยที่

FIRR = ผลตอบแทนภายในทางการเงินของโครงการ

$\text{NPV}_L$  = มูลค่าปัจจุบันสุทธิที่คำนวณได้จากอัตราส่วนลดตัวต่ำ

$\text{NPV}_U$  = มูลค่าปัจจุบันสุทธิที่คำนวณได้จากอัตราส่วนลดตัวสูง

$r_L$  = อัตราส่วนลดตัวต่ำ

$r_U$  = อัตราส่วนลดตัวสูง

เกณฑ์ที่ใช้ในการตัดสินใจ คือ เปรียบเทียบค่า FIRR ที่คำนวณได้กับค่าของอัตราส่วนลดที่เป็นเกณฑ์ ซึ่งได้กำหนดไว้ก่อนแล้ว ถ้าค่า FIRR ที่คำนวณได้สูงกว่าที่กำหนดก็ยอมรับโครงการนั้นถ้าต่ำกว่าก็ปฏิเสธโครงการ โดยทั่วไปถ้า FIRR มากกว่าอัตราดอกเบี้ยทั่วไปธุรกิจจะเหมาะสมในการลงทุน

FIRR > ค่าเสียโอกาสของเงินลงทุนแสดงว่าการลงทุนในกิจการให้ผลคุ้มค่า

FIRR = ค่าเสียโอกาสของเงินลงทุนแสดงว่าการลงทุนในกิจการพอเป็นไปได้

FIRR < ค่าเสียโอกาสของเงินลงทุนแสดงว่าการลงทุนในกิจการให้ผลไม่คุ้มค่า

2.3.4 ระยะเวลาคืนทุน (Pay Back Period) ได้แก่ ระยะเวลาที่ผลตอบแทนสุทธิจากการดำเนินงานมีค่าเท่ากับค่าลงทุนของโครงการ

ระยะคืนทุน = ค่าใช้จ่ายในการลงทุน/ผลตอบแทนสุทธิเฉลี่ยต่อปี

วิธีการศึกษาสามารถแบ่งเป็น 4 ด้าน คือ

#### 1. การศึกษาต้นทุนทางการเงิน (Financial Costs)

ต้นทุนการผลิตในการศึกษานี้ใช้ข้อมูล การผลิตไฟฟ้าของโรงไฟฟ้าชีวมวล สุรนารี ขนาด 100 kW และใช้ข้อมูลศึกษา ซึ่งใช้วัตถุดิบชีวมวลประเภทไม้โตเร็ว 3 ชนิด คือ กระจินยักษ์ กระจินเทพาและยูคาลิปตัส เป็นข้อมูลเบื้องต้น ในการคำนวณค่ากำลังการผลิตที่ 250 และ 900 kW โดยจะวิเคราะห์ถึงความเป็นไปได้ของโครงการทางการเงิน จากตัวชี้วัดดังนี้ มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) อัตราส่วนผลประโยชน์ต่อต้นทุน (BCR) อัตราผลตอบแทนภายในโครงการ (FIRR) และ ระยะเวลาคืนทุน (PB)

#### 2. การศึกษาต้นทุนด้านเศรษฐกิจและสังคม (Social and Economy Cost)

ต้นทุนด้านเศรษฐกิจและสังคม ซึ่งเป็น ผลกระทบจากปัจจัยภายนอกด้านบวก จากกิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับการผลิตไฟฟ้าพลังงานชีวมวลโดยใช้ไม้โตเร็ว โดยสามารถแบ่งการศึกษาออกเป็น 3 ด้าน คือ

2.1 ด้านผลกระทบต่อการปลูกป่าเศรษฐกิจ (ประเภทไม้โตเร็ว)

2.2 ด้านผลกระทบต่อกิจกรรมการขนส่งไม้โตเร็ว

2.3 ด้านผลกระทบต่อรายได้และการจ้างงานในท้องถิ่น

#### 3. การศึกษาต้นทุนสิ่งแวดล้อม (Environmental Costs)

ต้นทุนสิ่งแวดล้อม หรือผลกระทบจากปัจจัยภายนอก (Externality) ทางด้านสิ่งแวดล้อม การผลิตไฟฟ้าจากโรงไฟฟ้าชีวมวลจะส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมที่แตกต่างจากการผลิต

ไฟฟ้าจากถ่านลิกไนต์และก๊าซธรรมชาติ ดังนั้นในการประเมินต้นทุนสิ่งแวดล้อมของการผลิตไฟฟ้าจากโรงไฟฟ้าชีวมวลจึงต้องประเมินและเปรียบเทียบมูลค่าทางเศรษฐศาสตร์ของผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อมของการผลิตไฟฟ้าในรูปแบบที่ใช้อยู่ในปัจจุบัน (Varela *et al.*, 1999) ทั้งนี้ต้นทุนทางสิ่งแวดล้อมหรือผลกระทบจากปัจจัยภายนอก วิเคราะห์โดยวิธีประเมินต้นทุนในการควบคุมมลพิษ (Abatement cost) และต้นทุนในการบำบัดมลพิษ กรณีศึกษานี้คือ ต้นทุนของการสร้างระบบบำบัดมลพิษ

#### 4. การวิเคราะห์โครงสร้างราคาซื้อขายไฟฟ้าและอัตราซื้อขายไฟฟ้าพิเศษ (Feed-in Tariff)

เป็นการศึกษาถึงโครงสร้าง ราคาซื้อขายไฟฟ้าและอัตราซื้อขายไฟฟ้าพิเศษของโรงไฟฟ้าชีวมวลขนาดเล็ก กล่าวสำหรับผู้ผลิตที่เหมาะสม เพื่อเป็นแนวทางการกำหนดราคาซื้อขายไฟฟ้าจากพลังงานหมุนเวียนประเภทผู้ผลิตไฟฟ้าขนาดเล็กมาก ที่ควรสอดคล้องกับต้นทุนการผลิตให้มากขึ้น โดยเทียบกับ ราคาซื้อขายไฟฟ้าพลังงานชีวมวลชนิดอื่นๆ ที่ไม่ได้มีการคำนึงถึงการรวมต้นทุนภายนอกในโครงสร้างราคาซื้อขายไฟฟ้า เทียบกับราคาซื้อขายไฟฟ้าพลังงานชีวมวลที่ได้มีกำไรรวมต้นทุนภายนอกในโครงสร้างการซื้อขายไฟฟ้า เพื่อพิจารณาถึงความเปลี่ยนแปลงของราคาซื้อขายไฟฟ้าพลังงานหมุนเวียนประเภทผู้ผลิตไฟฟ้าขนาดเล็กมาก

ราคาซื้อขายไฟฟ้าและ อัตราซื้อขายไฟฟ้า พิเศษ (Feed in Tariff) ในปัจจุบันยังไม่สอดคล้องกับต้นทุนการผลิตไฟฟ้าพลังงานหมุนเวียน จึงทำให้ขาดแรงจูงใจในการพัฒนาโครงการ และทำให้ผู้ประกอบการไม่กล้าเสี่ยงที่จะลงทุนเนื่องจากกำไรที่เกิดจากการผลิตไฟฟ้าระดับชุมชน น้อยมาก ไม่คุ้มค่าแก่การลงทุน

ตารางที่ 7 การเปรียบเทียบต้นทุนในการผลิตไฟฟ้า

ชนิดเชื้อเพลิง	ราคาต้นทุน <sup>1</sup> การผลิตไฟฟ้า (บาท/kW-h)	External Cost <sup>2</sup> (บาท/kW-h)	รวมต้นทุน ในการผลิตไฟฟ้า <sup>3</sup> (บาท/kW-h)
ก๊าซธรรมชาติ	1.38	0.44	1.28
ลิกไนต์	2.46	2.20	4.66
น้ำมันเตา	2.54	1.25	3.75
แกลบ	2.82	0.08	2.9
เศษไม้	3.33	0.08	3.41
ขานอ้อย	2.74	0.08	2.82

หมายเหตุ 1/ ค่าใช้จ่ายในการผลิตไฟฟ้า ประกอบด้วย เงินลงทุน ค่าเชื้อเพลิง และค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษาโรงไฟฟ้า โดยกำหนดระยะเวลาคุ้มเงินลงทุนที่เป็นไปได้ = 15 ปี Plant Factor = 80% และ Discount Rate = 12%

2/ อ้างอิงค่าใช้จ่ายในการกำจัดมลพิษจากการศึกษาจากโครงการ Extern E โดย European Commission

3/ คิดเปรียบเทียบกับ External Cost ของเชื้อเพลิงก๊าซธรรมชาติ = 0.44 บาท/กิโลวัตต์-ชั่วโมง

ที่มา: สำนักงานนโยบายและแผน ( 2544)

จากตารางที่ 7 แสดงให้เห็นว่าหากพิจารณา ต้นทุน ในการผลิตไฟฟ้า ผู้ประกอบการผลิตไฟฟ้าด้วยพลัง หมุนเวียนประเภทชีวมวล เช่นแกลบ เศษไม้และขานอ้อย จะประสบปัญหาขาดทุน เนื่องจากการมีต้นทุนการผลิตที่สูงถึงประมาณเกือบสามบาทต่อกิโลวัตต์ ซึ่งจะทำให้ผู้ประกอบการไฟฟ้าไม่มีแรงจูงใจที่จะนำไปสู่กระบวนการผลิตไฟฟ้าด้วยพลังงา นหมุนเวียน ดังนั้นวิธีหนึ่งที่จะช่วยให้มีการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานหมุนเวียนมากขึ้นคือการที่ภาครัฐประกาศรับซื้อไฟฟ้าที่ผลิตจากพลังงานหมุนเวียนในราคาที่สูงกว่าราคาไฟฟ้าที่ผลิตจากพลังงานฟอสซิล การศึกษานี้ได้ ศึกษาการวิเคราะห์ถึง โครงสร้างราคารับซื้อไฟฟ้าและอัตรารับซื้อไฟฟ้าพิเศษ (Feed-in Tariff) ที่สะท้อน ต้นทุนการผลิตสำหรับการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานชีวมวลประเภทไม้ไผ่เร็ว

อัตรารับซื้อไฟฟ้าพิเศษ (Feed-in Tariff) คือ อัตราค่าไฟฟ้าที่รัฐบาลได้ประกาศรับซื้อจากผู้ผลิตไฟฟ้าพลังงานทดแทนทุกราย ณ จุดเชื่อมต่อเข้าระบบ โดยไม่คำนึงถึงเวลารับซื้อ ไม่ต้องมีการประมูลหรือแข่งขันกับรายอื่น

โครงสร้างราคารับซื้อไฟฟ้าและอัตรารับซื้อไฟฟ้าพิเศษ (Feed-in Tariff) จากการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย ของผู้ผลิตไฟฟ้าขนาดเล็กมาก (Very Small Power Producer: VSPP) ซึ่งหมายถึงผู้ผลิตไฟฟ้า ทั้งภาคเอกชน รัฐบาล รัฐวิสาหกิจ และประชาชนทั่วไปที่มีเครื่องกำเนิดไฟฟ้าของตนเอง มีลักษณะกระบวนการผลิตไฟฟ้าตาม ตารางผนวก ข. (การไฟฟ้านครหลวง, 2547) และจำหน่ายไฟฟ้าให้การไฟฟ้าฝ่ายจำหน่าย โดยมีปริมาณพลังไฟฟ้าขายเข้าระบบไม่เกิน 1 เมกะวัตต์ จะได้รับค่าพลังไฟฟ้า (Capacity Payment) และค่าพลังงานไฟฟ้า (Energy Payment) ซึ่งกำหนดจากต้นทุนที่หลีกเลี่ยงได้คือค่าลงทุนก่อสร้างโรงไฟฟ้า ค่าเชื้อเพลิงในการผลิตไฟฟ้า ค่าดำเนินการและค่าบำรุงรักษา รวมกับอัตรารับซื้อไฟฟ้าพิเศษ ที่คำนวณ หรือส่วนเพิ่มราคารับซื้อไฟฟ้า (Adder) ที่การไฟฟ้านครหลวงได้กำหนดในแต่ละประเภทเชื้อเพลิงพลังงานหมุนเวียน ดังแสดงในตารางที่ 8

ตารางที่ 8 ส่วนเพิ่มราคารับซื้อไฟฟ้า (Adder) แยกตามประเภทเชื้อเพลิง

เชื้อเพลิง	อัตราส่วนเพิ่ม (บาท/กิโลวัตต์- ชั่วโมง)	อัตราส่วนเพิ่มสำหรับ โครงการใน 3 จังหวัด ชายแดนภาคใต้ <sup>4</sup> (บาท/ กิโลวัตต์-ชั่วโมง)	ระยะเวลาสนับสนุน (ปี)
ชีวมวล <sup>1</sup>	0.30	1.30	7
ก๊าซชีวภาพ	0.30	1.30	7
พลังน้ำขนาดเล็ก (50-200 กิโลวัตต์)	0.40	1.40	7
พลังน้ำขนาดเล็ก (<50 กิโลวัตต์)	0.80	1.80	7
ขยะ <sup>2</sup>	2.50	3.50	7
พลังงานลม	3.50	5.00	10
พลังงานแสงอาทิตย์ <sup>3</sup>	8.00	9.50	10

- หมายเหตุ** 1/ชีวมวล หมายถึงกากหรือเศษวัสดุเหลือใช้ในการเกษตร หรือกากจากผลิตภัณฑ์ทางการเกษตร เศษไม้ หรือ ไม้จากการปลูกป่าเป็นเชื้อเพลิง
- 2/ ขยะ หมายถึง ขยะชุมชนทุกเทคโนโลยี
- 3/พลังงานแสงอาทิตย์ หมายถึง รวมถึงการนำเสนอพลังงานแสงอาทิตย์ไปใช้ในการผลิตน้ำร้อน
- 4/ สามจังหวัดชายแดนภาคใต้ ได้แก่ จังหวัดยะลา ปัตตานี และนราธิวาส

**ที่มา:** การไฟฟ้านครหลวง (2547)

จากการเปรียบเทียบราคาซื้อขายไฟฟ้าใน โครงสร้างอัตราซื้อขายไฟฟ้าพิเศษ (Feed-in Tariff) เทียบกับค่า External cost ของก๊าซธรรมชาติโดยมีโครงสร้างอัตราซื้อขายไฟฟ้าพิเศษ ดังนี้

$$\text{Feed-in Tariff} = \text{ต้นทุนการผลิต} + \text{อัตราส่วนเพิ่ม (Adder)}$$

ทั้งนี้ในการคำนวณอัตราซื้อขายไฟฟ้าตาม โครงสร้างดังกล่าวยังมีได้สะท้อนถึงต้นทุนที่แท้จริงด้านมูลค่าผลประโยชน์ต่อสิ่งแวดล้อม เศรษฐกิจและสังคมในการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานชีวมวล ดังนั้นในการคำนวณหาอัตราซื้อขายไฟฟ้าพิเศษที่มาจากต้นทุนที่แท้จริงจึงจำเป็นที่ควรพิจารณาต้นทุนภายนอกในโครงสร้างราคาซื้อขายไฟฟ้าด้วย

$$\text{Feed-in Tariff} = \text{ต้นทุนการผลิต} + \text{อัตราส่วนเพิ่ม (Adder)} + \text{ต้นทุนภายนอก}$$

โดยต้นทุนค่าไฟฟ้าที่รวมการจัดการต้นทุนภายนอก (Externalities Cost) ที่ควรจะได้ ชดเชยอย่างน้อยที่สุดต้องไม่ต่ำกว่าราคาซื้อขายไฟฟ้าเมื่อเทียบกับ โรงไฟฟ้าที่ใช้เชื้อเพลิงฟอสซิล หรือเชื้อเพลิงก๊าซธรรมชาติ

#### **ข้อกำหนดในการศึกษา**

1. กำหนดให้อายุโครงการเท่ากับ 10 ปี ตามอายุการใช้งานทางเทคนิคของโรงไฟฟ้าชีวมวลขนาดเล็ก

2. กำหนดให้อัตราการคิดลด (Discount Rate) ในการการศึกษาครั้งนี้มีอัตราคิดลดร้อยละ 5 และร้อยละ 10 ตามสถานะเศรษฐกิจของประเทศไทยในปัจจุบัน เนื่องจากประเทศไทยเป็นประเทศที่กำลังพัฒนา อัตราคิดลดหรือค่าเสียโอกาสของทุน อยู่ระหว่างร้อยละ 8-15
3. กำหนดให้กำลังการผลิตทั้งสิ้น 335 วัน มีจำนวนวันที่จะบำรุงการรักษารักษา 30 วัน ดังนั้นในแต่ละปีจะมีชั่วโมงการเดินเครื่อง 8,040 ชั่วโมง (24 ชั่วโมง x 335 วัน)
4. กำหนดให้มีการทำสัญญาซื้อขายไฟฟ้ากับการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย ประเภทผู้ผลิตไฟฟ้าขนาดเล็กมาก (VSSP) โดยได้รับเงินอัตราส่วนเพิ่มค่าไฟฟ้าสำหรับเชื้อเพลิงชีวมวลเท่ากับ 0.3 บาทต่อหน่วยไฟฟ้า (ดังแสดงตามตารางที่ 8)
5. กำหนดให้จำนวนแรงงานดูแลพื้นที่ปลูกไม้โตเร็ว 1 คนต่อ 10 ไร่ ซึ่งแรงงานนี้จะมีหน้าที่ปลูกเพาะกล้าไม้โตเร็ว ดูแลตลอดจนทำการตัดขายไม้โตเร็ว และ มีจำนวนวันในการ ทำงานเท่ากับ 335 วัน
6. อัตราค่าจ้างแรงงานขั้นต่ำ ให้เป็นไปตามอัตราค่าจ้างแรงงานในปัจจุบันโดยเฉลี่ย ในท้องที่ของกรณีศึกษา คือจังหวัดนครราชสีมา โดยคิดอัตราค่าจ้างแรงงานขั้นต่ำใหม่ของจังหวัด นครราชสีมาปรับเมื่อวันที่ 1 มกราคม 2551 คือ 165 บาทต่อวัน
7. ค่าขนส่งของรถรับจ้างให้คิดตามราคาค่าขนส่งเฉลี่ยในปัจจุบันในท้องที่ของกรณีศึกษา จังหวัดนครราชสีมา โดยคิดเป็น 3 บาท/ตัน/กิโลเมตร และระยะทางในการขนส่งไม้ โตเร็วไปยัง โรงไฟฟ้าชีวมวลมีระยะเท่ากับ 100 กิโลเมตร (วีรชัย, 2551)
8. ขนาดกำลังการผลิต ของโรงไฟฟ้า ต้นแบบชีวมวลสุรนารี ที่นำมาศึกษาครั้งนี้มีขนาด กำลังการผลิต 100 กิโลวัตต์ และในกรณีศึกษาครั้งนี้จะศึกษาถึง ๓ ขนาดกำลังการผลิต ของ โรงไฟฟ้าที่ 250 กิโลวัตต์ และที่ขนาดกำลังการผลิต 900 กิโลวัตต์ เพื่อดูแนวโน้มผลกระทบเชิง บวกที่เกิดขึ้นกับการพิจารณาการเปลี่ยนแปลงกำลังการผลิตที่ไม่เกิน 1 เมกะวัตต์
9. ระยะเวลาในการก่อสร้างโครงการโรงไฟฟ้า ไม่เกิน 12 เดือน ครอบคลุมทั้งระยะเวลา ของการติดตั้งและทดสอบเครื่องจักรทั้งหมด

10. การประเมินรายรับของโครงการนั้น ได้มาจากการขายกระแสไฟฟ้าให้กับการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค ซึ่งราคาซื้อขายไฟฟ้าจากผู้ผลิต ไฟฟ้าขนาดเล็กมาก ของการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย คำนวณจากโครงสร้างอัตราค่าไฟฟ้ามาตรฐาน (รายละเอียดดังภาคผนวก ก) โดยใช้อัตราค่าไฟฟ้า แบบคิดอัตราค่าไฟฟ้าตามช่วงเวลาการใช้งาน (Time of Use: TOU)

และรายได้อีกส่วนหนึ่งมาจากการขายผลพลอยได้ประเภทถ่าน ซึ่งกำหนดให้กำลังการผลิต 100 กิโลวัตต์ มีอัตราการเกิดขี้เถ้า/ถ่าน เป็น 9.25% ของอัตราการใช้เชื้อเพลิงชีวมวล และในการผลิตพลังงานไฟฟ้าได้ 1 หน่วย (kWh) จะใช้เชื้อเพลิงชีวมวลเท่ากับ 1.34 กิโลกรัม และจะผลิตถ่านเท่ากับ 0.12 กิโลกรัม

11. ค่าใช้จ่ายในการดำเนินงาน ทางโครงการกำหนดดังนี้คือ

11.1 ค่าจ้างและเงินเดือนจะเพิ่มขึ้น ร้อยละ 1.5 ในทุก ๆ ปี

11.2 ค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษาเครื่องจักรในการผลิตไฟฟ้าจะเพิ่มขึ้นเท่ากับ ร้อยละ 0.4 เงินลงทุนในทุก ๆ ปี

11.3 ค่าน้ำค่าไฟในการดำเนินการในโรงไฟฟ้าชีวมวลจะเพิ่มขึ้น ร้อยละ 0.4 ในทุก ๆ ปี

11.4 ค่าซื้อวัตถุดิบชีวมวลจะเพิ่มขึ้นเท่ากับร้อยละ 0.5 ของค่าซื้อวัตถุดิบชีวมวลในทุกๆปี

11.5 ราคาจำหน่ายไฟฟ้าคาดว่าจะเพิ่มขึ้นในอัตราร้อยละ 2 ต่อปี

11.6 ราคาถ่านหุงต้มคาดว่าจะเพิ่มขึ้นในอัตราร้อยละ 1 ต่อปี

12. กำหนดราคาซื้อขายคาร์บอนเครดิตอยู่ที่อัตราระยะ 15 ดอลลาร์ต่อตัน (จากราคาซื้อขายคาร์บอนเฉลี่ยของปี 2552 ในตลาด CERs: Certified Emission Reductions) และกำหนดอัตราแลกเปลี่ยนที่ 32 บาทต่อUSD

## ผลและวิจารณ์

การศึกษาอิทธิพลของต้นทุนภายนอกต่ออัตราารับซื้อไฟฟ้าของ โรงไฟฟ้าชีวมวลขนาดเล็ก ที่ขนาดกำลังการผลิต 250 กิโลวัตต์วัตต์และ 900 กิโลวัตต์วัตต์ นั้น แบ่งได้ 4 ส่วนด้วยกันคือ 1. ศึกษาต้นทุนทางการเงิน ประกอบด้วย การระบุนายการต้นทุน -ผลตอบแทน ความเป็นไปได้ทางการเงินของโครงการ การวิเคราะห์ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ของโครงการ ด้วยมูลค่าปัจจุบันของผลตอบแทนสุทธิ อัตราส่วนผลประโยชน์ต่อต้นทุน และอัตราผลตอบแทนภายในของโครงการ รวมทั้งผลการทดสอบค่าความแปรเปลี่ยนของโครงการ ซึ่งจะทดสอบทั้งทางด้านต้นทุนและผลประโยชน์ 2. การศึกษาต้นทุนทางเศรษฐกิจและสังคม (Social and Economy Cost) 3. การศึกษาต้นทุนสิ่งแวดล้อม (Environmental Costs) หรือที่เรียกว่าผลกระทบจากปัจจัยภายนอก (Externality) 4. การวิเคราะห์โครงสร้างราคารับซื้อไฟฟ้าและอัตรารับซื้อไฟฟ้าพิเศษ (Feed-in Tariff)

### รายละเอียดและความเป็นมาของโครงการต้นแบบโรงไฟฟ้าชีวมวลสุรนารีขนาดเล็กลำหรับชุมชน

โรงไฟฟ้าชีวมวลสุรนารีหรือโรงไฟฟ้าชีวมวลเฉลิมพระเกียรติฉลองสิริราชสมบัติครบ 60 ปี เป็นโรงไฟฟ้าชีวมวลขนาดเล็กสำหรับชุมชนเริ่มก่อสร้างในเดือน ตุลาคม พ .ศ. 2548 โดยความร่วมมือของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี และบริษัท ซาคาเกะ คอร์ปอเรชั่น จำกัด ประเทศญี่ปุ่น มีวัตถุประสงค์เพื่อทำการพัฒนาระบบการผลิตไฟฟ้าจาก เศษวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรโดยอาศัยเทคโนโลยีแก๊สซิฟิเคชั่น เพื่อใช้เป็นต้นแบบในการศึกษาวิจัย และเผยแพร่ไปสู่ชุมชน โดยดำเนินการก่อสร้างแล้วเสร็จในปี พ.ศ. 2549 โรงไฟฟ้าชีวมวล สุรนารีมีกำลังการผลิต 100 กิโลวัตต์ เป็นโรงไฟฟ้าชีวมวลขนาดเล็กใช้เทคโนโลยี Biomass Gasification ชนิด Open Top Downdraft Gasification โดยทำการป้อนเชื้อเพลิงทางด้านบน ที่ใช้หลักการเผาไหม้ที่ควบคุมปริมาณอากาศ ทำให้เกิดการเผาไหม้ที่ไม่สมบูรณ์

เชื้อเพลิงชีวมวลที่เป็นของแข็ง จะถูกเปลี่ยนเป็นแก๊สมือองค์ประกอบ คือ แก๊สคาร์บอนมอนนอกไซด์ (CO) 18-22% แก๊สไฮโดรเจน (H<sub>2</sub>) 18-20% และ แก๊สมีเทน (CH<sub>4</sub>) 1-2% มีค่าความร้อนเฉลี่ย 4.5-5.5 เมกะจูลต่อลูกบาศก์เมตร สามารถนำไปใช้เป็นเชื้อเพลิงทดแทนน้ำมันปิโตรเลียมหรือแก๊สธรรมชาติได้ โดยแก๊สเชื้อเพลิงที่ผลิตได้ เมื่อนำมาผ่านกระบวนการทำความสะอาด (ฝุ่น/ยางเหนียว) และลดอุณหภูมิแล้ว สามารถใช้เป็นเชื้อเพลิงให้กั บเครื่องยนต์สันดาปภายใน ที่เป็นต้น

กำลังผลิตกระแสไฟฟ้าได้ และสามารถใช้ได้กับเศษวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร (ชีวมวล) ได้ทุกประเภท อาทิ เศษไม้ ทางและทะเลสาบปาล์ม แกลบ กะลามะพร้าว ชังข้าว โปด เหง้ามันสำปะหลัง ฯลฯ จึงเหมาะสมกับทุกภาคของประเทศไทย



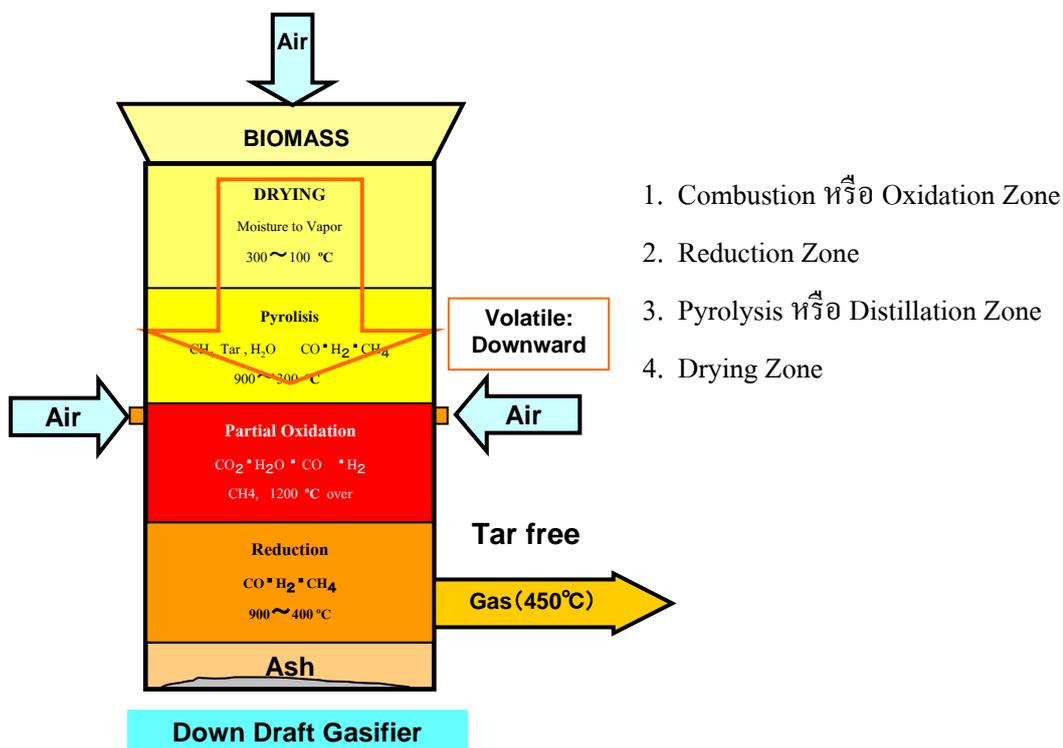
ภาพที่ 1 ต้นแบบโรงไฟฟ้าชีวมวลขนาดเล็ก มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

### เทคโนโลยีกระบวนการแก๊สซิฟิเคชัน

กระบวนการแก๊สซิฟิเคชัน (Biomass Gasification) เป็นกระบวนการที่ทำให้องค์ประกอบไฮโดรคาร์บอนที่มีอยู่ในเชื้อเพลิงชีวมวล เปลี่ยนรูปไปเป็นแก๊สเชื้อเพลิงที่จุดไฟติดและมีค่าความร้อนสูง โดยอาศัยปฏิกิริยาอูณหเคมี (Thermo-Chemical Reaction) ซึ่งแก๊สเชื้อเพลิงดังกล่าวนี้ประกอบด้วย แก๊สคาร์บอนมอนนอกไซด์ ( $\text{CO}$ ) แก๊สไฮโดรเจน ( $\text{H}_2$ ) และแก๊สมีเทน ( $\text{CH}_4$ ) ซึ่งสถานะที่ทำให้เกิดแก๊สดังกล่าวก็คือ สถานะการเผาไหม้ที่ไม่สมบูรณ์ กล่าวคือ เป็นสถานะที่มีการจำกัดปริมาณอากาศหรือแก๊สออกซิเจน เพราะหากมีแก๊สออกซิเจนเพียงพอ หรือมากเกินไปจะ

กลายเป็นกระบวนการเผาไหม้ที่สมบูรณ์ (Combustion) และมีการปลดปล่อยแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ ไอน้ำ ออกมาซึ่งไม่ติดไฟ

ในกระบวนการแก๊สซิฟิเคชัน เราสามารถแบ่งโซนการเกิดปฏิกิริยาออกเป็น 4 โซน ดังนี้



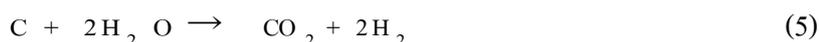
ภาพที่ 2 กระบวนการแก๊สซิฟิเคชัน

Combustion หรือ Oxidation Zone เป็นบริเวณที่ป้อนอากาศ เมื่อถูกกระตุ้นด้วยความร้อน เชื้อเพลิงชีวมวลจะลุกไหม้ เกิดปฏิกิริยาอุณหภูมิระหว่างแก๊ส ออกซิเจนในอากาศกับคาร์บอนและไฮโดรเจน ซึ่งอยู่ในเชื้อเพลิงชีวมวล ผลของปฏิกิริยาดังกล่าวก่อให้เกิดแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ และน้ำ ดังสมการที่ (1) ถึง (2)



ปฏิกิริยาในสมการที่ (1) และ (2) เป็นปฏิกิริยาคายความร้อนและความร้อนที่เกิดขึ้นนี้จะถูกนำไปใช้ในปฏิกิริยาคูดความร้อนในโซน Reduction และโซน Pyrolysis อุณหภูมิในโซน Combustion จะมีค่าระหว่าง 1,100 – 1,500 °C

Reduction Zone แก๊สร้อนที่ผ่านมาจาก Combustion Zone จะทำให้เกิดปฏิกิริยา Reduction ใน Zone นี้จะมีอุณหภูมิระหว่าง 500 – 900 °C ทำให้แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์และน้ำจะไหลผ่านคาร์บอนที่กำลังลุกไหม้อยู่ ก่อให้เกิดแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์และไฮโดรเจน ดังสมการที่ (3) ถึง (7)

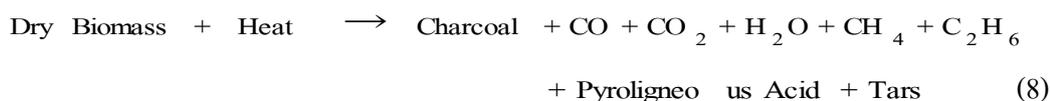


ปฏิกิริยาในสมการที่ (3) เรียกว่า Boundouard Reduction และปฏิกิริยาในสมการที่ (4) เรียกว่า Water Gas Reduction เป็นปฏิกิริยาคูดความร้อนเกิดขึ้นที่อุณหภูมิ 900 °C แก๊สที่ได้จากทั้งสมการทั้งสองเป็นแก๊สที่เผาไหม้ได้ และแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์เป็นแก๊สหลักที่ต้องการ ปริมาณของแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ในแก๊สชีววมวลนี้จะขึ้นอยู่กับแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ว่าจะทำปฏิกิริยากับคาร์บอนที่ร้อนได้มากน้อยเพียงใด ในโซนของ Reduction นี้ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นจะดีเพียงใดขึ้นอยู่กับอุณหภูมิ ความเร็วของแก๊สที่สัมผัสกับ เชื้อเพลิงชีววมวล และพื้นที่ผิวสัมผัสของเชื้อเพลิงชีววมวล ดังนั้นขนาดและปริมาณของเชื้อเพลิงชีววมวลที่ใช้ จะมีผลต่อการผลิตแก๊สเชื้อเพลิงซึ่งเชื้อเพลิงชีววมวลขนาดใหญ่จะมีอัตราส่วนของพื้นที่ผิวต่อปริมาตรต่ำ ทำให้ยากต่อการจุดเผาภายในเตาและจะทำให้เกิดปริมาณของช่องว่างระหว่างเชื้อเพลิงด้วยกันมาก เป็นผลทำให้มีออกซิเจนไหลผ่านเข้าไปในระบบมาก ปฏิกิริยาทางเคมีที่เกิดขึ้นก็จะน้อยตามไปด้วย ทำให้ประสิทธิภาพในการผลิตแก๊สชีววมวลมีค่าต่ำ

แต่ถ้าขนาดของเชื้อเพลิงมีขนาดเล็ก ก็จะทำให้เกิดการสูญเสียความดันภายในเตามาก จึงต้องใช้พัดลมขนาดใหญ่ทำให้สิ้นเปลืองพลังงานมากยิ่งขึ้นและแก๊สที่ผลิตได้ก็จะมีฝุ่นมากยิ่งขึ้น จากปฏิกิริยาถ้ำอุณหภูมิในโซน Reduction สูงกว่า 900 °C แล้วแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ประมาณ 90% จะถูกเปลี่ยนเป็นแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ และถ้าอุณหภูมิสูงมากกว่า 1,100 °C จะทำให้แก๊สคาร์บอน ไดออกไซด์ทั้งหมดเปลี่ยนเป็นแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ นั่นคือประสิทธิภาพของเตาเผา จะเพิ่มขึ้นตามอุณหภูมิของโซน Reduction

ในขณะที่แก๊สร้อนจากโซน Combustion ไหลเคลื่อนเข้าสู่โซน Reduction จะทำให้ อุณหภูมิของแก๊สลดลง เนื่องจากเป็นปฏิกิริยาคูดความร้อน ดังนั้น ไอน้ำกับคาร์บอนจะทำปฏิกิริยา กันเพื่อก่อให้เกิดแก๊สไฮโดรเจนและแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ ดังสมการที่ (5) ซึ่งจะเกิดขึ้นที่ อุณหภูมิต่ำประมาณ 500-600 °C ปฏิกิริยานี้มีความสำคัญเพราะจะทำให้ส่วนผสมของแก๊ส ไฮโดรเจนในแก๊สชีววมวลมีค่ามากขึ้นซึ่งมีผลทำให้แก๊สมีค่าพลังงานคว ามร้อนสูงขึ้น (แก๊ส ไฮโดรเจนมีผลต่อการจุดระเบิดของเครื่องยนต์สันดาปภายใน )แต่ถ้าในกระบวนการที่มีไอน้ำมาก เกินไปไอน้ำอาจทำปฏิกิริยา กับแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ จะทำให้เกิดคาร์บอนไดออกไซด์และ ไฮโดรเจนดังสมการที่ (6) (ปฏิกิริยานี้เรียกว่า Water Shift Reduction) ทำให้ค่าความร้อนของแก๊ส ชีวมวลที่ได้มีค่าลดลง ดังนั้นเชื้อเพลิงชีววมวลที่ใช้จะต้องมีความชื้นไม่มากจนเกินไป นอกจากนี้ใน กระบวนการ Reduction แก๊สไฮโดรเจนบางส่วนจะทำปฏิกิริยากับคาร์บอนทำให้เกิดแก๊สมีเทนขึ้น ได้ ดังสมการที่ (7) ปฏิกิริยานี้เรียกว่า Methane Production

Pyrolysis หรือ Distillation Zone รับความร้อนจากโซน Reduction ทำให้ Volatile Matter ที่อยู่ในเชื้อเพลิงชีววมวลเกิดการสลายตัว เกิดเป็นเมทานอล กรดน้ำส้ม และทาร์ อุณหภูมิในโซนนี้ จะมีค่าประมาณ 200-500 °C ของแข็งที่เหลืออยู่ภายหลังจากการผ่านกระบวนการนี้ก็คือ คาร์บอน ในรูปถ่าน ซึ่งจะทำปฏิกิริยาต่อในโซน Reduction และ Combustion ปฏิกิริยาที่ได้ในโซนนี้แสดงไว้ ในสมการที่ (8)



Drying Zone ในโซนนี้ความร้อนจะลดลงมากทำให้อุณหภูมิ มีไม่สูงพอที่จะทำให้เกิดการสลายตัวของ Volatile Matter แต่ความชื้นในเชื้อเพลิงจะระเหยออกมาได้ โชนนี้จะมีอุณหภูมิประมาณ 100-200 °C

ส่วนประกอบของระบบต้นแบบโรงไฟฟ้าชีวมวลขนาดเล็ก มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี มีส่วนประกอบหลัก 3 ส่วนคือ ชุดเตาผลิตแก๊สชีวมวล ระบบทำความสะอาดแก๊ส และ อุปกรณ์ผลิตกระแสไฟฟ้า

### 1. ชุดเตาผลิตแก๊สชีวมวล

เตาผลิตแก๊สชีวมวล เป็นชนิด Open- Top Downdraft Gasifier ภายนอกทำจากวัสดุโลหะม้วนกลม ภายในบุด้วยฉนวนกันความร้อนทำจากวัสดุทนความร้อน ทำหน้าที่เก็บรักษาอุณหภูมิที่ได้จากการเผาไหม้และลดการสูญเสียความร้อน ด้านบนของเตาประกอบด้วย Hopper Feeder รับเชื้อเพลิงชีวมวล และฝาปิดที่ Sealed ด้วยน้ำ ทำหน้าที่ป้องกันไม่ให้อากาศเข้าเตาขณะ Shut down ระบบ ด้านข้างของเตาจะมีทางเข้าของอากาศหลายส่วน เพื่อป้อนอากาศและควบคุมอากาศเข้าสู่เตาสำหรับใช้ในการเผาไหม้ ด้านล่างของเตามีระบบลำเลียงจี้ถ่านที่ได้จากการเผาไหม้ออกจากเตาสามารถควบคุมระยะเวลาการลำเลียงจี้ถ่านออกได้ แสดงไว้ในภาพที่ 3

### 2. ระบบทำความสะอาดแก๊ส (แสดงไว้ใน ภาพที่ 3) ซึ่งประกอบด้วย

2.1 Cyclone Collector เป็นอุปกรณ์แยกฝุ่นหรืออนุภาคออกจากแก๊ส ใช้หลักการดักฝุ่นด้วยแรงหนีศูนย์กลางทำให้เกิดแก๊สหมุนวน (Vortex) จากนั้นฝุ่นหรืออนุภาคจะตกลงสู่ด้านล่างของ Cyclone Collector ส่วนแก๊สจะหมุนวนอยู่ด้านบนแล้วไหลตามท่อไปสู่ระบบ Water Scrubber และ Chiller Scrubber

2.2 Water Scrubber and Chiller Scrubber เป็นอุปกรณ์ดักฝุ่นหรืออนุภาคออกจากแก๊สโดยใช้ละอองน้ำ ส่วน Chiller Scrubber เป็นอุปกรณ์ดักฝุ่นและยางเหนียว (Tar) โดยใช้น้ำเย็นซึ่งไอระเหยของยางเหนียวจะ Condense ลงมาพร้อมกับน้ำลงไปสู่ระบบบำบัดน้ำเสีย

2.3 ระบบบำบัดน้ำเสีย (Close System) เป็นระบบน้ำหมุนเวียนที่มีระบบบำบัดน้ำเสียทางเคมี (Chemical Treatment) โดยใช้หลักการโคแอกูเลชัน (Coagulation) ซึ่งใช้สารเร่งการรวมตัวตะกอน (Coagulant) คือ PAC (Polymer Aluminum Chloride) ร่วมกับสารเคมีที่ช่วยในกระบวนการเพื่อให้อนุภาคของตะกอนมีขนาดที่ใหญ่ขึ้น ระบบบำบัดน้ำเสีย (Close System) ส่วนประกอบคือ

2.3.1 Flocculation Tank ทำหน้าที่เป็นถังบำบัดน้ำที่ผ่าน Water Scrubber และ Chiller Scrubber เนื่องจากน้ำที่นำไปใช้จะทำหน้าที่ดักฝุ่นหรือยางเหนียวออกจากแก๊ส ฝุ่นหรือยางเหนียวเหล่านั้นก็จะจับมากับน้ำ แล้วไหลลงสู่ถัง จากนั้นน้ำจะถูกส่งไปยัง Flocculation Tank เพื่อเติมสารเคมี (Chemical Treatment) ทำให้ฝุ่นหรืออนุภาคจับตัวกันเป็นก้อนเรียกว่า ตะกอน ซึ่งตะกอนที่ได้สามารถนำไปตากแห้งแล้วนำกลับมาใช้เป็นเชื้อเพลิงได้อีกครั้ง สำหรับน้ำส่วนใสจะนำกลับไปใช้หมุนเวียนในระบบต่อไป

2.3.2 Buffer Tank เป็นถังเก็บพัก และบำบัดน้ำ โดยน้ำเสียที่มาจาก Water Scrubber และ Chiller Scrubber จะถูกดึงกลับมาที่ถังรวบรวม น้ำเสีย (Water Tank A) และจะถูกดึงไปบำบัด ใน Flocculation Tank จะผ่านการบำบัดขั้นที่ 2 ด้วยการกรองด้วยถ่าน คาร์บอน (Active Carbon) ก่อนจะรวบรวมกลับมาถัง (Water Tank B) เพื่อนำกลับไปใช้กับระบบทำความสะอาดแก๊สต่อไป สำหรับน้ำเสียส่วนที่ตกตะกอน จะบำบัด โดยผ่านระบบกรอง (Filter) ส่วนที่เป็นน้ำที่ผ่านการกรองจะรวบรวมไปเก็บไว้ในถังรวบรวมน้ำเสีย (Water Tank C) เพื่อนำกลับไปบำบัดอีกครั้ง

2.3.3 Bag Filter Unit ทำหน้าที่ ดักฝุ่นหรืออนุภาค และความชื้นครั้งสุดท้าย หลังจากผ่านกระบวนการต่างๆที่กล่าวมาแล้วข้างต้น โดยฝุ่นหรืออนุภาค ที่ผ่านเข้ามาจะถูกจับไว้รวมกันเป็นแผ่นของฝุ่นหรืออนุภาคที่ผิวหน้าของถุงกรองซึ่งสามารถกรองอนุภาคที่มีขนาดเล็กมากถึง 0.1 มิลลิเมตร เพื่อให้ได้แก๊สที่สะอาดสามารถนำไปใช้กับเครื่องยนต์สันดาปภายในได้

### 3. ระบบผลิตกระแสไฟฟ้า

3.1 Start Up Flare หน้าที่ทดสอบการลุกไหม้ของแก๊สเชื้อเพลิงที่ผลิตได้ (Producer Gas) และระบายแก๊สออกจากระบบกรณีฉุกเฉิน Start Up Flare จะติดตั้งไว้ในระบบก่อนทางเข้าเครื่องยนต์ของแก๊ส แสดงไว้ใน (แสดงไว้ใน ภาพที่ 3)

3.2 Engine-Generator Set เป็นชุดเครื่องยนต์ใช้เชื้อเพลิงแก๊สที่ได้มาจากการเผาไหม้ภายในเตาผลิตแก๊สชีวมวล แล้วผ่านกระบวนการต่างๆเพื่อให้มีความเหมาะสมกับการเป็นเชื้อเพลิง แล้วนำกำลังที่ได้จากเครื่องยนต์ไปขับ Generator เพื่อผลิตกระแสไฟฟ้าออกมา ทั้งนี้แก๊สที่ผลิตได้สามารถนำไปใช้กับเครื่องยนต์สันดาปภายในที่จุดระเบิดด้วยการอัด (Diesel Engine) และระบบจุดระเบิดด้วยหัวเทียนโดยใช้เชื้อเพลิงควบติเซลและใช้แก๊สชีวมวล 100% สำหรับต้นแบบโรงไฟฟ้าชีวมวลขนาดเล็กนี้ ติดตั้งชุดเครื่องยนต์ผลิตกระแสไฟฟ้าทั้ง 2 แบบ คือ Diesel – Engine Generator Set (KOMUTSU: 6 สูบ , 125 KVA) และ Gas – Engine Generator Set (CUMMINS: 6 สูบ , 115 KVA)



ก. เตาผลิตแก๊สชีวมวล



ข. Cyclone Collector



ค. Water Scrubber and Chiller Scrubber



ง. Flocculation Tank

ภาพที่ 3 อุปกรณ์ผลิตกระแสไฟฟ้าและระบบบำบัดมลพิษโรงไฟฟ้าชีวมวลขนาดเล็กสำหรับชุมชน มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี



จ. ระบบบำบัดน้ำเสีย (Close System)



ฉ. Bag Filter Unit



ช. Start Up Flare



ซ. Engine-Generator Set

### ภาพที่ 3 (ต่อ)

ในส่วนของต้นทุนการผลิตนั้นการศึกษา ครั้งนี้จะใช้ข้อมูลการผลิตไฟฟ้าของโรงไฟฟ้า ชีวมวลสุรนารี ขนาดกำลังการผลิต 100 กิโลวัตต์ ที่สามารถจ่ายกระแสไฟฟ้าได้ 200 ครั้วเรื่อน นำมาเป็นข้อมูลเบื้องต้นเพื่อนำมาประยุกต์และศึกษาที่มูลค่าของต้นทุนค่ากำลังการผลิตที่ 250 และ 900 กิโลวัตต์ โดยที่ศึกษาที่กำลังการผลิตที่ 250 กิโลวัตต์ และ 900 กิโลวัตต์ เพื่อจะดูผลกระทบที่เกิดขึ้นระหว่างค่าการผลิตที่ต่ำสุดและสูงสุดที่ไม่เกินขนาดการผลิตที่ 1 เมกะวัตต์ ซึ่งต้นทุน สิ่งแวดล้อมนี้ได้ทำการคำนวณมูลค่าผลกระทบสิ่งแวดล้อมจากการผลิตไฟฟ้าและการปลูกไม้โตเร็วเพื่อเป็นเชื้อเพลิง

วัตถุดิบชีวมวลที่ใช้ได้เช่น วัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร (ชีวมวล) ทุกประเภท เช่น ไม้โตเร็ว เศษไม้ ทางและทะเลายปาล์ม แกลบ กะลามะพร้าว ชังข้าวโพด เหง้ามันสำปะหลัง เป็นต้น การศึกษาความเป็นไปได้ในการปลูกไม้โตเร็วเพื่อเป็นพลังงานชีวมวล ของโครงการ ต้นแบบโรงไฟฟ้าชีวมวลขนาดเล็ก มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี บนพื้นที่จำนวน 144 ไร่ได้ทดลองปลูกชนิดไม้โตเร็วที่เหมาะสมต่อการส่งเสริมให้ปลูกเป็นไม้เพื่อพลังงาน 3 ชนิดคือ

1. ยูคาลิปตัสคามาลคูเลนซิส (*Eucalytus camaldulensis* Schlecht.) อยู่ในวงศ์ Myrtaceae เป็นไม้โตเร็วที่มีคุณสมบัติเหมาะสม มีรูปทรงลำต้นเปลาตรง สามารถเจริญเติบโตและตัดฟันเพื่อใช้ประโยชน์ได้ตั้งแต่อายุ 3 – 5 ปี สามารถแตกหน่อได้ดี โดยไม่ต้องปลูกใหม่ สามารถเจริญเติบโตได้แทบทุกสภาพพื้นที่

2. กระจินเทพา (*Acacia mangium* Willd.) อยู่ในวงศ์ Mimosaceae เนื้อไม้ มีส่วนกระพี้บาง สีเหลืองอ่อน แก่นสีน้ำตาล เนื้อไม้แข็งและทนทาน มีค่าถ่วงจำเพาะประมาณ 0.56 ไม้กระจินเทพาเป็นไม้ที่มีสมบัติการเป็นเชื้อเพลิงที่ดี มีค่าความร้อนสูงประมาณ 8,800 – 4,900 แคลอรีต่อกรัม

3. กระจินยักษ์ (*Leucaena leucocephala* (Lamk.) de Wit) อยู่ในวงศ์ Mimosaceae (LEGUMINOSAE) สามารถใช้ประโยชน์ได้หลากหลาย ลำต้นใช้ทำเสารั้ว ฟืน ถ่าน เชื้อกระดาด ใบกระจินยักษ์สามารถใช้เป็นอาหารสัตว์ได้ เนื่องจากมีคุณค่าทางอาหารสูง เนื้อไม้ มีสีเหลืองอ่อนเกือบขาว แก่นมีสีน้ำตาลแดง ไม้กระจินยักษ์สามารถทำเป็นไม้ฟืนได้ดี ถ่านที่ทำจากไม้กระจินยักษ์ให้ความร้อนสูงประมาณ 4,400 แคลอรีต่อกิโลกรัม กระจินยักษ์เป็นพืชตระกูลถั่ว เหมาะสำหรับปลูกเพื่อบำรุงดินและช่วยปรับปรุงป่าที่เสื่อมโทรมให้กลับเป็นสภาพป่าที่อุดมสมบูรณ์

ปริมาณพื้นที่เพาะปลูกไม้โตเร็วและปริมาณไม้โตเร็วที่ต้องการ ได้ทำการคำนวณจากผลการทดสอบประสิทธิภาพต้นแบบชีวมวลขนาดเล็กสำหรับชุมชน (วิรัช, 2551) พบว่า ไม้โตเร็ว น้ำหนัก 1.2 กิโลกรัม (ความชื้น 15%) สามารถเปลี่ยนเป็นพลังงานไฟฟ้า ได้ 1 หน่วย (kWh) โดยใช้เทคโนโลยีแก๊สซิฟิเคชัน ซึ่งสามารถนำมาคำนวณหาขนาดพื้นที่ปลูกไม้โตเร็วได้ โดยอาศัยความสัมพันธ์ระหว่าง อัตราส่วนการเปลี่ยนไม้เป็นพลังงานไฟฟ้า ความชื้นของไม้ ผลผลิตต่อไร่รอบการตัดฟัน ซึ่งผลการศึกษาที่ได้จากงานวิจัย สามารถสรุปได้ดังภาคผนวก ข

การปลูกไม้โตเร็วทั้งสามชนิดเพื่อใช้เป็นวัตถุดิบในโรงไฟฟ้า ในระยะเริ่มต้นโครงการโดยการวางแผนการปลูกต้นไม้อย่างเป็นระบบ เพื่อใช้เป็นแปลงตัวอย่างถาวรในการเก็บข้อมูลอย่างต่อเนื่อง และทราบถึงชนิดไม้ที่เหมาะสม การจัดการด้านผลผลิตของต้นไม้ให้ได้ประโยชน์สูงสุด ผลกระทบต่อพื้นที่ภายหลังการปลูกป่าเพื่อพลังงานอย่างต่อเนื่อง ไม้โตเร็วทั้งสามชนิดที่นำมาทดลองปลูกเป็นวัตถุดิบในโครงการ โรงไฟฟ้าชีวมวลสุรนารี ขนาดกำลังการผลิต 100 กิโลวัตต์ เป็นไม้โตเร็วที่สามารถ ปลูกได้ในพื้นที่ส่วนใหญ่ของประเทศ และมีราคาซื้อขายไม้ต่อตัน อยู่ในระดับที่สูง ดังตารางที่ 4 ดังนั้นการศึกษาอิทธิพลของต้นทุนภายนอกต่ออัตราค่ารับซื้อไฟฟ้าของโรงไฟฟ้าชีวมวลขนาดเล็ก ที่ขนาดกำลังการผลิต 250 กิโลวัตต์วัตต์และ 900 กิโลวัตต์วัตต์ จึงเลือกพิจารณาผลต้นทุนและกระทบภายนอกที่มาจากไม้โตเร็วที่มีราคาซื้อขายสูง สุดคือยูคาลิปตัส โดยที่จังหวัดนครราชสีมา ราคาซื้อขายไม้โตเร็วประเภทยูคาลิปตัสจะอยู่ที่ตันละ 800 บาทขึ้นไป ทั้งนี้ราคาซื้อขายไม้โตเร็วขึ้นอยู่กับประเภทและขนาดของไม้โตเร็วที่ตัดขาย

### ผลการวิเคราะห์ทางการเงิน

ในการวิเคราะห์ความคุ้มค่าของโครงการ มีวัตถุประสงค์เพื่อต้องการที่จะทราบว่า ในการก่อสร้างระบบของการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าด้วย Gasifier ขนาด 250 กิโลวัตต์วัตต์ และขนาด 900 กิโลวัตต์วัตต์นั้น จะก่อให้เกิดผลประโยชน์ทางการเงินคุ้มค่างับค่าเสียโอกาสของต้นทุนที่ได้ถูกนำมาใช้ไปหรือไม่และมากน้อยเพียงใด โดยประกอบด้วย 3 ส่วน คือ

- 1) การวิเคราะห์ต้นทุน
- 2) การวิเคราะห์ผลประโยชน์
- 3) การวิเคราะห์ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์

#### 1) การวิเคราะห์ต้นทุนของโครงการ

ต้นทุนของการพัฒนาโครงการก่อสร้างระบบผลิตไฟฟ้า พลังงานชีวมวลด้วยไม้โตเร็วระบบ Gasifier ณ ขนาดกำลังการผลิตที่ 250 กิโลวัตต์วัตต์และขนาดกำลังการผลิตที่ 900 กิโลวัตต์วัตต์ มีต้นทุนดังนี้

1. ค่าลงทุน ค่าลงทุนในส่วนของการติดตั้งระบบระบบผลิตไฟฟ้าด้วย Gasifier ขนาด 250 กิโลวัตต์วัตต์ และขนาด 900 กิโลวัตต์วัตต์ เป็นค่าใช้จ่ายในองค์ประกอบหลักของระบบ โดยประกอบด้วยค่าใช้จ่ายที่สำคัญตามต้นทุนดังนี้

### 1.1. ต้นทุนคงที่ (Fix Cost: FC)

ต้นทุนคงที่ เป็นต้นทุนการผลิตที่ไม่ได้แปรผันไปตามปริมาณของผลผลิตที่ เช่น ดอกเบี้ยเงินกู้ ค่าก่อสร้างโรง ไฟฟ้า เป็นต้น สำหรับต้นทุนทางเศรษฐศาสตร์ใน ประเด็นนี้ สามารถแปลงค่าทาง ตลาดให้สะท้อนถึงมูลค่าที่แท้จริงของทรัพยากร โดยใช้ค่าแปรราคาเงาของ สินค้าประเภทเครื่องจักรและอุปกรณ์ (CF for capital goods: CapCF) และแปลงค่าดำเนินการและ บำรุงรักษาทางการเงินให้เป็นมูลค่าทางเศรษฐศาสตร์โดยใช้ค่า CF มาตรฐานทั่วไปที่เรียกว่า SCF (Standard conversion factor)

จากการประมาณราคา พบว่าจะมีเงินลงทุนในระบบ 17,000,000 บาท ซึ่ง ประกอบด้วย ค่าเครื่องผลิตก๊าซ ค่าเครื่อง ынดัดสีเซลและเครื่องกำเนิดไฟฟ้า และอุปกรณ์เชื่อมต่อ ไฟฟ้าเข้าระบบ อาคารโรงงานมูลค่า 1,000,000 บาท เงินลงทุนทั้งหมดพิจารณาได้จากตาราง ภาคผนวกที่ 1-ง4

### 1.2. ต้นทุนแปรผัน (Variable Cost: VC)

ต้นทุนแปรผัน เป็นต้นทุนการผลิตที่เปลี่ยนแปลงไปตามปริมาณของผลผลิต ได้แก่ ค่าจ้างแรงงาน ค่าวัตถุดิบ ค่าน้ำ ค่า ไฟฟ้า ที่ใช้ในการผลิต ค่าดำเนินการและบำรุงรักษา เป็นค่าใช้จ่ายที่ทำให้โครงการสามารถดำเนินงานไปได้จนตลอดอายุการใช้งานของระบบ ค่าใช้จ่ายดังกล่าวเกิดขึ้นทุกปีนับตั้งแต่ปีที่สองเป็นต้นไป ซึ่งค่าใช้จ่ายดังกล่าวประกอบด้วย

1.2.1. ค่าแรงงานและเงินเดือนบุคลากร จะประกอบด้วย ผู้จัดการ วิศวกร ช่าง ไฟฟ้าและคนงาน ซึ่งจากเงื่อนไขที่กำหนดขึ้นคือจะเพิ่มขึ้นร้อยละ 1.5 ใน ทุกๆ ปี ของค่าแรงงาน และเงินเดือนบุคลากรตลอดทั้งโครงการ

1.2.2. ค่าต้นทุนเชื้อเพลิงชีวมวล ประเภทไม้โตเร็วที่รับซื้อจากเกษตรกร เป็น ไม้โตเร็วที่รับซื้อมาจากเกษตรกรที่ปลูกในพื้นที่บริเวณใกล้กับ โรงไฟฟ้าชีวมวล ที่มีราคาการรับซื้ออยู่ ที่ตันละ 800 บาท และ จากเงื่อนไขที่กำหนดขึ้นค่าซื้อวัตถุดิบชีวมวลจะเพิ่มขึ้นเท่ากับร้อยละ 0.5 ของค่าซื้อวัตถุดิบในทุกๆปี

1.2.3. ค่าสาธารณูปโภค สามารถแบ่งเป็น ค่าไฟฟ้า ค่าน้ำ และค่าวิเคราะห์คุณภาพ ซึ่งจากเงื่อนไขที่กำหนดขึ้นคือ เพิ่มขึ้นร้อยละ 0.4 ของทุกๆปี

## 2) การวิเคราะห์ผลประโยชน์ของโครงการ

ผลประโยชน์ทางการเงินจากโรงไฟฟ้าชีวมวลที่ใช้เชื้อเพลิงจากไม้โตเร็วสามารถแบ่งเป็น รายได้จากการขายไฟฟ้าให้การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย และรายรับจากการขายถ่านคังนี้

### 2.1) รายได้จากการขายไฟฟ้าให้การไฟฟ้าฝ่ายผลิต

รายได้หลักทางการเงินของโรงไฟฟ้า ชีวมวลที่ใช้เชื้อเพลิงจากไม้โตเร็วคือ รายรับจากการขายไฟฟ้าให้การไฟฟ้าฝ่ายจำหน่าย สำหรับอัตราซื้อไฟฟ้า เป็นไปตามระเบียบการรับซื้อไฟฟ้าจากผู้ผลิตไฟฟ้าพลังงานหมุนเวียนขนาดเล็กมาก (Very Small Power Producer: VSPP)

ทั้งนี้กำหนดให้โรงไฟฟ้าชีวมวลมี กำลังการผลิตทั้งสิ้น 335 วัน (จำนวนวันที่ทำการบำรุงรักษาเครื่องจักร 30 วัน) โดยทำการผลิต 24 ชั่วโมงต่อวัน (On peak 13 ชั่วโมงต่อวัน และ off peak 11 ชั่วโมงต่อวัน) คิดเป็นจำนวน 8,040 ชั่วโมงต่อปี

ค่าไฟฟ้าฐาน กำหนดให้เป็นประเภทอัตราตามช่วงเวลาของการใช้ (Time of use) ค่าไฟฟ้าขายส่ง ณ. ระดับแรงดัน 11-33 กิโลวัตต์ กำหนดเป็น 2 ช่วงเวลา On peak 13 ชั่วโมงต่อวัน และ Off peak 11 ชั่วโมงต่อวัน

Peak เวลา 09.00 – 22.00 น. วันจันทร์-ศุกร์ และวันพืชมงคล

Off Peak เวลา 22.00 – 09.00 น. วันเสาร์-วันอาทิตย์

วันหยุดราชการตามปกติ ไม่รวมวันหยุดชดเชย

อัตรารับซื้อไฟฟ้า On peak หน่วยละ 2.9278 บาท

Off peak หน่วยละ 1.1154 บาท

โดยกำหนดค่า Ft. ที่ 0.77 บาทต่อหน่วย (ตามตารางผนวกที่ ค1)

อัตราส่วนเพิ่มใน Feed-in Tariff เท่ากับ 0.3 บาทต่อหน่วย (รายละเอียดคังภาคผนวก ก) ราคาจำหน่ายดังกล่าวจะเพิ่มขึ้นในอัตราร้อยละ 2 ต่อปี โดยการรับชำระค่าไฟฟ้าจากการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคนั้น จะชำระเป็นเงินสดในเดือนถัดไปทั้งจำนวน

ซึ่งในการคำนวณจะแบ่งเป็นการคำนวณ รายได้จากการไฟฟ้า ณ ขนาดกำลังการผลิตที่ 250 กิโลวัตต์ และ 900 กิโลวัตต์

รายได้จากการจำหน่ายไฟฟ้าสามารถคำนวณได้ ดังนี้

ประมาณการรายได้ค่าไฟฟ้าของโรงไฟฟ้าชีวมวลที่ใช้ไม้โตเร็วเป็นเชื้อเพลิงขนาดกำลังการผลิตที่ 250 กิโลวัตต์

ระยะเวลาในการเดินเครื่อง	335 วัน/ปี
คิดเป็นระยะเวลาในการเดินเครื่อง	8,040 ชั่วโมง/ปี
กำลังการผลิตของโครงการ (Net out put)	250 กิโลวัตต์/ชั่วโมง
คิดเป็นชั่วโมง Peak	4,355 ชั่วโมง/ปี
จำนวนการขายไฟฟ้า ช่วงเวลา Peak	$4,355 \times 250 = 1,088,750$ หน่วย/ปี
คิดเป็นเงินค่าไฟฟ้ารวมค่า adder และค่า Ft	$(2.9278 + 0.77 + 0.3) \times (1,088,750)$ $= 4,352,604$ บาท/ปี
คิดเป็นชั่วโมง Off Peak	3,685 ชั่วโมง/ปี
จำนวนการขายไฟฟ้า ช่วงเวลา Off Peak	$(3,685 \times 250) = 921,250$ หน่วย/ปี
คิดเป็นเงินค่าไฟฟ้า	$(1.1154 + 0.77 + 0.3) \times (921,250)$ $= 2,013,299$ บาท/ปี
รวมผลประโยชน์จากการขายไฟฟ้า	$(4,352,604) + (2,013,299)$ $= 6,365,903$ บาท/ปี

ประมาณการรายได้ค่าไฟฟ้าของโรงไฟฟ้าชีวมวลที่ใช้ไม้โตเร็วเป็นเชื้อเพลิงขนาดกำลังการผลิตที่ 900 กิโลวัตต์

ระยะเวลาในการเดินเครื่อง	335 วัน/ปี
คิดเป็นระยะเวลาในการเดินเครื่อง	8,040 ชั่วโมง/ปี
กำลังการผลิตของโครงการ (Net out put)	900 กิโลวัตต์/ชั่วโมง/

คิดเป็นชั่วโมง Peak	4,355 ชั่วโมง/ปี
จำนวนการขายไฟฟ้า ช่วงเวลา Peak	$4,355 \times 900 = 3,919,500$ หน่วย/ปี
คิดเป็นเงินค่าไฟฟ้า รวมค่า adder และค่า Ft	$(2.9278 + 0.77 + 0.3) \times (3,919,500)$ = 15,669,377 บาท/ปี
คิดเป็นชั่วโมง Off Peak	3,685 ชั่วโมง/ปี
จำนวนการขายไฟฟ้า ช่วงเวลา Off Peak	$(3,685 \times 900) = 3,316,500$ หน่วย/ปี
คิดเป็นเงินค่าไฟฟ้า	$(1.1154 + 0.77 + 0.3) \times (3,316,500)$ = 13,258,703 บาท/ปี
รวมผลประโยชน์จากการขายไฟฟ้า	$(15,669,377) + (13,258,703)$ = 28,928,080 บาท/ปี

2.2. รายได้จากการขายถ่าน ซึ่งเป็นของเหลือใช้จากขบวนการผลิตไฟฟ้า โดยปกติแล้วถ่านจากการเผาไหม้จะขนไปฝังกลบ หรือกำจัดตามขบวนการ หากแต่ถ่านจากชีวมวลสามารถนำไปทำเป็นถ่านอัดแท่ง ดังนั้นจึงถือว่าเป็นผลประโยชน์ด้านหนึ่งของโครงการ

ซึ่งในการคำนวณจะแบ่งเป็นการคำนวณรายได้จากการถ่าน ณ ขนาดกำลังการผลิตที่ 250 กิโลวัตต์ และ 900 กิโลวัตต์

ณ ขนาดกำลังการผลิตที่ 250 กิโลวัตต์

รายได้จากการขายผลพลอยได้ (ถ่าน) สามารถคำนวณได้ดังนี้

รายได้จากการขายถ่าน = ปริมาณถ่านจากผลพลอยได้  $\times$  ราคาถ่านหุงต้ม

โดยที่ ราคาเฉลี่ยถ่านหุงต้มในจังหวัดนครราชสีมา (บาท/กิโลกรัม) = 7 บาท/กิโลกรัม

1 หน่วยไฟฟ้า ผลิตถ่านได้ 0.12 กิโลกรัม กำลังการผลิตต่อปี (กิโลกรัมต่อปี)

ดังนั้น รายรับจากการขายถ่าน

จำนวนถ่านที่ผลิตได้	0.72	ตัน/วัน
จำนวนวันดำเนินการ	335	วัน/ปี
ราคาขาย	7,000	บาท/ปี
รวมรายได้จากการขายถ่าน	1,688,400	บาท/ปี

ณ ขนาดกำลังการผลิตที่ 900 กิโลวัตต์

รายได้จากการขายผลพลอยได้ (ถ่าน) สามารถคำนวณได้ดังนี้

รายได้จากการขายถ่าน = ปริมาณถ่านจากผลพลอยได้ × ราคาถ่านหุงต้ม

โดยที่ ราคาเฉลี่ยถ่านหุงต้มในจังหวัดนครราชสีมา (บาท/กิโลกรัม) = 7 บาท/กิโลกรัม

1 หน่วยไฟฟ้า ผลิตถ่านได้ 0.12 กิโลกรัม กำลังการผลิตต่อปี (กิโลกรัมต่อปี)

ดังนั้น รายรับจากการขายถ่าน

จำนวนถ่านที่ผลิตได้	2.592	ตัน/วัน
จำนวนวันดำเนินการ	335	วัน/ปี
ราคาขาย	7,000	บาท/ปี
รวมรายได้จากการขายถ่าน	6,078,240	บาท/ปี

แสดงรายการต้นทุน-ผลตอบแทนทางการเงินของโรงไฟฟ้าชีวมวลที่ใช้เชื้อเพลิงจากไม้โตเร็ว ณ ขนาดกำลังการผลิตที่ 250 กิโลวัตต์วัตต์และขนาดกำลังการผลิตที่ 900 กิโลวัตต์วัตต์ ดังตารางที่ 9 - 13

3) ผลการวิเคราะห์ความเหมาะสมทางการเงินของโครงการการวิเคราะห์ถึงความเหมาะสมทางการเงินเป็นการพิจารณาจาก 4 ตัวชี้วัด ดังนี้

1. มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (Net Present Value – NPV) ตัวชี้วัด NPV เป็นค่าแสดงถึงความสามารถในการทำกำไรของโครงการ ณ อัตราคิดลดที่กำหนด ซึ่งถ้าหากค่า  $NPV > 0$  แสดงว่า โครงการมีความเหมาะสมทางเศรษฐศาสตร์

2. อัตราส่วนระหว่างมูลค่าปัจจุบันของผลประโยชน์กับต้นทุน (Benefit Cost Ratio – B/C) ตัวชี้วัด B/C เป็นค่าแสดงถึง ประสิทธิภาพการใช้งบของโครงการ ณ อัตราคิดลดที่กำหนด ซึ่งถ้า  $B/C > 1$  แสดงว่า โครงการมีความเหมาะสมทางเศรษฐศาสตร์

3. อัตราผลตอบแทนทางการเงิน (financial Internal Rate of Return – FIRR) ตัวชี้วัด FIRR เป็นค่าแสดงถึงอัตราผลตอบแทนที่แท้จริงของโครงการ ซึ่งถ้าหาก  $FIRR >$  อัตราค่าเสียโอกาสของต้นทุนทรัพยากรภายในประเทศ แสดงว่าโครงการมีความเหมาะสมทางเศรษฐกิจ

4. ระยะเวลาคืนทุน (Payback Period) ระยะเวลาคืนทุน คือ ระยะเวลาที่ผลตอบแทนสุทธิจากดำเนินงานมีค่าเท่ากับ ค่าลงทุนของโครงการ วิธีการนี้พิจารณาถึงจำนวนปีจะได้รับผลตอบแทนคุ้มค่าเงินลงทุน และใช้กันมากในวงธุรกิจ โดยเฉพาะในกรณีที่มีอัตราการเสี่ยงภัยสูง โดยโครงการที่มีความเสี่ยงกำหนดให้มีระยะเวลาคืนทุนมากกว่า 5 ปี

ผลการวิเคราะห์ความเหมาะสมทางการเงินของโครงการ โรงไฟฟ้าชีวมวลจากไม้โตเร็วที่ขนาดกำลังการผลิตที่ 250 กิโลวัตต์ และ 900 กิโลวัตต์ ดังแสดงในตารางที่ 13

ตารางที่ 9 ต้นทุนและผลประโยชน์ทางการเงินของโรงไฟฟ้าชีวมวลที่ใช้ไม้โตเร็วเป็นเชื้อเพลิง ขนาดกำลังการผลิต 250 กิโลวัตต์ ที่อัตราคิดลด 5% ราคาซื้อขายชีวมวล 800 บาทต่อตัน

ปีที่	ต้นทุน (Cost)	มูลค่า ปัจจุบัน ของต้นทุน	ผลประโยชน์ (Benefits)	มูลค่า ปัจจุบัน ผลประโยชน์	ผลตอบแทน สุทธิ	ผลตอบแทน สุทธิสะสม
0	15,000,000	15,000,000			-15,000,000	-15,000,000
1	2,637,216	2,510,630	8,054,305	7,667,698	5,157,069	-9,842,931
2	2,695,947	2,445,224	8,198,507	7,436,046	4,990,822	-4,852,109
3	2,759,530	2,298,688	8,345,423	6,951,737	4,653,049	-199,060
4	2,828,447	2,324,983	8,495,108	6,982,979	4,657,995	4,458,935
5	2,903,226	2,273,226	8,647,614	6,771,082	4,497,856	8,956,791
6	2,984,447	2,226,397	8,802,996	6,567,035	4,340,638	13,297,428
7	3,072,752	2,181,654	8,961,310	6,362,530	4,180,876	17,478,304
8	3,168,841	2,142,137	9,122,613	6,166,886	4,024,750	21,503,054
9	3,273,488	2,108,126	9,286,962	5,980,804	3,872,677	25,375,732
10	3,387,544	2,076,564	9,454,417	5,795,558	3,718,993	29,094,725
รวม		37,587,629		66,682,355	29,094,725	90,270,867

**ตารางที่ 10** ต้นทุนและผลประโยชน์ทางการเงินของโรงไฟฟ้าชีวมวลที่ใช้ไม้ไผ่เร็วเป็นเชื้อเพลิง ขนาดกำลังการผลิต 250 กิโลวัตต์ ที่อัตราคิดลด 10% ราคาซื้อขายชีวมวล 800 บาทต่อตัน

ปีที่	ต้นทุน (Cost)	มูลค่า ปัจจุบัน ของต้นทุน	ผลประโยชน์ (Benefits)	มูลค่า ปัจจุบัน ผลประโยชน์	ผลตอบแทน สุทธิ	ผลตอบแทน สุทธิสะสม
0	15,000,000	15,000,000			-15,000,000	-15,000,000
1	2,637,216	2,397,229	8,054,305	7,321,363	4,924,134	-10,075,866
2	2,695,947	2,226,852	8,198,507	6,771,967	4,545,115	-5,530,752
3	2,759,530	2,072,407	8,345,423	6,267,413	4,195,006	-1,335,746
4	2,828,447	1,931,829	8,495,108	5,802,159	3,870,329	2,534,584
5	2,903,226	1,800,000	8,647,614	5,361,521	3,561,521	6,096,104
6	2,984,447	1,683,228	8,802,996	4,964,890	3,281,662	9,377,766
7	3,072,752	1,576,322	8,961,310	4,597,152	3,020,830	12,398,596
8	3,168,841	1,476,680	9,122,613	4,251,138	2,774,458	15,173,054
9	3,273,488	1,387,959	9,286,962	3,937,672	2,549,713	17,722,767
10	3,387,544	1,304,204	9,454,417	3,639,951	2,335,746	20,058,513
รวม		32,856,711		52,915,224	20,058,513	51,419,019

ตารางที่ 11 ต้นทุนและผลประโยชน์ทางการเงินของโรงไฟฟ้าชีวมวลที่ใช้ไม้ไผ่เร็วเป็นเชื้อเพลิง  
ขนาดกำลังการผลิต 900 กิโลวัตต์ ที่อัตราคิดลด 5% ราคาซื้อขายชีวมวล 800 บาทต่อตัน

ปีที่	ต้นทุน (Cost)	มูลค่า ปัจจุบันของ ต้นทุน	ผลประโยชน์ (Benefits)	มูลค่า ปัจจุบัน ผลประโยชน์	ผลตอบแทน สุทธิ	ผลตอบแทน สุทธิสะสม
0	46,400,000	46,400,000			-46,400,000	-46,400,000
1	14,461,457	13,767,307	35,006,320	33,326,017	19,558,710	-26,841,290
2	14,547,742	13,194,802	35,645,664	32,330,617	19,135,815	-7,705,475
3	14,634,669	12,190,679	36,297,187	30,235,557	18,044,877	10,339,402
4	14,722,245	12,101,685	36,961,127	30,382,046	18,280,361	28,619,763
5	14,810,477	11,596,603	37,637,725	29,470,339	17,873,735	46,493,499
6	14,899,372	11,114,932	38,327,229	28,592,113	17,477,181	63,970,680
7	14,988,936	10,642,145	39,029,890	27,711,222	17,069,077	81,039,757
8	15,079,176	10,193,523	39,745,965	26,868,272	16,674,749	97,714,507
9	15,170,100	9,769,544	40,475,716	26,066,361	16,296,817	114,011,323
10	15,261,713	9,355,430	41,219,411	25,267,499	15,912,069	129,923,392
รวม		160,326,650		290,250,043	129,923,392	491,165,557

ตารางที่ 12 ต้นทุนและผลประโยชน์ทางการเงินของโรงไฟฟ้าชีวมวลที่ใช้ไม้ไผ่เร็วเป็นเชื้อเพลิง ขนาดกำลังการผลิต 900 กิโลวัตต์ ที่อัตราคิดลด 10% ราคาซื้อขายชีวมวล 800 บาทต่อตัน

ปีที่	ต้นทุน (Cost)	มูลค่า ปัจจุบันของ ต้นทุน	ผลประโยชน์ (Benefits)	มูลค่า ปัจจุบัน ผลประโยชน์	ผลตอบแทน สุทธิ	ผลตอบแทน สุทธิสะสม
0	46,400,000	46,400,000			-46,400,000	-46,400,000
1	14,461,457	13,145,464	35,006,320	31,820,745	18,675,280	-27,724,720
2	14,547,742	12,016,435	35,645,664	29,443,318	17,426,884	-10,297,836
3	14,634,669	10,990,636	36,297,187	27,259,187	16,268,551	5,970,715
4	14,722,245	10,055,293	36,961,127	25,244,450	15,189,156	21,159,871
5	14,810,477	9,182,496	37,637,725	23,335,390	14,152,894	35,312,765
6	14,899,372	8,403,246	38,327,229	21,616,557	13,213,311	48,526,077
7	14,988,936	7,689,324	39,029,890	20,022,334	12,333,009	60,859,086
8	15,079,176	7,026,896	39,745,965	18,521,620	11,494,724	72,353,810
9	15,170,100	6,432,122	40,475,716	17,161,704	10,729,581	83,083,391
10	15,261,713	5,875,760	41,219,411	15,869,473	9,993,714	93,077,105
รวม		137,217,672		230,294,777	93,077,105	335,920,264

ตารางที่ 13 การวิเคราะห์การเงิน โรงไฟฟ้าชีวมวลขนาดเล็กสำหรับชุมชน

ต้นทุน/ผลประโยชน์ และการวิเคราะห์การเงิน	การวิเคราะห์การเงิน โรงไฟฟ้าชีวมวลแยกตามขนาดกำลังการผลิต			
	250 กิโลวัตต์		900 กิโลวัตต์	
	อัตราคิดลด		อัตราคิดลด	
	5%	10%	5%	10%
ต้นทุนรวมทั้งหมด (บาท)	37,587,680	32,856,711	160,326,651	137,217,673
- ค่าใช้จ่ายในการลงทุน	15,000,000	15,000,000	46,400,000	46,400,000
- ค่าใช้จ่ายในการ ดำเนินงานและ บำรุงรักษา	22,587,680	17,856,711	113,926,651	90,817,673
ผลประโยชน์รวมทั้งหมด (บาท)	66,682,355	52,915,224	290,250,043	230,294,777
- ผลประโยชน์รายได้ จากการเดินระบบ	46,677,649	37,040,657	203,175,030	161,206,344
- การขายผลพลอยได้ (ถ่าน)	20,004,706	15,874,567	87,075,013	69,088,433
การวิเคราะห์ทางด้าน การเงิน				
มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) : บาท	29,094,675	20,058,513	129,923,392	93,077,104
อัตราผลตอบแทนของ โครงการ (FIRR) : %	21.1%	21.1%	22.65%	22.65%
อัตรามูลค่าปัจจุบันของ ผลตอบแทนต่อต้นทุน (BCR)	1.77	1.61	1.81	1.67
ระยะเวลาคืนทุน (Pay Back Period)	4 ปี 15 วัน	4 ปี 6 เดือน 10 วัน	3 ปี 8 เดือน 28 วัน	4 ปี 8 เดือน 21 วัน

ที่ขนาดกำลังการผลิต 250 กิโลวัตต์ ณ อัตราคิดลดร้อยละ 5 พบว่า มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) เท่ากับ 29,094,675 บาท อัตราส่วนผลประโยชน์ต่อต้นทุน (BCR) เท่ากับ 1.77 อัตราผลตอบแทนภายในโครงการ (FIRR) เท่ากับร้อยละ 21.1 และระยะเวลาคืนทุน (Pay Back period) เท่ากับ 4 ปี 15 วัน

ที่ขนาดกำลังการผลิต 250 กิโลวัตต์ ณ อัตราคิดลดร้อยละ 10 พบว่า มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) เท่ากับ 20,058,513 บาท อัตราส่วนผลประโยชน์ต่อต้นทุน (BCR) เท่ากับ 1.61 อัตราผลตอบแทนภายในโครงการ (FIRR) เท่ากับร้อยละ 21.1 และระยะเวลาคืนทุน (Payback period) เท่ากับ 4 ปี 6 เดือน 10 วัน

ที่ขนาดกำลังการผลิต 900 กิโลวัตต์ ณ อัตราคิดลดร้อยละ 5 พบว่า มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) เท่ากับ 129,923,392 บาท อัตราส่วนผลประโยชน์ต่อต้นทุน (BCR) เท่ากับ 1.841 อัตราผลตอบแทนภายในโครงการ (FIRR) เท่ากับร้อยละ 22.65 และระยะเวลาคืนทุน (Payback period) เท่ากับ 3 ปี 8 เดือน 28 วัน

ที่ขนาดกำลังการผลิต 900 กิโลวัตต์ ณ อัตราคิดลดร้อยละ 10 พบว่า มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) เท่ากับ 93,077,104 บาท อัตราส่วนผลประโยชน์ต่อต้นทุน (BCR) เท่ากับ 1.67 อัตราผลตอบแทนภายในโครงการ (FIRR) เท่ากับร้อยละ 22.65 และระยะเวลาคืนทุน (Payback period) เท่ากับ 4 ปี 8 เดือน 21 วัน

จากผลการวิเคราะห์ทางการเงินของโครงการโรงไฟฟ้าพลัง งานชีวมวลที่ใช้ไม้ไผ่เร็วเป็นเชื้อเพลิง โดยใช้เกณฑ์การตัดสินใจต่างๆ ซึ่งนำค่าที่คำนวณได้มาเปรียบเทียบกับเกณฑ์ในการวัดความคุ้มค่าโครงการ ซึ่งได้แก่ มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) มีค่ามากกว่าศูนย์ นั้นหมายความว่าเมื่อลงทุนตามโครงการนี้แล้วให้ผลประโยชน์เมื่อคิดเป็นมูลค่าปัจจุบันแล้วมีค่ามากกว่ามูลค่าปัจจุบันของต้นทุนที่จ่ายออกไปตลอดอายุโครงการจึงก่อให้เกิดความคุ้มค่าในการลงทุน อัตราส่วนผลประโยชน์ต่อต้นทุน (BCR) มีค่ามากกว่า 1 อัตรา หมายถึงกำไรหรือผลตอบแทนที่ได้รับจากโครงการ ซึ่งผลที่ได้อยู่ในเกณฑ์ที่ก่อให้เกิดความคุ้มค่าต่อการลงทุน เช่นกัน ผลตอบแทนภายในโครงการ (FIRR) มีค่ามากกว่าอัตราคิดลดที่ใช้ ( $r = 5\%$  และ  $r=10\%$ ) หมายความว่าอัตราผลตอบแทนที่ทำให้มูลค่าปัจจุบันของผลประโยชน์เท่ากับมูลค่าปัจจุบันของต้นทุนตลอด อายุโครงการมีค่าสูงกว่าอัตราค่าเสียโอกาสเงินลงทุน ส่วนระยะเวลาคืนทุนนั้นพบว่า โครงการ

โรงไฟฟ้าชีวมวลที่ขนาดกำลังการผลิต 250 กิโลวัตต์วัตต์และ 900 กิโลวัตต์ มีระยะเวลาการคืนทุนที่อยู่ในเกณฑ์ที่สามารถยอมรับได้

### ผลการวิเคราะห์ต้นทุนทางสังคมและเศรษฐกิจ

ต้นทุนทางสังคมและเศรษฐกิจ (Social and Economy Cost) หรือที่เรียกว่าผลกระทบจากปัจจัยภายนอก (Externality) จากกิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับการผลิตไฟฟ้าพลังงานชีวมวลโดยใช้ไม้โตเร็ว (ยูคาลิปตัส) โดยสามารถแบ่งการศึกษาออกเป็น 3 ด้าน คือ

- ด้านผลกระทบต่อการปลูกป่าเศรษฐกิจ (ประเภทไม้โตเร็ว)
- ด้านผลกระทบต่อกิจกรรมการขนส่งไม้โตเร็ว
- ด้านผลกระทบต่อรายได้และการจ้างงานในท้องถิ่น

การลงทุนของโรงไฟฟ้าชีวมวลจะนำมาซึ่งระบบกิจกรรมทางเศรษฐกิจของชุมชน ตั้งแต่กระบวนการปลูกไม้โตเร็ว การขนส่งไม้เร็ว และการนำเศษวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรมาเป็นวัตถุดิบชีวมวลป้อนสู่โรงงาน ตลอดจนจะเป็นตัวกระตุ้นให้การว่างงานที่แอบแฝง หรือการทำงานไม่เต็มที่ที่มีอยู่เป็นจำนวนมาก ขึ้นนั้นลดจำนวนลง (มูลนิธิพลังงานเพื่อสิ่งแวดล้อม, 2548)

ฉะนั้นการมีระบบกิจกรรมเศรษฐกิจชุมชนซึ่งเป็นผลกระทบจากโรงไฟฟ้าชีวมวลขนาดเล็กสำหรับชุมชนสามารถที่จะช่วยทำให้เกิดงานเพิ่มขึ้นในชุมชน การอพยพแรงงานลดลงจากการมีงานเพิ่มขึ้น และก็อาจส่งผลให้ค่าจ้างแรงงานในชุมชนสูงขึ้น ซึ่งในเรื่องนี้สามารถพิจารณาได้ว่าเป็นทั้งข้อดี และข้อเสียของระบบเศรษฐกิจภายในชุมชน การเพิ่มขึ้นของค่าจ้างถือว่า เป็นผลประโยชน์ที่ดี แต่ถ้าหากเป็นกรณีที่เคยมีค่าจ้างโดยเฉลี่ยสูงอยู่แล้ว และการมีโรงไฟฟ้าชีวมวลขนาดเล็กสำหรับชุมชนทำให้เกิดค่าจ้างที่สูงขึ้นไปอีก ในลักษณะเช่นนี้ถือได้ว่าเป็นผลกระทบที่ไม่ดี เพราะเป็นเหตุให้ต้นทุนการผลิต หรือการดำเนินกิจการต่างๆ เพิ่มขึ้น

ในการศึกษาครั้งนี้จะทำการศึกษาโดยใช้การสมมุติแบบจำลองและตัวแปร เพื่อทำการคำนวณถึงแนวโน้มอัตราการผลิตที่เพิ่มขึ้น ผลกระทบทางตรงและทางอ้อม กระบวนการผลิตทางอ้อมที่เพิ่มขึ้น

กรณีการคิดคำนวณในแต่ละกิจกรรม

### กิจกรรมการจ้างงานในพื้นที่ปลูกป่าเศรษฐกิจ (ประเภทไม้โตเร็ว: ยูคาลิปตัส)

กรณี ที่โรงไฟฟ้าชีวมวลขนาด 250 กิโลวัตต์ มีพื้นที่ปลูกไม้โตเร็ว 1,500 ไร่ (รายละเอียดดังตารางภาคผนวกที่ ข2) จะใช้คนงานดูแลและปลูกไม้โตเร็ว 150 คน และมีจำนวนวันในการจ้างทำงานต่อปีเท่ากับ 335 วัน โดยอัตราค่าจ้างแรงงานขั้นต่ำใหม่ของจังหวัดนครราชสีมาปรับเมื่อวันที่ 1 มกราคม 2551 คือ 165 บาทต่อวัน

ฉะนั้น เงินที่สะพัดภายในท้องถิ่น คือประมาณ 24,750 บาทต่อเดือน หรือคิดเป็น 9,033,750 บาทต่อปี

กรณี ที่โรงไฟฟ้าชีวมวลขนาด 900 กิโลวัตต์ พื้นที่ปลูกไม้โตเร็ว 5,400 ไร่ (รายละเอียดดังตารางภาคผนวกที่ ข2) จะใช้คนงานดูแลและปลูกไม้โตเร็ว 540 คน และมีจำนวนวันในการจ้างทำงานต่อปีเท่ากับ 335 วัน โดยอัตราค่าจ้างแรงงานขั้นต่ำใหม่ของจังหวัดนครราชสีมาปรับเมื่อวันที่ 1 มกราคม 2551 คือ 165 บาทต่อวัน

ฉะนั้น เงินที่สะพัดภายในท้องถิ่น คือประมาณ 89,100 บาทต่อเดือน หรือคิดเป็น 32,521,500 บาทต่อปี

### กิจกรรมการปลูกป่าเศรษฐกิจ (ประเภทไม้โตเร็ว: ยูคาลิปตัส)

กรณี ที่โรงไฟฟ้าชีวมวลขนาด 250 กิโลวัตต์ มีพื้นที่ปลูกไม้โตเร็ว (ยูคาลิปตัส) 1,500 ไร่ ได้ไม้โตเร็ว 3,500 ต้น/ปี และราคารับซื้อไม้โตเร็ว (ยูคาลิปตัส) เท่ากับ 800 บาท/ต้น

ฉะนั้น รายได้เงินหมุนเวียนที่จะเกิดขึ้น = ปริมาณไม้โตเร็วที่จะขาย 3,500 ต้น/ปี × ราคาที่รับซื้อชีวมวลประเภทไม้โตเร็ว 800 บาท/ต้น  
= 2,800,000 บาท/ปี

กรณี ที่โรงไฟฟ้าชีวมวลขนาด 900 กิโลวัตต์ พื้นที่ปลูกไม้โตเร็ว 5,400 ไร่ ได้ไม้โตเร็ว 12,600 ต้น/ปี และราคารับซื้อไม้โตเร็ว เท่ากับ 800 บาท/ต้น

ฉะนั้น รายได้เงินหมุนเวียนที่จะเกิดขึ้น = ปริมาณไม้โตเร็วที่จะขาย 12,600 ต้น/ปี × ราคาที่รับซื้อชีวมวล 800 บาท/ต้น

$$= 10,080,000 \text{ บาท/ปี}$$

### กิจกรรมการขนส่ง

ค่าขนส่งของรถรับจ้างโดยคิดเป็น 3 บาท/ตัน/กิโลเมตร และระยะทางในการขนส่งไม้โตเร็วไปยังโรงไฟฟ้าชีวมวลมีระยะเท่ากับ 100 กิโลเมตร (วีรชัย, 2551)

กรณี ที่โรงไฟฟ้าชีวมวลขนาด 250 กิโลวัตต์ มีพื้นที่ปลูกไม้โตเร็ว 1,500 ไร่ ไม้โตเร็ว 3,500 ตัน/ปี

$$\begin{aligned} \text{ฉะนั้น รายได้เงินหมุนเวียนที่จะเกิดขึ้น} &= \text{ปริมาณไม้โตเร็วที่จะขาย 3,500 ตัน/ปี} \times \text{ราคาค่า} \\ &\quad \text{ขนส่งของรถรับจ้างโดยคิด 3 บาท/ตัน/กิโลเมตร} \times \\ &\quad \text{ระยะทางในการขนส่ง 100 กิโลเมตร} \\ &= 1,050,000 \text{ บาท/ปี} \end{aligned}$$

กรณี ที่โรงไฟฟ้าชีวมวลขนาด 900 กิโลวัตต์ มีพื้นที่ปลูกไม้โตเร็ว 5,400 ไร่ ไม้โตเร็ว 12,600 ตัน/ปี

$$\begin{aligned} \text{ฉะนั้น รายได้เงินหมุนเวียนที่จะเกิดขึ้น} &= \text{ปริมาณไม้โตเร็วที่จะขาย 12,600 ตัน/ปี} \times \text{ราคาค่า} \\ &\quad \text{ขนส่งของรถรับจ้างโดยคิด 3 บาท/ตันกิโลเมตร} \times \\ &\quad \text{ระยะทางในการขนส่ง 100 กิโลเมตร} \\ &= 3,601,800 \text{ บาท/ปี} \end{aligned}$$

จากการคำนวณมูลค่าทางเศรษฐศาสตร์ ที่เกิดขึ้นในชุมชนที่มีระบบผลิตกระแสไฟฟ้าโดยใช้เชื้อเพลิงชีวมวลจากไม้โตเร็ว พบว่ามูลค่าทางเศรษฐศาสตร์ ที่เกิดขึ้นมาจากการมีส่วนร่วมในโครงการของชุมชนเช่นการ จ้างงาน กิจกรรมการปลูกป่าเศรษฐกิจ กิจกรรมการขนส่งวัตถุดิบ ดังนั้น เมื่อมีการก่อสร้างระบบผลิตไฟฟ้าจากชีวมวลประเภทไม้โตเร็ว จะก่อให้เกิดผลประโยชน์ทางสังคมดังนี้ เกิดมูลค่าการจ้างงานเท่ากับ 9,033,750 และ 32,521,500 บาทต่อปี ณ ที่ขนาดกำลังการผลิตของโรงไฟฟ้าชีวมวล 250 กิโลวัตต์ และ 900 กิโลวัตต์ตามลำดับ มูลค่ารายได้จากการปลูกไม้โตเร็วขายเท่ากับ 2,800,00 และ 10,080,000 บาทต่อปี ณ ที่ขนาดกำลังการผลิตของโรงไฟฟ้าชีวมวล 250 กิโลวัตต์ และ 900 กิโลวัตต์ตามลำดับ มูลค่ารายได้จากการเกิดกิจกรรมการขนส่งไม้โตเร็วจากพื้นที่เพาะปลูกไปยังโรงไฟฟ้าเท่ากับ 1,050,000 และ 3,601,800 บาทต่อปี ณ ที่ขนาดกำลังการผลิตของโรงไฟฟ้าชีวมวล 250 กิโลวัตต์ และ 900 กิโลวัตต์ตามลำดับ ซึ่งการมีส่วนร่วมทั้งทางตรง

และการมีส่วนร่วมทางอ้อมทำให้มีมูลค่าผลกระทบเชิงบวกต่อสังคมและเศรษฐกิจ เป็นจำนวน 12,883,750 บาท/ปี และ 46,203,300 บาท/ปี สอดคล้องกับการศึกษา Krajnc and Domac (2007) รายงานว่า การคำนึงถึงต้นทุนทางสังคมจะส่งผลกระทบเชิงบวกต่อสังคมและเศรษฐกิจในชุมชน สำหรับการสร้างโรงไฟฟ้าชีวมวลจากไม้โตเร็วที่ขนาดกำลังการผลิต 250 กิโลวัตต์และ 900 กิโลวัตต์ สามารถสรุปมูลค่าผลกระทบเชิงบวกที่เกิดขึ้นทั้งหมดในตารางที่ 14

ตารางที่ 14 มูลค่าผลกระทบภายนอกทางสังคมและเศรษฐกิจ (หน่วย: บาทต่อปี)

ผลกระทบภายนอกทางสังคมและเศรษฐกิจ	มูลค่าทางเศรษฐศาสตร์ที่ประเมินตามขนาดการผลิต	
	250 กิโลวัตต์	900 กิโลวัตต์
-รายได้การจ้างงานในพื้นที่ปลูกไม้โตเร็ว	9,033,750	32,521,500
-รายได้การปลูกไม้โตเร็วขาย	2,800,000	10,080,000
-รายได้จากกิจกรรมการขนส่งไม้โตเร็ว	1,050,000	3,601,800
มูลค่าทางเศรษฐศาสตร์ทั้งหมด	12,883,750	46,203,300

ปัจจุบันคาร์บอนไดออกไซด์ในอากาศมีปริมาณเพิ่มขึ้นกว่าภาวะปกติตามธรรมชาติอย่างมาก เนื่องจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงในโรงงานอุตสาหกรรม การใช้รถยนต์ที่เพิ่มขึ้น การใช้สารเคมีบางอย่างที่เพิ่มคาร์บอนไดออกไซด์ในอากาศ ประกอบกับการลดปริมาณลงของต้นไม้และป่าไม้ ซึ่งเกินกว่าที่ธรรมชาติจะปรับสภาพให้สมดุลได้ทัน จึงเกิดปัญหามลภาวะอากาศ ซึ่งการมีกิจกรรมการปลูกสวนป่าเศรษฐกิจ (ประเภทไม้โตเร็ว) สามารถเพิ่มพื้นที่การกักเก็บคาร์บอนหรือการดูดซับคาร์บอนได้ ซึ่งการจะทำให้ต้นไม้มีความสามารถในการกักเก็บคาร์บอนได้เพิ่มมากขึ้นสามารถทำได้โดยการปรับปรุงการนำต้นไม้ไปใช้ประโยชน์และการจัดการที่เหมาะสม เช่น ชนิดของไม้โตเร็ว การจัดระบบการตัดรอบพื้นที่ โดยคำนึงถึงอัตราการเจริญโต อายุของต้นไม้ และการจัดการดิน ซึ่งจะมีผลต่อศักยภาพในการกักเก็บคาร์บอนในต้นไม้ การกักเก็บคาร์บอนในต้นไม้จากผลพลอยได้ของ โรงไฟฟ้าชีวมวล ประเภทไม้โตเร็วซึ่ง ผลพลอยนี้สามารถที่จะช่วยเพิ่มปริมาณการดูดซับคาร์บอนไดออกไซด์ในชั้นบรรยากาศมากขึ้น เนื่องจากเมื่อมีการเพาะปลูกไม้โตเร็วในปีต่อไป ต้นไม้เหล่านี้จะดูดซับเอาก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO<sub>2</sub>) จากบรรยากาศมาใช้เพื่อการเจริญเติบโตหรือการเพิ่มมวลสาร ผ่านกระบวนการสังเคราะห์แสง ดังนั้นการใช้เชื้อเพลิงชีวมวลเพื่อผลิตพลังงานไฟฟ้าจึงไม่เกิดการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO<sub>2</sub>) และสามารถนำ

ผลประโยชน์ในการช่วยลดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO<sub>2</sub>) ในชั้นบรรยากาศเข้าสู่โครงการการขายคาร์บอนเครดิตซึ่งก็เป็นผลพลอยได้อีกทางหนึ่งของโครงการโรงไฟฟ้าชีวมวล

จากข้อมูลเบื้องต้นของ ไม้โตเร็วทั้ง 3 ชนิดได้แก่ คือ ไม้ยูคาลิปตัสพันธุ์คามาลดูเลนซิส กระถินเทพา และกระถินยักษ์ ถูกนำมาทดลองปลูกในแปลงปลูกพื้นที่รวมกันประมาณ 144 ไร่ บริเวณมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ซึ่งปริมาณพื้นที่ปลูกไม้โตเร็วสำหรับผลิตกระแสไฟฟ้า 100 กิโลวัตต์ (ครอบคลุม 200 หลังคาเรือน) สามารถนำมาคำนวณประโยชน์ของโครงการโรงไฟฟ้าชีวมวลประเภทไม้โตเร็วในด้านผลพลอยได้จากการขายคาร์บอนเครดิตไม้โตเร็วเอง ซึ่งโครงการต้องเป็นไปตามความสมัครใจและตามเงื่อนไขของ การดำเนินโครงการตามกลไกการพัฒนาที่สะอาด และ Carbon Credit ในประเทศไทย

#### การคำนวณปริมาณคาร์บอนจากไม้ชีวมวล

กรณีนี้ไม้ชีวมวลที่นำมาคิดคือ ยูคาลิปตัส จากข้อมูล (วีรัชย์, 2551) ต้นยูคาลิปตัส อายุ 4 ปี ซึ่งมีน้ำหนักแห้ง ประมาณ 100 กิโลกรัม พบว่ามีธาตุคาร์บอนที่ต้นยูคาลิปตัสเก็บกักไว้ในเนื้อไม้ ประมาณ 48-50% คำนวณได้ดังนี้

#### กรณีที่ 1

กำหนดให้: โรงไฟฟ้าชีวมวลขนาดเล็กสำหรับชุมชนที่มีกำลังการผลิต 250 กิโลวัตต์ และมีปริมาณการปลูกยูคาลิปตัสบนพื้นที่ทั้งหมด 1,500 ไร่ สามารถที่จะขายชีวมวล(ยูคาลิปตัส)ได้ 3,504,000 กิโลกรัมต่อปี ซึ่งจะสามารถดูดซับคาร์บอนได้ตันต่อปี ดังนี้

ถ้ายูคาลิปตัส 100 กิโลกรัม มีธาตุคาร์บอนอยู่ 50% กิโลกรัมคาร์บอน

ดังนั้น ยูคาลิปตัส 3,504,000 กิโลกรัม จะมีธาตุคาร์บอน = 1,752,000 กิโลกรัมคาร์บอน  
= 1,752 ตันคาร์บอน

ซึ่งจากข้อมูลการคำนวณนี้ สามารถที่จะนำมาคำนวณถึงผลประโยชน์จากการขาย CO<sub>2</sub> ได้ ดังนี้

อัตราการรับซื้อขาย ก๊าซ CO<sub>2</sub> ตามโครงการ CDM จะอยู่ที่ประมาณ 15 เหรียญ ต่อ 1 ตัน ดังนั้น จากยูคาลิปตัส 3,504,000 กิโลกรัม จะสามารถดูดซับคาร์บอนเท่ากับ 1,752 ตันคาร์บอนและสามารถขาย CO<sub>2</sub> ได้เท่ากับ 1,752 × 15 เหรียญ ได้เท่ากับ 26,280 ดอลลาร์สหรัฐ และคิดเป็น 840,960 บาท (เมื่อ 1 ดอลลาร์สหรัฐ = 32 บาท)

## กรณีที่ 2

กำหนดให้: โรงไฟฟ้าชีวมวลขนาดเล็กสำหรับชุมชนที่มีกำลังการผลิต 900 กิโลวัตต์ และมีการปลูกยูคาลิปตัสบนพื้นที่ทั้งหมด 5,400 ไร่ สามารถที่จะขายชีวมวล (ยูคาลิปตัส) ได้ 12,614,400 กิโลกรัมต่อปี ซึ่งจะสามารถดูดซับคาร์บอนได้ตันต่อปี ดังนี้

ถ้ายูคาลิปตัส 100 กิโลกรัม มีธาตุคาร์บอนอยู่ 50% กิโลกรัมคาร์บอน

ดังนั้น ยูคาลิปตัส 12,614,400 กิโลกรัม จะมีธาตุคาร์บอน = 6,307,200 กิโลกรัมคาร์บอน  
= 6,307.2 ตันคาร์บอน

ซึ่งจากข้อมูลการคำนวณนี้ สามารถที่จะนำมาคำนวณถึงผลประโยชน์จากการขาย CO<sub>2</sub> ได้ดังนี้

อัตราการรับซื้อขาย ก๊าซ CO<sub>2</sub> ตามโครงการ CDM จะอยู่ที่ประมาณ 15 เหรียญ ต่อ 1 ตัน

ดังนั้น จากยูคาลิปตัส 3,504,000 กิโลกรัม จะสามารถดูดซับคาร์บอนเท่ากับ 6,307.2 ตันคาร์บอนและสามารถขาย CO<sub>2</sub> ได้เท่ากับ 6,307.2 × 15 เหรียญ ได้เท่ากับ 94,605 ดอลลาร์สหรัฐ และคิดเป็น 3,027,360 บาท (เมื่อ 1 ดอลลาร์สหรัฐ = 32 บาท)

จากการคำนวณการขายคาร์บอนเครดิตของโรงไฟฟ้าชีวมวลขนาดเล็กสำหรับชุมชนซึ่งเป็นผลประโยชน์ทางด้านการลดต้นทุนสิ่งแวดล้อม จึงสามารถสรุปผลกระทบภายนอกทางด้านสังคมและเศรษฐกิจ และประโยชน์จากการลดต้นทุนสิ่งแวดล้อมได้ดังตารางที่ 15

ตารางที่ 15 สรุปผลกระทบภายนอกทางด้านสังคมและเศรษฐกิจ และประโยชน์จากการลดต้นทุนสิ่งแวดล้อม (หน่วย: บาทต่อปี)

ผลกระทบภายนอก	มูลค่าทางเศรษฐศาสตร์ที่ประเมินตามขนาดการผลิต	
	250 kW	900 kW
รวมมูลค่าทางเศรษฐศาสตร์และสังคมเศรษฐกิจที่เกิดขึ้นต่อชุมชน	12,883,750	46,203,300
ประโยชน์จากการลดต้นทุนสิ่งแวดล้อมรายได้จากการขาย CDM	840,960	3,027,360
มูลค่าทางเศรษฐศาสตร์ทั้งหมด	13,724,710	49,230,660

### ผลการวิเคราะห์มูลค่าผลกระทบภายนอกต่อหน่วยกำลังการผลิต

1. ผลการวิเคราะห์ผลกระทบภายนอกที่ขนาดกำลังการผลิต 250 กิโลวัตต์

$$\begin{aligned} \text{External Cost} &= \text{มูลค่าผลกระทบ (บาทต่อปี)} \div \text{กำลังการผลิตที่ผลิตได้ (กิโลวัตต์ต่อปี)} \\ &= 13,724,710 \div 2,010,000 \\ &= 6.82 \text{ บาท/กิโลวัตต์-ชั่วโมง} \end{aligned}$$

2. ผลการวิเคราะห์ผลกระทบภายนอกที่ขนาดกำลังการผลิต 900 กิโลวัตต์

$$\begin{aligned} \text{External Cost} &= \text{มูลค่าผลกระทบ (บาทต่อปี)} \div \text{กำลังการผลิตที่ผลิตได้ (กิโลวัตต์ต่อปี)} \\ &= 49,230,660 \div 7,236,000 \\ &= 6.80 \text{ บาท/กิโลวัตต์-ชั่วโมง} \end{aligned}$$

ดังนั้นมูลค่าผลกระทบภายนอกต่อหน่วยกำลังการผลิตของโรงไฟฟ้าชีวมวลโดยใช้ไม้โตเร็วเป็นเชื้อเพลิงคือ 6.82 บาท/กิโลวัตต์-ชั่วโมง และ 6.80 บาท/กิโลวัตต์-ชั่วโมง ที่ขนาดกำลังการผลิต 250 กิโลวัตต์และ 900 กิโลวัตต์ตามลำดับ

### ผลการศึกษาต้นทุนทางสิ่งแวดล้อม (Environmental Cost)

จากการศึกษาข้อมูลปฐมภูมิเบื้องต้นพบว่ามลพิษและของเสีย ที่เกิดจากกระบวนการแก๊สซิฟิเคชันของโรงไฟฟ้าชีวมวลสุรนารี มีดังต่อไปนี้

1. มลพิษอากาศ (Air Pollution) การปลดปล่อยมลพิษทางอากาศของระบบแก๊สซิฟิเคชันขึ้นอยู่กับ การติดตั้งอุปกรณ์ควบคุมมลพิษ และเครื่องยนต์สันดาปภายในที่นำมาใช้ ซึ่งในกระบวนการเผาไหม้เชื้อเพลิงโดยตรง จะเกิดออกไซด์ของไนโตรเจน ( $\text{NO}_x$ ) ออกไซด์ของซัลเฟอร์ ( $\text{SO}_x$ ) และองค์ประกอบของไดออกซิน (PCDD/F) แต่อย่างไรก็ตามในกระบวนการแก๊สซิฟิเคชันก็จำเป็นต้องมีการกำจัดก๊าซของเสียที่เกิดขึ้นภายในระบบโรงไฟฟ้าชีวมวล ซึ่งโรงไฟฟ้าชีวมวลสุรนารีได้มีการติดตั้งระบบ Pre-treatment Gas เพื่อกำจัดองค์ประกอบต่าง ๆ ที่อาจก่อให้เกิดมลภาวะได้

2. ของเสียในรูปของแข็ง (Solid Waste) ของเสียในรูปของแข็งที่เกิดจากกระบวนการแก๊สซิฟิเคชันจากการใช้เชื้อเพลิงชีวมวล ได้แก่ ถ่าน ขี้เถ้า ซึ่งจะเกิดขึ้นประมาณ 3-20% ของ

เชื้อเพลิงที่ป้อนสู่เตา โดยจะขึ้นอยู่กับองค์ประกอบของเชื้อเพลิงแต่ละชนิดซึ่งการกำจัดนั้นสามารถนำถ่านหรือซีเอนำมาอัดแท่งจำหน่ายเป็นถ่านเชื้อเพลิงหุงต้มจำหน่ายได้ ซึ่งเป็นผลพลอยได้ของรายได้โครงการ และสำหรับกากตะกอนน้ำเสียที่เกิดขึ้น จะนำมาตากแห้งและนำไปบำบัดด้วยการเผาโดยกระบวนการแก๊สซิฟิเคชัน ซึ่งจะได้พลังงานหมุนเวียนกลับมาใช้ใหม่

3. น้ำเสียที่เกิดจากระบบทำความสะอาดแก๊ส (Wastewater) ส่วนใหญ่เป็นน้ำที่เกิดจากระบบสครับเบอร์ (scrubber และ condense scrubber) ซึ่งน้ำเสียที่เกิดขึ้นมีทั้งมลสารที่อยู่ในรูปที่ละลายน้ำ และไม่ละลายน้ำ มลสารในรูปที่ละลายน้ำ เช่น Acetic Acid, Sulphur, Phenol, Oxygenated organic compounds เป็นต้น สำหรับส่วนที่ไม่ละลายน้ำส่วนใหญ่คือองค์ประกอบของทาร์ (Tars) และของแข็งแขวนลอย (Suspended Solid: SS)

น้ำเสียที่เกิดขึ้นของระบบจะ จัดการบำบัดน้ำเสียแบบปิด (Closed-loop System) ซึ่งเป็นระบบน้ำหมุนเวียนที่มีระบบบำบัดน้ำเสียทางเคมี (Chemical Treatment) โดยใช้หลักการโคแอกูเลชัน (Coagulation) ซึ่งใช้สารเร่งการรวมตัวตะกอน (Coagulant) คือ PAC (Polymer Aluminum Chloride) ร่วมกับสารเคมีที่ช่วยในกระบวนการเพื่อให้อนุภาคของตะกอนมีขนาดใหญ่ขึ้น กรองด้วยถ่านคาร์บอน (Active Carbon) ก่อนจะรวบรวมกลับมาถัง (Water Tank B) เพื่อนำกลับไปใช้กับระบบทำความสะอาดแก๊สต่อไป สำหรับน้ำเสียส่วนที่ตกตะกอน จะบำบัด โดยผ่านระบบกรอง (Filter) ส่วนที่เป็นน้ำที่ผ่านการกรอง จะรวบรวมไปเก็บไว้ในถังรวบรวมน้ำเสีย (Water Tank C) เพื่อนำกลับไปบำบัดอีกครั้ง ซึ่งน้ำเสียที่เกิดขึ้นจะผ่านระบบบำบัดแบบปิด จึงไม่มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม สำหรับกากตะกอนน้ำเสียที่เกิดขึ้น จะนำมาตากแห้งและนำไปบำบัด โดยการเผาด้วยกระบวนการแก๊สซิฟิเคชัน ซึ่งจะได้พลังงานหมุนเวียนกลับมาใช้ใหม่

จากที่ได้กล่าวข้างต้น โรงไฟฟ้าชีวมวลสุรนารีได้มีการติดตั้งระบบบำบัดมลพิษที่เกิดขึ้นพร้อมกับระบบผลิตกระแสไฟฟ้าแล้ว เพราะฉะนั้นค่าใช้จ่ายในระบบบำบัดของเสียและป้องกันสิ่งแวดล้อม จึงไม่สามารถแยกประเมินต้นทุนในส่วนนี้ได้ ถือว่าต้นทุนทางสิ่งแวดล้อมในส่วนนี้เป็นต้นทุนแฝงในทางการเงิน ดังนั้นการ ต้นทุนสิ่งแวดล้อม ตลอดจนการประเมินผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม ที่เกิดขึ้นจากกระบวนการผลิตไฟฟ้าของโรงไฟฟ้าชีวมวล จึงเป็นเรื่องสำคัญที่ต้องมีการศึกษาต่อไป

การคำนึงถึงการสนับสนุนพลังงานทางเลือกอย่างโรงไฟฟ้าชีวมวล ในปัจจุบันจะต้องคำนึงถึงต้นทุนและผลประโยชน์ทางด้านสิ่งแวดล้อมที่จะเกิดขึ้นต่อสังคมส่วนรวมเอาไว้ด้วย ซึ่งหลักในการพิจารณาค่าต้นทุนทางด้านสิ่งแวดล้อมในทางเศรษฐศาสตร์ มีดังนี้ สิ่งแวดล้อมทางด้านเศรษฐศาสตร์ คือ การรวมเอาต้นทุนผลกระทบภายนอกหรือต้นทุนทางด้านสิ่งแวดล้อม (External cost) เข้าไปในต้นทุนของเอกชน (Private cost) และจะได้ต้นทุนรวมของสังคม (Total social cost) ซึ่งมีความสัมพันธ์กันดังนี้

$$\text{Total Social Cost} = \text{Total External Cost} + \text{Total Private Cost}$$

$$\text{TSC} = \text{TEC} + \text{TVC}$$

ดังนั้นเมื่อนำต้นทุนทางสังคมที่เกิดขึ้นรวมกับต้นทุนของโรงไฟฟ้าชีวมวล จะได้ต้นทุนทางสังคมที่แท้จริงที่เกิดขึ้นกับพื้นที่ชุมชนและผู้ผลิตไฟฟ้าจากโรงไฟฟ้าชีวมวลขนาดเล็กประเภทไม้โตเร็ว โดยต้นทุนทางสังคมที่เกิดขึ้นสามารถนำไปวิเคราะห์ร่วมกับอัตราารับซื้อไฟฟ้าพิเศษ (Feed-in Tariff)

### ผลการวิเคราะห์โครงสร้างราคาซื้อขายไฟฟ้าและอัตรารับซื้อไฟฟ้าพิเศษ (Feed-in Tariff)

ตามหลักการกำหนดอัตราค่าไฟฟ้าในการซื้อขายไฟฟ้ากับผู้ผลิตไฟฟ้าขนาดเล็กมาก (VSPP) ไม่เกิน 1 เมกะวัตต์ การไฟฟ้าฝ่ายจำหน่ายจะแบ่งการรับซื้ออัตราค่าพลังงานไฟฟ้าที่การไฟฟ้าฝ่ายจำหน่ายรับซื้อจากผู้ผลิตไฟฟ้าพลังงานหมุนเวียนขนาดเล็กมาก การไฟฟ้าฝ่ายจำหน่ายจะแบ่งการรับซื้อพลังงานไฟฟ้าในแต่ละเดือนออกเป็น 2 ส่วน ดังนี้

1. อัตรารับซื้อ/ขาย ในระบบ Feed-in Tariff กรณี VSPP ใช้มากกว่าผลิต (Net energy consumption) จำนวนพลังงานไฟฟ้าที่ผู้ผลิตไฟฟ้าพลังงานหมุนเวียนขนาดเล็กมากขายให้การไฟฟ้าฝ่ายจำหน่าย น้อยกว่าหรือเท่ากับจำนวนพลังงานไฟฟ้าที่การไฟฟ้าฝ่ายจำหน่ายขายให้ผู้ผลิตไฟฟ้าพลังงานหมุนเวียนขนาดเล็กมากในแต่ละเดือน การไฟฟ้าฝ่ายจำหน่ายจะรับซื้อพลังงานไฟฟ้าในส่วนนี้ เท่ากับค่าพลังงานไฟฟ้าตามโครงสร้างอัตราค่าไฟฟ้าขายปลีกหรือค่าพลังงานไฟฟ้าขายปลีกเฉลี่ย ที่การไฟฟ้าฝ่ายจำหน่ายขายให้ผู้ผลิตไฟฟ้าพลังงานหมุนเวียนขนาดเล็กมากรายนั้นๆ ในเดือนนั้นๆ รวมกับค่าไฟฟ้าตามสูตรการปรับอัตราค่าไฟฟ้าโดยอัตโนมัติขายปลีกของการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย (Ft ขายปลีก)

การไฟฟ้ารับซื้อในราคา = ค่าไฟฟ้าฐานขายปลีก + ค่า Ft ขายปลีก

2. อัตราไฟฟ้ารับซื้อ/ขาย ในระบบ Feed-in Tariff - กรณี VSPP ผลิตมากกว่าใช้ (Net energy production) จำนวนพลังงานไฟฟ้าที่ผู้ผลิตไฟฟ้าพลังงานหมุนเวียนขนาดเล็กมากขายให้การไฟฟ้าฝ่ายจำหน่าย มากกว่าจำนวนพลังงานไฟฟ้าที่การไฟฟ้าฝ่ายจำหน่ายขายให้ผู้ผลิตไฟฟ้าพลังงานหมุนเวียนขนาดเล็กมากในแต่ละเดือน การไฟฟ้าฝ่ายจำหน่ายจะรับซื้อพลังงานไฟฟ้าส่วนที่เท่ากับจำนวนพลังงานไฟฟ้าที่การไฟฟ้าฝ่ายจำหน่ายขายให้ผู้ผลิตไฟฟ้าพลังงานหมุนเวียนขนาดเล็กมาก ในแต่ละเดือน

การไฟฟ้ารับซื้อในราคา = ค่าไฟฟ้าฐานขายส่งเฉลี่ย + ค่า Ft ขายส่งเฉลี่ย

จากหลักการสำคัญของระเบียบการรับซื้อไฟฟ้าจากผู้ผลิตไฟฟ้าขนาดเล็กมาก (Very Small Power Producer: VSSP) สามารถสรุปโครงสร้างราคารับซื้อไฟฟ้าของการไฟฟ้านครหลวง การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค และสำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน (การไฟฟ้าฝ่ายนครหลวง, 2547) ได้ดังนี้

การไฟฟ้ารับซื้อในราคา = พลังงานไฟฟ้า + Ft

เมื่อ:

พลังงานไฟฟ้า = ราคาเฉลี่ยขายในอัตรา Peak และ Off-Peak

Ft = ค่าไฟฟ้าโดยอัตโนมัติ หรือค่าไฟฟ้าผันแปร Fuel Adjustment Charge

(at the given time)

จะเห็นได้ว่าโครงสร้างอัตรการรับซื้อไฟฟ้าจากผู้ผลิตไฟฟ้าขนาดเล็ก ยังไม่ได้มีการคำนึงถึงต้นทุนและผลประโยชน์ที่แท้จริงของการผลิตไฟฟ้าจากชีวมวล อย่างเช่นในกรณีศึกษาครั้งนี้ของโรงไฟฟ้าชีวมวลประเภทไม้โตเร็ว ๖ ซึ่งการคำนึงถึงต้นทุนที่แท้จริง หรือต้นทุนทางสังคมที่เกิดขึ้นรวมกับต้นทุนของโรงไฟฟ้าชีวมวล จะทำให้อัตรการสนับสนุนทางด้านราคาการรับซื้อที่มีค่าเป็นจริงตามผลประโยชน์ที่เกิดขึ้นกับสังคมและสิ่งแวดล้อมจากการผลิตไฟฟ้าพลังงานทดแทน ดังนั้นรัฐจึงสนับสนุนการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานหมุนเวียน โดยการใช้มาตรการ Feed-in Tariff เป็นการกำหนดราคาเสนอซื้อไฟฟ้าที่ใช้พลังงานหมุนเวียนจากผู้ประกอบการเอกชน จากสาเหตุที่การ

ผลิตไฟฟ้าจากพลังงานหมุนเวียนยังมีต้นทุนการผลิตที่สูงอยู่นั้น ทำให้ผู้ประกอบการไม่สามารถผลิตไฟฟ้าจากพลังงานหมุนเวียนในเชิงพาณิชย์ได้ ซึ่งอัตราซื้อไฟฟ้า พิเศษหรือ Feed-in Tariff ประกอบไปด้วย

$$\text{ราคาซื้อไฟฟ้า} = \text{พลังงานไฟฟ้า} + Ft + \text{Feed-in Tariff}$$

เมื่อ:

$$\text{พลังงานไฟฟ้า} = \text{ราคาเฉลี่ยขายในอัตรา Peak และ Off-Peak}$$

$$Ft = \text{ค่าไฟฟ้าโดยอัตโนมัติ หรือค่าไฟฟ้าผันแปร Fuel Adjustment Charge}$$

(at the given time)

$$\text{Feed-in Tariff} = 0.3 \text{ บาท/หน่วย (ราคาปัจจุบันสำหรับพลังงานชีวมวล ดังภาคผนวก ก)}$$

การกำหนดราคาซื้อไฟฟ้า พิเศษหรือ Feed-in Tariff ควรกำหนดจากต้นทุนที่หลีกเลี่ยงได้ (Avoided Cost) ของการลงทุนของโรงไฟฟ้าก๊าซธรรมชาติ บวกด้วยอัตราสนับสนุนพิเศษซึ่งหมายถึงอัตราส่วนเพิ่มพิเศษที่สะท้อนต้นทุนการผลิตของพลังงานหมุนเวียนที่สูงกว่าก๊าซธรรมชาติ เมื่อมีการนำต้นทุนที่หลีกเลี่ยงได้ และ อัตราส่วนเพิ่ม ราคาซื้อไฟฟ้า (Adder) ดังตารางที่ 8 มาพิจารณาในโครงสร้างอัตราซื้อไฟฟ้าพิเศษ Feed-in Tariff ก็จะทำให้ได้ราคาซื้อไฟฟ้าสำหรับเชื้อเพลิงชีวมวลอยู่ที่ประมาณ 3.33 บาท/กิโลวัตต์ ดังตารางที่ 16 ซึ่งเมื่อเทียบราคาซื้อไฟฟ้าจากเชื้อเพลิงหมุนเวียนอื่นๆ เช่นการผลิตไฟฟ้าจากเชื้อเพลิง แสงอาทิตย์ที่มีต้นทุนการผลิตที่ 11.18 บาท/กิโลวัตต์ (มูลนิธิพลังงานเพื่อสิ่งแวดล้อม, 2547) และมีอัตราส่วนเพิ่มราคาซื้อไฟฟ้า (Adder) อยู่ที่ 8.0 บาท/กิโลวัตต์ ซึ่งจะทำให้ราคาการซื้อไฟฟ้าพิเศษ Feed-in Tariff ของการผลิตไฟฟ้าจากเชื้อเพลิงแสงอาทิตย์มีราคาการซื้อที่สูงกว่าการผลิตไฟฟ้าจากเชื้อเพลิงชีวมวล ซึ่งการที่ราคาการซื้อไฟฟ้าสูงกว่าเนื่องมาจากการต้นทุนการผลิตต่อหน่วยผลิตของเชื้อเพลิงแสงอาทิตย์มีราคาที่สูง แต่ถ้าพิจารณาถึงผลประโยชน์ที่เกิดขึ้นต่อสังคม เศรษฐกิจ และสิ่งแวดล้อม หรือผลกระทบภายนอกทางบวก ในการผลิตไฟฟ้าจากเชื้อเพลิง ชีวมวล ซึ่งทำให้เกษตรกรมีรายได้ และเกิดการจ้างงานเพราะชีวมวล สามารถผลิตได้ในประเทศ ผลกระทบภายนอกทางบวก จากการผลิตไฟฟ้าเชื้อเพลิงชีวมวลจะได้ประโยชน์มากกว่าการผลิตไฟฟ้าจากเชื้อเพลิงแสงอาทิตย์ เป็นต้น

การนำผลกระทบภายนอกทางบวกมาพิจารณา ในโครงสร้าง ราคาซื้อไฟฟ้าพิเศษหรือ Feed-in Tariff นั้นราคาซื้อไฟฟ้าที่ผลิตจากพลังงานชีวมวล อย่างน้อยที่สุดต้องไม่ต่ำกว่าพลังงาน

ที่ผลิตจากเชื้อเพลิงฟอสซิล ซึ่งจะทำให้ผู้ผลิต หมุนเวียน อย่างชีวมวลสามารถแข่งขันได้ในตลาด และเป็นแรงจูงใจในการผลิตพลังงาน หมุนเวียน สำหรับหลักการ กำหนดอัตราสนับสนุนพิเศษของ อัตราซื้อไฟฟ้าสำหรับพลังงานหมุนเวียนแต่ละประเภท เสนอให้ใช้การเปิดประมูลแข่งขันให้นักลงทุนเสนอระดับเงินสนับสนุนต่อหน่วยการผลิตที่ต้องการ ทำให้ได้ระดับการสนับสนุนเริ่มต้นที่เหมาะสม และได้ข้อมูลการลงทุนและต้นทุนการผลิตที่แท้จริง เพื่อใช้เป็นฐานในการติดตามและประเมินภาวะตลาด รวมถึงการประเมินระดับการสนับสนุน จากพลังงานทดแทนประเภทผู้ผลิตไฟฟ้าขนาดเล็ก ดังนั้น โครงสร้างราคาการรับซื้อไฟฟ้าพิเศษ (Feed-in Tariff) ที่ได้ เป็นดังนี้

$$\text{Feed-in Tariff} = \text{ต้นทุนที่หลีกเลี่ยงได้} + \text{อัตราส่วนเพิ่ม} + \text{ต้นทุนภายนอก}$$

ผลการศึกษา โครงสร้างราคาการรับซื้อไฟฟ้าและอัตราซื้อไฟฟ้าพิเศษ (Feed-in Tariff) ของโรงไฟฟ้าชีวมวลขนาดเล็กสำหรับชุมชน โดยนำมูลค่าต้นทุนภายนอกเชิงบวกที่คำนวณได้รวมกับต้นทุนที่หลีกเลี่ยงได้และอัตราสนับสนุน ของการกำหนดส่วนเพิ่มราคาการรับซื้อไฟฟ้าสำหรับผู้ผลิตไฟฟ้าขนาดเล็กมาจากพลังงานหมุนเวียน ซึ่งมีกำลังการผลิตไม่เกิน 1 เมกะวัตต์ ดังแสดงผลตามตารางที่ 16

**ตารางที่ 16** การเปรียบเทียบต้นทุนในการผลิตไฟฟ้า ต้นทุนทางด้านสิ่งแวดล้อม และอัตราส่วน  
เพิ่ม: กรณีโรงไฟฟ้าชีวมวลจากไม้โตเร็วขนาดกำลังการผลิต 250 กิโลวัตต์ (หน่วย:  
บาท/กิโลวัตต์)

เชื้อเพลิง	ต้นทุนในการผลิตไฟฟ้า	อัตราส่วนเพิ่ม	ต้นทุนภายนอกด้านบวก	ค่าอัตราส่วนเพิ่มเมื่อรวมต้นทุนภายนอกสูงสุด	ราคาการรับซื้อไฟฟ้าพิเศษ (Feed-in Tariff)
1. ก๊าซธรรมชาติ	1.38	0	-	-	-
2. น้ำมันเตา	2.54	0	-	-	-
3. พลังงานแสงอาทิตย์	11.18	8.0	-	-	19.18
4. พลังงานลม	2.78	2.50	-	-	5.28
5. ชีวมวลทั่วไป	3.03	0.3	-	-	3.33
6. ไม้โตเร็ว	3.69	0.3	6.82*	7.12*	10.81

หมายเหตุ: \* คือข้อมูลที่ได้จากการศึกษา

ผลการศึกษาอัตรารับซื้อไฟฟ้า พิเศษ หรือ Feed-in Tariff ของโรงไฟฟ้าชีวมวลขนาดกำลังการผลิต 250 กิโลวัตต์ โดยนำมูลค่าผลกระทบภายนอกเชิงบวกที่คำนวณได้รวมกับ ต้นทุนสนับสนุน ของการกำหนดส่วนเพิ่มราคาซื้อไฟฟ้าสำหรับผู้ผลิตไฟฟ้าขนาดเล็กมากจากพลังงานหมุนเวียน ซึ่งมีกำลังการผลิตไม่เกิน 10 เมกะวัตต์ ซึ่งส่วนเพิ่มราคาซื้อเชื้อเพลิงชีวมวลเท่ากับ 30 สตางค์ต่อหนึ่งหน่วย ดังนั้นอัตราค่ารับซื้อไฟฟ้าจึงเท่ากับ ต้นทุนการผลิต 3.69 บาทต่อหน่วย (การคำนวณหน้า 55) บวกอัตราส่วนเพิ่มและต้นทุนภายนอกด้านบวก 7.12 บาทต่อหน่วย จะทำให้ราคาการรับซื้อไฟฟ้าเพิ่มสูงขึ้นที่ประมาณ 10.81 บาท/กิโลวัตต์ ซึ่งเมื่อราคาการรับซื้อ ไฟฟ้าต่อหน่วยมีค่าเพิ่มขึ้นจะส่งผลให้ผู้ประกอบการผลิตไฟฟ้าขนาดเล็กมีความเสี่ยงในการลงทุนลดลง เพราะทำให้ผู้ประกอบการผลิตไฟฟ้าขนาดเล็กทราบถึงผลตอบแทนที่จะได้รับ และสามารถที่ผลิตและขายไฟฟ้าได้ในระดับราคาที่คุ้มค่าต่อการลงทุน เมื่อเปรียบเทียบกับการผลิตไฟฟ้าจากเชื้อเพลิงชีวมวลทั่วไปที่ไม่ได้ นำมูลค่าผลกระทบภายนอกเชิงบวก คำนวณกับต้นทุนในการผลิตไฟฟ้า อัตราการรับซื้อไฟฟ้าอยู่ที่ประมาณ 3.33 บาท/กิโลวัตต์ ซึ่งภายใต้ภาวะราคาการรับซื้อไฟฟ้าที่ 3.33 บาท/

กิโลวัตต์ อาจส่งผลกระทบต่อภาระต้นทุนของผู้ผลิตไฟฟ้าขนาดเล็ก และอาจส่งผลต่อแรงจูงใจที่จะนำไปสู่กระบวนการผลิตไฟฟ้าด้วยพลังงานหมุนเวียน

ดังนั้นการผลิตไฟฟ้าด้วยเชื้อเพลิงชีวมวลประเภทไม้โตเร็วที่พิจารณารวมผลประโยชน์ด้านสังคม เศรษฐกิจและสิ่งแวดล้อมจะมีผลต่อการกำหนดส่วนเพิ่มราคาซื้อขายไฟฟ้า ให้ใกล้เคียงกับต้นทุนที่แท้จริงตามผลประโยชน์ที่เกิดขึ้นจริงกับสังคมและสิ่งแวดล้อมจากการผลิตไฟฟ้าพลังงานชีวมวล ทั้งนี้เพื่อให้มีความเป็นไปได้ในการลงทุนผลิตไฟฟ้าของ ผู้ประกอบการผลิตไฟฟ้าขนาดเล็กมากขึ้น

## สรุปและข้อเสนอแนะ

### สรุป

การสร้างแรงจูงใจในการลงทุน ด้านพลังงานทดแทนเพื่อความมั่นคงในการผลิตกระแสไฟฟ้าของประเทศไทย จำเป็นต้องได้รับการสนับสนุนและส่งเสริมอย่างต่อเนื่องและเป็นรูปธรรม การสนับสนุนการผลิตด้วยการกำหนดราคารับซื้อไฟฟ้าให้สอดคล้องกับมูลค่าประโยชน์จากผลกระทบภายนอกที่แท้จริง จะเป็นการส่งเสริมการใช้พลังงานที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม ทำให้ประโยชน์ของโรงไฟฟ้าชีวมวลขนาดเล็ก ซึ่งคือการผลิตไฟฟ้าซึ่งเป็นวัตถุประสงค์หลักแล้ว ยังก่อให้เกิดประโยชน์ต่อชุมชนโดยรอบจากผลกระทบเชิงบวก การสร้างงานที่เกี่ยวข้องกับการผลิตทั้งภายในโรงงานและเกษตรกรผู้ผลิตชีวมวลเป็นเชื้อเพลิงป้อนให้โรงงานซึ่งส่งผลให้เศรษฐกิจท้องถิ่น มีการขยายตัว

หากพิจารณาต้นทุนภายนอกต่อสังคมและสิ่งแวดล้อมจะพบว่ามูลค่าผลกระทบที่เกิดขึ้นมีค่าเป็นบวก และต้นทุนภายนอกในเชิงบวก ที่ขนาดกำลังการผลิต 250 กิโลวัตต์และ 900 กิโลวัตต์ มีมูลค่าผลกระทบภายนอกเชิงบวกเท่ากับ 6.82 และ 6.80 บาทต่อกิโลวัตต์ ทั้งนี้ต้นทุนภายนอกที่มีผลกระทบต่อเศรษฐกิจสังคมและสิ่งแวดล้อมมีผลกระทบเชิงบวกมากกว่าเชื้อเพลิงฟอสซิล และสามารถนำการกักเก็บคาร์บอนจากการปลูกป่า เศรษฐกิจประเภท ไม้โตเร็ว เข้าร่วมโครงการกลไกการพัฒนาที่สะอาด (CDM) แล้วนำมาคำนวณเพิ่มส่วนสนับสนุนการใช้พลังงานทดแทน ในการคิดอัตราารับซื้อไฟฟ้า พิเศษ (feed-in tariff) ได้ โดยพบว่ากรณีโรงไฟฟ้าชีวมวลขนาดกำลังการผลิต 250 กิโลวัตต์ ค่าอัตราส่วนเพิ่มเมื่อรวมต้นทุนภายนอกสูงสุดอยู่ที่ 7.12 (feed-in tariff) บาทต่อกิโลวัตต์-ชั่วโมง ซึ่งจะส่งผลให้อัตรารับซื้อไฟฟ้ามีราคาสูงขึ้น นอกจากนี้ CDM ยังสามารถใช้เป็นเครื่องมือในการลดต้นทุนการผลิตของ โรงไฟฟ้าในรูปแบบการใช้ชีวมวลทดแทนถ่านหิน หรือเชื้อเพลิงฟอสซิลซึ่งสามารถลดปริมาณ CO<sub>2</sub> ที่จะปลดปล่อยออกสู่ชั้นบรรยากาศ จากกระบวนการผลิต แล้วนำมาคำนวณเป็นรายรับของโรงไฟฟ้า เมื่อประเมินโครงการด้วย NPV IRR BCR และ ระยะคืนทุนแล้วจะทำให้เกิดแรงจูงใจในการลงทุนมากขึ้น

การผลิตไฟฟ้าด้วยเชื้อเพลิงชีวมวลไม้โตเร็วที่พิจารณารวมผลประโยชน์ด้านสังคม เศรษฐกิจและสิ่งแวดล้อม จะมีผลต่อการกำหนดส่วนเพิ่มราคารับซื้อไฟฟ้า ให้ใกล้เคียงกับต้นทุนที่แท้จริงตามผลประโยชน์ที่เกิดขึ้นกับสังคมและสิ่งแวดล้อมจากการผลิตไฟฟ้าพลังงานชีวมวล ทั้งนี้

เพื่อให้มีความเป็นไปได้ในการลงทุนผลิตไฟฟ้าของผู้ประกอบการผลิตไฟฟ้าขนาดเล็กมากขึ้น และเป็นแนวทางในการกำหนดนโยบายการให้การสนับสนุนทางการเงินหรือการกำหนดส่วนเพิ่มค่าไฟฟ้า และการรับประกันราคาการรับซื้อไฟฟ้าจากผู้ผลิตไฟฟ้าขนาดเล็กมาก และการกำหนดนโยบายสนับสนุนผู้ผลิตไฟฟ้าด้วย มาตรการ Feed-in Tariff ต้องมีเหตุผลสนับสนุนเพิ่มเติม เช่น การลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก (Greenhouse Gas) โครงการที่ลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกอาจเข้าเป็นส่วนหนึ่งของกลไก การพัฒนาที่สะอาด (Clean Development Mechanism หรือ CDM) ผู้ประกอบการโครงการสามารถหาประโยชน์ทางการเงินได้จากตลาดซื้อขายสิทธิการปล่อยก๊าซเรือนกระจกตามกลไก CDM เป็นอีกหนทางหนึ่งในการสนับสนุนการพัฒนาและใช้ประโยชน์จากพลังงานหมุนเวียนมากขึ้น

### ข้อเสนอแนะ

ผลการศึกษานี้สามารถเป็นแนวทางให้กับผู้ที่สนใจลงทุนในธุรกิจผลิตไฟฟ้าจากเชื้อเพลิงชีวมวลได้นำไปใช้เป็นข้อมูลประกอบการพิจารณาและตัดสินใจลงทุนต่อไป รวมถึงเป็นแนวทางให้ภาครัฐใช้ในการส่งเสริมการใช้ชีวมวลในการผลิตไฟฟ้าให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น ทั้งนี้ ข้อเสนอแนะเพิ่มเติมดังนี้ คือ

1. เพื่อจูงใจให้ผู้ประกอบการสนใจเข้ามาลงทุนผลิตไฟฟ้าจากเชื้อเพลิงชีวมวลเพิ่มมากขึ้น ภาครัฐควรให้การสนับสนุน และพิจารณาถึงต้นทุนและผลประโยชน์ที่เกิดขึ้นจากการมีโรงไฟฟ้าชีวมวล โดยเฉพาะโรงไฟฟ้าชีวมวลใหม่ที่ได้มีการศึกษาความเป็นไปได้ของโครงการและพบว่ามีความเป็นไปได้ทั้งทางด้านเทคนิค การเงิน และสิ่งแวดล้อม รวมทั้งมีศักยภาพในการจัดหาเชื้อเพลิงชีวมวล เพื่อเป็นการจูงใจให้เข้ามาลงทุนเพิ่มมากขึ้น
2. ภาครัฐควรมีการรับประกันราคาการรับซื้อให้กับผู้ประกอบการที่ผลิตพลังงานนั้นๆ ว่าเมื่อทำการผลิตพลังงานออกมาแล้ว จะมีตลาดรองรับและสามารถขายได้ โดยมีการรับประกันจากรัฐบาลถึงปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่จะรับซื้อ ทั้งนี้เพื่อเป็นการสร้างแรงจูงใจให้ผู้ประกอบการกล้าที่จะลงทุนในการผลิต เพราะมีการรับประกันว่า เมื่อผลิตออกมาแล้วสามารถขายได้นั่นเอง
3. ควรมีการสนับสนุนเรื่องเงินลงทุนการปลูกไม้โตเร็วให้กับเกษตรกร เนื่องจากการปลูกไม้โตเร็วต้องใช้เวลาตั้งแต่สองปีขึ้นไป ซึ่งกว่าจะนำมาใช้ประโยชน์ได้ เกษตรกรอาจต้องรอ

ผลตอบแทนที่นาน ส่งผลให้การตัดสินใจปลูกไม้โตเร็ว เพื่อใช้เป็นพลังงานทำได้ยาก ทั้งนี้รัฐควรมีการจัดตั้งศูนย์พลังงานชีวมวลแห่งประเทศไทย เพื่อเป็นศูนย์กลางในการให้ข้อมูลการการลงทุน การดูแลรักษาให้ไม้โตเร็วให้สามารถเจริญเติบโตได้ดี และการบำรุงพื้นที่สภาพดินปลูกไม้โตเร็วแก่เกษตรกรได้ นอกจากนี้ข้อมูลเรื่องการลงทุนปลูกไม้โตเร็วแล้ว รัฐควรที่จะต้องมีการกำหนดขอบเขตพื้นที่ให้ชัดเจนสำหรับพื้นที่ที่ให้มีการปลูกไม้โตเร็วได้ เช่นแนะนำส่งเสริมให้เกษตรกรปลูกในพื้นที่ที่ไม่มีความอุดมสมบูรณ์ หรือเป็นพื้นที่ที่ปลูกพืชเกษตรอย่างอื่นไม่ได้แล้ว เป็นต้น

4. เนื่องจากงานวิจัยชิ้นนี้มีการคำนวณต้นทุนทางสังคมและสิ่งแวดล้อมจากกิจกรรมที่อาจเกิดจากการมีโรงไฟฟ้าชีวมวลประเภทไม้โตเร็วเท่านั้น ดังนั้นการศึกษาครั้งต่อไปควรทำการศึกษาเพิ่มเติมในส่วนของต้นทุนค่าเสียโอกาสของจากการปลูกไม้โตเร็ว ซึ่งนอกจากจะช่วยให้เกิดความครบถ้วนในประเด็นของประโยชน์จากใช้ไม้โตเร็วเป็นเชื้อเพลิงชีวมวลแล้ว ผลการศึกษาที่ได้จะยังเป็นประโยชน์ต่อการจัดการปลูกป่าเศรษฐกิจเพื่อเป็นวัตถุดิบชีวมวลต่อโรงไฟฟ้าชีวมวลอีกด้วย

## เอกสารและสิ่งอ้างอิง

การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย. 2542. **พลังงานทดแทน**. บริษัท ไคเร็กซ์ัน แพลนจำกัด, กรุงเทพฯ.

การไฟฟ้าฝ่ายนครหลวง. 2547. **ระเบียบการรับซื้อไฟฟ้าจากผู้ผลิตไฟฟ้าพลังงานหมุนเวียนขนาดเล็กมาก(VSPP)**. การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค. กรุงเทพฯ.

กระทรวงพลังงาน. 2550. **เทคโนโลยีพลังงานชีวมวลและก๊าซชีวภาพ. ทิศทางพลังงานไทย**. แหล่งที่มา: <http://www.energy.go.th>, 23 พฤษภาคม 2552.

จุมพล สุขอม. 2540. **การวิเคราะห์ความเป็นไปได้ทางเศรษฐศาสตร์ของโครงการโรงไฟฟ้าที่ใช้เศษวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร ภายใต้โครงการ SPP**. กรุงเทพฯ: ภาคนิพนธ์ปริญญาโท, สถาบันบัณฑิตพัฒนบริหารศาสตร์.

ชูชีพ พิพัฒน์ศิริ. 2544. **เศรษฐศาสตร์การวิเคราะห์โครงการ**. สำนักส่งเสริมและฝึกอบรม, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ.

ทรงกรด กาลพงษ์. 2544. **การศึกษาความเหมาะสมทางเศรษฐกิจและสังคม เพื่อการประยุกต์กฎระเบียบสาธารณะสำหรับการพัฒนาพลังงานชีวมวลในประเทศไทย**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

บุรณศักดิ์ มาดหมาย. 2548. **พลังงานชีวมวลทางเลือกใหม่ของการใช้พลังงาน**. วารสารสื่ออุตสาหกรรม. เล่มที่ 139 (2548): 173-177.

ประสิทธิ์ ดงยิ่งเจริญ. 2542. **การวิเคราะห์และประเมินโครงการ**. โรงพิมพ์คุรุสภา, กรุงเทพฯ.

แผนวิเคราะห์แหล่งผลิตไฟฟ้าขนาดเล็ก. 2549. **ระเบียบการรับซื้อไฟฟ้าจากผู้ผลิตไฟฟ้าขนาดเล็กมาก (VSPP)**. กรุงเทพมหานคร: ฝ่ายวางแผนระบบไฟฟ้า การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค

- มูลนิธิพลังงานเพื่อสิ่งแวดล้อม. 2547. บทสรุปสำหรับผู้บริหาร โครงการศึกษาแนวทางการสนับสนุนการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานลมและพลังงานแสงอาทิตย์. สำนักนโยบายและพลังงาน กระทรวงพลังงาน.
- มูลนิธิพลังงานเพื่อสิ่งแวดล้อม. 2548. บทสรุปสำหรับผู้บริหาร โครงการศึกษาการขยายระเบียบการรับซื้อไฟฟ้าจากผู้ผลิตไฟฟ้าพลังงานหมุนเวียน. สำนักนโยบายและพลังงาน กระทรวงพลังงาน.
- มูลนิธิพลังงานเพื่อสิ่งแวดล้อม. 2551. ชีวมวล. โรงไฟฟ้าชีวมวล. แหล่งที่มา: <http://www.efc.or.th>, 15 พฤษภาคม 2552.
- ยิ่งลักษณ์ กาญจนฤกษ์. 2545. การศึกษาความเป็นไปได้ทางเศรษฐศาสตร์โครงการผลิตกระแสไฟฟ้าจากเหง้ามันสำปะหลัง. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- รุ่งรัตน์ เรืองสังข์. 2549. การวิเคราะห์ผลตอบแทนทางการเงินในการลงทุนผลิตไฟฟ้าของโรงไฟฟ้าชีวมวล: กรณีของบริษัท ด้านช้าง ไบโอ-เอ็นเนอร์ยี จำกัด. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- วีรชัย อัญญา, สาทิศ ดิลกสัมพันธ์, ภาณุมาศ ลาดปลาตะ, จักรกฤษณ์ มหัจฉริยวงศ์, ชิงชัย วิริยะ บัญชา, พยุงศักดิ์ จุลยุเสน, พรรษา ลิบลับ, ทิพย์สุกินทร์ หินชุย, พินิจ จิระคกุล, นิวัฒน์ คงกะพี้, ณัฐพงษ์ ประภาการ, ปภัส ชนะโรค, สาวิตรี คำหอม, พจนาลัย ชาวห้วยหมาก, ศรัลย์ ปานศรีพงษ์ และ สุภัทร หนูแย้ม. 2551. รายงานการวิจัยการศึกษาต้นทุนทางเศรษฐศาสตร์ของโรงไฟฟ้าชีวมวลขนาดเล็กสำหรับชุมชน. สำนักคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ, กรุงเทพฯ.
- ศศิรส พิทักษ์รัตนโชติ. 2548. การศึกษาความเป็นไปได้ทางเศรษฐศาสตร์ของโรงไฟฟ้าพลังงานชีวมวลที่ใช้แกลบเป็นเชื้อเพลิง. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ศูนย์อนุรักษ์พลังงานแห่งประเทศไทย. 2542. รายงานฉบับสมบูรณ์ การศึกษาจัดทำแผนแม่บทการผลิตไฟฟ้าโดยใช้ชีวมวลเป็นเชื้อเพลิง เล่มที่ 4 ภาคผนวก. กรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน.

สถาบันวิจัยเพื่อการพัฒนาประเทศไทย. 2543. การศึกษาเพื่อการวิเคราะห์ผลกระทบสิ่งแวดล้อมด้านเศรษฐศาสตร์สิ่งแวดล้อม. พิมพ์ครั้งที่ 1, กรุงเทพฯ.

สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย. 2550. รายงานฉบับสมบูรณ์ โครงการวิจัยเชิงนโยบายเพื่อสนับสนุนการพัฒนาและการใช้พลังงานหมุนเวียนและการเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงานในประเทศไทย. กรุงเทพฯ.

สำนักงานนโยบายและแผน กระทรวงพลังงาน. 2544. อัตราค่าไฟฟ้าสำหรับผู้ผลิตไฟฟ้ารายเล็กที่ใช้พลังงานหมุนเวียน .วารสารนโยบายพลังงาน. ฉบับที่ 53: 22-24.

เสรี โตเข็ม. 2541. การวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ของ โครงการผลิตก๊าซชีวภาพในฟาร์มเลี้ยงสุกรเพื่อทดแทนระบบก๊าซแอลพีจี และระบบไฟฟ้า. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

สุรศักดิ์ ปิยะรักสกุล. 2548. การวิเคราะห์ต้นทุนเปรียบเทียบของการผลิตกระแสไฟฟ้าของโรงไฟฟ้าพลังความร้อนราชบุรี : กรณีเปรียบเทียบระหว่างการใช้น้ำมันเตาและก๊าซธรรมชาติเป็นเชื้อเพลิง. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

สุวรรณ แสงเพ็ชร. 2542. โรงไฟฟ้าขนาดเล็กที่ใช้หมักน้ำตาลปะหลังเป็นเชื้อเพลิง. วารสารการไฟฟ้าฝ่ายผลิต. น. 3-10. สารความรู้เกี่ยวกับพลังงานไฟฟ้า. ภาควิชาวิศวกรรมศาสตร์, คณะวิศวกรรม, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

อำพรณ ไชยบุญชู. 2545. การวิเคราะห์ต้นทุนพลังงานของโรงไฟฟ้าผลิตร่วม. วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิศวกรรมพลังงาน, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

- Barbier, E., M. Acereman and D. Knowler. 1997. Economic valuation of wetlands : a guide for policy makers and planners. **Ramsar Conversion Bureau**.
- Holmgren, K. and S. Amiri. 2007. Internalising external costs of electricity and heat production in a municipal energy system. **Energy Policy**. 35: 5242-5253.
- Krajnc, N. and J. Domac. 2007. How to model different socio-economic and environmental aspects of biomass utilization: Case study in selected regions in Slovenia and Croatia. **Energy Policy**. (Inpress)
- Koomey, J. and F. Krause. 1997. Introduction to Environmental Externality Costs. **The CRC Handbook on Energy Efficiency**. 1-16
- Mukhopadhyay, K. 2004. An assessment of Biomass Gasification based Power Plant in the Sunderbans. **Biomass and Bioenergy**. 27: 253-264.
- Ramboll, P. 1998. Evaluation of the SPP regulation, Thailand. **NEPO/DANCED**. (Copied Document)
- UNEP, Baker and McKenzie. 2004. **CDM Rulebook**. Source: <http://www.cdmrulebook.org/> July 29, 2008.
- Varela, M., Y. Lechon and R. Saez. 1999. Environmental and socioeconomic aspects in the strategic analysis of a biomass power plant integration. **Biomass and Bioenergy**. 17: 405-413.

ภาคผนวก

**ภาคผนวก ก**

การกำหนดส่วนเพิ่มราคาการรับซื้อไฟฟ้า สำหรับผู้ผลิตไฟฟ้าพลังงานหมุนเวียน



## ประกาศการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค

### เรื่อง การกำหนดส่วนเพิ่มราคาซื้อขายไฟฟ้า สำหรับผู้ผลิตไฟฟ้าพลังงานหมุนเวียน

ด้วย คณะกรรมการนโยบายพลังงานแห่งชาติ ในการประชุมครั้งที่ 8/2550 (ครั้งที่ 117) เมื่อวันที่ 16 พฤศจิกายน 2550 ได้มีมติเห็นชอบให้ปรับปรุงการกำหนดส่วนเพิ่มราคาซื้อขายไฟฟ้าสำหรับผู้ผลิตไฟฟ้าขนาดเล็กมากที่ผลิตไฟฟ้าจากพลังงานลมและแสงอาทิตย์

เพื่อรวบรวมสาระสำคัญ และลดความซับซ้อนของประกาศการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค เรื่อง การกำหนดส่วนเพิ่มราคาซื้อขายไฟฟ้าสำหรับผู้ผลิตไฟฟ้าพลังงานหมุนเวียน ลงวันที่ 11 พฤษภาคม 2550 และประกาศการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค เรื่อง การกำหนดส่วนเพิ่มราคาซื้อขายไฟฟ้าสำหรับผู้ผลิตไฟฟ้าพลังงานหมุนเวียน (ฉบับที่ 2) ลงวันที่ 13 กรกฎาคม 2550 และประกาศการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค เรื่อง การกำหนดส่วนเพิ่มราคาซื้อขายไฟฟ้าสำหรับผู้ผลิตไฟฟ้าพลังงานหมุนเวียน (ฉบับที่ 3) ลงวันที่ 3 ธันวาคม 2550 ทั้ง 3 ฉบับไว้ด้วยกัน และปรับปรุงเพิ่มสิทธิในกรณีได้รับส่วนเพิ่มราคาซื้อขายไฟฟ้าแยกตามประเภทเชื้อเพลิงให้แก่ผู้ผลิตไฟฟ้าพลังงานหมุนเวียนขนาดเล็กมาก

อาศัยอำนาจตามความในมาตรา 29 แห่งพระราชบัญญัติการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค พ.ศ. 2503 แก้ไขเพิ่มเติม(ฉบับที่ 4) พ.ศ. 2542 จึงขอประกาศเกี่ยวกับการกำหนดส่วนเพิ่มราคาซื้อขายไฟฟ้าสำหรับผู้ผลิตไฟฟ้าพลังงานหมุนเวียนที่มีปริมาณพลังไฟฟ้าเสนอขายไม่เกิน 10 เมกะวัตต์ ซึ่งขายไฟฟ้าเข้าระบบตามระเบียบการรับซื้อไฟฟ้าจากผู้ผลิตไฟฟ้าขนาดเล็กมาก ดังนี้

1. ให้ยกเลิกประกาศการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค เรื่อง การกำหนดส่วนเพิ่มราคาซื้อขายไฟฟ้าสำหรับผู้ผลิตไฟฟ้าพลังงานหมุนเวียน ลงวันที่ 11 พฤษภาคม 2550 ประกาศการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค เรื่อง การกำหนดส่วนเพิ่มราคาซื้อขายไฟฟ้าสำหรับผู้ผลิตไฟฟ้าพลังงานหมุนเวียน (ฉบับที่ 2) ลงวันที่ 13 กรกฎาคม 2550 และประกาศการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค เรื่อง การกำหนดส่วนเพิ่มราคาซื้อขายไฟฟ้าสำหรับผู้ผลิตไฟฟ้าพลังงานหมุนเวียน (ฉบับที่ 3) ลงวันที่ 3 ธันวาคม 2550 โดยให้ใช้ประกาศฉบับนี้แทน

## การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค

- 2 -

### 2. ส่วนเพิ่มราคารับซื้อไฟฟ้า (Adder) แยกตามประเภทเชื้อเพลิง

เชื้อเพลิง	อัตราส่วนเพิ่ม (บาท/กิโลวัตต์-ชั่วโมง)	อัตราส่วนเพิ่มสำหรับ โครงการใน 3 จังหวัด ชายแดนภาคใต้ <sup>4</sup> (บาท/กิโลวัตต์-ชั่วโมง)	ระยะเวลา สนับสนุน (ปี)
ชีวมวล <sup>1/</sup>	0.30	1.30	7
ก๊าซชีวภาพ	0.30	1.30	7
พลังน้ำขนาดเล็ก (50-200 กิโลวัตต์)	0.40	1.40	7
พลังน้ำขนาดเล็ก (< 50 กิโลวัตต์)	0.80	1.80	7
ขยะ <sup>2/</sup>	2.50	3.50	7
พลังงานลม	3.50	5.00	10
พลังงานแสงอาทิตย์ <sup>3/</sup>	8.00	9.50	10

- หมายเหตุ: 1/ ชีวมวล หมายถึง กากหรือเศษวัสดุเหลือใช้ในการเกษตร หรือกากจากผลิตภัณฑ์ทางการเกษตร เศษไม้ หรือไม้จากการปลูกป่าเป็นเชื้อเพลิง  
2/ ขยะ หมายถึง ขยะชุมชนทุกเทคโนโลยี  
3/ พลังงานแสงอาทิตย์ หมายถึงความรวมถึงการนำพลังงานแสงอาทิตย์ไปใช้ในการผลิตน้ำร้อนเพื่อผลิตไฟฟ้า (Solar Thermal) ด้วย  
4/ สามจังหวัดชายแดนภาคใต้ ได้แก่ จังหวัดยะลา ปัตตานี และนราธิวาส

3. ระยะเวลาให้การสนับสนุน กำหนดให้การสนับสนุนเป็นระยะเวลา 10 ปี นับจากวันเริ่มต้นซื้อขายไฟฟ้าเชิงพาณิชย์ (Commercial Operation Date: COD) สำหรับผู้ผลิตไฟฟ้าขนาดเล็กมากที่ผลิตไฟฟ้าจากพลังงานลมและแสงอาทิตย์ และระยะเวลา 7 ปี สำหรับผู้ผลิตไฟฟ้าขนาดเล็กมากที่ผลิตไฟฟ้าจากพลังงานหมุนเวียนประเภทอื่น ๆ

### 4. การบังคับใช้

#### 4.1 ผู้มีสิทธิได้รับส่วนเพิ่มราคารับซื้อไฟฟ้า

4.1.1 ผู้ผลิตไฟฟ้ารายใหม่ที่ยื่นคำร้องขอขายไฟฟ้าตามระเบียบการรับซื้อไฟฟ้าจากผู้ผลิตไฟฟ้าขนาดเล็กมาก ไม่เกิน 10 เมกะวัตต์ ภายหลังจากวันที่การไฟฟ้าส่วนภูมิภาคออกประกาศขยายระเบียบการรับซื้อไฟฟ้าจากผู้ผลิตไฟฟ้าขนาดเล็กมาก

4.1.2 ผู้ผลิตไฟฟ้าที่ได้รับการตอบรับซื้อไฟฟ้าหรือทำสัญญาซื้อไฟฟ้าแล้ว ตามระเบียบการรับซื้อไฟฟ้าจากผู้ผลิตไฟฟ้าพลังงานหมุนเวียนขนาดเล็กมาก ไม่เกิน 1 เมกะวัตต์ หรือระเบียบการรับซื้อไฟฟ้าจากผู้ผลิตไฟฟ้ารายเล็กแต่ยังไม่ขายไฟฟ้าเข้าระบบ และประสงค์จะเปลี่ยนเป็นผู้ผลิตไฟฟ้าตามระเบียบการรับซื้อไฟฟ้าจากผู้ผลิตไฟฟ้าขนาดเล็กมาก ไม่เกิน 10 เมกะวัตต์

4.1.3 ผู้ผลิตไฟฟ้า...

## การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค

- 3 -

4.1.3 ผู้ผลิตไฟฟ้าที่ขายไฟฟ้าเข้าระบบแล้วตามระเบียบการรับซื้อไฟฟ้าจากผู้ผลิตไฟฟ้าพลังงานหมุนเวียนขนาดเล็กมาก ไม่เกิน 1 เมกะวัตต์ หรือระเบียบการรับซื้อไฟฟ้าจากผู้ผลิตไฟฟ้ารายเล็กที่ครบอายุสัญญาซื้อขายไฟฟ้าแล้ว และประสงค์จะเปลี่ยนเป็นผู้ผลิตไฟฟ้าตามระเบียบ การรับซื้อไฟฟ้าจากผู้ผลิตไฟฟ้าขนาดเล็กมาก ไม่เกิน 10 เมกะวัตต์

ทั้งนี้ ผู้มีสิทธิ์ได้รับส่วนเพิ่มราคาซื้อขายไฟฟ้า ตามข้อ 4.1 จะต้องดำเนินการยื่นข้อเสนอ ภายในปี พ.ศ. 2551

4.2 ผู้ไม่มีสิทธิ์รับส่วนเพิ่มราคาซื้อขายไฟฟ้า ผู้ผลิตไฟฟ้ารายเล็กที่ได้รับเงินอุดหนุนส่วนเพิ่มค่าพลังงานไฟฟ้าตามโครงการส่งเสริมผู้ผลิตไฟฟ้ารายเล็กที่ใช้พลังงานหมุนเวียน จากกองทุนเพื่อส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน

### 5. การคำนวณค่าไฟฟ้าที่ได้รับจากส่วนเพิ่มราคาซื้อขายไฟฟ้า

ค่าไฟฟ้าส่วนเพิ่มที่ VSPP ได้รับ = ปริมาณพลังงานไฟฟ้าขายเข้าระบบสุทธิ \* X ราคาส่วนเพิ่มตามประเภทเชื้อเพลิง  
หมายเหตุ : \* ปริมาณพลังงานไฟฟ้าสุทธิ ก่อนหักค่าดำเนินการร้อยละ 2

6. ภาวะค่าไฟฟ้า มูลค่าการรับซื้อไฟฟ้าตามส่วนเพิ่มราคาซื้อขายไฟฟ้าในข้อ 5 จะส่งผ่านค่าไฟฟ้าตามสูตรการปรับอัตราค่าไฟฟ้าโดยอัตโนมัติ (F<sub>i</sub>)

ประกาศ ณ วันที่ 20 พฤษภาคม 2551



(นายอดิศร เกียรติโชควิวัฒน์)

ผู้ว่าการ การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค

**ภาคผนวก ข**

ปริมาณพื้นที่เพาะปลูกไม้โตเร็วและปริมาณไม้โตเร็วที่ต้องการ

## ปริมาณพื้นที่เพาะปลูกไม้โตเร็วและปริมาณไม้โตเร็วที่ต้องการ

การศึกษาครั้งนี้เป็นการศึกษาการปลูกไม้โตเร็วเพื่อนำมาเป็นเชื้อเพลิงชีวมวลจำนวน 3 ชนิด คือ กระจับปี่ ยุก อลิปต์ส หรือกระจับปี่ โดยได้เลือกการศึกษาในกรณีที่ได้นำไม้โตเร็วประเภทยูคาลิปตัส มาปลูกเป็นวัตถุดิบป้อนเข้าสู่โรงไฟฟ้าชีวมวลขนาดเล็กที่ขนาดกำลังการผลิต 250 kW และ 900 kW เนื่องจากราคาการรับซื้อยูคาลิปตัสมีราคาการรับซื้อที่สูงกว่า กระจับปี่ หรือกระจับปี่ ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

### 1. ปริมาณพื้นที่เพาะปลูกไม้โตเร็วและปริมาณไม้โตเร็วที่ต้องการ

ปริมาณพื้นที่เพาะปลูกและปริมาณไม้ที่ต้องการ ได้ทำการคำนวณจากผลการทดสอบประสิทธิภาพต้นแบบชีวมวลขนาดเล็กสำหรับชุมชน (การศึกษาต้นแบบโรงไฟฟ้าชีวมวลขนาดเล็กสำหรับชุมชน, 2551) พบว่า ไม้โตเร็วน้ำหนัก 1.2 กิโลกรัม (15%MC) สามารถเปลี่ยนเป็นพลังงานไฟฟ้าได้ 1 หน่วย (kWh) โดยใช้เทคโนโลยีแก๊สซิฟิเคชัน ซึ่งสามารถนำมาคำนวณหาขนาดพื้นที่ปลูกไม้โตเร็วได้ โดยอาศัยความสัมพันธ์ระหว่าง อัตราส่วนการเปลี่ยนไม้เป็นพลังงานไฟฟ้า ความชื้นของไม้ ผลผลิตต่อไร่ รอบการตัดฟัน ซึ่งผลการศึกษาที่ได้จากงานวิจัย สามารถสรุปได้ดังนี้

การนำไม้มาใช้ผลิตไฟฟ้า โดยใช้เทคโนโลยีแก๊สซิฟิเคชัน มีขั้นตอนการเตรียมวัตถุดิบที่สำคัญคือ การลดความชื้น ซึ่งปกติจะลดความชื้นให้เหลือ 15% โดยไม้โตเร็วน้ำหนัก 1.2 กิโลกรัม (ความชื้น 15%) สามารถเปลี่ยนเป็นพลังงานไฟฟ้าได้ 1 หน่วย (kWh) สามารถคำนวณหาน้ำหนักสดของไม้ในการผลิตไฟฟ้า 1 หน่วย ได้ คือ

$$W_1 (100 - \% MC_1) = W_2 (100 - \% MC_2)$$

เมื่อ  $W_1$  ; น้ำหนักไม้สด

$$W_2 ; \text{น้ำหนักไม้แห้งต่อหน่วยไฟฟ้า} = 1.2 \text{ kg/kWh}$$

$MC_1$  ; ความชื้นไม้สด

$$MC_2 ; \text{ความชื้นไม้แห้ง} = 15\% \text{ (ความชื้นที่ต้องการ)}$$

เมื่อทำการแทนค่าจะได้

น้ำหนักไม้สดต่อหน่วยไฟฟ้า =  $1.2(100 - 15) / (100 - \text{ความชื้น ไม้สด})$  หน่วย kg/kWh

เมื่อนำเปอร์เซ็นต์ความชื้นที่ได้จากการประเมินประสิทธิภาพการผลิตไฟฟ้าและการประเมินมลพิษของการศึกษา คำนวณแบบโรงไฟฟ้าชีวมวลขนาดเล็กสำหรับชุมชนจะสามารถนำมาคำนวณหาน้ำหนักไม้สดต่อหน่วยไฟฟ้าได้ดังตาราง ภาคผนวก ที่ข 1 ซึ่งจะได้น้ำหนักไม้สดต่อหน่วยไฟฟ้าของไม้ยูคาลิปตัส เท่ากับ 2.57 kg/kWh

ตารางผนวกที่ ข1 ชนิด แหล่งเพาะปลูก ลักษณะทั่วไป ความชื้น และน้ำหนัก ไม้สดต่อหน่วยไฟฟ้าของ ไม้ยูคาลิปตัส

ชนิด	แหล่งเพาะปลูก	ลักษณะทั่วไป	ความชื้น (%)	น้ำหนักไม้สดต่อหน่วยไฟฟ้า (kg/kWh)
ไม้ยูคาลิปตัส	อ. เมือง จ. นครราชสีมา	ยาว 2 ม. ขนาด $\phi$ 1-2"	60.34	2.57

พื้นที่ปลูกไม้โตเร็วที่ต้องการ สามารถคำนวณได้จาก

พื้นที่ปลูก (ไร่) = กำลังไฟฟ้าติดตั้ง (kW) x ชั่วโมงการทำงาน (ชั่วโมง/ปี) x น้ำหนักไม้สดต่อหน่วยไฟฟ้า (kg/kWh) / ผลผลิตไม้โตเร็ว (kg/ไร่/ปี)

เมื่อทำการแทนค่าจะได้

พื้นที่ปลูก [ไร่] = [100 kW] x [8,040 ชั่วโมง/ปี] x น้ำหนักไม้สดต่อหน่วยไฟฟ้า [kg/kWh] / ผลผลิตไม้โตเร็ว [kg/ไร่/ปี]

กรณีศึกษาโรงไฟฟ้าชีวมวลขนาดเล็กสำหรับชุมชน ขนาด 100 kW ครอบคลุมพื้นที่ 200 ไร่ หลังคาเรือน ต้องการปลูกไม้ยูคาลิปตัสเพื่อใช้เป็นเชื้อเพลิงผลิตไฟฟ้าด้วยเทคโนโลยีแก๊สซิฟิเคชัน ด้วยระยะปลูก 1x 1 ณ จังหวัดนครราชสีมา ซึ่งมีปริมาณน้ำฝนเฉลี่ย 1,100 มิลลิเมตร จะคิดพื้นที่ปลูกได้จาก กำลังไฟฟ้าติดตั้ง [100 kW] x ชั่วโมงการทำงาน [8,040 ชั่วโมง/ปี] x น้ำหนักไม้สดต่อ

หน่วยไฟฟ้า [kg/kWh] / ผลผลิต [ตัน/ไร่/ปี] เมื่อกำหนดให้การปลูกไม้โตเร็วมีรอบตัดฟัน 2 ปี/ ครั้ง พื้นที่หมุนเวียนสำหรับการปลูกไม้โตเร็วเพื่อผลิตไฟฟ้าในชุมชนดังกล่าวเป็น 2 เท่าของพื้นที่ปลูกที่คำนวณได้ ซึ่งพื้นที่เพาะปลูกที่คำนวณได้แสดงได้ดังตารางภาคผนวกที่ ข2

ตารางผนวกที่ ข2 พื้นที่ปลูกไม้ยูคาลิปตัส ตามขนาดกำลังการผลิต

ชนิดไม้โตเร็ว	ขนาดกำลังการผลิต (kW)	พื้นที่ปลูก (ไร่/ปี)	ปริมาณไม้ที่ต้องการ โดยประมาณ (ตัน/ปี)
	100	754	1,800
ไม้ยูคาลิปตัส	250	1,500	3,500
	900	7,200	5,400

**ภาคผนวก ค**

สถิติค่า Ft ของการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย

ตารางผนวกที่ ค1 สถิติค่า Ft ขายส่งเฉลี่ยของการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย

เดือน	2545	2546	2547	2548	2549	2550
มกราคม		0.2429	0.2761	0.4573	0.5744	0.7787
กุมภาพันธ์		0.2799	0.4125	0.4600	0.7545	0.7322
มีนาคม		0.3019	0.4260	0.4698	0.7545	0.7322
เมษายน		0.3018	0.4124	0.4615	0.7545	0.7322
พฤษภาคม		0.2792	0.3935	0.4456	0.7545	0.7322
มิถุนายน	0.2415	0.2864	0.4148	0.4911	0.8568	
กรกฎาคม	0.1983	0.2809	0.3797	0.4608	0.8615	
สิงหาคม	0.2432	0.2677	0.3958	0.4644	0.8615	
กันยายน	0.2403	0.2797	0.4112	0.4833	0.864	
ตุลาคม	0.2397	0.2923	0.4476	0.5762	0.7788	
พฤศจิกายน	0.2567	0.2735	0.4643	0.5763	0.7788	
ธันวาคม	0.2394	0.2740	0.4413	0.5764	0.7787	

ที่มา: การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค (2550)

ภาคผนวก ง  
ผลการวิเคราะห์ความเป็นไปได้ทางเศรษฐศาสตร์

ตารางหมวดที่ ง1 รายการต้นทุนและผลตอบแทนทางการเงินของโรงไฟฟ้าชีวมวลที่ใช้เชื้อเพลิงจากไม้โตเร็ว ณ ขนาดกำลังการผลิตที่ 250 กิโลวัตต์ ที่อัคราภิบาล  
เท่ากับ 5% อายุโครงการ 10 ปี (หน่วย: บาท)

ปี	ต้นทุน						รวม	มูลค่าปัจจุบัน ต้นทุน	รายได้จาก การขาย ไฟฟ้า	รายได้จาก การขายแก๊ส	รวม ผลประโยชน์ จากการเดิน ระบบ	มูลค่าปัจจุบัน ผลประโยชน์	ผลประโยชน์ สุทธิ	ผลประโยชน์ สุทธิสะสม
	ค่าลงทุน		ค่าดำเนินการ											
	ระบบ เชื้อเพลิง	อาคาร	บุคลากร	สาธารณูปโภค	ชีวมวล	บำรุงรักษา								
0	14,000,000	1,000,000					15,000,000	15,000,000					-15,000,000	-15,000,000
1			1,416,000	28,802	2,102,400	26,014	2,637,216	2,510,630	6,365,905	1,688,400	8,054,305	7,667,698	5,157,069	-9,842,931
2			1,437,240	28,917	2,112,912	26,118	2,695,947	2,445,224	6,493,223	1,705,284	8,198,507	7,436,046	4,990,822	-4,852,109
3			1,458,798	29,032	2,123,476	26,222	2,759,530	2,298,688	6,623,087	1,722,336	8,345,423	6,951,737	4,653,049	-199,060
4			1,480,679	29,148	2,134,093	26,326	2,828,447	2,324,983	6,755,549	1,739,559	8,495,108	6,982,979	4,657,995	4,458,935
5			1,502,889	29,264	2,144,763	26,431	2,903,226	2,273,226	6,890,660	1,756,954	8,647,614	6,771,082	4,497,856	8,956,791
6			1,525,432	29,381	2,155,486	26,536	2,984,447	2,226,397	7,028,473	1,774,523	8,802,996	6,567,035	4,340,638	13,297,428
7			1,548,313	29,498	2,166,263	26,642	3,072,752	2,181,654	7,169,042	1,792,268	8,961,310	6,362,530	4,180,876	17,478,304
8			1,571,537	29,615	2,177,094	26,748	3,168,841	2,142,137	7,312,423	1,810,190	9,122,613	6,166,886	4,024,750	21,503,054
9			1,595,110	29,733	2,187,979	26,854	3,273,488	2,108,126	7,458,671	1,828,291	9,286,962	5,980,804	3,872,677	25,375,732
10			1,619,036	29,851	2,198,918	26,961	3,387,544	2,076,564	7,607,844	1,846,573	9,454,417	5,795,558	3,718,993	29,094,725
รวม			15,155,034	293,241								66,682,355	29,094,725	90,270,867

ที่มา: จากการคำนวณ

ตารางผนวกที่ 2 รายการต้นทุนและผลตอบแทนทางการเงินของโรงไฟฟ้าชีวมวลที่ใช้เชื้อเพลิงจากไม้โตเร็ว ณ ขนาดกำลังการผลิตที่ 250 กิโลวัตต์ ที่อัคราภิบาล  
เท่ากับ 10% อายุโครงการ 10 ปี (หน่วย: บาท)

ปี	ต้นทุน						มูลค่าปัจจุบัน ต้นทุน	รายได้จาก การขาย ไฟฟ้า	รายได้จาก การขายเก่า ถ่าน	รวม ผลประโยชน์ จากการเดิน ระบบ	มูลค่าปัจจุบัน ผลประโยชน์	ผลประโยชน์ สุทธิ	ผลประโยชน์ สุทธิสะสม	
	ค่าลงทุน		ค่าดำเนินการ											รวม
	ระบบ เชื้อเพลิง	อาคาร	บุคลากร	สาธารณูปโภค	ชีวมวล	บำรุงรักษา								
0	14,000,000	1,000,000					15,000,000	15,000,000				-15,000,000	-15,000,000	
1			1,416,000	28,802	2,102,400	26,014	2,637,216	2,397,229	6,365,905	1,688,400	8,054,305	7,321,363	4,924,134	-10,075,866
2			1,437,240	28,917	2,112,912	26,118	2,695,947	2,226,852	6,493,223	1,705,284	8,198,507	6,771,967	4,545,115	-5,530,752
3			1,458,798	29,032	2,123,476	26,222	2,759,530	2,072,407	6,623,087	1,722,336	8,345,423	6,267,413	4,195,006	-1,335,746
4			1,480,679	29,148	2,134,093	26,326	2,828,447	1,931,829	6,755,549	1,739,559	8,495,108	5,802,159	3,870,329	2,534,584
5			1,502,889	29,264	2,144,763	26,431	2,903,226	1,800,000	6,890,660	1,756,954	8,647,614	5,361,521	3,561,521	6,096,104
6			1,525,432	29,381	2,155,486	26,536	2,984,447	1,683,228	7,028,473	1,774,523	8,802,996	4,964,890	3,281,662	9,377,766
7			1,548,313	29,498	2,166,263	26,642	3,072,752	1,576,322	7,169,042	1,792,268	8,961,310	4,597,152	3,020,830	12,398,596
8			1,571,537	29,615	2,177,094	26,748	3,168,841	1,476,680	7,312,423	1,810,190	9,122,613	4,251,138	2,774,458	15,173,054
9			1,595,110	29,733	2,187,979	26,854	3,273,488	1,387,959	7,458,671	1,828,291	9,286,962	3,937,672	2,549,713	17,722,767
10			1,619,036	29,851	2,198,918	26,961	3,387,544	1,304,204	7,607,844	1,846,573	9,454,417	3,639,951	2,335,746	20,058,513
รวม			15,155,034	293,241					32,856,711			52,915,224	20,058,513	51,419,019

ที่มา: จากการคำนวณ

ตารางผนวกที่ 33 รายการต้นทุนและผลตอบแทนทางการเงินของโรงไฟฟ้าชีวมวลที่ใช้เชื้อเพลิงจากไม้โตเร็ว ณ ขนาดกำลังการผลิตที่ 900 กิโลวัตต์ ที่อัตราคิดลดเท่ากับ 5% อายุโครงการ 10 ปี (หน่วย: บาท)

ปี	ต้นทุน						รวม	มูลค่าปัจจุบัน ต้นทุน	รายได้จาก การขาย ไฟฟ้า	รายได้จาก การขายเข้า ถ่าน	รวม ผลประโยชน์ จากการเดิน ระบบ	มูลค่าปัจจุบัน ผลประโยชน์	ผลประโยชน์ สุทธิ	ผลประโยชน์ สุทธิสะสม	
	ค่าลงทุน		ค่าดำเนินการ												
	ระบบ เชื้อเพลิง	อาคาร	บุคลากร	สาธารณูปโภค	ชีวมวล	บำรุงรักษา									
0	42,400,000	4,000,000					46,400,000	46,400,000						-46,400,000	-46,400,000
1			1,418,000	129,612	12,864,000	51,845	14,461,457	13,767,307	28,928,080	6,078,240	35,006,320	33,326,017	19,558,710	-26,841,290	
2			1,437,240	130,130	12,928,320	52,052	14,547,742	13,194,802	29,506,642	6,139,022	35,645,664	32,330,617	19,135,815	-7,705,475	
3			1,458,798	130,650	12,992,961	52,260	14,634,669	12,190,679	30,096,775	6,200,412	36,297,187	30,235,557	18,044,877	10,339,402	
4			1,480,679	131,172	13,057,925	52,469	14,722,245	12,101,685	30,698,711	6,262,416	36,961,127	30,382,046	18,280,361	28,619,763	
5			1,502,889	131,696	13,123,214	52,678	14,810,477	11,596,803	31,312,665	6,325,040	37,637,725	29,470,339	17,873,735	46,493,499	
6			1,525,432	132,222	13,188,830	52,888	14,899,372	11,114,932	31,938,939	6,388,290	38,327,229	28,592,113	17,477,181	63,970,680	
7			1,548,313	132,750	13,254,774	53,099	14,988,936	10,642,145	32,577,718	6,452,172	39,029,890	27,711,222	17,069,077	81,039,757	
8			1,571,537	133,281	13,321,047	53,311	15,079,176	10,193,523	33,229,272	6,516,693	39,745,965	26,868,272	16,674,749	97,714,507	
9			1,595,110	133,814	13,387,652	53,524	15,170,100	9,769,544	33,893,857	6,581,859	40,475,716	26,068,361	16,296,817	114,011,323	
10			1,619,036	134,349	13,454,590	53,738	15,281,713	9,355,430	34,571,734	6,647,677	41,219,411	25,267,499	15,912,069	129,923,392	
รวม			15,155,034	1,319,676	131,573,313	527,864	194,975,887	160,326,650	316,754,413	63,591,821	380,346,234	290,250,043	129,923,392	491,165,557	

ที่มา : จากการคำนวณ

ตารางผนวกที่ ๓4 รายการต้นทุนและผลตอบแทนทางการเงินของโรงไฟฟ้าชีวมวลที่ใช้เชื้อเพลิงจากไม้โตเร็ว ณ ขนาดกำลังการผลิตที่ 900 กิโลวัตต์ ที่อัคราภิณฑล  
เท่ากับ 10% อายุโครงการ 10 ปี (หน่วย: บาท)

ปี	ต้นทุน						มูลค่าปัจจุบัน	รายได้จาก	รายได้จาก	รวม	มูลค่าปัจจุบัน	ผลประโยชน์	ผลประโยชน์	
	ค่าลงทุน		ค่าดำเนินการ				ต้นทุน	การขาย	การขาย	ผลประโยชน์	ผลประโยชน์	สุทธิ	สุทธิสะสม	
	ระบบ เชื้อเพลิง	อาคาร	บุคลากร	สาธารณูปโภค	ชีวมวล	บำรุงรักษา	รวม	ไฟฟ้า	ถ่าน	จากการเดิน ระบบ	จากการเดิน ระบบ			
0	42,400,000	4,000,000					46,400,000						-46,400,000	
1			1,416,000	129,612	12,864,000	51,845	14,461,457	13,145,464	28,928,080	6,078,240	35,006,320	31,820,745	18,675,280	-27,724,720
2			1,437,240	130,130	12,928,320	52,052	14,547,742	12,016,435	29,506,642	6,139,022	35,645,664	29,443,318	17,426,884	-10,297,836
3			1,458,798	130,650	12,992,961	52,280	14,634,669	10,990,636	30,096,775	6,200,412	36,297,187	27,259,187	16,268,551	5,970,715
4			1,480,679	131,172	13,057,925	52,469	14,722,245	10,055,293	30,698,711	6,262,416	36,961,127	25,244,450	15,189,156	21,159,871
5			1,502,889	131,696	13,123,214	52,678	14,810,477	9,182,496	31,312,665	6,325,040	37,637,725	23,335,390	14,152,894	35,312,765
6			1,525,432	132,222	13,188,830	52,888	14,899,372	8,403,246	31,938,939	6,388,290	38,327,229	21,616,557	13,213,311	48,526,077
7			1,548,313	132,750	13,254,774	53,099	14,988,936	7,689,324	32,577,718	6,452,172	39,029,890	20,022,334	12,333,009	60,859,086
8			1,571,537	133,281	13,321,047	53,311	15,079,176	7,026,896	33,229,272	6,516,693	39,745,965	18,521,620	11,494,724	72,353,810
9			1,595,110	133,814	13,387,652	53,524	15,170,100	6,432,122	33,893,857	6,581,859	40,475,716	17,161,704	10,729,581	83,083,391
10			1,619,036	134,349	13,454,590	53,738	15,261,713	5,875,760	34,571,734	6,647,677	41,219,411	15,869,473	9,993,714	93,077,105
รวม			15,155,034	1,319,676	131,573,313	527,864	194,975,887	137,217,672	316,754,413	63,591,821	380,346,234	230,294,777	93,077,105	335,920,264

ที่มา : จากการคำนวณ

**ตารางผนวกที่ 5 เงินลงทุนของโครงการ โรงไฟฟ้าชีวมวลขนาดกำลังการผลิต 250 กิโลวัตต์**

หน่วย : บาท

รายการเงินลงทุนในโครงการ	จำนวนเงิน	ช่วงการลงทุน		
		ปีที่ 0	ปีที่ 1	รวม
เงินทุนหมุนเวียน	2,000,000	-	2,000,000	2,000,000
อาคารโรงงาน	1,000,000	1,000,000	-	1,000,000
เครื่องจักรและอุปกรณ์ในโรงไฟฟ้า	10,500,000	10,500,000	-	10,500,000
อุปกรณ์เชื่อมต่อไฟฟ้าเข้าระบบ	1,200,000	1,200,000	-	1,200,000
เครื่องใช้สำนักงาน	200,000	200,000	-	200,000
สินทรัพย์อื่น (ค่าใช้จ่ายก่อนเปิดดำเนินการ)	100,000	100,000	-	100,000
<b>รวม</b>	<b>15,000,000</b>	<b>13,100,000</b>	<b>2,000,000</b>	<b>15,000,000</b>

**ที่มา:** จากตารางการเงินของโครงการ โรงไฟฟ้าต้นแบบสุรนารี

**ตารางผนวกที่ 6 เงินลงทุนของโครงการ โรงไฟฟ้าชีวมวลขนาดกำลังการผลิต 900 กิโลวัตต์**

หน่วย : บาท

รายการเงินลงทุนในโครงการ	จำนวนเงิน	ช่วงการลงทุน		
		ปีที่ 0	ปีที่ 1	รวม
เงินทุนหมุนเวียน	10,000,000	-	10,000,000	10,000,000
อาคารโรงงาน	4,000,000	4,000,000	-	4,000,000
เครื่องจักรและอุปกรณ์ในโรงไฟฟ้า	30,000,000	30,000,000	-	30,000,000
อุปกรณ์เชื่อมต่อไฟฟ้าเข้าระบบ	2,000,000	700,000	-	2,000,000
เครื่องใช้สำนักงาน	200,000	200,000	-	200,000
สินทรัพย์อื่น (ค่าใช้จ่ายก่อนเปิดดำเนินการ)	200,000	200,000	-	100,000
<b>รวม</b>	<b>46,400,000</b>	<b>35,100,000</b>	<b>10,000,000</b>	<b>46,400,000</b>

**ที่มา:** จากตารางการเงินของโครงการ โรงไฟฟ้าต้นแบบสุรนารี

**ตารางผนวกที่ 7** ต้นทุนแรงงานทางตรงของโครงการโรงไฟฟ้าชีวมวลขนาดกำลังการผลิต  
250 กิโลวัตต์ (บาท/เดือน)

ตำแหน่ง	จำนวน	อัตราเงินเดือน (บาท/เดือน)
1. ผู้จัดการ	1 ตำแหน่ง	25,000
2. วิศวกร โรงงาน	2 ตำแหน่ง	22,000
3. ช่างเทคนิค	2 ตำแหน่ง	12,000
4. เจ้าหน้าที่ Operator	3 ตำแหน่ง	8,000
รวมต้นทุนแรงงานทางตรง (บาท/เดือน)		67,000

ที่มา: จากตารางการเงินของโครงการโรงไฟฟ้าต้นแบบสุรนารี

**ตารางผนวกที่ 8** ต้นทุนแรงงานทางตรงของโครงการโรงไฟฟ้าชีวมวลขนาดกำลังการผลิต  
900 กิโลวัตต์

ตำแหน่ง	จำนวน	อัตราเงินเดือน (บาท/เดือน)
1. ผู้จัดการ	1 ตำแหน่ง	25,000
2. วิศวกร โรงงาน	2 ตำแหน่ง	22,000
3. ช่างเทคนิค	2 ตำแหน่ง	12,000
4. เจ้าหน้าที่ Operator	3 ตำแหน่ง	8,000
รวมต้นทุนแรงงานทางตรง (บาท/เดือน)		67,000

ที่มา: จากตารางการเงินของโครงการโรงไฟฟ้าต้นแบบสุรนารี

## ประวัติการศึกษา และการทำงาน

ชื่อ –นามสกุล	นางสาวปกรศ์พรรณ ณะคำปา
วัน เดือน ปี ที่เกิด	7 พฤศจิกายน 2526
สถานที่เกิด	อำเภอฝาง จังหวัดเชียงใหม่
ประวัติการศึกษา	วทบ. เศรษฐศาสตร์สิ่งแวดล้อม, มหาวิทยาลัยแม่โจ้
ผลงานดีเด่นและรางวัลทางวิชาการ	นำเสนอผลงานวิชาการระดับบัณฑิตศึกษาในการประชุม เครือข่ายพลังงานแห่งประเทศไทยครั้งที่ 5 ประจำปี พ.ศ. 2552 นำเสนอผลงานวิชาการระดับบัณฑิตศึกษาในการประชุม วิชาการสมาคมวิศวกรรมเกษตรแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 10 ประจำปี พ.ศ. 2552

