

## บทที่ 4

### ผลการศึกษาและข้อวิจารณ์

บทนี้เป็นการแสดงผลการวิจัยและการวิเคราะห์ผล ซึ่งประกอบด้วยเนื้อหา ดังนี้

#### 4.1 ศักยภาพในพื้นที่

##### 4.1.1 ผลและการประเมินศักยภาพชีวมวลในพื้นที่

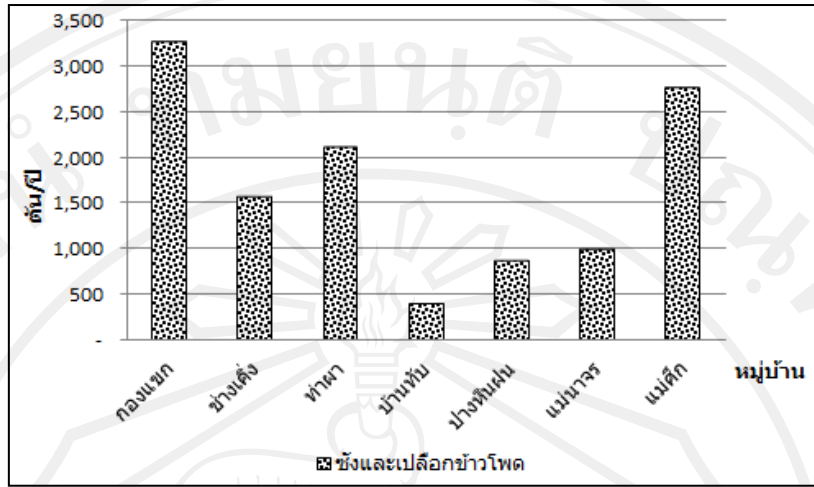
จากข้อมูลการขึ้นทะเบียนการปลูกพืชเศรษฐกิจ ตามกลุ่มชนิดพืชข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ปี 2554/55 จังหวัดเชียงใหม่ อำเภอแม่แจ่ม ที่มีมากถึง 8,359 ตำบล ดังตารางแสดงบัญชีรายชื่อเกษตรกรขึ้นทะเบียนการปลูกพืชเศรษฐกิจ ในภาคผนวก ก โดยแยกตามพื้นที่ปลูกได้เป็น 7 ตำบล จาก 10 ตำบล และ 61 หมู่บ้าน จาก 125 หมู่บ้าน รวมเป็นพื้นที่ปลูก 89,096 ไร่ โดยวิธีการประเมินศักยภาพชีวมวลด้วยการประเมินศักยภาพพลังงานเชิงพื้นที่ ดังนั้นจะสามารถประเมินศักยภาพชีวมวลในพื้นที่ได้ดังนี้

$$\begin{aligned}\text{ศักยภาพพลังงาน} &= V_p \times A_m \times f_u \times LHV \\ &= (89,096 \times 740) \times 0.273 \times 0.67 \times 16.63 \\ &= 200,548,595.73 \text{ MJ}\end{aligned}$$

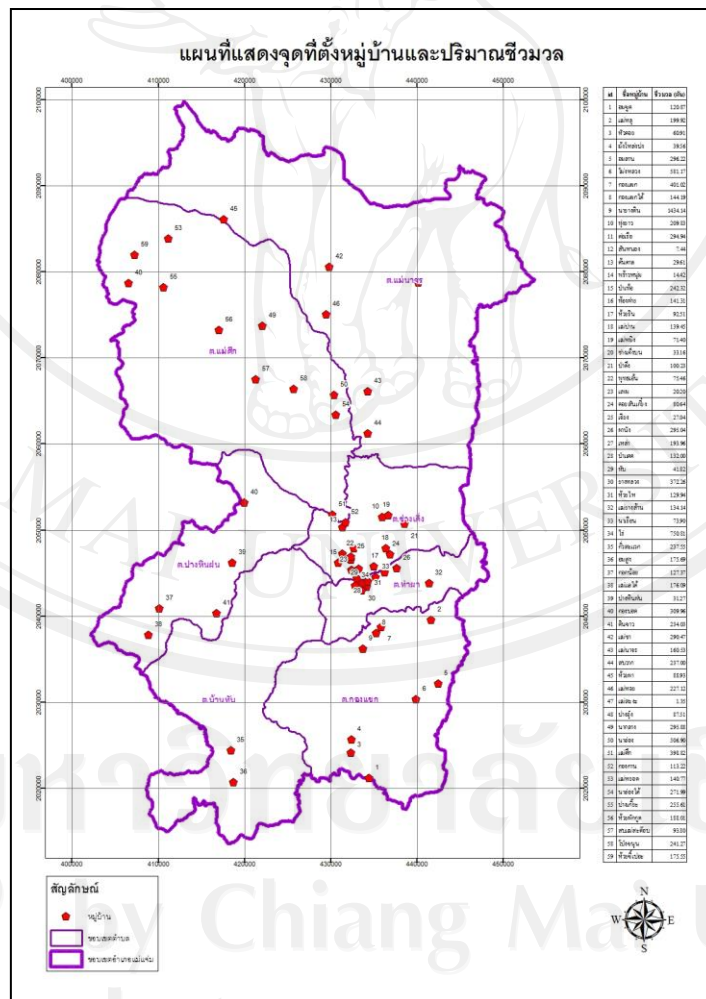
โดยแสดงผลการประเมินแยกออกเป็นหมู่บ้าน ดังรูป 4.1 แสดงปริมาณชีวมวลจากการประเมินในแต่ละหมู่บ้าน ส่วนผลการประเมินศักยภาพชีวมวลแบ่งออกเป็นหมู่บ้าน สามารถดูผลการประเมินศักยภาพชีวมวลในแต่ละหมู่บ้านได้จาก ภาคผนวก ค ดังรูป 4.2 แสดงแหล่งชีวมวลในอำเภอแม่แจ่ม จังหวัดเชียงใหม่

การประเมินศักยภาพชีวมวลในพื้นที่ที่จะทำการประเมิน 1 ฤดู/ปี โดยมีช่วงเพาะปลูกคือ พฤษภาคม ถึง มิถุนายน และช่วงที่เกิดชีวมวลจะอยู่ในช่วง กันยายน ถึง ธันวาคม ก่อนจะถูกเผาทำลายในช่วง มกราคม ถึง มีนาคม เพื่อประเมินกำลังการผลิตไฟฟ้าจากศักยภาพชีวมวลในพื้นที่ โดยใช้อัตราสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง 2.76 kg/kWh ชั่วโมงการทำงานต่อปี 7,008 ชั่วโมง/ปี พบว่า อำเภอแม่แจ่ม จังหวัดเชียงใหม่ มีศักยภาพในการผลิตพลังงานไฟฟ้าได้ดังนี้

$$\begin{aligned}\text{ขนาดของโรงไฟฟ้า} &= (V_p \times A_m \times f_u) / (m_f \times Hr) \\ &= 12,059,446.53 / (2.76 \times 7,008) \\ &= 623.48 \text{ kW}\end{aligned}$$



รูปที่ 4.1 แสดงปริมาณชีวมวลจากการประเมินในแต่ละหมู่บ้าน



รูปที่ 4.2 แสดงแหล่งชีวมวลในอำเภอแม่แจ่ม จังหวัดเชียงใหม่

#### 4.1.2 ผลและการประเมินเทคโนโลยีการผลิตพลังงานไฟฟ้า

ในงานศึกษานี้มุ่งเน้นที่จะศึกษาถึงเทคโนโลยีโรงไฟฟ้าชุมชน ซึ่งชุมชนสามารถผลิตพลังงานไฟฟ้าใช้เองได้จากเศษวัสดุเหลือใช้ที่เกิดขึ้นจากการเกษตรในพื้นที่ เท่ากับว่าชุมชนนั้นได้ร่วมเป็นเจ้าของโรงไฟฟ้าและความร้อน ทำให้ทัศนคติในด้านลบต่อผลกระทบในสังคมของตนเองนั้นหายไปหรือน้อยลง อีกทั้งยังทำให้ชุมชนสามารถพึ่งตนเองในเรื่องของพลังงานได้ จัดว่าเป็นปัจจัยสำคัญต่อการพัฒนาชุมชนในด้านอื่นๆ นอกจากนี้ยังสอดคล้องกับนโยบายของรัฐบาลที่มุ่งเน้นให้แต่ละชุมชนใช้ทรัพยากรที่มีอยู่เป็นเครื่องมือการสร้างเสริมความเข้มแข็งทางเศรษฐกิจและสังคมให้กับชุมชนของตนเอง และเป็นต้นแบบของชุมชนสีเขียว (Green City) เทคโนโลยีแปรรูปพลังงานชีวมวลที่นิยมใช้ทั่วไปสำหรับผลิตไฟฟ้าขนาดเล็กสำหรับชุมชนที่มีต้นทุนในการลงทุนและการดำเนินการต่ำ อีกทั้งสามารถใช้เชื้อเพลิงได้หลากหลายชนิด ไม่ว่าจะเป็น ไม้ แกลบ หรือขังข้าวโพด เป็นต้น ได้แก่ เทคโนโลยีการเผาไหม้โดยตรง และเทคโนโลยีแก๊สซิฟิเคชัน ทั้งสองเทคโนโลยีนี้ได้มีการศึกษาถึงความเป็นไปได้สำหรับใช้ในการผลิตไฟฟ้าใช้ในชุมชน โดยในงานวิจัยนี้ได้ใช้ต้นแบบจากงานศึกษาของ ผลการศึกษาความเป็นไปได้ในการผลิตไฟฟ้าระดับชุมชน โดยใช้พลังงานจากไม้โตเร็ว สำหรับความต้องการไฟฟ้าไม่เกิน 50 kWe โดยใช้เทคโนโลยีโรงจักรไอน้ำตามวัฏจักรแรงคิน (ณัฐ วรยศ, 2551) และโครงการศึกษาต้นแบบโรงไฟฟ้าชีวมวลขนาดเล็กสำหรับชุมชน กำลังการผลิตขนาด 100 kW ด้วยเทคโนโลยีแก๊สซิฟิเคชัน (มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี, 2551) จากผลการศึกษาของทั้งสองเทคโนโลยีจะเห็นถึงความแตกต่างของเทคโนโลยีทั้งสอง คือเทคโนโลยีโรงจักรไอน้ำตามวัฏจักรแรงคิน มีประเด็นที่น่าสนใจคือการนำความร้อนที่เหลือจากกระบวนการผลิตไปใช้ในกระบวนการต่างๆ รวมถึงความสามารถในการรองรับเชื้อเพลิงได้หลากหลายรูปแบบ แต่มีข้อเสียคือเทคโนโลยีนี้ยังมีประสิทธิภาพต่ำในขนาดเล็ก ส่วนเทคโนโลยีแก๊สซิฟิเคชันเป็นเทคโนโลยีที่ผลิตแก๊สเชื้อเพลิงเพื่อนำไปใช้กับเครื่องยนต์สันดาบภายใน ดังนั้นจึงมีข้อจำกัดในเรื่องของคุณภาพแก๊สเชื้อเพลิงที่ผลิตได้ จึงต้องมีการควบคุมกระบวนการผลิตตั้งแต่ ชนิดของเชื้อเพลิง ขนาด ความชื้น รวมถึงต้องมีกระบวนการปรับปรุงคุณภาพแก๊สด้วยการกรองอีกด้วย ดังนั้นในการศึกษานี้จึงทำการวิเคราะห์เทคโนโลยีเผาไหม้โดยตรงตามวัฏจักรแรงคิน เพื่อใช้เป็นแนวทางในการผลิตพลังงานไฟฟ้าระดับชุมชน

##### ก. เทคโนโลยีการเผาไหม้โดยตรง ตามวัฏจักรแรงคิน

ผลการศึกษาความเป็นไปได้ในการผลิตไฟฟ้าระดับชุมชน โดยใช้พลังงานจากไม้โตเร็ว สำหรับความต้องการไฟฟ้าไม่เกิน 50 kWe เทคโนโลยีโรงจักรไอน้ำตามวัฏจักรแรงคิน ทำการออกแบบโดยการประเมินประสิทธิภาพโดยรวมของโรงไฟฟ้าไว้ที่ 19% โดยใช้พลังงานจากอุปกรณ์ต้นกำลังคือเครื่องกำเนิดไอน้ำที่กำลังแรงม้าไอน้ำ 32 HP แรงดันใช้งาน 22 Bar กำลังการ

ผลิตไอน้ำ 500 kg/hr อุณหภูมิไอน้ำ 220 °C โดยมีอุปกรณ์หลักดังตารางที่ 4.1 แสดงรายละเอียดอุปกรณ์เทคโนโลยีเผาไหม้โดยตรง

ตารางที่ 4.1 แสดงรายละเอียดอุปกรณ์เทคโนโลยีเผาไหม้โดยตรง

ลำดับ	อุปกรณ์
1	เครื่องกำเนิดไอน้ำ 500 kg/hr
2	ถังพัก และระบบป้อนเชื้อเพลิง
3	ชุดผลิตน้ำสะอาดด้วยระบบรีเวอร์ส ออสโมซิส
4	ชุดระบบควบคุมแบบคัมด้วยมือ และควบคุมอัตโนมัติ

ผลการทดลองผลิตพลังงานไฟฟ้าโดยใช้เทคโนโลยีโรงจักรไอน้ำตามวัฏจักรแรงคินทำได้ ค่าพารามิเตอร์ที่สำคัญในการพิจารณาถึงความต้องการแหล่งพลังงานหรือแหล่งเชื้อเพลิงที่ระบบต้องการ ดังแสดงในตารางที่ 4.1 แสดงค่าพารามิเตอร์ในการผลิตพลังงานไฟฟ้าโดยเทคโนโลยีเผาไหม้โดยตรง

ตารางที่ 4.2 แสดงค่าพารามิเตอร์ในการผลิตพลังงานไฟฟ้าโดยเทคโนโลยีเผาไหม้โดยตรง

รายละเอียด	ปริมาณ
กำลังติดตั้งของระบบ	50 kW
เงินลงทุน	4,485,000 บาท
ประสิทธิภาพระบบ	7.20 %
อัตราสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง	4.86 kg/kWh
ชั่วโมงการทำงาน	7,008 ชั่วโมงต่อปี
ปริมาณการผลิตไฟฟ้า	350,400 kWh

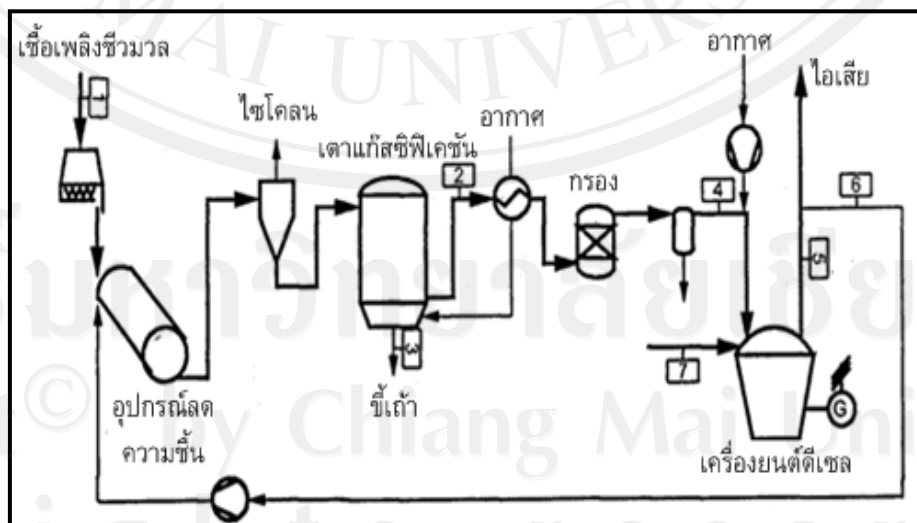
จากตารางที่ 4.2 ค่าพารามิเตอร์ในการผลิตโรงไฟฟ้าชีวมวลที่ใช้เทคโนโลยีเผาไหม้โดยตรง สามารถประเมินความต้องการเชื้อเพลิงชีวมวลเพื่อใช้ในการผลิตพลังงานไฟฟ้าในแต่ละปี ดังนี้

$$\begin{aligned}
 \text{ปริมาณเชื้อเพลิงที่ใช้ต่อปี} &= \text{ปริมาณการผลิตไฟฟ้า} \times \text{อัตราสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง} \\
 &= 350,400 \times 4.86 \\
 &= 1,702,944 \text{ กิโลกรัมต่อปี หรือ } 1,703 \text{ ตันต่อปี}
 \end{aligned}$$

### ข. เทคโนโลยีแก๊สซิฟิเคชัน

โรงไฟฟ้าชีวมวลขนาดเล็กสำหรับชุมชน มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี เป็นระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเทคโนโลยีแก๊สซิฟิเคชัน ชนิด Open-Top Downdraft Gasification ซึ่งเป็นระบบที่มีองค์ประกอบที่ไม่ซับซ้อน ปลอดภัย ทำงานง่าย สามารถเดินระบบ โดยใช้แรงงานในท้องถิ่นเหมาะสมสำหรับชุมชน การผลิตพลังงานทำได้ โดยอาศัยกระบวนการ Thermo-Chemical สามารถเปลี่ยนองค์ประกอบไฮโดรคาร์บอนที่มีอยู่ในชีวมวล ไปเป็นแก๊สเชื้อเพลิง ที่มีค่า Heating value สูงประกอบด้วย แก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) ไฮโดรเจน ( $H_2$ ) และ มีเทน ( $CH_4$ ) สามารถใช้กับเครื่องยนต์สันดาปภายในผลิตกระแสไฟฟ้า (Engine-Generator Set) ได้ทั้งเครื่องยนต์ที่จุดระเบิดด้วยการอัด โดยใช้เชื้อเพลิงควบคู่ (Dual Fuel) น้ำมันดีเซล กับ แก๊สเชื้อเพลิงที่ผลิตได้ หรือ ใช้กับเครื่องยนต์จุดระเบิดด้วยไฟฟ้า โดยใช้แก๊สที่ผลิตได้ 100% มีส่วนประกอบหลัก 3 ส่วน คือ 1)ระบบเตาผลิตแก๊สชีวมวล 2)ระบบทำความสะอาดแก๊ส 3) ระบบผลิตกระแสไฟฟ้า ซึ่งแสดงรายละเอียดอุปกรณ์ในตารางที่ 4.3 และภาพกระบวนการผลิตพลังงานไฟฟ้า โดยเทคโนโลยีแก๊สซิฟิเคชันดังภาพที่ 4.3

โรงไฟฟ้าชีวมวลขนาดเล็กสำหรับชุมชน มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ได้ทดสอบกับเชื้อเพลิงชีวมวล 10 ชนิด คือ แกลบ ชังข้าว โปด เหง้ามันสำปะหลัง เปลือกมันสำปะหลัง กะลามะพร้าว ทางปาล์ม ไม้กระถินยักษ์ ไม้ยูคาลิปตัส เปลือกไม้ยูคาลิปตัส และปึกไม้ยางพารา พบว่าเชื้อเพลิงชีวมวลทุกชนิดสามารถผลิตแก๊สเชื้อเพลิงได้ โดยเฉลี่ยแก๊สที่ผลิตได้มีองค์ประกอบ คือ แก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ ไฮโดรเจนและ มีเทน ในสัดส่วนเฉลี่ยร้อยละ 13–25, 12–18 และ 1–3 ตามลำดับ มีค่าความร้อนอยู่ในช่วง  $4.5 - 6.0 \text{ MJ/Nm}^3$



รูปที่ 4.3 แสดงเทคโนโลยีแก๊สซิฟิเคชัน

ตารางที่ 4.3 แสดงรายละเอียดอุปกรณ์เทคโนโลยีแก๊สซิฟิเคชัน

ลำดับ	อุปกรณ์
1	ถังพักเชื้อเพลิง (Biomass Fuel Hopper)
2	สกรูป้อนเชื้อเพลิง (Screw Feeder Unit)
3	เตาเผาแก๊สซิฟิเคชัน (Biomass Gasifying furnace)
4	ไซโคลนดักฝุ่นแห้ง (Dry-Type Cyclone)
5	สกรับเบอร์แบบเปียก (Wet-Type Spray Scrubber)
6	เครื่องดักฝุ่นแบบเปียก (Wet-Type Dust Catcher)
7	Alkali Water Washer G/W Separator
8	กรองน้ำมัน (Biomass Tar Filter)
9	ถังรักษาความดันแก๊ส (Wet-type Pressure Adjustable Gas Tank)
10	อุปกรณ์นิรภัย (Safety Water Seal for Over-Pressure)
11	หัวเผา (Surplus Gas Burner)
12	สายพานลำเลียงขี้เถ้า (Ash Conveyer System by Water)
13	ระบบลดอุณหภูมิแก๊ส (Cooling Settling Treatment Unit)
14	ท่อแก๊ส และอุปกรณ์เสริม (Gas Pipe And Accessory)
15	ท่อน้ำ และอุปกรณ์เสริม (Water Pipe And Accessory)
16	พัดลมเติมอากาศ (Force Fan Unit)
17	พัดลมดูดอากาศ (Vacuum Blower Unit)
18	ปั๊มน้ำเลี้ยง (Feed Water Pump Unit)
19	ปั๊มน้ำหมุนเวียน (Circulation Return Water Pump Unit)
20	ชุดควบคุมระบบ (Gasification Control Desk)

จากพารามิเตอร์ในตารางที่ 4.4 แสดงค่าพารามิเตอร์ในการผลิตพลังงานไฟฟ้าโดยเทคโนโลยีแก๊สซิฟิเคชัน การประเมินความต้องการเชื้อเพลิงชีวมวลเพื่อใช้ในการผลิตพลังงานไฟฟ้าในแต่ละปี ดังนี้

$$\begin{aligned}
 \text{ปริมาณเชื้อเพลิงที่ใช้ต่อปี} &= \text{ปริมาณการผลิตไฟฟ้า} \times \text{อัตราสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง} \\
 &= 700,800 \times 2.76 \\
 &= 1,934,208 \text{ กิโลกรัมต่อปี หรือ } 1,934 \text{ ตันต่อปี}
 \end{aligned}$$

ตารางที่ 4.4 แสดงค่าพารามิเตอร์ในการผลิตพลังงานไฟฟ้าโดยเทคโนโลยีแก๊สซิฟิเคชัน

รายละเอียด	ปริมาณ
กำลังติดตั้งของระบบ	100 kW
เงินลงทุน	9,340,000 บาท
ประสิทธิภาพระบบ	17.72 %
อัตราสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง	2.76 kg/kWh
ชั่วโมงการทำงาน	7,008 ชั่วโมงต่อปี
ปริมาณการผลิตไฟฟ้า	700,800 kWh

#### 4.2 จุดที่ตั้งโรงไฟฟ้า

จุดที่ตั้งโรงไฟฟ้าเป็นการศึกษาถึงจุดที่ตั้งโรงไฟฟ้าที่เหมาะสมในการขนส่งชีวมวลในพื้นที่ที่สามารถประหยัดต้นทุนค่าขนส่งรวมได้มากที่สุด โดยเทคนิคการหาศูนย์กลางการขนส่ง (Central of Gravity Technique) ซึ่งเป็นวิธีการที่ใช้เลือกศูนย์กลางของการกระจายสินค้าหรือโรงงานผลิต โดยการคำนวณหาที่ตั้งทางภูมิศาสตร์แห่งเดียวตามระยะทาง และปริมาณชีวมวลที่ต้องทำการขนส่ง ซึ่งมีวิธีการคำนวณและผลดังนี้

##### 4.2.1 ผลและการวิเคราะห์การเลือกทำเลที่ตั้งที่เหมาะสมของโรงไฟฟ้า

จุดที่เป็นทำเลที่ตั้งที่เหมาะสมที่สุด คือ X, Y

$$X = \frac{\sum_{i=1}^n x_i w_i}{\sum_{i=1}^n w_i}, Y = \frac{\sum_{i=1}^n y_i w_i}{\sum_{i=1}^n w_i}$$

จะได้

$$X = (5182188 \times 10^9) / 12,048,482.90 \\ = 430111$$

$$Y = (24688843 \times 10^9) / 12,048,482.90 \\ = 2049124$$

จากการคำนวณจุดที่ตั้งของโรงไฟฟ้าที่เหมาะสมตามเทคนิคการหาศูนย์กลางการขนส่งนั้น ทำให้ได้จุดที่ตั้งที่สามารถรวบรวมชีวมวลในพื้นที่ได้ทั้งหมดอยู่ที่ตำแหน่ง  $X = 430111$  และ  $Y = 2049124$  โดยแสดงระยะขจัดรายละเอียดต่างๆ ไว้ในภาคผนวก ค จากเทคนิคการหาศูนย์กลางการขนส่งนั้นเป็นการวิเคราะห์แบบตามแนวแกน X และ Y ซึ่งทำเลที่ตั้งอาจตกอยู่ห่างจากเส้นทางการขนส่งหรือพื้นที่ราบที่สามารถก่อสร้างโรงไฟฟ้าได้จริง ดังนั้นจึงทำการตรวจเช็คความเหมาะสมของทำเลอีกครั้งโดยการแสดงทำเลที่ตั้งใน โปรแกรม ArcGIS ซอฟต์แวร์ที่ใช้งานในระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ แล้วทำการปรับให้เข้าใกล้ถนนหลักหรือติดกับถนนเพื่อให้ใกล้เคียงความเป็นจริงมากที่สุดจึงได้  $X = 431366$  และ  $Y = 2048970$  จากผลที่ได้ทำการวิเคราะห์จุดเริ่มต้นจนถึงจุดสุดท้ายในการเก็บรวบรวมชีวมวลทั้งหมดในพื้นที่อำเภอแม่แจ่ม จังหวัดเชียงใหม่

เทคนิคการหาภาระงานร่วมกับระยะทาง (Load-distance Technique) เป็นการจัดลำดับความน่าสนใจของแหล่งชีวมวลต่างๆ ที่อยู่รอบๆ โรงไฟฟ้าเพื่อกำหนดลำดับการเก็บรวบรวมชีวมวล ดังตารางที่ 4.5 แสดงตัวอย่างผลการหาภาระงานร่วมกับระยะทาง

$$LD = \sum_{i=1}^n l_i d_i$$

ตารางที่ 4.5 แสดงตัวอย่างผลการหาภาระงานร่วมกับระยะทาง

หมู่บ้าน	ปริมาณชีวมวล (ตัน/ปี)	ระยะทางจากทำเล 1 (กิโลเมตร)	คะแนน (LD)
อมขุน	120.87	36.21	10.35
แม่หลุ	199.92	21.87	10.33
หัวดอย	60.91	32.70	4.71
กองแขก	401.02	13.68	12.97
ทุ่งยาว	209.83	11.80	5.85
ต้นตาล	29.61	1.47	0.10
หัวยริน	92.51	7.54	1.65
แม่หิม	71.40	12.82	2.16
ป่าแดด	132.00	7.62	2.38
ม้งโหล่งปง	39.56	30.45	2.85

จากทำเล 1 ซึ่งเป็นจุดเหมาะสมสำหรับการตั้งโรงไฟฟ้า ที่สามารถเก็บรวบรวมชีวมวลในอำเภอแม่แจ่ม จังหวัดเชียงใหม่ ทั้งหมดจาก 61 แหล่ง เพื่อใช้ในการผลิตพลังงานไฟฟ้า โดยศักยภาพในการผลิตพลังงานไฟฟ้าได้สูงสุดที่ 600 kW ซึ่งเป็นทำเลที่เหมาะสมกับโรงไฟฟ้าขนาดใหญ่ จึงได้ทำการเปรียบเทียบกับทำเล 2 โดยใช้สมมุติฐานจากความต้องการแหล่งชีวมวลที่มีปริมาณเพียงพอสำหรับการใช้ในการผลิตพลังงานไฟฟ้า จากเทคโนโลยีแก๊สซิฟิเคชันขนาด 100 kW ที่มีความต้องการชีวมวลเพื่อใช้ในการผลิตพลังงานไฟฟ้าที่ 1,934 ตันต่อปี โดยการคัดเลือกจากเทคนิคการหาภาระงานร่วมกับระยะทางหลังจากนั้นทำการคัดเลือกแหล่งชีวมวล ที่ได้คะแนนจากน้อยไปมากจนได้จำนวนชีวมวลที่ต้องการจำนวน 22 แหล่ง เพื่อทำการหาทำเล 2 ที่เหมาะสมกับขนาดโรงไฟฟ้า แล้วทำการใช้เทคนิคการหาศูนย์กลางการขนส่งอีกครั้ง ทำให้ได้ทำเลที่ตั้งที่ประหยัดต้นทุนค่าขนส่งรวมได้มากที่สุด สามารถดูข้อมูลที่ได้ทำการคัดเลือกได้ในภาคผนวก ก

$$X = \frac{\sum_{i=1}^n x_i w_i}{\sum_{i=1}^n w_i}, Y = \frac{\sum_{i=1}^n y_i w_i}{\sum_{i=1}^n w_i}$$

จะได้

$$X = (709.72 \times 10^9) / 1,638,249.88$$

$$= 433220$$

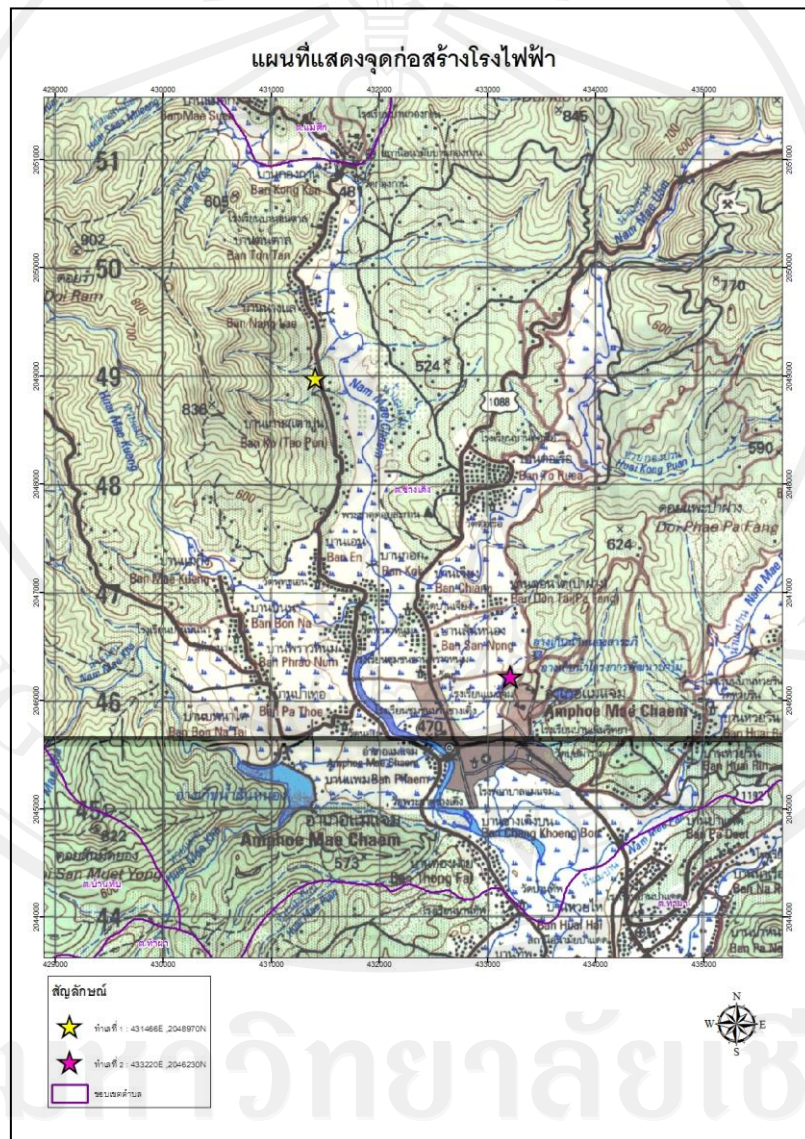
$$Y = (3352.24 \times 10^9) / 1,638,249.88$$

$$= 2046230$$

สรุปจากการเลือกที่ตั้งของโรงไฟฟ้าชีวมวล ด้วยเทคนิคการหาศูนย์กลางของการขนส่ง และเทคนิคการหาภาระงานร่วมกับระยะทาง ทำให้ได้จุดที่ตั้งโรงไฟฟ้าที่เหมาะสม ทำเล 1 ที่ตำบลช่างเคิ่ง อำเภอแม่แจ่ม พิกัด  $x = 431366$ ,  $y = 2048974$  หรือ ละติจูด  $N18^{\circ} 31' 48.8''$  และลองจิจูด  $E98^{\circ} 20' 58.9''$  ติดถนนทางหลวงชนบท ชม.4015 บ้านพร้าวหนุ่ม – บ้านแม่ศึก ซึ่งเหมาะสมกับการใช้ชีวมวลในพื้นที่ทั้งหมด แต่หากคำนึงถึงความเหมาะสมกับความต้องการชีวมวลเพื่อใช้ในการผลิตพลังงานไฟฟ้าสำหรับโรงไฟฟ้าชีวมวลตามเทคโนโลยีและขนาดการผลิตจะได้ทำเล 2 ที่ตำบลช่างเคิ่ง อำเภอแม่แจ่ม พิกัด  $x = 433220$ ,  $y = 2046230$  หรือ ละติจูด  $N18^{\circ} 30' 19.7''$  และลองจิจูด  $E98^{\circ} 22' 2.5''$  ติดถนนสายเชื่อมต่อระหว่างตำบลและหมู่บ้าน ดังแสดงในรูปที่ 4.4

#### 4.2.2 ผลและการวิเคราะห์การจัดเส้นทางการเก็บรวบรวมชีวมวลในพื้นที่

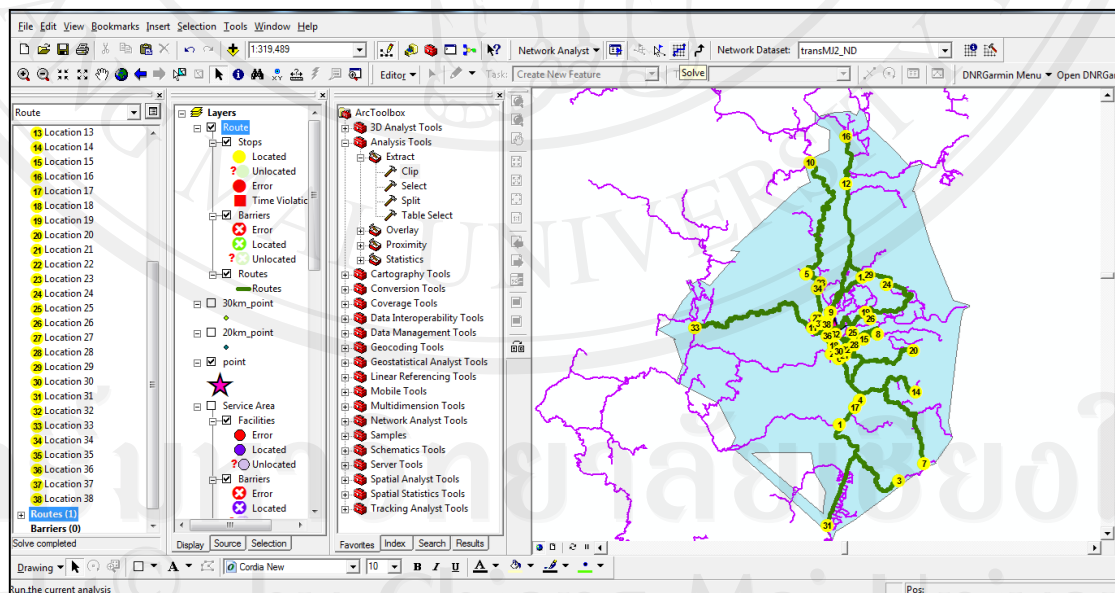
การจัดเส้นทางและการหาระยะทางที่ใช้ในการขนส่งได้ใช้การวิเคราะห์โครงข่ายคมนาคม (Network Analyst) ที่เป็นโปรแกรมสำเร็จรูปในระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์จากโปรแกรม ArcGIS Desktop 9.3.1 ที่สามารถวิเคราะห์ข้อมูลโครงข่ายเชิงพื้นที่รวมถึงวิเคราะห์เส้นทางที่ดีที่สุด ทิศทางในการเดินทาง สาธารณูปโภคที่อยู่ใกล้ที่สุด รวมถึงวิเคราะห์พื้นที่



รูป 4.4 แสดงแผนที่ที่ตั้งโรงไฟฟ้า และภูมิทัศน์อำเภอแม่แจ่ม จังหวัดเชียงใหม่

ให้บริการที่ขึ้นอยู่กับระยะทาง และเวลาในการเดินทาง โดยแสดงขั้นตอนการใช้โปรแกรมวิเคราะห์ที่ภาคผนวก ก ซึ่งสามารถแสดงรูปแบบการจัดเส้นทาง และผลรวมของระยะทางที่ใช้ได้

ดังแสดงในรูปที่ 4.5 โดยรูปนี้จะเป็นการวิเคราะห์หาเส้นทางตั้งแต่จุดเริ่มต้นคือ โรงไฟฟ้าชีวมวล ไปยังจุดที่ชีวมวลสะสมจุดที่ใกล้ที่สุดต่อไปยังจุดถัดไปจนถึงจุดสุดท้าย ซึ่งสรุปผลการวิเคราะห์ไว้ที่ตารางภาคผนวก ค โดยผลรวมของระยะทางในการเก็บรวบรวมชีวมวลมายังท่าเลที่ 1 สำหรับป้อนโรงไฟฟ้าชีวมวลขนาด 600 kW ปริมาณชีวมวลที่สามารถรวบรวม 11,605 ตันต่อปี จากจุดเก็บรวบรวมชีวมวลทั้งหมด โดยมีระยะทางในการขนส่งรวม 1,374,959.83 กิโลเมตรต่อปี ในกรณีสำหรับป้อนโรงไฟฟ้าชีวมวลขนาด 50 และ 100 kW เท่ากับ 71,977.70 กิโลเมตรต่อปี ปริมาณชีวมวลที่สามารถรวบรวม 1,934.21 ตันต่อปี จากจุดเก็บรวบรวมชีวมวล ทั้งหมด 22 แหล่ง และท่าเลที่ 2 เท่ากับ 44,172.69 กิโลเมตรต่อปี ปริมาณชีวมวลที่สามารถรวบรวม 1,934.21 ตันต่อปี จากจุดเก็บรวบรวมชีวมวล ทั้งหมด 22 แหล่ง พบว่าต้นทุนที่มีผลต่อต้นทุนรวมมากที่สุดคือ การขนส่ง เนื่องจากชีวมวล ชั่ง และเปลือกข้าวโพดมีความหนาแน่นน้อยมาก รถบรรทุก 6 ล้อที่ใช้ในการบรรทุกสามารถบรรทุกได้เพียงครั้งละ 423 กิโลกรัม เท่านั้น ซึ่งที่จริงแล้วตามข้อกำหนดน้ำหนักบรรทุกของยานพาหนะสามารถบรรทุกได้ถึง 6,940 กิโลกรัม บนทางหลวงพิเศษ และทางหลวงแผ่นดิน ดังนั้นจึงทำให้การขนส่ง และรวบรวมต้องวิ่งรถหลายรอบกว่าจะได้ชีวมวลครบตามต้องการ ดังนั้นหากสามารถอัดแน่นชั่ง และเปลือกข้าวโพด เพื่อเพิ่มความหนาแน่น ด้วยเครื่องอัดหรือบรรจุถุง จะทำให้จำนวนรอบในการเก็บรวบรวมลดลงได้



รูปที่ 4.5 แสดงแหล่งชีวมวลในพื้นที่ และการวิเคราะห์เส้นทางจาก โปรแกรม ArcGIS

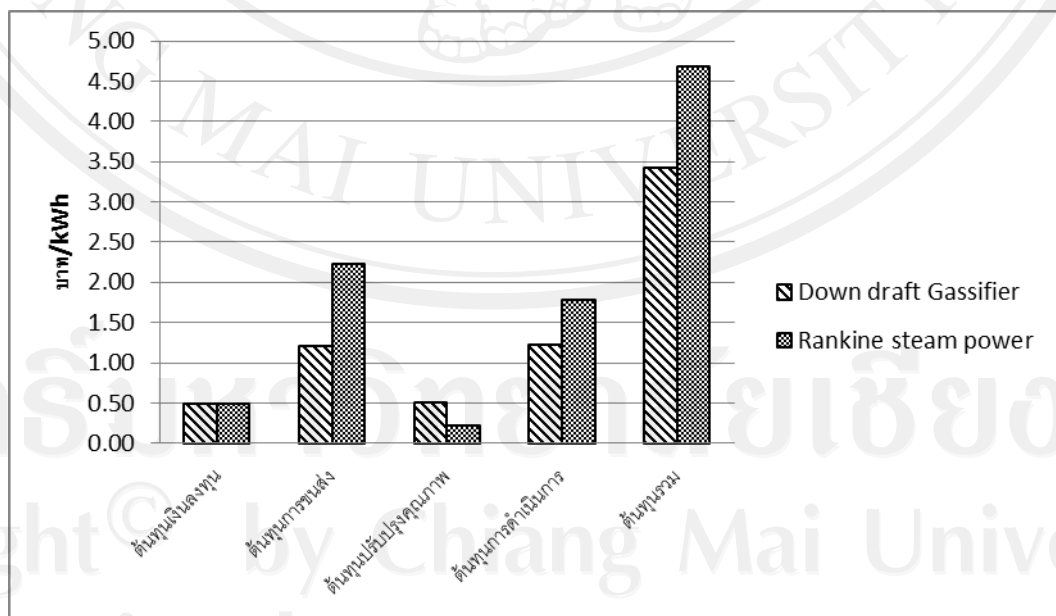
### 4.3 การวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์

จากผลของจุดที่ตั้งของโรงไฟฟ้าชีวมวลทำการวิเคราะห์เปรียบเทียบถึงเทคโนโลยีการผลิต จากตัวอย่างการศึกษาโครงการโรงไฟฟ้าชีวมวลของทั้งสองเทคโนโลยี คือ เทคโนโลยีแก๊สซิฟิเคชัน (Downdraft Gasification) กับ เทคโนโลยีการเผาไหม้โดยตรง (Rankine steam power) ดังแสดงในหัวข้อ 4.1.2 (ก) และ (ข) โดยวิเคราะห์ให้อยู่ในรูปของต้นทุนต่อหน่วยการผลิตสามารถแบ่งออกเป็น ต้นทุนเงินลงทุน ต้นทุนการจัดหาเชื้อเพลิง ต้นทุนการปรับปรุงคุณภาพเชื้อเพลิง และ ต้นทุนการผลิต

#### 4.3.1 ผลของต้นทุนการผลิตพลังงานไฟฟ้าจากชีวมวลในพื้นที่

##### 4.3.1.1 ผลการเปรียบเทียบต้นทุนการผลิตพลังงานไฟฟ้าจากเทคโนโลยี (ทำเลที่ 1)

เทคโนโลยีแก๊สซิฟิเคชันขนาด 100 kW สามารถผลิตพลังงานไฟฟ้า 700,800 kWh/ปี โดยมีต้นทุนดังนี้ ต้นทุนเงินลงทุน 0.49 บาท/kWh ต้นทุนการขนส่ง 1.21 บาท/kWh ต้นทุนการปรับปรุงคุณภาพ 0.50 บาท/kWh และต้นทุนการดำเนินการ 1.23 บาท/kWh รวมเป็นต้นทุนในการผลิต 3.43 บาท/kWh ส่วนเทคโนโลยีการเผาไหม้โดยตรงขนาด 50 kW สามารถผลิตพลังงานไฟฟ้า 365,000 kWh/ปี โดยมีต้นทุนดังนี้ ต้นทุนเงินลงทุน 0.49 บาท/kWh ต้นทุนการขนส่ง 2.22 บาท/kWh ต้นทุนการปรับปรุงคุณภาพ 0.21 บาท/kWh และต้นทุนการดำเนินการ 1.77 บาท/kWh รวมเป็นต้นทุนในการผลิต 4.69 บาท/kWh ดังแสดงในรูป 4.6 แสดงการเปรียบเทียบต้นทุนในการผลิตพลังงานไฟฟ้าจากชีวมวลในพื้นที่

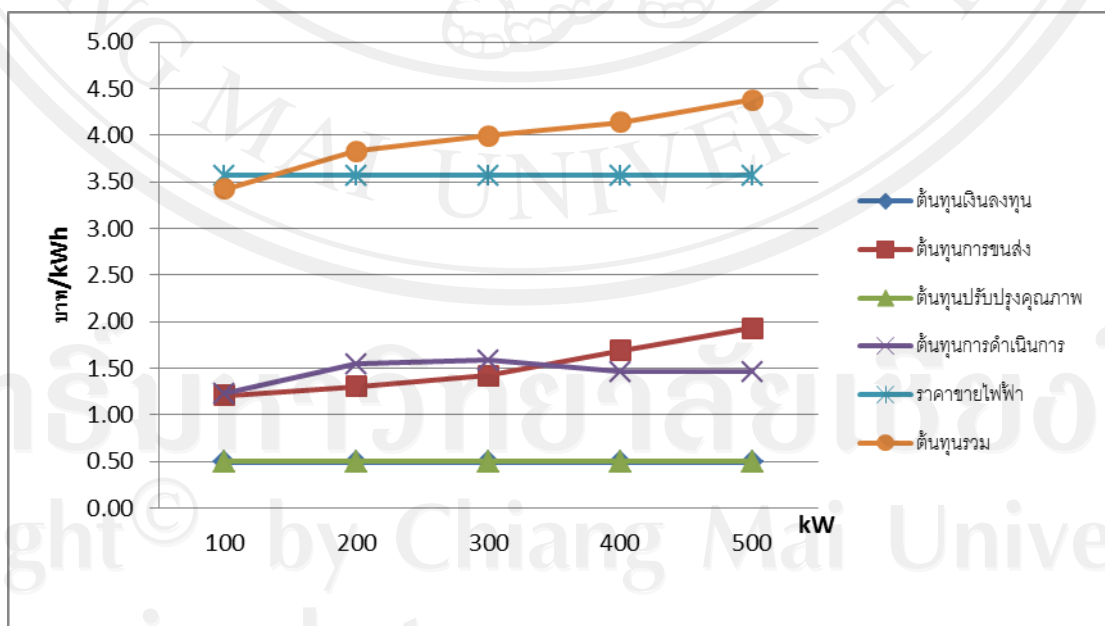


รูปที่ 4.6 แสดงการเปรียบเทียบต้นทุนในการผลิตพลังงานไฟฟ้าจากชีวมวลในพื้นที่ของทั้ง 2 เทคโนโลยี Downdraft Gasification กับ Rankine steam power (ทำเลที่ 1)

#### 4.3.1.2 ผลการวิเคราะห์ต้นทุนการผลิตพลังงานไฟฟ้าตั้งแต่ 100 kW ถึง 500 kW

จากผลการวิเคราะห์ทางด้านต้นทุนการผลิตของเทคโนโลยีทั้งสองพบว่า เทคโนโลยีแก๊สซิฟิเคชันมีต้นทุนพลังงานต่อหน่วยพลังงานไฟฟ้าที่ถูกกว่าเทคโนโลยีเผาไหม้โดยตรง เนื่องจากกำลังผลิตไฟฟ้าที่สูงกว่า ประกอบด้วยประสิทธิภาพโดยรวมของระบบที่ดีกว่า จึงเลือกใช้เทคโนโลยีแก๊สซิฟิเคชันในการวิเคราะห์หาขนาดโรงไฟฟ้าชีวมวลสำหรับ อำเภอแม่แจ่ม จังหวัดเชียงใหม่ โดยใช้สมมุติฐานต้นทุน จากผลการศึกษาโรงไฟฟ้าชีวมวลขนาดเล็กสำหรับชุมชน มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี วิเคราะห์ขนาดของโรงไฟฟ้าชีวมวลที่มีขนาดใหญ่ขึ้นจาก 100 kW ถึง 500 kW เพื่อศึกษาถึงผลของโลจิสติกส์ชีวมวลที่เกิดขึ้นกับขนาดโรงไฟฟ้าชีวมวลที่ใหญ่ขึ้น

ผลจากการวิเคราะห์หาขนาดโรงไฟฟ้าชีวมวลระดับชุมชน ของอำเภอแม่แจ่ม จังหวัดเชียงใหม่ พบว่าขนาดของโรงไฟฟ้าที่ใหญ่ขึ้นทำให้ต้นทุนการขนส่งชีวมวลสูงขึ้น เนื่องจากต้องทำการเก็บรวบรวมชีวมวลที่มากขึ้นประกอบด้วยแหล่งชีวมวลที่อยู่ไกลจากจุดที่ตั้งโรงไฟฟ้ามากขึ้น ดังแสดงในรูป 4.7 แสดงผลการเปรียบเทียบต้นทุนการผลิตพลังงานไฟฟ้าจากเทคโนโลยีแก๊สซิฟิเคชันขนาด 100 ถึง 500 kW ในขณะที่ต้นทุนด้านการดำเนินงาน คงตัวหรือมีแนวโน้มที่จะลดลงเนื่องจากกำลังผลิตที่สูงขึ้น แต่จำนวนบุคลากรบางส่วนไม่จำเป็นต้องเพิ่มขึ้นตามขนาดของโรงไฟฟ้าหรือจำนวนโรงไฟฟ้า เช่น ผู้จัดการโรงไฟฟ้า เป็นต้น ทำให้อัตราส่วนของต้นทุนการดำเนินงานลดลง ดังนั้น โรงไฟฟ้าชีวมวลที่เหมาะสมสำหรับอำเภอแม่แจ่ม จังหวัดเชียงใหม่ คือเทคโนโลยีแก๊สซิฟิเคชันขนาด 100 kW จากต้นทุนการผลิตที่ต่ำกว่าราคาขายไฟฟ้า



รูปที่ 4.7 แสดงผลการเปรียบเทียบต้นทุนการผลิตพลังงานไฟฟ้าจากเทคโนโลยีแก๊สซิฟิเคชันขนาด 100 ถึง 500 kW

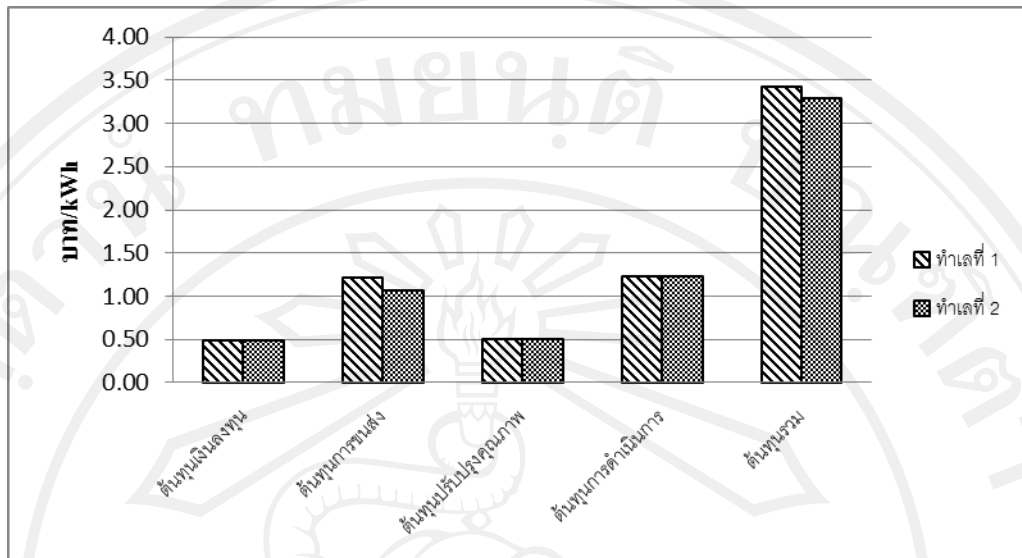
จากผลการศึกษาขั้นต้นนั้นเป็นการวิเคราะห์ถึงผลทางด้านโลจิสติกส์ชีวมวลที่มีผลต่อความต้องการเก็บรวบรวมชีวมวลเป็นจำนวนมาก ซึ่งตามความเป็นจริงแล้วขนาดของโรงไฟฟ้าที่ใหญ่ขึ้นจะทำให้ประสิทธิภาพในการผลิตสูงขึ้นด้วยเช่นกัน จึงได้ทำการศึกษาเพิ่มเติมในส่วนของโรงไฟฟ้าขนาด 400 kW แบบ Three Stages Gasifier (มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2554) ดังตาราง 4.6 แสดงค่าพารามิเตอร์ในการผลิตพลังงานไฟฟ้า พบว่ามีความต้องการเชื้อเพลิงชีวมวล 9,671 ตันต่อปี ระยะทางที่ใช้ในการขนส่ง 1,112,626 กิโลเมตรต่อปี โดยมีต้นทุนในการขนส่ง 2.32 บาท/kWh ต้นทุนรวม 4.63 บาท/kWh พบว่ามีต้นทุนในการผลิตมากกว่าราคาขายไฟฟ้าที่ 3.57 บาท/kWh ดังนั้นโรงไฟฟ้าขนาดใหญ่จึงไม่มีความน่าสนใจในการใช้ผลิตไฟฟ้าจากชีวมวลในพื้นที่ เนื่องจากมีต้นทุนการผลิตที่สูงกว่าราคาขายไฟฟ้า 1.06 บาท/kWh

ตารางที่ 4.6 แสดงค่าพารามิเตอร์ในการผลิตพลังงานไฟฟ้าโดย Three Stages Gasifier

รายละเอียด	ปริมาณ
กำลังติดตั้งของระบบ	400 kW
เงินลงทุน	17,20,000 บาท
ประสิทธิภาพระบบ	15 %
อัตราสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง	3.45 kg/kWh
ชั่วโมงการทำงาน	7,008 ชั่วโมงต่อปี
ปริมาณการผลิตไฟฟ้า	2,803,200 kWh

#### 4.3.1.3 ผลของต้นทุนการผลิตพลังงานไฟฟ้าจากทำเลที่ 1 และ 2

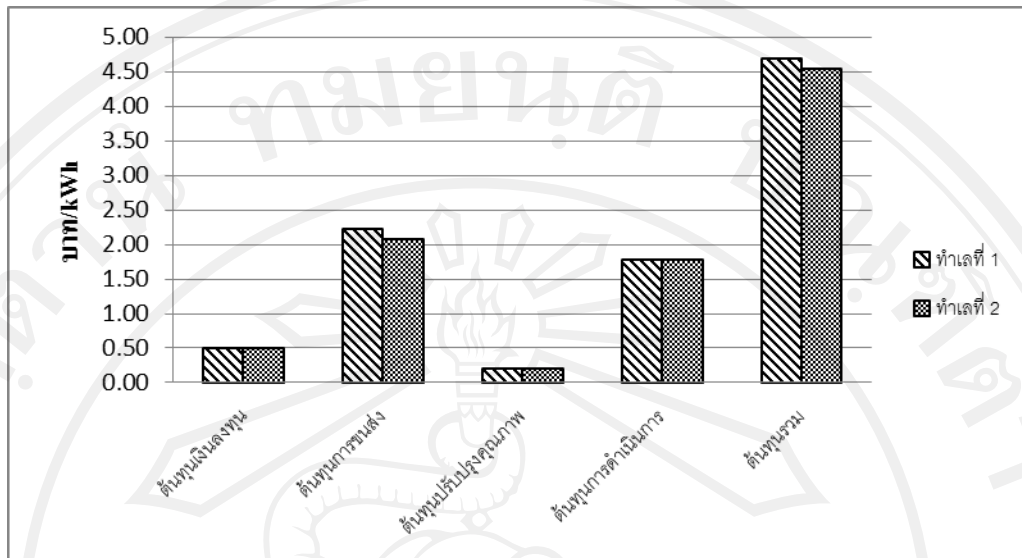
เทคโนโลยีแก๊สซิฟิเคชันขนาด 100 kW สามารถผลิตพลังงานไฟฟ้า 700,800 kWh/ปี ที่ทำเลที่ 1 มีต้นทุนดังนี้ ต้นทุนเงินลงทุน 0.49 บาท/kWh ต้นทุนการขนส่ง 1.21 บาท/kWh ต้นทุนการปรับปรุงคุณภาพ 0.50 บาท/kWh และต้นทุนการดำเนินการ 1.23 บาท/kWh รวมเป็นต้นทุนในการผลิต 3.43 บาท/kWh ส่วนทำเลที่ 2 ต้นทุนเงินลงทุน 0.49 บาท/kWh ต้นทุนการขนส่ง 1.07 บาท/kWh ต้นทุนการปรับปรุงคุณภาพ 0.50 บาท/kWh และต้นทุนการดำเนินการ 1.23 บาท/kWh รวมเป็นต้นทุนในการผลิต 3.29 บาท/kWh ดังแสดงในรูป 4.8 แสดงการเปรียบเทียบต้นทุนในการผลิตพลังงานไฟฟ้าจากชีวมวลในพื้นที่โดยเทคโนโลยีแก๊สซิฟิเคชันขนาด 100 kW จากทำเลที่ 1 และ 2



รูปที่ 4.8 แสดงการเปรียบเทียบต้นทุนในการผลิตพลังงานไฟฟ้าจากชีวมวลในพื้นที่ โดยเทคโนโลยี Downdraft Gasification จากทำเลที่ 1 และ 2

เทคโนโลยีการเผาไหม้โดยตรงขนาด 50 kW สามารถผลิตพลังงานไฟฟ้า 365,000 kWh/ปี ที่ทำเลที่ 1 มีต้นทุนดังนี้ ต้นทุนเงินลงทุน 0.49 บาท/kWh ต้นทุนการขนส่ง 2.32 บาท/kWh ต้นทุนการปรับปรุงคุณภาพ 0.21 บาท/kWh และต้นทุนการดำเนินการ 1.77 บาท/kWh รวมเป็นต้นทุนในการผลิต 4.69 บาท/kWh ส่วนทำเลที่ 2 ต้นทุนเงินลงทุน 0.49 บาท/kWh ต้นทุนการขนส่ง 2.07 บาท/kWh ต้นทุนการปรับปรุงคุณภาพ 0.21 บาท/kWh และต้นทุนการดำเนินการ 1.77 บาท/kWh รวมเป็นต้นทุนในการผลิต 4.54 บาท/kWh ดังแสดงในรูป 4.9 แสดงการเปรียบเทียบต้นทุนในการผลิตพลังงานไฟฟ้าจากชีวมวลในพื้นที่โดยเทคโนโลยีแก๊สซิฟิเคชันขนาด 100 kW จากทำเลที่ 1 และ 2

จากผลการเปรียบเทียบต้นทุนในการผลิตพลังงานไฟฟ้าจากชีวมวลในพื้นที่จากรูปที่ 4.8 และ 4.9 โดย เทคโนโลยีคือ Downdraft Gasification กับ Rankine steam power จากทำเลที่ 1 และ 2 พบว่าต้นทุนต่างๆ ยังคงเดิมไม่ว่าจะทำการตั้งที่ใดๆ แต่ต้นทุนการขนส่งจะมีการเปลี่ยนแปลงขึ้นนี้เป็นเพราะในทำเลที่ตั้งต่างๆ ผลของระยะทางการเก็บรวบรวมชีวมวลจะมากขึ้นแตกต่างกันขึ้นอยู่กับเส้นทางการขนส่งนั้นๆ โดยต้นทุนการขนส่งคิดเป็น 30 ถึง 40 เปอร์เซ็นต์ ของต้นทุนการผลิตทั้งหมด



รูปที่ 4.9 แสดงการเปรียบเทียบต้นทุนในการผลิตพลังงานไฟฟ้าจากชีวมวลในพื้นที่ โดยเทคโนโลยี Rankine steam power จากทำเลที่ 1 และ 2

#### 4.3.2 ผลของต้นทุนการผลิตพลังงานไฟฟ้าจากชีวมวลในพื้นที่และไม้โตเร็ว

เนื่องจากภูมิประเทศ อำเภอแม่แจ่ม จังหวัดเชียงใหม่ ล้อมรอบไปด้วยภูเขาสูง จึงถือว่าเป็นชุมชนที่แยกออกจากชุมชนอื่นๆ อย่างชัดเจน มีชีวมวลที่มีศักยภาพในการผลิตไฟฟ้าเพียงชนิดเดียวเป็นเหตุให้โรงไฟฟ้าสำหรับอำเภอแม่แจ่ม จังหวัดเชียงใหม่ ขาดความมั่นคงทางด้านพลังงานสูง ถ้าต้องพึ่งพาแหล่งพลังงานจากชีวมวลที่เหลือใช้ ในพื้นที่เพียงอย่างเดียวหรือจะเป็นการปลูกไม้โตเร็วเพื่อผลิตพลังงานไฟฟ้าอย่างเดียวก็น่าจะไม่เป็นการใช้ชีวมวลที่เหลือทิ้งจากการเกษตรภายในพื้นที่ให้เกิดประโยชน์สูงสุดเช่นกัน ดังนั้นจึงทำการวิเคราะห์ถึงแนวทางการใช้เชื้อเพลิงจากชีวมวลที่เหลือทิ้งจากการเกษตรในพื้นที่กับการปลูกไม้โตเร็ว ควบคู่กันเพื่อให้รู้ถึงต้นทุนในกระบวนการต่างๆ โดยวิเคราะห์เป็น 3 กรณี คือ ชีวมวล 25 ต่อ ไม้โตเร็ว 75 ชีวมวล 50 ต่อ ไม้โตเร็ว 50 และชีวมวล 75 ต่อ ไม้โตเร็ว 25 ส่วน ตามลำดับ

##### 4.3.2.1 ผลการประเมินพื้นที่ปลูกไม้โตเร็ว

กรณีศึกษาโรงไฟฟ้าชีวมวลขนาดเล็กสำหรับชุมชน ขนาด 100 kW ต้องการปลูกไม้กระถินยักษ์เพื่อใช้เป็นเชื้อเพลิงผลิตไฟฟ้าด้วยเทคโนโลยีแก๊สซิฟิเคชัน ด้วยระยะปลูก 1 คูณ 1 เมตร ณ อำเภอแม่แจ่ม จังหวัดเชียงใหม่ ซึ่งมีปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยที่ประมาณ 1,000 ถึง 1,200 มิลลิเมตร จะต้องใช้พื้นที่ปลูกกระถินยักษ์ ปีละ 314 ไร่ โดยคิดได้ดังนี้

กำลังไฟฟ้าติดตั้ง ( $I_{pp}$ )	100	kW
ชั่วโมงการทำงาน (Hr)	3,504	ชั่วโมง / ปี
น้ำหนักไม้สดต่อหน่วยไฟฟ้า ( $W_{a2}$ )	2.76	kg / kWh
ผลผลิตกระถินยักษ์ ( $W_{p2}$ )	6.144	ตัน / ไร่ / ปี

จะได้

$$A_{p1} = (100 \times 7,008 \times 2.75) / 6.144 \times 2$$

$$\text{พื้นที่ปลูกที่ต้องการ} = 157 \text{ ไร่}$$

โดยกำหนดให้การปลูกไม้โตเร็วมีรอบตัดฟันขึ้นปีที่ 3 ต่อครั้ง พื้นที่หมุนเวียนสำหรับปลูกไม้โตเร็ว เพื่อผลิตไฟฟ้าในชุมชนดังนั้นควรมีอย่างน้อย 471 ไร่

#### 4.3.2.2 ผลการขนส่งไม้เชื้อเพลิง

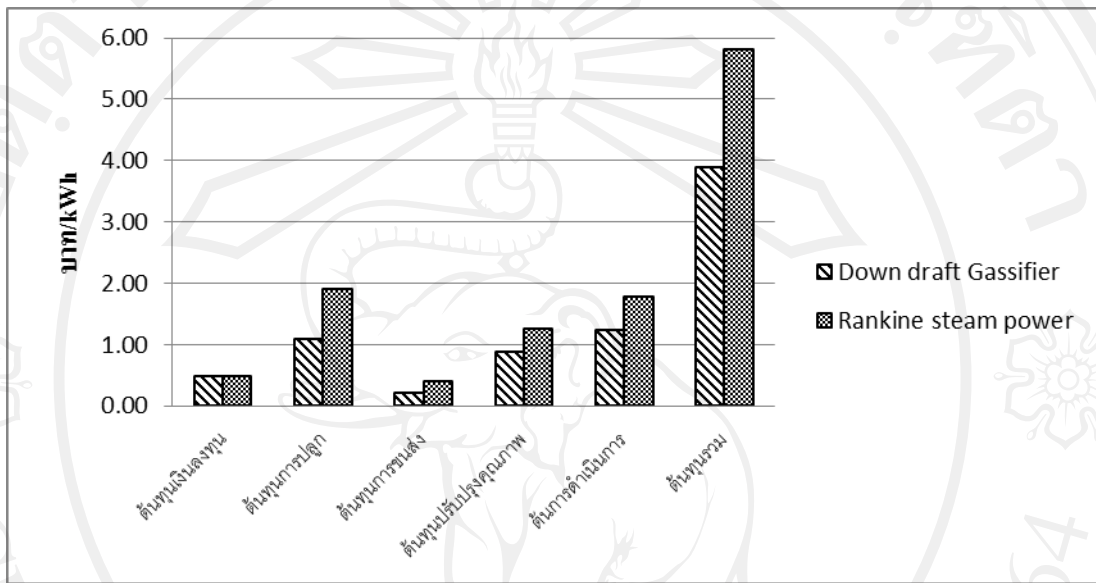
ปริมาณเชื้อเพลิงที่ใช้ในการขนส่งเชื้อเพลิงไม้โตเร็ว จะทำการวิเคราะห์โดยตั้งสมมติฐานในส่วนของชุมชนมีส่วนร่วมในการให้ความร่วมมือ เพื่อความมั่นคงทางด้านพลังงานของโรงไฟฟ้าชีวมวล โดยการช่วยปลูกไม้โตเร็วในพื้นที่รอบๆ โรงไฟฟ้า ดังนั้นการหาปริมาณเชื้อเพลิงที่ใช้ในการขนส่งไม้โตเร็วจะได้มาจากรัศมี 30 กิโลเมตรรอบๆ โรงไฟฟ้า

ระยะทางบรรทุกเปล่า ( $R_n$ )	=	10	กิโลเมตร
ระยะทางบรรทุกเต็มน้ำหนัก ( $R_p$ )	=	10	กิโลเมตร
อัตราการสิ้นเปลืองไม่มีน้ำหนักบรรทุก ( $F_n$ )	=	0.1851	ลิตรต่อกิโลเมตร
อัตราการสิ้นเปลืองที่มีการบรรทุกเต็มน้ำหนัก ( $F_p$ )	=	0.2145	ลิตรต่อกิโลเมตร
เชื้อเพลิงที่ใช้ในการขนส่ง ( $V_p$ )	=	$(R_n \times F_n) + (R_p \times F_p)$	
		$= (0.1851 \times 10) + (0.2145 \times 10)$	
		$= 4.00$	ลิตร

#### 4.3.2.3 ผลของต้นทุนการผลิตพลังงานไฟฟ้าจากไม้โตเร็ว

เทคโนโลยีแก๊สซิฟิเคชันขนาด 100 kW สามารถผลิตพลังงานไฟฟ้า 700,800 kWh/ปี โดยมีต้นทุนดังนี้ ต้นทุนเงินลงทุน 0.49 บาท/kWh ต้นทุนการปลูก 1.08 บาท/kWh ต้นทุนการขนส่ง 0.20 บาท/kWh ต้นทุนการปรับปรุงคุณภาพ 0.88 บาท/kWh และต้นทุนการดำเนินการ 1.23 บาท/kWh รวมเป็นต้นทุนในการผลิต 3.88 บาท/kWh ส่วนเทคโนโลยีการเผาไหม้โดยตรง

ขนาด 50 kW สามารถผลิตพลังงานไฟฟ้า 365,000 kWh/ปี โดยมีต้นทุนดังนี้ ต้นทุนเงินลงทุน 0.49 บาท/kWh ต้นทุนการปลูก 1.91 บาท/kWh ต้นทุนการขนส่ง 0.40 บาท/kWh ต้นทุนการปรับปรุงคุณภาพ 1.25 บาท/kWh และต้นทุนการดำเนินการ 1.77 บาท/kWh รวมเป็นต้นทุนในการผลิต 5.82 บาท/kWh ดังแสดงในรูป 4.10 แสดงการเปรียบเทียบต้นทุนในการผลิตพลังงานไฟฟ้าจากไม้โตเร็ว

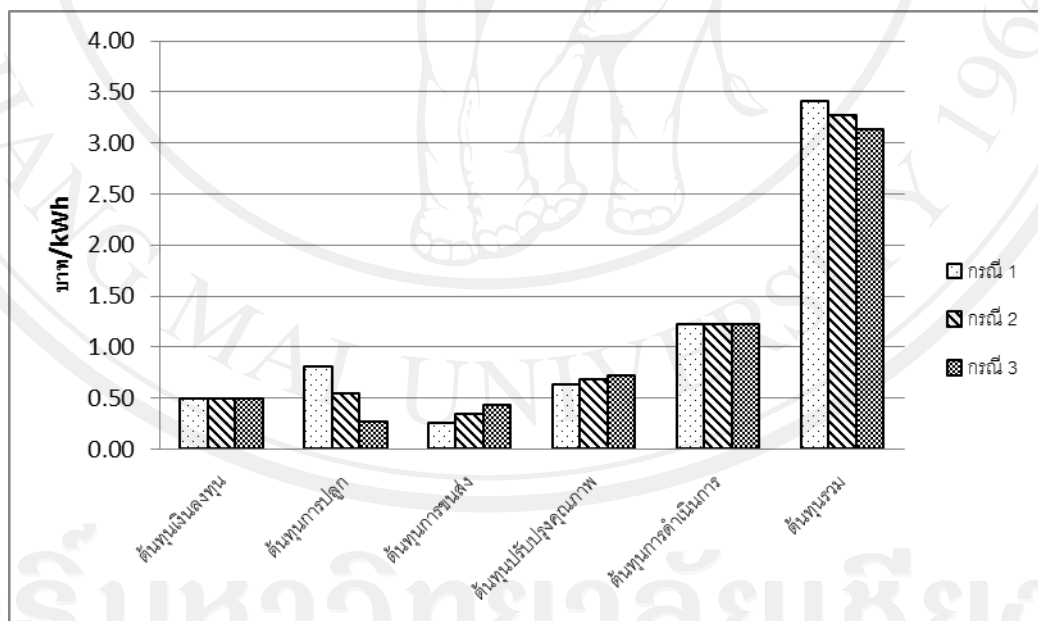


รูปที่ 4.10 แสดงการเปรียบเทียบต้นทุนในการผลิตพลังงานไฟฟ้าจากไม้โตเร็วของทั้ง 2 เทคโนโลยี Downdraft Gasification กับ Rankine steam power

จากการเปลี่ยนชนิดเชื้อเพลิงจากการเก็บรวบรวมชีวมวลที่เหลือใช้จากการเกษตร ช้าง และเปลือกข้าวโพดกับการปลูก ส่วนป่าไม้โตเร็ว (กระถินยักษ์) ทำให้ต้นทุนในการขนส่งเชื้อเพลิงลดลงจาก 1.00 บาท/kWh และ 2.07 บาท/kWh ลดลงเหลือ 0.20 บาท/kWh และ 0.40 บาท/kWh ตามลำดับ แต่จะมีต้นทุนที่เพิ่มขึ้นมาได้แก่ต้นทุนในการปลูก ซึ่งประกอบไปด้วยต้นทุนในการเตรียมพื้นที่เพาะปลูก ต้นทุนในการดูแล และต้นทุนในการตัด รวมเป็น 1.08 บาท/kWh และ 1.91 บาท/kWh ตามลำดับ ทั้งนี้ ไม่รวมต้นทุนในการใช้พื้นที่เพาะปลูก เนื่องจากการผลิตเชื้อเพลิงเพื่อป้อนให้กับโรงไฟฟ้าชุมชนได้ประโยชน์เป็นหลัก ดังนั้นในการใช้พื้นที่รอบๆ ชุมชนที่ไม่ได้มีการใช้ประโยชน์จึงไม่มีการคิดค่าใช้จ่ายในส่วนนี้

#### 4.3.2.4 ผลของต้นทุนการผลิตพลังงานไฟฟ้าจากชีวมวลในพื้นที่และไม้โตเร็วโดยเทคโนโลยี Downdraft Gasification ในกรณีต่างๆ

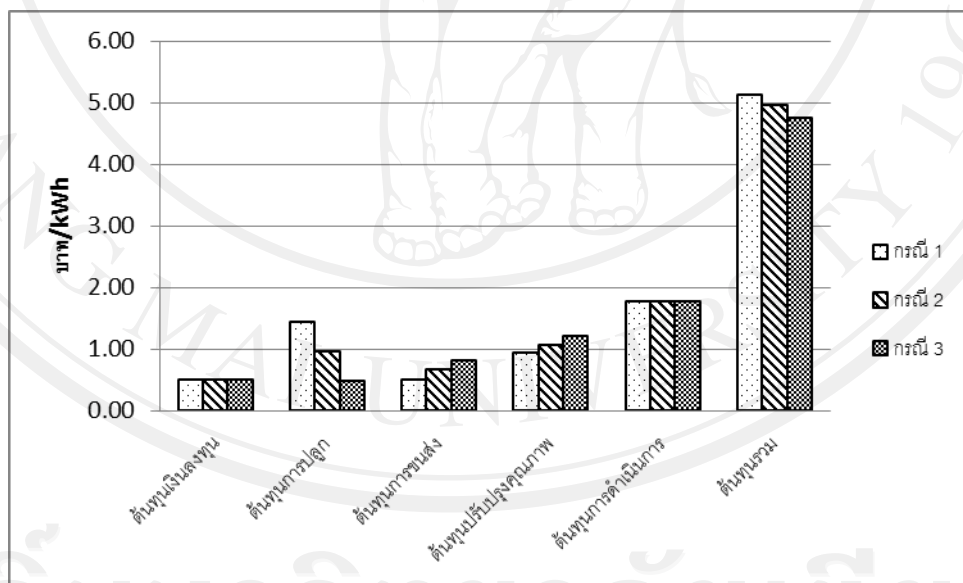
เทคโนโลยีแก๊สซิฟิเคชันขนาด 100 kW สามารถผลิตพลังงานไฟฟ้า 700,800 kWh/ปี กรณี 1 มีต้นทุนดังนี้ ต้นทุนเงินลงทุน 0.49 บาท/kWh ต้นทุนการปลูก 0.81 บาท/kWh ต้นทุนการขนส่ง 0.26 บาท/kWh ต้นทุนการปรับปรุงคุณภาพ 0.63 บาท/kWh และต้นทุนการดำเนินการ 1.22 บาท/kWh รวมเป็นต้นทุนในการผลิต 3.41 บาท/kWh กรณี 2 ต้นทุนเงินลงทุน 0.49 บาท/kWh ต้นทุนการปลูก 0.54 บาท/kWh ต้นทุนการขนส่ง 0.34 บาท/kWh ต้นทุนการปรับปรุงคุณภาพ 0.68 บาท/kWh และต้นทุนการดำเนินการ 1.22 บาท/kWh รวมเป็นต้นทุนในการผลิต 3.27 บาท/kWh และกรณี 3 ต้นทุนเงินลงทุน 0.49 บาท/kWh ต้นทุนการปลูก 0.27 บาท/kWh ต้นทุนการขนส่ง 0.43 บาท/kWh ต้นทุนการปรับปรุงคุณภาพ 0.72 บาท/kWh และต้นทุนการดำเนินการ 1.22 บาท/kWh รวมเป็นต้นทุนในการผลิต 3.13 บาท/kWh ดังแสดงในรูป 4.11 แสดงการเปรียบเทียบต้นทุนในการผลิตพลังงานไฟฟ้าจากชีวมวลในพื้นที่และไม้โตเร็วโดยเทคโนโลยีแก๊สซิฟิเคชันขนาด 100 kW ในกรณีต่างๆ



รูปที่ 4.11 แสดงการเปรียบเทียบต้นทุนในการผลิตพลังงานไฟฟ้าจากชีวมวลในพื้นที่และไม้โตเร็วโดยเทคโนโลยีแก๊สซิฟิเคชันขนาด 100 kW ในกรณีต่างๆ

#### 4.3.2.5 ผลของต้นทุนการผลิตพลังงานไฟฟ้าจากชีวมวลในพื้นที่และไม้โตเร็วโดยเทคโนโลยี Rankine steam power ในกรณีต่างๆ

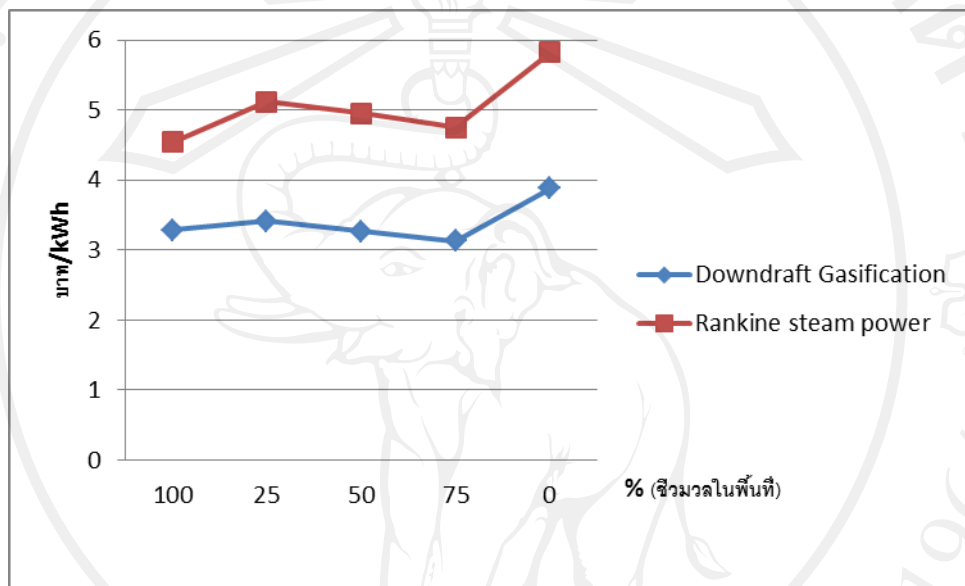
เทคโนโลยีการเผาไหม้โดยตรงขนาด 50 kW สามารถผลิตพลังงานไฟฟ้า 365,000 kWh/ปี กรณี 1 มีต้นทุนดังนี้ ต้นทุนเงินลงทุน 0.49 บาท/kWh ต้นทุนการปลูก 1.43 บาท/kWh ต้นทุนการขนส่ง 0.50 บาท/kWh ต้นทุนการปรับปรุงคุณภาพ 0.93 บาท/kWh และต้นทุนการดำเนินการ 1.77 บาท/kWh รวมเป็นต้นทุนในการผลิต 5.12 บาท/kWh กรณี 2 ต้นทุนเงินลงทุน 0.49 บาท/kWh ต้นทุนการปลูก 0.96 บาท/kWh ต้นทุนการขนส่ง 0.66 บาท/kWh ต้นทุนการปรับปรุงคุณภาพ 1.07 บาท/kWh และต้นทุนการดำเนินการ 1.77 บาท/kWh รวมเป็นต้นทุนในการผลิต 4.95 บาท/kWh และกรณี 3 ต้นทุนเงินลงทุน 0.49 บาท/kWh ต้นทุนการปลูก 0.48 บาท/kWh ต้นทุนการขนส่ง 0.81 บาท/kWh ต้นทุนการปรับปรุงคุณภาพ 1.20 บาท/kWh และต้นทุนการดำเนินการ 1.77 บาท/kWh รวมเป็นต้นทุนในการผลิต 4.75 บาท/kWh ดังแสดงในรูป 4.12 แสดงการเปรียบเทียบต้นทุนในการผลิตพลังงานไฟฟ้าจากชีวมวลในพื้นที่และไม้โตเร็วโดยเทคโนโลยีการเผาไหม้โดยตรงขนาด 50 kW ในกรณีต่างๆ



รูปที่ 4.12 แสดงการเปรียบเทียบต้นทุนในการผลิตพลังงานไฟฟ้าจากชีวมวลในพื้นที่และไม้โตเร็ว โดยเทคโนโลยีการเผาไหม้โดยตรงขนาด 50 kW ในกรณีต่างๆ

จากผลการวิเคราะห์จะเห็นว่านอกจากเป็นการเพิ่มความมั่นคงทางด้านพลังงานแล้ว ยังเป็นการลดต้นทุนในการเก็บรวบรวมชีวมวลจากเศษวัสดุเหลือใช้จากการเกษตร เนื่องจากการใช้

ไม้โตเร็วทดแทนชีวมวลที่จำเป็นต้องไปเก็บรวบรวมในระยะทางที่ไกลขึ้นทำให้ต้นทุนในการขนส่งสูงกว่าต้นทุนในการปลูกและจัดการเชื้อเพลิงไม้โตเร็วในอัตราส่วนการใช้ชีวมวลในพื้นที่ 25% กับ ไม้โตเร็ว 75% ของเทคโนโลยีแก๊สซิฟิเคชันมีต้นทุนน้อยกว่าการใช้เชื้อเพลิงชีวมวลเพียงอย่างเดียวถึง 5% ดังแสดงในรูป 4.13 แสดงผลการเปรียบเทียบต้นทุนการผลิตพลังงานไฟฟ้าจากกรณีการใช้ชีวมวลและไม้โตเร็วของทั้งสองเทคโนโลยี



รูปที่ 4.13 แสดงผลการเปรียบเทียบต้นทุนการผลิตพลังงานไฟฟ้าจากกรณีการใช้ชีวมวลและไม้โตเร็วของทั้งสองเทคโนโลยี

การใช้เชื้อเพลิงทั้งสองชนิดควบคู่กันนั้นจะมีแผนการใช้ดังแสดงในตารางที่ 4.7 การวางแผนการจัดหาเชื้อเพลิงในพื้นที่จากชีวมวล และ ไม้โตเร็ว เพื่อให้เกิดประโยชน์สูงสุดในการก่อตั้งโรงไฟฟ้าชีวมวลสำหรับชุมชนที่ อำเภอแม่แจ่ม จังหวัดเชียงใหม่ จะยึดเอาชีวมวลที่เหลือใช้จากการเกษตรเป็นเชื้อเพลิงหลัก ส่วน ไม้โตเร็วจะใช้เป็นเชื้อเพลิงรอง ทั้งนี้ไม้โตเร็วที่ปลูกไว้นานจะให้ผลผลิตที่สูงขึ้น การวางแผนการเพาะปลูกไม้โตเร็วจะแบ่งออกเป็น 3 แปลง โดยแต่ละแปลง จะทำการเพาะปลูกห่างกัน 1 ปี ในจำนวนที่เท่ากันแล้วจะทำการตัดใช้ปีละ 6 ครั้ง ตั้งแต่เดือน มกราคมถึงสิ้นเดือน มิถุนายน หลังจากนั้นจะกลับมาใช้พลังงานจากชีวมวลที่เหลือทิ้งจากการเกษตรในพื้นที่นั้นคือ ชัง และเปลือกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์

ตารางที่ 4.7 การวางแผนการจัดการเชื้อเพลิงในพื้นที่ จาก ชีวมวล และ ไม้โตเร็ว

	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.
ปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์				←————→								
การเก็บเกี่ยวข้าวโพด							↔				↔	
ชีวมวลจากซังและเปลือก							←————→					
ไม้โตเร็วแปลงที่ 1	←————→											
ไม้โตเร็วแปลงที่ 2	←————→											

#### 4.3.3 ผลการวิเคราะห์ด้านเศรษฐศาสตร์

จากการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ของโรงไฟฟ้าระดับชุมชน จากซังและเปลือกข้าวโพดในพื้นที่และไม้โตเร็ว ที่อำเภอแม่แจ่มได้นำไปผลิตพลังงานไฟฟ้า ด้วยเทคโนโลยีทั้งสองระบบภายใต้เงินลงทุนและเงื่อนไขต่างๆ พบว่าอัตราผลตอบแทนภายใน (IRR) ที่มากที่สุดเป็นของเทคโนโลยีระบบแก๊สซิฟิเคชันอยู่ที่ 9.36 % และดัชนีความสามารถหากำไร (PI) ที่ 1.1583 โดยมีสัดส่วนการใช้ชีวมวลในพื้นที่ 25% กับ ไม้โตเร็ว 75% ซึ่งมีผลเป็นไปตามต้นทุนการผลิตดังแสดงในรูป 4.15 ส่วนเทคโนโลยีการเผาไหม้โดยตรงไม่คุ้มทุน ซึ่งถือว่าไม่คุ้มค่ากับการลงทุนเนื่องจากมีผลตอบแทนของงานวิจัยนี้มีค่าน้อยกว่าอัตราดอกเบี้ยของธนาคาร ดังแสดงในตารางที่ 4.8 ถึง 4.10 ผลการวิเคราะห์ด้านเศรษฐศาสตร์ จากผลการศึกษาทางด้านเศรษฐศาสตร์จะเห็นว่ามีการลงทุนการดำเนินการมากกว่ารายได้ที่คาดว่าจะได้รับจึงส่งผลให้อัตราผลตอบแทนภายในติดลบ

ตารางที่ 4.8 ผลการวิเคราะห์ด้านเศรษฐศาสตร์ของเทคโนโลยี (ทำเลที่ 1)

	Downdraft Gasification	Rankine steam power
IRR	6.54%	ไม่คุ้มทุน
NPV	(1,337,234)	(6,683,450)
PI	0.8568	-
ระยะเวลาคืนทุน (ปี)	17	ไม่คืนทุน

ตารางที่ 4.9 ผลการวิเคราะห์ด้านเศรษฐศาสตร์ของเทคโนโลยี Downdraft Gasification (ทำเลที่ 2)

Downdraft Gasification	สัดส่วนเชื้อเพลิง ชีวมวล ต่อ ไม้โตเร็ว				
	1 : 0	25 : 75	50 : 50	75 : 25	0 : 1
IRR	7.89%	6.64%	8.00%	9.36%	3.19%
NPV	8,493.50	(1,231,092)	113,334	1,479,292	(4,540,992)
PI	1.0009	0.8682	1.0121	1.1583	0.5138
ระยะเวลาคืนทุน (ปี)	14	17	14	12	24

ตารางที่ 4.10 ผลการวิเคราะห์ด้านเศรษฐศาสตร์ของเทคโนโลยี Rankine steam power (ทำเลที่ 2)

Rankine steam power	สัดส่วนเชื้อเพลิง ชีวมวล ต่อ ไม้โตเร็ว				
	1 : 0	25 : 75	50 : 50	75 : 25	0 : 1
IRR	ไม่คุ้มทุน	ไม่คุ้มทุน	ไม่คุ้มทุน	ไม่คุ้มทุน	ไม่คุ้มทุน
NPV	(5,963,708)	(8,750,979)	(7,910,414)	(6,980,798)	(12,426,329)
PI	-	-	-	-	-
ระยะเวลาคืนทุน (ปี)	ไม่คืนทุน	ไม่คืนทุน	ไม่คืนทุน	ไม่คืนทุน	ไม่คืนทุน

#### 4.4 การวิเคราะห์ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม

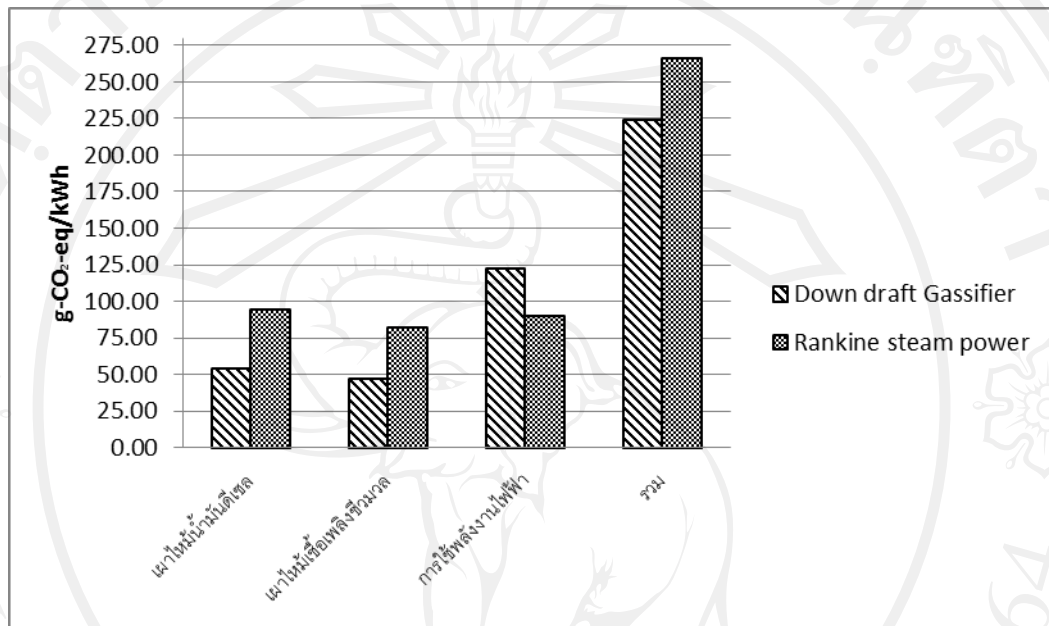
การวิเคราะห์ผลกระทบที่เกิดต่อสิ่งแวดล้อมจากกิจกรรมต่างๆ ได้แก่ การเพาะปลูก การขนส่ง การปรับปรุงคุณภาพเชื้อเพลิง รวมถึงการผลิตออกมาในรูปของปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอน ไดออกไซด์จากการเผาไหม้ น้ำมันดีเซล เผาไหม้เชื้อเพลิงชีวมวล และการใช้พลังงานไฟฟ้า เพื่อให้ง่ายต่อการวิเคราะห์ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมได้ผลดังนี้

##### 4.4.1 ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมของการผลิตพลังงานไฟฟ้าจากชีวมวลในพื้นที่

##### 4.4.1.1 ผลการเปรียบเทียบผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมของการผลิตพลังงานไฟฟ้าจากเทคโนโลยี (ทำเลที่ 1)

เทคโนโลยีแก๊สซิฟิเคชันขนาด 100 kW มีผลกระทบที่เกิดจากการใช้เชื้อเพลิงดีเซล 54.40 g CO<sub>2</sub>-eq/kWh ผลกระทบที่เกิดจากการใช้พลังงานไฟฟ้า 122.49 g CO<sub>2</sub>-eq/kWh และผลกระทบที่เกิดจากการใช้เชื้อเพลิงชีวมวล 46.72 g CO<sub>2</sub>-eq/kWh รวมเป็นผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้น 223.60 g CO<sub>2</sub>-eq/kWh ส่วนเทคโนโลยีการเผาไหม้โดยตรงขนาด 50 kW มีผลกระทบที่เกิดจากการใช้เชื้อเพลิงดีเซล 93.91 g CO<sub>2</sub>-eq/kWh ผลกระทบที่เกิดจากการใช้พลังงาน

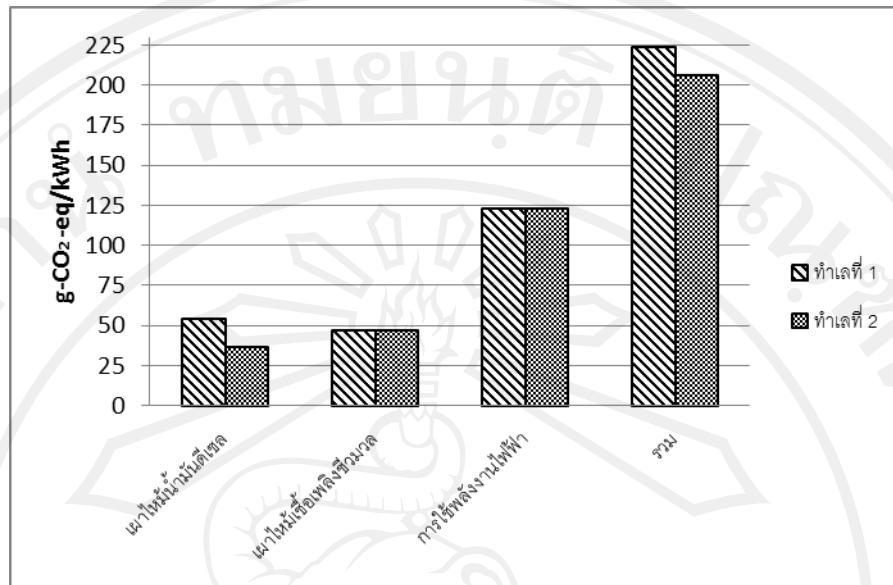
ไฟฟ้า 89.59 g CO<sub>2</sub>-eq/kWh และผลกระทบที่เกิดจากการใช้เชื้อเพลิงชีวมวล 82.26 g CO<sub>2</sub>-eq/kWh รวมเป็นผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้น 265.76 g CO<sub>2</sub>-eq/kWh ดังแสดงในรูป 4.14 แสดงการเปรียบเทียบผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในการผลิตพลังงานไฟฟ้าจากชีวมวลในพื้นที่



รูปที่ 4.14 แสดงการเปรียบเทียบผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในการผลิตพลังงานไฟฟ้าจากชีวมวลในพื้นที่ของทั้ง 2 เทคโนโลยี Downdraft Gasification กับ Rankine steam power (ทำเลที่ 1)

#### 4.4.1.2 ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมของการผลิตพลังงานไฟฟ้าจากทำเลที่ 1 และ 2

เทคโนโลยีแก๊สซิฟิเคชันขนาด 100 kW จากทำเลที่ 1 มีผลกระทบที่เกิดจากการใช้เชื้อเพลิงดีเซล 54.40 g CO<sub>2</sub>-eq/kWh ผลกระทบที่เกิดจากการใช้พลังงานไฟฟ้า 122.49 g CO<sub>2</sub>-eq/kWh และผลกระทบที่เกิดจากการใช้เชื้อเพลิงชีวมวล 46.72 g CO<sub>2</sub>-eq/kWh รวมเป็นผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้น 223.61 g CO<sub>2</sub>-eq/kWh ส่วนทำเลที่ 2 มีผลกระทบที่เกิดจากการใช้เชื้อเพลิงดีเซล 57.34 g CO<sub>2</sub>-eq/kWh ผลกระทบที่เกิดจากการใช้พลังงานไฟฟ้า 36.42 g CO<sub>2</sub>-eq/kWh และผลกระทบที่เกิดจากการใช้เชื้อเพลิงชีวมวล 46.72 g CO<sub>2</sub>-eq/kWh รวมเป็นผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้น 205.63 g CO<sub>2</sub>-eq/kWh ดังแสดงในรูป 4.15 แสดงการเปรียบเทียบผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้นจากการใช้พลังงานในการผลิตพลังงานไฟฟ้าจากชีวมวลในพื้นที่โดยเทคโนโลยีแก๊สซิฟิเคชันขนาด 100 kW จากทำเลที่ 1 และ 2

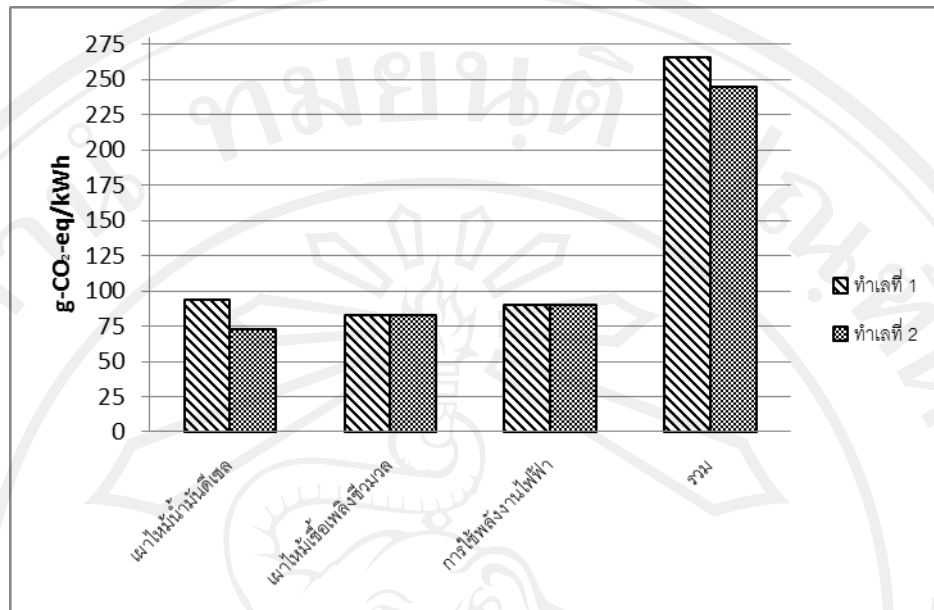


รูปที่ 4.15 แสดงผลกระทบสิ่งแวดล้อมในการผลิตพลังงานไฟฟ้าจากชีวมวลในพื้นที่โดยเทคโนโลยี Downdraft Gasification จากทำเลที่ 1 และ 2

เทคโนโลยีการเผาไหม้โดยตรงขนาด 50 kW จากทำเลที่ 1 มีผลกระทบที่เกิดจากการใช้เชื้อเพลิงดีเซล 93.91 g CO<sub>2</sub>-eq/kWh ผลกระทบที่เกิดจากการใช้พลังงานไฟฟ้า 89.59 g CO<sub>2</sub>-eq/kWh และผลกระทบที่เกิดจากการใช้เชื้อเพลิงชีวมวล 82.26 g CO<sub>2</sub>-eq/kWh รวมเป็นผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้น 265.76 g CO<sub>2</sub>-eq/kWh ส่วนทำเลที่ 2 มีผลกระทบที่เกิดจากการใช้เชื้อเพลิงดีเซล 72.59 g CO<sub>2</sub>-eq/kWh ผลกระทบที่เกิดจากการใช้พลังงานไฟฟ้า 89.59 g CO<sub>2</sub>-eq/kWh และผลกระทบที่เกิดจากการใช้เชื้อเพลิงชีวมวล 82.26 g CO<sub>2</sub>-eq/kWh รวมเป็นผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้น 244.44 g CO<sub>2</sub>-eq/kWh ดังแสดงในรูป 4.16 แสดงการเปรียบเทียบผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้นจากการใช้พลังงานในการผลิตพลังงานไฟฟ้าจากชีวมวลในพื้นที่โดยเทคโนโลยีการเผาไหม้โดยตรงขนาด 50 kW จากทำเลที่ 1 และ 2

#### 4.4.2 ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมของการผลิตพลังงานไฟฟ้าจากชีวมวลและไม้โตเร็ว

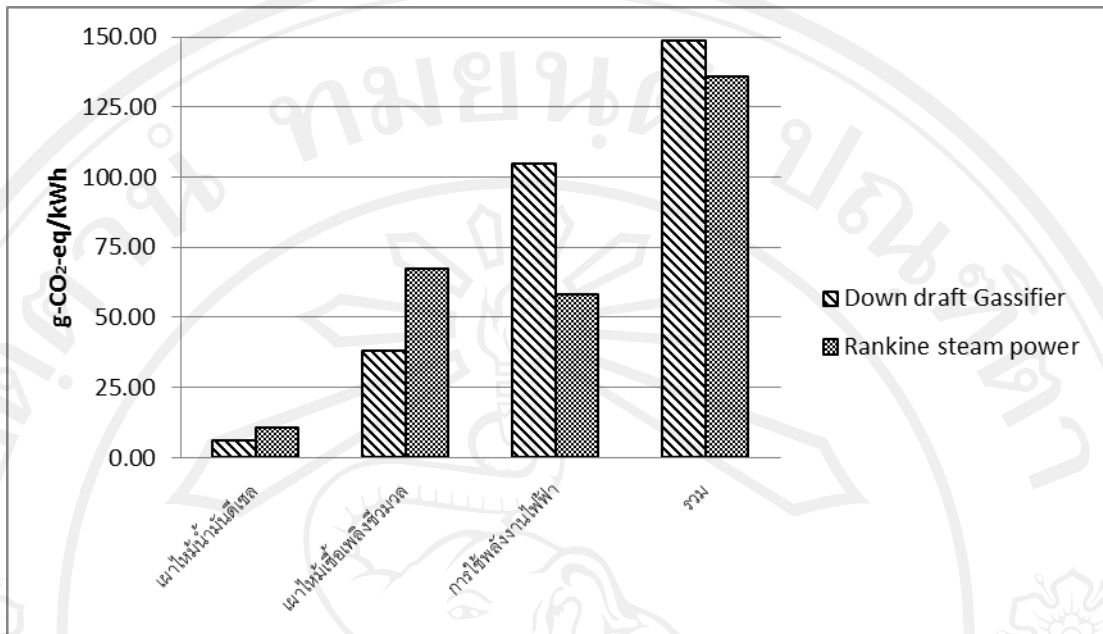
ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมของการผลิตพลังงานไฟฟ้าจากการใช้เชื้อเพลิงจากชีวมวลที่เหลือทิ้งจากการเกษตรในพื้นที่กับการปลูกไม้โตเร็ว ควบคู่กัน โดยแยกออกเป็น 3 กรณี คือ ชีวมวล 25 ต่อ ไม้โตเร็ว 75 ชีวมวล 50 ต่อ ไม้โตเร็ว 50 และชีวมวล 75 ต่อ ไม้โตเร็ว 25 ส่วนตามลำดับ



รูปที่ 4.16 แสดงผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในการผลิตพลังงานไฟฟ้าจากชีวมวลในพื้นที่โดยเทคโนโลยี Rankine steam power จากทำเลที่ 1 และ 2

#### 4.4.2.1 ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมของการผลิตพลังงานไฟฟ้าจากจากไม้โตเร็ว

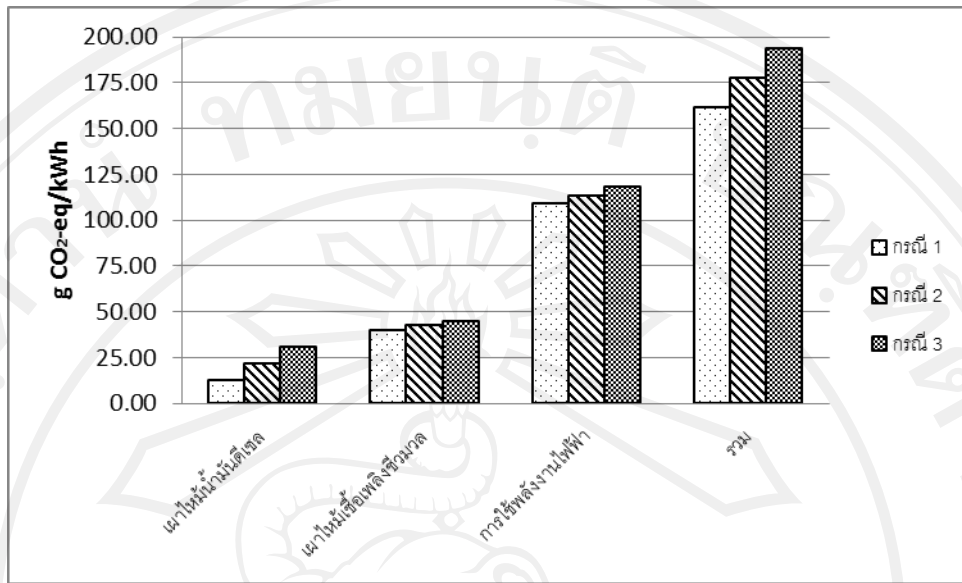
เทคโนโลยีแก๊สซิฟิเคชันขนาด 100 kW มีผลกระทบที่เกิดจากการใช้เชื้อเพลิงดีเซล 5.90 g CO<sub>2</sub>-eq/kWh ผลกระทบที่เกิดจากการใช้พลังงานไฟฟ้า 122.49 g CO<sub>2</sub>-eq/kWh และผลกระทบที่เกิดจากการใช้เชื้อเพลิงชีวมวล 38.09 g CO<sub>2</sub>-eq/kWh รวมเป็นผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้น 166.48 g CO<sub>2</sub>-eq/kWh ส่วนเทคโนโลยีการเผาไหม้โดยตรงขนาด 50 kW มีผลกระทบที่เกิดจากการใช้เชื้อเพลิงดีเซล 10.43 g CO<sub>2</sub>-eq/kWh ผลกระทบที่เกิดจากการใช้พลังงานไฟฟ้า 89.59 g CO<sub>2</sub>-eq/kWh และผลกระทบที่เกิดจากการใช้เชื้อเพลิงชีวมวล 67.07 g CO<sub>2</sub>-eq/kWh รวมเป็นผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้น 167.09 g CO<sub>2</sub>-eq/kWh ดังแสดงในรูป 4.17 แสดงการเปรียบเทียบผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้นจากการใช้พลังงานในการผลิตพลังงานไฟฟ้าจากไม้โตเร็ว จะเห็นว่าผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้นในส่วนของการใช้เชื้อเพลิงดีเซลจะลดลงจากการผลิตพลังงานไฟฟ้าจากชีวมวลในพื้นที่ เนื่องจากประสิทธิภาพการขนส่งที่สูงขึ้นนั่นเอง



รูปที่ 4.17 แสดงผลกระทบสิ่งแวดล้อมในการผลิตพลังงานไฟฟ้าจากไม้โตเร็ว

#### 4.4.2.2 ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมของการผลิตพลังงานไฟฟ้าจากชีวมวลและไม้โตเร็วโดยเทคโนโลยี Downdraft Gasification ในกรณีต่างๆ

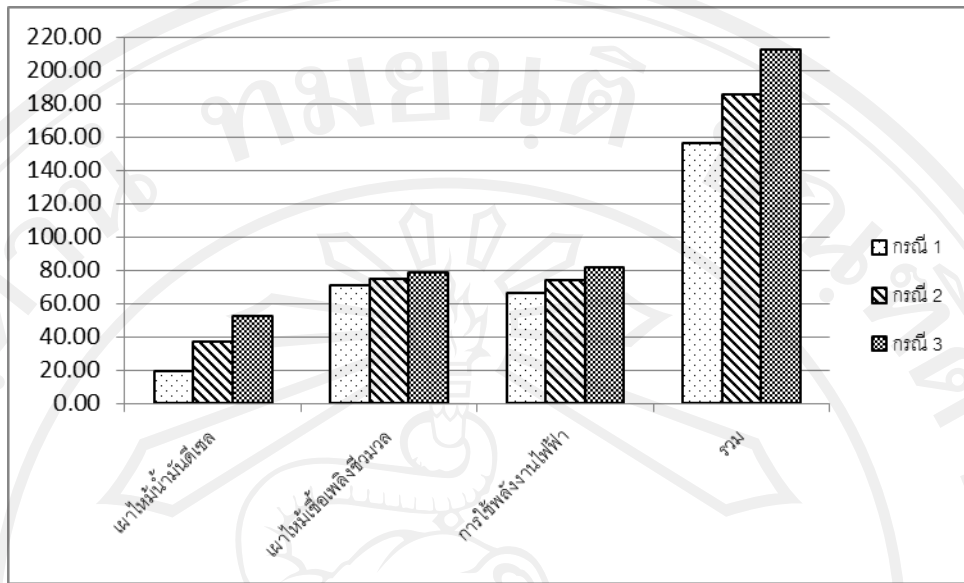
เทคโนโลยีแก๊สซิฟิเคชันขนาด 100 kW กรณี 1 ผลกระทบที่เกิดจากการใช้เชื้อเพลิงดีเซล 12.38 g CO<sub>2</sub>-eq/kWh ผลกระทบที่เกิดจากการใช้พลังงานไฟฟ้า 109.08 g CO<sub>2</sub>-eq/kWh และผลกระทบที่เกิดจากการใช้เชื้อเพลิงชีวมวล 40.25 g CO<sub>2</sub>-eq/kWh รวมเป็นผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้น 161.71 g CO<sub>2</sub>-eq/kWh กรณี 2 ผลกระทบที่เกิดจากการใช้เชื้อเพลิงดีเซล 21.81 g CO<sub>2</sub>-eq/kWh ผลกระทบที่เกิดจากการใช้พลังงานไฟฟ้า 113.55 g CO<sub>2</sub>-eq/kWh และผลกระทบที่เกิดจากการใช้เชื้อเพลิงชีวมวล 42.40 g CO<sub>2</sub>-eq/kWh รวมเป็นผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้น 177.76 g CO<sub>2</sub>-eq/kWh และกรณี 3 ผลกระทบที่เกิดจากการใช้เชื้อเพลิงดีเซล 30.97 g CO<sub>2</sub>-eq/kWh ผลกระทบที่เกิดจากการใช้พลังงานไฟฟ้า 118.02 g CO<sub>2</sub>-eq/kWh และผลกระทบที่เกิดจากการใช้เชื้อเพลิงชีวมวล 44.56 g CO<sub>2</sub>-eq/kWh รวมเป็นผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้น 193.55 g CO<sub>2</sub>-eq/kWh ดังแสดงในรูป 4.18 แสดงการเปรียบเทียบผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้นจากการใช้พลังงานในการผลิตพลังงานไฟฟ้าจากชีวมวลในพื้นที่กับไม้โตเร็วโดยเทคโนโลยีแก๊สซิฟิเคชันขนาด 100 kW ในกรณีต่างๆ (ทำเลที่2)



รูปที่ 4.18 แสดงผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในการผลิตพลังงานไฟฟ้าจากชีวมวลและไม้โตเร็วโดยเทคโนโลยี Downdraft Gasification ขนาด 100 kW ในกรณีต่างๆ

#### 4.4.2.3 ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมของการผลิตพลังงานไฟฟ้าจากชีวมวลและไม้โตเร็วโดยเทคโนโลยี Rankine steam power ในกรณีต่างๆ (ทำเลที่ 2)

เทคโนโลยีเผาไหม้โดยตรงขนาด 50 kW กรณี 1 ผลกระทบที่เกิดจากการใช้เชื้อเพลิงดีเซล 19.25 g CO<sub>2</sub>-eq/kWh ผลกระทบที่เกิดจากการใช้พลังงานไฟฟ้า 65.99 g CO<sub>2</sub>-eq/kWh และผลกระทบที่เกิดจากการใช้เชื้อเพลิงชีวมวล 70.87 g CO<sub>2</sub>-eq/kWh รวมเป็นผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้น 156.11 g CO<sub>2</sub>-eq/kWh กรณี 2 ผลกระทบที่เกิดจากการใช้เชื้อเพลิงดีเซล 36.86 g CO<sub>2</sub>-eq/kWh ผลกระทบที่เกิดจากการใช้พลังงานไฟฟ้า 73.85 g CO<sub>2</sub>-eq/kWh และผลกระทบที่เกิดจากการใช้เชื้อเพลิงชีวมวล 74.67 g CO<sub>2</sub>-eq/kWh รวมเป็นผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้น 185.38 g CO<sub>2</sub>-eq/kWh และกรณี 3 ผลกระทบที่เกิดจากการใช้เชื้อเพลิงดีเซล 52.38 g CO<sub>2</sub>-eq/kWh ผลกระทบที่เกิดจากการใช้พลังงานไฟฟ้า 81.72 g CO<sub>2</sub>-eq/kWh และผลกระทบที่เกิดจากการใช้เชื้อเพลิงชีวมวล 78.46 g CO<sub>2</sub>-eq/kWh รวมเป็นผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้น 212.57 g CO<sub>2</sub>-eq/kWh ดังแสดงในรูป 4.19 แสดงการเปรียบเทียบผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้นจากการใช้พลังงานในการผลิตพลังงานไฟฟ้าจากชีวมวลในพื้นที่กับไม้โตเร็วโดยเทคโนโลยีเผาไหม้โดยตรงขนาด 50 kW ในกรณีต่างๆ (ทำเลที่ 2)



รูปที่ 4.19 แสดงผลกระทบสิ่งแวดล้อมในการผลิตพลังงานไฟฟ้าจากชีวมวลและไม้โตเร็วโดยเทคโนโลยี Rankine steam power ขนาด 50 kW ในกรณีต่างๆ