

มหาวิทยาลัยเชียงใหม่  
Chiang Mai University

ภาคผนวก

มหาวิทยาลัยเชียงใหม่  
Chiang Mai University

ภาคผนวก ก  
ตัวอย่างการคำนวณ

### ตัวอย่างการคำนวณ

ข้อมูลจากกิตติวัฒน์ฟาร์ม (กรณีเดินเครื่อง 14 ชั่วโมง/วัน)

#### 1. การคำนวณปริมาณก๊าซชีวภาพที่ผลิตได้สูงสุดต่อวัน (Werner *et. al*,1989)

กิตติวัฒน์ฟาร์มมีปริมาณมูลสุกรสดประมาณ 4,200 กิโลกรัม/วัน ดังนั้นปริมาณก๊าซที่ผลิตได้สูงสุดต่อวัน (G) สามารถหาได้จากสมการ

$$G = (\text{kg-VS input} \times \text{specific Gy}) / 1,000$$

โดย  $\text{specific Gy} = \text{Gy} \times f_{T,RT}$

และ  $\text{VS input} = \text{total dung per day} \times (\% \text{ VS in dung})$

จากข้อมูลในตาราง 2.1 ค่า %VS in dung ของมูลสุกรเท่ากับ 12% และค่า Gy สูงสุดเท่ากับ 550 litre/kg-VS และเมื่อระยะเวลาในการหมักก๊าซของบ่อหมักช้าแบบรางเฉลี่ยเท่ากับ 38 วันและค่าอุณหภูมิของบ่อหมักประมาณ 37.2 °C จากรูปที่ 2.4 จะได้ค่าแฟคเตอร์แก้ไข  $f_{T,RT}$  ประมาณ 1.175 ดังนั้น

$$\begin{aligned} \text{specific Gy} &= 550 \times 1.175 \\ &= 646.25 \text{ litre/kg-VS} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{VS input} &= 4,200 \times 12\% \\ &= 504 \text{ kg-VS/day} \end{aligned}$$

ดังนั้น

$$\begin{aligned} G &= (646.25 \times 504) / 1,000 \\ &= 326 \text{ m}^3/\text{day} \end{aligned}$$

#### 2. การคำนวณค่าความร้อนของก๊าซชีวภาพ (Mitzlaff, 1988)

ค่าเฉลี่ยก๊าซ CO<sub>2</sub> ในก๊าซชีวภาพเท่ากับ 30.8% โดยปริมาตรดังนั้นสัดส่วนก๊าซ CH<sub>4</sub> เท่ากับ

$$\begin{aligned} \% \text{ CH}_4 &= 100\% - 30.8\% \\ &= 69.2\% \end{aligned}$$

จากค่าความดันบรรยากาศ (ข้อมูลจากสถานีอุตุนิยมวิทยาจังหวัดเชียงใหม่) เฉลี่ยตลอดปีเท่ากับ 1008.5 mbar และข้อมูลที่เก็บจากฟาร์มค่าความดันของก๊าซชีวภาพเท่ากับ 2 mbar โดยมีค่าความชื้นสัมพัทธ์เท่ากับ 73.1% ค่าความดันที่แท้จริงของก๊าซชีวภาพ ( $P_{act}$ ) จะหาได้จาก

$$P_{act} = P_a + P_d - P'$$

ค่า  $P'$  เป็นค่าแฟคเตอร์แก้ไข จากรูปที่ 2.5 เมื่อค่าเฉลี่ยอุณหภูมิก๊าซชีวภาพเท่ากับ  $37.2^{\circ}\text{C}$  และความชื้นสัมพัทธ์เท่ากับ 73.1% จะได้ค่า  $P'$  เท่ากับ 50 mbar ส่วนค่า  $P_d$  จะเท่ากับความดันบ่อหมักก๊าซ ดังนั้น

$$\begin{aligned} P_{\text{act}} &= 1008.5 + 2 - 50 \\ &= 961 \text{ mbar} \end{aligned}$$

ความหนาแน่นของก๊าซ  $\text{CH}_4$  ที่สภาวะมาตรฐาน (1,013 mbar 273 K) เท่ากับ  $0.72 \text{ kg} / \text{m}^3$  และมีค่าความร้อนเท่ากับ  $50,000 \text{ kJ/kg}$  ดังนั้นที่ความดัน 961 mbar, 310 K ก๊าซ  $\text{CH}_4$  จะมีความหนาแน่น

$$\begin{aligned} \rho_{\text{CH}_4, \text{act}} &= 0.72 \times (961/1013) \times (273/310) \\ &= 0.601 \text{ kg} / \text{m}^3 \end{aligned}$$

ค่าความร้อนก๊าซชีวภาพ ( $H_u$ ) จะมีค่าความร้อน

$$\begin{aligned} H_{u, \text{act}} &= (69.2/100) \times (0.601 \times 50,000) \\ &= 20,778 \text{ kJ} / \text{m}^3 \end{aligned}$$

### 3. การคำนวณหาค่าอัตราการปล่อยสารมลพิษ (EF)

#### 3.1 การคำนวณน้ำหนักก๊าซ $\text{CO}_2$ ที่ปล่อยออกจากระบบ (อนันต์เสวก หัวซึ่งเจริญ, 2539)

ในงานวิจัยนี้ไม่ได้เก็บค่าน้ำหนักก๊าซ  $\text{CO}_2$  ในไอเสียโดยตรง แต่จะใช้หลักการทางเคมี เนื่องจากการเผาไหม้ก๊าซชีวภาพถือว่าสมบูรณ์แบบเนื่องจากค่าก๊าซ CO ในไอเสียมีค่าน้อยมากเพียง 0.34% สามารถใช้ข้อมูลจากตาราง ก.1 ทำการคำนวณได้ดังนี้

ตาราง ก.1 สัดส่วนค่าทางเคมีของก๊าซชีวภาพ

องค์ประกอบใน ก๊าซชีวภาพ	มวลโมเลกุล	% โดยโมล (%)	น้ำหนัก (g)	% โดยน้ำหนัก (%)
$\text{CH}_4$	16	69.2	11.07	44.96
$\text{CO}_2$	44	30.8	13.55	55.04
	รวม	100	24.62	100.00

กำหนดฐานการคำนวณก๊าซชีวภาพที่ 1 กก. ดังนั้นก๊าซชีวภาพ 1 กก. ประกอบด้วย

- CH<sub>4</sub> 44.96% โดยน้ำหนัก หรือ 0.4496 กก.
- CO<sub>2</sub> 55.04% โดยน้ำหนัก หรือ 0.5504 กก.

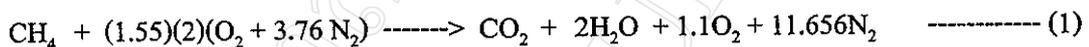
ในการเผาไหม้เชื้อเพลิงก๊าซ CH<sub>4</sub> ที่สมบูรณ์แบบในกรณีที่ใช้อากาศส่วนเกิน (Excess Air) ปฏิกริยาทางเคมีคือ



เมื่อ  $a$  = ปริมาณอากาศส่วนเกิน (Excess air)

$b$  = ปริมาณ O<sub>2</sub> ส่วนเกิน (Excess oxygen)

ค่าเฉลี่ยปริมาณอากาศส่วนเกิน (excess air) คือ 55% ดังนั้นปฏิกริยาทางเคมีคือ



จากปฏิกริยาในสมการ (1) จะเห็นว่าอัตราส่วนก๊าซ CH<sub>4</sub> ที่เข้าต่อก๊าซ CO<sub>2</sub> ที่ออกจากระบบเท่ากับ 1:1 ดังนั้น

$$\begin{aligned} \text{จำนวน kg-mole ของ CH}_4 \text{ ในส่วนที่ทำปฏิกริยาในสมการ(1)} &= 0.4496/16 \\ &= 0.0218 \text{ kg-mole} \end{aligned}$$

$$\text{หรือ CO}_2 \text{ ที่เกิดจากปฏิกริยาในสมการ(1)} = 0.0218 \text{ kg-mole}$$

$$\begin{aligned} \text{จำนวน kg-mole ของ CO}_2 \text{ ในก๊าซชีวภาพที่ไม่ได้ทำปฏิกริยา} &= 0.5504/44 \\ &= 0.0113 \text{ kg-mole} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{รวมจำนวนก๊าซ CO}_2 \text{ ในไอเสีย} &= (0.0218 + 0.0113) \times 44 \\ &= 1.7869 \text{ kg / kg}_{\text{bg}} \end{aligned}$$

### 3.2 การคำนวณความหนาแน่นก๊าซชีวภาพ

ค่าน้ำหนักโมเลกุลเฉลี่ยของก๊าซชีวภาพสามารถหาได้จาก

$$\begin{aligned} \text{MW} &= \text{ผลรวมของผลคูณเศษส่วน โมลกับน้ำหนักโมเลกุลขององค์ประกอบก๊าซ} \\ &= \sum_i X_i \text{MW}_i \\ &= X_{\text{CO}_2} \text{MW}_{\text{CO}_2} + X_{\text{CH}_4} \text{MW}_{\text{CH}_4} \\ &= 0.308 \times 44 + 0.692 \times 16 \\ &= 24.62 \text{ g} \end{aligned}$$

สมมติให้ก๊าซชีวภาพเป็นก๊าซอุดมคติ

$$\text{ความหนาแน่นก๊าซ} = \frac{P \times MW}{R \times T}$$

ดังนั้นความหนาแน่นก๊าซชีวภาพที่ 0.95 atm (961 mbar), 310 K

$$= (0.95 \times 24.62) / (0.08206 \times 310)$$

$$= 0.919 \text{ g/litre}$$

$$= 0.919 \text{ kg/m}^3$$

หรือก๊าซชีวภาพ 1 kg = 1.088 m<sup>3</sup>

ดังนั้นการใช้ก๊าซชีวภาพ 1 m<sup>3</sup> จะสร้างก๊าซ CO<sub>2</sub>

$$= 1.7869 \text{ kg} / 1.088 \text{ m}^3$$

$$= 1.639 \text{ kg/m}^3$$

### 3.3 การคำนวณค่าอัตราการปล่อยสารมลพิษ (EF)

การใช้ก๊าซชีวภาพผลิตไฟฟ้าจะปล่อยก๊าซ CO<sub>2</sub> = 1.639 kg/m<sup>3</sup>

และก๊าซชีวภาพ 1 m<sup>3</sup> มีค่าความร้อน = 20778 kJ

ดังนั้นอัตราการปล่อยสารมลพิษ CO<sub>2</sub> EF = 1.642 / 20778

$$= 0.000079 \text{ kg/kJ}$$

หรือ = 0.079 kg/MJ

### 4. การคำนวณค่าอัตราการใช้ความร้อน (HR)

ก๊าซชีวภาพ 23.00 m<sup>3</sup> สามารถผลิตไฟฟ้าได้ 22.76 kWh

$$\text{อัตราการใช้ความร้อน HR} = 23.00 \times 20,778 / 22.76$$

$$= 20,997 \text{ kJ/kWh}$$

หรือ = 20.997 MJ/kWh

### 5. การคำนวณปริมาณไฟฟ้าที่ผลิตได้ต่อวัน

ฟาร์มสุกรกีดตัวฉนัฟาร์มเคินเครื่องผลิตไฟฟ้าระหว่าง 12-16 ชม./วันเฉลี่ยเท่ากับ 14 ชม./วัน

ดังนั้นปริมาณไฟฟ้าที่ผลิตได้ต่อวัน = 14 × 22.76

$$= 319 \text{ kWh/วัน}$$

## 6. การคำนวณต้นทุนแบบ Exergy Costing (Bejan *et. al*, 1996)

### 6.1 ราคาไฟฟ้ากรณีไม่รวมผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม

$$\begin{aligned} \text{ปริมาณก๊าซที่ใช้ต่อปี} &= 23.0 \text{ m}^3 / \text{h} \times 14 \text{ h/d} \times 360 \text{ d/y} \\ &= 115,920 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{ค่า Capital Recovery Factor} &= \left[ \frac{i(1+i)^n}{(1+i)^n - 1} \right] \\ &= \left[ \frac{0.12(1+0.12)^{15}}{(1+0.12)^{15} - 1} \right] \\ &= 0.1468 \end{aligned}$$

มูลค่าปัจจุบันของเงินลงทุนระบบผลิตก๊าซชีวภาพประกอบด้วย เงินลงทุนเบื้องต้นและมูลค่าปัจจุบันเงินบำรุงรักษา

$$\text{เงินลงทุนเบื้องต้นระบบผลิตก๊าซชีวภาพ} = 4,300,000 \text{ บาท}$$

เงินค่าบำรุงรักษาระบบผลิตก๊าซชีวภาพในงานวิจัยนี้จะคิดเพียงค่าเปลี่ยนพลาสติกคลุมบ่อหมักก๊าซเท่านั้น เนื่องจากระบบผลิตก๊าซชีวภาพเป็นโครงสร้างคอนกรีตที่ไม่มีปัญหาเรื่องการซ่อมแซมและการเปลี่ยนพลาสติกคลุมบ่อหมักก๊าซจะเปลี่ยนทุก 5 ปี ซึ่งราคาสำหรับบ่อขนาด 1,000 m<sup>3</sup> จะเท่ากับ 99,000 บาท (ข้อมูลจากหน่วยบริการก๊าซชีวภาพ) ดังนั้น

$$\begin{aligned} \text{มูลค่าปัจจุบันค่าบำรุงรักษา} &= (99,000 / 1.12^5) + (99,000 / 1.12^{10}) \\ &= 88,053 \text{ บาท} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{ต้นทุนระบบผลิตก๊าซรวม} &= 4,300,000 + 88,053 \\ &= 4,388,053 \text{ บาท} \end{aligned}$$

$$\text{ต้นทุนระบบผลิตก๊าซต่อค่าความร้อน} = (4,388,053 \times 0.1468) / (115,920 \times 20.778)$$

$$c_{bg} = 0.2674 \text{ บาท / MJ}$$

$$\begin{aligned} \text{เงินลงทุนระบบผลิตไฟฟ้าเฉลี่ยรายปี} &= 540,000 \times 0.1468 \\ &= 79,272 \end{aligned}$$

$$\text{หรือ} = 79,272 / (5,040 \times 3,600)$$

$$\dot{Z}_{eng} + \dot{Z}_{gen} = 0.0044 \text{ บาท / วินาที}$$

ต้นทุนค่าบำรุงรักษาและดำเนินงานของระบบผลิตไฟฟ้าประกอบด้วย ค่าเปลี่ยนถ่านน้ำมัน เครื่องของเครื่องยนต์จะเปลี่ยนเฉลี่ยทุก 100 ชั่วโมงการทำงาน โดยใช้น้ำมันเครื่องครั้งละ 4 ลิตรๆ ละ 80 บาท (ข้อมูลจากหน่วยบริการก๊าซชีวภาพ) และเงินเดือนช่างเทคนิคที่ดูแลเครื่องยนต์ประมาณ 6,000 บาท/เดือน ดังนั้น

ค่าบำรุงรักษาและค่านิมนงานระบบผลิตไฟฟ้าเฉลี่ยรายปี

$$= (5,040 \times 4 \times 80 / 100) + (6,000 \times 12)$$

$$= 88,128 \text{ บาท/ปี}$$

$$\text{หรือ} = 88,128 / (5,040 \times 3,600)$$

$$\dot{Z}_{O\&M} = 0.0049 \text{ บาท/วินาที}$$

ใน 1 ชม. ใช้ก๊าซชีวภาพไป = 23.00 m<sup>3</sup>

คิดเป็นอัตราความร้อนเข้าระบบ = 23.00 × 20.778

$$= 477.894 \text{ MJ/hr}$$

$$\text{หรือ} = 477.894 / 3600$$

$$\dot{E}_{bg} = 0.1327 \text{ MJ/s}$$

ราคาไฟฟ้าเฉลี่ยกรณีที่ไม่นรวมผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม

$$c_w = [c_{bg} \dot{E}_{bg} + \dot{Z}_{eng} + \dot{Z}_{gen} + \dot{Z}_{O\&M}] / \dot{W}$$

$$= [0.2674 \times 0.1327 + 0.0044 + 0.0049] / 22.76$$

$$= 0.001965 \text{ บาท/kJ}$$

$$= 1.965 \text{ บาท/MJ}$$

$$\text{หรือ} = 0.001965 \times 3,600$$

$$= 7.07 \text{ บาท/kWh}$$

## 6.2 ราคาไฟฟ้ากรณีรวมผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม

### 6.2.1 ค่าใช้จ่ายในการกำจัดก๊าซ SO<sub>2</sub>

จากข้อมูลในตารางที่ 2.5 และ 2.6 สามารถสรุปเป็นค่าใช้จ่ายในการกำจัดก๊าซ SO<sub>2</sub> ของเครื่อง FGD ตั้งแต่เครื่องที่ 8-13 ได้ดังตาราง ก.2

ตาราง ก.2 ค่าใช้จ่ายในการกำจัดก๊าซ SO<sub>2</sub> ของเครื่อง FGD ตั้งแต่เครื่องที่ 8-13

FGD Unit No.	Unit	8	9	10	11	12	13
Cost	10 <sup>6</sup> Baht	638.0	638.0	638.0	638.0	329.3	329.3
Cost base on 2000	10 <sup>6</sup> Baht	1259.30	1259.30	1259.30	1259.30	727.98	727.98
SO <sub>2</sub> to FGD	ton/hour	11.03	11.03	11.03	11.03	8.10	8.10
SO <sub>2</sub> at FGD outlet	ton/hour	0.55	0.55	0.55	0.55	0.65	0.65
SO <sub>2</sub> reduced	ton/hour	10.48	10.48	10.48	10.48	7.45	7.45
SO <sub>2</sub> reduced	ton/year	84259.2	84259.2	84259.2	84259.2	59898.0	59898.0
Efficiency	%	95	95	95	95	92	92
Annual Cost	Baht	88.15	88.15	88.15	88.15	50.96	50.96
Total cost per year	Baht	248.71	248.71	248.71	248.71	143.78	143.78
<b>Baht/ton SO<sub>2</sub></b>		<b>2,951.74</b>	<b>2,951.74</b>	<b>2,951.74</b>	<b>2,951.74</b>	<b>2,400.34</b>	<b>2,400.34</b>

$$\text{ค่าต้นทุนเครื่อง 8-11 บนฐานปีค.ศ. 2000} = 638.00 \times 10^6 \times (1.12^6)$$

$$= 1,259.3 \times 10^6 \text{ บาท}$$

$$\text{ค่าบำรุงรักษาและดำเนินการรายปี} = 1,259 \times 10^6 \times 0.07$$

$$= 88.15 \times 10^6 \text{ บาท/ปี}$$

$$\text{ค่าใช้จ่ายรายปีรวมเครื่อง 8-11} = [1,259.3 \times 10^6 \times \frac{0.12(1+0.12)^{25}}{(1+0.12)^{25}-1}] + 88.15 \times 10^6$$

$$= 248.71 \times 10^6 \text{ บาท/ปี}$$

$$\text{ค่าใช้จ่ายในการกำจัดก๊าซ SO}_2 = 248.71 \times 10^6 / 84,259.2$$

$$= 2,951.74 \text{ บาท/ton}$$

$$\text{ค่าต้นทุนเครื่อง 12-13 บนฐานปีค.ศ. 2000} = 329.30 \times 10^6 \times (1.12^7)$$

$$= 727.98 \times 10^6 \text{ บาท}$$

$$\text{ค่าบำรุงรักษาและดำเนินการรายปี} = 727.98 \times 10^6 \times 0.07$$

$$= 50.96 \text{ บาท/ปี}$$

$$\text{ค่าใช้จ่ายรายปีรวมเครื่อง 12-13} = [727.98 \times 10^6 \times \frac{0.12(1+0.12)^{25}}{(1+0.12)^{25}-1}] + 50.96 \times 10^6$$

$$= 143.78 \times 10^6 \text{ บาท/ปี}$$

$$\begin{aligned} \text{ค่าใช้จ่ายในการกำจัดก๊าซ SO}_2 &= 143.78 \times 10^6 / 59,898 \\ &= 2,400.34 \text{ บาท} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{ค่าใช้จ่ายเฉลี่ยต่อเครื่อง} &= [(2951.74 \times 4) + (2,400.34 \times 2)] / 6 \\ &= 2,768 \text{ บาท/ton SO}_2 \end{aligned}$$

โดยวิธี NETS สามารถประเมินผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมจากก๊าซ SO<sub>2</sub> ได้ดังนี้

$$\begin{aligned} \text{MEV} &= \text{ประชากรในจังหวัดลำปาง} \times 100 \text{ NETS} \\ &= 779,215 \times 100 \\ &= 7.8 \times 10^7 \text{ NETS} \end{aligned}$$

$$\text{ภาระสิ่งแวดล้อม } P_i = 3.93 \times 10^6 \text{ ton SO}_2$$

$$\begin{aligned} \text{ดังนั้น} \quad \text{ELM} &= 7.8 \times 10^7 \text{ NETS} / 3.93 \times 10^6 \text{ ton SO}_2 \\ &= 19.85 \text{ NETS / ton SO}_2 \end{aligned}$$

### 6.2.2 ค่าใช้จ่ายที่เกิดจากผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมจากก๊าซ CO<sub>2</sub>

โดยวิธี NETS สามารถประเมินผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมจากก๊าซ CO<sub>2</sub> ได้ดังนี้

$$\begin{aligned} \text{MEV} &= \text{ประชากรทั้งโลก} \times 100 \text{ NETS} \\ &= 6.0 \times 10^9 \times 100 \\ &= 6.0 \times 10^{11} \text{ NETS} \end{aligned}$$

$$\text{ภาระสิ่งแวดล้อม } P_i = 2.05 \times 10^{12} \text{ ton CO}_2$$

$$\begin{aligned} \text{ดังนั้น} \quad \text{ELM} &= 6.0 \times 10^{11} \text{ NETS} / 2.05 \times 10^{12} \text{ ton CO}_2 \\ &= 0.29 \text{ NETS / ton CO}_2 \end{aligned}$$

คิดเป็นค่าใช้จ่ายในการกำจัดก๊าซ CO<sub>2</sub> เทียบกับก๊าซ SO<sub>2</sub> ได้ดังนี้

$$\begin{aligned} \text{VED CO}_2 &= (0.29 \times 2,768) / 19.85 \\ &= 40 \text{ บาท/ton CO}_2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{คิดเป็น Externality cost} &= (20.997 \text{ MJ/kWh}) \times (0.079 \text{ kg CO}_2 / \text{MJ}) \times 40 \text{ บาท/ton CO}_2 \\ &= 0.07 \text{ บาท / kWh} \end{aligned}$$

$$\text{หรือ} \quad = 0.019 \text{ บาท/MJ}$$

$$\begin{aligned} \text{ดังนั้น} \quad \dot{Z}_{\text{ec,CO}_2} &= (0.07 \times \text{kWh/y}) / (5,040 \times 3,600) \\ &= (0.07 \times 22.76 \times 14 \times 360) / (5,040 \times 3,600) \\ &= 0.00042 \text{ บาท /วินาที} \end{aligned}$$

### 6.2.3 ค่าใช้จ่ายที่เกิดจากผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมจากก๊าซ CH<sub>4</sub>

เนื่องจากระบบผลิตไฟฟ้าจากก๊าซชีวภาพช่วยลดปัญหาทางด้านสิ่งแวดล้อม 2 ประการคือ ลดปัญหาการหมักสลายของก๊าซธรรมชาติ (ช่วยสร้างก๊าซ CH<sub>4</sub> เพิ่มขึ้น) และ ลดการแพร่กระจายก๊าซ CH<sub>4</sub> สู่อากาศเมื่อเทียบกับฟาร์มสุกรที่ไม่มีระบบผลิตก๊าซชีวภาพ ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงแยกความเสียหายเป็น 2 กรณีดังกล่าวและค่าที่ได้จะคิดลบเพราะเป็นการลดปัญหาให้สิ่งแวดล้อม การคำนวณมีดังต่อไปนี้

กรณีช่วยลดปัญหาการหมักสลายของก๊าซธรรมชาติ เมื่อใช้วิธี NETS ประเมิน

$$\text{MEV} = \text{ประชากรทั้งโลก} \times 100 \text{ NETS}$$

$$= 6.0 \times 10^9 \times 100$$

$$= 6.0 \times 10^{11} \text{ NETS}$$

$$\text{ภาระสิ่งแวดล้อม } P_i = 1.01 \times 10^{11} \text{ ton CH}_4$$

$$\text{ดังนั้น } \text{ELM} = 6.0 \times 10^{11} \text{ NETS} / 1.01 \times 10^{11} \text{ ton CH}_4$$

$$= 5.94 \text{ NETS} / \text{ton SO}_2$$

กรณีช่วยลดปัญหาการแพร่กระจายก๊าซ CH<sub>4</sub> เมื่อใช้วิธี NETS ประเมิน

$$\text{MEV} = \text{ประชากรทั้งโลก} \times 100 \text{ NETS}$$

$$= 6.0 \times 10^9 \times 100$$

$$= 6.0 \times 10^{11} \text{ NETS}$$

$$\text{ภาระสิ่งแวดล้อม } P_i = 1.06 \times 10^{11} \text{ ton CH}_4$$

$$\text{ดังนั้น } \text{ELM} = 6.0 \times 10^{11} \text{ NETS} / 1.06 \times 10^{11} \text{ ton CH}_4$$

$$= 5.66 \text{ NETS} / \text{ton CH}_4$$

แต่ค่าเฉลี่ยก๊าซ CH<sub>4</sub> ที่แพร่กระจายจากฟาร์มสุกรประมาณ 0.3 kg CH<sub>4</sub> / สุกรน้ำหนักเฉลี่ย 75 kg. (Tammiga, S. 1992) เมื่อเทียบเป็น % ก๊าซ CH<sub>4</sub> ที่ผลิตได้ทั้งปี สามารถคำนวณได้ดังนี้ (ใช้การคำนวณในหัวข้อที่ 1 ข้างต้น และตาราง 2.1 ประกอบ)

$$\begin{aligned} \text{ก๊าซชีวภาพที่สุกรน้ำหนักเฉลี่ย 75 kg. ผลิตได้ทั้งปี} &= 75 \times 0.02 \times 0.12 \times 1.175 \times 550 \times 365 / 1,000 \\ &= 42.46 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$\text{คิดเป็นปริมาณก๊าซ CH}_4 = 42.45 \times 69.2\%$$

$$= 29.38 \text{ m}^3$$

$$\text{คิดเป็นน้ำหนักก๊าซ CH}_4 = 29.38 \times 0.6 \text{ kg./m}^3$$

$$= 17.63 \text{ kg. CH}_4$$

$$\text{หรือเทียบเท่ากับ} = 0.3 / 17.63$$

$$= 0.017$$

$$= 1.7\%$$

ดังนั้นค่า ELM กรณีช่วยลดปัญหาการแพร่กระจายก๊าซ CH<sub>4</sub> จะเท่ากับ

$$= 5.66 \times 0.017$$

$$= 0.096 \text{ NETS / ton CH}_4$$

$$\text{ดังนั้น total ELM CH}_4 = 5.94 + 0.096$$

$$= 6.04 \text{ NETS / ton CH}_4$$

คิดเป็นค่าใช้จ่ายในการกำจัดก๊าซ CH<sub>4</sub> เทียบกับก๊าซ SO<sub>2</sub> ได้ดังนี้

$$\text{VED CO}_2 = (6.04 \times 2,768) / 19.85$$

$$= -842 \text{ บาท/ton CH}_4$$

คิดเป็น Externality cost ได้ดังนี้

$$\text{ปริมาณก๊าซชีวภาพที่ถูกใช้ใน 1 ปี} = 5,040 \times 23.00$$

$$= 115,920 \text{ m}^3$$

$$\text{คิดเป็นปริมาณก๊าซ CH}_4 = 115,920 \times 0.692$$

$$= 80,217 \text{ m}^3$$

$$\text{คิดเป็นน้ำหนักก๊าซ CH}_4 = 80,217 \text{ m}^3 \times 0.60 \text{ kg/m}^3$$

$$= 48.2 \text{ ton CH}_4$$

$$\text{คิดเป็นค่าใช้จ่ายต่อปี} = -842 \times 48.2$$

$$= -40,574 \text{ บาท/ปี}$$

$$\text{และ } \dot{Z}_{\text{EC,CH}_4} = -40,574 / (5,040 \times 3,600)$$

$$= -0.00224 \text{ บาท / วินาที}$$

$$\text{หรือ} = -40,574 / (5,040 \times 22.76)$$

$$= -0.35 \text{ บาท / kWh}$$

$$\text{หรือ} = -0.098 \text{ บาท/MJ}$$

#### 6.2.4 ราคาไฟฟ้าเฉลี่ยกรณีรวมผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมจากก๊าซ CO<sub>2</sub> อย่างเดียว

$$c_w = [c_{bg} \dot{E}_{bg} + \dot{Z}_{eng} + \dot{Z}_{gen} + \dot{Z}_{O\&M} + \dot{Z}_{EC}] / \dot{W}$$

$$= [0.2674 \times 0.1327 + 0.0044 + 0.0049 + 0.00042] / 22.76$$

$$= 1.984 \text{ บาท / MJ}$$

$$\begin{aligned} \text{หรือ} &= 0.001984 \times 3,600 \\ &= 7.14 \text{ บาท / kWh} \end{aligned}$$

### 6.2.5 ราคาไฟฟ้าเฉลี่ยกรณีรวมผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมจากก๊าซ CO<sub>2</sub> และ CH<sub>4</sub> รวมกัน

$$\begin{aligned} c_w &= [c_{bg} \dot{E}_{bg} + \dot{Z}_{eng} + \dot{Z}_{gen} + \dot{Z}_{O\&M} + \dot{Z}_{EC}] / \dot{W} \\ &= [0.2674 \times 0.1327 + 0.0044 + 0.0049 + 0.00042 - 0.00224] / 22.76 \\ &= 0.001886 \text{ บาท / kJ} \\ &= 1.886 \text{ บาท / MJ} \\ \text{หรือ} &= 0.001886 \times 3,600 \\ &= 6.79 \text{ บาท / kWh} \end{aligned}$$

### 7. การคำนวณประสิทธิภาพรวมระบบผลิตไฟฟ้าจากก๊าซชีวภาพ

ประสิทธิภาพตามกฎข้อที่ 1 ทางเทอร์โมไดนามิกส์

$$\begin{aligned} \eta &= \frac{\text{พลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้} (\dot{W})}{\text{พลังงานจากก๊าซชีวภาพ} (Q_{bg})} \\ &= \frac{22.76 \times 3,600}{23.00 \times 20,778} \end{aligned}$$

$$\text{หรือ} = 17.15 \%$$

### 8. การวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ (วารุณี เตีย, 2540)

ค่าที่ใช้ในการคำนวณทางเศรษฐศาสตร์แยกเป็นแต่ละรายการได้ดังต่อไปนี้

ค่าใช้จ่ายในการลงทุน (ข้อมูลจากหน่วยบริการก๊าซชีวภาพ)

- ต้นทุนระบบผลิตก๊าซชีวภาพ 4,300,000 บาท
- ต้นทุนระบบผลิตไฟฟ้า 540,000 บาท
- ค่าบำรุงรักษาในส่วนระบบผลิตก๊าซ
- ค่าเปลี่ยนพลาสติกคลุมบ่อหมัก (ต่อ 5 ปี) จำนวน 450 m<sup>2</sup> 220 บาท / m<sup>2</sup>
- ค่าบำรุงรักษาในส่วนระบบผลิตไฟฟ้า
  - ค่าเปลี่ยนถ่ายน้ำมันเครื่อง 4 ลิตรๆละ 80 บาททุก 100 ชั่วโมงทำงาน
- ค่าใช้จ่ายในการดำเนินงาน 72,000 บาท / ปี

### รายรับจากการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าจากก๊าซชีวภาพ

- ค่าไฟฟ้าที่ประหยัดได้	2.50 บาท / kWh
- ค่าปุ๋ยที่สามารถขายได้	1.00 บาท / kg

### ค่าประกอบการคำนวณ

- เงินสนับสนุนค่าก่อสร้างจากสำนักงานคณะกรรมการนโยบายพลังงานแห่งชาติ	1,128,000 บาท / 1,000 m <sup>3</sup>
- วันทำงานต่อปี (เฉลี่ย 2 เดือนหยุดตรวจสอบเครื่อง 1 ครั้ง)	360 วัน / ปี
- อายุโครงการ	15 ปี
- อัตราส่วนลด	12 %
- Series Present Worth Factor (SPWF)	6.8100
- Capital Recovery Factor (CRF)	0.1468
- มูลค่าซากระบบ	0
- ปริมาณปุ๋ยที่ผลิตได้ในงานวิจัยนี้กำหนดให้ขึ้นกับปริมาณก๊าซชีวภาพที่ใช้ต่อวัน โดยมีค่าเท่ากับ ปริมาณก๊าซชีวภาพที่ใช้ต่อวัน $\times 365 \text{ วัน} \times 0.225 / 0.078$ โดยค่า 0.225 คือปุ๋ยอินทรีย์มีน้ำหนักประมาณ 22.5% ของน้ำหนักมูลสุกรสด และค่า 0.078 คือค่าก๊าซชีวภาพที่ได้จากมูลสุกร 1 kg	

### 8.1 ระยะเวลาคืนทุน ( Simple Payback Period ) กรณีไม่รวมผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม

#### 8.1.1 กรณีคิดต่อเงินลงทุนทั้งหมด

$$\text{ระยะเวลาคืนทุน (ปี)} = \text{เงินลงทุนทั้งหมด (TIC)} / \text{กระแสเงินสดสุทธิต่อปี (NCF)}$$

$$\text{โดยที่ เงินลงทุนทั้งหมด} = \text{ราคากระบบผลิตก๊าซชีวภาพ} + \text{ราคากระบบผลิตไฟฟ้า}$$

$$= 4,300,000 + 540,000$$

$$= 4,840,000 \text{ บาท}$$

$$\text{ปุ๋ยอินทรีย์ที่ขายได้} = 23.0 \times 14 \times 365 \times 0.225 \times 1 \text{ บาท/kg.} / 0.078$$

$$= 339,029 \text{ บาท/ปี}$$

$$\text{รายรับต่อปี} = \text{ค่าไฟฟ้าที่ประหยัดได้} + \text{ปุ๋ยอินทรีย์ที่ขายได้}$$

$$= (5,040 \times 22.76 \times 2.50) + 339,029$$

$$= 625,805 \text{ บาท/ปี}$$

$$\text{ค่าบำรุงรักษาระบบผลิตก๊าซ} = \text{ค่าเปลี่ยนพลาสติกปีที่ 5} + \text{ค่าเปลี่ยนพลาสติกปีที่ 10}$$

$$= (99,000 / 1.12^5) + (99,000 / 1.12^{10})$$

$$= 88,053 \text{ บาท}$$

$$\begin{aligned}
 \text{รายจ่ายต่อปี} &= \text{ค่าบำรุงรักษา} + \text{ค่าดำเนินการ} \\
 &= (88,053 \times 0.1468) + (5,040 \times 320 / 100) + 72,000 \\
 &= 12,926 + 16,128 + 72,000 \\
 &= 101,054 \text{ บาท/ปี}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{กระแสเงินสดสุทธิต่อปี} &= \text{รายได้ต่อปี} - \text{รายจ่ายต่อปี} \\
 &= 625,805 - 101,054 \\
 &= 524,751 \text{ บาท/ปี}
 \end{aligned}$$

และ

$$\begin{aligned}
 \text{ระยะเวลากู้ทุน (ปี)} &= 4,840,000 / 524,751 \\
 &= 9.2 \text{ ปี}
 \end{aligned}$$

### 8.1.2 กรณีคิดต่อเงินเฉพาะที่ลงทุนเอง

$$\begin{aligned}
 \text{ระยะเวลากู้ทุน (ปี)} &= (4,840,000 - 1,128,000) / 524,751 \\
 &= 7.1 \text{ ปี}
 \end{aligned}$$

## 8.2 อัตราผลตอบแทนการลงทุน

### 8.2.1 กรณีคิดต่อเงินลงทุนทั้งหมด (IRR)

$$\begin{aligned}
 \text{TIC} &= \sum_{n=1}^N \frac{\text{NCF}_n}{(1+i^*)^n} \\
 4,840,000 &= \sum_{n=1}^{15} \frac{524,751}{(1+i^*)^{15}} \\
 i^* &= 6.80 \%
 \end{aligned}$$

### 8.2.2 กรณีคิดต่อเงินเฉพาะที่ลงทุนเอง (ROE)

$$\begin{aligned}
 \text{TIC} - \text{เงินสนับสนุนค่าก่อสร้าง} &= \sum_{n=1}^N \frac{\text{NCF}_n}{(1+i^*)^n} \\
 4,840,000 - 1,128,000 &= \sum_{n=1}^{15} \frac{524,751}{(1+i^*)^{15}} \\
 i^* &= 11.30 \%
 \end{aligned}$$

### 9. การสร้างสมการแทนค่าความสัมพันธ์ (ทงเกียรติ เกียรติศิริโรจน์, 2539)

ตัวอย่างการสร้างสมการแทนความสัมพันธ์ที่แสดงในรูปกราฟต้นทุนราคาไฟฟ้าในกรณีไม่รวมผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม จากข้อมูลในตารางที่ 4.4 และกราฟรูปที่ 4.2 สามารถแสดงค่าต้นทุนในรูปแบบสมการโพลิโนเมียลกำลังสามได้ดังนี้

$$Z = a + bX + cX^2 + dX^3 \quad \text{----- (2)}$$

เมื่อ  $Z =$  ต้นทุนราคาไฟฟ้า (บาท/kWh)

$X =$  อัตราส่วนขนาดระบบผลิตไฟฟ้าต่อระบบผลิตก๊าซชีวภาพ ( $W/m^3$ )

ที่เส้นกราฟเดินเครื่อง 10 ชั่วโมงต่อวัน โดยการใชโปรแกรม Excel วิเคราะห์เส้นแนวโน้ม จะได้ความสัมพันธ์เป็น

$$Z = 5.7725 + 0.3457X - 0.0086X^2 + 6 \times 10^{-5}X^3$$

ที่เส้นกราฟเดินเครื่อง 14 ชั่วโมงต่อวัน เส้นแนวโน้มจะให้ความสัมพันธ์เป็น

$$Z = 3.6831 + 0.2773X - 0.0067X^2 + 5 \times 10^{-5}X^3$$

ที่เส้นกราฟเดินเครื่อง 16 ชั่วโมงต่อวัน เส้นแนวโน้มจะให้ความสัมพันธ์เป็น

$$Z = 2.9599 + 0.2608X - 0.0063X^2 + 4 \times 10^{-5}X^3$$

ที่เส้นกราฟเดินเครื่อง 24 ชั่วโมงต่อวัน เส้นแนวโน้มจะให้ความสัมพันธ์เป็น

$$Z = 1.306 + 0.2188X - 0.0051X^2 + 3 \times 10^{-5}X^3$$

จากสมการเส้นแนวโน้มทั้ง 4 ข้างต้นจะได้ค่า  $a_1 = 5.7725$   $a_2 = 3.6831$   $a_3 = 2.9599$   $a_4 = 1.306$

$b_1 = 0.3457$   $b_2 = 0.2773$   $b_3 = 0.2608$   $b_4 = 0.2188$   $c_1 = -0.0086$   $c_2 = -0.0067$   $c_3 = -0.0063$

$c_4 = -0.0051$  และ  $d_1 = 6 \times 10^{-5}$   $d_2 = 5 \times 10^{-5}$   $d_3 = 4 \times 10^{-5}$   $d_4 = 3 \times 10^{-5}$

ค่าตัวแปร  $a$   $b$   $c$  และ  $d$  สามารถหาได้จากสมการ

$$a = A_0 + A_1Y + A_2Y^2 + A_3Y^3 \quad \text{----- (3)}$$

$$b = B_0 + B_1Y + B_2Y^2 + B_3Y^3 \quad \text{----- (4)}$$

$$c = C_0 + C_1Y + C_2Y^2 + C_3Y^3 \quad \text{----- (5)}$$

$$d = D_0 + D_1Y + D_2Y^2 + D_3Y^3 \quad \text{----- (6)}$$

เมื่อ  $Y =$  ชั่วโมงเดินเครื่องผลิตไฟฟ้าในแต่ละวัน (hr)

และจะหาค่าคงที่  $A_0$   $A_1$   $A_2$   $A_3$  ได้จาก

$$\begin{pmatrix} 1 & 10 & 10^2 & 10^3 \\ 1 & 14 & 14^2 & 14^3 \\ 1 & 16 & 16^2 & 16^3 \\ 1 & 24 & 24^2 & 24^3 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} A_0 \\ A_1 \\ A_2 \\ A_3 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 5.7725 \\ 3.6831 \\ 2.9599 \\ 1.306 \end{pmatrix}$$

จากการแก้สมการข้างต้นจะได้  $A_0 = 16.56$   $A_1 = -1.59$   $A_2 = 5.91 \times 10^{-2}$   $A_3 = -8.07 \times 10^{-4}$   
 โดยวิธีเดียวกันจะได้  $B_0 = 0.91$   $B_1 = -9.65 \times 10^{-2}$   $B_2 = 4.83 \times 10^{-3}$   $B_3 = -8.39 \times 10^{-5}$   
 $C_0 = -2.63 \times 10^{-2}$   $C_1 = 3.10 \times 10^{-3}$   $C_2 = -1.62 \times 10^{-4}$   $C_3 = 2.92 \times 10^{-6}$   
 $D_0 = -1.00 \times 10^{-4}$   $D_1 = 3.71 \times 10^{-5}$   $D_2 = -2.67 \times 10^{-6}$   $D_3 = 5.65 \times 10^{-8}$

นำค่าที่ได้ไปแทนในสมการ (3) (4) (5) (6) จะได้

$$a = (16.56 - 1.59Y + 5.91 \times 10^{-2} Y^2 - 8.07 \times 10^{-4} Y^3)$$

$$b = (0.91 - 0.10Y + 4.83 \times 10^{-3} Y^2 - 8.39 \times 10^{-5} Y^3)$$

$$c = (-2.63 \times 10^{-2} + 3.10 \times 10^{-3} Y - 1.62 \times 10^{-4} Y^2 + 2.92 \times 10^{-6} Y^3)$$

$$d = (-1.0 \times 10^{-4} + 3.71 \times 10^{-5} Y - 2.67 \times 10^{-6} Y^2 + 5.65 \times 10^{-8} Y^3)$$

และเมื่อนำค่าคงที่ a b c d ข้างต้นไปแทนในสมการ (1) จะได้

$$\begin{aligned} Z = & (16.56 - 1.59Y + 5.91 \times 10^{-2} Y^2 - 8.07 \times 10^{-4} Y^3) + (0.91 - 0.10Y + 4.83 \times 10^{-3} Y^2 - 8.39 \times 10^{-5} Y^3)X \\ & - (2.63 \times 10^{-2} - 3.10 \times 10^{-3} Y - 1.62 \times 10^{-4} Y^2 + 2.92 \times 10^{-6} Y^3)X^2 \\ & - (1.0 \times 10^{-4} - 3.71 \times 10^{-5} Y + 2.67 \times 10^{-6} Y^2 - 5.65 \times 10^{-8} Y^3)X^3 \end{aligned}$$

#### 10. การเปรียบเทียบกับโรงไฟฟ้าพลังความร้อนร่วม

ผลการคำนวณ โรงไฟฟ้าพลังความร้อนร่วม โดยใช้โรงงานสกัดน้ำมันปาล์มบริษัท  
 ไทยอุตสาหกรรมและสวนปาล์มจำกัด จะใช้ข้อมูลดังต่อไปนี้ (วชิระ ดันเต็ก, 2541)

##### รายจ่าย

- ราคาประเมินของระบบ	1,500 US\$/kW <sub>e</sub>
- ราคาเชื้อเพลิงผสม	7.22 US\$/ton
- ค่าบำรุงรักษาและดำเนินการ	3% ของราคากระบบ
- ค่าไฟฟ้าที่ป้อนเข้าระบบ	2.50 บาท/kWh
- ค่าพลังงานไฟฟ้าสำรอง	9.22 US\$/kW

### รายรับ

- ราคาไฟฟ้าที่ขายคืนให้การไฟฟ้า(แบบ non-firm) 0.024 US\$/kWh
- ค่าไฟฟ้าที่ประหยัดได้เฉลี่ย 2.50 บาท/kWh

### ข้อมูลทั่วไป

- อายุโรงงาน 20 ปี
- มูลค่าซากระบบ 10% ของราคาระบบ
- ชั่วโมงทำงาน 4,800 ชั่วโมง/ปี
- อัตราการป้อนเชื้อเพลิง 4,000 kg/hr
- ค่าความร้อนเชื้อเพลิงผสม 13.95 MJ/kg
- สภาวะ dead state 30 °C, 3 bars
- อัตราส่วนลด 12% ต่อปี
- อัตราแลกเปลี่ยนเงิน 44 บาท/US\$
- enthalpy ของไอน้ำที่ออกจาก turbine 2,725 kJ/kg
- enthalpy ของน้ำอิมตัวที่สภาวะแวดล้อม 125.7 kJ/kg
- อุณหภูมิสัมบูรณ์ที่สภาวะแวดล้อม 303 K
- entropy ของไอน้ำที่ออกจาก turbine 6.993 kJ/kg-K
- entropy ของน้ำอิมตัวที่สภาวะแวดล้อม 0.436 kJ/kg-K
- Capital Recovery Factor (CRF, 12%, 20) 0.1339
- Sinking Fund Factor (SFF, 12%, 20) 0.0139

### 10.1 การคำนวณต้นทุนราคาไฟฟ้า

จากข้อมูลเบื้องต้นสามารถหาค่าประกอบการคำนวณในแบบ exergy costing ดังต่อไปนี้

นี้

$$\begin{aligned} \text{อัตราการป้อนเชื้อเพลิง } \dot{E}_f &= (4,000/3,600) \times 13.95 \\ &= 15.5 \text{ MJ/s} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{ราคาเชื้อเพลิง } C_f &= (7.22 \times 44) / (1,000 \times 13.95) \\ &= 0.023 \text{ บาท/MJ} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} (\text{CRF}, 12\%, 20) &= \frac{0.12(1 + 0.12)^{20}}{(1 + 0.12)^{20} - 1} \\ &= 0.1339 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{เงินลงทุนระบบ } \dot{Z}_{\text{sys}} &= [(1,500 \times 422 \times 44) \times (\text{CRF}, 12\%, 20)] / [16 \times 300 \times 3,600] \\ &= 0.2158 \text{ บาท/วินาที} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{ค่าบำรุงรักษาและค่าเนินการ } \dot{Z}_{\text{O\&M}} &= (0.03 \times 1,500 \times 422 \times 44) / (16 \times 300 \times 3,600) \\ &= 0.0484 \text{ บาท/วินาที} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{ค่าไฟฟ้าที่ป้อนเข้าระบบ } \dot{Z}_c &= (150 \times 2.50) / 3,600 \\ &= 0.1042 \text{ บาท/วินาที} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Exergy ของไอน้ำที่เข้า Process } \dot{E}_s &= 8,850[(2725-125.7)-303(6.993-0.436)] / 3,600 \\ &= 1,505 \text{ kW} \end{aligned}$$

จากข้อมูลเบื้องต้นจะได้

$$c_e \dot{W}_e + c_s \dot{E}_s = c_f \dot{E}_f + \dot{Z}_{\text{sys}} + \dot{Z}_{\text{O\&M}} + \dot{Z}_c$$

เมื่อกำหนดให้ค่าราคาต่อหน่วย Exergy ของไอน้ำและไฟฟ้ามีค่าเท่ากัน (Equality Method) จะได้

$$c_e (\dot{W}_e + \dot{E}_s) = c_f \dot{E}_f + \dot{Z}_{\text{sys}} + \dot{Z}_{\text{O\&M}} + \dot{Z}_c$$

ดังนั้นต้นทุนราคาไฟฟ้าจะมีค่าเท่ากับ

$$\begin{aligned} c_e &= \frac{(0.023 \times 15.5 + 0.2158 + 0.0484 + 0.1042)}{(422 + 1,505)} \\ &= 1.35 \text{ บาท/kWh} \end{aligned}$$

$$\text{หรือ} = 0.375 \text{ บาท/MJ}$$

## 10.2 การคำนวณประสิทธิภาพระบบ

ประสิทธิภาพตามกฎข้อที่ 1 ของโรงไฟฟ้าพลังความร้อนร่วม สามารถหาได้ดังต่อไปนี้

$$\begin{aligned} \eta &= \frac{422 + 11610(2725 - 125.7)}{(4000 \times 13.95 \times 1,000) + 150} \\ &= 54\% \end{aligned}$$

### 10.3 อัตราผลตอบแทนการลงทุน

ในกรณีไม่คิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมสามารถหาค่าอัตราผลตอบแทนการลงทุนได้  
ดังนี้

$$\begin{aligned} \text{รายรับต่อปี} &= \text{ไฟฟ้าที่ประหยัดได้} + \text{ไฟฟ้าที่ขายได้} + \text{มูลค่าซากระบบ} \\ &= (400 \times 4,800 \times 2.50) + (22 \times 4,800 \times 0.024 \times 44) + (1,500 \times 422 \times 0.1 \times 44 \times 0.0139) \\ &= 4,950,228 \text{ บาท} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{รายจ่ายต่อปี} &= \text{ค่าใช้จ่ายในการดำเนินการและบำรุงรักษา} + \text{ค่าพลังงานไฟฟ้าสำรอง} \\ &= (1,500 \times 422 \times 0.03 \times 44) + (400 \times 9.22 \times 44) \\ &= 997,832 \text{ บาท} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{รายรับสุทธิต่อปี} &= \text{รายรับต่อปี} - \text{รายจ่ายต่อปี} \\ &= 4,950,228 - 997,832 \\ &= 3,952,396 \text{ บาท} \end{aligned}$$

ดังนั้นอัตราผลตอบแทนจะมีค่าเท่ากับ

$$\begin{aligned} \text{TIC} &= \sum_{n=1}^N \frac{\text{NCF}_n}{(1+i^*)^n} \\ 422 \times 1,500 \times 44 &= \sum_{n=1}^{20} \frac{3,952,396}{(1+i^*)^{20}} \\ i^* &= 12.95\% \end{aligned}$$

### 10.4 ระยะเวลาคืนทุน

ระยะเวลาคืนทุนสามารถหาได้จาก

$$\begin{aligned} \text{ระยะเวลาคืนทุน} &= (1,500 \times 422 \times 44) / 3,952,396 \\ &= 7.0 \text{ ปี} \end{aligned}$$

มหาวิทยาลัยเชียงใหม่  
Chiang Mai University

ภาคผนวก ข

ตารางข้อมูลการผลิตไฟฟ้าจากก๊าซชีวภาพ

ตาราง ข. 1 ข้อมูลระบบผลิตไฟฟ้าจากก๊าซชีวภาพ ของกิตติวัฒน์ฟาร์ม อ.สันทราย จ.เชียงใหม่  
ในวันที่ 29 พฤศจิกายน 2543 (เครื่องยนต์ขนาด 25+25 hp จำนวน 2 ชุด)

## ชุดที่ 1

วัดครั้งที่	%CO <sub>2</sub> in bg	%RH in bg	T <sub>d</sub> (°C)	P <sub>d</sub> (bar)	T <sub>i</sub> (°C)	V <sub>BG</sub> (m <sup>3</sup> )	output KW <sub>e</sub>	T <sub>fg</sub> (°C)	% X air	%CO <sub>2</sub> in fg	%CO in fg
1	31	72.4	37	0.002	33	22.85	23.75	246	36	16.2	0.38
2	30	75.8	38	0.002	32	23.05	23.27	250	38	15.8	0.52
3	30	71.3	37	0.002	31	23.20	23.10	251	35	15.7	0.40
4	31	71.9	38	0.002	31	22.90	23.75	253	32	17.1	0.22
5	32	72.5	39	0.002	32	22.95	23.21	250	35	16.8	0.32
6	31	76.0	39	0.002	33	23.10	23.00	248	36	16.3	0.41
7	30	75.1	39	0.002	34	23.01	23.75	245	35	16.6	0.40
8	31	73.2	40	0.002	35	23.24	23.00	243	37	15.9	0.51
9	31	74.4	39	0.002	35	23.20	23.50	251	34	17.0	0.39
10	31	75.5	40	0.002	35	23.14	23.25	248	36	16.2	0.44
เฉลี่ย	30.9	73.8	39.0	0.002	62.7	23.06	23.36	248.7	35	16.4	0.40

## ชุดที่ 2

วัดครั้งที่	%CO <sub>2</sub> in bg	%RH in bg	T <sub>d</sub> (°C)	P <sub>d</sub> (bar)	T <sub>i</sub> (°C)	V <sub>BG</sub> (m <sup>3</sup> )	output KW <sub>e</sub>	T <sub>fg</sub> (°C)	% X air	%CO <sub>2</sub> in fg	%CO in fg
1	31	72.4	37	0.002	33	22.87	22.36	248	42	15.8	0.33
2	30	75.8	38	0.002	32	23.15	21.07	250	41	14.9	0.41
3	30	71.3	37	0.002	31	22.85	21.54	249	44	16.0	0.28
4	31	71.9	38	0.002	31	23.00	21.75	251	39	15.2	0.53
5	32	72.5	39	0.002	32	23.20	21.21	250	46	15.7	0.44
6	30	76.0	39	0.002	33	23.00	21.32	248	39	16.1	0.49
7	31	75.1	39	0.002	34	22.80	21.82	246	42	15.5	0.51
8	31	73.2	40	0.002	35	22.75	22.02	243	43	15.3	0.36
9	30	74.4	40	0.002	34	22.80	21.74	245	38	17.0	0.37
10	31	75.5	41	0.002	35	22.92	21.36	246	44	14.7	0.48
เฉลี่ย	30.9	73.8	39.0	0.002	62.7	22.93	21.62	247.8	42	15.6	0.42

ตาราง ข. 2 ข้อมูลระบบผลิตไฟฟ้าจากก๊าซชีวภาพ ของกิตติวัฒน์ฟาร์ม อ.สันทราย จ.เชียงใหม่  
ในวันที่ 30 พฤศจิกายน 2543 (เครื่องขนาด 25+25 hp จำนวน 2 ชุด)

## ชุดที่ 1

วัดครั้งที่	%CO <sub>2</sub> in bg	%RH in bg	T <sub>d</sub> (°C)	P <sub>d</sub> (bar)	T <sub>i</sub> (°C)	V <sub>bc</sub> (m <sup>3</sup> )	output KW <sub>e</sub>	T <sub>fg</sub> (°C)	% X air	%CO <sub>2</sub> in fg	%CO in fg
1	30	69.8	35	0.002	28	22.89	23.77	249	52	16.4	0.38
2	29	72.0	35	0.002	29	23.15	23.00	252	48	15.9	0.40
3	31	71.6	34	0.002	29	23.20	23.04	251	47	16.2	0.22
4	30	70.5	35	0.002	28	22.98	23.75	253	43	16.1	0.19
5	31	69.9	35	0.002	29	22.95	23.21	250	50	17.0	0.33
6	30	71.4	36	0.002	30	23.10	23.23	253	44	16.6	0.41
7	29	72.3	35	0.002	30	23.12	23.75	248	49	16.0	0.50
8	31	72.8	36	0.002	30	23.20	23.00	248	51	15.5	0.49
9	31	70.8	36	0.002	31	23.20	23.50	251	48	15.8	0.43
10	30	72.7	37	0.002	32	23.18	23.75	248	46	16.3	0.33
เฉลี่ย	30.4	71.4	35.8	0.002	30.1	23.10	23.40	250.5	48	16.2	0.37

## ชุดที่ 2

วัดครั้งที่	%CO <sub>2</sub> in bg	%RH in bg	T <sub>d</sub> (°C)	P <sub>d</sub> (bar)	T <sub>i</sub> (°C)	V <sub>bc</sub> (m <sup>3</sup> )	output KW <sub>e</sub>	T <sub>fg</sub> (°C)	% X air	%CO <sub>2</sub> in fg	%CO in fg
1	30	69.8	35	0.002	28	22.87	22.36	248	82	13.9	0.22
2	29	72.0	35	0.002	29	23.15	22.07	250	89	14.1	0.31
3	31	71.6	34	0.002	29	22.85	22.54	249	81	14.3	0.33
4	30	70.5	35	0.002	28	23.00	22.75	251	76	14.4	0.28
5	31	69.9	35	0.002	29	23.20	22.21	250	84	13.7	0.27
6	30	71.4	36	0.002	30	23.00	22.32	248	86	15.0	0.29
7	29	72.3	35	0.002	30	22.80	21.68	246	87	13.6	0.40
8	31	72.8	36	0.002	30	22.75	21.48	243	79	13.4	0.38
9	30	70.8	37	0.002	31	22.80	21.46	245	88	13.0	0.29
10	30	72.7	38	0.002	32	22.92	22.36	246	86	13.3	0.31
เฉลี่ย	30.4	71.4	35.8	0.002	30.1	22.93	22.12	247.8	84	13.9	0.31

ตาราง ข. 3 ข้อมูลระบบผลิตไฟฟ้าจากก๊าซชีวภาพ ของกิตติวัฒน์ฟาร์ม อ.สันทราย จ.เชียงใหม่  
ในวันที่ 2 ธันวาคม 2543 (เครื่องยนต์ขนาด 25+25 hp จำนวน 2 ชุด)

## ชุดที่ 1

วัดครั้งที่	%CO <sub>2</sub> in bg	%RH in bg	T <sub>a</sub> (°C)	P <sub>a</sub> (bar)	T <sub>s</sub> (°C)	V <sub>BG</sub> (m <sup>3</sup> )	output KW <sub>e</sub>	T <sub>ig</sub> (°C)	% X air	%CO <sub>2</sub> in fg	%CO in fg
1	30	72.5	37	0.002	30	23.00	23.20	239	43	16.2	0.35
2	31	74.1	37	0.002	31	23.10	23.22	241	48	16.6	0.41
3	31	75.6	37	0.002	32	23.14	23.16	242	47	16.2	0.28
4	31	71.3	38	0.002	32	23.14	23.21	241	43	15.9	0.29
5	31	70.8	39	0.002	32	23.11	23.17	245	49	16.3	0.33
6	31	74.4	39	0.002	32	23.16	23.07	244	44	16.6	0.41
7	30	73.8	39	0.002	32	23.08	23.71	238	49	16.0	0.30
8	30	71.0	40	0.002	34	23.13	23.43	237	44	15.8	0.44
9	30	69.6	40	0.002	34	23.02	23.40	241	48	16.0	0.43
10	30	70.0	40	0.002	35	23.09	23.88	239	46	16.3	0.31
เฉลี่ย	30.5	72.3	38.8	0.002	32.5	23.10	23.35	241.0	46	16.2	0.36

## ชุดที่ 2

วัดครั้งที่	%CO <sub>2</sub> in bg	%RH in bg	T <sub>a</sub> (°C)	P <sub>a</sub> (bar)	T <sub>s</sub> (°C)	V <sub>BG</sub> (m <sup>3</sup> )	output KW <sub>e</sub>	T <sub>ig</sub> (°C)	% X air	%CO <sub>2</sub> in fg	%CO in fg
1	30	72.5	37	0.002	30	22.87	22.39	244	89	13.8	0.24
2	31	74.1	37	0.002	31	23.15	22.27	249	86	14.3	0.31
3	31	75.6	37	0.002	32	22.85	22.54	249	81	14.3	0.32
4	31	71.3	38	0.002	32	23.00	22.75	241	79	14.1	0.28
5	31	70.8	39	0.002	32	23.20	22.26	250	84	14.7	0.27
6	31	74.4	39	0.002	32	23.00	22.32	246	86	15.0	0.29
7	30	73.8	39	0.002	32	22.80	22.18	246	83	13.9	0.20
8	30	71.0	40	0.002	34	22.75	22.28	243	80	13.8	0.33
9	30	69.6	39	0.002	34	22.80	21.98	245	87	13.6	0.29
10	30	70.0	39	0.002	35	22.92	22.36	243	86	14.3	0.31
เฉลี่ย	30.5	72.3	38.8	0.002	32.5	22.93	22.33	245.8	84	14.2	0.28

ตาราง ข.4 ข้อมูลระบบผลิตไฟฟ้าจากก๊าซชีวภาพ ของกิตติวัฒน์ฟาร์ม อ.สันทราย จ.เชียงใหม่  
ในวันที่ 13 ธันวาคม 2543 (เครื่องยนต์ขนาด 25+25 hp จำนวน 2 ชุด)

## ชุดที่ 1

วัดครั้งที่	%CO <sub>2</sub> in bg	%RH in bg	T <sub>a</sub> (°C)	P <sub>a</sub> (bar)	T <sub>i</sub> (°C)	V <sub>BG</sub> (m <sup>3</sup> )	output KW <sub>e</sub>	T <sub>fg</sub> (°C)	% X air	%CO <sub>2</sub> in fg	%CO in fg
1	31	77.4	36	0.002	34	23.08	23.24	251	35	16.1	0.34
2	31	76.2	37	0.002	34	23.05	23.36	254	38	16.8	0.32
3	32	76.1	37	0.002	33	23.10	23.33	253	35	15.9	0.40
4	30	75.6	37	0.002	34	23.10	23.57	252	33	17.0	0.22
5	31	76.0	36	0.002	34	22.98	23.50	249	35	16.8	0.32
6	31	73.4	37	0.002	32	22.92	23.15	258	36	16.3	0.31
7	31	72.8	37	0.002	31	22.94	23.22	249	35	16.6	0.30
8	32	73.9	38	0.002	31	23.07	23.33	252	37	16.6	0.31
9	31	71.9	38	0.002	30	23.06	23.35	248	37	17.2	0.39
10	31	74.0	39	0.002	29	22.97	23.25	250	36	16.0	0.24
เฉลี่ย	31.1	74.7	37.6	0.002	32.6	23.03	23.33	251.9	36	16.5	0.32

## ชุดที่ 2

วัดครั้งที่	%CO <sub>2</sub> in bg	%RH in bg	T <sub>a</sub> (°C)	P <sub>a</sub> (bar)	T <sub>i</sub> (°C)	V <sub>BG</sub> (m <sup>3</sup> )	output KW <sub>e</sub>	T <sub>fg</sub> (°C)	% X air	%CO <sub>2</sub> in fg	%CO in fg
1	31	77.4	36	0.002	34	22.97	22.13	243	41	15.6	0.38
2	31	76.2	37	0.002	34	23.05	23.09	250	41	16.9	0.41
3	32	76.1	37	0.002	33	22.95	22.54	248	40	16.0	0.38
4	31	75.6	37	0.002	34	23.10	22.65	249	39	15.5	0.43
5	31	76.0	36	0.002	34	23.12	22.29	250	46	15.7	0.40
6	31	73.4	37	0.002	32	23.08	22.82	248	39	15.1	0.49
7	31	72.8	37	0.002	31	22.98	22.92	246	40	15.5	0.41
8	32	73.9	38	0.002	31	22.95	23.02	249	43	15.8	0.36
9	31	71.9	38	0.002	30	22.90	22.64	245	38	16.9	0.37
10	31	74.0	39	0.002	29	23.02	22.35	242	42	15.2	0.41
เฉลี่ย	31.1	74.7	37.6	0.002	32.6	23.01	22.65	247.3	41	15.8	0.40

ตาราง ข. 5 ข้อมูลระบบผลิตไฟฟ้าจากก๊าซชีวภาพ ของกิตติวัฒน์ฟาร์ม อ.สันทราย จ.เชียงใหม่  
ในวันที่ 14 ธันวาคม 2543 (เครื่องยนต์ขนาด 25+25 hp จำนวน 2 ชุด)

ชุดที่ 1

วัดครั้งที่	%CO <sub>2</sub> in bg	%RH in bg	T <sub>d</sub> (°C)	P <sub>d</sub> (bar)	T <sub>s</sub> (°C)	V <sub>BG</sub> (m <sup>3</sup> )	output KW <sub>e</sub>	T <sub>fg</sub> (°C)	% X air	%CO <sub>2</sub> in fg	%CO in fg
1	31	76.6	36	0.002	28	23.08	23.34	255	42	16.0	0.39
2	31	75.8	36	0.002	28	23.10	23.26	251	46	16.6	0.40
3	31	75.4	36	0.002	29	22.99	23.30	252	47	16.4	0.42
4	30	74.8	36	0.002	28	23.02	23.40	250	43	16.1	0.39
5	31	73.2	36	0.002	29	23.01	23.25	248	40	17.0	0.33
6	30	76.0	36	0.002	30	22.88	23.86	252	44	16.6	0.41
7	31	73.3	37	0.002	30	22.84	23.01	250	41	16.8	0.30
8	31	72.8	37	0.002	31	22.96	23.99	256	42	15.9	0.41
9	30	73.8	37	0.002	30	22.98	23.15	251	45	15.8	0.43
10	31	74.2	38	0.002	31	23.00	23.19	255	46	16.1	0.31
เฉลี่ย	30.6	74.6	36.9	0.002	29.8	22.99	23.38	252.3	44	16.3	0.38

ชุดที่ 2

วัดครั้งที่	%CO <sub>2</sub> in bg	%RH in bg	T <sub>d</sub> (°C)	P <sub>d</sub> (bar)	T <sub>s</sub> (°C)	V <sub>BG</sub> (m <sup>3</sup> )	output KW <sub>e</sub>	T <sub>fg</sub> (°C)	% X air	%CO <sub>2</sub> in fg	%CO in fg
1	31	76.6	36	0.002	28	22.85	22.34	242	87	13.6	0.26
2	31	75.8	36	0.002	28	22.95	22.07	246	89	13.9	0.31
3	31	75.4	36	0.002	29	22.85	22.54	244	83	14.0	0.23
4	30	74.8	36	0.002	28	23.03	22.75	241	76	13.4	0.28
5	31	73.2	36	0.002	29	23.00	22.21	247	84	14.0	0.27
6	30	76.0	36	0.002	30	23.01	22.62	248	86	14.0	0.29
7	31	73.3	37	0.002	30	22.98	21.88	250	87	13.8	0.20
8	31	72.8	37	0.002	31	22.79	21.80	243	81	13.7	0.33
9	30	73.8	37	0.002	30	23.07	22.46	245	83	14.2	0.29
10	31	74.2	38	0.002	31	22.99	22.56	251	89	13.8	0.30
เฉลี่ย	30.6	74.6	36.9	0.002	29.8	22.95	22.32	245.9	85	13.8	0.28

ตาราง ข. 6 ข้อมูลระบบผลิตไฟฟ้าจากก๊าซชีวภาพ ของกิตติวัฒน์ฟาร์ม อ.สันทราย จ.เชียงใหม่  
ในวันที่ 15 ธันวาคม 2543 (เครื่องยนต์ขนาด 25+25 hp จำนวน 2 ชุด)

## ชุดที่ 1

วัดครั้งที่	%CO <sub>2</sub> in bg	%RH in bg	T <sub>d</sub> (°C)	P <sub>d</sub> (bar)	T <sub>i</sub> (°C)	V <sub>BG</sub> (m <sup>3</sup> )	output KW <sub>e</sub>	T <sub>g</sub> (°C)	% X air	%CO <sub>2</sub> in fg	%CO in fg
1	30	72.5	34	0.002	28	23.04	23.30	253	46	16.5	0.30
2	30	75.5	34	0.002	28	23.06	23.26	251	46	15.8	0.33
3	31	73.4	35	0.002	29	23.12	23.23	249	47	16.2	0.27
4	30	74.1	35	0.002	29	23.05	23.25	251	43	16.1	0.29
5	31	72.2	36	0.002	29	23.15	23.35	249	45	16.6	0.33
6	30	72.9	35	0.002	31	23.10	23.95	257	44	16.2	0.31
7	30	73.6	36	0.002	30	23.02	23.10	258	44	16.0	0.30
8	31	71.9	36	0.002	30	22.98	23.13	251	41	15.9	0.29
9	30	70.7	36	0.002	31	22.98	23.15	252	49	15.8	0.32
10	30	73.6	37	0.002	32	23.09	23.20	250	47	16.1	0.33
เฉลี่ย	30.4	73.0	35.9	0.002	30.1	23.06	23.09	252.4	45	16.1	0.31

## ชุดที่ 2

วัดครั้งที่	%CO <sub>2</sub> in bg	%RH in bg	T <sub>d</sub> (°C)	P <sub>d</sub> (bar)	T <sub>i</sub> (°C)	V <sub>BG</sub> (m <sup>3</sup> )	output KW <sub>e</sub>	T <sub>g</sub> (°C)	% X air	%CO <sub>2</sub> in fg	%CO in fg
1	30	72.5	35	0.002	28	22.87	22.36	248	82	13.9	0.22
2	30	75.5	35	0.002	28	23.15	22.07	250	89	14.1	0.31
3	31	73.4	35	0.002	29	22.85	22.54	249	81	14.3	0.33
4	30	74.1	35	0.002	29	23.00	22.75	251	76	14.4	0.28
5	31	72.2	36	0.002	29	23.20	22.21	250	84	13.7	0.27
6	30	72.9	35	0.002	31	23.00	22.32	248	86	15.0	0.29
7	30	73.6	36	0.002	30	22.80	21.68	246	87	13.6	0.40
8	31	71.9	36	0.002	30	22.75	21.48	243	79	13.4	0.38
9	30	70.7	37	0.002	31	22.80	21.66	245	88	13.0	0.29
10	30	73.6	37	0.002	32	22.92	21.36	246	86	13.3	0.31
เฉลี่ย	30.4	73.0	35.9	0.002	30.1	22.93	22.04	247.8	84	13.9	0.31

ตาราง ข. 7 ข้อมูลระบบผลิตไฟฟ้าจากก๊าซชีวภาพ ของกิตติวัฒน์ฟาร์ม อ.สันทราย จ.เชียงใหม่  
ในวันที่ 19 ธันวาคม 2543 (เครื่องยนต์ขนาด 25+25 hp จำนวน 2 ชุด)

ชุดที่ 1

วัดครั้งที่	%CO <sub>2</sub> in bg	%RH in bg	T <sub>d</sub> (°C)	P <sub>d</sub> (bar)	T <sub>i</sub> (°C)	V <sub>BC</sub> (m <sup>3</sup> )	output KW <sub>e</sub>	T <sub>fg</sub> (°C)	% X air	%CO <sub>2</sub> in fg	%CO in fg
1	30	72.8	36	0.002	24	22.99	23.74	251	43	16.9	0.31
2	29	71.6	37	0.002	25	23.05	23.25	244	47	16.9	0.30
3	30	70.7	37	0.002	25	22.95	23.40	249	47	16.0	0.27
4	30	72.8	37	0.002	25	22.98	23.60	251	43	16.1	0.29
5	30	73.4	37	0.002	25	23.01	23.20	250	49	17.0	0.33
6	30	74.5	37	0.002	27	23.00	23.10	248	44	16.4	0.41
7	29	73.2	37	0.002	27	23.01	23.00	244	49	16.0	0.30
8	30	71.0	37	0.002	28	23.20	23.85	243	42	16.5	0.39
9	30	69.8	38	0.002	28	23.08	23.70	241	48	16.8	0.33
10	30	70.5	38	0.002	28	23.15	23.95	249	46	16.3	0.31
เฉลี่ย	29.9	72.0	37.2	0.002	26.5	23.04	23.48	247.3	46	16.5	0.32

ชุดที่ 2

วัดครั้งที่	%CO <sub>2</sub> in bg	%RH in bg	T <sub>d</sub> (°C)	P <sub>d</sub> (bar)	T <sub>i</sub> (°C)	V <sub>BC</sub> (m <sup>3</sup> )	output KW <sub>e</sub>	T <sub>fg</sub> (°C)	% X air	%CO <sub>2</sub> in fg	%CO in fg
1	30	72.8	36	0.002	24	22.87	22.06	248	76	14.9	0.29
2	29	71.6	37	0.002	25	23.15	22.17	250	81	14.5	0.31
3	30	70.7	37	0.002	25	22.85	22.84	249	83	15.3	0.30
4	30	72.8	37	0.002	25	23.00	22.95	251	78	15.4	0.28
5	30	73.4	37	0.002	25	23.20	22.01	250	84	14.7	0.27
6	30	74.5	37	0.002	27	23.00	22.22	248	84	15.0	0.29
7	29	73.2	37	0.002	27	22.80	21.98	246	83	14.6	0.30
8	30	71.0	37	0.002	28	22.75	21.08	243	78	14.4	0.32
9	31	69.8	37	0.002	28	22.80	21.87	245	82	14.0	0.29
10	31	70.5	38	0.002	28	22.92	21.06	246	81	13.8	0.31
เฉลี่ย	29.9	72.0	37.2	0.002	26.5	22.93	22.02	247.8	81	14.7	0.30

ตาราง ข. 8 ข้อมูลระบบผลิตไฟฟ้าจากก๊าซชีวภาพ ของกิตติวัฒน์ฟาร์ม อ.สันทราย จ.เชียงใหม่  
ในวันที่ 20 ธันวาคม 2543 (เครื่องขนาด 25+25 hp จำนวน 2 ชุด)

ชุดที่ 1

วัดครั้งที่	%CO <sub>2</sub> in bg	%RH in bg	T <sub>a</sub> (°C)	P <sub>a</sub> (bar)	T <sub>i</sub> (°C)	V <sub>BG</sub> (m <sup>3</sup> )	output KW <sub>e</sub>	T <sub>g</sub> (°C)	% X air	%CO <sub>2</sub> in fg	%CO in fg
1	31	75.5	35	0.002	29	23.03	23.44	251	37	16.4	0.36
2	31	76.4	35	0.002	29	23.02	23.46	256	40	15.8	0.42
3	32	72.8	35	0.002	29	23.10	23.33	256	35	16.7	0.40
4	30	73.9	36	0.002	30	23.10	23.55	256	36	16.1	0.22
5	31	74.4	36	0.002	31	23.12	23.35	249	35	16.8	0.32
6	31	70.2	37	0.002	31	23.00	23.95	252	36	17.3	0.41
7	31	73.3	36	0.002	31	23.00	23.80	253	39	16.6	0.40
8	32	72.7	37	0.002	31	22.97	23.75	248	42	15.9	0.31
9	31	71.4	38	0.002	33	23.10	23.85	254	38	17.3	0.39
10	31	72.5	39	0.002	34	22.92	23.47	248	40	16.6	0.34
เฉลี่ย	31.1	73.3	36.6	0.002	31.1	23.04	23.60	252.6	38	16.6	0.36

ชุดที่ 2

วัดครั้งที่	%CO <sub>2</sub> in bg	%RH in bg	T <sub>a</sub> (°C)	P <sub>a</sub> (bar)	T <sub>i</sub> (°C)	V <sub>BG</sub> (m <sup>3</sup> )	output KW <sub>e</sub>	T <sub>g</sub> (°C)	% X air	%CO <sub>2</sub> in fg	%CO in fg
1	31	75.5	35	0.002	29	22.87	22.36	248	40	15.1	0.33
2	31	76.4	35	0.002	29	22.94	22.47	256	44	14.9	0.31
3	32	72.8	35	0.002	29	22.85	22.34	254	42	16.0	0.38
4	30	73.9	36	0.002	30	23.02	22.55	251	40	15.7	0.43
5	31	74.4	36	0.002	31	23.00	21.21	250	41	15.7	0.34
6	31	70.2	37	0.002	31	23.01	21.32	252	39	16.1	0.39
7	31	73.3	36	0.002	31	22.80	22.22	249	42	15.5	0.41
8	32	72.7	37	0.002	31	22.78	21.82	253	43	15.5	0.36
9	31	71.4	38	0.002	33	22.84	22.04	245	38	16.9	0.37
10	31	72.5	38	0.002	34	22.96	21.96	246	43	14.7	0.38
เฉลี่ย	31.1	73.3	36.6	0.002	31.1	22.91	22.03	250.6	41	15.6	0.37

ตาราง ข. 9 ข้อมูลระบบผลิตไฟฟ้าจากก๊าซชีวภาพ ของต.ประสพผลฟาร์ม อ.บางไทร จ.อยุธยา  
ในวันที่ 28 มกราคม 2544 (เครื่องยนต์ขนาด 25+25+25+25 hp จำนวน 2 ชุด)

## ชุดที่ 1

วัดครั้งที่	%CO <sub>2</sub> in bg	%RH in bg	T <sub>d</sub> (°C)	P <sub>d</sub> (bar)	T <sub>i</sub> (°C)	V <sub>BG</sub> (m <sup>3</sup> )	output KW <sub>e</sub>	T <sub>g</sub> (°C)	% X air	%CO <sub>2</sub> in fg	%CO in fg
1	28	59.0	36	0.005	26	45.71	46.32	293	20	15.2	0.03
2	27	57.2	36	0.005	26	45.73	46.28	286	21	15.6	0.04
3	27	58.1	36	0.005	27	45.80	46.30	290	21	15.5	0.03
4	28	57.0	36	0.005	27	45.68	46.34	292	20	15.4	0.05
5	28	56.9	37	0.005	27	45.66	46.27	290	21	15.8	0.03
6	27	57.7	37	0.005	28	45.74	46.31	288	22	16.0	0.04
7	27	57.5	37	0.005	28	45.82	46.11	304	17	15.7	0.04
8	27	55.4	37	0.005	29	45.80	46.18	300	18	15.1	0.04
9	27	56.6	38	0.005	30	45.86	45.97	308	18	16.1	0.05
10	27	57.1	37	0.005	31	45.90	46.04	303	18	15.6	0.04
เฉลี่ย	27.3	57.3	37.0	0.005	28.1	45.78	46.21	295.4	20	15.6	0.04

## ชุดที่ 2

วัดครั้งที่	%CO <sub>2</sub> in bg	%RH in bg	T <sub>d</sub> (°C)	P <sub>d</sub> (bar)	T <sub>i</sub> (°C)	V <sub>BG</sub> (m <sup>3</sup> )	output KW <sub>e</sub>	T <sub>g</sub> (°C)	% X air	%CO <sub>2</sub> in fg	%CO in fg
1	28	59.0	36	0.005	26	45.58	46.08	286	36	20.3	0.4
2	27	57.2	36	0.005	26	45.62	45.79	281	34	22.0	0.3
3	27	58.1	36	0.005	27	45.44	45.68	279	35	20.4	0.3
4	27	57.0	36	0.005	27	45.56	45.95	282	35	20.0	0.4
5	27	56.9	37	0.005	27	45.71	46.01	280	34	21.7	0.4
6	28	57.7	37	0.005	28	45.64	45.88	288	34	22.1	0.4
7	28	57.5	37	0.005	28	45.46	45.59	241	36	21.2	0.3
8	27	55.4	37	0.005	29	45.41	46.38	246	35	22.0	0.3
9	27	56.6	38	0.005	30	45.38	45.61	252	35	21.0	0.2
10	27	57.1	38	0.005	31	45.44	45.65	248	34	21.6	0.3
เฉลี่ย	27.3	57.3	37.0	0.005	28.1	45.51	45.86	268.3	35	21.2	0.33

ตาราง ข. 10 ข้อมูลระบบผลิตไฟฟ้าจากก๊าซชีวภาพ ของต.ประสพผลฟาร์ม อ.บางไทร จ.อยุธยา  
ในวันที่ 29 มกราคม 2544 (เครื่องยนต์ขนาด 25+25+25+25 hp จำนวน 2 ชุด)

ชุดที่ 1

วัดครั้งที่	%CO <sub>2</sub> in bg	%RH in bg	T <sub>d</sub> (°C)	P <sub>d</sub> (bar)	T <sub>i</sub> (°C)	V <sub>BG</sub> (m <sup>3</sup> )	output KW <sub>e</sub>	T <sub>fg</sub> (°C)	% X air	%CO <sub>2</sub> in fg	%CO in fg
1	27	59.0	36	0.005	26	45.73	46.22	290	22	15.9	0.03
2	27	62.2	36	0.005	26	45.81	46.20	296	23	15.6	0.03
3	28	58.1	36	0.005	27	45.78	46.30	294	21	16.1	0.03
4	28	57.8	36	0.005	27	45.76	45.32	296	22	15.7	0.04
5	28	56.9	37	0.005	27	45.64	45.23	294	21	15.8	0.03
6	28	57.7	37	0.005	27	45.84	46.12	305	18	15.8	0.03
7	27	59.5	37	0.005	28	45.80	46.11	304	17	15.7	0.03
8	27	60.4	38	0.005	28	45.76	46.10	300	18	15.4	0.03
9	28	56.5	38	0.005	29	45.72	45.95	308	18	15.6	0.03
10	28	59.1	39	0.005	30	45.70	45.98	301	18	15.6	0.02
เฉลี่ย	27.8	58.7	37.3	0.005	27.7	45.75	45.95	298.8	20	15.7	0.03

ชุดที่ 2

วัดครั้งที่	%CO <sub>2</sub> in bg	%RH in bg	T <sub>d</sub> (°C)	P <sub>d</sub> (bar)	T <sub>i</sub> (°C)	V <sub>BG</sub> (m <sup>3</sup> )	output KW <sub>e</sub>	T <sub>fg</sub> (°C)	% X air	%CO <sub>2</sub> in fg	%CO in fg
1	27	59.0	36	0.005	26	45.64	45.76	280	34	22.0	0.3
2	27	62.2	36	0.005	26	45.48	45.67	279	35	20.4	0.3
3	28	58.1	36	0.005	27	45.58	45.96	284	35	20.0	0.4
4	28	57.8	36	0.005	27	45.70	46.00	283	34	21.7	0.4
5	29	56.9	37	0.005	27	45.65	45.86	285	34	22.1	0.4
6	28	57.7	37	0.005	27	45.49	45.59	241	36	21.2	0.3
7	28	59.5	37	0.005	28	45.41	45.38	246	35	22.0	0.3
8	27	60.4	38	0.005	28	45.38	45.61	252	35	21.0	0.2
9	27	56.5	39	0.005	29	45.44	45.65	248	34	21.6	0.3
10	27	59.1	39	0.005	30	45.50	45.81	246	33	22.3	0.3
เฉลี่ย	27.8	58.7	37.3	0.005	27.7	45.52	45.73	264.4	35	21.4	0.32

ตาราง ข. 11 ข้อมูลระบบผลิตไฟฟ้าจากก๊าซชีวภาพ ของต.ประสพผลฟาร์ม อ.บางไทร จ.อยุธยา  
ในวันที่ 30 มกราคม 2544 (เครื่องยนต์ขนาด 25+25+25+25 hp จำนวน 2 ชุด)

## ชุดที่ 1

วัดครั้งที่	%CO <sub>2</sub> in bg	%RH in bg	T <sub>d</sub> (°C)	P <sub>d</sub> (bar)	T <sub>i</sub> (°C)	V <sub>BG</sub> (m <sup>3</sup> )	output KW <sub>e</sub>	T <sub>e</sub> (°C)	% X air	%CO <sub>2</sub> in fg	%CO in fg
1	29	57.0	35	0.005	25	45.68	45.32	294	23	16.3	0.04
2	28	56.2	35	0.005	25	45.75	45.30	291	22	15.8	0.04
3	29	57.1	35	0.005	26	45.66	45.23	294	22	16.1	0.03
4	29	57.8	36	0.005	26	45.86	46.19	305	17	15.8	0.03
5	28	56.9	36	0.005	27	45.80	46.21	304	17	15.7	0.03
6	28	56.7	36	0.005	27	45.76	46.07	300	18	15.4	0.03
7	28	59.5	37	0.005	27	45.72	45.95	308	18	15.6	0.03
8	28	54.4	37	0.005	27	45.70	45.98	301	18	15.6	0.02
9	29	56.5	37	0.005	28	45.72	45.75	303	18	15.4	0.03
10	28	55.1	38	0.005	28	45.70	45.78	304	18	15.3	0.03
เฉลี่ย	28.4	56.7	36.4	0.005	26.8	45.74	45.78	300.4	19	15.7	0.03

## ชุดที่ 2

วัดครั้งที่	%CO <sub>2</sub> in bg	%RH in bg	T <sub>d</sub> (°C)	P <sub>d</sub> (bar)	T <sub>i</sub> (°C)	V <sub>BC</sub> (m <sup>3</sup> )	output KW <sub>e</sub>	T <sub>e</sub> (°C)	% X air	%CO <sub>2</sub> in fg	%CO in fg
1	29	57.0	35	0.005	25	45.48	45.86	287	35	19.9	0.4
2	28	56.2	35	0.005	25	45.71	45.90	283	35	22.5	0.4
3	29	57.1	35	0.005	26	45.59	45.87	285	34	22.1	0.4
4	29	57.8	36	0.005	26	45.46	45.58	241	35	21.2	0.3
5	28	56.9	36	0.005	27	45.44	45.48	246	35	22.0	0.3
6	28	56.7	36	0.005	27	45.39	45.61	252	35	21.0	0.2
7	29	59.5	37	0.005	27	45.44	45.65	248	34	21.6	0.3
8	29	54.4	37	0.005	27	45.50	45.81	246	33	22.3	0.3
9	29	56.5	37	0.005	28	45.48	45.64	248	34	21.8	0.3
10	28	55.1	38	0.005	28	45.47	45.78	249	34	22.0	0.3
เฉลี่ย	28.4	56.7	36.4	0.005	26.8	45.47	45.72	258.5	34	21.6	0.32

ตาราง ข. 12 ข้อมูลระบบผลิตไฟฟ้าจากก๊าซชีวภาพ ของต.ประสพผลฟาร์ม อ.บางไทร จ.อยุธยา  
ในวันที่ 31 มกราคม 2544 (เครื่องยนต์ขนาด 25+25+25+25 hp จำนวน 2 ชุด)

## ชุดที่ 1

วัดครั้งที่	%CO <sub>2</sub> in bg	%RH in bg	T <sub>d</sub> (°C)	P <sub>d</sub> (bar)	T <sub>i</sub> (°C)	V <sub>BG</sub> (m <sup>3</sup> )	output KW <sub>i</sub>	T <sub>fg</sub> (°C)	% X air	%CO <sub>2</sub> in fg	%CO in fg
1	29	57.2	36	0.005	25	45.73	46.26	295	23	15.5	0.04
2	29	56.2	36	0.005	25	45.71	46.22	296	23	15.6	0.04
3	29	57.1	35	0.005	25	45.78	45.30	288	21	16.0	0.03
4	29	57.6	36	0.005	25	45.77	45.31	290	22	15.7	0.04
5	30	57.9	36	0.005	26	45.68	45.23	294	22	15.8	0.03
6	30	60.7	37	0.005	26	45.84	46.17	305	18	15.8	0.03
7	29	59.5	37	0.005	27	45.80	46.11	304	17	15.7	0.03
8	28	54.1	38	0.005	27	45.86	46.10	300	18	15.4	0.03
9	29	55.5	38	0.005	28	45.73	46.05	308	18	15.6	0.03
10	29	56.1	39	0.005	28	45.69	45.98	301	18	15.6	0.02
เฉลี่ย	29.1	57.2	36.7	0.005	26.5	45.77	45.87	298.1	20	15.7	0.03

## ชุดที่ 2

วัดครั้งที่	%CO <sub>2</sub> in bg	%RH in bg	T <sub>d</sub> (°C)	P <sub>d</sub> (bar)	T <sub>i</sub> (°C)	V <sub>BG</sub> (m <sup>3</sup> )	output KW <sub>i</sub>	T <sub>fg</sub> (°C)	% X air	%CO <sub>2</sub> in fg	%CO in fg
1	29	57.2	36	0.005	25	45.66	45.78	286	34	21.9	0.4
2	29	56.2	36	0.005	25	45.47	45.66	278	35	20.2	0.3
3	29	57.1	36	0.005	25	45.52	45.86	284	35	20.1	0.4
4	29	57.6	36	0.005	25	45.40	46.01	283	34	21.3	0.4
5	30	57.9	36	0.005	26	45.55	45.89	285	34	22.4	0.4
6	30	60.7	37	0.005	26	45.49	44.89	248	35	21.2	0.3
7	29	59.5	37	0.005	27	45.40	46.09	246	35	22.0	0.3
8	28	54.1	37	0.005	27	45.38	46.10	252	35	21.0	0.3
9	29	55.5	38	0.005	28	45.43	46.15	250	34	21.6	0.3
10	29	56.1	39	0.005	28	45.54	45.80	246	33	22.3	0.3
เฉลี่ย	29.1	57.2	36.7	0.005	26.5	45.46	45.82	265.8	34	21.4	0.34

ตาราง ข. 13 ข้อมูลระบบผลิตไฟฟ้าจากก๊าซชีวภาพ ของเอส.พี.เอ็ม.ฟาร์ม 1 อ.ปากท่อ จ.ราชบุรี  
ในวันที่ 1 มีนาคม 2544 (เครื่องยนต์ขนาด 150 hp จำนวน 2 ชุด)

ชุดที่ 1

วัดครั้งที่	%CO <sub>2</sub> in bg	%RH in bg	T <sub>a</sub> (°C)	P <sub>a</sub> (bar)	T <sub>i</sub> (°C)	V <sub>BG</sub> (m <sup>3</sup> )	output KW <sub>e</sub>	T <sub>fg</sub> (°C)	% X air	%CO <sub>2</sub> in fg	%CO in fg
1	28	79.6	39	0.006	29	60.12	58.39	215	39	20.8	0.05
2	27	79.2	39	0.006	29	60.06	59.09	219	38	21.3	0.04
3	27	78.0	39	0.006	30	61.01	58.87	216	38	20.7	0.05
4	27	77.8	39	0.006	30	59.84	58.88	220	37	20.8	0.05
5	28	78.3	39	0.006	31	59.66	59.04	217	38	19.9	0.05
6	28	77.6	40	0.006	30	60.15	59.57	215	38	20.2	0.04
7	28	77.4	40	0.006	31	60.20	60.00	221	37	20.7	0.05
8	28	77.8	40	0.006	31	60.11	59.26	220	38	20.3	0.06
9	27	77.7	40	0.006	32	59.67	57.70	218	39	21.1	0.05
10	28	77.3	40	0.006	32	59.78	58.47	216	38	20.6	0.05
เฉลี่ย	27.6	78.1	39.5	0.006	30.5	60.06	58.93	217.7	38.0	20.6	0.05

ตาราง ข. 14 ข้อมูลระบบผลิตไฟฟ้าจากก๊าซชีวภาพ ของเอส.พี.เอ็ม.ฟาร์ม 1 อ.ปากท่อ จ.ราชบุรี  
ในวันที่ 2 มีนาคม 2544 (เครื่องยนต์ขนาด 150 hp จำนวน 2 ชุด)

ชุดที่ 2

วัดครั้งที่	%CO <sub>2</sub> in bg	%RH in bg	T <sub>a</sub> (°C)	P <sub>a</sub> (bar)	T <sub>i</sub> (°C)	V <sub>BG</sub> (m <sup>3</sup> )	output KW <sub>e</sub>	T <sub>fg</sub> (°C)	% X air	%CO <sub>2</sub> in fg	%CO in fg
1	28	79.2	38	0.006	28	62.21	60.89	219	37	20.5	0.04
2	28	79.4	38	0.006	28	62.04	61.47	220	38	20.3	0.04
3	29	80.1	39	0.006	29	63.01	61.18	218	37	20.1	0.05
4	28	80.0	39	0.006	29	62.87	61.13	221	37	20.6	0.05
5	28	79.3	39	0.006	30	63.62	61.45	219	38	20.9	0.06
6	28	78.1	39	0.006	30	63.37	61.07	218	36	20.2	0.05
7	28	78.4	38	0.006	30	63.22	61.58	223	37	20.7	0.05
8	29	78.8	39	0.006	29	63.18	61.04	222	38	20.3	0.06
9	29	78.5	40	0.006	30	63.44	60.75	219	36	19.9	0.05
10	28	79.2	40	0.006	31	63.28	61.66	219	37	20.1	0.06
เฉลี่ย	28.3	79.1	38.9	0.006	29.4	63.02	61.22	219.8	37.1	20.4	0.05

ตาราง ข. 15 ข้อมูลระบบผลิตไฟฟ้าจากก๊าซชีวภาพ ของเอส.พี.เอ็ม.ฟาร์ม 1 อ.ปากท่อ จ.ราชบุรี  
ในวันที่ 3 มีนาคม 2544 (เครื่องยนต์ขนาด 150 hp จำนวน 2 ชุด)

ชุดที่ 2

วัดครั้งที่	%CO <sub>2</sub> in bg	%RH in bg	T <sub>a</sub> (°C)	P <sub>a</sub> (bar)	T <sub>i</sub> (°C)	V <sub>BG</sub> (m <sup>3</sup> )	output KW <sub>e</sub>	T <sub>g</sub> (°C)	% X air	%CO <sub>2</sub> in fg	%CO in fg
1	28	81.2	38	0.006	29	62.12	61.50	221	38	20.3	0.05
2	29	80.2	39	0.006	29	62.67	61.31	219	38	20.2	0.05
3	29	79.7	39	0.006	30	63.15	61.01	220	37	20.4	0.06
4	29	79.8	39	0.006	30	62.84	61.10	220	37	20.1	0.05
5	28	79.3	39	0.006	31	62.65	60.89	218	38	19.7	0.05
6	28	80.6	40	0.006	31	62.83	61.27	219	36	19.8	0.05
7	28	80.4	40	0.006	31	62.21	60.99	220	37	20.1	0.05
8	27	81.8	39	0.006	32	63.11	61.25	224	38	21.3	0.06
9	27	80.7	39	0.006	32	62.64	61.28	219	36	21.0	0.05
10	28	80.3	39	0.006	32	62.71	61.23	223	37	20.9	0.06
เฉลี่ย	28.1	80.4	39.1	0.006	30.7	62.69	61.18	220.3	37.2	20.4	0.05

ตาราง ข. 16 ข้อมูลระบบผลิตไฟฟ้าจากก๊าซชีวภาพ ของเอส.พี.เอ็ม.ฟาร์ม 2 อ.ปากท่อ จ.ราชบุรี  
ในวันที่ 27 กุมภาพันธ์ 2544 (เครื่องยนต์ขนาด 125+60 hp จำนวน 2 ชุด)

## ชุดที่ 1

วัดครั้งที่	%CO <sub>2</sub> in bg	%RH in bg	T <sub>a</sub> (°C)	P <sub>a</sub> (bar)	T <sub>i</sub> (°C)	V <sub>bc</sub> (m <sup>3</sup> )	output KW <sub>e</sub>	T <sub>g</sub> (°C)	% X air	%CO <sub>2</sub> in fg	%CO in fg
1	25	79.0	36	0.009	30	89.01	87.29	291	84	15.9	0.01
2	25	79.1	36	0.009	30	89.14	87.81	296	82	15.3	0.01
3	26	79.0	36	0.009	31	89.03	87.77	292	81	16.2	0.02
4	26	78.5	36	0.009	31	89.12	89.15	293	83	15.8	0.02
5	27	78.5	36	0.009	30	89.07	88.15	298	82	16.4	0.01
6	26	78.0	37	0.009	31	89.25	89.12	290	82	16.0	0.01
7	26	78.4	37	0.009	31	89.11	88.24	294	79	16.1	0.01
8	25	77.5	38	0.009	32	89.22	87.47	289	82	15.5	0.02
9	26	77.2	37	0.009	32	89.16	88.03	288	84	14.9	0.02
10	26	77.8	38	0.009	32	88.83	87.81	295	85	15.4	0.02
เฉลี่ย	25.8	78.3	36.7	0.009	31.0	89.09	88.08	292.6	82.4	15.8	0.02

## ชุดที่ 2

วัดครั้งที่	%CO <sub>2</sub> in bg	%RH in bg	T <sub>a</sub> (°C)	P <sub>a</sub> (bar)	T <sub>i</sub> (°C)	V <sub>bc</sub> (m <sup>3</sup> )	output KW <sub>e</sub>	T <sub>g</sub> (°C)	% X air	%CO <sub>2</sub> in fg	%CO in fg
1	25	79.0	36	0.009	30	92.04	91.27	285	73	13.2	0.04
2	25	79.1	36	0.009	30	92.08	91.08	281	71	13.5	0.05
3	26	79.0	36	0.009	31	92.13	92.12	282	71	14.2	0.05
4	26	78.5	36	0.009	31	92.07	91.25	283	73	13.8	0.05
5	27	78.5	36	0.009	30	92.01	91.88	284	72	14.4	0.04
6	26	78.0	37	0.009	31	92.18	90.98	280	75	14.1	0.04
7	26	78.4	37	0.009	31	92.04	91.42	283	70	14.4	0.04
8	25	77.5	38	0.009	32	92.06	91.58	279	72	14.5	0.04
9	26	77.2	37	0.009	32	91.98	91.80	277	74	14.2	0.05
10	26	77.8	38	0.009	32	92.17	92.04	285	75	14.4	0.05
เฉลี่ย	25.8	78.3	36.7	0.009	31.0	92.08	91.54	281.9	72.6	14.1	0.05

ตาราง ข. 17 ข้อมูลระบบผลิตไฟฟ้าจากก๊าซชีวภาพ ของเอส.พี.เอ็ม.ฟาร์ม 2 อ.ปากท่อ จ.ราชบุรี  
ในวันที่ 28 กุมภาพันธ์ 2544 (เครื่องยนต์ขนาด 125+60 hp จำนวน 2 ชุด)

ชุดที่ 1

วัดครั้งที่	%CO <sub>2</sub> in bg	%RH in bg	T <sub>d</sub> (°C)	P <sub>d</sub> (bar)	T <sub>i</sub> (°C)	V <sub>bg</sub> (m <sup>3</sup> )	output KW <sub>e</sub>	T <sub>fg</sub> (°C)	% X air	%CO <sub>2</sub> in fg	%CO in fg
1	27	80.1	36	0.009	28	89.01	87.29	291	84	15.9	0.01
2	27	81.0	36	0.009	28	89.04	87.81	296	82	15.3	0.01
3	26	80.6	36	0.009	29	88.83	87.77	292	81	16.2	0.02
4	26	79.8	37	0.009	28	89.19	89.15	293	83	15.8	0.02
5	26	79.5	37	0.009	29	89.07	88.15	298	82	16.4	0.01
6	26	80.3	36	0.009	29	90.05	89.12	290	82	16.0	0.01
7	27	80.8	37	0.009	29	89.11	88.24	294	79	16.1	0.01
8	27	81.5	37	0.009	30	89.02	87.47	289	82	15.5	0.02
9	26	80.6	38	0.009	30	89.06	88.03	288	84	14.9	0.02
10	26	79.9	38	0.009	31	89.23	88.81	295	85	15.4	0.02
เฉลี่ย	26.4	80.4	36.8	0.009	29.1	89.16	88.18	292.6	82.4	15.8	0.02

ชุดที่ 2

วัดครั้งที่	%CO <sub>2</sub> in bg	%RH in bg	T <sub>d</sub> (°C)	P <sub>d</sub> (bar)	T <sub>i</sub> (°C)	V <sub>bg</sub> (m <sup>3</sup> )	output KW <sub>e</sub>	T <sub>fg</sub> (°C)	% X air	%CO <sub>2</sub> in fg	%CO in fg
1	27	80.1	36	0.009	28	92.01	91.77	285	73	13.2	0.04
2	27	81.0	36	0.009	28	92.07	91.88	281	71	13.5	0.05
3	26	80.6	36	0.009	29	92.10	92.12	282	71	14.2	0.05
4	26	79.8	37	0.009	28	92.20	91.65	283	73	13.8	0.05
5	26	79.5	37	0.009	29	92.01	91.98	284	72	14.4	0.04
6	26	80.3	36	0.009	29	92.08	90.98	280	75	14.1	0.04
7	27	80.8	37	0.009	29	92.02	91.72	283	70	14.4	0.04
8	27	81.5	37	0.009	30	92.01	91.88	279	72	14.5	0.04
9	26	80.6	38	0.009	30	91.98	91.89	277	74	14.2	0.05
10	26	79.9	38	0.009	31	92.07	92.04	285	75	14.4	0.05
เฉลี่ย	26.4	80.4	36.8	0.009	29.1	92.06	91.79	281.9	72.6	14.1	0.05

ตาราง ข. 18 ข้อมูลระบบผลิตไฟฟ้าจากก๊าซชีวภาพ ของเอส.พี.เอ็ม.ฟาร์ม 2 อ.ปากท่อ จ.ราชบุรี  
ในวันที่ 1 มีนาคม 2544 (เครื่องยนต์ขนาด 125+60 hp จำนวน 2 ชุด)

## ชุดที่ 1

วัดครั้งที่	%CO <sub>2</sub> in bg	%RH in bg	T <sub>d</sub> (°C)	P <sub>d</sub> (bar)	T <sub>i</sub> (°C)	V <sub>BG</sub> (m <sup>3</sup> )	output KW <sub>e</sub>	T <sub>fg</sub> (°C)	% X air	%CO <sub>2</sub> in fg	%CO in fg
1	26	78.8	36	0.009	29	89.21	88.19	291	81	15.4	0.02
2	26	79.0	36	0.009	28	90.02	88.11	296	82	15.3	0.02
3	26	80.1	36	0.009	29	89.43	87.97	292	81	15.2	0.02
4	26	79.8	37	0.009	28	89.19	89.05	293	82	15.9	0.02
5	26	79.5	37	0.009	29	89.05	88.15	298	82	16.1	0.01
6	26	79.3	37	0.009	29	90.00	89.01	290	82	16.0	0.01
7	27	80.6	37	0.009	29	89.18	88.26	294	80	15.7	0.01
8	27	79.5	37	0.009	30	89.82	87.41	289	82	15.8	0.01
9	26	79.6	37	0.009	31	89.47	88.23	288	84	15.6	0.02
10	26	79.9	37	0.009	32	89.63	88.41	295	82	15.6	0.02
เฉลี่ย	26.2	79.6	36.7	0.009	29.4	89.50	88.28	292.6	81.8	15.7	0.02

## ชุดที่ 2

วัดครั้งที่	%CO <sub>2</sub> in bg	%RH in bg	T <sub>d</sub> (°C)	P <sub>d</sub> (bar)	T <sub>i</sub> (°C)	V <sub>BG</sub> (m <sup>3</sup> )	output KW <sub>e</sub>	T <sub>fg</sub> (°C)	% X air	%CO <sub>2</sub> in fg	%CO in fg
1	26	78.8	36	0.009	29	92.21	91.62	279	72	14.0	0.05
2	26	79.0	36	0.009	28	92.17	91.47	282	71	13.8	0.05
3	26	80.1	36	0.009	29	92.08	92.02	280	70	14.0	0.05
4	26	79.8	37	0.009	28	92.10	91.85	283	71	14.1	0.05
5	26	79.5	37	0.009	29	92.04	91.76	281	72	13.9	0.04
6	26	79.3	37	0.009	29	92.22	90.88	280	73	14.1	0.05
7	27	80.6	37	0.009	29	92.17	91.73	278	70	14.8	0.04
8	27	79.5	37	0.009	30	92.13	91.86	276	72	14.7	0.05
9	26	79.6	37	0.009	31	91.77	91.85	279	72	14.8	0.05
10	26	79.9	37	0.009	32	92.35	91.74	275	73	14.8	0.05
เฉลี่ย	26.2	79.6	36.7	0.009	29.4	92.12	91.68	279.3	71.6	14.3	0.05

มหาวิทยาลัยเชียงใหม่  
Chiang Mai University

ภาคผนวก ก  
ข้อมูลทั่วไปของฟาร์มสุกร

## กิตติวัฒน์ฟาร์ม

## ข้อมูลทั่วไป

สถานที่ตั้ง 100 หมู่ 5 ตำบลสันนาเม็ง อำเภอสันทราย จ.เชียงใหม่

พื้นที่ 20 ไร่

โรงเรือนสุกร 7 โรงเรือน

แหล่งน้ำ น้ำใต้ดินลึก 115 เมตร

ความต้องการไฟฟ้า 30 กิโลวัตต์

ค่าใช้จ่ายด้านพลังงาน ไฟฟ้าและก๊าซหุงต้ม 16,000 บาท/เดือน

## ประเภทและจำนวนสุกร

สุกรพ่อพันธุ์ น้ำหนักเฉลี่ย 250 กิโลกรัม 8 ตัว

สุกรแม่พันธุ์ น้ำหนักเฉลี่ย 170 กิโลกรัม 320 ตัว

สุกรขุน น้ำหนักเฉลี่ย 60 กิโลกรัม 2,100 ตัว

ลูกสุกร น้ำหนักเฉลี่ย 12 กิโลกรัม 950 ตัว

น้ำหนักสุกรขึ้นคอกรวม 193,800 กิโลกรัม คิดเป็น 388 หน่วยปศุสัตว์

## ประมาณการของเสีย

มูลสด 4,200 กิโลกรัม/วัน

ปัสสาวะ 10,200 ลิตร/วัน

น้ำทำความสะอาด 100,000 ลิตร/วัน

รวมน้ำเสีย 114,400 ลิตร/วัน

ประมาณน้ำเสีย 120,000 – 150,000 ลิตร/วัน

## ความคาดหวังด้านพลังงานที่จะได้รับจากระบบผลิตก๊าซชีวภาพ

จำนวนก๊าซชีวภาพ 400 ลูกบาศก์เมตร

ปุ๋ยอินทรีย์ ความชื้น 15 % 250 ตัน/ปี

ลดการแพร่กระจายมีเทน มากกว่า 90 %

## การลงทุน (ปีพ.ศ. 2543)

ค่าก่อสร้างระบบผลิตก๊าซชีวภาพ 4,300,000 บาท

ระบบผลิตไฟฟ้าและอุปกรณ์ควบคุม 540,000 บาท

รวมเงินลงทุน 4,840,000 บาท

ได้รับเงินสนับสนุนค่าก่อสร้าง 1,128,000 บาท

### ข้อมูลด้านวิศวกรรม

#### ระบบก๊าซชีวภาพ

- บ่อรวมน้ำเสีย 1 ชุด 36 ลูกบาศก์เมตร
- บ่อหมักช้าแบบราง 1 ชุด ขนาด 7 x 42 x 4 เมตร ความจุ 1,000 ลูกบาศก์เมตร
  - ระยะพักตัวของน้ำเสียส่วนใส 12 ชั่วโมง
  - ระยะพักตัวของน้ำเสียส่วนขุ่น 20 วัน
  - ระยะพักตัวของน้ำเสียโดยเฉลี่ย 5 วัน
  - ความจุในการเก็บก๊าซ 450 ลูกบาศก์เมตร
- บ่อหมักเร็ว UASB 2 ชุด ขนาด  $\varnothing$  7 เมตร ลึก 6.8 เมตร ความจุ 200 ลูกบาศก์เมตร/บ่อ
  - ระยะเวลาบำบัด 24 ชั่วโมง
- ลานกรองของแข็ง 1 ชุด
  - ขนาดพื้นที่ 750 ตารางเมตร
  - ระยะพักตัวของตะกอน 4 วัน

#### ระบบบำบัดขั้นหลัง

- สระปรับเสถียรภาพ 1 ชุด ขนาด 1,470 ลูกบาศก์เมตร
  - ระยะพักตัว 13 วัน
- บึงประดิษฐ์ 6 ชุด ขนาดรวม 2,580 ลูกบาศก์เมตร
  - ระยะการบำบัด 16 วัน

#### ระบบท่อส่งก๊าซ

- ใช้ท่อ PVC ขนาด  $\varnothing$  2 นิ้ว ระยะทางยาว 50 เมตร

#### ระบบผลิตไฟฟ้า

- ขนาดระบบรวม 35 กิโลวัตต์ จำนวน 2 ชุด ใช้สลับกันเดิน แต่ละชุดประกอบด้วยเครื่องยนต์เบนซินดัดแปลงยี่ห้อ Toyota แบบ 4 สูบรุ่น 2Y ความจุ 1,800 cc และมอเตอร์ยี่ห้อ Mitsubishi ขนาด 25 hp จำนวน 2 เครื่องทำงานที่ความเร็วรอบ 1,500 rpm ส่งผ่านกำลังด้วยเพลา เดินเครื่องผลิตไฟฟ้าเฉลี่ย 14 ชั่วโมง/วัน (ปัจจุบันเดินเครื่องตั้งแต่เวลาประมาณ 07.00 – 21.00 น.)

#### ระบบสายส่งไฟฟ้าหลัก

- แบบ 3 เฟส รับภาระการรับ / ส่งกำลังไฟฟ้าได้ไม่น้อยกว่า 40 กิโลวัตต์ ระยะทางรวม 250 เมตร

และระบบผลิตก๊าซชีวภาพและระบบผลิตไฟฟ้าภายในกิตติวัฒน์ฟาร์มแสดงดังรูป ก.1-ก.2



รูป ก.1 ระบบผลิตไฟฟ้าจากก๊าซชีวภาพของกิตติวัฒน์ฟาร์ม



รูป ก.2 ระบบผลิตก๊าซชีวภาพและสภาพทั่วไปภายในกิตติวัฒน์ฟาร์ม

### ค.ประสพผลฟาร์ม

#### ข้อมูลทั่วไป

สถานที่ตั้ง 30 หมู่ 2 ตำบลบางพลี อำเภอบางไทร จ.พระนครศรีอยุธยา

พื้นที่ 200 ไร่

โรงเรียนสุกร 9 โรงเรียน

แหล่งน้ำ น้ำใต้ดินลึกไม่เกิน 15 เมตร

ความต้องการไฟฟ้า 70 กิโลวัตต์

ค่าใช้จ่ายด้านพลังงาน ไฟฟ้าและก๊าซหุงต้ม 40,000 บาท/เดือน

#### ประเภทและจำนวนสุกร

สุกรพ่อพันธุ์ น้ำหนักเฉลี่ย 250 กิโลกรัม 16 ตัว

สุกรแม่พันธุ์ น้ำหนักเฉลี่ย 170 กิโลกรัม 700 ตัว

สุกรขุน น้ำหนักเฉลี่ย 60 กิโลกรัม 4,500 ตัว

ลูกสุกร น้ำหนักเฉลี่ย 12 กิโลกรัม 1,300 ตัว

น้ำหนักสุกร น้ำหนักสุกรขึ้นคอกรวม 412,500 กิโลกรัม คิดเป็น 825 หน่วยปศุสัตว์

#### ประมาณการของเสีย

มูลสด 8,852 กิโลกรัม/วัน

ปัสสาวะ 21,675 ลิตร/วัน

น้ำทำความสะอาด 152,625 ลิตร/วัน

รวมน้ำเสีย 174,298 ลิตร/วัน

ประมาณน้ำเสีย 200,000 ลิตร/วัน

#### ความคาดหวังด้านพลังงานที่จะได้รับจากระบบผลิตก๊าซชีวภาพ

จำนวนก๊าซชีวภาพ 450 ลูกบาศก์เมตร

ปุ๋ยอินทรีย์ ความชื้น 15 % 800 ตัน/ปี

ลดการแพร่กระจายมีเทน มากกว่า 90 %

#### การลงทุน (ปีพ.ศ. 2541)

ค่าก่อสร้างระบบผลิตก๊าซชีวภาพ 6,098,000 บาท

ระบบผลิตไฟฟ้าและอุปกรณ์ควบคุม 1,080,000 บาท

รวมเงินลงทุน 7,178,000 บาท

ได้รับเงินสนับสนุนค่าก่อสร้าง 1,128,000 บาท

## ข้อมูลด้านวิศวกรรม

### ระบบก๊าซชีวภาพ

- บ่อรวมน้ำเสีย 1 ชุด 36 ลูกบาศก์เมตร
- บ่อหมักช้าแบบราง 1 ชุด ขนาด 7 x 42 x 4 เมตร ความจุ 1,000 ลูกบาศก์เมตร
  - ระยะพักตัวของน้ำเสียส่วนใส 12 ชั่วโมง
  - ระยะพักตัวของน้ำเสียส่วนขุ่น 20 วัน
  - ระยะพักตัวของน้ำเสียโดยเฉลี่ย 5 วัน
  - ความจุในการเก็บก๊าซ 450 ลูกบาศก์เมตร
- บ่อหมักเร็ว UASB 2 ชุด ขนาด  $\varnothing$  7 เมตร ลึก 6.8 เมตร ความจุ 200 ลูกบาศก์เมตร/บ่อ
  - ระยะเวลาบำบัด 25 ชั่วโมง
- ลานกรองของแฉ่ง 1 ชุด
  - ขนาดพื้นที่ 960 ตารางเมตร
  - ระยะพักตัวของตะกอน 4 วัน

### ระบบบำบัดขั้นหลัง

- สระปรับเสถียรภาพ 1 ชุด ขนาด 1,125 ลบ.ม.
  - ระยะพักตัว 6 วัน
- บึงประดิษฐ์ 3 ชุด ขนาดรวม 3,639 ลบ.ม.
  - ระยะการบำบัด 15 วัน

### ระบบท่อส่งก๊าซ

- ใช้ท่อ PVC ขนาด  $\varnothing$  2 นิ้ว ระยะทางยาว 50 เมตร

### ระบบผลิตไฟฟ้า

- ขนาดระบบรวม 70 กิโลวัตต์ จำนวน 2 ชุด ใช้สลับกันเดิน แต่ละชุดประกอบด้วยเครื่องยนต์เบนซินดัดแปลงยี่ห้อ Toyota แบบ 4 สูบรุ่น 2Y ความจุ 1,800 cc และมอเตอร์ยี่ห้อ Mitsubishi ขนาด 25 hp จำนวน 4 เครื่องทำงานที่ความเร็วรอบ 1,500 rpm ส่งผ่านกำลังด้วยเพลา ผลิตกระแสไฟฟ้าเฉลี่ย 24 ชั่วโมง/วัน (ช่วงเวลา 06.00 – 24.00 เดิน 4 เครื่องและช่วงเวลา 24.00 – 06.00 จะเดินเครื่องเพียง 3 เครื่องเท่านั้น)

### ระบบสายส่งไฟฟ้าหลัก

- แบบ 3 เฟส รับภาระการรับ / ส่งกำลังไฟฟ้าได้ไม่น้อยกว่า 40 กิโลวัตต์ ระยะทาง 300 เมตร

และระบบผลิตก๊าซชีวภาพและระบบผลิตไฟฟ้าภายในต.ประสพผลฟาร์มแสดงดังรูป ก.3-ก.4



รูป ก.3 ระบบผลิตไฟฟ้าจากก๊าซชีวภาพของต.ประสพผลฟาร์ม



รูป ก.4 ระบบผลิตก๊าซชีวภาพและสภาพทั่วไปภายในต.ประสพผลฟาร์ม

## เอส.พี.เอ็ม. 1

## ข้อมูลทั่วไป

สถานที่ตั้ง	27 หมู่ 1 ตำบลห้วยยางโทน อำเภอปากท่อ จ.ราชบุรี
พื้นที่	94 ไร่
โรงเรือนสุกร	ขนาด 20 x 50 เมตร จำนวน 21 หลัง
แหล่งน้ำ	น้ำใต้ดินระดับลึก 50 เมตรและสระพักน้ำขนาด 96,000 ลูกบาศก์เมตร
ความต้องการไฟฟ้า	30 กิโลวัตต์
ค่าใช้จ่ายไฟฟ้า	ประมาณ 30,000 บาท/เดือน
ประเภทและจำนวนสุกร	
สุกรขุน	น้ำหนักเฉลี่ย 60 กิโลกรัม 10,500 ตัว
น้ำหนักสุกร	น้ำหนักสุกรยืนคอกรวม 630,000 กิโลกรัม คิดเป็น 1,260 หน่วยปศุสัตว์
ประมาณการของเสีย	
มูลสด	13,320 กิโลกรัม/วัน
ปัสสาวะ	33,300 ลิตร/วัน
น้ำทำความสะอาด	233,100 ลิตร/วัน
รวมน้ำเสีย	279,720 ลิตร/วัน
ประมาณน้ำเสีย	300,000 ลิตร/วัน
ความคาดหวังด้านพลังงานที่จะได้รับจากระบบผลิตก๊าซชีวภาพ	
จำนวนก๊าซชีวภาพ	1,000 ลูกบาศก์เมตร
ปุ๋ยอินทรีย์ ความชื้น 15 %	1,000 ตัน/ปี
ลดการแพร่กระจายมีเทน	มากกว่า 90 %
การลงทุน (ราคาพ.ศ. 2540)	
ค่าก่อสร้างระบบผลิตก๊าซชีวภาพ	8,000,000 บาท
ระบบผลิตไฟฟ้าและอุปกรณ์ควบคุม	700,000 บาท
รวมเงินลงทุน	8,700,000 บาท
ได้รับเงินสนับสนุนค่าก่อสร้าง	2,256,000 บาท

### ข้อมูลด้านวิศวกรรม

#### ระบบก๊าซชีวภาพ

- บ่อรวมน้ำเสีย 1 ชุด ขนาดความจุ 18 ลูกบาศก์เมตร
- บ่อหมักช้าแบบราง 2 ชุด ขนาด 7 x 42 x 4 เมตร ความจุรวม 2,000 ลูกบาศก์เมตร
  - ระยะเวลาพักตัวของน้ำเสียส่วนใส 12 ชั่วโมง
  - ระยะเวลาพักตัวของน้ำเสียส่วนขุ่น 20 วัน
  - ระยะเวลาพักตัวของน้ำเสียโดยเฉลี่ย 7 วัน
- ความจุในการเก็บก๊าซ 450 ลูกบาศก์เมตร
- บ่อหมักเร็ว UASB 4 ชุด ขนาด  $\varnothing$  7 เมตร ลึก 6.8 เมตร ความจุ 200 ลูกบาศก์เมตร/บ่อ
  - ระยะเวลาบำบัด 25 ชั่วโมง
- ถานกรองของแข็ง 1 ชุด
  - ขนาดพื้นที่ 22 x 90 เมตรรวม 2,000 ตารางเมตร
  - ระยะเวลาพักตัวของตะกอน 4 วัน

#### ระบบบำบัดขั้นหลัง

- สระปรับเสถียรภาพ 1 ชุด ขนาดความจุ 4,320 ลบ.ม.
  - ระยะเวลาพักตัว 14 วัน
- บึงประดิษฐ์ 5 ชุด ขนาดพื้นที่รวม 15,000 ตร.ม.
  - ระยะเวลาบำบัด 10 วัน

#### ระบบท่อส่งก๊าซ

- ใช้ท่อ PVC ขนาด  $\varnothing$  2 นิ้ว ความยาวท่อส่งก๊าซรวม 200 ม.

#### ระบบผลิตไฟฟ้า

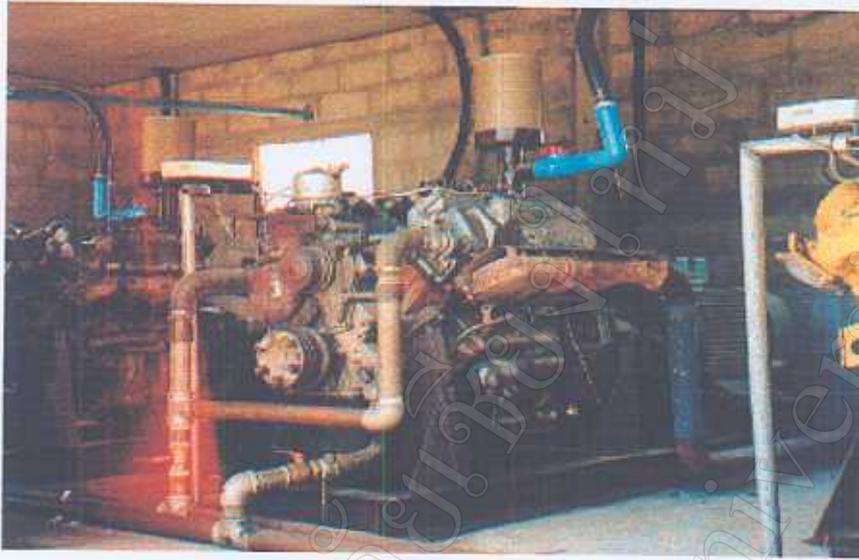
- ขนาดระบบรวม 112 กิโลวัตต์ จำนวน 2 ชุดสลับเครื่องกันเดิน แต่ละชุดประกอบด้วย เครื่องยนต์ดีเซลคัดแปลงยี่ห้อ Hino รุ่น EF 300 แบบ 8 สูบปริมาตรกระบอกสูบ 10,678 cc และ มอเตอร์ยี่ห้อ SEVER รุ่น TK 315M ขนาด 150 hp ความเร็วรอบ 1,200 rpm ส่งผ่านกำลังด้วยเพลาเดินเครื่องผลิตกระแสไฟฟ้า 16 ชั่วโมง/วันโดยสลับกันเดินเครื่องละ 8 ชม. (ปัจจุบันเดินเครื่องตั้งแต่ 05.30 – 21.30 และมีเครื่องยนต์สำรองอีก 2 เครื่องขนาด 150 และ 125 hp ซึ่งในงานวิจัยนี้ไม่ได้นำมาคิดเป็นต้นทุน)

#### ระบบสายส่งไฟฟ้าหลัก

- แบบ 3 เฟส รับภาระการรับ / ส่งกำลังไฟฟ้าได้ไม่น้อยกว่า 80 กิโลวัตต์ ระยะทาง

60 เมตร

และระบบผลิตก๊าซชีวภาพและระบบผลิตไฟฟ้าภายในเอส.พี.เอ็ม.ฟาร์ม 1 แสดงดังรูป ก.5-ก.6



รูป ก.5 ระบบผลิตไฟฟ้าจากก๊าซชีวภาพของเอส.พี.เอ็ม.ฟาร์ม 1



รูป ก.6 ระบบผลิตก๊าซชีวภาพและสภาพทั่วไปภายในเอส.พี.เอ็ม. ฟาร์ม 1

## เอส.พี.เอ็ม. ฟาร์ม 2

### ข้อมูลทั่วไป

สถานที่ตั้ง 25 หมู่ 8 ตำบลคอนทราย อำเภอบางท้อ จ.ราชบุรี

พื้นที่ 400 ไร่

โรงเรือนสุกร จำนวน 57 หลัง

แหล่งน้ำ ใช้น้ำจากลำธารเก็บในสระพักน้ำขนาด 300,000 ลูกบาศก์เมตร

ความต้องการไฟฟ้า 500 กิโลวัตต์

ค่าใช้จ่ายไฟฟ้า ประมาณ 100,000 – 400,000 บาท/เดือน

### ประเภทและจำนวนสุกร

สุกรพ่อพันธุ์ น้ำหนักเฉลี่ย 250 กิโลกรัม 200 ตัว

สุกรแม่พันธุ์ น้ำหนักเฉลี่ย 170 กิโลกรัม 8,000 ตัว

สุกรขุน น้ำหนักเฉลี่ย 15 กิโลกรัม 20,000 ตัว

น้ำหนักสุกร น้ำหนักสุกรขึ้นคอกรวม 1,710,000 กิโลกรัมคิดเป็น 3,420 หน่วยปศุสัตว์

### ประมาณการของเสีย

มูลสด 36,150 กิโลกรัม/วัน

ปัสสาวะ 90,400 ลิตร/วัน

น้ำทำความสะอาด 633,000 ลิตร/วัน

รวมน้ำเสีย 723,400 ลิตร/วัน

ประมาณน้ำเสีย 750,000 ลิตร/วัน

### ความคาดหวังด้านพลังงานที่จะได้รับจากระบบผลิตก๊าซชีวภาพ

จำนวนก๊าซชีวภาพ 2,500 ลูกบาศก์เมตร

ปุ๋ยอินทรีย์ ความชื้น 15 % 1,825 ตัน/ปี

ลดการแพร่กระจายมีเทน มากกว่า 90 %

### การลงทุน (ราคาพ.ศ. 2541)

ค่าก่อสร้างระบบผลิตก๊าซชีวภาพ 20,300,000 บาท

ระบบผลิตไฟฟ้าและอุปกรณ์ควบคุม 950,000 บาท

รวมเงินลงทุน 21,250,000 บาท

ได้รับเงินสนับสนุนค่าก่อสร้าง 5,640,000 บาท

### ข้อมูลด้านวิศวกรรม

#### ระบบก๊าซชีวภาพ

- บ่อรวมน้ำเสีย ขนาด 100 ลูกบาศก์เมตร 1 ชุดและ 36 ลูกบาศก์เมตร 3 ชุด
- บ่อหมักช้าแบบราง 5 ชุด ขนาด 7 x 42 x 4 เมตร ความจุรวม 5,000 ลูกบาศก์เมตร
  - ระยะเวลาพักตัวของน้ำเสียส่วนใส 12 ชั่วโมง
  - ระยะเวลาพักตัวของน้ำเสียส่วนขุ่น 20 วัน
  - ระยะเวลาพักตัวของน้ำเสียโดยเฉลี่ย 5 วัน
  - ความจุในการเก็บก๊าซ 2,500 ลูกบาศก์เมตร
- บ่อหมักเร็ว UASB 10 ชุด ขนาด  $\varnothing$  7 เมตร ลึก 6.8 เมตร ความจุ 200 ลูกบาศก์เมตร/บ่อ
  - ระยะเวลาบำบัด 24 ชั่วโมง
- ถานกรองของแข็ง 1 ชุด
  - ขนาดพื้นที่รวม 2,880 ตารางเมตร
  - ระยะเวลาพักตัวของตะกอน 4 วัน

#### ระบบบำบัดขั้นหลัง

- สระปรับเสถียรภาพ 1 ชุด ขนาดความจุ 4,250 ลูกบาศก์เมตร
  - ระยะเวลาพักตัว 4.5 วัน
- บึงประดิษฐ์ 6 ชุด ขนาดพื้นที่ 45,275 ตารางเมตรความจุรวม 21,541 ลูกบาศก์เมตร
  - ระยะเวลาบำบัด 21.5 วัน

#### ระบบท่อส่งก๊าซ

- ใช้ท่อ PVC ขนาด  $\varnothing$  2 นิ้ว ความยาวท่อส่งก๊าซรวม 100 ม.

#### ระบบผลิตไฟฟ้า

- ขนาดระบบรวม 138 กิโลวัตต์ จำนวน 2 ชุดสลับกันเดินเครื่อง แต่ละชุดประกอบด้วย เครื่องยนต์ดีเซลคัดแปลงยี่ห้อ Hino รุ่น EF300 แบบ 8 สูบปริมาตรกระบอกสูบ 10,678 cc ร่วมกับ มอเตอร์ยี่ห้อ VEM รุ่น KPER 280M4 ขนาด 125 hp และเครื่องยนต์ดีเซลคัดแปลงยี่ห้อ Hino รุ่น EF100 แบบ 6 สูบปริมาตรกระบอกสูบ 4,403 cc กับมอเตอร์ยี่ห้อ Siemens รุ่น 1LA5223-4AA60 ขนาด 60 hp ส่งผ่านกำลังด้วยเพลา เครื่องผลิตกระแสไฟฟ้า 10 ชั่วโมง/วัน (ปัจจุบันเดินเครื่อง ตั้งแต่ 08.30 – 18.30)

#### ระบบสายส่งไฟฟ้าหลัก

- แบบ 3 เฟส รับภาระการรับ / ส่งกำลังไฟฟ้าได้ไม่น้อยกว่า 150 กิโลวัตต์ ระยะทาง 1,000 เมตร

และระบบผลิตก๊าซชีวภาพและระบบผลิตไฟฟ้าภายในเอส.พี.เอ็ม.ฟาร์ม 2 แสดงดังรูป ค.7 -ค.8



รูป ค.7 ระบบผลิตไฟฟ้าจากก๊าซชีวภาพของเอส.พี.เอ็ม.ฟาร์ม 2



รูป ค.8 ระบบผลิตก๊าซชีวภาพและสภาพทั่วไปภายในเอส.พี.เอ็ม. ฟาร์ม 2

## ประวัติผู้เขียน

ชื่อ	นายปรีชา ศิริชาล
วัน เดือน ปี เกิด	19 พฤศจิกายน 2512
ประวัติการศึกษา	สำเร็จการศึกษามัธยมชั้นต้น โรงเรียนศรีสวัสดิ์วิทยาคาร จังหวัดน่าน ปีการศึกษา 2527 สำเร็จการศึกษามัธยมชั้นปลาย โรงเรียนศรีสวัสดิ์วิทยาคาร จังหวัดน่าน ปีการศึกษา 2530 สำเร็จการศึกษาปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรม อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ปีการศึกษา 2534
ประวัติการทำงาน	วิศวกรระบบท่อทาง บริษัท ชีโน-ไทย เอ็นจิเนียริง จำกัด พ.ศ. 2534-2535 วิศวกรเครื่องกล กองติดตั้งเครื่องกล ฝ่ายก่อสร้างพลังน้ำ การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย พ.ศ. 2535-2537 วิศวกรโครงการ บริษัท พี.เอ.อี (ประเทศไทย) จำกัด พ.ศ. 2537-2537 หัวหน้าวิศวกร บริษัท อิตัลไทยมารีน จำกัด พ.ศ. 2538-2542