บทที่ 4
ผลการศึกษาวิจัย

ในบทที่4 จะแสดงผลการศึกษาศักยภาพของการนำขยะชุมชนในบริเวณที่ทำการศึกษามาใช้เพื่อผลิตเป็นเชื้อเพลิงขยะ RDF-5 ต้นแบบสำหรับชุมชน และการประเมินวัฏจักรชีวิตของการผลิตกระแสไฟฟ้าจากเชื้อเพลิงขยะ RDF-5 ทั้งทางด้านพลังงาน ต้นทุน และปริมาณการเกิดก๊าซเรือนกระจก เพื่อหาแนวทางการจัดการที่เหมาะสมซึ่งมีรายละเอียดของการศึกษาในแต่ละส่วนดังต่อไปนี้

4.1 สำรวจศักยภาพของขยะชุมชนในพื้นที่กรณีศึกษา

ผลการสำรวจข้อมูลพื้นฐานของชุมชนพื้นที่กรณีศึกษา แบ่งออกได้เป็น 3 ส่วนหลักๆ ได้แก่

4.1.1. ผลการสำรวจข้อมูลทั่วไปของพื้นที่

ชื่อเทศบาล เทศบาลตำบลฟ้าฮ่าม

ที่ตั้งสำนักงาน เลขที่ 200 หมู่ที่ 3 ตำบลฟ้าฮ่าม อำเภอเมืองเชียงใหม่

จังหวัดเชียงใหม่ โทรศัพท์ 053-852110

โทรสาร 053-852113 ต่อ 102, 118

พื้นที่รับผิดชอบ 2.9.ตารางกิโลเมตร (1,785 ไร่)

จำนวนหลังคาเรือนที่อยู่ในเขตเทศบาล 4,310 หลังคาเรือน

จำนวนประชากรในเขตเทศบาล ช่วงเวลาที่เก็บรวบรวมข้อมูล มีนาคม พ.ศ. 2554

ที่มาของข้อมูลสำนักบริหารการทะเบียน กรมการปกครอง จังหวัดเชียงใหม่

จำนวนประชากรชาย 3,030 คน

จำนวนประชากรหญิง 3,310 คน

จำนวนประชากรรวม 6,340 คน

แสดงจำนวนประชากรและจำนวนครัวเรือนที่อยู่ในเขตเทศบาลตำบลฟ้าฮ่าม อำเภอเมือง จังหวัดเชียงใหม่

ตารางที่4. 1 ข้อมูลจำนวนประชากรและจำนวนครัวเรือน เทศบาลตำบลฟ้าฮ่าม (พ.ศ. 2554)

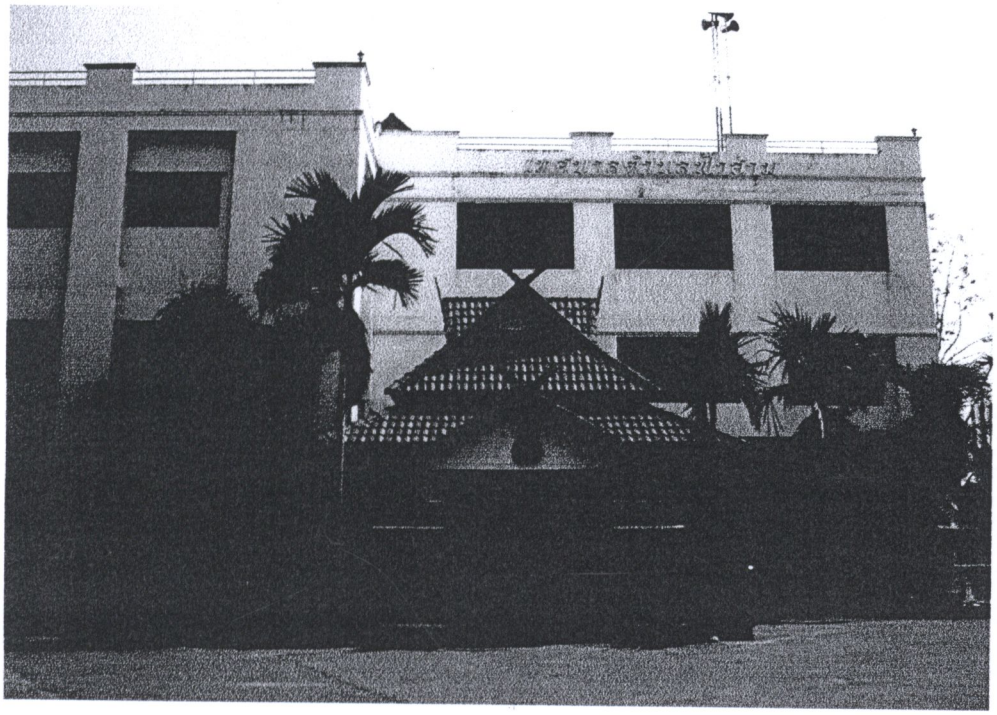
หมู่ที่	ชื่อบ้าน	จำนวนประชากร			จำนวนครัวเรือน	ชื่อผู้นำหมู่บ้าน
		ชาย	หญิง	รวม		
1	บ้านท่ากระดาษ	402	424	826	554	นางจีราภรณ์ รังษี
2	บ้านลังกา	309	328	637	350	นายสุขแก้ว เรืองสกุล
3	บ้านไร่	464	501	965	422	นายควงจันทร์ ไทยใหม่
4	บ้านแม่คาว	313	328	641	314	นายอินสอน ทาสุธะ
5	บ้านป่าแก	581	648	1,229	1,673	กำนันสมหมาย วงอ่อง
6	บ้านท่าริมเหมือง	426	490	916	507	นายกำพล ทรงคำ
7	บ้านสันทรายต้นกอก	535	591	1,126	409	นายอานนท์ ไชยรัตน์
รวม		**3,030**	**3,310**	**6,340**	**4,310**	

ที่มา: สำนักบริหารการทะเบียน กรมการปกครอง จังหวัดเชียงใหม่ ,2554

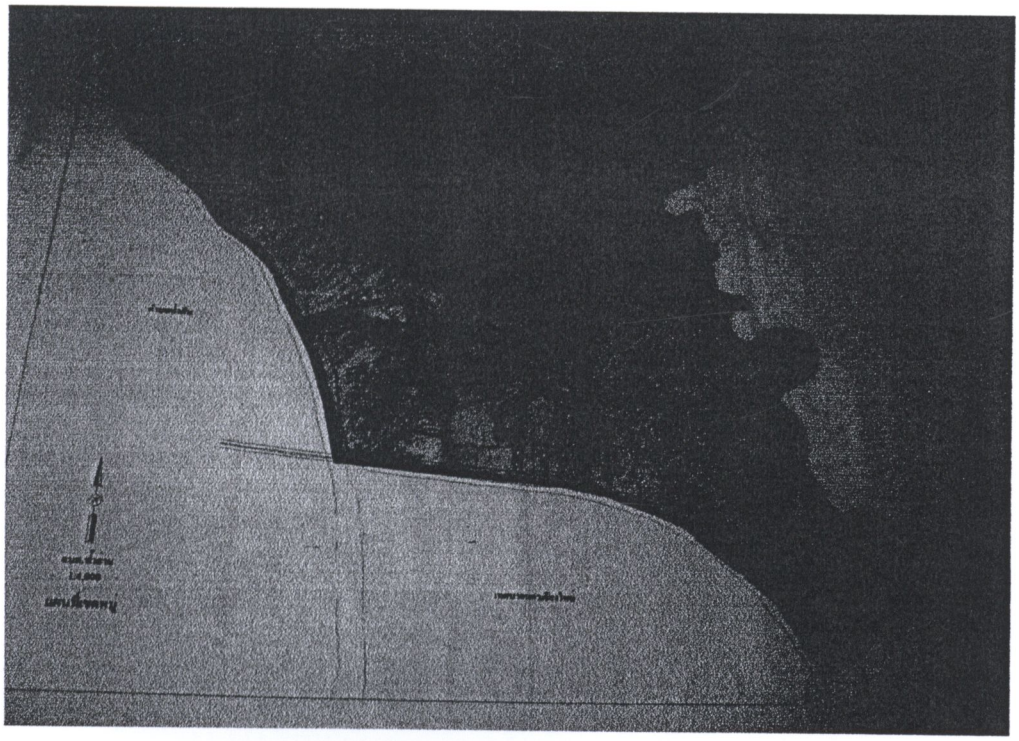
สภาพทั่วไปและข้อมูลพื้นฐานที่สำคัญของพื้นที่ศึกษาเทศบาลตำบลฟ้าฮ่าม พื้นที่ทั้ง 4 ด้าน มีอาณาเขต ดังนี้

ทิศเหนือ ติดกับ ตำบลสันผีเสื้อ
ทิศใต้ ติดกับ เทศบาลนครเชียงใหม่
ทิศตะวันออก ติดกับ ลำน้ำคาว
ทิศวันตก ติดกับ แม่น้ำปิง

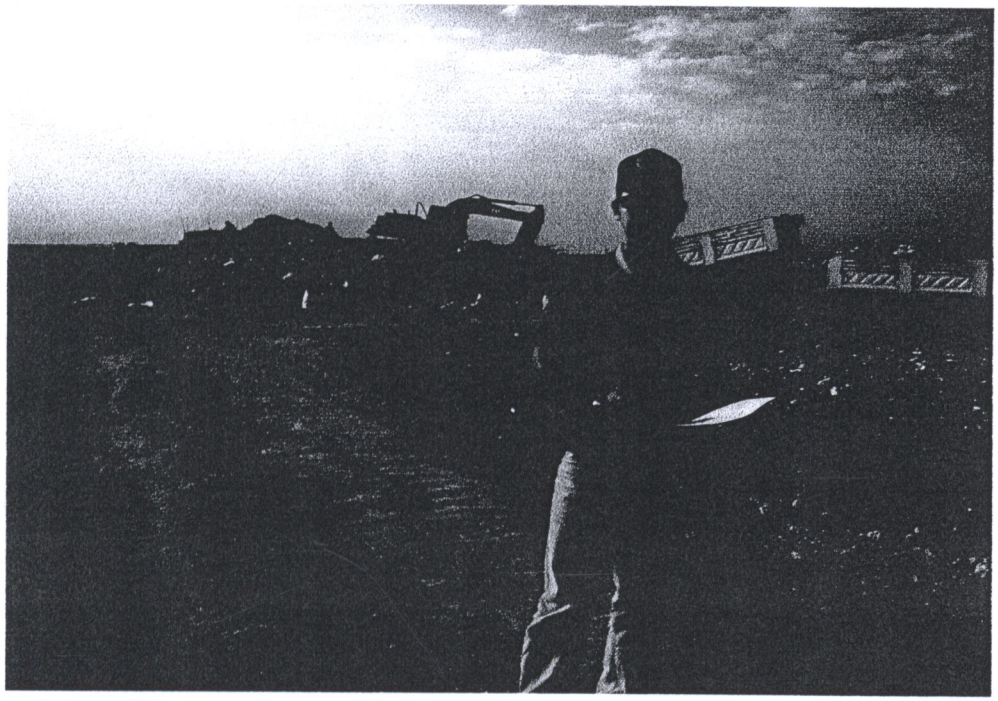
รูปที่ 4.1 เทศบาลตำบลฟ้าฮ่าม



รูปที่ 4.2 สำนักงานเทศบาลตำบลฟ้าฮ่าม



รูปที่ 4.3 แผนผังแสดงเขตรับผิดชอบของเทศบาลตำบลฟ้าฮ่าม



รูปที่ 4.4 ผู้วิจัยสำรวจข้อมูลการจัดการขยะของเทศบาลตำบลฟ้าฮ่าม

รูปที่ 4.5 ผู้วิจัยเก็บรวบรวมข้อมูลสอบทราบจากเจ้าหน้าที่ดูแล

4.1.2 ผลการสำรวจข้อมูลสถานประกอบการ

จำนวนสถานประกอบการที่ตั้งอยู่ในเขตพื้นที่กรณีศึกษา มีความสำคัญทั้งในแง่การประเมินปริมาณและองค์ประกอบของขยะ เนื่องจากในสถานประกอบการขนาดใหญ่มักมีปริมาณขยะเกิดขึ้นมาก และมีองค์ประกอบหรือประเภทของขยะที่เกิดขึ้นค่อนข้างแน่นอน เช่น สถานประกอบการประเภทโรงงานมักมีขยะจำพวกที่เป็นเศษซากวัตถุดิบเป็นจำนวนมากและเป็นชนิดเดียวกันตลอดทั้งปี เป็นต้น ผลการสำรวจจำนวนในเขตพื้นที่เทศบาลตำบลฟ้าฮ่าม มีดังนี้

ธุรกิจประเภทต่างๆ

- ปั๊มน้ำมันและก๊าซขนาดใหญ่	1 แห่ง
- ปั๊มน้ำมันขนาดเล็ก (ปั๊มหลอด)	1 แห่ง
- โรงงานอุตสาหกรรม	3 แห่ง
- คอนโดมิเนียม	1 แห่ง
- หอพัก	82 แห่ง
- บ้านเช่า	35 แห่ง
- อู่ซ่อมรถ	15 แห่ง
- ร้านอาหาร	20 แห่ง
- ร้านคาราโอเกะ	3 แห่ง
- หมู่บ้านจัดสรร	5 แห่ง
- ร้านค้าทั่วไป	40 แห่ง
- ร้านขายแก๊ส	3 แห่ง
- ธนาคาร	3 แห่ง
- สถานรับเลี้ยงเด็ก	2 แห่ง
- ตลาด	4 แห่ง

สถานศึกษา

- ศูนย์พัฒนาเด็กเล็ก	1 แห่ง
- โรงเรียนประถมศึกษา	1 แห่ง
- ศูนย์การศึกษานอกโรงเรียน	1 แห่ง
- ห้องสมุดประชาชน	1 แห่ง

สถานที่ทางศาสนา

- วัด 4 แห่ง
- โบสถ์ 3 แห่ง

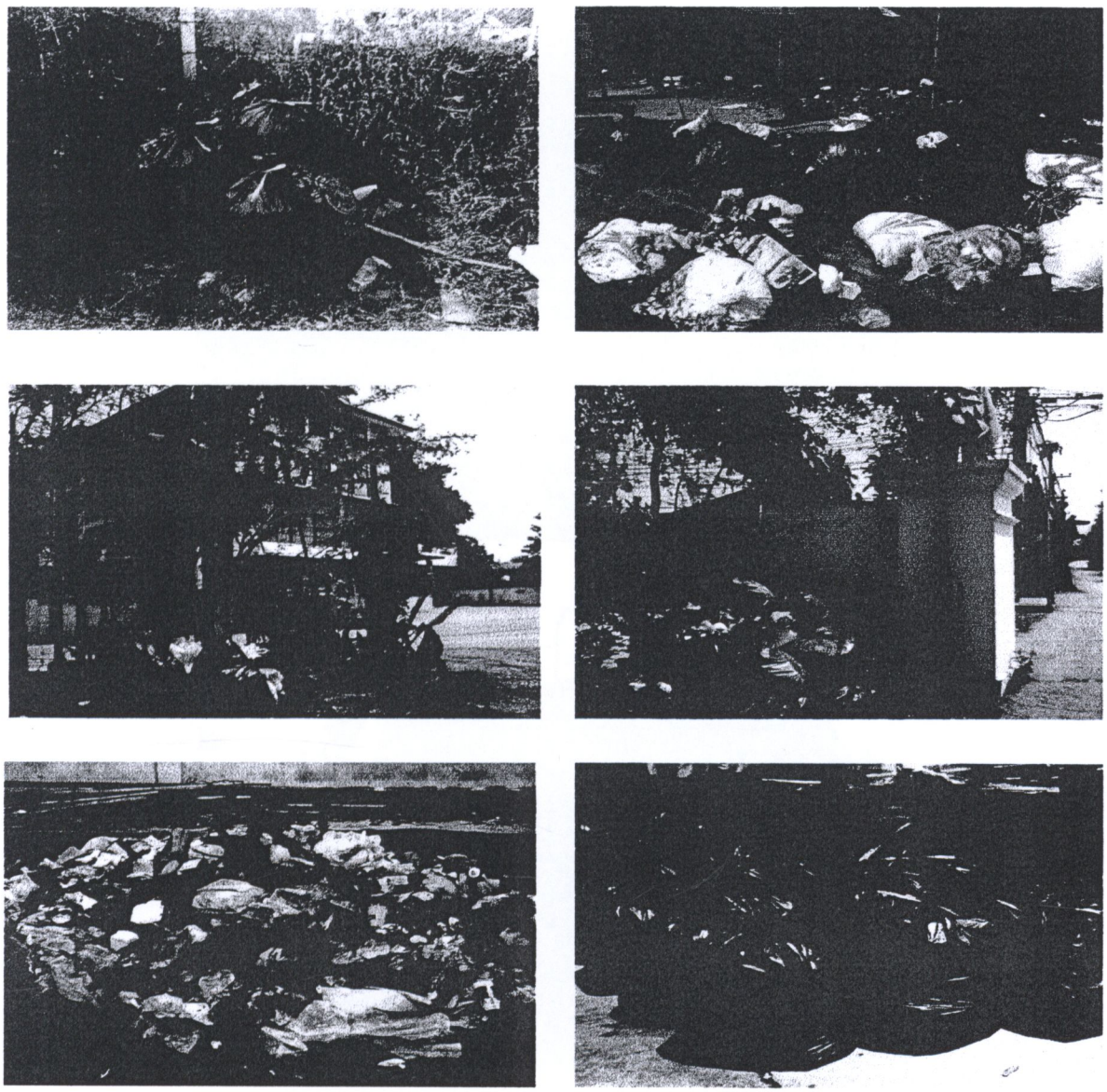
ที่มา : เทศบาลตำบลฟ้าฮ่ามสำนักปลัด ,2554

รูปที่ 4.6 ตัวอย่างผลการสำรวจสถานประกอบการในเขตเทศบาลตำบลฟ้าฮ่าม

รูปที่ 4.7 ตัวอย่างผลการสำรวจแหล่งที่มาขยะในเขตเทศบาลตำบลฟ้าฮ่าม

4.1.3 ผลการสำรวจสภาพการจัดการขยะของชุมชนในปัจจุบัน

ผลการสำรวจการจัดการขยะของเทศบาลตำบลฟ้าฮ่ามในปัจจุบัน สามารถสรุปได้ดังนี้ เทศบาลตำบลฟ้าฮ่ามมีการจัดทำถุงบรรจุขยะสีดำ และจำหน่ายให้แก่บ้านเรือนและสถานประกอบการต่างๆ ที่อยู่ในเขตความรับผิดชอบของเทศบาล เพื่อบรรจุขยะและนำมากองไว้เพื่อรอรถเก็บขนของเทศบาลมาทำการเก็บรวบรวม รูปที่ 4.8 แสดงลักษณะการทิ้งขยะในชุมชนเพื่อรอการเก็บขนของทางเทศบาล

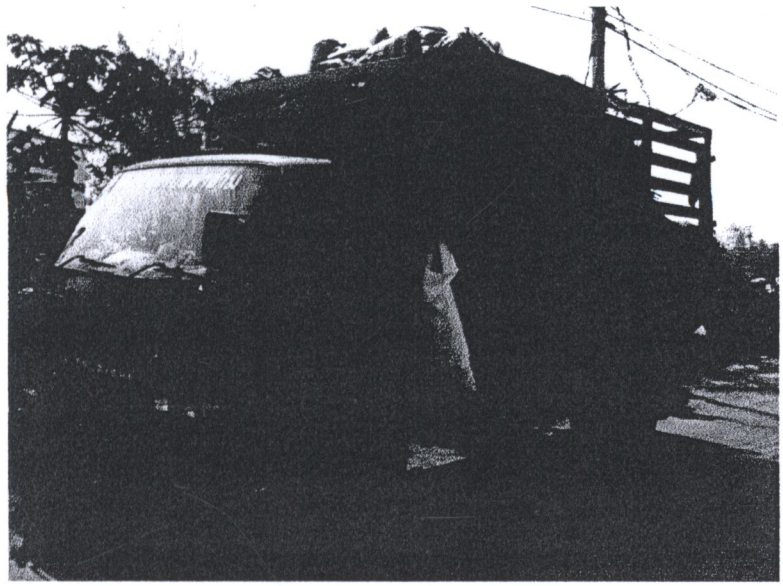


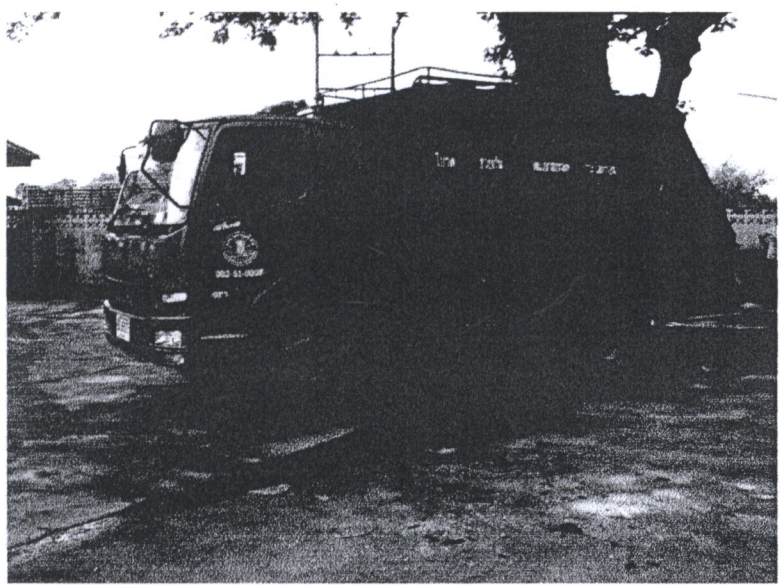
รูปที่ 4.8 ลักษณะการทิ้งขยะของบ้านเรือนและสถานที่ต่างๆ ในชุมชน

การเก็บขนขยะทางเทศบาลมีรถเก็บขยะจำนวน 2 คัน ดังรูปที่ 9 ได้แก่

1) รถหกล้อเปิดด้านข้าง ขนาดบรรทุก 4 ตัน

2) รถอัดขยะ ขนาดบรรทุก 6 ตัน





รูปที่ 4.9 รถเก็บขนขยะของเทศบาลตำบลฟ้าฮ่าม

- ช่วงเวลาในการเก็บขยะของเทศบาล ตั้งแต่ 8:00 น. - 12:00 น. วันจันทร์ - วันศุกร์
- การกำหนดเส้นทางการเก็บขยะ แบ่งออกเป็น 10 เส้นทาง โดยรถเก็บขยะแต่ละคันจะรับผิดชอบเก็บคันละ 5 เส้นทาง โดยเก็บคันละ 1 เส้นทางต่อวัน ตารางที่ 4.2 แสดงการกำหนดเส้นทางในการเก็บขนขยะของรถขยะ

ตารางที่ 4.2 การกำหนดเส้นทางในการเก็บขนขยะของรถขยะ

วัน	เส้นทางการเก็บขนขยะ	
	รถสีเหลือง น้ำหนักบรรทุก 4 ตัน	**รถสีเขียว น้ำหนักบรรทุก 6 ตัน**
จันทร์	ซอยข้างอนามัย บ้านทรายทอง หมู่ 5 บ้านแม่คาว หมู่ 4	หมู่ 4 ตามถนนสายหลัก และถนนรอบซุปเปอร์ไฮเวย์
อังคาร	ป่าแก หมู่ 5 ซอยห้องเย็นแหลมทอง ซอยดนตรีไทย หมู่ 3 ซอยข้างโกดังเชียงใหม่ทูล หมู่ 2	ศรีอนันต์ทาวเฮาส์ หมู่ 5 บ้านโต้ง หมู่ 3
พุธ	เอ็มเพอร์เรอร์ กาแฟวาวี และตามถนนที่มีขยะตกค้าง	หยุดปฏิบัติงาน
พฤหัสบดี	ซอยลุงแอ๊ด ซอยบ้านพ่อหลวงสาคร ซอยบ้านพ่อหลวงแสน หมู่ 2	หน้าเชียงใหม่ทูล ถึงหน้าวัดขะจาว หมู่ 2 หน้าสนามกีฬาถึงหมู่บ้านสัมมากร วัดท่ากระดาษ
ศุกร์	ซอยบุญยงค์ ซอยปรเมษ ตลาดขะจาว เดือนดารา พิมาณแก้ว นวดแผนไทย โชว์รูมมิตซูบิชิ	หมู่บ้านฟ้าฮ่ามวิลเลจ หมู่ 7 ถนนซุปเปอร์ไฮเวย์

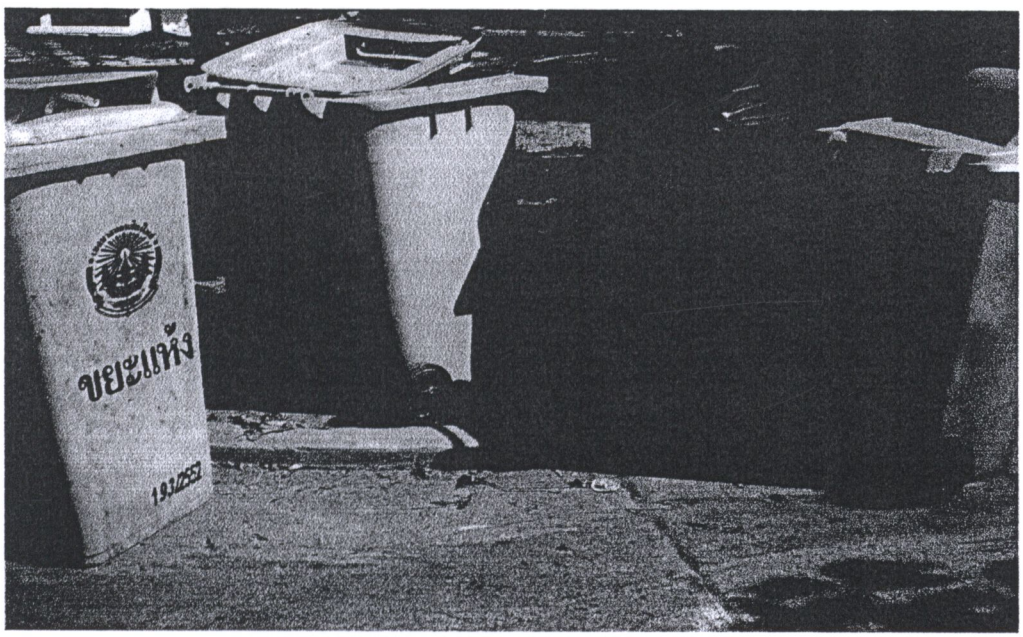
ที่มา : เทศบาลตำบลฟ้าฮ่ามฝ่ายกองสาธารณสุข ,2554

- ประมาณการปริมาณขยะที่เกิดขึ้นในชุมชนต่อวัน อยู่ที่ประมาณ 6 – 8 ตัน
- ปริมาณขยะที่คาดว่าจะตกค้างอยู่ในชุมชนต่อวัน ประมาณ 1 – 2 ตัน
- อัตราค่าธรรมเนียมการเก็บขยะที่ทางเทศบาลจัดเก็บในชุมชน แสดงในตารางที่ 4.3
- การจัดภาชนะรองรับขยะของทางเทศบาล พบว่ามีการจัดถังขยะที่มีการแยกประเภทขยะในบางจุดของชุมชน เช่น โรงเรียน วัด เป็นต้น รูปที่ 4.10 แสดงการจัดภาชนะรองรับขยะของทางเทศบาล

ตารางที่ 4.3 อัตราค่าธรรมเนียมการบริการเก็บขนขยะมูลฝอยของเทศบาลตำบลฟ้าฮ่าม

สถานที่	ค่าธรรมเนียม (บาทต่อเดือน)
บ้านเรือน	30
หอพัก , อพาร์ตเมนต์ , คอนโดมิเนียม	30 - 500
ตลาด	500 – 2000
ร้านค้าทั่วไป	30 – 60
โรงแรม	500 – 2000
โรงงาน	100 – 1000
ห้างสรรพสินค้า	60 – 1000
สถานศึกษา	60 – 100
ร้านอาหาร	30 - 500

ที่มา : เทศบาลตำบลฟ้าฮ่ามฝ่ายกองสาธารณสุข ,2554



รูปที่ 4.10 การจัดเตรียมภาชนะรองรับขยะของเทศบาลตำบลฟ้าฮ่าม

- การกำจัดขยะมูลฝอยของเทศบาลตำบลฟ้าฮ่ามปัจจุบัน ดำเนินการโดยนำขยะที่เก็บรวบรวมด้วยรถเก็บขนขยะของทางเทศบาล ขนส่งไปยังสถานีขนถ่ายขยะที่อำเภอสันป่าตอง ห่างจากตัวเมืองเชียงใหม่ประมาณ 50 กิโลเมตร และมีผู้รับผิดชอบในการกำจัดขยะซึ่งดำเนินการโดย หจก. กลุ่มบ้านตาลพัฒนา ตั้งอยู่ที่ตำบลฮอด อำเภอฮอด จังหวัดเชียงใหม่ นำขยะขนไปกำจัดด้วยวิธีการฝังกลบอย่างถูกหลักสุขาภิบาล (Sanitary Landfill) ที่หลุมฝังกลบที่อำเภอดอยเต่า โดยมีพื้นที่ฝังกลบขยะทั้งหมด 2,000 ไร่ เริ่มใช้ฝังกลบขยะมูลฝอยตั้งแต่ปี พ.ศ. 2538 และสามารถรองรับขยะมูลฝอยได้จนถึงปี พ.ศ. 2560 รูปที่ 9 แสดงสถานที่ฝังกลบขยะมูลฝอยที่อำเภอดอยเต่า จังหวัดเชียงใหม่
- ค่าใช้จ่ายในการเก็บขนขยะมูลฝอยของทางเทศบาล ส่วนใหญ่เป็นค่าน้ำมันรถเก็บขยะและค่าจ้างเจ้าหน้าที่ อยู่ที่ประมาณ 1,172,080 บาทต่อปี ส่วนค่าใช้จ่ายในการจ้างบริษัทเอกชนกำจัดขยะมูลฝอย อยู่ที่ประมาณ 2,500,000 บาทต่อปี โดยเป็นการเหมารวมและไม่มีการชั่งน้ำหนัก ซึ่งรถขนขยะขนาด 6 ตัน อัตราค่าจ้างเหมาคันละ 6,000 บาทต่อเที่ยว และรถเก็บขนขยะขนาด 4 ตัน อัตราค่าจ้างเหมาคันละ 5,000 บาทต่อเที่ยว
- จำนวนเจ้าหน้าที่ ของงานรักษาความสะอาดที่ปฏิบัติงานเกี่ยวกับขยะมูลฝอย

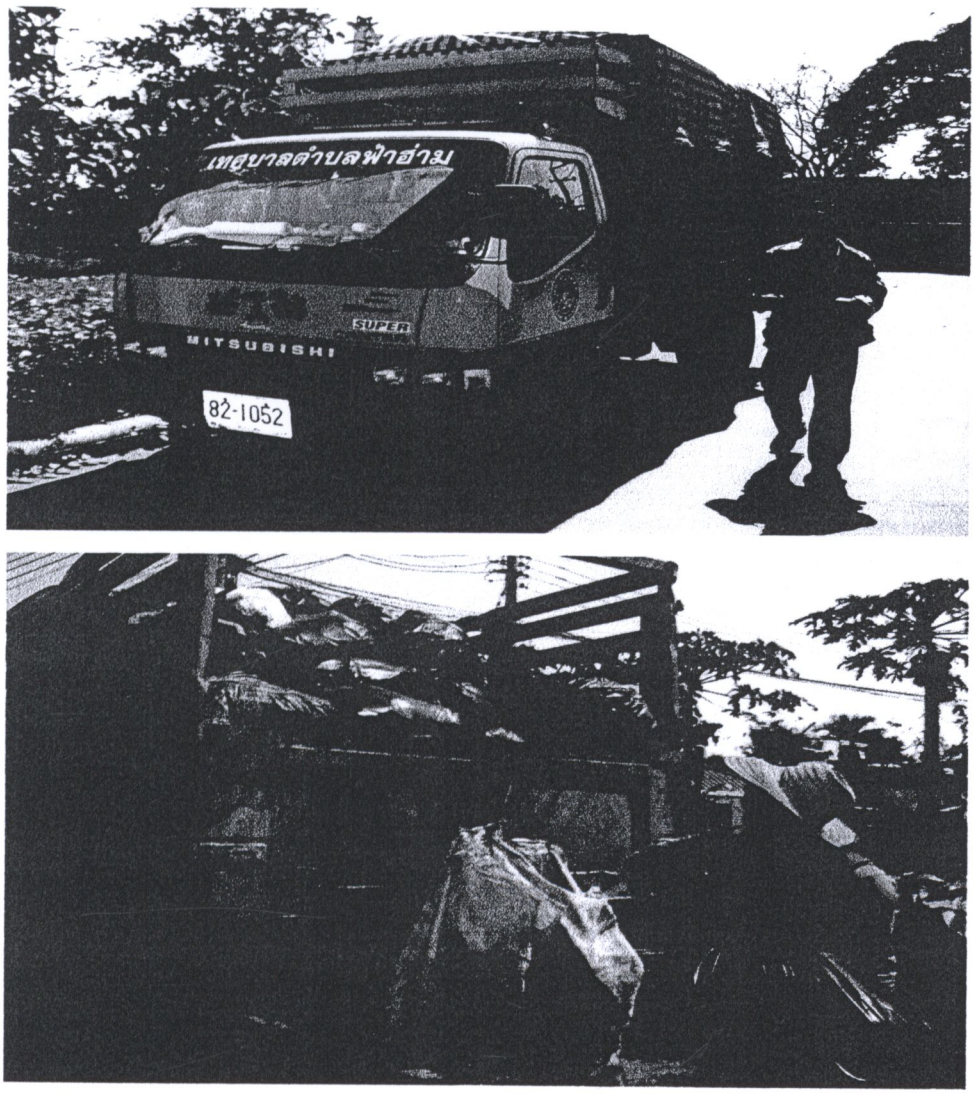
เจ้าหน้าที่บริหาร	จำนวน 1 คน
เจ้าหน้าที่ธุรการ	จำนวน 1 คน
พนักงานขับรถเก็บขนขยะมูลฝอย	จำนวน 2 คน
พนักงานเก็บขนขยะมูลฝอย	จำนวน 8 คน
พนักงานเก็บกวาดถนนและที่สาธารณะ	จำนวน 6 คน
พนักงานรับจ้างทั่วไป	จำนวน 3 คน

ที่มา : เทศบาลตำบลฟ้าฮ่ามฝ่ายกองสาธารณสุข ,2554

รูปที่ 4.11 สถานที่ฝังกลบขยะมูลฝอยที่อำเภอดอยเต่า จังหวัดเชียงใหม่

- ปัญหาและอุปสรรคด้านขยะมูลฝอยของชุมชนที่เกิดขึ้นในปัจจุบัน ได้รับข้อมูลจากการสัมภาษณ์ประธานสภาเทศบาล สมาชิกสภาเทศบาล และหัวหน้ากองสาธารณสุขและสิ่งแวดล้อม เทศบาลตำบลฟ้าฮ่าม พบว่ามีปัญหาที่มีความรุนแรง ดังนี้

    1) รถเก็บขนขยะไม่เพียงพอ และขาดอุปกรณ์ประจำรถ
    2) การขาดแคลนบุคลากรและอุปกรณ์ในการเก็บกวาดขยะในชุมชน
    3) เทศบาลไม่มีสถานที่หรือเทคโนโลยีในการกำจัดขยะด้วยตนเอง
    4) การขาดแคลนบุคลากรในการบริหารจัดการขยะที่เหมาะสม
    5) การคัดแยกขยะในชุมชนยังไม่มีการดำเนินการอย่างจริงจัง
    6) เทศบาลมีค่าใช้จ่ายด้านขยะมูลฝอยที่สูงมาก ประมาณปีละ 3,700,000 บาท และมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นทุกปี



รูปที่ 4.12 การหาปริมาณขยะรวมที่เกิดขึ้นในชุมชน

ผู้วิจัยได้ทำการเก็บข้อมูลเพื่อหาค่าเฉลี่ยของขยะ 1 ถุง โดยการชั่งน้ำหนักขยะตามจุดต่างๆ ในชุมชน จำนวน 24 จุด และทำการชั่งน้ำหนักถุงขยะตัวอย่างทั้งหมด 50 ถุง นำมาคำนวณพบว่าได้ค่าเฉลี่ยขยะ 1 ถุง เท่ากับ 9.272 กิโลกรัม ตารางที่ 4.4 แสดงการหาค่าเฉลี่ยของน้ำหนักขยะในถุงดำ

ผลการเก็บข้อมูลปริมาณขยะที่เกิดขึ้นในชุมชนต่อวัน แสดงในตารางที่ 8 ซึ่งพบว่าในเขตเทศบาลตำบลฟ้าฮ่ามมีขยะเกิดขึ้นเฉลี่ย 7,053.34 กิโลกรัมต่อวัน หรือคิดเป็น 7.05 ตันต่อวัน ข้อมูลดังกล่าวสามารถนำมาหารจำนวนประชากรปัจจุบันในเขตเทศบาล ซึ่งมีจำนวนทั้งสิ้น 6,340 คน จะได้อัตราการเกิดขยะ เท่ากับ 1.112 กิโลกรัมต่อคนต่อวัน

ตารางที่ 4.4 การหาค่าเฉลี่ยของน้ำหนักขยะในถุงดำ

จุดที่	ถุงที่	น้ำหนัก (กิโลกรัม)
1	1	8.8
2	2	8.4
	3	4.6
3	4	2.2
	5	3.4
4	6	14.8
5	7	8.6
6	8	10
	9	10.6
7	10	8.2
	11	4.8
8	12	10.4
	13	6.6
	14	6.8
9	15	12.8
10	16	11.4
11	17	13
	18	11
	19	10.2
	20	12.4
12	21	4.6
	22	9.6
13	23	12.2
	24	9.6
	25	9.4
	26	9.8
	27	7.8
14	28	9
	29	4.4
15	30	4
	31	5.2
	32	8
	33	11.2
16	34	11.8
17	35	16.4
18	36	10.4
19	37	8
20	38	12.4
	39	11.2
21	40	9.2
	41	12.8
	42	15.2
22	43	9.8
23	44	8.4
	45	14.4
	46	6.6
24	47	9.4
	48	6.8
	49	10.2
	50	6.8
	ผลรวม	463.6
	ค่าเฉลี่ย	9.272

ที่มา : เทศบาลตำบลฟ้าฮ่าม ,2554

ตารางที่ 4.5 ปริมาณขยะที่เกิดขึ้นในเขตเทศบาลตำบลฟ้าฮ่าม

วันที่	จำนวนถุงขยะ	ปริมาณขยะรวม (กิโลกรัมต่อวัน)	ปริมาณขยะรวม (ตันต่อวัน)
8/4/2554	768	7120.90	7.12
21/4/2554	738	6842.74	6.84
22/4/2554	787	7297.06	7.30
25/4/2554	754	6991.09	6.99
26/4/2554	793	7352.70	7.35
27/4/2554	321	2976.31	2.98
28/4/2554	735	6814.92	6.81
29/4/2554	750	6954.00	6.95
ค่าสูงสุด	**793**	**7352.70**	**7.35**
ค่าต่ำสุด	**321**	**2976.31**	**2.98**
ค่าเฉลี่ย	**760.71**	**7053.34**	**7.05**

ที่มา : เทศบาลตำบลฟ้าฮ่าม ,2554

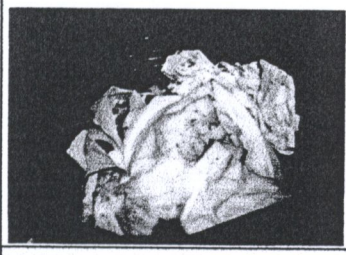
หมายเหตุ การคำนวณค่าเฉลี่ย มีการตัดข้อมูลค่าต่ำสุดออก เนื่องจากมีรถเก็บขยะปฏิบัติงานเพียงคันเดียว

4.2 การศึกษาศักยภาพด้านองค์ประกอบขยะ

ในงานวิจัยนี้การวิเคราะห์องค์ประกอบใช้วิธีการจำแนกที่นิยมในการศึกษาวิจัยโดยทั่วไปในประเทศไทย คือ การแยกตามองค์ประกอบของขยะ ซึ่งแบ่งขยะออกได้เป็น 10 ประเภท

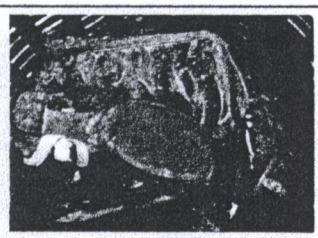
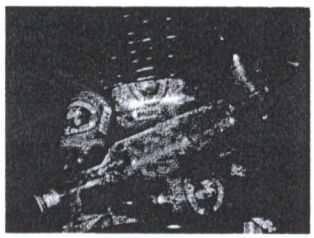
ที่มา : คำอธิบายในตารางของข้อมูล http://www.environnet.in.th ดังตารางที่ 4.6

ตารางที่ 4.6 การจำแนกประเภทของขยะมูลฝอย

ประเภท	ลักษณะ	คำอธิบาย
1. เศษอาหาร/เศษผักผลไม้		เศษผัก เศษผลไม้ เศษอาหารที่เหลือจากการเตรียม การปรุง และการบริโภค (ยกเว้น เปลือกหอย กระดูก ก้างปลา ซังข้าวโพด ก้านกระถิน) เช่น ข้าวสุก เปลือกผลไม้ เนื้อสัตว์ ฯลฯ
2. กระดาษ		วัสดุหรือผลิตภัณฑ์ที่ทำจากเยื่อกระดาษ เช่น กระดาษหนังสือพิมพ์ นิตยสาร หนังสือต่างๆ ใบปลิว การ์ด ถุงกระดาษ กล่องกระดาษ กระดาษอัด ฯลฯ
3. พลาสติก		วัสดุหรือผลิตภัณฑ์ที่ทำมาจากพลาสติก เช่น ถุงพลาสติกแบบต่างๆ ภาชนะพลาสติก ของเล่นเด็กที่ทำด้วยพลาสติก ผลิตภัณฑ์ไฟเบอร์กลาส ฯลฯ
4. ผ้า		สิ่งทอต่างๆ ที่ทำมาจากเส้นใยธรรมชาติและเส้นใยสังเคราะห์ เช่น ฝ้าย ลินิน ผ้าไนลอน ตัวอย่างเช่น ด้ายเสื้อผ้า ผ้าเช็ดมือ ถุงเท้า ฯลฯ
5. ไม้		วัสดุหรือผลิตภัณฑ์ที่ทำจากไม้ ไม้ไผ่ ฟาง หญ้า เศษไม้ รวมทั้งดอกไม้

ที่มา : เทศบาลตำบลฟ้าฮ่าม ,2554

ตารางที่ 4.6 การจำแนกประเภทของขยะมูลฝอย (ต่อ)

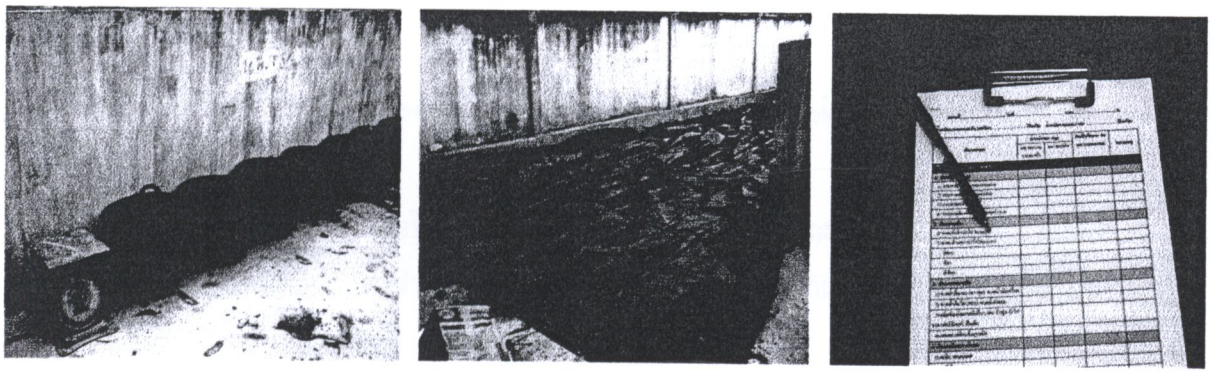
ประเภท	ลักษณะ	คำอธิบาย
6. ยางและหนัง		วัสดุหรือผลิตภัณฑ์ที่ทำมาจากยางหรือหนัง เช่น เครื่องหนัง รองเท้า ลูกบอล หนัง กระเป๋าหนัง ฯลฯ
7. แก้ว		วัสดุหรือผลิตภัณฑ์ที่ทำมาจากแก้ว เช่น กระจก ขวดแก้ว หลอดไฟ เครื่องแก้ว ฯลฯ
8. โลหะ		วัสดุและผลิตภัณฑ์ต่างๆ ที่ทำจากโลหะ เช่น กระป๋องโลหะ สายไฟ ฟอยล์ ภาชนะต่างๆ ตะปู ฯลฯ
9. หิน กระเบื้อง กระดูกสัตว์และเปลือกหอย		เศษหิน เศษกระดูกสัตว์ เซรามิก เปลือกหอย กุ้ง ปู กระดูกสัตว์ ก้างปลา ฯลฯ
10. ขยะอื่นๆ		วัสดุอื่นใดที่ไม่สามารถจัดกลุ่มเข้ากลุ่มต่างๆ ข้างต้น รวมถึง ฝุ่น ทราย เถ้า

ที่มา : เทศบาลตำบลฟ้าฮ่าม ,2554

ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาวิเคราะห์องค์ประกอบของขยะชุมชนโดยการสุ่มตัวอย่างขยะจากรถขนขยะ จำนวน 50 ถุง มากองรวมกันที่บริเวณสุสานของเทศบาล และทำการเก็บข้อมูลต่อเนื่องเป็นเวลา 10 วัน โดยมีวิธีการศึกษา ดังนี้

<u>อุปกรณ์ที่ใช้ในการเก็บข้อมูล</u>

- ผ้าใบ ขนาด 5x5 เมตร
- คราดเหล็ก
- ตาชั่ง ขนาด 60 กิโลกรัม และ 1 กิโลกรัม
- เข่งหรือถังพลาสติก
- ถุงขยะชนิดดำ
- ยางรัดหรือเชือกพลาสติก
- อุปกรณ์บันทึกข้อมูล
- ผ้าปิดจมูก หรือหน้ากากป้องกันฝุ่น
- รองเท้าบู๊ท
- ถุงมือยางแบบหนา
- คัทเตอร์



ที่มา : เทศบาลตำบลฟ้าฮ่าม ,2554

รูปที่ 4.13 ตัวอย่างอุปกรณ์ที่ใช้ในการเก็บข้อมูล

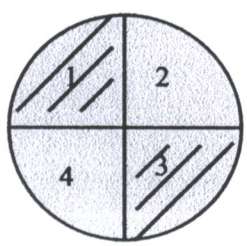
4.2.1 วิธีการวิเคราะห์องค์ประกอบของขยะ

1) แกะขยะส่วนที่อยู่ในถุงดำออก และนำขยะมาเทกองและคลุกเคล้าให้เข้ากันอย่างทั่วถึง

ที่มา : เทศบาลตำบลฟ้าฮ่าม ,2554

รูปที่ 4.14 การคลุกเคล้าขยะเพื่อเตรียมการวิเคราะห์องค์ประกอบ

2) แบ่งขยะทั้งกองออกเป็น 4 ส่วน เท่าๆ กัน กันส่วนที่ 2 และส่วนที่ 4 ทิ้งไป นำส่วนที่ 1 และส่วนที่ 3 มาผสมกัน และทำซ้ำแบบเดิมจนกระทั่งเหลือขยะประมาณ 200 ลิตร นำไปใส่ในถังขนาด 200 ลิตร และชั่งน้ำหนัก ดังรูปที่ 4.15 และ รูปที่ 4.16



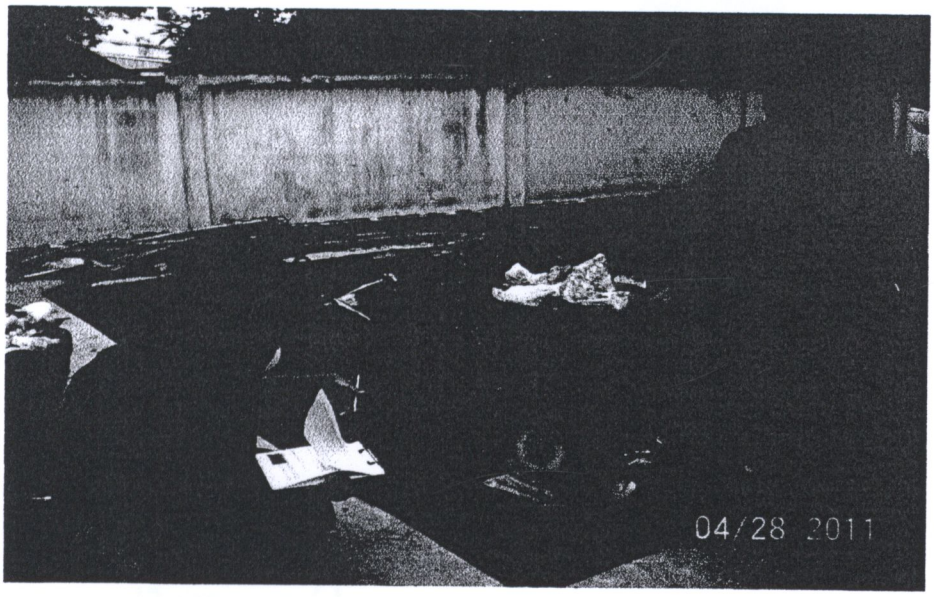
ที่มา : เทศบาลตำบลฟ้าฮ่าม ,2554

รูปที่ 4.15 การแบ่งขยะเพื่อศึกษาองค์ประกอบ

ที่มา : เทศบาลตำบลฟ้าฮ่าม ,2554

รูปที่ 4.16 การบรรจุขยะลงในถังขนาด 200 ลิตร และชั่งน้ำหนัก

3) นำขยะออกจากถัง 200 ลิตร และนำมาแยกองค์ประกอบออกเป็น 10 ประเภท คือ เศษอาหาร, กระดาษ, พลาสติก, แก้ว, โลหะ, ยาง/หนัง, ผ้า, ไม้/ใบไม้, หิน/กระเบื้อง และอื่นๆ โดยคัดแยกขยะแต่ละประเภทใส่ในภาชนะที่เตรียมไว้ ทำการชั่งน้ำหนักและบันทึกข้อมูลในแบบบันทึกข้อมูล ดังแสดงในภาคผนวก รูปที่ 15 แสดงการคัดแยกองค์ประกอบของขยะ

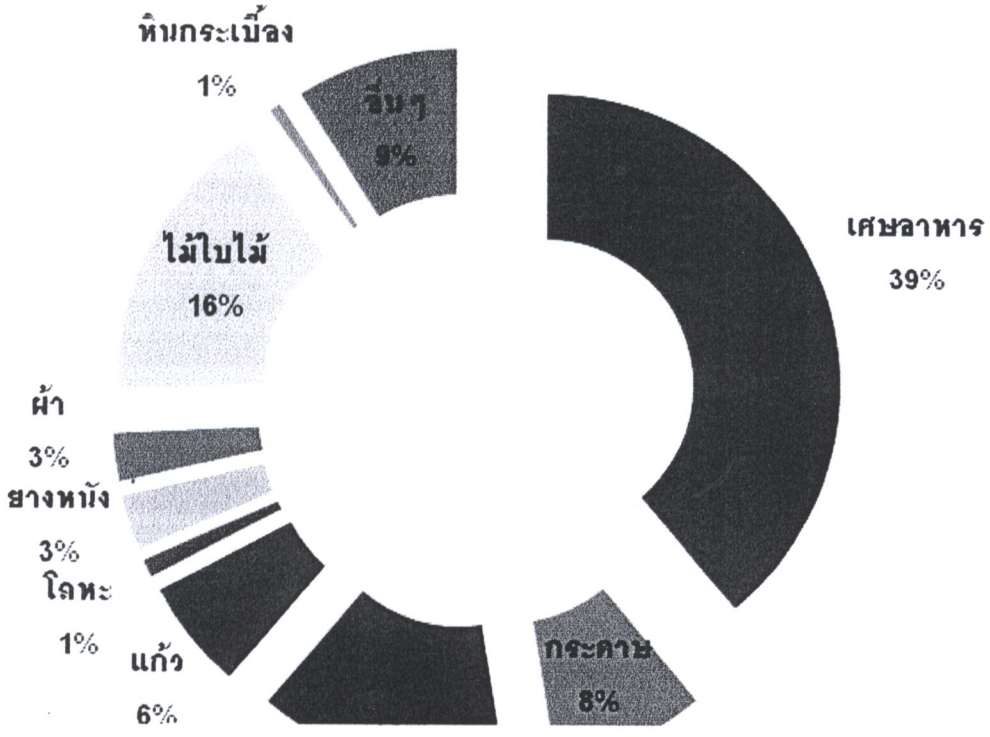


ที่มา : เทศบาลตำบลฟ้าฮ่าม ,2554

รูปที่ 4.17 การคัดแยกองค์ประกอบของขยะ

4.3 ผลการดำเนินงานศึกษาคัดแยกองค์ประกอบขยะ

ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบหลักในขยะชุมชนของเทศบาลตำบลฟ้าฮ่าม แสดงในรูปที่ 16 ซึ่งพบว่า ขยะชุมชนประกอบด้วยเศษอาหารเป็นสัดส่วนที่สูงที่สุด คือ 39% รองลงมาเป็นใบไม้และเศษไม้ที่ทิ้งในถุงดำ (ไม่รวมใบไม้และเศษไม้ที่เก็บกวาดและกองทิ้งตามข้างทาง) คิดเป็น 16% ขยะจำพวกพลาสติก 14% ขยะอื่นๆ ที่ไม่สามารถระบุได้ 9% และกระดาษ 8% ตามลำดับ



รูปที่ 4.18 องค์ประกอบของขยะในเขตเทศบาลตำบลฟ้าฮ่าม

4.4 การออกแบบกระบวนการผลิตเชื้อเพลิง RDF-5

การออกแบบกระบวนการผลิตเชื้อเพลิง RDF-5 ในเบื้องต้นได้มีการกำหนดกระบวนการต่างๆ ดังแสดงในรูปที่ 11 ซึ่งประกอบด้วยกระบวนการหลักๆ 4 กระบวนการ ได้แก่

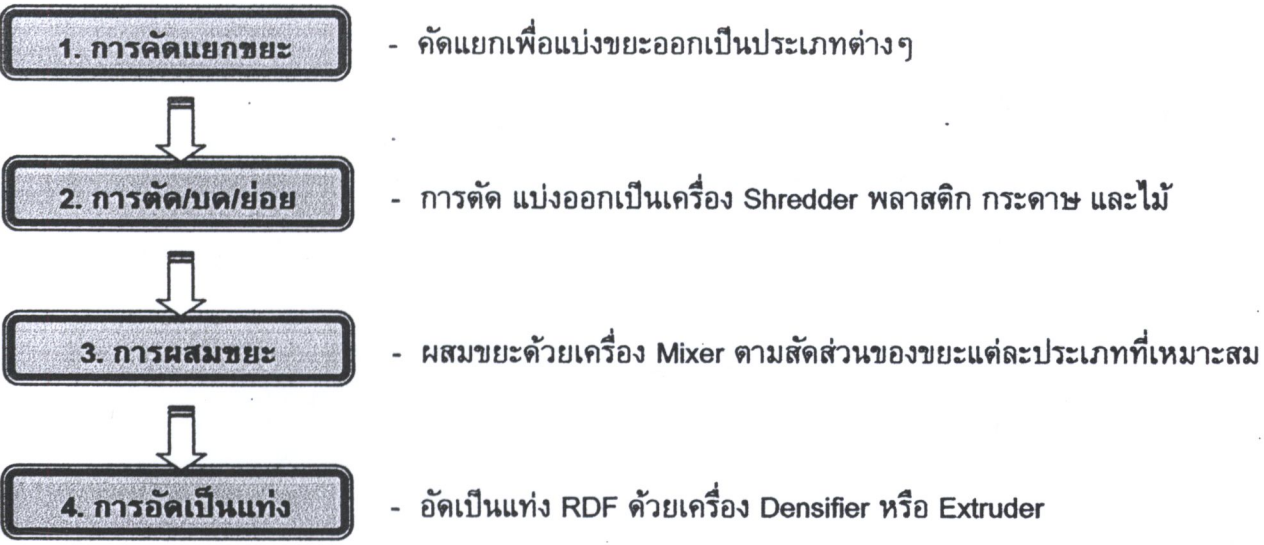
(1) **การคัดแยกขยะ** โดยกำหนดให้ขยะมีการคัดแยกจากแหล่งกำเนิดขยะ ซึ่งได้แก่ วัด บ้านพักอาศัย โรงเรียน ตลาด และหอพัก และนำเฉพาะขยะที่จะเข้าสู่กระบวนการผลิตเชื้อเพลิง RDF-5 มายังโรงงานสาธิต

(2) **การตัด/บด/ย่อย** เพื่อให้ขยะมีขนาดเล็กลง โดยใช้เครื่อง Shredder

(3) **การผสมขยะ** เป็นการนำขยะจำพวกพลาสติก ไม้ และกระดาษ ที่ผ่านกระบวนการย่อยแล้ว มาผสมกันตามสัดส่วนที่เหมาะสมในเครื่องผสม (Mixer)

(4) **การอัดแท่ง** เป็นกานำขยะที่ผสมแล้วมาอัดให้เป็นแท่งด้วยเครื่อง Densifier หรือเครื่อง Extruder

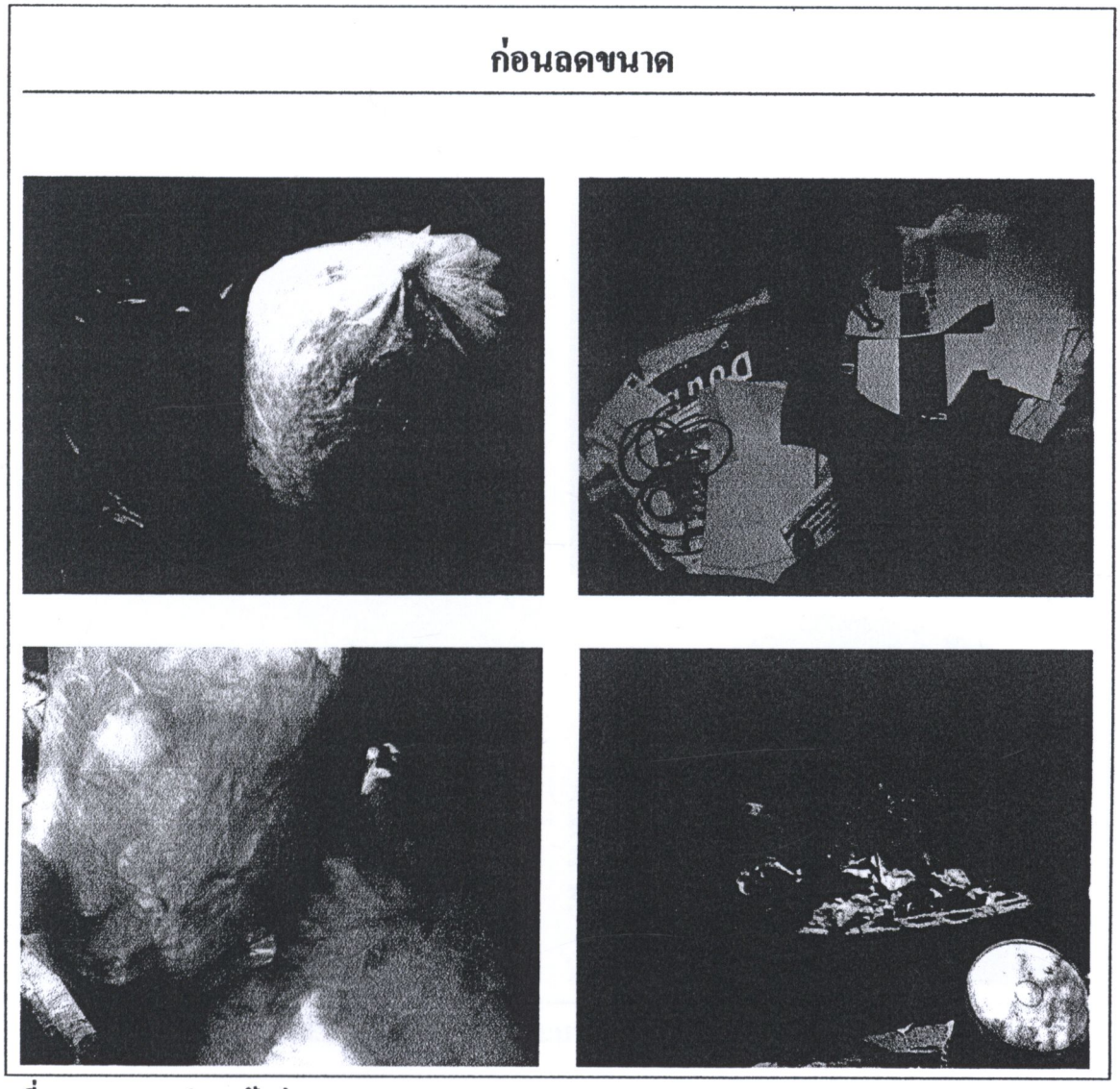
การออกแบบเครื่องจักรต่างๆ ที่จะใช้ในกระบวนการผลิตขยะเชื้อเพลิง RDF-5 ได้มีการศึกษาเบื้องต้นจากเครื่องจักรต่างๆ ที่มีอยู่ที่ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ และที่ศูนย์วิจัยพลังงาน มหาวิทยาลัยแม่โจ้ ซึ่งแสดงดังรูปที่ 12 ถึงรูปที่ 14



รูปที่ 4.19 กระบวนการผลิตเชื้อเพลิง RDF-5

4.4.1 การคัดแยกและจัดเตรียมขยะ

การคัดแยกขยะจะใช้วิธีการคัดแยกจากแหล่งกำเนิดขยะ ซึ่งขยะที่ได้จะสะอาด เพราะไม่ได้ปะปนกับขยะประเภทอื่นๆ โดยในเบื้องต้นผู้วิจัยได้ขอความร่วมมือจากสำนักงานเทศบาลตำบล ฟ้าฮ่าม บ้านพักและหอพักที่อยู่ใกล้เคียง ให้คัดแยกเฉพาะขยะประเภทถุงพลาสติกและกระดาษ แล้วรวบรวมใส่ถุงดำ จากนั้นผู้วิจัยจะไปเก็บรวบรวมสัปดาห์ละ 1 ครั้ง ส่วนขยะประเภทกิ่งไม้ ใบไม้ ได้มีการรวบรวมโดยขอความร่วมมือจากพนักงานเก็บกวาดของทางงเทศบาลเป็นผู้รวบรวม



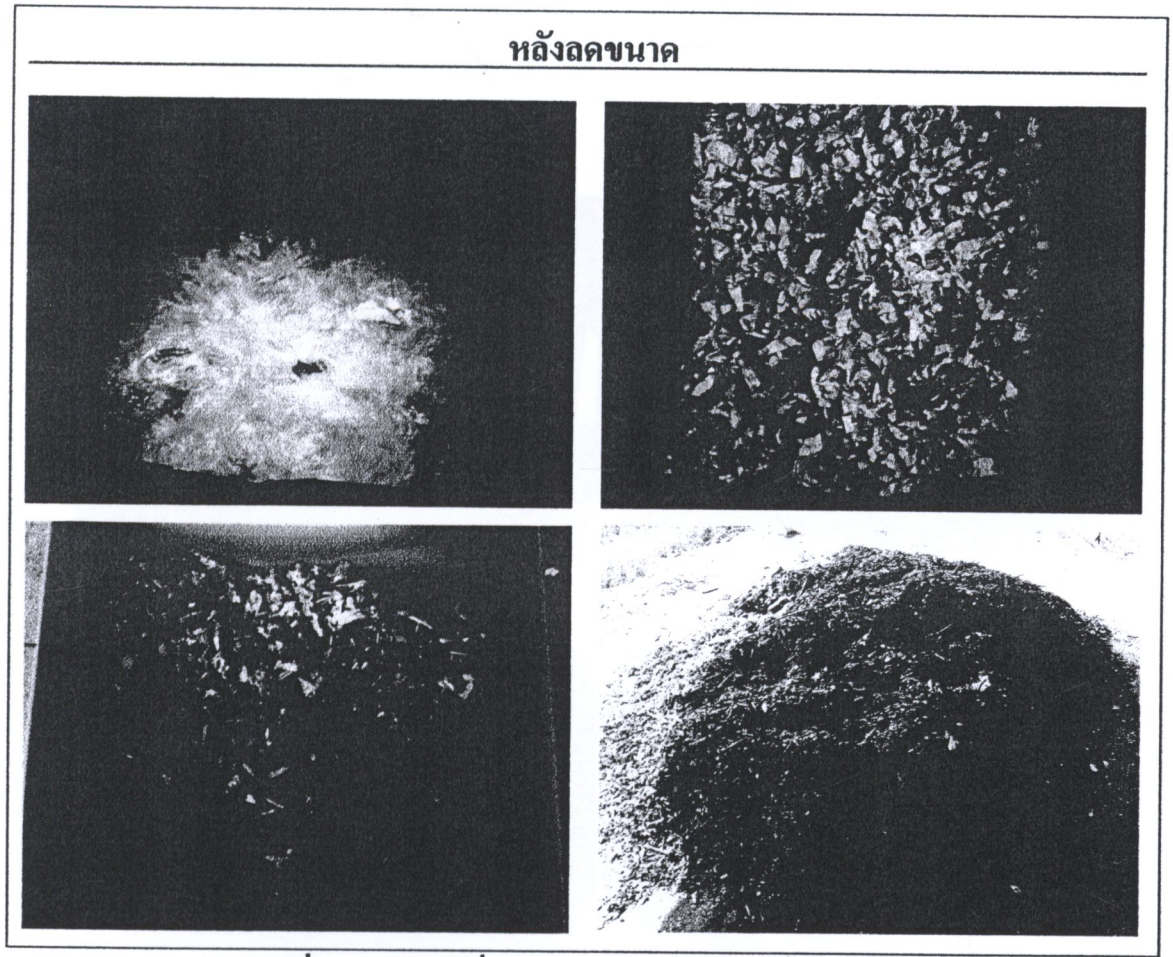
ที่มา : เทศบาลตำบลฟ้าฮ่าม ,2554

รูปที่ 4.20 การรวบรวมขยะเพื่อเข้าสู่กระบวนการผลิตขยะเชื้อเพลิง RDF-5

4.4.2 รวบรวมขยะและขนส่งไปยังโรงงานสาธิตผลิตขยะเชื้อเพลิง RDF-5

ขั้นตอนนี้เป็นการรวบรวมขยะในเขตเทศบาลตำบลฟ้าฮ่ามที่คัดแยกแล้ว เพื่อขนส่งไปยังโรงงานสาธิตการผลิตขยะเชื้อเพลิง RDF-5 ซึ่งอยู่ในพื้นที่เขตบริเวณสำนักงานเทศบาลตำบลฟ้าฮ่ามได้มีการขนขยะที่ได้คัดแยกแล้วไปยังโรงงานสาธิต โดยใช้บุคลากรและรถเข็นขนาดเล็กการลดขนาดของขยะประเภทต่างๆ

ขยะที่ตัดย่อยแล้วเพื่อเข้าสู่กระบวนการผลิตทำการลดขนาดของขยะพลาสติก กระดาษ ไม้ ด้วยเครื่องตัดย่อย ที่โรงงานสาธิตฯ สามารถลดขนาดของขยะประเภทต่างๆ ได้ ดังรูปที่ 4.20 และ รูปที่ 4.21

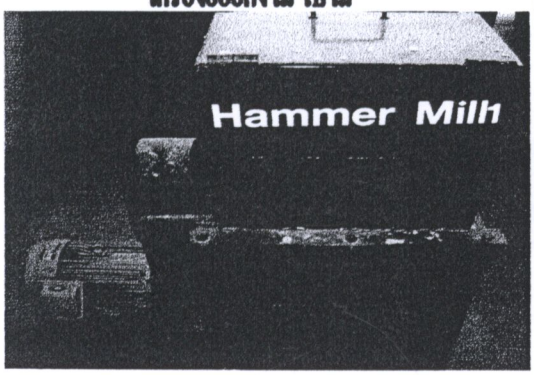


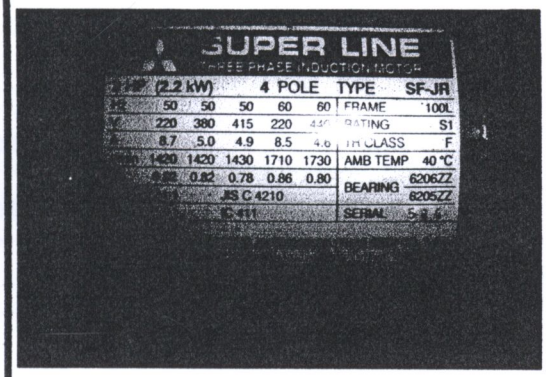
รูปที่ 4.21 ขยะที่ผ่านกระบวนการตัดย่อยเพื่อลดขนาด

ที่มา : เทศบาลตำบลฟ้าฮ่าม ,2554

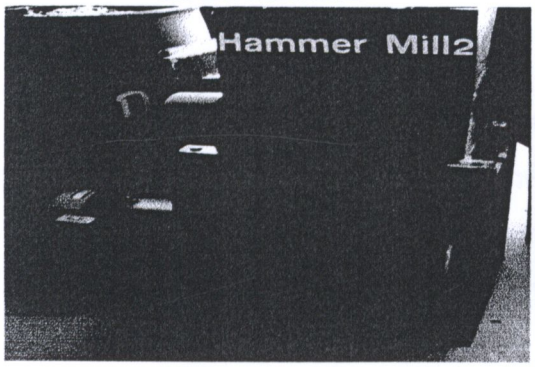
อุปกรณ์เครื่องมือ	ข้อมูลเครื่องขนาดมอเตอร์

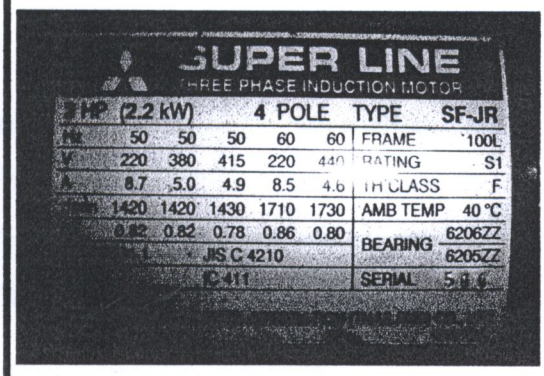
เครื่องย่อยกิ่งไม้ ใบไม้



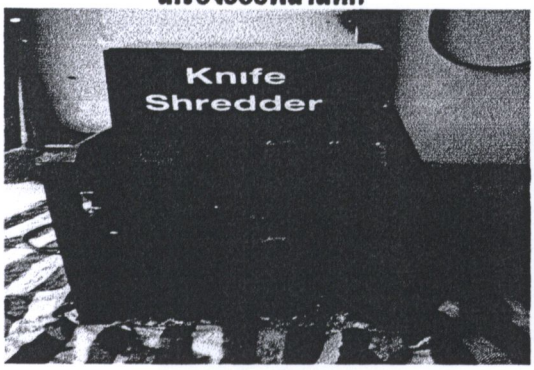


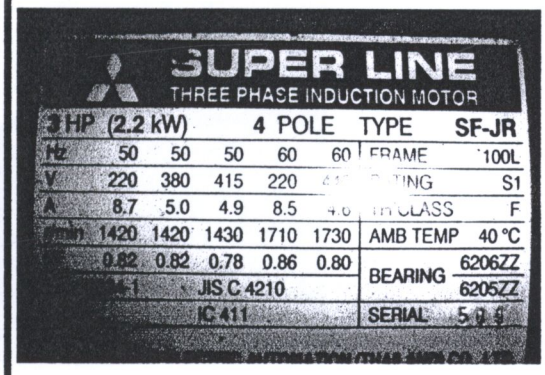
เครื่องย่อยกระดาษ





เครื่องย่อยพลาสติก





รูปที่ 4.22 อุปกรณ์เครื่องมือที่ใช้กระบวนการตัดย่อยเพื่อลดขนาด

ที่มา : ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ,2554

4.4.3 ศึกษาหาสัดส่วนขององค์ประกอบขยะที่เหมาะสมในการนำมาผลิตขยะเชื้อเพลิง

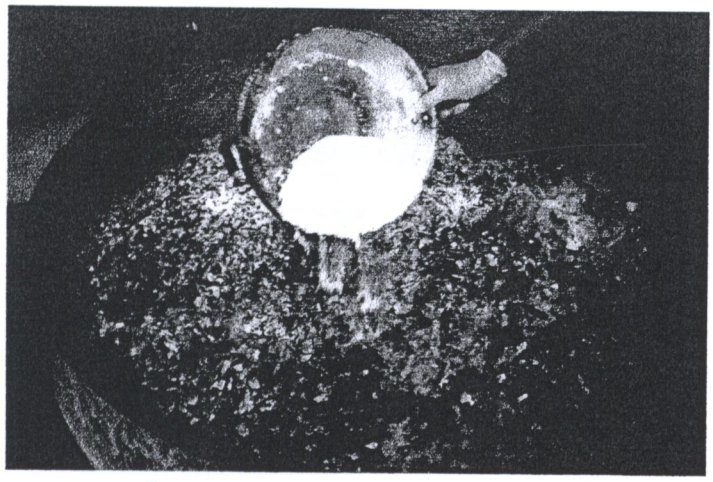
ในที่จะทำการหาสัดส่วนขององค์ประกอบขยะที่เหมาะสมในการนำมาผลิตขยะเชื้อเพลิงนั้น ก่อนอื่นจะต้องแยกวัสดุประเภทกระดาษ พลาสติกและไม้ เพื่อที่จะนำเข้าสู่กระบวนการผลิตขยะเชื้อเพลิงอัดแท่ง ซึ่งค่าความร้อนของวัสดุเหล่านี้แสดงได้ดังตารางที่ 4.7 ส่วนกระบวนการผลิตขยะเชื้อเพลิงอัดแท่งนั้นประกอบด้วยขั้นตอนดังต่อไปนี้

ตารางที่ 4.7 ค่าความร้อนของวัสดุที่จะนำมาทำขยะเชื้อเพลิง RDF

วัสดุ	ค่าความร้อน (kcal/kg)	ค่าความร้อน (MJ/kg)
พลาสติก	10,974.55	45.87
กระดาษ	3,662.73	15.31
ไม้	4,298.92	17.97

ที่มา : ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ , 2554

จากตารางที่ 4.7 จะเห็นได้ว่าพลาสติกมีค่าความร้อนสูงที่สุด รองลงมาเป็นไม้ และกระดาษตามลำดับ ดังนั้นจากรูปที่ 4.18 เป็นองค์ประกอบของขยะโดยรวมของเทศบาลตำบลฟ้าฮ่าม ซึ่งมีองค์ประกอบพลาสติกมากพอสมควร อาจจะส่งผลต่อค่าความร้อนของสัดส่วนตามนั้นๆ มีค่าความร้อนสูงกว่าสัดส่วนที่มีการใช้ปริมาณพลาสติกน้อยก็ได้

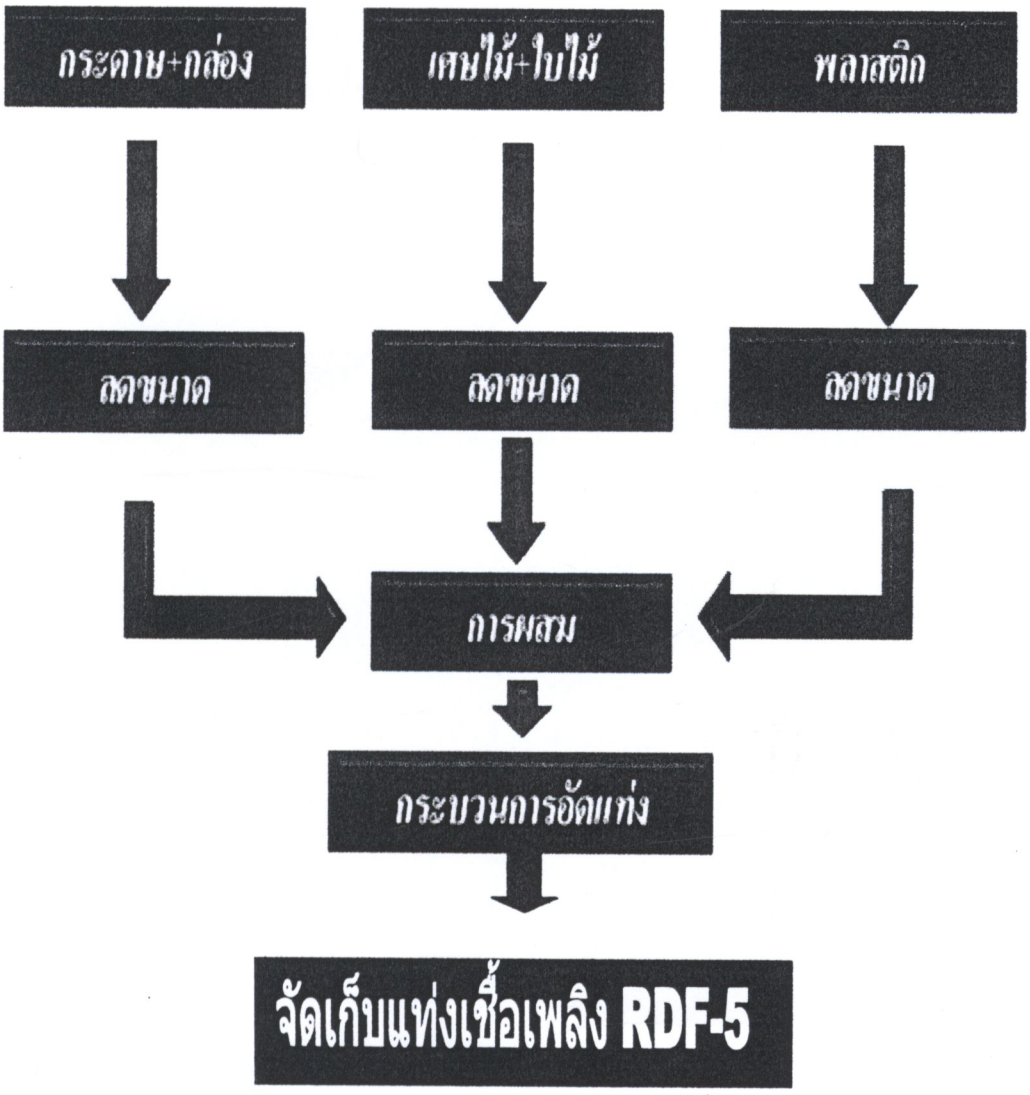


รูปที่ 4.23 แสดงถึงขั้นตอนการผสมกระดาษ ไม้ และพลาสติก และตัวประสานเข้าด้วยกัน

ที่มา: ศูนย์วิจัยพลังงานมหาวิทยาลัยแม่โจ้

4.4.4 วิธีการผลิตขยะเชื้อเพลิง RDF-5

การดำเนินงานในขั้นตอนนี้ ครอบคลุมการดำเนินงาน คือ การนำขยะจากเทศบาลตำบล ฟ้าฮ่าม *มาทำการผลิตเป็นขยะเชื้อเพลิง RDF-5 โดยใช้สัดส่วนของ พลาสติก : กระดาษ : ไม้ เท่าๆ กัน* หรือ 1 : 1 : 1 ตารางที่ 11 แสดงกิจกรรมย่อย

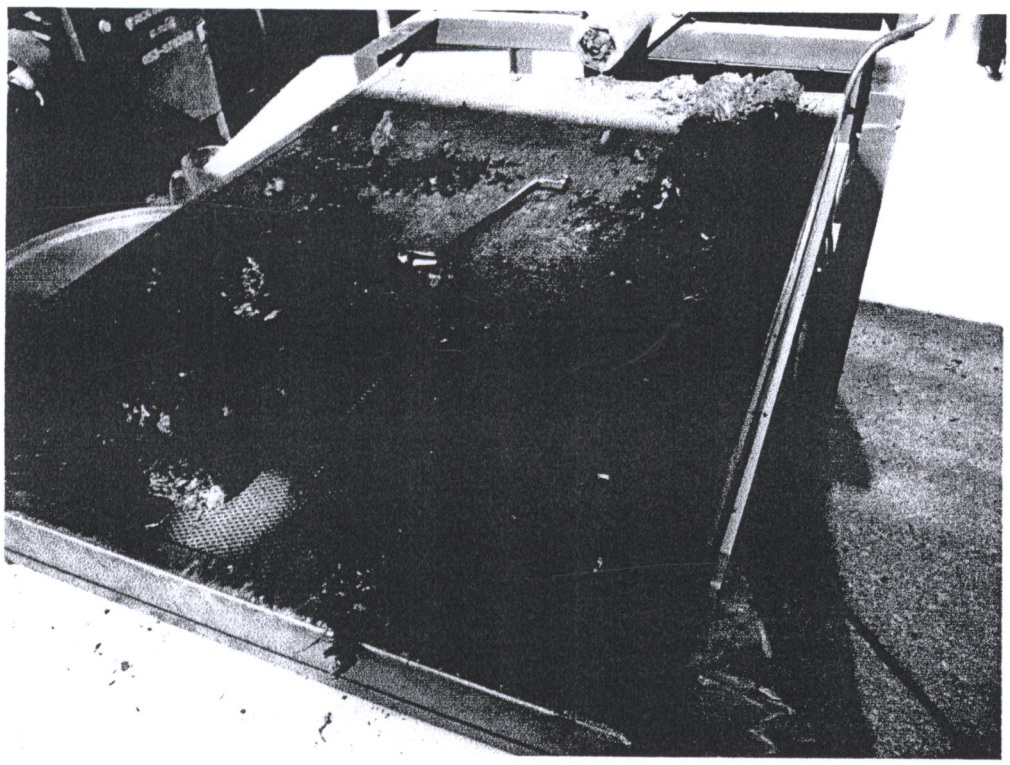


รูปที่ 4.24 ขยะเชื้อเพลิง RDF-5 ที่มีสัดส่วนของขยะ พลาสติก : กระดาษ : ไม้ เท่ากับ 1:1:1

ในเบื้องต้นผู้วิจัยได้ทำการศึกษาผลิตขยะเชื้อเพลิง RDF-5 ที่มีสัดส่วนของขยะ พลาสติก : กระดาษ : ไม้ เท่ากับ 1:1:1 และใช้ปูนขาวเป็นตัวประสาน เนื่องจากปูนขาวมีราคาถูกที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับตัวประสานชนิดอื่นๆ และให้ค่าความหนาแน่นของเชื้อเพลิงที่ผลิตได้สูงกว่าตัวประสานชนิดอื่นๆ

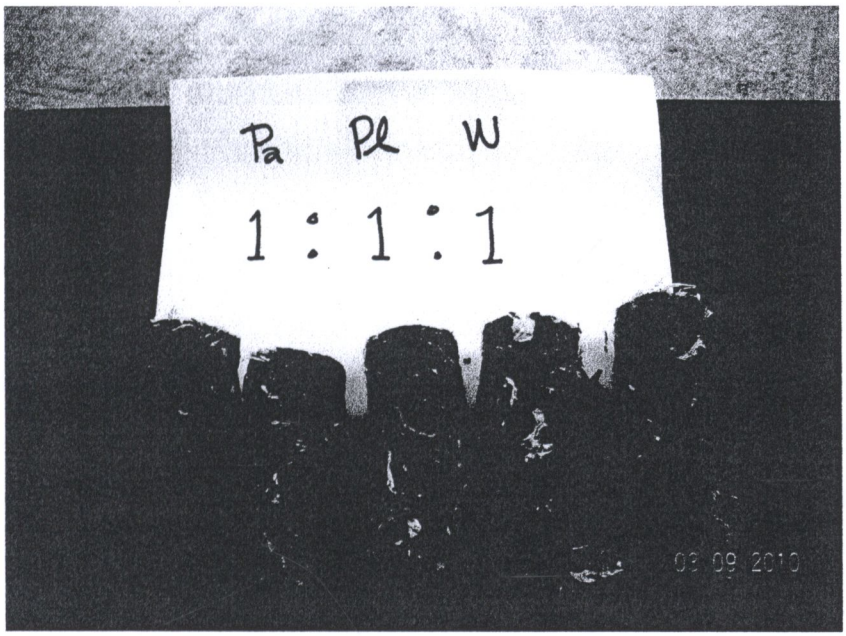
ผลการผลิตขยะเชื้อเพลิง RDF-5 ที่ผลิตได้จากขยะของเทศบาลตำบลฟ้าฮ่ามมีลักษณะเป็นแท่งเช่นเดียวกับงานวิจัยที่ผ่านมา ดังรูปที่ 20

นอกจากนี้ผู้วิจัยจะทำการทดลองผลิตโดยใช้ส่วนผสมอื่นๆ เช่น นำขยะที่เผาไหม้ได้ประเภทอื่นๆ มาอัดเป็นแท่งเชื้อเพลิง เช่น เศษผ้า ยาง เป็นต้น และจะทดลองเปลี่ยนชนิดของตัวประสาน และจะดำเนินการตรวจสอบคุณสมบัติของเชื้อเพลิงที่ผลิตได้ต่อไป



ที่มา: ศูนย์วิจัยพลังงานมหาวิทยาลัยแม่โจ้

รูปที่ 4.25 ขยะเชื้อเพลิง RDF-5 ที่ผลิตจากขยะของเทศบาลตำบลฟ้าฮ่าม



ที่มา: ศูนย์วิจัยพลังงานมหาวิทยาลัยแม่โจ้

รูปที่ 4.26 ตัวอย่างการทดลองอัดแท่งเชื้อเพลิง RDF-5 อัตราส่วน 1:1:1

4.5 คำนวณค่าพลังงานใช้ในการผลิตขยะเชื้อเพลิง RDF-5 ที่ผลิตกระแสไฟฟ้า 1 kWh

ทำการทดสอบรวมถึงวัดค่ากระแสไฟฟ้าการใช้พลังงานในการผลิตขยะเชื้อเพลิง RDF-5 แต่ละขั้นตอนของกระบวนการของในการผลิตและนำผลค่าการทดลองดังกล่าวใช้ในการคำนวณด้านเศรษฐศาสตร์การลงทุนร่วมถึงใช้ในการวิเคราะห์ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม

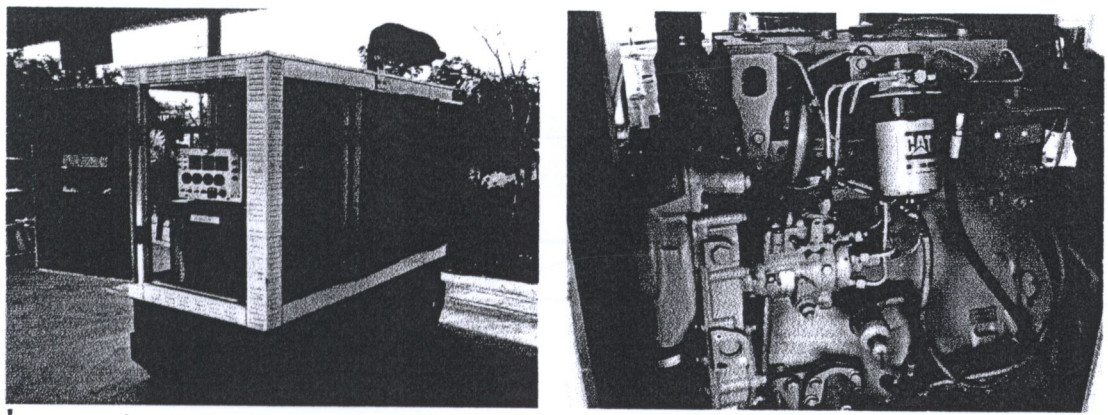
ตารางที่ 4.8 ผลการคำนวณการใช้พลังงานในการผลิตขยะเชื้อเพลิง RDF

ขั้นตอน	ปริมาณ	พลังงานที่ใช้	หน่วย
RDF plastic	0.114 kg	0.016	kWh
RDF paper	0.114 kg	0.023	kWh
RDF wood	0.114 kg	0.0064	kWh
RDF mix	0.346 kg	0.0051	kWh
RDF extrude	0.346 kg	0.107	kWh

4.6 ระบบผลิตไฟฟ้าจากการใช้เชื้อเพลิง RDF – 5

การใช้ขยะ RDF-5 เป็นเชื้อเพลิงในการผลิตกระแสไฟฟ้า ใช้ระบบ Gasifier ในการผลิตแก๊สเชื้อเพลิงสำหรับป้อนให้เครื่องกำเนิดไฟฟ้า การผลิตโปรดิวเซอร์แก๊สเป็นการเปลี่ยนรูปสถานะเชื้อเพลิงของแข็งให้เป็นแก๊สโดยใช้กระบวนการแก๊สซิฟิเคชั่นซึ่งเป็นการเผาไหม้เชื้อเพลิงในที่ๆ มีออกซิเจนน้อยกว่าปริมาณที่ต้องการในการสันดาปแบบสมบูรณ์ ส่วนประกอบที่สำคัญของแก๊สประเภทนี้คือ CO, H_2 และCH_4 ซึ่งเป็นแก๊สที่ติดไฟได้โปรดิวเซอร์แก๊สที่นำมาใช้กับเครื่องยนต์จะให้ประสิทธิภาพในการผลิตแก๊สมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับการออกแบบเครื่องผลิตโปรดิวเซอร์แก๊ส การออกแบบเครื่องผลิตโปรดิวเซอร์แก๊สเริ่มต้นจากการหาความต้องการในการผลิตกระแสไฟฟ้า จากนั้นจึงออกแบบหาอัตราความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง ขนาดคอคอด จำนวนหัวฉีด ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางหัวฉีดและความจุถังเชื้อเพลิง ดังนั้นการรายงานผลการออกแบบระบบผลิตไฟฟ้าโดยใช้โปรดิวเซอร์แก๊สในครั้งนี้คณะวิจัย ได้นำเสนอในส่วนของการออกแบบระบบผลิตไฟฟ้าเพื่อใช้กับเครื่องยนต์ดีเซลกำเนิดไฟฟ้า Caterpillar โดยมีรายละเอียดผลการออกแบบดังต่อไปนี้

การออกแบบระบบผลิตกระแสไฟฟ้าโดยใช้โปรดิวเซอร์แก๊สในครั้งนี้ได้ใช้เครื่องยนต์ดีเซลผลิตกระแสไฟฟ้า Caterpillar รุ่น 11034A ขนาด 62 hp ดังรูปที่ 4.27 โดยได้ติดตั้งชุดกำเนิดไฟฟ้าขนาด 32 kW ซึ่งเป็นแบบ 3 Phase 4 wire แรงดันไฟฟ้า 380V ความถี่ 50 Hz ต่อร่วมกับชุดภาระโหลด แบบลวดความร้อน (heater) ขนาด 25 kW มีพัดลมเป่าระบายความร้อน ดังรูในส่วนของเครื่องยนต์ดีเซลไม่มีการดัดแปลงชิ้นส่วนอะไหล่ รายละเอียดข้อมูลเทคนิคของเครื่องยนต์ ดังตารางที่ 4.9



ที่มา: ศูนย์วิจัยพลังงานมหาวิทยาลัยแม่โจ้

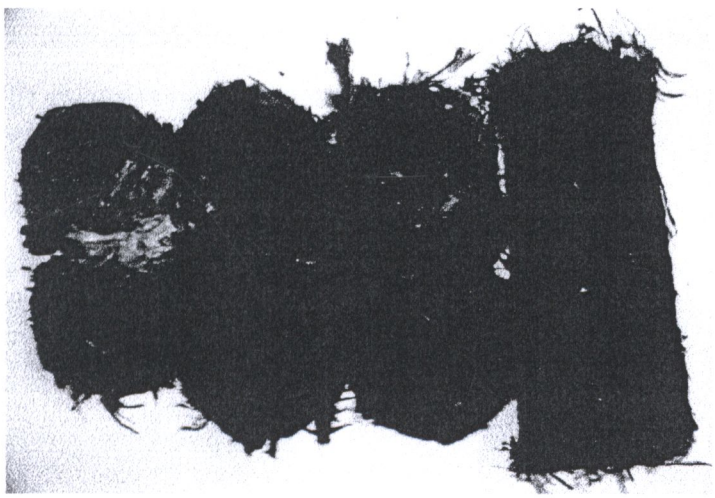
รูปที่ 4.27 เครื่องยนต์ดีเซลผลิตกระแสไฟฟ้าโดยใช้โปรดิวเซอร์แก๊ส

ตารางที่ 4.9 รายละเอียดข้อมูลเทคนิคเครื่องยนต์ดีเซลกำเนิดไฟฟ้า Caterpillar ขนาด 32 kWe

เครื่องยนต์ดีเซลกำเนิดไฟฟ้า	รายละเอียด
Engine make & Model	Perkins 1103A
Cylinder/Alignment	4/ Inline.
cycle	4 stroke
Compression Ratio	17.25:1
Bore	105mm. (4.1in)
Stroke	127mm. (5.0in)
Cylinder Capacity	3,300cc. ($201in^3$)
Engine Speed	1500 rpm
Gross Engine Power	62 hp (46.4 kW)
Cooling System Capacity	10.2 litre
Total Oil Capacity	8.3 litre
Oil Type	API CG4 15W-40
Fuel Consumption	5.1 Litre/hr @ Load 50%
Alternator manufacturer	Olympian 3 phases 50 Hertz 380V 40 kVA

4.7 ขนาดความหนาแน่นและความชื้นของเชื้อเพลิง

การประเมินระบบผลิตโปรดิวเซอร์แก๊สเชื้อเพลิงที่ใช้สำหรับการทดสอบประกอบด้วยเชื้อเพลิงจาก RDF-5 ซึ่งจากผลการประเมิน ขนาด ความหนาแน่นและความชื้นของเชื้อเพลิง สรุปว่า ในส่วนของ RDF-5 ที่นำมาทดสอบมีขนาด ความหนาแน่นและความชื้นอยู่ในเกณฑ์ที่เหมาะสมสำหรับการนำไปทดสอบ จะใช้เงื่อนไขเดียวกันโดยพบว่ามีขนาดเฉลี่ยอยู่ในช่วง 5x5x3cm ความหนาแน่นเฉลี่ย 500-560 kg/m^3 และความชื้นเฉลี่ย 10% ตามรูปที่ 4.28



รูปที่ 4.28 RDF-5 ที่ใช้ทดสอบ

ตารางที่ 4.10 คุณสมบัติของเชื้อเพลิงที่ใช้ทดสอบ

กลุ่มวิจัย	ชนิดเชื้อเพลิง	ขนาดเชื้อเพลิง (cm)	ความชื้น (%)
ศูนย์วิจัยพลังงาน	RDF-5	5x5x3	10

4.7.1 ค่าความร้อนของเชื้อเพลิง

ค่าความร้อนของเชื้อเพลิงเป็นค่าที่บ่งบอกถึงความร้อนที่เกิดจากการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงการหาค่าความร้อนของเชื้อเพลิงหาได้จากการทดสอบในอุปกรณ์หาค่าความร้อนบอมบ์แคลอรีมิเตอร์ ซึ่งการประเมินค่าความร้อนเชื้อเพลิงของระบบผลิตโปรดิวเซอร์แก๊สซึ่งได้แก่ เชื้อเพลิงจากไม้ พบว่าไม้มีค่าความร้อนเฉลี่ย 20,590 kJ/kg และเชื้อเพลิง RDF-5 มีค่าความร้อนเฉลี่ย 19,105.47 kJ/kg ระบบผลิตไฟฟ้าโดยใช้แก๊สเชื้อเพลิงจากขยะ RDF-5 ร่วมกับน้ำมันดีเซลการประเมินผลการทดสอบอัตราความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะได้ใช้เครื่องยนต์ดีเซลผลิตกระแสไฟฟ้าขนาด 1 kW เป็นเครื่องทดสอบ ตามลำดับ การวัดอัตราความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงใช้วิธีการชั่งน้ำหนักแล้วเปรียบเทียบกับเวลา โดยมีมิเตอร์ทางไฟฟ้าเป็นตัวบอกปริมาณการใช้ไฟฟ้า จากการทดสอบทำงานมีผลให้ อัตราความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะของเชื้อเพลิงลดลง ประสิทธิภาพการผลิตแก๊สเชื้อเพลิงจากขยะ RDF-5 สภาวะที่เหมาะสมของการผลิตแก๊สเชื้อเพลิงจากขยะ RDF-5 กับเตาผลิตแก๊สเชื้อเพลิงแบบ Downdraft Gasifier โดยประสิทธิภาพจะประเมินจากองค์ประกอบของโปรดิวเซอร์แก๊ส ค่าความร้อนเชื้อเพลิง ฝุ่นที่เจือปนอยู่ในโปรดิวเซอร์แก๊ส

4.7.2 สัดส่วนการทดแทนเชื้อเพลิงดีเซล

การประเมินสัดส่วนการทดแทนน้ำมันเชื้อเพลิงดีเซลของระบบผลิตไฟฟ้าโดยใช้โปรดิวเซอร์แก๊สหาได้จากอัตราส่วนของผลต่างอัตราความสิ้นเปลืองจำเพาะของเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันดีเซลและทดสอบ การใช้โปรดิวเซอร์แก๊สจากขยะเชื้อเพลิง RDF-5 ให้สัดส่วนการทดแทนน้ำมันดีเซล โดยมีสัดส่วนการทดแทนน้ำมันดีเซล ตามลำดับ ซึ่งเป็นผลมาจากค่าความร้อนโปรดิวเซอร์แก๊สที่เกิดจากขยะเชื้อเพลิงมีค่าความร้อนที่สูง การเพิ่มภาระโหลดทำงานส่งผลให้สัดส่วนการทดแทนน้ำมันดีเซลลดลง รายละเอียดสัดส่วนการทดแทนน้ำมันเชื้อเพลิงดีเซลระบบผลิตไฟฟ้าโดยใช้โปรดิวเซอร์แก๊สดังตารางที่ 4.11

ตารางที่ 4.11 รายละเอียดสัดส่วนการทดแทนน้ำมันเชื้อเพลิงดีเซลระบบผลิตไฟฟ้า

ทดสอบในการผลิตกระแสไฟฟ้าจากเครื่องกำเนิดไฟฟ้า	Start	End	Use (g)
15 kWh	7968.2	5032.7	2935.5
คำนวณที่ 1 kWh	ใช้ปริมาณน้ำมัน = 0.195 kg		
กระแสไฟฟ้า (kWh)	**15 kWh ใช้ปริมาณขยะเชื้อเพลิง**	**1 kWh ใช้ปริมาณขยะเชื้อเพลิง**	
เชื้อเพลิง RDF-5	5.2 kg	0.346 kg	

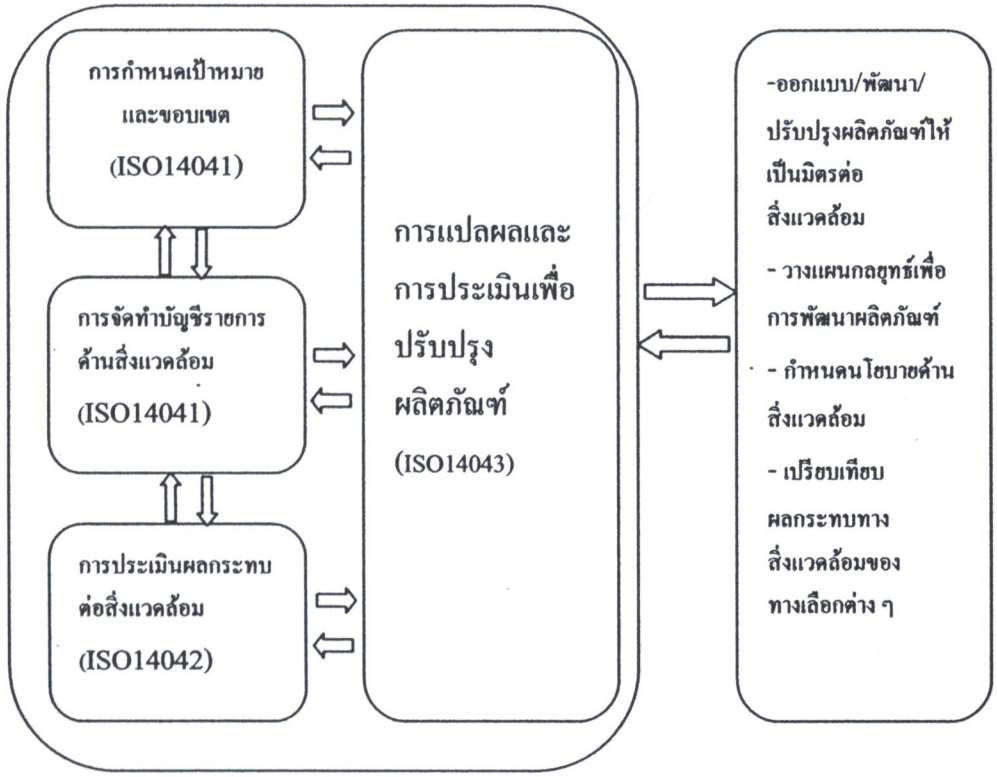
4.8 หลักการประเมินวัฏจักรชีวิต (Life Cycle Assessment, LCA)

การประเมินวัฏจักรชีวิต เป็นเครื่องที่ใช้ในการวิเคราะห์และประเมินค่าผลกระทบของผลิตภัณฑ์ที่มีต่อสิ่งแวดล้อมตลอดช่วงชีวิต เริ่มตั้งแต่การสกัดหรือการได้มาซึ่งวัตถุดิบ กระบวนการผลิต การขนส่งและการแจกจ่าย การใช้งานผลิตภัณฑ์ การนำกลับมาใช้ใหม่หรือการแปลงสภาพ และการจัดการเศษซากของผลิตภัณฑ์ที่หมดอายุ โดยจะใช้ข้อมูลของปริมาณพลังงานและวัตถุดิบที่ใช้ รวมทั้งของเสียที่มีการปล่อยออกสู่สิ่งแวดล้อม

ทั้งนี้ผลกระทบของผลิตภัณฑ์ที่มีต่อสิ่งแวดล้อมที่ได้นั้นสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้หลายประการเช่น ใช้เป็นข้อมูลในการหาวิธีปรับปรุงผลิตภัณฑ์หรือกระบวนการเพื่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมน้อยที่สุด สำหรับงานวิจัยนี้จะใช้ค่าผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมดังกล่าวในการเปรียบเทียบโครงการผลิตไฟฟ้าด้วยเทคโนโลยีที่แตกต่างกัน

โดยการการประเมินวัฏจักรชีวิต ประกอบด้วย 4 ขั้นตอนหลักตามมาตรฐาน ISO 14040 ซึ่งแสดงได้ดังรูปที่ 4.29 แต่ละขั้นตอนมีรายละเอียดดังนี้

105



รูปที่ 4.29 ขั้นตอนการประเมินวัฏจักรชีวิตตามมาตรฐาน ISO 14040

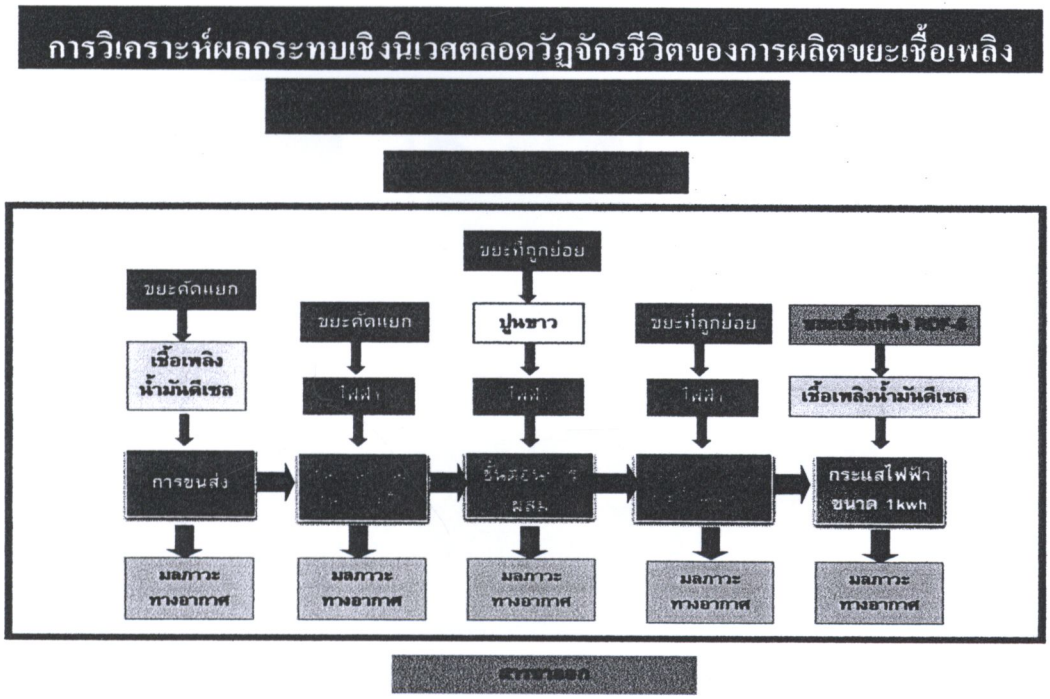
ตารางที่ 4.12 การวิเคราะห์ผลกระทบเชิงนิเวศตลอดวัฏจักรชีวิตของการผลิตขยะเชื้อเพลิง

การวิเคราะห์ผลกระทบเชิงนิเวศตลอดวัฏจักรชีวิตของการผลิตขยะเชื้อเพลิง	
(1) Goal and Scope Definition	การกำหนดเป้าหมายและขอบเขต
(2) Inventory Analysis	การจัดทำบัญชีรายการ
(3) Impact Assessment	การประเมินผลกระทบ
(4) Interpretation	การแปลผล / การประเมินปรับปรุง

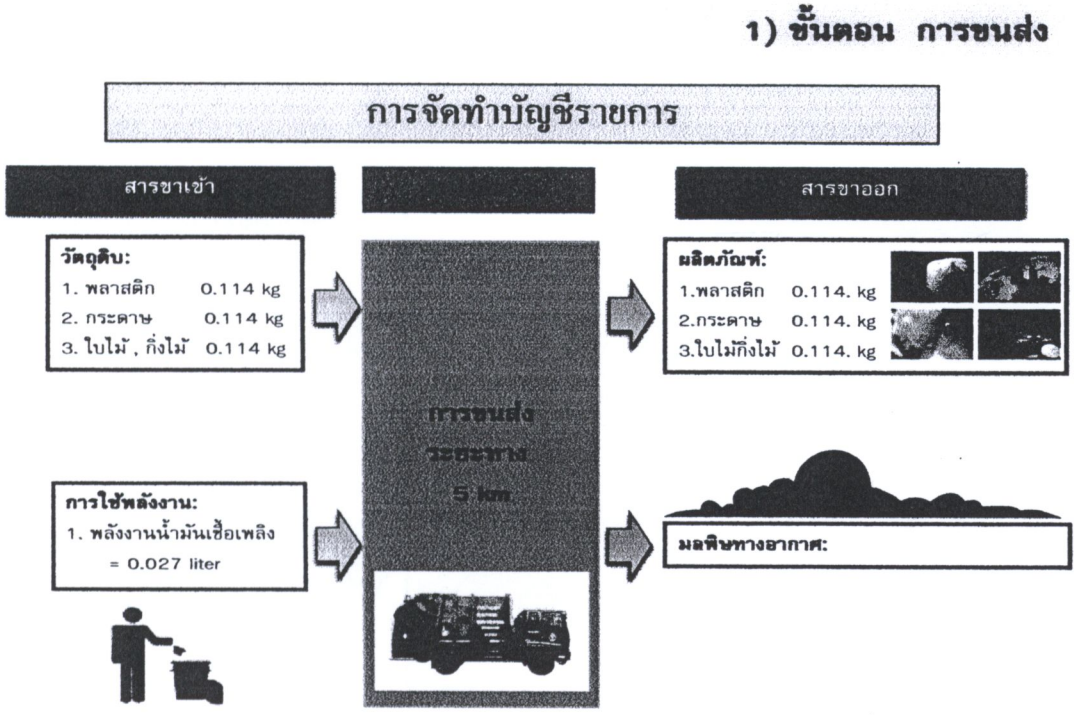
ตารางที่ 4.13 การกำหนดเป้าหมายและขอบเขต

(1) Goal and Scope Definition	การกำหนดเป้าหมายและขอบเขต
ผลิตภัณฑ์ที่ทำการศึกษา	[redacted]
เป้าหมาย (Goal)	1) เพื่อพัฒนาบัญชีรายการตลอดวัฏจักรชีวิตของการผลิตขยะเชื้อเพลิง RDF-5 2) เพื่อวิเคราะห์ผลกระทบเชิงพลังงานและสิ่งแวดล้อมตลอดวัฏจักรชีวิตของการผลิตขยะเชื้อเพลิงจากขยะชุมชน
ขอบเขต (Scope)	[redacted] → [redacted] → การผลิตกระแสไฟฟ้าขนาด 1 kwh
หน่วยหน้าที่ (Functional unit)	กระแสไฟฟ้าขนาด 1 kwh

ตารางที่ 4.14 การเก็บข้อมูล

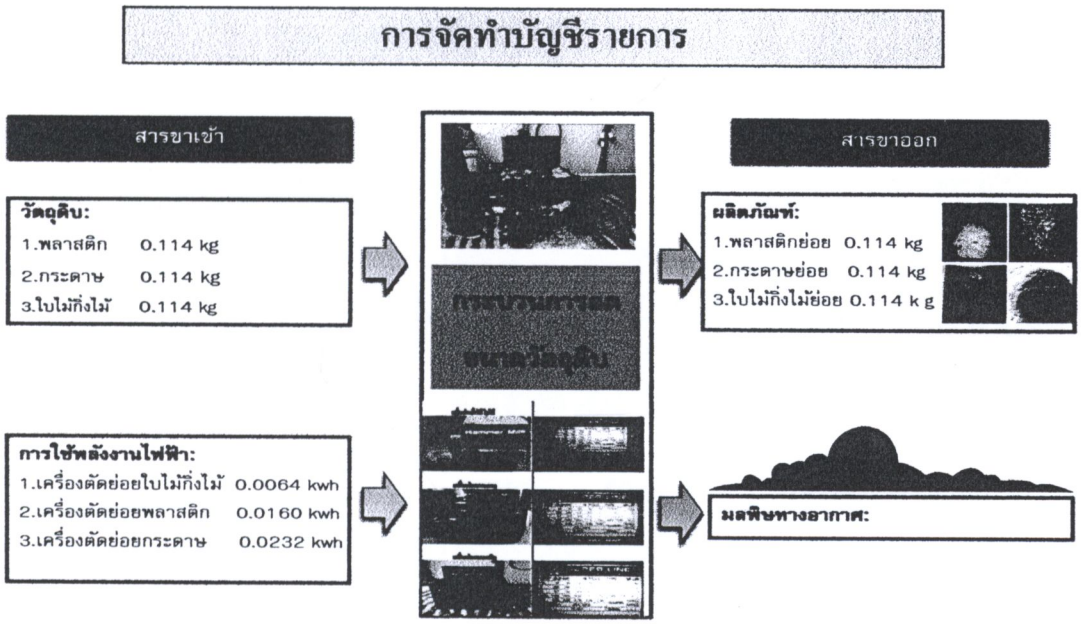


ตารางที่ 4.15 ขั้นตอนการขนส่ง



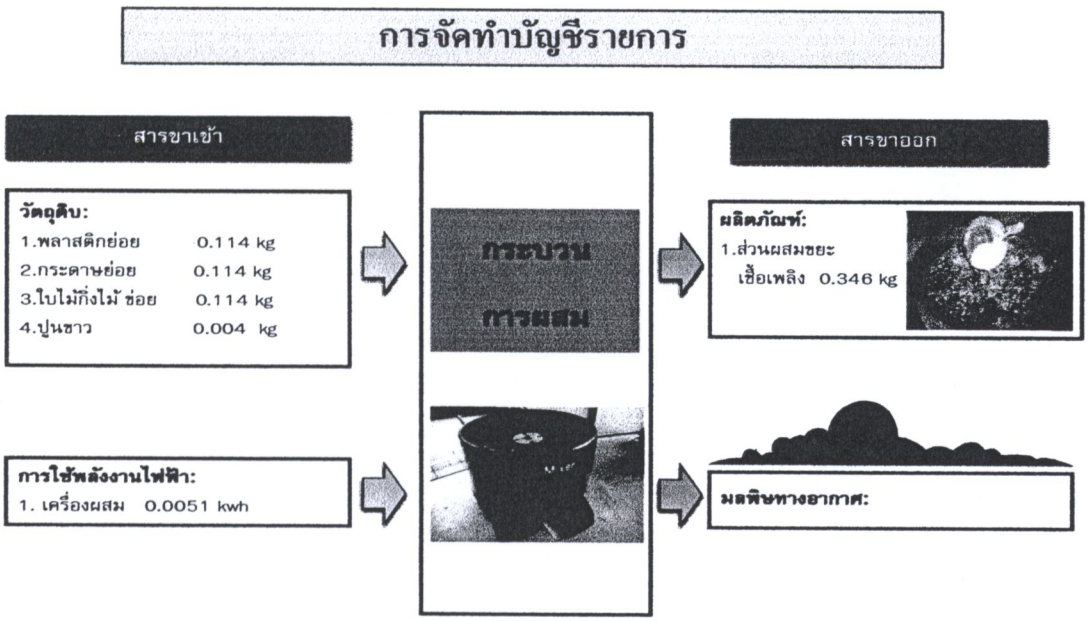
ตารางที่ 4.16 ขั้นตอนการลดขนาดวัตถุดิบ

2) ขั้นตอน การลดขนาดวัตถุดิบ



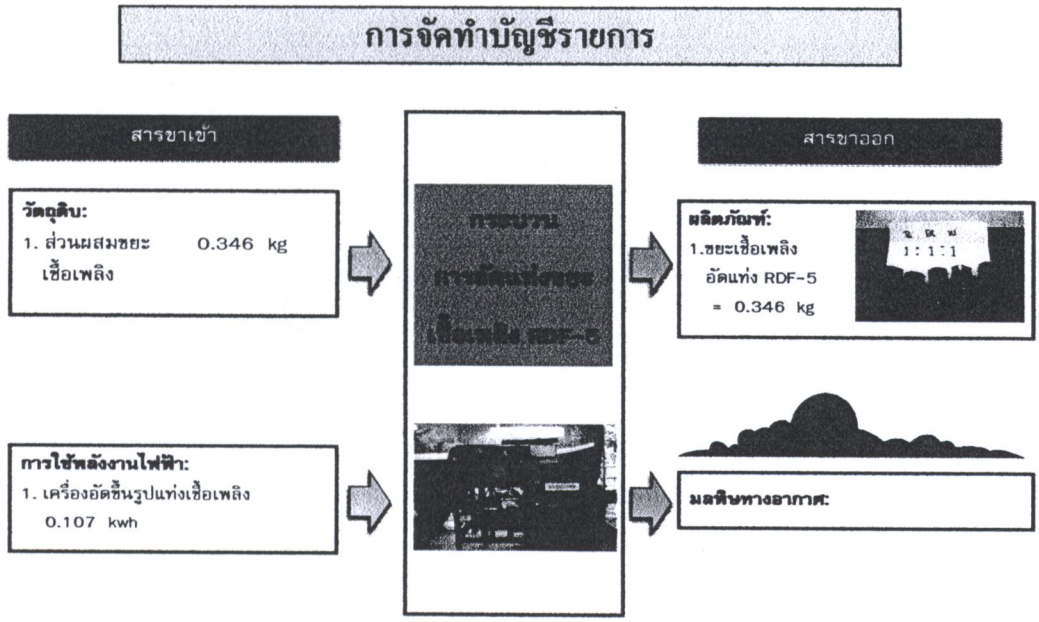
ตารางที่ 4.17 ขั้นตอนการผสม

3) ขั้นตอน การผสม



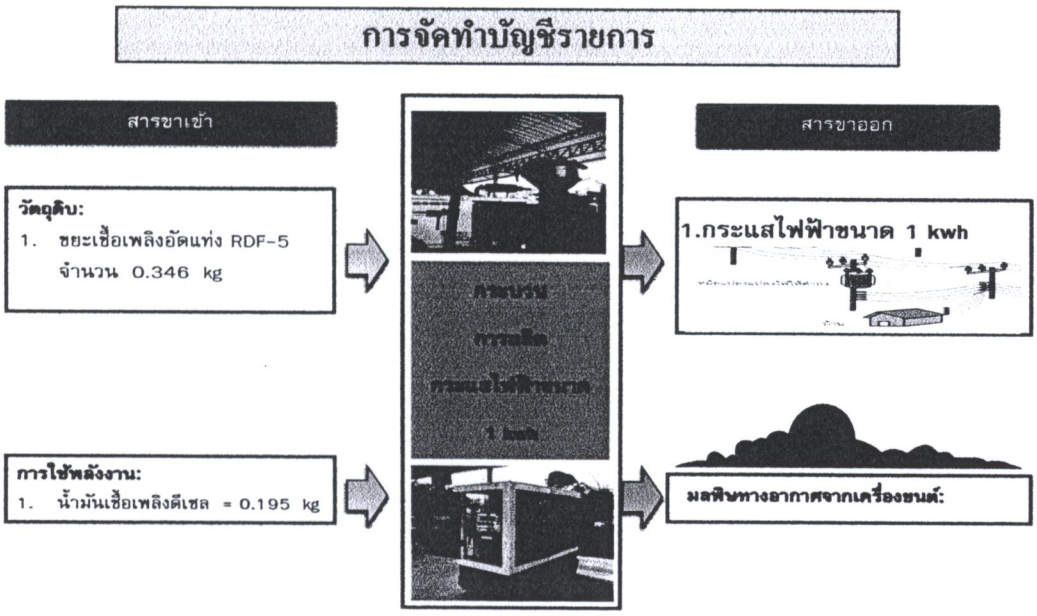
ตารางที่ 4.18 ขั้นตอนการอัดแท่งขยะเชื้อเพลิง

4) ขั้นตอน การอัดแท่งขยะเชื้อเพลิง



ตารางที่ 4.19 ขั้นตอนการผลิตกระแสไฟฟ้าขนาด 1 kWh

5) ขั้นตอน การผลิตกระแสไฟฟ้าขนาด 1kwh



ตารางที่ 4.20 โปรแกรม Simapro ประเมินผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อมขยะเชื้อเพลิง RDF-5

โปรแกรม SimaPro 7.1 ประเมินกระทบด้านสิ่งแวดล้อมขยะเชื้อเพลิง RDF-5						
SimaPro 7.1	Impact assessment	Date:		08/08/2011	Time:	14:27:46
Title:	Analyzing 'RDF Life Cycle'					
Method:	CML 2 baseline 2000 V2.04 / the Netherlands, 1997					
Indicator:	Characterization					
Impact category	Unit	การจัดหาวัตถุดิบ	ผลิต	ใช้งาน	รวม	
Abiotic depletion	kg Sb eq	5.62 E- 06	9.53E-04	7.08E-04	1.67E-03	
Acidification	kg SO2 eq	2.22 E- 06	2.82E-04	5.39E-04	8.23E-04	
Eutrophication	kg PO4--- eq	3.42 E- 07	4.07E-05	5.44E-05	9.55E-05	
Global warming (GWP100)	kg CO2 eq	8.50 E- 04	1.43E-01	8.68E-02	2.30E-01	
Ozone layer depletion (ODP)	kg CFC-11 eq	1.20 E- 09	9.45E-10	1.40E-07	1.42E-07	
Human toxicity	kg 1,4-DB eq	2.48 E- 04	1.99E-03	3.29E-02	3.51E-02	
Fresh water aquatic ecotox.	kg 1,4-DB eq	4.52 E- 05	4.57E-05	6.67E-03	6.76E-03	
Marine aquatic ecotoxicity	kg 1,4-DB eq	1.52 E- 01	1.22E-01	2.52E+01	2.55E+01	
Terrestrial ecotoxicity	kg 1,4-DB eq	7.62 E- 07	1.45E-05	4.45E-04	4.60E-04	
Photochemical oxidation	kg C2H4	3.35 E- 07	6.44E-06	1.25E-04	1.32E-04	

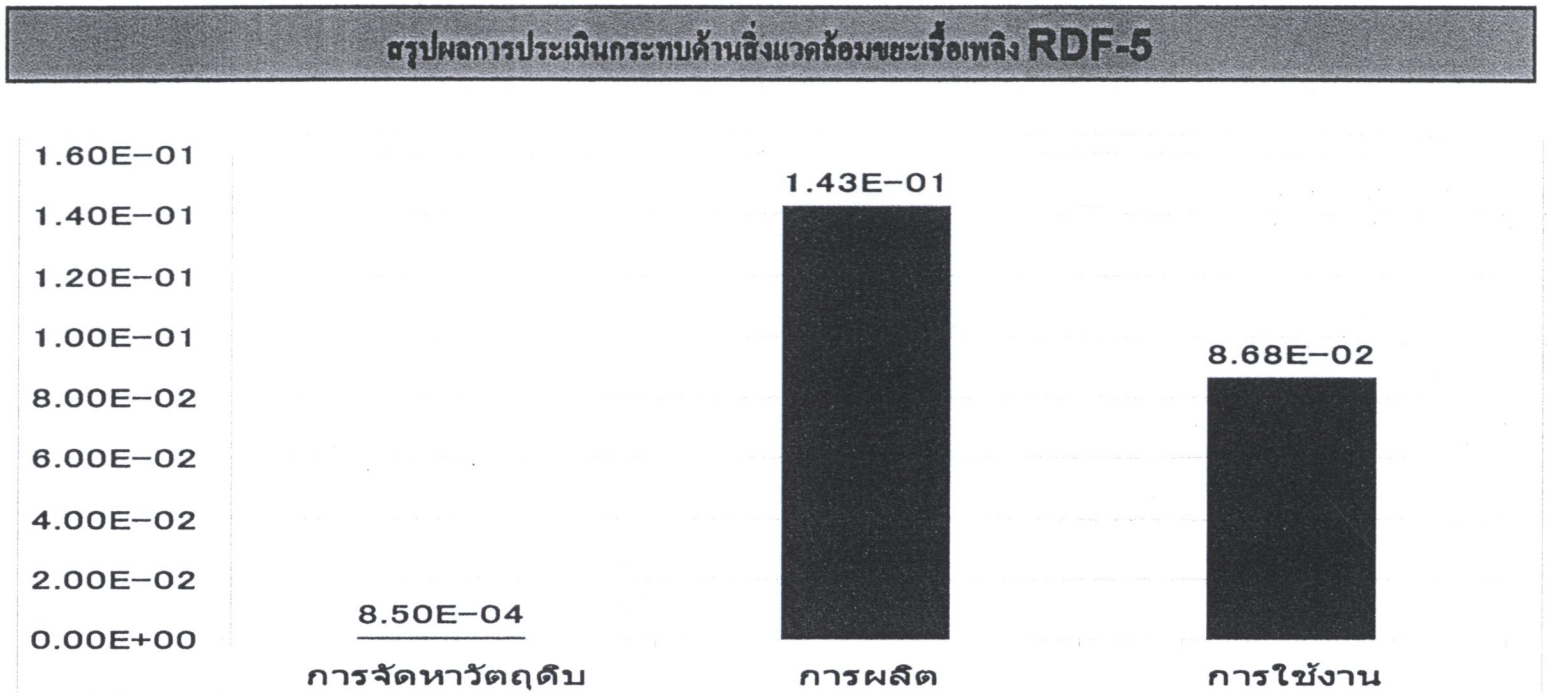
ตารางที่ 4.21 วิเคราะห์การประเมินผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อม CML baseline 2000 V2.04

ขยะเชื้อเพลิง RDF-5 ประเมินกระทบด้านสิ่งแวดล้อมโดย CML 2 baseline 2000 V2.04

การผลิตไฟฟ้าจาก ขยะเชื้อเพลิง RDF-5 Impact category	หน่วย	ค่าผลกระทบรวม
		ต่อ 1 kwh
Global warming	kg CO_2	2.30E- 01
Ozone depletion	kg CFC11	6.74 E- 08
Acidification	kg SO_2	6.42 E- 05

สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ

ตารางที่ 4.22 สรุปผลการประเมินผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อมขยะเชื้อเพลิง RDF-5



ผลกระทบด้าน Global warming (GWP100) kg CO2 eq

ผลกระทบ	หน่วย	ผลการศึกษา						
		CML Baseline 2000	IPCC 2007	Eco-indicator 95	EDIP2003	IMPACT 20002+	TRACI	หมายเหตุ
ภาวะโลกร้อน	kg CO_2 eq.	2.30E-01	2.26E-01	2.16E-01	2.34E-01	2.19E-01	2.31E-01	
การลดลงของโอโซน	kg CFC-11 eq.	1.42E-07		1.88E-07	1.42E-07	1.42E-07	1.42E-07	
การเกิดฝนกรด	kg SO_2 eq.	8.23E-04		8.91E-04	7.99E-03*		4.84E-02**	*Unit m^2+ moles eq
การลดลงของทรัพยากรธรรมชาติประเภทที่ไม่สามารถทดแทน	kg Sb eq.	1.67E-03						
การเพิ่มขึ้นของธาตุอาหาร	kg PO_4 eq.	9.55E-05		9.55E-05			3.45E-05*	*Unit kg N eq
ระบบนิเวศความเป็นพิษในมนุษย์	kg 1,4-DB eq	3.51E-02						
ระบบนิเวศความเป็นพิษในมนุษย์ (อากาศ)	m^2				2.79E+03			
ระบบนิเวศความเป็นพิษในมนุษย์ (น้ำ)	m^2				1.63E-01			
ระบบนิเวศความเป็นพิษในมนุษย์ (ดิน)	m^2				1.43E-02			
ระบบนิเวศความเป็นพิษในน้ำ	kg 1,4-DB eq	6.76E-03						
ระบบนิเวศความเป็นพิษในน้ำทะเล	kg 1,4-DB eq	2.55E+01				2.74E+01*		*Unit TEG water
ระบบนิเวศความเป็นพิษบนบก	kg 1,4-DB eq	4.60E-04				1.71E+00*		*Unit TEG soil
การเกิดออกซิเดชั่นแสง – เคมี	kg C_2H_4	1.32E-04						
การใช้พลังงาน	MJ LHV			3.05E+00				
การใช้พลังงานที่ไม่ใช่พลังงานทดแทน	MJprimary					3.03E+00		
ขยะแข็ง	kg			7.73E-03	2.36E-05			
สารก่อมะเร็ง	kg C_2H_3Cl eq					4.08E-04	5.92E-05*	*Unit kg benzen eq
หมอกควัน	kg NOx eq						7.75E-04	

ตารางที่ 4.23 แสดงการเปรียบเทียบผลการศึกษา LCIA ด้วยวิธีการต่างๆ ในขั้นตอนที่ต้องดำเนินการ (หน่วยต่อ kWh)

ผลกระทบ	การเทียบหน่วย				การให้น้ำหนักความสำคัญ			
	CML Baseline 2000	Eco-indicator 95	Eco-indicator 99	IMPACT 2002+	หน่วย	Eco-indicator 95	Eco-indicator 99	IMPACT 2002+
ภาวะโลกร้อน	5.23E-15	1.65E-05	5.55E-06	2.21E-05	Pt	4.14E-05	3.05E-03	2.21E-05
การลดลงของโอโซน	1.24E-16	2.03E-07	1.46E-08	2.10E-08	Pt	2.03E-05	8.01E-06	2.10E-08
การเกิดฝนกรด	2.54E-15	7.91E-06	9.94E-07		Pt	7.91E-05	2.49E-04	
การลดลงของทรัพยากรธรรมชาติประเภทที่ไม่สามารถทดแทน	1.05E-14				Pt			
การเพิ่มขึ้นของธาตุอาหาร	7.19E-16	2.5E-06			Pt	1.25E-05		
ระบบนิเวศความเป็นพิษในมนุษย์	5.86E-16				Pt			
ระบบนิเวศความเป็นพิษในน้ำ	3.27E-15				Pt			
ระบบนิเวศความเป็นพิษในน้ำทะเล	3.37E-14			1.00E-07	Pt			1.00E-07
ระบบนิเวศความเป็นพิษบนบก	1.74E-15			9.87E-07	Pt			9.87E-07
การเกิดออกซิเดชั่นแสง – เคมี	1.27E-15				Pt			
การใช้พลังงาน		1.92E-05			Pt	0.00E+00		
การใช้พลังงานที่ไม่ใช่พลังงานทดแทน				2.00E-05	Pt			2.00E-05
สารก่อมะเร็ง			2.18E-07	1.61E-07	Pt	1.95E-06	1.20E-04	1.61E-07
การใช้พื้นที่ดิน			2.56E-07	8.07E-08	Pt		6.39E-05	8.07E-08

ตารางที่ 4.24 แสดงการเปรียบเทียบผลการศึกษา LCIA ด้วยวิธีการต่างๆ ในขั้นตอนที่เป็นทางเลือกศึกษา