



การประเมินวัฏจักรชีวิตของ เชื้อเพลิง RDF-5 ที่มีส่วนประกอบของขยะที่ผ่านกระบวนการบำบัดเชิงกลชีวภาพและกากตะกอนน้ำมันดิบ

สมชาย มณีวรรณ<sup>1</sup>, ฉันทนา พันธุ์เหล็ก<sup>1</sup>, วีระ พันอินทร์<sup>2</sup>

<sup>1</sup>ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนครสวรรค์ พิษณุโลก 65000 โทร 0-5596-3553 โทรสาร 0-5596-3552

<sup>2</sup>สาขาวิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพกาลำปาง 52100 โทร 0-5424-2306 โทรสาร 0-5423-7388

บทคัดย่อ

บทความฉบับนี้ศึกษาการประเมินวัฏจักรชีวิตของเชื้อเพลิง RDF-5 ที่มีส่วนประกอบของขยะที่ผ่านกระบวนการบำบัดเชิงกลชีวภาพ (MBWT) และกากตะกอนน้ำมันดิบโดยเปรียบเทียบกับเชื้อเพลิง RDF-5 ที่มีส่วนประกอบของขยะชุมชน (MSW) และกากตะกอนน้ำมันดิบงานวิจัยดังกล่าวใช้ขยะที่ผ่านกระบวนการบำบัดด้วยวิธีเชิงกลชีวภาพ (MBT) ระยะเวลา 5 เดือน ทำการศึกษาที่อัตราส่วนของกากตะกอนน้ำมันดิบต่อขยะ MBT/MSW ที่อัตราส่วน 5:95, 10:90, 15:85, 20:80 และ 25:75 จากผลการวิเคราะห์เชื้อเพลิง RDF-5 ที่ผลิตจากกากตะกอนน้ำมันดิบร่วมกับขยะชุมชน และขยะบำบัดเชิงกลชีวภาพในอัตราส่วน 20:80 เป็นอัตราส่วนที่เหมาะสมในการผลิต เมื่อเปรียบเทียบผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อมของเชื้อเพลิงจากที่ผลิตจากขยะชุมชนมีผลกระทบสูงกว่าเชื้อเพลิงที่ผลิตจากขยะบำบัดเชิงกลชีวภาพ ที่อัตราส่วน 20:80 เท่ากัน โดยจากการประเมินวัฏจักรชีวิตในกรณีของเชื้อเพลิง RDF-5 จากขยะเชิงกลชีวภาพร่วมกับกากตะกอนน้ำมันดิบ (CBT4) พบว่าประเภทของผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้นสูงสุดคือ Heavy metals มีค่าเท่ากับ 3,483.44 Pt รองลงมาคือ Acidification มีค่าเท่ากับ 751.57 Pt, Winter smog มีค่าเท่ากับ 347.30 Pt และ Greenhouse มีค่าเท่ากับ 260.41 Pt ตามลำดับ

คำสำคัญ: เชื้อเพลิง RDF-5, ขยะชุมชน, ขยะบำบัดเชิงกลชีวภาพ, กากตะกอนน้ำมันดิบ, วัฏจักรชีวิต

Abstract

This paper was to study the Life Cycle of refuse derived fuel 5 (RDF-5) composed of mechanical biological waste treatment (MBWT) and crude oil sludge compared with municipal solid waste (MSW) and crude oil sludge. In this case study, the formation of RDF-5 was done by mixing crude oil sludge with the MBT for 5 months. The ratios of MBT/MSW and crude oil sludge were 5:95, 10:90, 15:85, 20:80 and 25:75 respectively. The results showed that the optimal 20:80 ratio was feasibility to produce the RDF-5. The environment results of MBT/MWS and crude oil has effect of environments impact; which 20:80 ratio MWS has more environmental impact comparison of MBT. The Life Cycle Assessment shown that the major environmental impact of RDF-5 (CBT4) is the heavy metals effect was about 2,972.49 Pt, followed by the acidification effect was about 724.23 Pt, the winter smog was about 335.05 Pt and the greenhouse effects was about 248.42 Pt respectively.

Keywords : RDF-5, MSW, MBT, crude oil sludge, Life Cycle

1. บทนำ

การเพิ่มขึ้นของประชากร ส่งผลให้เกิดความต้องการการใช้พลังงานสูงตาม โดยในช่วง 9 เดือนแรกของปี 2556 ประเทศไทยมีความต้องการใช้พลังงาน 2,007 เทียบเท่าพันบาร์เรลน้ำมันดิบต่อวัน เพิ่มขึ้นจากช่วงเดียวกันของปีก่อนร้อยละ 1.9 โดยการใช้ก๊าซธรรมชาติ ซึ่งคิดเป็นสัดส่วนการใช้สูงสุดร้อยละ 46 ของการใช้พลังงานขั้นต้นทั้งหมด มีการใช้เพิ่มขึ้นร้อยละ 4.1 รองลงมาได้แก่ การใช้น้ำมัน สัดส่วนร้อยละ 36 มีการใช้เพิ่มขึ้นร้อยละ 3.0 การใช้ลิกไนต์ สัดส่วนร้อยละ 5 มีการใช้เพิ่มขึ้นร้อยละ 5.7 ในขณะที่การใช้ถ่านหินนำเข้า สัดส่วนร้อยละ 11 มีการใช้ลดลงร้อยละ 5.9 และการใช้ไฟฟ้าพลังน้ำ/ไฟฟ้านำเข้า สัดส่วนร้อยละ 2 มีการใช้ลดลงร้อยละ 20.4[1] ผลจากการเพิ่มขึ้นของประชากร การขยายตัวของเศรษฐกิจ นอกจากจะส่งผลกระทบต่อความต้องการพลังงานแล้ว ยังก่อให้เกิดการเพิ่มขึ้นของปริมาณขยะ[2] ปัญหาขยะมูลฝอยซึ่งนับวันจะเพิ่มสูงขึ้นตามจำนวนประชากรซึ่งจากการสำรวจข้อมูลปริมาณขยะมูลฝอยทั่วประเทศ เมื่อ พ.ศ. 2556 โดยทำการสำรวจจากกลุ่มเป้าหมาย คือ องค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นทั่วประเทศ จำนวน 7,782 แห่ง ประกอบด้วยเทศบาล จำนวน 2,271 แห่ง องค์การบริหารส่วนตำบล จำนวน 5,510 แห่ง และ กทม. โดย พ.ศ.2556 พบว่า ปริมาณขยะมูลฝอยที่เกิดขึ้นทั่วประเทศ มีจำนวน 26.77 ล้านตัน เพิ่มขึ้นจากปีที่ผ่านมาถึง 2 ล้านตัน โดยขยะมูลฝอยจำนวนดังกล่าว ได้รับการให้บริการเก็บขนและนำไปกำจัดจากองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น จำนวน 4,179 แห่ง (ร้อยละ 54) โดยมีปริมาณขยะมูลฝอยที่ถูกนำไปกำจัดแบบถูกต้องจำนวน 7.2 ล้านตัน (ร้อยละ 27) กำจัดแบบไม่ถูกต้อง 6.9 ล้านตัน (ร้อยละ 26) มีปริมาณขยะมูลฝอยที่ไม่ได้รับการเก็บขนทำให้เกิดค้ำในพื้นที่ยู่ถึง 7.6 ล้านตัน (ร้อยละ 28) และมีปริมาณขยะมูลฝอยที่ถูกดึงนำกลับมาใช้ประโยชน์ใหม่ 5.1 ล้านตัน (ร้อยละ 19) ขณะนี้ทั้งประเทศมีสถานที่กำจัดขยะมูลฝอยอยู่ทั้งหมด 2,490 แห่ง เป็นสถานที่ที่มีการกำจัดขยะ มูลฝอยแบบถูกต้องเพียง 466 แห่ง (ร้อยละ 19) และยังคงมีสถานที่กำจัดขยะมูลฝอยไม่แบบถูกต้อง เช่น การเทกองกลางแจ้ง การเผาในที่โล่ง เป็นต้น อยู่ถึง 2,024 แห่ง (ร้อยละ 81) จากเหตุผลดังกล่าวทำให้เกิดปริมาณขยะมูลฝอยสะสมค้ำเพิ่มขึ้นสูง จากการลงสำรวจพื้นที่ ปี 2556 พบว่า ปริมาณขยะมูลฝอยสะสมทั้งประเทศมีจำนวนสูงถึง 19.9 ล้านตัน [2]

การนำขยะมาใช้ประโยชน์ในด้านต่างๆ เช่น ในด้านพลังงานได้แก่ นำมาใช้ผลิตกระแสไฟฟ้า [3-5] ขยะเชื้อเพลิง [5-7] และก๊าซเชื้อเพลิง จึงเป็นอีกแนวทางในการแก้ปัญหาขยะมูลฝอย สามารถช่วยกำจัดขยะและลดการพึ่งพาพลังงานจากต่างประเทศได้ แต่อย่างไรก็ตามในการนำขยะมาใช้ในการผลิตพลังงานนั้น จำเป็นต้องมีการคำนึงถึงผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม การประเมินวัฏจักรชีวิต (Life Cycle Assessment; LCA) เพื่อให้ทราบถึงผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมจึงเป็นอีกวิธีหนึ่งที่ทราบถึงการผลกระทบที่จะเกิดขึ้นจากการนำขยะมาแปรรูปเป็นพลังงาน

ดังนั้นนักวิจัยจึงได้ทำการประเมินวัฏจักรชีวิตของเชื้อเพลิง RDF-5 ที่ผลิตจากขยะ โดยจะทำการศึกษาวิเคราะห์และประเมินค่าผลกระทบของเชื้อเพลิง RDF-5 เริ่มตั้งแต่การได้มาซึ่งวัตถุดิบ กระบวนการผลิต การขนส่ง การแปรรูปเป็นพลังงาน และการจัดการเศษซากของเชื้อเพลิง RDF-5 เมื่อ

หมตอายุการใช้งาน โดยระบุถึงปริมาณพลังงานและทรัพยากรหรือวัตถุดิบที่ใช้ รวมทั้งของเสียที่ปล่อยออกสู่สิ่งแวดล้อม เพื่อนำไปเป็นข้อมูลในการดำเนินการปรับปรุงเชื้อเพลิง RDF-5 และกระบวนการต่างๆ ที่เกี่ยวข้องให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมน้อยที่สุด

## 2. ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย

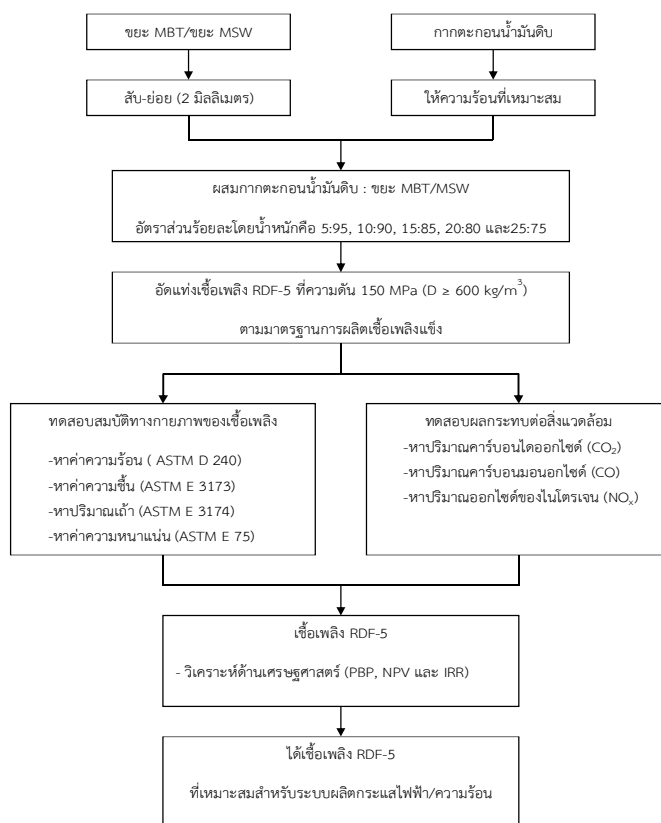
งานวิจัยนี้นำเสนอผลการวิเคราะห์วัฏจักรชีวิตของเชื้อเพลิง RDF-5 ที่มีส่วนประกอบของกากตะกอนน้ำมันดิบร่วมกับขยะชุมชน และเชื้อเพลิง RDF-5 ที่มีส่วนประกอบของกากตะกอนน้ำมันดิบร่วมกับขยะที่ผ่านการบำบัดด้วยวิธีเชิงกลชีวภาพ (MBT) ทำการศึกษาที่อัตราส่วนร้อยละ โดยน้ำหนักของกากตะกอนน้ำมันดิบต่อขยะชุมชนที่อัตราส่วน 5:95, 10:90, 15:85, 20:80 และ 25:75 และอัตราส่วนร้อยละโดยน้ำหนักของกากตะกอนน้ำมันดิบต่อขยะ MBT โดยมีภาพรวมการศึกษาดังรูปที่ 1

วัตถุดิบที่ใช้ในการทดลอง

- 1) กากตะกอนน้ำมันดิบ ที่ความชื้นประมาณร้อยละ 23.9
- 2) ขยะชุมชน (MSW) ที่ยังไม่ผ่านกระบวนการบำบัดด้วยวิธีเชิงกลชีวภาพ
- 3) ขยะที่ผ่านกระบวนการบำบัดด้วยวิธีเชิงกลชีวภาพ (MBT) ระยะเวลา 5 เดือน ที่ผ่านการนำมาร้อนแยกขนาด โดยงานวิจัยนี้ใช้ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางมากกว่า 40 mm ซึ่งมีความชื้นต่ำกว่าร้อยละ 15

ตารางที่ 1 สัญลักษณ์อัตราส่วนเชื้อเพลิงกากตะกอนน้ำมันดิบต่อขยะ MSW/MBT

ตัวอย่างเชื้อเพลิง		อัตราส่วน	สัญลักษณ์
กากตะกอนน้ำมันดิบ (Crude Oil Sludge)	ขยะ MSW	5:95	CSW <sub>1</sub>
		10:90	CSW <sub>2</sub>
		15:85	CSW <sub>3</sub>
		20:80	CSW <sub>4</sub>
		25:75	CSW <sub>5</sub>
	ขยะ MBT	5:95	CBT <sub>1</sub>
		10:90	CBT <sub>2</sub>
		15:85	CBT <sub>3</sub>
		20:80	CBT <sub>4</sub>
		25:75	CBT <sub>5</sub>



รูปที่ 1: ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย

### 3. ผลการศึกษา

#### 3.1 สรุปผลการวิเคราะห์ความเหมาะสมทางด้านเศรษฐศาสตร์

จากผลการวิเคราะห์ความเหมาะสมทางด้านเศรษฐศาสตร์เชื้อเพลิง RDF-5 ที่ผลิตจากกากตะกอนน้ำมันดิบร่วมกับขยะ MSW ในอัตราส่วน 15:85 (CSW<sub>3</sub>) และ 20:80 (CSW<sub>4</sub>) ร้อยละโดยน้ำหนัก กับเชื้อเพลิง RDF-5 ที่ผลิตจากกากตะกอนน้ำมันดิบร่วมกับขยะ MBT ในอัตราส่วน 15:85 (CBT<sub>3</sub>) และ 20:80 (CBT<sub>4</sub>) ร้อยละโดยน้ำหนักแสดงดังตาราง 4.13

ตาราง 2: สรุปผลการวิเคราะห์ความเหมาะสมด้านเศรษฐศาสตร์ของเชื้อเพลิง RDF-5

ประเด็นที่พิจารณา	หน่วย	เชื้อเพลิง RDF-5			
		CSW		CBT	
		CSW <sub>3</sub>	CSW <sub>4</sub>	CBT <sub>3</sub>	CBT <sub>4</sub>
1. ระยะเวลาคืนทุน	ปี	5.81	5.03	4.98	4.52
2. มูลค่าปัจจุบันสุทธิ	ล้านบาท	-46.69	18.43	26.12	74.36
3. อัตราผลตอบแทนภายใน	%	9.94	12.81	13.25	15.55
การจัดลำดับความเหมาะสมการลงทุน		ไม่ควรลงทุน	③	②	①

ผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบความเหมาะสมทางด้านเศรษฐศาสตร์ของเชื้อเพลิง RDF-5 ที่ผลิตจากกากตะกอนน้ำมันดิบร่วมกับขยะ MSW ในอัตราส่วน 15:85 (CSW<sub>3</sub>) และ 20:80 (CSW<sub>4</sub>) ร้อยละโดยน้ำหนัก กับเชื้อเพลิง RDF-5 ที่ผลิตจากกากตะกอนน้ำมันดิบร่วมกับขยะ MBT ในอัตราส่วน 15:85 (CBT<sub>3</sub>) และ 20:80 (CBT<sub>4</sub>) ร้อยละโดยน้ำหนัก พบว่า เชื้อเพลิง RDF-5 ที่ผลิตจากกากตะกอนน้ำมันดิบร่วมกับขยะ MBT ในอัตราส่วน 20:80 (CBT<sub>4</sub>) ที่ให้ค่าตามเกณฑ์ที่ดีที่สุด รองลงมาคือ เชื้อเพลิง RDF-5 ที่ผลิตจากกากตะกอนน้ำมันดิบร่วมกับขยะ MBT ในอัตราส่วน 15:85 (CBT<sub>3</sub>) และเชื้อเพลิง RDF-5 ที่ผลิตจากกากตะกอนน้ำมันดิบร่วมกับขยะ MSW ในอัตราส่วน 20:80 (CSW<sub>4</sub>) ตามลำดับส่วนเชื้อเพลิง RDF-5 ที่ผลิตจากกากตะกอนน้ำมันดิบร่วมกับขยะ MSW ในอัตราส่วน 15:85 (CSW<sub>3</sub>) ไม่ควรลงทุนเนื่องจากอัตราผลตอบแทนภายในมีค่าน้อยกว่าอัตราผลตอบแทนที่ต้องการ 12%

จากสถานการณ์ในปัจจุบัน ที่อัตราดอกเบี้ยมีความผันผวน ตามอัตราเงินเฟ้อที่ปรับตัวสูงขึ้นและสถานการณ์ในต่างประเทศที่อยู่ในสภาวะถดถอย ดังนั้นในความเห็นของนักวิจัยจึงเห็นว่าแหล่งที่มาของเงินลงทุนของโครงการที่เหมาะสมที่สุด ควรมาจากเงินงบประมาณของภาครัฐ รวมถึงภาครัฐควรให้การสนับสนุนเพื่อเพิ่มแรงจูงใจให้เอกชนเข้ามาลงทุนในอนาคต เช่น การให้ค่าตอบแทนในรูปค่ากำจัดขยะ การเพิ่มส่วนเพิ่มราคาซื้อขายไฟฟ้าเพิ่มขึ้น รวมทั้งสนับสนุนเงินทุนดอกเบี้ยต่ำ สร้างมาตรการส่งเสริมการลงทุน จากคณะกรรมการส่งเสริมการลงทุนที่เหมาะสมกับภาคเอกชน เพื่อเป็นการสร้างแรงจูงใจให้เอกชนเข้ามาลงทุนในโครงการโรงไฟฟ้าจากขยะเป็นเชื้อเพลิงต่อไป

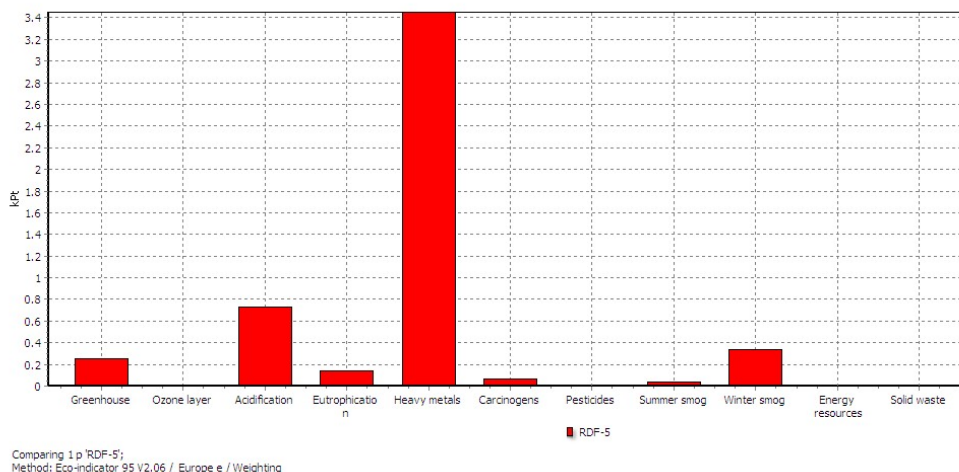
#### 3.2 การประเมินวัฏจักรชีวิตการผลิตพลังงานจากเชื้อเพลิง RDF-5 (CBT<sub>4</sub>)

จากผลการวิเคราะห์ความเหมาะสมทางด้านกายภาพและทางด้านเศรษฐศาสตร์ของเชื้อเพลิง RDF-5 ที่ผลิตจากกากตะกอนน้ำมันดิบร่วมกับขยะ MBT ในอัตราส่วน 20:80 (CBT<sub>4</sub>) ให้ค่าตามเกณฑ์ที่ดีที่สุดดังนั้นนักวิจัยได้จัดทำบัญชีรายการด้านสิ่งแวดล้อม (Life Cycle Inventory Analysis) ของการผลิตพลังงานจากเชื้อเพลิง RDF-5 (CBT<sub>4</sub>) ดังตาราง 3

ตาราง 3 แสดงบัญชีรายการสิ่งแวดล้อมการผลิตพลังงานจากเชื้อเพลิง RDF-5 (CBT<sub>4</sub>)

กระบวนการ	ข้อมูลขาเข้า (Input)			ข้อมูลขาออก (Output)		
	รายการ	ปริมาณ	หน่วย	รายการ	ปริมาณ	หน่วย
1. กระบวนการ MBT	ขยะชุมชนรวม	135	ตัน	ขยะ MBT	35.15	ตัน
	น้ำมันดีเซล	560	ลิตร	Compost	6.75	ตัน
				ขยะรีไซเคิล	2.7	ตัน
2. การขนส่ง	รถบรรทุก 10 ล้อ	1	คัน			
	ระยะทาง	30	km			
	น้ำมันดีเซล	17.14	ลิตร			
3. การผลิต RDF-5	ขยะ MBT	35.15	ตัน	เชื้อเพลิง RDF-5	42.18	ตัน
	กากตะกอนน้ำมันดิบ	7.03	ตัน			
	ไฟฟ้าที่ใช้ในระบบ	1,947,660	kWh			
4. การผลิตไฟฟ้า	เชื้อเพลิง RDF-5	42.18	ตัน	ไฟฟ้าที่ผลิตได้	135,328.97	kWh
	ไฟฟ้าที่ใช้ในระบบ	8,796.38	kWh	ปริมาณเถ้า	2	ตัน
				มลพิษสู่อากาศ		
				CO	224	ppm
				NO <sub>x</sub>	7.00	ppm

ในการประเมินวัฏจักรชีวิตนั้นใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SimaProVersion 7.2 ซึ่งจากผลการคำนวณค่าผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมของการผลิตพลังงานจากเชื้อเพลิง RDF-5(CBT<sub>4</sub>) แสดงรูปที่ 2



รูปที่ 2 ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมการผลิตพลังงานจากเชื้อเพลิง RDF-5 (CBT<sub>4</sub>)

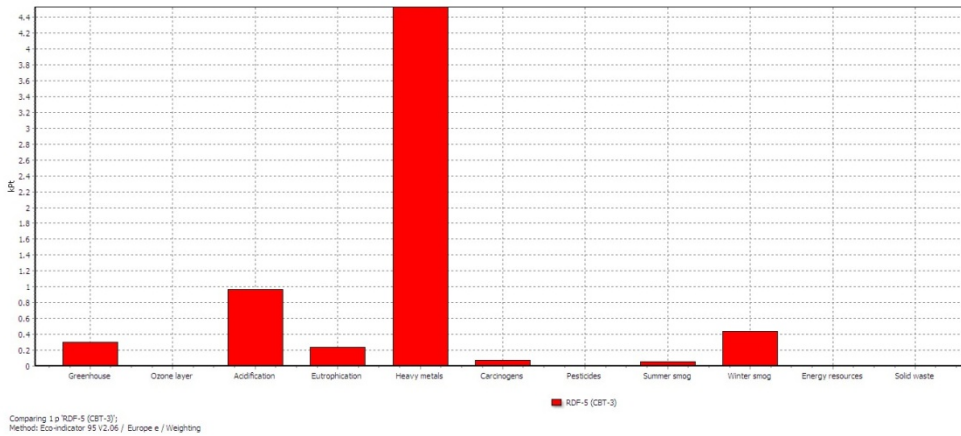
การประเมินค่าผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมจากการผลิตพลังงานของเชื้อเพลิง RDF-5 ที่ผลิตจากกากตะกอนน้ำมันดิบร่วมกับขยะ MBT ในอัตราส่วน 20:80 พบว่า ประเภทของผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้นสูงสุดคือ Heavy metals มีค่าเท่ากับ 3,450.41 Pt รองลงมาคือ Acidification มีค่าเท่ากับ 728.07 Pt Winter smog มีค่าเท่ากับ 336.71Pt และ Greenhouse มีค่าเท่ากับ 249.19 Pt ตามลำดับ

### 3.3 การประเมินวัฏจักรชีวิตการผลิตพลังงานจากเชื้อเพลิง RDF-5 (CBT<sub>3</sub>)

จากผลการวิเคราะห์ความเหมาะสมทางด้านกายภาพและทางด้านเศรษฐศาสตร์ของเชื้อเพลิง RDF-5 ที่ผลิตจากกากตะกอนน้ำมันดิบร่วมกับขยะ MBT ในอัตราส่วน 15:85 (CBT<sub>3</sub>) ให้ค่าตามเกณฑ์ที่ตรงลงมาจากเชื้อเพลิง RDF-5 ที่ผลิตจากกากตะกอนน้ำมันดิบร่วมกับขยะ MBT ในอัตราส่วน 20:80 (CBT<sub>4</sub>) จากผลการศึกษาข้อมูลปริมาณของสารที่เข้าและออกจากระบบการผลิตพลังงานจากเชื้อเพลิง RDF-5 (CBT<sub>3</sub>) แสดงดังตาราง 3

ตาราง 3 แสดงบัญชีรายการสิ่งแวดล้อมการผลิตพลังงานจากเชื้อเพลิง RDF-5 (CBT<sub>3</sub>)

กระบวนการ	ข้อมูลขาเข้า (Input)			ข้อมูลขาออก (Output)		
	รายการ	ปริมาณ	หน่วย	รายการ	ปริมาณ	หน่วย
1. กระบวนการ MBT	ขยะชุมชนรวม	135	ตัน	ขยะ MBT	35.15	ตัน
	น้ำมันดีเซล	560	ลิตร	Compost	6.75	ตัน
				ขยะรีไซเคิล	2.7	ตัน
2. การขนส่ง	รถบรรทุก 10 ล้อ	1	คัน			
	ระยะทาง	30	km			
	น้ำมันดีเซล	17.14	ลิตร			
3. การผลิต RDF-5	ขยะ MBT	35.15	ตัน	เชื้อเพลิง RDF-5	40.42	ตัน
	กากตะกอนน้ำมันดิบ	5.27	ตัน			
	ไฟฟ้าที่ใช้ในระบบ	1,947,660	kWh			
4. การผลิตไฟฟ้า	เชื้อเพลิง RDF-5	40.42	ตัน	ไฟฟ้าที่ผลิตได้	135,328.97	kWh
	ไฟฟ้าที่ใช้ในระบบ	8,108.69	kWh	ปริมาณเก่า	2	ตัน
				มลพิษสู่อากาศ		
				CO	218	ppm
				NO <sub>x</sub>	5.33	ppm



รูปที่ 3 ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมการผลิตพลังงานจากเชื้อเพลิง RDF-5 (CBT<sub>3</sub>)

รูปที่ 3 พบว่าเชื้อเพลิง RDF-5 ที่ผลิตจากกากตะกอนน้ำมันดิบร่วมกับขยะ MBT ในอัตราส่วน 15:85 ของผลกระทบที่เกิดขึ้นสูงสุดคือ Heavy metals มีค่าเท่ากับ 4,528.55 Pt รองลงมาคือ Acidification มีค่าเท่ากับ 963.22 Pt Winter smog มีค่าเท่ากับ 435.81Pt และ Greenhouse มีค่าเท่ากับ 300.44 Pt ตามลำดับซึ่งจากผลการเปรียบเทียบผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมของเชื้อเพลิง RDF-5 ที่ผลิตจากกากตะกอนน้ำมันดิบร่วมกับขยะ MBT ในอัตราส่วน 20:80 พบว่าเชื้อเพลิง RDF-5 ที่ผลิตจากกากตะกอนน้ำมันดิบร่วมกับขยะ MBT ในอัตราส่วน 15:85 มีค่าผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมสูงกว่า RDF-5 ที่ผลิตจากกากตะกอนน้ำมันดิบร่วมกับขยะ MBT ในอัตราส่วน 20:80 ดังนั้นเชื้อเพลิง RDF-5 ที่ผลิตจากกากตะกอนน้ำมันดิบร่วมกับขยะ MBT ในอัตราส่วน 20:80 จึงน่าลงทุนในการผลิตเป็นเชื้อเพลิงพลังงานทดแทนในกระบวนการผลิตไฟฟ้าหรือความร้อนในโรงงานอุตสาหกรรมมากกว่า

### 3.4 การประเมินวัฏจักรชีวิตการผลิตพลังงานจากเชื้อเพลิง RDF-5 (CSW<sub>4</sub>)

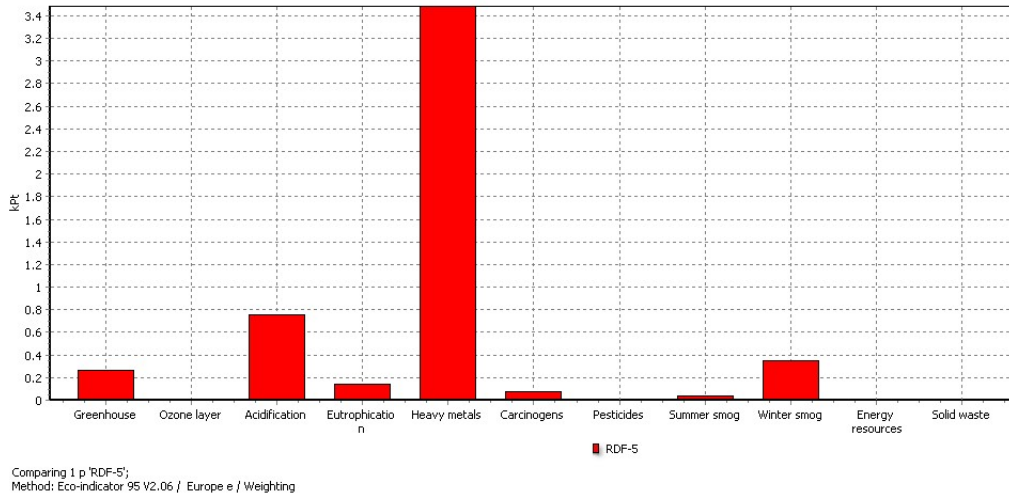
จากผลการวิเคราะห์ความเหมาะสมทางด้านกายภาพและทางด้านเศรษฐศาสตร์ของเชื้อเพลิง RDF-5 ที่ผลิตจากกากตะกอนน้ำมันดิบร่วมกับขยะ MSW ในอัตราส่วน 20:80 (CSW<sub>4</sub>) ให้ค่าตามเกณฑ์ที่ด้รอลงมาจากเชื้อเพลิง RDF-5 ที่ผลิตจากกากตะกอนน้ำมันดิบร่วมกับขยะ MBT ในอัตราส่วน 15:85 (CBT<sub>3</sub>) ข้อมูลปริมาณของสารที่เข้าและออกจากระบบการผลิตพลังงานจากเชื้อเพลิง RDF-5 (CSW<sub>4</sub>) แสดงดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 แสดงบัญชีรายการสิ่งแวดล้อมการผลิตพลังงานจากเชื้อเพลิง RDF-5 (CSW<sub>4</sub>)

กระบวนการ	ข้อมูลขาเข้า (Input)			ข้อมูลขาออก (Output)		
	รายการ	ปริมาณ	หน่วย	รายการ	ปริมาณ	หน่วย
1. การคัดแยกขยะ	ขยะชุมชนรวม	135	ตัน	ขยะชุมชน	135	ตัน
2. การขนส่งไป	รถบรรทุก 10 ล้อ	2	คัน			
	ระยะทาง	30	km			
	น้ำมันดีเซล	68.56	ลิตร			
3. การอบขยะชุมชน	ขยะชุมชน	135	ตัน	ขยะผ่านการอบ	134.16	ตัน
	ไฟฟ้าที่ใช้	21,086.1	kWh			
4. การผลิต RDF-5	ขยะชุมชนที่ผ่านการร่อน	34.94	ตัน	เชื้อเพลิง RDF-5	41.92	ตัน
	ตะกอนน้ำมันดิบ	6.99	ตัน			
	ไฟฟ้าที่ใช้ในระบบ	1,947,660				
5. การผลิตไฟฟ้า	เชื้อเพลิง RDF-5	41.92	ตัน	ไฟฟ้าที่ผลิตได้	159,153.96	kWh
	ไฟฟ้าที่ใช้ในระบบ	10,345.01	kWh	ปริมาณถ่าน	2	ตัน
				มลพิษสู่อากาศ		
				CO	228	ppm
			NO <sub>x</sub>	8.00	ppm	

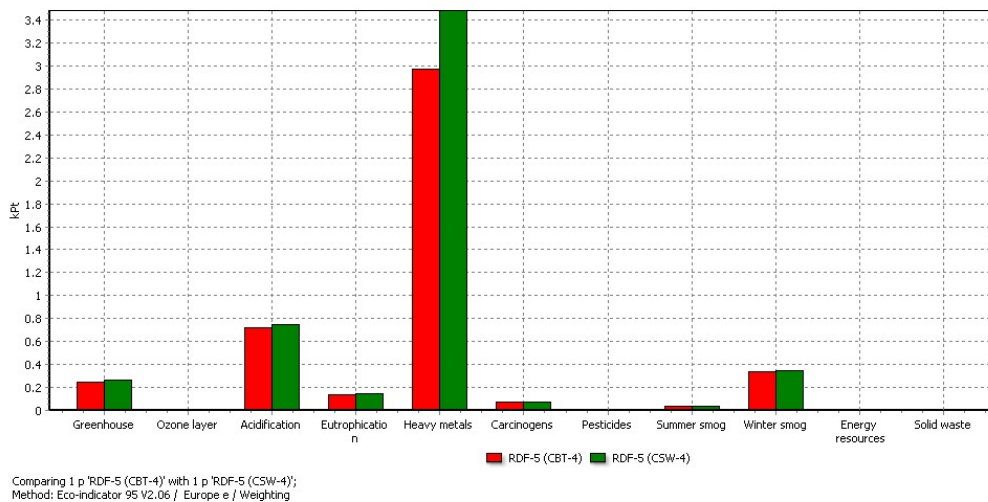
จากข้อมูลการจัดทำบัญชีรายการด้านสิ่งแวดล้อมของการผลิตพลังงานจากเชื้อเพลิง RDF-5 (CSW<sub>4</sub>) นำมาใช้ในขั้นตอนการประเมินค่าผลกระทบตลอดวัฏจักรชีวิตเชื้อเพลิง RDF-5 ที่มีต่อสิ่งแวดล้อม โดยนำข้อมูลที่เก็บรวบรวมได้จากตารางบัญชีรายการด้านสิ่งแวดล้อมการผลิตพลังงานจากเชื้อเพลิง RDF-5 (CSW<sub>4</sub>) มาทำการคำนวณด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป SimaproVersion 7.2 ซึ่งผลการคำนวณค่าผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมของการผลิตพลังงานจากเชื้อเพลิง RDF-5 (CBT<sub>3</sub>) จะนำมาเปรียบเทียบกับค่าผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมการผลิตพลังงานจากเชื้อเพลิง RDF-5 ที่ผลิตจากที่ผลิตจากกากตะกอนน้ำมันดิบร่วมกับขยะ MBT ในอัตราส่วน 20:80 (CBT<sub>4</sub>) และเชื้อเพลิง RDF-5 ที่ผลิตจากที่ผลิตจากกากตะกอนน้ำมันดิบร่วมกับ

ขยะ MBT ในอัตราส่วน 15:85 (CBT<sub>3</sub>) เพื่อใช้เป็นข้อมูลในการประกอบการตัดสินใจในการเลือกเชื้อเพลิงขยะที่ต่างชนิดกันมาลงทุนผลิตเชื้อเพลิง RDF-5 เพื่อเป็นเชื้อเพลิงพลังงานทดแทนในกระบวนการผลิตไฟฟ้าหรือความร้อนในโรงงานอุตสาหกรรมแสดงรูปที่



รูปที่ 4 ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมการผลิตพลังงานจากเชื้อเพลิง RDF-5 (CSW<sub>4</sub>)

จากรูปที่ 4พบว่าเชื้อเพลิง RDF-5 ที่ผลิตจากกากตะกอนน้ำมันดิบร่วมกับขยะ MSW ในอัตราส่วน 20:80 ผลกระทบที่เกิดขึ้นสูงสุดคือ Heavy metals มีค่าเท่ากับ 3,483.44 Pt รองลงมาคือ Acidification มีค่าเท่ากับ 751.57 Pt, Winter smog มีค่าเท่ากับ 347.304 Pt และ Greenhouse มีค่าเท่ากับ 260.41Pt ตามลำดับ ส่วนค่าอื่นๆ ผลการเปรียบเทียบผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมของเชื้อเพลิง RDF-5 ที่ผลิตจากกากตะกอนน้ำมันดิบร่วมกับขยะ MBT ในอัตราส่วน 20:80 และเชื้อเพลิง RDF-5 ที่ผลิตจากกากตะกอนน้ำมันดิบร่วมกับขยะ MBT ในอัตราส่วน 15:85 พบว่าเชื้อเพลิง RDF-5 ที่ผลิตจากกากตะกอนน้ำมันดิบร่วมกับขยะ MSW ในอัตราส่วน 20:80 มีค่าผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมสูงกว่าเชื้อเพลิง RDF-5 ที่ผลิตจากกากตะกอนน้ำมันดิบร่วมกับขยะ MBT ในอัตราส่วน 20:80 แต่มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมต่ำกว่าเชื้อเพลิง RDF-5 ที่ผลิตจากกากตะกอนน้ำมันดิบร่วมกับขยะ MBT ในอัตราส่วน 15:85 ดังนั้นจะเห็นได้ว่าเชื้อเพลิง RDF-5 ที่ผลิตจากขยะ MBT มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมต่ำกว่าเชื้อเพลิง RDF-5 ที่ผลิตจากขยะ MSW เมื่อเปรียบเทียบในอัตราส่วนเดียวกัน จากข้อมูลนี้สนับสนุนสมมติฐานของงานวิจัยได้ว่าเชื้อเพลิง RDF-5 ที่ผลิตจากขยะ MBT มีความเหมาะสมมากกว่าเชื้อเพลิง RDF-5 ที่ผลิตจากขยะ MSW ทั้งทางด้านกายภาพ เศรษฐศาสตร์และสิ่งแวดล้อม แสดงรูปที่ 5



รูปที่ 5 ผลการเปรียบเทียบค่าผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมการผลิตพลังงานจากเชื้อเพลิง RDF-5

รูปที่ 5 แสดงผลการเปรียบเทียบค่าผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมของเชื้อเพลิง RDF-5 ที่ผลิตจากกากตะกอนน้ำมันดิบร่วมกับขยะ MBT ในอัตราส่วน 20:80 และเชื้อเพลิง RDF-5 ที่ผลิตจากกากตะกอนน้ำมันดิบร่วมกับขยะ MSW ในอัตราส่วน 20:80 พบว่าตลอดวัฏจักรชีวิตของเชื้อเพลิง RDF-5 ที่ผลิตจากกากตะกอนน้ำมันดิบร่วมกับขยะ MBT ในอัตราส่วน 20:80 มีค่าผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมโดยรวมต่ำกว่าเชื้อเพลิง RDF-5 ที่ผลิตจากกากตะกอนน้ำมันดิบร่วมกับขยะ MSW ในอัตราส่วน 20:80 ซึ่งผลปัญหาผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้นได้แก่ Heavy metals รองลงมาคือ Acidification, Winter smog และ Greenhouse ตามลำดับ



#### 4. สรุปผล

จากผลการประเมินค่าผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมของการผลิตพลังงานจากเชื้อเพลิง RDF-5 สามารถสรุปได้ว่าเชื้อเพลิงที่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมมากที่สุดคือ เชื้อเพลิง RDF-5 ที่ผลิตจากที่ผลิตจากกากตะกอนน้ำมันดิบร่วมกับขยะ MBT ในอัตราส่วน 15:85 (CBT<sub>3</sub>) รองลงมาคือ เชื้อเพลิง RDF-5 ที่ผลิตจากที่ผลิตจากกากตะกอนน้ำมันดิบร่วมกับขยะ MSW ในอัตราส่วน 20:80 (CSW<sub>4</sub>) และเชื้อเพลิง RDF-5 ที่ผลิตจากที่ผลิตจากกากตะกอนน้ำมันดิบร่วมกับขยะ MBT ในอัตราส่วน 20:80 (CBT<sub>4</sub>) ตามลำดับ และเชื้อเพลิง RDF-5 ที่ผลิตจากขยะ MBT ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมต่ำกว่าเชื้อเพลิง RDF-5 ที่ผลิตจากขยะ MSW เมื่อเปรียบเทียบในอัตราส่วนเดียวกัน จากข้อมูลนี้สนับสนุนสมมติฐานของงานวิจัยได้ว่าเชื้อเพลิง RDF-5 ที่ผลิตจากขยะ MBT มีความเหมาะสมมากกว่าเชื้อเพลิง RDF-5 ที่ผลิตจากขยะ MSW ทั้งทางด้านเทคนิค เศรษฐศาสตร์และสิ่งแวดล้อม

#### 5. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณคณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนครสวรรค์ ที่สนับสนุนงบประมาณในการวิจัย

#### 6. เอกสารอ้างอิง

- [1] วารสารนโยบายพลังงาน ฉบับที่ 102 พ.ศ.2557
- [2] สถานการณ์ขยะของประเทศไทย พ.ศ.2556,รวบรวมโดยกรมควบคุมมลพิษ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม
- [3] Antonio C. Caputo, Pacifico M. Pelagagge, (2002), "RDF production plants: I Design and costs," Journal of Applied Thermal Engineering, 22, (2002), 423-437.
- [4] Antonio C. Caputo, Pacifico M. Pelagagge, 2004, "RDF production plants: II Economics and profitability," Journal of Thermal Engineering, 22,(2002), 439-448.
- [5] Antonio C. Caputo, Mario Palumbo, Federica Scacchia, (2004). "Perspectives of RDF use in decentralized areas:comparing power and co-generation solutions," Journal of Applied Thermal Engineering, 24, (2004), 2171-2187.
- [6] Dennis Y.C. Leung, (2003), "A review on the development and commercialization of biomass gasification technologies in China," Journal of Renewable and Sustainable Energy Reviews, 8 (2004), 565-580.
- [7] Francisco D. Hernandez-Atonal, ChangkookRyu, Vida N. Sharifi, Jim Swithenbank. (2007). "Combustion of refuse-derived-fuel in a fluidized bed," Journal of Chemical Engineering Science, 62 (2007), 627-635.