

บทที่ 4

ผลการศึกษาวิจัย

หลังจากทำการเก็บข้อมูลและวิเคราะห์ผลตามขั้นตอนและขอบเขตการทำวิจัยดังที่กล่าวไว้ในบทที่ 3 แล้ว ในส่วนของบทนี้เป็นการแสดงผลการวิเคราะห์ โดยได้ทำการแบ่งการแสดงผลออกเป็น 6 ส่วน ได้แก่ 1) ผลการคาดการณ์ปริมาณขยะและความเป็นไปได้ในการนำขยะจากพื้นที่ศึกษามาผลิตเป็นไฟฟ้า 2) ผลการจัดทำบัญชีรายการ ซึ่งประกอบไปด้วยข้อมูลสารขาเข้าและสารขาออกในแต่ละขั้นตอนตลอดวัฏจักรชีวิต โดยจะแสดงทั้งในรูปแบบของชนิดและปริมาณที่เกิดขึ้น 3) ผลการวิเคราะห์ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในการผลิตไฟฟ้าจากขยะเทศบาล 4) ผลการวิเคราะห์ปริมาณการใช้พลังงานในการผลิตไฟฟ้าจากขยะเทศบาล 5) ผลการวิเคราะห์ต้นทุนในการผลิตไฟฟ้าจากขยะเทศบาล และ 6) ผลการเสนอแนะทางการเลือกเทคโนโลยีการผลิตไฟฟ้าจากขยะเทศบาลที่มีความเหมาะสมกับบริบทของพื้นที่เทศบาลนั้น โดยมีรายละเอียดดังนี้

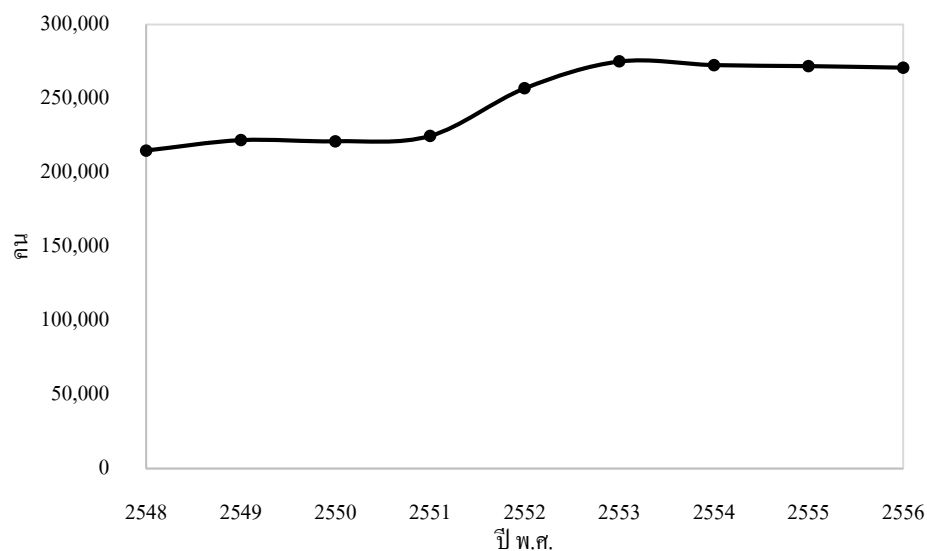
4.1 ผลการคาดการณ์ปริมาณขยะในอนาคตของพื้นที่เทศบาลจังหวัดลำปาง

การคาดการณ์ปริมาณของขยะที่จะเกิดขึ้นในอนาคต จะทำให้ได้ข้อมูลที่สามารถนำมากำหนดขนาดของระบบกำจัดหรือระบบผลิตพลังงานที่เหมาะสม เพื่อสามารถรองรับปริมาณขยะและผลิตพลังงานได้อย่างเพียงพอในอนาคต โดยในการคาดการณ์จำเป็นต้องใช้ข้อมูลพื้นฐานที่สำคัญ คือ จำนวนประชากรในปัจจุบันและในอดีตที่ผ่านมา เพื่อศึกษาลักษณะการเปลี่ยนแปลงของประชากรตลอดจนใช้ประกอบเพื่อศึกษาแนวโน้มการเพิ่มขึ้นของประชากรในอนาคต นอกจากนี้ยังต้องใช้ข้อมูลอัตราการเกิดขยะมูลฝอยต่อหัวประชากร (Per Capita Waste Generation Rate) ของชุมชนแต่ละแห่งในหน่วยของกิโลกรัมต่อคนต่อวันหรือกิโลกรัมต่อคนต่อปี ข้อมูลเหล่านี้จำเป็นต้องมีการศึกษาอย่างรอบคอบเพื่อใช้ประเมินอัตราเพิ่มขึ้นในอนาคตอย่างเหมาะสม โดยพิจารณาปัจจัยต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง สำหรับใช้ประกอบในการคำนวณปริมาณขยะชุมชนที่คาดว่าจะเกิดขึ้นในอนาคตต่อไป

การคาดการณ์ปริมาณขยะในอนาคตของพื้นที่เทศบาลจังหวัดลำปาง มีการแบ่งการวิเคราะห์ออกเป็น 2 ส่วน คือ 1) การคาดการณ์จำนวนประชากร และ 2) การคาดการณ์ปริมาณขยะในอนาคต ซึ่งมีความสัมพันธ์กับจำนวนประชากร โดยมีรายละเอียดดังนี้

4.1.1 การคาดการณ์จำนวนประชากร

การคาดการณ์จำนวนประชากรของจังหวัดลำปางในงานวิจัยนี้ อาศัยข้อมูลสถิติจากสำนักงานสถิติแห่งชาติ ซึ่งเป็นการรวบรวมข้อมูลตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบัน เพื่อให้ทราบแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงทางประชากรที่จะเกิดขึ้นในอนาคต และเพื่อเป็นข้อมูลในการพยากรณ์จำนวนประชากรในอนาคต โดยอ้างอิงจำนวนประชากรตั้งแต่ปี พ.ศ. 2548 จนถึงปี พ.ศ. 2556 แสดงดังภาพที่ 4.1



ภาพที่ 4.1 แนวโน้มประชากรในเขตเทศบาลจังหวัดลำปางในปี พ.ศ. 2548-2556

โดยจะยกตัวอย่างจำนวนประชากรในพื้นที่แต่ละเทศบาลในปี 2556 ดังตารางที่ 4.1 ซึ่งมีประชากรอยู่ที่ 269,754 คน

ตารางที่ 4.1 จำนวนประชากรแยกตามกลุ่มพื้นที่เทศบาลในจังหวัดลำปาง ในปี พ.ศ. 2556

กลุ่มพื้นที่	อำเภอ	รายชื่อเทศบาล	จำนวนประชากร (คน)
กลุ่มพื้นที่ 1	เมืองลำปาง	เทศบาลเมืองพิชัย	8,695
	เมืองลำปาง	เทศบาลตำบลบ่อแฮ้ว	3,465
	เมืองลำปาง	เทศบาลตำบลต้นธงชัย	10,279
	เกาะคา	เทศบาลตำบลเกาะคา	5,342
	เกาะคา	เทศบาลตำบลลำปางหลวง	6,832
	เกาะคา	เทศบาลตำบลศาลา	5,460
	เกาะคา	เทศบาลตำบลเกาะคาแม่ยาว (สบยาว)	3,239

ตารางที่ 4.1 จำนวนประชากรแยกตามกลุ่มพื้นที่เทศบาลในจังหวัดลำปาง ในปี พ.ศ. 2556 (ต่อ)

กลุ่มพื้นที่	อำเภอ	รายชื่อเทศบาล	จำนวน ประชากร (คน)
กลุ่มพื้นที่ 1	แม่ทะ	เทศบาลตำบลนาครีว	5,593
	เสริมงาม	เทศบาลตำบลทุ่งงาม	3,389
	เสริมงาม	เทศบาลตำบลเสริมชัย	7,632
	เสริมงาม	เทศบาลตำบลเสริมงาม	6,193
	เกาะคา	เทศบาลตำบลนาแก้ว	6,117
	เกาะคา	เทศบาลตำบลไหล่หิน	5,603
	เกาะคา	เทศบาลตำบลวังพร้าว	6,085
	เกาะคา	เทศบาลตำบลท่าผา	4,939
	ห้างฉัตร	เทศบาลตำบลห้างฉัตร	3,162
	ห้างฉัตร	เทศบาลตำบลปงยางคก	10,003
	ห้างฉัตร	เทศบาลตำบลเมืองยาว	2,497
	ห้างฉัตร	เทศบาลตำบลห้างฉัตรแม่ตาล(ห้างฉัตร)	8,521
	แม่เมะ	เทศบาลตำบลแม่เมะ	10,379
	แม่ทะ	เทศบาลตำบลสิริราช	4,939
	แม่ทะ	เทศบาลตำบลป่าตันนาครีว	5,655
	แม่ทะ	เทศบาลตำบลแม่ทะ	6,736
	แม่ทะ	เทศบาลตำบลน้ำใจ	10,340
กลุ่มพื้นที่ 2	เมืองลำปาง	เทศบาลนครลำปาง	50,226
	เมืองลำปาง	เทศบาลเมืองเขลางค์นคร	39,646
กลุ่มพื้นที่ 3	สบปราบ	เทศบาลตำบลสบปราบ	5,766
	เถิน	เทศบาลเมืองล้อมแรด	10,014
	เถิน	เทศบาลตำบลเวียงมอก	7,279
	เถิน	เทศบาลตำบลเถินบุรี	6,264
	เถิน	เทศบาลตำบลแม่มอก	3,360
	แม่พริก	เทศบาลตำบลแม่ปู	2,949
	แม่พริก	เทศบาลตำบลแม่พริก	2,478

ตารางที่ 4.1 จำนวนประชากรแยกตามกลุ่มพื้นที่เทศบาลในจังหวัดลำปาง ในปี พ.ศ. 2556 (ต่อ)

กลุ่มพื้นที่	อำเภอ	รายชื่อเทศบาล	จำนวนประชากร (คน)
กลุ่มพื้นที่ 3	แม่พริก	เทศบาลตำบลพระบาทวังตวง	3,901
กลุ่มพื้นที่ 4	งาว	เทศบาลตำบลหลวงเหนือ	3,699
	งาว	เทศบาลตำบลหลวงใต้	6,003
กลุ่มพื้นที่ 5	เมืองปาน	เทศบาลตำบลเมืองปาน	5,024
	วังเหนือ	เทศบาลตำบลบ้านใหม่	2,923
	วังเหนือ	เทศบาลตำบลวังเหนือ	2,230
	แจ้ห่ม	เทศบาลตำบลแจ้ห่ม	3,980
	แจ้ห่ม	เทศบาลตำบลบ้านสา	3,123
	แจ้ห่ม	เทศบาลตำบลทุ่งผึ้ง	4,114
รวม			269,754

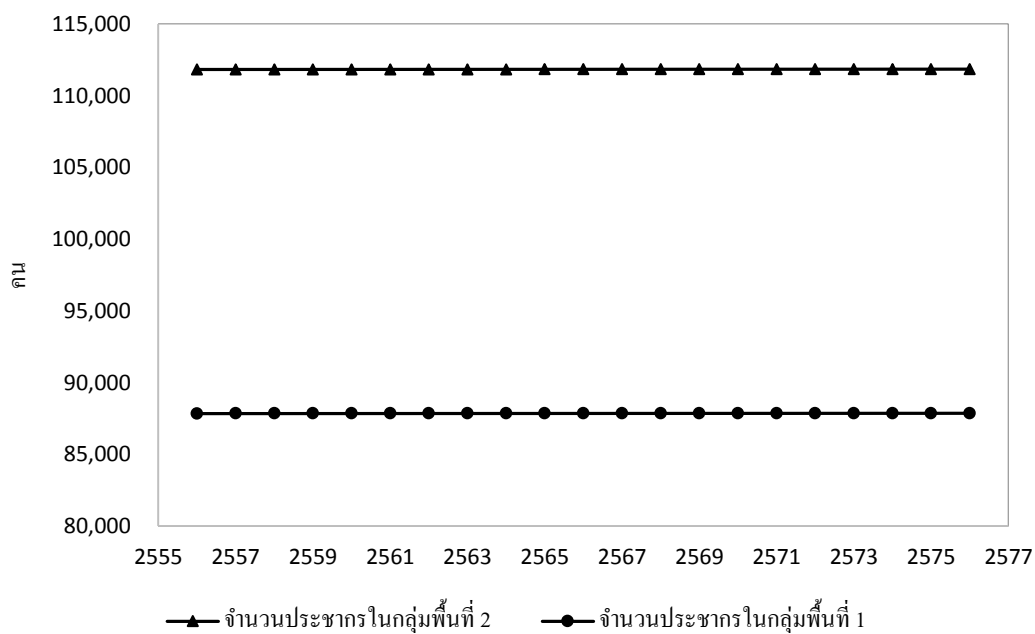
ในงานวิจัยนี้จะทำการคาดการณ์จำนวนประชากรในเขตพื้นที่กลุ่ม 1 และ กลุ่ม 2 เนื่องจากมีจำนวนประชากรจำนวนมากจึงทำให้เกิดขยะปริมาณมากเพียงพอที่จะสามารถนำมาผลิตไฟฟ้าได้โดยแสดงดังตารางที่ 3.2 โดยจะคาดการณ์จำนวนประชากรในเขตพื้นที่กลุ่ม 1 และ กลุ่ม 2 จากสมการที่ 3.2 ในอีก 20 ปีข้างหน้า คือ จากปี 2556 จนถึงปี 2576 แสดงดังตารางที่ 4.2 และภาพที่

ตารางที่ 4.2 การคาดการณ์จำนวนประชากรแยกตามกลุ่มพื้นที่เทศบาลในจังหวัดลำปาง

ปี พ.ศ.	จำนวนประชากร กลุ่มพื้นที่ 1 (คน)	จำนวนประชากร กลุ่มพื้นที่ 2 (คน)
2556	87,849	111,823
2557	87,850	111,824
2558	87,851	111,825
2559	87,852	111,826
2560	87,853	111,827
2561	87,854	111,828
2562	87,855	111,829
2563	87,856	111,830

ตารางที่ 4.2 การคาดการณ์จำนวนประชากรแยกตามกลุ่มพื้นที่เทศบาลในจังหวัดลำปาง (ต่อ)

ปี พ.ศ.	จำนวนประชากร กลุ่มพื้นที่ 1 (คน)	จำนวนประชากร กลุ่มพื้นที่ 2 (คน)
2564	87,857	111,831
2565	87,858	111,832
2566	87,859	111,833
2567	87,860	111,834
2568	87,861	111,835
2569	87,862	111,836
2570	87,863	111,837
2571	87,864	111,838
2572	87,865	111,839
2573	87,867	111,841
2574	87,868	111,842
2575	87,869	111,843
2576	87,870	111,844



ภาพที่ 4.2 แนวโน้มจำนวนประชากรในเขตเทศบาลกลุ่มพื้นที่ 1 และ 2 ของจังหวัดลำปาง
ในปี พ.ศ. 2556-2576

จากตารางที่ 4.2 และภาพที่ 4.2 จะเห็นว่าจำนวนประชากรในเขตกลุ่มพื้นที่ 1 และกลุ่มพื้นที่ 2 ของจังหวัดลำปางมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อย

4.1.2 การคาดการณ์ปริมาณขยะ

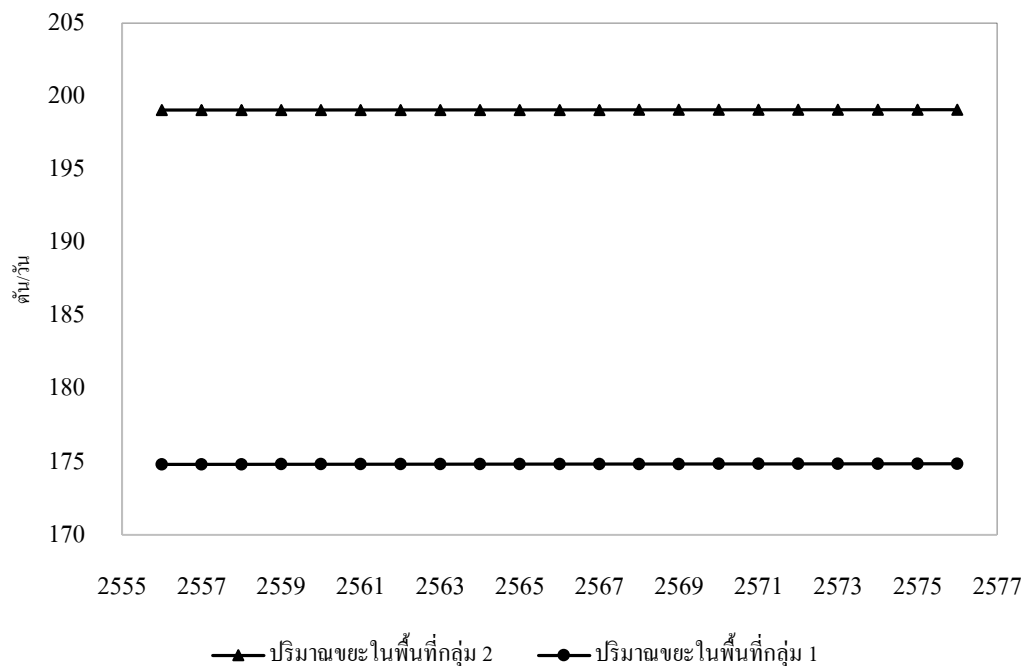
หลังจากที่ทำการคาดการณ์จำนวนประชากรในอนาคตของกลุ่มพื้นที่ 1 และกลุ่มพื้นที่ 2 ของจังหวัดลำปางแล้ว ผลที่ได้จะนำมาหาปริมาณขยะที่เกิดขึ้นในอนาคตอีก 20 ปีข้างหน้า คือจากปี 2556 จนถึงปี 2576 เพื่อใช้ประกอบในการพิจารณาการก่อสร้างโรงไฟฟ้า เนื่องจากต้องมีขยะเพียงพอในการป้อนให้กับระบบผลิตไฟฟ้า โดยหาได้จากจำนวนประชากรคูณกับอัตราการเกิดขยะ กำหนดให้อัตราการเกิดขยะของกลุ่มพื้นที่ 1 เท่ากับ 1.78 กิโลกรัมต่อคนต่อวัน และกลุ่มพื้นที่ 2 เท่ากับ 1.99 กิโลกรัมต่อคนต่อวัน ซึ่งพบว่า ปริมาณขยะในอนาคตมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น เนื่องจากจำนวนประชากรที่เพิ่มขึ้น ดังแสดงในตารางที่ 4.3 และภาพที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 การคาดการณ์ปริมาณขยะแยกตามกลุ่มพื้นที่เทศบาลในจังหวัดลำปาง

ปี พ.ศ.	ปริมาณขยะ กลุ่มพื้นที่ 1 (ตัน/วัน)	ปริมาณขยะ กลุ่มพื้นที่ 2 (ตัน/วัน)
2556	174.820	199.045
2557	174.822	199.047
2558	174.824	199.049
2559	174.826	199.050
2560	174.828	199.052
2561	174.830	199.054
2562	174.832	199.056
2563	174.834	199.058
2564	174.836	199.060
2565	174.838	199.061
2566	174.840	199.063
2567	174.842	199.065
2568	174.844	199.067
2569	174.846	199.069
2570	174.848	199.071
2571	174.850	199.072
2572	174.852	199.074

ตารางที่ 4.3 การคาดการณ์ปริมาณขยะแยกตามกลุ่มพื้นที่เทศบาลในจังหวัดลำปาง (ต่อ)

ปี พ.ศ.	ปริมาณขยะ กลุ่มพื้นที่ 1 (ตัน/วัน)	ปริมาณขยะ กลุ่มพื้นที่ 2 (ตัน/วัน)
2573	174.854	199.076
2574	174.856	199.078
2575	174.858	199.080
2576	174.861	199.082



ภาพที่ 4.3 แนวโน้มปริมาณขยะในเขตเทศบาลกลุ่มพื้นที่ 1 และ 2 ของจังหวัดลำปาง
ในปี พ.ศ. 2556-2576

4.2 ผลการวิเคราะห์ความเหมาะสมด้านเทคโนโลยี

การวิเคราะห์ด้านเทคโนโลยีการผลิตพลังงานจากขยะชุมชน เป็นการศึกษารูปแบบ หลักการทำงาน ข้อดี ข้อจำกัด ปริมาณ ชนิดและองค์ประกอบของขยะที่เหมาะสมกับเทคโนโลยีต่างๆ โดยเทคโนโลยีที่ทำการศึกษาในงานวิจัยนี้ ประกอบด้วย 5 เทคโนโลยี ได้แก่ 1) เทคโนโลยีเตาเผาขยะ (Incineration) 2) เทคโนโลยีการย่อยสลายแบบไม่ใช้ออกซิเจน (Anaerobic Digestion) 3) เทคโนโลยีการผลิตก๊าซชีวภาพจากระบบฝังกลบแบบถูกหลักสุขาภิบาล (Sanitary Landfill Gas to Energy) 4) เทคโนโลยีขยะเชื้อเพลิงอัดแท่ง (Refuse Derived Fuel: RDF5) ร่วมกับเทคโนโลยีการผลิตก๊าซเชื้อเพลิงจากขยะชุมชน (MSW Gasification) และ 5) เทคโนโลยีขยะเชื้อเพลิงอัดแท่ง (Refuse Derived Fuel: RDF5) ร่วมกับเทคโนโลยีวัฏจักรแรงดันอินทรีย์ (Organic Rankine Cycle)

โดยศักยภาพของขยะเทศบาลที่จะสามารถนำมาผลิตไฟฟ้าได้ คือ พื้นที่กลุ่ม 1 และ กลุ่ม 2 ของ จังหวัดลำปาง มีปริมาณขยะรวมที่คาดการณ์ไว้ว่าจะเกิดสูงสุดที่ 174.86 และ 199.08 ตันต่อวัน ซึ่ง ปริมาณดังกล่าวจะถูกนำมาใช้ในการกำหนดขนาดของเทคโนโลยีการผลิตพลังงานแต่ละระบบ ดัง แสดงในตารางที่ 4.4 และ 4.5

ตารางที่ 4.4 สรุปผลการวิเคราะห์ความเหมาะสมด้านเทคโนโลยีของพื้นที่กลุ่ม 1 ของจังหวัดลำปาง

ประเด็นที่พิจารณา	เทคโนโลยีการผลิตไฟฟ้าจากขยะ				
	เตาเผาขยะ เพื่อผลิต ไฟฟ้า	การย่อยสลาย แบบไม่ใช้ ออกซิเจน	การผลิตก๊าซ ชีวภาพ จากหลุม ฝังกลบ	เชื้อเพลิงขยะ ร่วมกับก๊าซ เชื้อเพลิง	เชื้อเพลิงขยะ ร่วมกับ วัฏจักร แรงกล สารอินทรีย์
พื้นที่กลุ่ม 1					
ปริมาณขยะรวมที่เข้าสู่ระบบ (ตันต่อวัน)	175	175	175	175	175
ขนาดของโรงไฟฟ้า (MW)	3.1	0.16	0.31	7.8	5.2
อายุของโรงไฟฟ้า	20	20	30	20	20
ประสิทธิภาพในการผลิตไฟฟ้า (%)	20	35	35	15	10
ค่าความร้อนของขยะ (MJ/kg)	7.69	-	-	25.57	25.57
ค่าความร้อนของก๊าซชีวภาพ (MJ/m ³)	-	21.54	17.96	-	-
ร้อยละของก๊าซชีวภาพที่รวบรวม (%)	-	75	75	-	-
ปริมาณกระแสไฟฟ้าที่ผลิตได้ (kWh ต่อปี)	27,288,812	1,404,531	2,705,186	68,053,490	45,368,993

จากตารางที่ 4.4 พบว่า เมื่อนำขยะในพื้นที่กลุ่ม 1 ปริมาณ 175 ตันต่อวัน มาผลิตไฟฟ้าด้วยเทคโนโลยีเตาเผา จะมีขนาด เท่ากับ 3.1 MW สามารถผลิตไฟฟ้าได้ 27,288,812 kWhต่อปี เทคโนโลยีการย่อยสลายแบบไม่ใช้ออกซิเจน มีขนาดของระบบ เท่ากับ 0.16 MW สามารถผลิตไฟฟ้าได้

1,404,531 kWhต่อปี เทคโนโลยีการผลิตก๊าซชีวภาพจากระบบฝังกลบ มีขนาดของระบบ เท่ากับ 0.31 MW สามารถผลิตไฟฟ้าได้ 2,705,186 kWhต่อปี เทคโนโลยีขยะเชื้อเพลิงอัดแท่งร่วมกับเทคโนโลยีการผลิตก๊าซเชื้อเพลิงจากขยะชุมชนมีขนาดของระบบ เท่ากับ 7.8 MW สามารถผลิตไฟฟ้าได้ 68,053,490 kWhต่อปี และเทคโนโลยีขยะเชื้อเพลิงอัดแท่งร่วมกับเทคโนโลยีวัฏจักรแรงดันอินทรีย์ มีขนาดของระบบ เท่ากับ 5.2 MW สามารถผลิตไฟฟ้าได้ 45,368,993 kWh ต่อปี และเมื่อนำขยะในพื้นที่กลุ่ม 2 ปริมาณ 199 ตันต่อวัน มาผลิตไฟฟ้าด้วยเทคโนโลยีเตาเผา จะมีขนาด เท่ากับ 3.5 MW สามารถผลิตไฟฟ้าได้ 23,273,465 kWhต่อปี เทคโนโลยีการย่อยสลายแบบไม่ใช้ออกซิเจน มีขนาดของระบบ เท่ากับ 0.18 MW สามารถผลิตไฟฟ้าได้ 1,576,800 kWhต่อปี เทคโนโลยีการผลิตก๊าซชีวภาพจากระบบฝังกลบ มีขนาดของระบบ เท่ากับ 0.35 MW สามารถผลิตไฟฟ้าได้ 3,066,000 kWh ต่อปี เทคโนโลยีขยะเชื้อเพลิงอัดแท่งร่วมกับเทคโนโลยีการผลิตก๊าซเชื้อเพลิงจากขยะชุมชน มีขนาดของระบบ เท่ากับ 8.8 MW สามารถผลิตไฟฟ้าได้ 77,088,000 kWhต่อปี และเทคโนโลยีขยะเชื้อเพลิงอัดแท่งร่วมกับเทคโนโลยีวัฏจักรแรงดันอินทรีย์ มีขนาดของระบบ เท่ากับ 5.9 MW สามารถผลิตไฟฟ้าได้ 51,684,000 kWh ต่อปี ดังตารางที่ 4.5

ตารางที่ 4.5 สรุปผลการวิเคราะห์ความเหมาะสมด้านเทคโนโลยีของพื้นที่กลุ่ม 2 ของจังหวัดลำปาง

ประเด็นที่พิจารณา	เทคโนโลยีการผลิตไฟฟ้าจากขยะ				
	เตาเผาขยะเพื่อผลิตไฟฟ้า	การย่อยสลายแบบไม่ใช้ออกซิเจน	การผลิตก๊าซชีวภาพจากหลุมฝังกลบ	เชื้อเพลิงขยะร่วมกับก๊าซเชื้อเพลิง	เชื้อเพลิงขยะร่วมกับวัฏจักรแรงดันอินทรีย์
พื้นที่กลุ่ม 2					
ปริมาณขยะรวมที่เข้าสู่ระบบ (ตันต่อวัน)	199	199	199	199	199
ขนาดของโรงไฟฟ้า (MW)	3.5	0.18	0.35	8.8	5.9
อายุของโรงไฟฟ้า	20	20	30	20	20
ประสิทธิภาพในการผลิตไฟฟ้า (%)	20	35	35	15	10
ค่าความร้อนของขยะ (MJ/kg)	7.69	-	-	25.57	25.57

ตารางที่ 4.5 สรุปผลการวิเคราะห์ความเหมาะสมด้านเทคโนโลยีของพื้นที่กลุ่ม 2 ของจังหวัดลำปาง
(ต่อ)

ประเด็นที่พิจารณา	เทคโนโลยีการผลิตไฟฟ้าจากขยะ				
	เตาเผาขยะ เพื่อผลิต ไฟฟ้า	การย่อยสลาย แบบไม่ใช้ ออกซิเจน	การผลิตก๊าซ ชีวภาพ จากหลุม ฝังกลบ	เชื้อเพลิงขยะ ร่วมกับก๊าซ เชื้อเพลิง	เชื้อเพลิงขยะ ร่วมกับ วัฏจักร แรงดัน สารอินทรีย์
ค่าความร้อนของก๊าซ ชีวภาพ (MJ/m ³)	-	21.54	17.96	-	-
ร้อยละของก๊าซ ชีวภาพที่รวบรวม (%)	-	75	75	-	-
ปริมาณกระแสไฟฟ้าที่ ผลิตได้ (kWh ต่อปี)	23,273,465	1,576,800	3,066,000	77,088,000	51,684,000

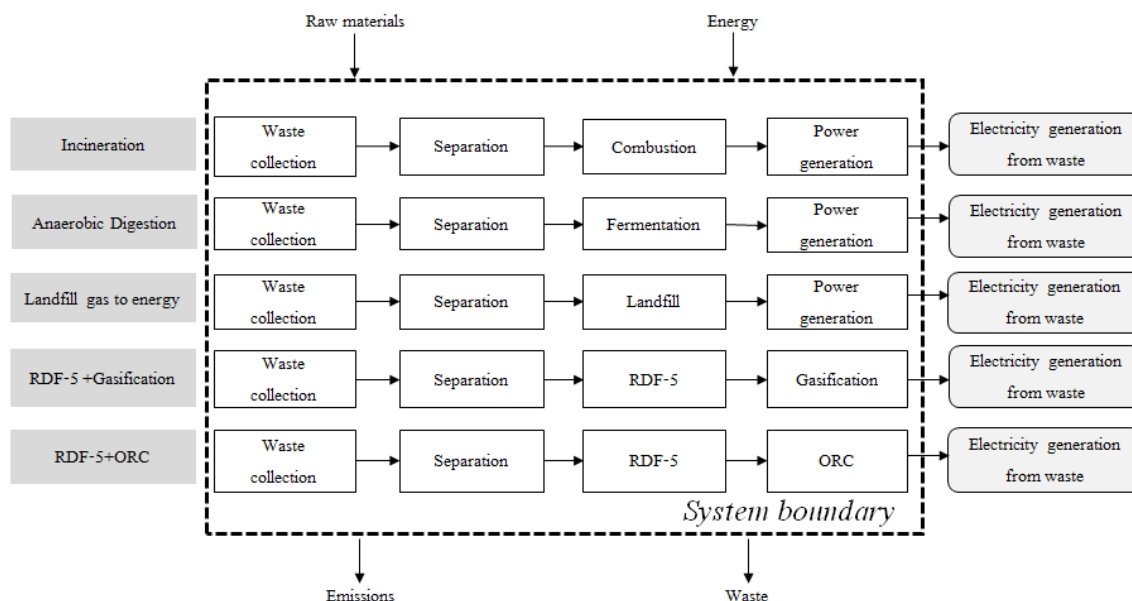
4.3 เป้าหมายและขอบเขตการศึกษา (Goal and Scope Definition)

4.3.1 เป้าหมาย

เพื่อพัฒนาและวิเคราะห์ปัญหาการตลอดวัฏจักรชีวิตของการผลิตไฟฟ้าจากขยะเทศบาลของแต่ละเทคโนโลยี และหาแนวทางในการตัดสินใจเลือกเทคโนโลยีที่เหมาะสมกับบริบทของเทศบาล โดยพิจารณาด้านพลังงาน ผลกระทบทางสิ่งแวดล้อม และต้นทุนตลอดวัฏจักรชีวิตของการผลิตไฟฟ้าจากขยะเทศบาล

4.3.2 ขอบเขตการศึกษา

วิเคราะห์ผลกระทบตลอดวัฏจักรชีวิตของการผลิตไฟฟ้าจากขยะเทศบาล ตั้งแต่การเก็บรวบรวมขยะจนถึงการผลิตไฟฟ้าออกมา โดยจะทำการเปรียบเทียบการผลิตไฟฟ้าจากขยะเทศบาลในพื้นที่จังหวัดลำปาง ด้วยเทคโนโลยีที่แตกต่างกัน 5 เทคโนโลยี ได้แก่ เทคโนโลยีเตาเผาขยะ เทคโนโลยีการย่อยสลายแบบไม่ใช้ออกซิเจน เทคโนโลยีการผลิตก๊าซชีวภาพจากหลุมฝังกลบขยะ เทคโนโลยีแท่งเชื้อเพลิงขยะร่วมกับเทคโนโลยีผลิตก๊าซเชื้อเพลิง และเทคโนโลยีแท่งเชื้อเพลิงขยะร่วมกับเทคโนโลยีวัฏจักรแรงดันสารอินทรีย์ โดยมีขอบเขตของระบบที่ทำการศึกษา ดังภาพที่ 4.4



ภาพที่ 4.4 ขอบเขตของระบบในการศึกษาการประเมินผลกระทบตลอดวัฏจักรชีวิต
ของเทคโนโลยีผลิตไฟฟ้าจากขยะ

4.3.3 หน่วยหน้าที่การศึกษา

หน่วยหน้าที่การศึกษา (Functional unit: FU) ในการวิเคราะห์ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก การใช้พลังงาน และต้นทุนตลอดวัฏจักรชีวิต คือ ไฟฟ้าที่ผลิตได้จากขยะ 1 kWh

4.4 ผลการจัดทำบัญชีรายการ

การทำบัญชีรายการเป็นการรวบรวมข้อมูลในแต่ละกระบวนการตลอดวัฏจักรชีวิตของการผลิตไฟฟ้าจากขยะเทศบาลในแต่ละเทคโนโลยี เพื่อใช้ในการวิเคราะห์ผลการศึกษา โดยข้อมูลจะประกอบไปด้วย ชนิดและปริมาณของปัจจัยการผลิตที่เกี่ยวข้อง และผลิตภัณฑ์ร่วมซึ่งได้จากกระบวนการผลิตไฟฟ้าที่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้

ในงานวิจัยนี้ได้ทำการแบ่งขั้นตอนของการผลิตไฟฟ้าจากขยะเป็น 3 ขั้นตอน ได้แก่ ขั้นตอนของการเก็บรวบรวมขยะ ขั้นตอนการคัดแยกขยะ และขั้นตอนการผลิตไฟฟ้า ซึ่งข้อมูลที่ใช้ในการจัดทำบัญชีรายการตลอดกระบวนการผลิตไฟฟ้าจากขยะจะประกอบด้วยข้อมูลชนิดและปริมาณของปัจจัยที่เข้าสู่กระบวนการ (Input) และปัจจัยที่เกิดจากกระบวนการ (Output) ซึ่งได้แก่ พลังงาน ทรัพยากร ผลิตภัณฑ์ ผลิตภัณฑ์ร่วม ของเสีย และผลกระทบที่เกิดขึ้นตลอดกระบวนการผลิตไฟฟ้าจากขยะ โดยรายละเอียดขั้นตอนการผลิตไฟฟ้าจากขยะในแต่ละเทคโนโลยีและรูปแบบของสารขาเข้าและสารขาออก แสดงดังหัวข้อที่ 4.4.1 - 4.4.2

4.4.1 ผลการจัดทำบัญชีรายการการผลิตไฟฟ้าจากขยะด้วยเทคโนโลยีเตาเผา

ในการจัดทำบัญชีรายการของเทคโนโลยีเตาเผา บัญชีรายการในขั้นตอนการเก็บรวบรวมขยะจะอ้างอิงจากปริมาณน้ำมันดีเซลที่ใช้ในการเก็บขนขยะของพื้นที่เทศบาลตำบลเกาะคา จังหวัดลำปาง ส่วนบัญชีรายการในขั้นตอนการคัดแยกขยะจะอ้างอิงข้อมูลสถิติจากงานวิจัยศูนย์ความเป็นเลิศทางด้านชีวมวล มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี (2552) และในขั้นตอนของการผลิตไฟฟ้าจะอ้างอิงข้อมูลสถิติจากงานวิจัยของสุทธิวรรณ นกสง่า และ ปมทอง มาลากุล ณ อยุธยา (2551) โดยสถานที่ที่ทำการศึกษาคือ โรงเผาขยะมูลฝอยเทศบาลนครภูเก็ต จังหวัดภูเก็ต ลักษณะของระบบที่ทำการศึกษาคือ เตาเผาแบบตะกรับที่มีการเผาไหม้ต่อเนื่อง มีกำลังเผา 250 ตันต่อวัน ระบบผลิตกระแสไฟฟ้าเป็นแบบกังหันไอน้ำแรงดันย้อนกลับ ขนาด 2,500 กิโลวัตต์ ที่มีการติดตั้งระบบควบคุมมลพิษทางอากาศ ระบบควบคุมกลิ่น เสียง และจี้เถ้า โดยมีรายละเอียดดังแสดงในตารางที่ 4.6

ตารางที่ 4.6 บัญชีรายการสารขาเข้า-ออกของกระบวนการผลิตไฟฟ้าจากขยะด้วยเทคโนโลยีเตาเผา

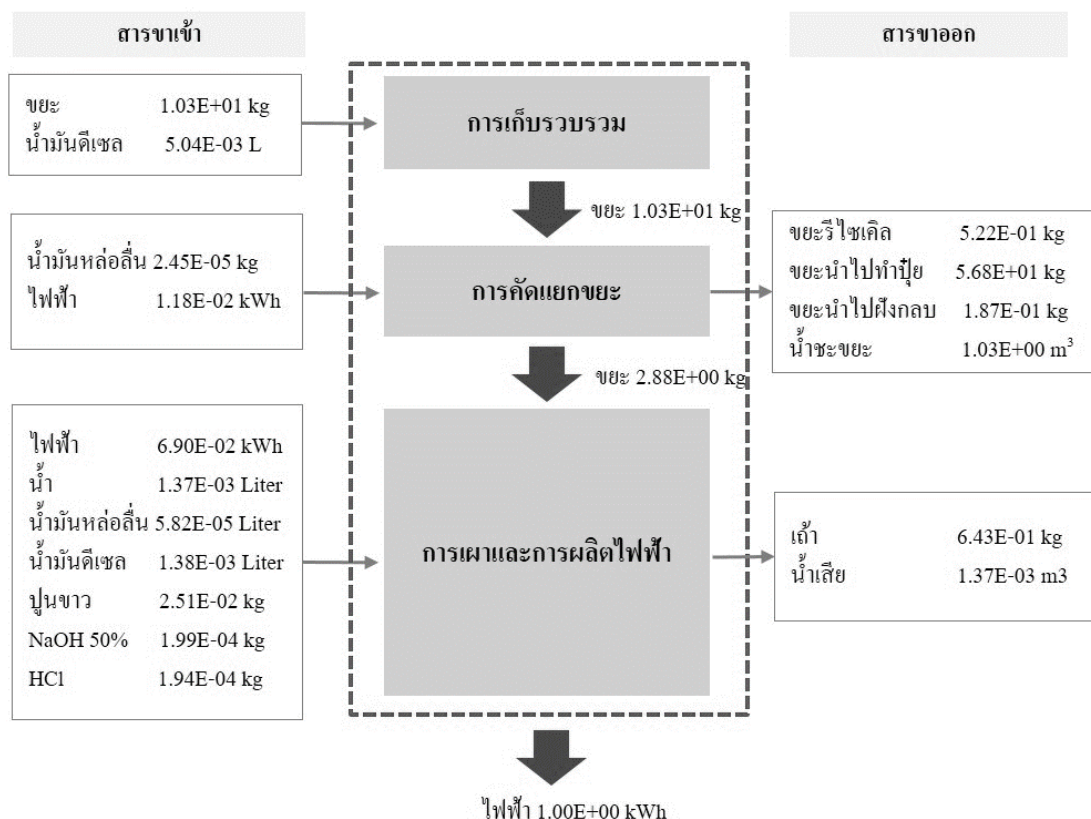
ต่อหน่วยการทำงาน

ลำดับ	สารขาเข้า-สารขาออก	ปริมาณ	หน่วย
สารขาเข้า			
การเก็บรวบรวมขยะ			
1	ขยะ	1.03E+01	กิโลกรัม
2	น้ำมันดีเซล	5.04E-03	ลิตร
การคัดแยกขยะ			
1	ไฟฟ้า	1.18E-02	กิโลวัตต์-ชั่วโมง
2	น้ำมันหล่อลื่น	2.45E-05	กิโลกรัม
การเผาและผลิตไฟฟ้า			
1	NaOH 50%	1.99E-04	กิโลกรัม
2	HCl	1.94E-04	กิโลกรัม
3	น้ำ	1.37E-03	ลิตร
4	น้ำมันหล่อลื่น	5.82E-05	กิโลกรัม
5	ไฟฟ้า	6.90E-02	กิโลวัตต์-ชั่วโมง
6	น้ำมันดีเซล	1.38E-03	ลิตร
7	ปูนขาว	2.51E-02	กิโลกรัม

ตารางที่ 4.6 บัญชีรายการสารขาเข้า-ออกของกระบวนการผลิตไฟฟ้าจากขยะด้วยเทคโนโลยีเตาเผา
ต่อหน่วยการทำงาน (ต่อ)

ลำดับ	สารขาเข้า-สารขาออก	ปริมาณ	หน่วย
สารขาออก			
การเก็บรวบรวมขยะ			
1	ขยะ	1.03E+01	กิโลกรัม
การคัดแยกขยะ			
1	ขยะที่ผ่านการคัดแยก	2.88E+00	กิโลกรัม
2	ขยะรีไซเคิล	5.22E-01	กิโลกรัม
3	ขยะนำไปฝังกลบ	1.87E-01	กิโลกรัม
4	ขยะที่นำไปทำปุ๋ย	5.68E+00	กิโลกรัม
5	น้ำชะขยะ	1.03E+00	กิโลกรัม
การเผาและการผลิตไฟฟ้า			
1	ไฟฟ้า	1.00E+00	กิโลวัตต์-ชั่วโมง
2	เถ้า	6.43E-01	กิโลกรัม
3	น้ำเสีย	1.37E-03	ลูกบาศก์เมตร

จากการเก็บรวบรวมข้อมูลบัญชีรายการสารขาเข้าและออก สามารถแสดงรายละเอียดของข้อมูลตัวเลขเข้าสู่แต่ละขั้นตอนของกระบวนการผลิตไฟฟ้าจากขยะเทศบาลด้วยเทคโนโลยีเตาเผาแสดงดังภาพที่ 4.5



ภาพที่ 4.5 สารขาเข้า-ออกของการผลิตไฟฟ้าจากขยะด้วยเทคโนโลยีเตาเผาต่อหน่วยการทำงาน

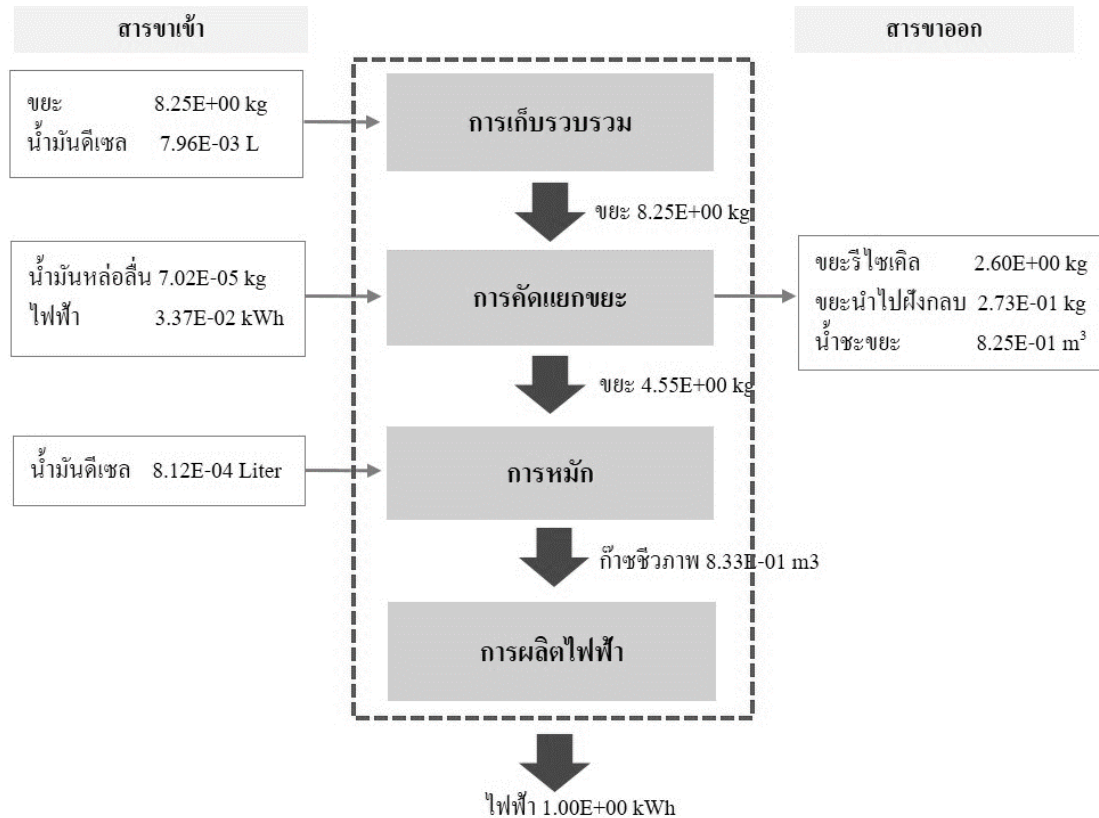
4.4.2 ผลการจัดทำบัญชีรายการการผลิตไฟฟ้าจากขยะด้วยเทคโนโลยีการย่อยสลายแบบไม่ใช้ออกซิเจน

ในการจัดทำบัญชีรายการของเทคโนโลยีการย่อยสลายแบบไม่ใช้ออกซิเจน บัญชีรายการในขั้นตอนการเก็บรวบรวมขยะจะอ้างอิงจากปริมาณน้ำมันดีเซลที่ใช้ในการเก็บขนขยะของพื้นที่เทศบาลตำบลเกาะคา จังหวัดลำปาง ส่วนบัญชีรายการในขั้นตอนการคัดแยกขยะจะอ้างอิงข้อมูลทุติยภูมิจากงานวิจัยศูนย์ความเป็นเลิศทางด้านชีวมวล มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี (2552) และในขั้นตอนของการผลิตไฟฟ้าจะอ้างอิงข้อมูลทุติยภูมิจากงานวิจัยของปริพัฒน์ จิงชัยชนะ และสุภวัฒน์ วิวรรณภัทรกิจ (2555) ระบบที่ทำการศึกษา คือ มีความสามารถในการรองรับขยะมูลฝอย 94.19 ตันต่อวัน เป็นเทคโนโลยีการผลิตก๊าซชีวภาพแบบ Dry Fermentation โดยมีรายละเอียดดังแสดงในตารางที่ 4.7

ตารางที่ 4.7 บัญชีรายการสารขาเข้า-ออกของกระบวนการผลิตไฟฟ้าจากขยะด้วยเทคโนโลยีการย่อยสลายแบบไม่ใช้ออกซิเจนต่อหน่วยการทำงาน

ลำดับ	สารขาเข้า-สารขาออก	ปริมาณ	หน่วย
สารขาเข้า			
การเก็บรวบรวมขยะ			
1	ขยะ	8.25E+00	กิโลกรัม
2	น้ำมันดีเซล	7.96E-03	ลิตร
การคัดแยกขยะ			
1	ไฟฟ้า	3.37E-02	กิโลวัตต์-ชั่วโมง
2	น้ำมันหล่อลื่น	7.02E-05	กิโลกรัม
การหมักก๊าซ			
1	น้ำมันดีเซล	8.12E-04	ลิตร
การผลิตไฟฟ้า			
1	ไฟฟ้า	6.26E-01	กิโลวัตต์-ชั่วโมง
สารขาออก			
การเก็บรวบรวมขยะ			
1	ขยะ	8.25E+00	กิโลกรัม
การคัดแยกขยะ			
1	ขยะที่ผ่านการคัดแยก	4.55E+00	กิโลกรัม
2	ขยะรีไซเคิล	2.60E+00	กิโลกรัม
3	ขยะนำไปฝังกลบ	2.73E-01	กิโลกรัม
5	น้ำชะขยะ	8.25E-01	ลูกบาศก์เมตร
การหมักก๊าซ			
1	ก๊าซชีวภาพ	8.33E-01	ลูกบาศก์เมตร
2	วัสดุปรับปรุงดิน	9.98E-01	กิโลกรัม
3	น้ำเสีย	4.29E+00	ลูกบาศก์เมตร
การผลิตไฟฟ้า			
1	ไฟฟ้า	1.00E+00	กิโลวัตต์-ชั่วโมง

จากการเก็บรวบรวมข้อมูลบัญชีรายการสารขาเข้าและออก สามารถแสดงรายละเอียดของข้อมูลตัวเลขเข้าสู่แต่ละขั้นตอนของกระบวนการผลิตไฟฟ้าจากขยะด้วยเทคโนโลยีการย่อยสลายแบบไม่ใช้ออกซิเจน แสดงดังภาพที่ 4.6



ภาพที่ 4.6 สารขาเข้า-ออกของการผลิตไฟฟ้าจากขยะด้วยเทคโนโลยี

การย่อยสลายแบบไม่ใช้ออกซิเจนต่อหน่วยการทำงาน

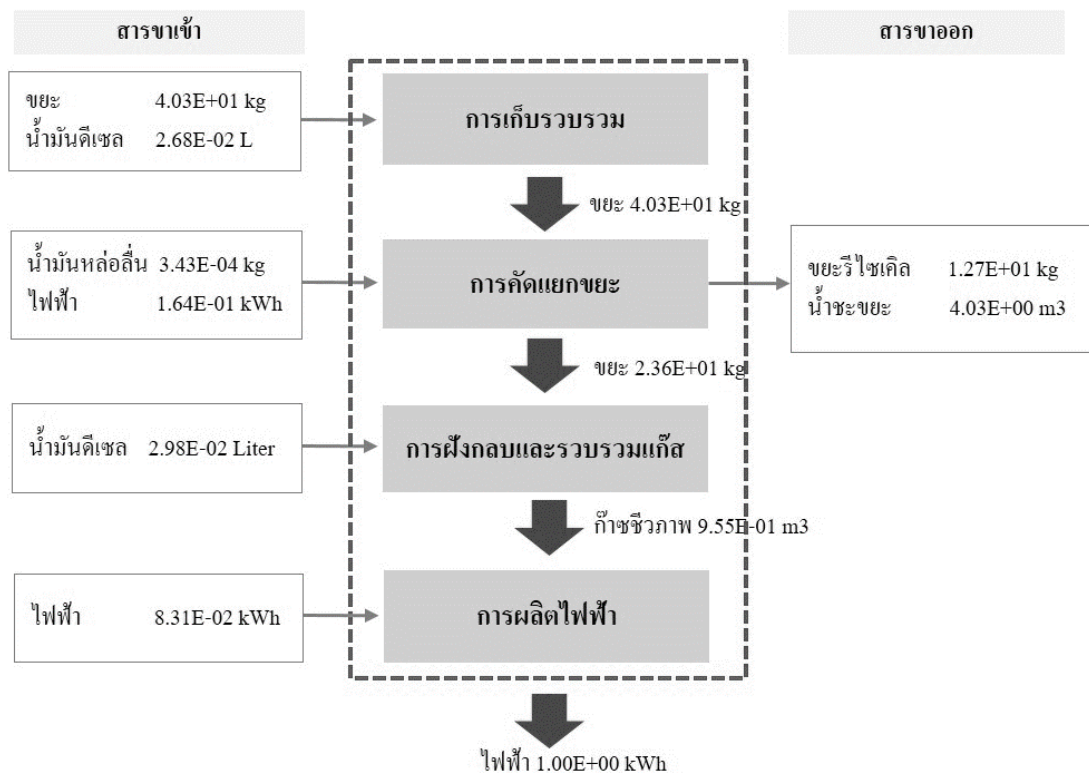
4.4.3 ผลการจัดทำบัญชีรายการการผลิตไฟฟ้าจากขยะด้วยเทคโนโลยีการผลิตก๊าซชีวภาพจากหลุมฝังกลบ

ในการจัดทำบัญชีรายการของเทคโนโลยีการผลิตก๊าซชีวภาพจากหลุมฝังกลบ บัญชีรายการในขั้นตอนการเก็บรวบรวมขยะจะอ้างอิงจากปริมาณน้ำมันดีเซลที่ใช้ในการเก็บขนขยะของพื้นที่เทศบาลตำบลเกาะคา จังหวัดลำปาง ส่วนบัญชีรายการในขั้นตอนการคัดแยกขยะจะอ้างอิงข้อมูลสถิติจากงานวิจัยศูนย์ความเป็นเลิศทางด้านชีวมวล มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี (2552) และในขั้นตอนของการผลิตไฟฟ้าจะอ้างอิงข้อมูลสถิติจากงานวิจัยของโสภณัฐ ธรรม (2559) สถานที่ที่ทำการศึกษาคือ โรงไฟฟ้าก๊าซชีวภาพจากหลุมฝังกลบ อำเภอฮอด จังหวัดเชียงใหม่ ขนาด 1 MW โดยมีรายละเอียดดังแสดงในตารางที่ 4.8

ตารางที่ 4.8 บัญชีรายการสารขาเข้า-ออกของกระบวนการผลิตไฟฟ้าจากขยะด้วยเทคโนโลยีการผลิต
ก๊าซชีวภาพจากหลุมฝังกลบต่อหน่วยการทำงาน

ลำดับ	สารขาเข้า-สารขาออก	ปริมาณ	หน่วย
สารขาเข้า			
การเก็บรวบรวมขยะ			
1	ขยะ	4.03E+01	กิโลกรัม
2	น้ำมันดีเซล	2.68E-02	ลิตร
การคัดแยกขยะ			
1	ไฟฟ้า	1.64E-01	กิโลวัตต์-ชั่วโมง
2	น้ำมันหล่อลื่น	3.43E-04	กิโลกรัม
การฝังกลบ			
1	น้ำมันดีเซล	2.98E-02	ลิตร
การผลิตไฟฟ้า			
1	ไฟฟ้า	8.31E-02	กิโลวัตต์-ชั่วโมง
สารขาออก			
การเก็บรวบรวมขยะ			
1	ขยะ	4.03E+01	กิโลกรัม
การคัดแยกขยะ			
1	ขยะที่ผ่านการคัดแยก	2.36E+01	กิโลกรัม
2	ขยะรีไซเคิล	1.27E+01	กิโลกรัม
3	น้ำชะขยะ	4.03E+00	ลิตร
การฝังกลบ			
1	ก๊าซชีวภาพ	9.55E-01	ลูกบาศก์เมตร
การผลิตไฟฟ้า			
1	ไฟฟ้า	1.00E+00	กิโลวัตต์-ชั่วโมง

จากการเก็บรวบรวมข้อมูลบัญชีรายการสารขาเข้าและออก สามารถแสดงรายละเอียดของ
ข้อมูลตัวเลขเข้าสู่แต่ละขั้นตอนของกระบวนการผลิตไฟฟ้าจากขยะเทศบาลด้วยเทคโนโลยีการผลิต
ก๊าซชีวภาพจากหลุมฝังกลบ แสดงดังภาพที่ 4.7



ภาพที่ 4.7 สารขาเข้า-ออกของการผลิตไฟฟ้าจากขยะด้วยเทคโนโลยีการผลิตก๊าซชีวภาพจากหลุมฝังกลบต่อหน่วยการทำงาน

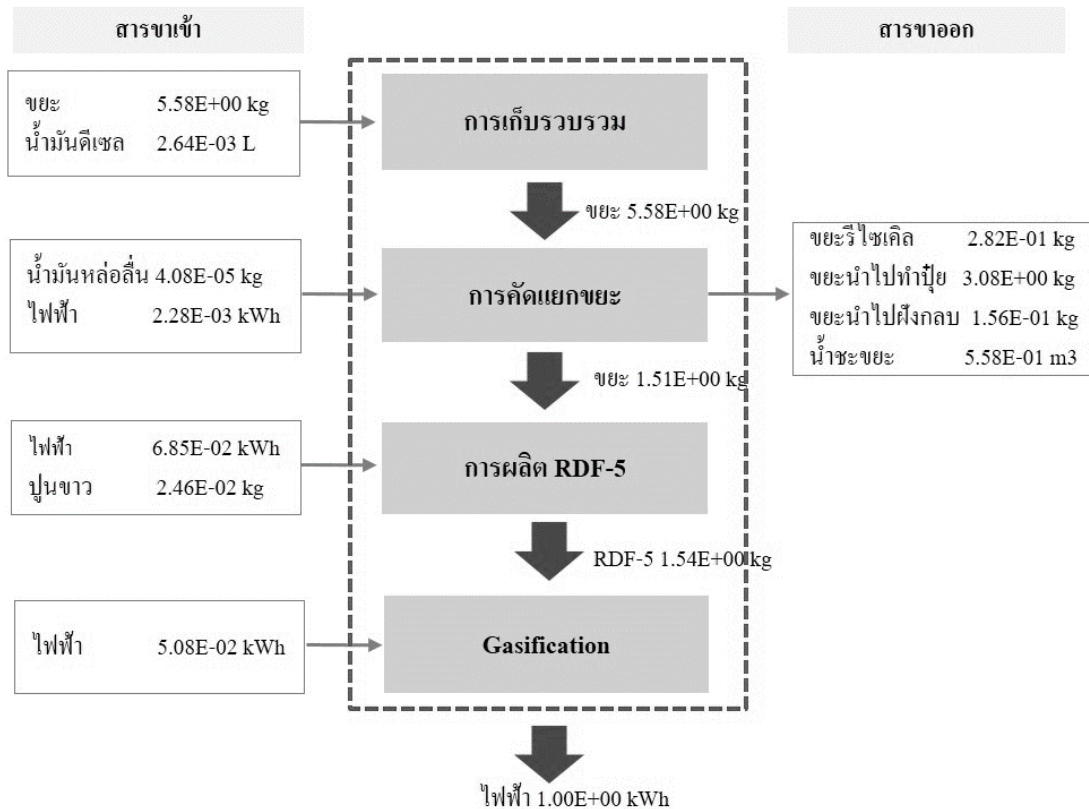
4.4.4 ผลการจัดทำบัญชีรายการการผลิตไฟฟ้าจากขยะด้วยเทคโนโลยีการผลิตเชื้อเพลิงแท่งร่วมกับเทคโนโลยีก๊าซเชื้อเพลิง

ในการจัดทำบัญชีรายการของเทคโนโลยีการผลิตเชื้อเพลิงแท่งร่วมกับเทคโนโลยีก๊าซเชื้อเพลิง บัญชีรายการในขั้นตอนการเก็บรวบรวมขยะจะอ้างอิงจากปริมาณน้ำมันดีเซลที่ใช้ในการเก็บขนขยะของพื้นที่เทศบาลตำบลเกาะคา จังหวัดลำปาง ส่วนบัญชีรายการในขั้นตอนการคัดแยกขยะจะอ้างอิงข้อมูลสถิติจากงานวิจัยศูนย์ความเป็นเลิศทางด้านชีวมวล มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี (2552) และในขั้นตอนของการผลิตไฟฟ้าจะอ้างอิงข้อมูลสถิติจากงานวิจัยของสาวยุสสันต์ วิชาติ (2548) ซึ่งได้ทำการประเมินการผลิตกระแสไฟฟ้าจาก RDF ที่ได้จากขยะเทศบาลนครเชียงใหม่ งานวิจัยของจิตเทพ และคณะ (2555) และงานวิจัยของ Fanghei Tsau (2007) และ Kilgroe and Brna (1990) โดยมีรายละเอียดดังแสดงในตารางที่ 4.9

ตารางที่ 4.9 บัญชีรายการสารขาเข้า-ออกของกระบวนการผลิตไฟฟ้าจากขยะด้วยเทคโนโลยีการผลิตเชื้อเพลิงแท่งร่วมกับเทคโนโลยีก๊าซเชื้อเพลิงต่อหน่วยการทำงาน

ลำดับ	สารขาเข้า-สารขาออก	ปริมาณ	หน่วย
สารขาเข้า			
การเก็บรวบรวมขยะ			
1	ขยะ	5.58E+00	กิโลกรัม
2	น้ำมันดีเซล	2.64E-03	ลิตร
การคัดแยกขยะ			
1	ไฟฟ้า	2.28E-03	กิโลวัตต์-ชั่วโมง
2	น้ำมันหล่อลื่น	4.08E-05	กิโลกรัม
การผลิต RDF-5			
1	ไฟฟ้า	6.85E-02	กิโลวัตต์-ชั่วโมง
2	ปูนขาว	2.46E-02	กิโลกรัม
การผลิตไฟฟ้า			
1	ไฟฟ้า	5.08E-02	กิโลวัตต์-ชั่วโมง
สารขาออก			
การเก็บรวบรวมขยะ			
1	ขยะ	5.58E+00	กิโลกรัม
การคัดแยกขยะ			
1	ขยะที่ผ่านการคัดแยก	1.51E+00	กิโลกรัม
2	ขยะนำไปทำปุ๋ย	3.08E+00	กิโลกรัม
3	ขยะรีไซเคิล	2.82E-01	กิโลกรัม
4	ขยะนำไปฝังกลบ	1.56E-01	กิโลกรัม
5	น้ำชะขยะ	5.58E-01	ลูกบาศก์เมตร
การผลิต RDF-5			
1	RDF-5	1.54E+00	กิโลกรัม
การผลิตไฟฟ้า			
1	ไฟฟ้า	1.00E+00	กิโลวัตต์-ชั่วโมง

จากการเก็บรวบรวมข้อมูลบัญชีรายการสารขาเข้าและออก สามารถแสดงรายละเอียดของ ข้อมูลตัวเลขเข้าสู่แต่ละขั้นตอนของกระบวนการผลิตไฟฟ้าจากขยะเทศบาลด้วยเทคโนโลยีการผลิต เชื้อเพลิงแท่งร่วมกับเทคโนโลยีเทคโนโลยีก๊าซเชื้อเพลิง แสดงดังภาพที่ 4.8



ภาพที่ 4.8 สารขาเข้า-ออกของการผลิตไฟฟ้าจากขยะด้วยเทคโนโลยีการผลิตเชื้อเพลิงแท่งร่วมกับ เทคโนโลยีก๊าซเชื้อเพลิงต่อหน่วยการทำงาน

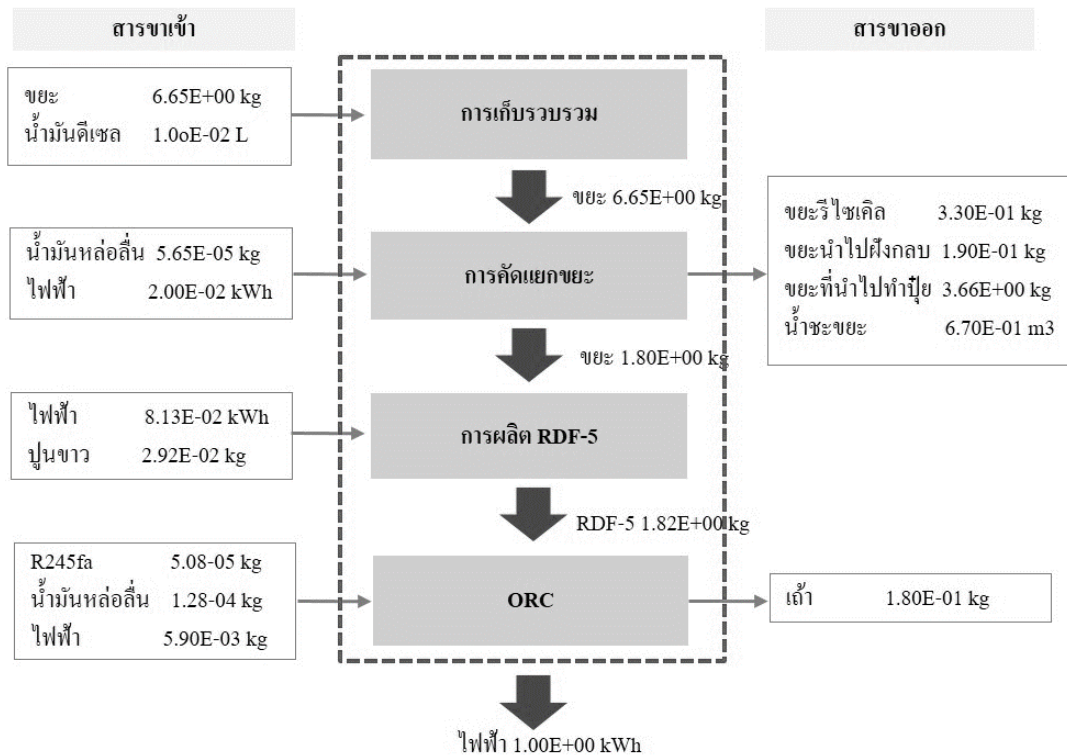
4.4.5 ผลการจัดทำบัญชีรายการการผลิตไฟฟ้าจากขยะด้วยเทคโนโลยีการผลิตเชื้อเพลิงแท่งร่วมกับ เทคโนโลยีวัฏจักรแรงดันอินทรีย์

ในการจัดทำบัญชีรายการของเทคโนโลยีการผลิตเชื้อเพลิงขยะร่วมกับเทคโนโลยีวัฏจักร แรงดันอินทรีย์ บัญชีรายการในขั้นตอนการเก็บรวบรวมขยะจะอ้างอิงจากปริมาณน้ำมันดีเซลที่ใช้ ในการเก็บขนขยะของพื้นที่เทศบาลตำบลเกาะคา จังหวัดลำปาง ส่วนบัญชีรายการในขั้นตอนการคัด แยกขยะจะอ้างอิงข้อมูลทฤษฎีจากงานวิจัยศูนย์ความเป็นเลิศทางด้านชีวมวล มหาวิทยาลัย เทคโนโลยีสุรนารี (2552) และในขั้นตอนของการผลิตไฟฟ้าจะอ้างอิงข้อมูลทฤษฎีจากงานวิจัย ของนัฐพร ไชยญาติ (2558) ซึ่งระบบวัฏจักรแรงดันอินทรีย์มีขนาด 20 kW โดยมีรายละเอียดดัง แสดงในตารางที่ 4.10

ตารางที่ 4.10 บัญชีรายการสารขาเข้า-ออกของกระบวนการผลิตไฟฟ้าจากขยะด้วยเทคโนโลยีการผลิตเชื้อเพลิงแท่งร่วมกับเทคโนโลยีวัฏจักรแรงดันอินทรีย์ต่อหน่วยการทำงาน

ลำดับ	สารขาเข้า-สารขาออก	ปริมาณ	หน่วย
สารขาเข้า			
การเก็บรวบรวมขยะ			
1	ขยะ	6.65E+00	กิโลกรัม
2	น้ำมันดีเซล	1.00E-02	ลิตร
การคัดแยกขยะ			
1	ไฟฟ้า	2.00E-02	กิโลวัตต์-ชั่วโมง
2	น้ำมันหล่อลื่น	5.65E-05	กิโลกรัม
การผลิต RDF-5			
1	ไฟฟ้า	8.13E-02	กิโลวัตต์-ชั่วโมง
2	ปูนขาว	2.92E-02	กิโลกรัม
การผลิตไฟฟ้า			
1	สารทำความเย็น R245fa	5.08E-05	กิโลกรัม
2	น้ำมันหล่อลื่น	1.28E-04	กิโลกรัม
สารขาออก			
การเก็บรวบรวมขยะ			
1	ขยะ	6.65E+00	กิโลกรัม
การคัดแยกขยะ			
1	ขยะที่ผ่านการคัดแยก	1.80E+00	กิโลกรัม
2	ขยะรีไซเคิล	3.30E-01	กิโลกรัม
3	ขยะนำไปฝังกลบ	1.90E-01	กิโลกรัม
4	ขยะที่นำไปทำปุ๋ย	3.66E+00	กิโลกรัม
5	น้ำชะขยะ	6.70E-01	กิโลกรัม
การผลิต RDF-5			
1	RDF-5	1.82E+00	กิโลกรัม
การผลิตไฟฟ้า			
1	ไฟฟ้า	1.00E+00	กิโลวัตต์-ชั่วโมง
2	เถ้า	1.80E-01	กิโลกรัม

จากการเก็บรวบรวมข้อมูลบัญชีรายการสารขาเข้าและออก สามารถแสดงรายละเอียดของข้อมูลตัวเลขเข้าสู่แต่ละขั้นตอนของกระบวนการผลิตไฟฟ้าจากขยะเทศบาลด้วยเทคโนโลยีการผลิตเชื้อเพลิงแท่งร่วมกับเทคโนโลยีวัฏจักรแรงดันอินทรีย์ แสดงดังภาพที่ 4.9



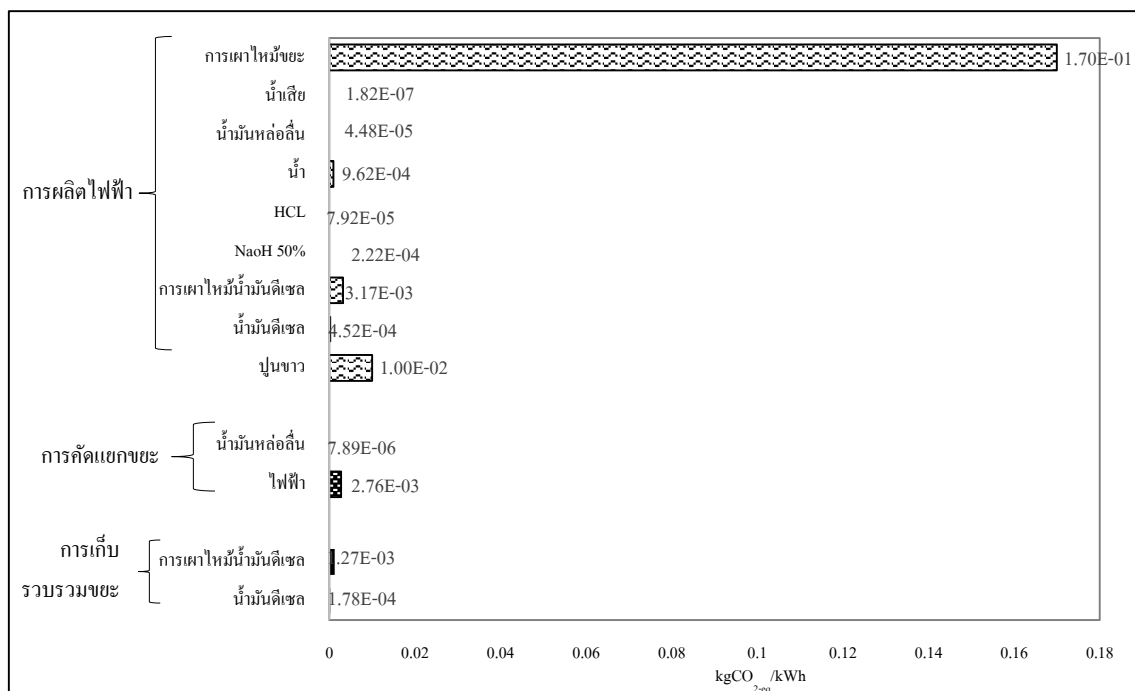
ภาพที่ 4.9 สารขาเข้า-ออกของการผลิตไฟฟ้าจากขยะด้วยเทคโนโลยีการผลิตเชื้อเพลิงแท่งร่วมกับเทคโนโลยีวัฏจักรแรงดันอินทรีย์ต่อหน่วยการทำงาน

4.5 ผลการวิเคราะห์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกตลอดวัฏจักรชีวิต

4.5.1 ผลการวิเคราะห์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกตลอดวัฏจักรชีวิตของการผลิตไฟฟ้าจากขยะด้วยเทคโนโลยีเตาเผาต่อหน่วยการทำงาน

ในการวิเคราะห์ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของการผลิตไฟฟ้าจากขยะด้วยเทคโนโลยีเตาเผา ตั้งแต่การเก็บรวบรวมขยะ การคัดแยกขยะ การเผาและควบคุมมลพิษ จนถึงการผลิตไฟฟ้าออกมาต่อหน่วยการทำงาน พบว่า ในขั้นตอนของการเก็บรวบรวมขยะ มีปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก เท่ากับ $1.45E-03$ kgCO_{2-eq}/kWh โดยมาจากการใช้น้ำมันดีเซล เท่ากับ $1.78E-04$ kgCO_{2-eq}/kWh การเผาไหม้น้ำมันดีเซล $1.27E-03$ kgCO_{2-eq}/kWh การคัดแยกขยะ มีปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก เท่ากับ $2.77E-03$ kgCO_{2-eq}/kWh โดยมาจากการใช้น้ำมันหล่อลื่น เท่ากับ $7.89E-06$ kgCO_{2-eq}/kWh การใช้ไฟฟ้า เท่ากับ $2.76E-03$ kgCO_{2-eq}/kWh ส่วนการเผา ควบคุมมลพิษ และการผลิตไฟฟ้า ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก เท่ากับ $2.03E-01$ kgCO_{2-eq}/kWh โดยมาจากการไหม้ขยะ เท่ากับ $1.78E-01$

kgCO_{2-eq}/kWh การใช้ปูนขาว เท่ากับ 1.96E-02 kgCO_{2-eq}/kWh การใช้น้ำมันหล่อลื่น เท่ากับ 4.48E-05 kgCO_{2-eq}/kWh การใช้น้ำมันดีเซล เท่ากับ 4.52E-04 kgCO_{2-eq}/kWh การเผาไหม้น้ำมันดีเซล เท่ากับ 3.17E-03 kgCO_{2-eq}/kWh การใช้สาร NaOH 50% เท่ากับ 2.22E-04 kgCO_{2-eq}/kWh การใช้สาร HCl เท่ากับ 7.92E-05 kgCO_{2-eq}/kWh การใช้น้ำประปา เท่ากับ 9.62E-04 kgCO_{2-eq}/kWh และการจัดการน้ำเสียที่เกิดจากการผลิตไฟฟ้า เท่ากับ 1.82E-07 kgCO_{2-eq}/kWh ดังภาพที่ 4.10



ภาพที่ 4.10 ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในแต่ละขั้นตอนตลอดวัฏจักรชีวิตของเทคโนโลยีเตาเผาเพื่อผลิตไฟฟ้าต่อหน่วยการทำงาน

เมื่อพิจารณาปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกตลอดวัฏจักรชีวิตของการผลิตไฟฟ้าจากขยะด้วยเทคโนโลยีเตาเผา พบว่า มีค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกตลอดวัฏจักรชีวิต เท่ากับ 0.23 kgCO_{2-eq}/kWh โดยมาจากขั้นตอนการผลิตไฟฟ้ามากที่สุด เท่ากับ 0.20 kgCO_{2-eq}/kWh ซึ่งมาจากการเผาไหม้น้ำมันดีเซลเป็นหลัก ถึงร้อยละ 88 รายละเอียดดังตารางที่ 4.11

ตารางที่ 4.11 ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของการผลิตไฟฟ้าจากขยะด้วยเทคโนโลยีเตาเผาต่อหน่วยการทำงาน

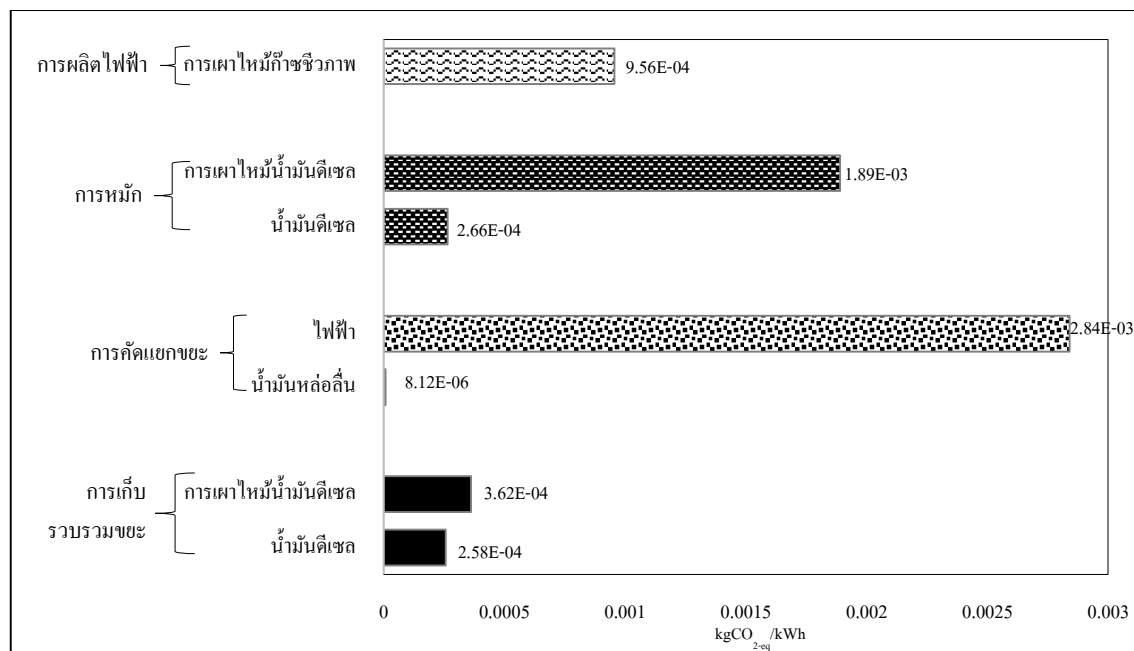
กระบวนการ	ปริมาณ	หน่วย	ปริมาณการปล่อย ก๊าซเรือนกระจก (kgCO _{2-eq} /kWh)
กระบวนการได้มาซึ่งวัตถุดิบ			
■ ขยะ	2.88E+00	กิโลกรัม	0.02
กระบวนการผลิต			
■ การเผาไหม้ขยะ	2.88E+00	กิโลกรัม	0.17
■ ปูนขาว	2.51E-02	กิโลกรัม	0.01
■ น้ำมันหล่อลื่น	5.82E-05	กิโลกรัม	4.48E-05
■ การเผาไหม้น้ำมันดีเซล	1.17E-03	ลิตร	3.17E-03
■ น้ำมันดีเซล	1.38E-03	กิโลกรัม	4.52E-04
■ NaOH 50%	1.99E-04	กิโลกรัม	2.22E-04
■ HCl	1.94E-04	กิโลกรัม	7.92E-05
■ น้ำ	1.37E-03	ลูกบาศก์เมตร	9.62E-04
■ น้ำเสีย	1.37E-03	ลูกบาศก์เมตร	1.82E-07

ส่วนการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการขนส่งในขั้นตอนการขนส่งมีค่าน้อยมาก ซึ่งมีค่าเท่ากับ 0.0038 kgCO_{2-eq}/kWh

4.5.2 ผลการวิเคราะห์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกตลอดวัฏจักรชีวิตของการผลิตไฟฟ้าจากขยะด้วยเทคโนโลยีการย่อยสลายแบบไม่ใช้ออกซิเจน

ในการวิเคราะห์ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของการผลิตไฟฟ้าจากขยะด้วยเทคโนโลยีการย่อยสลายแบบไม่ใช้ออกซิเจน ตั้งแต่การเก็บรวบรวมขยะ การคัดแยกขยะ การหมัก จนถึงการผลิตไฟฟ้าออกมาต่อหน่วยการทำงาน พบว่า ในขั้นตอนของการเก็บรวบรวมขยะมีปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก เท่ากับ 2.94E-03 kgCO_{2-eq}/kWh โดยมาจากการใช้น้ำมันดีเซล เท่ากับ 2.58E-04 kgCO_{2-eq}/kWh การเผาไหม้น้ำมันดีเซล 3.62E-04 kgCO_{2-eq}/kWh การคัดแยกขยะมีปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก เท่ากับ 2.85E-03 kgCO_{2-eq}/kWh โดยมาจากการใช้น้ำมันหล่อลื่น เท่ากับ 8.12E-06 kgCO_{2-eq}/kWh การใช้ไฟฟ้า เท่ากับ 2.84E-03 kgCO_{2-eq}/kWh ส่วนการหมักมีปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก เท่ากับ 2.16E-03 kgCO_{2-eq}/kWh โดยมาจากการใช้น้ำมันดีเซล เท่ากับ 2.66E-04 kgCO_{2-eq}/kWh และการเผาไหม้

น้ำมันดีเซล เท่ากับ $1.89\text{E-}03 \text{ kgCO}_{2\text{-eq}}/\text{kWh}$ ส่วนขั้นตอนการผลิตไฟฟ้ามีปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก เท่ากับ $9.56\text{E-}04 \text{ kgCO}_{2\text{-eq}}/\text{kWh}$ โดยมาจากการไหม้ก๊าซชีวภาพเพื่อใช้ในการผลิตไฟฟ้า ดังภาพที่ 4.11



ภาพที่ 4.11 ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในแต่ละขั้นตอนตลอดวัฏจักรชีวิตของเทคโนโลยีการย่อยสลายแบบไม่ใช้ออกซิเจนต่อหน่วยการทำงาน

เมื่อพิจารณาปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกตลอดวัฏจักรชีวิตของการผลิตไฟฟ้าจากขยะด้วยเทคโนโลยีการย่อยสลายแบบไม่ใช้ออกซิเจน พบว่า มีค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกตลอดวัฏจักรชีวิต เท่ากับ $2.95\text{E-}02 \text{ kgCO}_{2\text{-eq}}/\text{kWh}$ รายละเอียดดังตารางที่ 4.12

ตารางที่ 4.12 ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของการผลิตไฟฟ้าจากขยะด้วยเทคโนโลยีการย่อยสลายแบบไม่ใช้ออกซิเจนต่อหน่วยการทำงาน

กระบวนการ	ปริมาณ	หน่วย	ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ($\text{kgCO}_{2\text{-eq}}/\text{kWh}$)
กระบวนการได้มาซึ่งวัตถุดิบ			
■ ขยะ	4.55E+00	กิโลกรัม	0.02

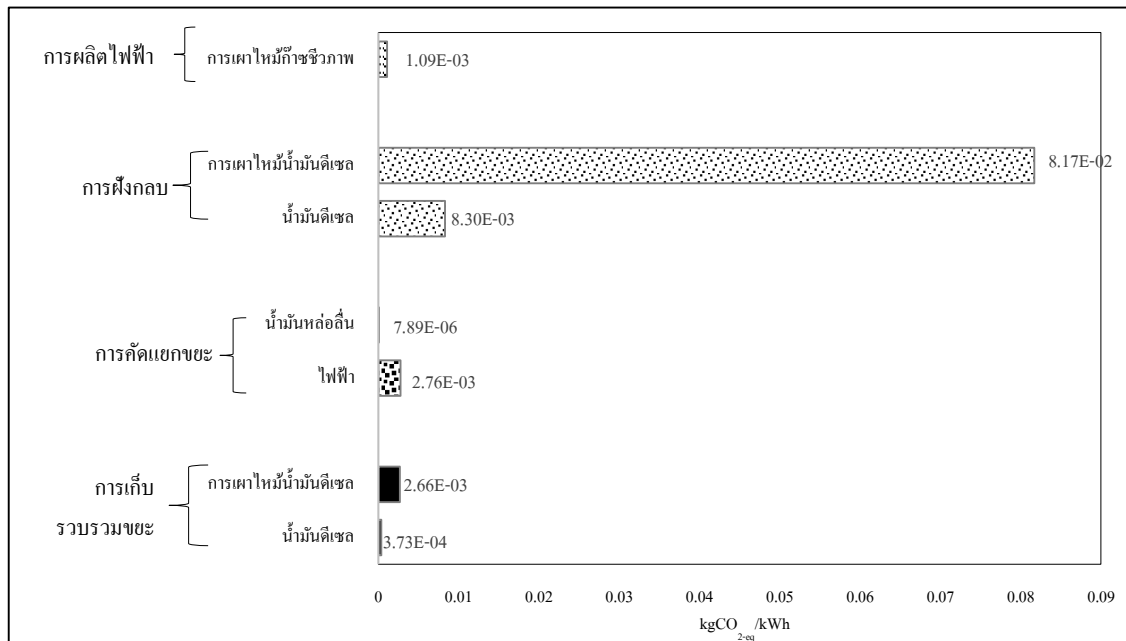
ตารางที่ 4.12 ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของการผลิตไฟฟ้าจากขยะด้วยเทคโนโลยีการย่อยสลายแบบไม่ใช้ออกซิเจนต่อหน่วยการทำงาน (ต่อ)

กระบวนการ	ปริมาณ	หน่วย	ปริมาณการปล่อย ก๊าซเรือนกระจก (kgCO _{2-eq} /kWh)
กระบวนการผลิต			
■ น้ำมันดีเซล	6.90E-04	กิโลกรัม	1.89E-03
■ การเผาไหม้น้ำมันดีเซล	8.12E-04	ลิตร	2.66E-04
■ การเผาไหม้ก๊าซชีวภาพ	8.33E-01	ลูกบาศก์เมตร	9.56E-04
■ น้ำเสีย	4.29E+00	ลูกบาศก์เมตร	5.72E-04

ส่วนการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการขนส่งในขั้นตอนการขนส่งมีค่าน้อยมาก ซึ่งมีค่าเท่ากับ 0.0059 kgCO_{2-eq}/kWh

4.5.3 ผลการวิเคราะห์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกตลอดวัฏจักรชีวิตของการผลิตไฟฟ้าจากขยะด้วยเทคโนโลยีการผลิตก๊าซชีวภาพจากหลุมฝังกลบ

ในการวิเคราะห์ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของการผลิตไฟฟ้าจากขยะด้วยเทคโนโลยีการผลิตก๊าซชีวภาพจากหลุมฝังกลบ ตั้งแต่การเก็บรวบรวมขยะ การคัดแยกขยะ การฝังกลบ จนถึงการผลิตไฟฟ้าออกมาต่อหน่วยการทำงาน พบว่า ในขั้นตอนของการเก็บรวบรวมขยะมีปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก เท่ากับ 3.03E-03 kgCO_{2-eq}/kWh โดยมาจากการใช้น้ำมันดีเซล เท่ากับ 3.73E-04 kgCO_{2-eq}/kWh การเผาไหม้น้ำมันดีเซล 2.66E-03 kgCO_{2-eq}/kWh การคัดแยกขยะมีปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก เท่ากับ 2.77E-03 kgCO_{2-eq}/kWh โดยมาจากการใช้น้ำมันหล่อลื่น เท่ากับ 7.89E-06 kgCO_{2-eq}/kWh การใช้ไฟฟ้า เท่ากับ 2.76E-03 kgCO_{2-eq}/kWh ส่วนการฝังกลบมีปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก เท่ากับ 2.71E-03 kgCO_{2-eq}/kWh โดยมาจากการใช้น้ำมันดีเซล เท่ากับ 8.30E-03 kgCO_{2-eq}/kWh และการเผาไหม้น้ำมันดีเซล เท่ากับ 8.17E-02 kgCO_{2-eq}/kWh ส่วนขั้นตอนการผลิตไฟฟ้ามีปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก เท่ากับ 1.09E-03 kgCO_{2-eq}/kWh โดยมาจากการไหม้ก๊าซชีวภาพเพื่อใช้ในการผลิตไฟฟ้า ดังภาพที่ 4.12



ภาพที่ 4.12 ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในแต่ละขั้นตอนตลอดวัฏจักรชีวิตของเทคโนโลยีการผลิตก๊าซชีวภาพจากหลุมฝังกลบต่อหน่วยการทำงาน

เมื่อพิจารณาปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกตลอดวัฏจักรชีวิตของการผลิตไฟฟ้าจากขยะด้วยเทคโนโลยีการผลิตก๊าซชีวภาพจากหลุมฝังกลบ พบว่า มีค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกตลอดวัฏจักรชีวิต เท่ากับ 0.22 kgCO₂-eq/kWh โดยมาจากขั้นตอนการฝังกลบมากที่สุด เท่ากับ 1.18 kgCO₂-eq/kWh ซึ่งมาจากการเผาไหม้ก๊าซมีเทนเป็นหลักถึงร้อยละ 89 ดังแสดงในตารางที่ 4.13

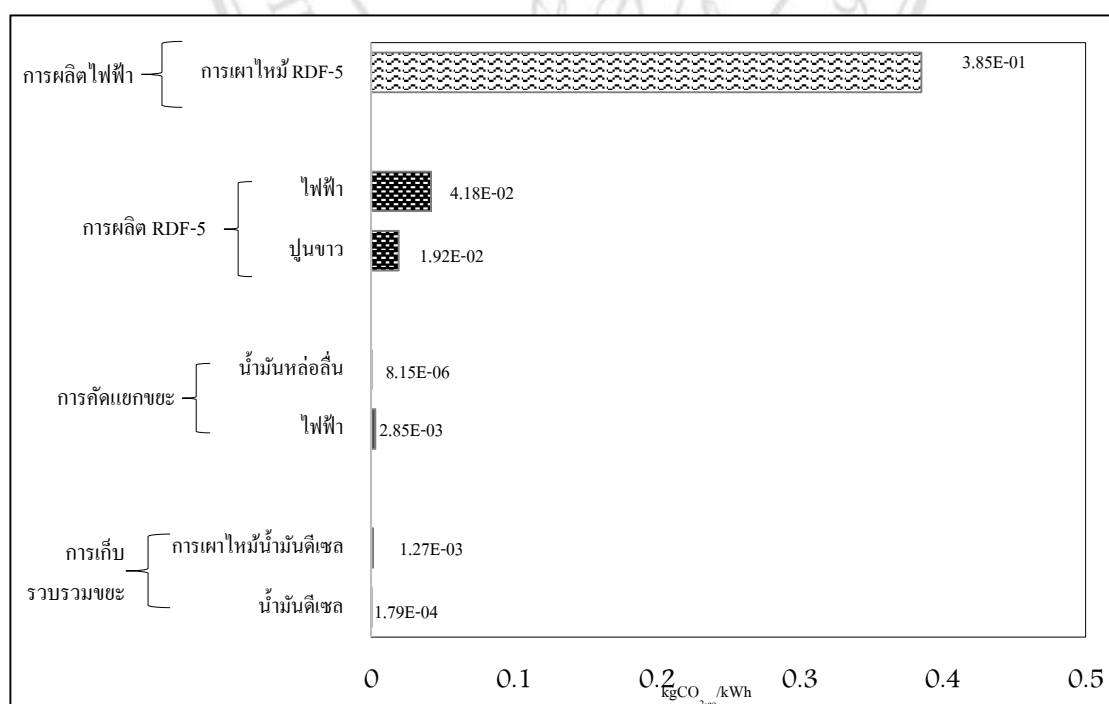
ตารางที่ 4.13 ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของการผลิตไฟฟ้าจากขยะด้วยเทคโนโลยีการผลิตก๊าซชีวภาพจากหลุมฝังกลบต่อหน่วยการทำงาน

กระบวนการ	ปริมาณ	หน่วย	ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก (kgCO ₂ -eq/kWh)
กระบวนการได้มาซึ่งวัตถุดิบ			
▪ ขยะ	2.36E+00	กิโลกรัม	0.10
กระบวนการผลิต			
▪ การเผาไหม้ก๊าซชีวภาพ	9.55E-01	ลูกบาศก์เมตร	1.09E-03
▪ น้ำมันดีเซล	2.53E-02	กิโลกรัม	8.30E-03
▪ การเผาไหม้น้ำมันดีเซล	2.98E-02	ลิตร	8.17E-02

ส่วนการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการขนส่งในขั้นตอนการขนส่งมีค่าน้อยมาก ซึ่งมีค่าเท่ากับ $0.03 \text{ kgCO}_{2\text{-eq}}/\text{kWh}$

4.5.4 ผลการวิเคราะห์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกตลอดวัฏจักรชีวิตของการผลิตไฟฟ้าจากขยะด้วยเทคโนโลยีการผลิตเชื้อเพลิงแท่งร่วมกับเทคโนโลยีก๊าซเชื้อเพลิง

ในการวิเคราะห์ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของการผลิตไฟฟ้าจากขยะด้วยเทคโนโลยีการผลิตเชื้อเพลิงแท่งร่วมกับเทคโนโลยีก๊าซเชื้อเพลิง ตั้งแต่การเก็บรวบรวมขยะ การคัดแยกขยะ การผลิต RDF-5 จนถึงการผลิตไฟฟ้าออกมาต่อหน่วยการทำงาน พบว่า ในขั้นตอนของการเก็บรวบรวมขยะมีปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก เท่ากับ $1.45\text{E-}03 \text{ kgCO}_{2\text{-eq}}/\text{kWh}$ โดยมาจากการใช้น้ำมันดีเซล เท่ากับ $1.79\text{E-}04 \text{ kgCO}_{2\text{-eq}}/\text{kWh}$ การเผาไหม้น้ำมันดีเซล $1.27\text{E-}03 \text{ kgCO}_{2\text{-eq}}/\text{kWh}$ การคัดแยกขยะมีปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก เท่ากับ $2.86\text{E-}03 \text{ kgCO}_{2\text{-eq}}/\text{kWh}$ โดยมาจากการใช้น้ำมันหล่อลื่น เท่ากับ $8.15\text{E-}06 \text{ kgCO}_{2\text{-eq}}/\text{kWh}$ การใช้ไฟฟ้า เท่ากับ $2.85\text{E-}03 \text{ kgCO}_{2\text{-eq}}/\text{kWh}$ ส่วนการผลิต RDF-5 มีปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก เท่ากับ $6.10\text{E-}02 \text{ kgCO}_{2\text{-eq}}/\text{kWh}$ โดยมาจากการใช้ปูนขาว เท่ากับ $1.92\text{E-}02 \text{ kgCO}_{2\text{-eq}}/\text{kWh}$ และการใช้ไฟฟ้า เท่ากับ $4.18\text{E-}02 \text{ kgCO}_{2\text{-eq}}/\text{kWh}$ ส่วนขั้นตอนการผลิตไฟฟ้ามีปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก เท่ากับ $3.85\text{E-}01 \text{ kgCO}_{2\text{-eq}}/\text{kWh}$ โดยมาจากการไหม้ RDF-5 เพื่อใช้ในการผลิตไฟฟ้า ดังภาพที่ 4.13



ภาพที่ 4.13 ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในแต่ละขั้นตอนตลอดวัฏจักรชีวิตของเทคโนโลยีการผลิตเชื้อเพลิงแท่งร่วมกับเทคโนโลยีก๊าซเชื้อเพลิงต่อหน่วยการทำงาน

เมื่อพิจารณาปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกตลอดวัฏจักรชีวิตของการผลิตไฟฟ้าจากขยะด้วยเทคโนโลยีการผลิตเชื้อเพลิงแท่งร่วมกับเทคโนโลยีก๊าซเชื้อเพลิง พบว่า มีค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกตลอดวัฏจักรชีวิต เท่ากับ $0.46 \text{ kgCO}_{2\text{-eq}}/\text{kWh}$ โดยมาจากขั้นตอนการผลิตไฟฟ้ามากที่สุด เท่ากับ $0.42 \text{ kgCO}_{2\text{-eq}}/\text{kWh}$ ซึ่งมาจากการเผาไหม้น้ำมันดีเซลที่ใช้ร่วมในการผลิตไฟฟ้าเป็นถึงร้อยละ 90 ดังแสดงในตารางที่ 4.14

ตารางที่ 4.14 ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของการผลิตไฟฟ้าจากขยะด้วยเทคโนโลยีการผลิตเชื้อเพลิงแท่งร่วมกับเทคโนโลยีก๊าซเชื้อเพลิงต่อหน่วยการทำงาน

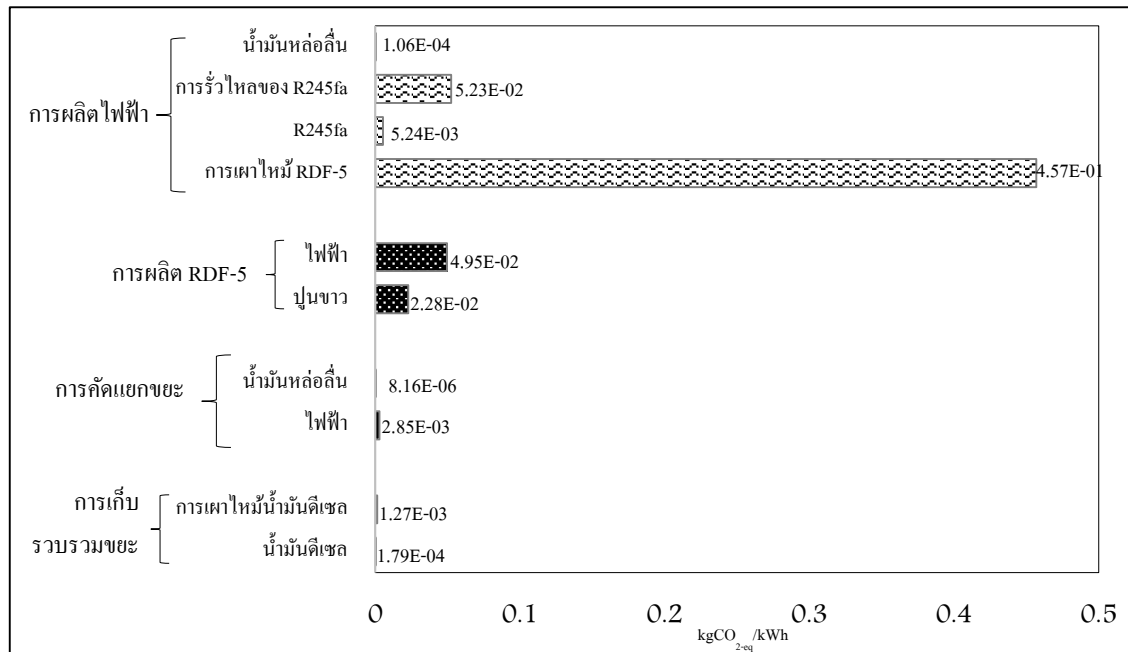
กระบวนการ	ปริมาณ	หน่วย	ปริมาณการปล่อย ก๊าซเรือนกระจก ($\text{kgCO}_{2\text{-eq}}/\text{kWh}$)
กระบวนการได้มาซึ่งวัตถุดิบ			
▪ ขยะ	1.51E-01	กิโลกรัม	1.39E-02
▪ ปูนขาว	2.46E-02	กิโลกรัม	1.92E-02
กระบวนการผลิต			
▪ ไฟฟ้า	6.85E-02	ลูกบาศก์เมตร	4.18E-02
▪ การเผาไหม้ RDF-5	1.54E+00	กิโลกรัม	0.38

ส่วนการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการขนส่งในขั้นตอนการขนส่งมีค่าน้อยมาก ซึ่งมีค่าเท่ากับ $0.0043 \text{ kgCO}_{2\text{-eq}}/\text{kWh}$

4.5.5 ผลการวิเคราะห์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกตลอดวัฏจักรชีวิตของการผลิตไฟฟ้าจากขยะด้วยเทคโนโลยีการผลิตเชื้อเพลิงแท่งร่วมกับเทคโนโลยีวัฏจักรแรงดันอินทรีย์

ในการวิเคราะห์ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของการผลิตไฟฟ้าจากขยะด้วยเทคโนโลยีการผลิตเชื้อเพลิงแท่งร่วมกับเทคโนโลยีวัฏจักรแรงดันอินทรีย์ ตั้งแต่การเก็บรวบรวมขยะ การคัดแยกขยะ การผลิต RDF-5 จนถึงการผลิตไฟฟ้าออกมาต่อหน่วยการทำงาน พบว่า ในขั้นตอนของการเก็บรวบรวมขยะมีปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก เท่ากับ $1.45\text{E-}03 \text{ kgCO}_{2\text{-eq}}/\text{kWh}$ โดยมาจากการใช้น้ำมันดีเซล เท่ากับ $1.79\text{E-}04 \text{ kgCO}_{2\text{-eq}}/\text{kWh}$ การเผาไหม้น้ำมันดีเซล $1.27\text{E-}03 \text{ kgCO}_{2\text{-eq}}/\text{kWh}$ การคัดแยกขยะมีปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก เท่ากับ $2.86\text{E-}03 \text{ kgCO}_{2\text{-eq}}/\text{kWh}$ โดยมาจากการใช้น้ำมันหล่อลื่น เท่ากับ $8.16\text{E-}06 \text{ kgCO}_{2\text{-eq}}/\text{kWh}$ การใช้ไฟฟ้า เท่ากับ $2.85\text{E-}03 \text{ kgCO}_{2\text{-eq}}/\text{kWh}$ ส่วนการผลิต RDF-5 มีปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก เท่ากับ $7.24\text{E-}02 \text{ kgCO}_{2\text{-eq}}/\text{kWh}$ โดยมาจากการใช้ไฟฟ้าเท่ากับ $4.95\text{E-}02 \text{ kgCO}_{2\text{-eq}}/\text{kWh}$ และการใช้ปูนขาว เท่ากับ $2.28\text{E-}02 \text{ kgCO}_{2\text{-eq}}/\text{kWh}$ ส่วนขั้นตอนการผลิตไฟฟ้ามีปริมาณ

การปล่อยก๊าซเรือนกระจก เท่ากับ $5.15\text{E-}01 \text{ kgCO}_{2\text{-eq}}/\text{kWh}$ โดยมาจากการไหม้ RDF-5 เพื่อใช้ในการผลิตไฟฟ้า เท่ากับ $4.57\text{E-}01 \text{ kgCO}_{2\text{-eq}}/\text{kWh}$ การใช้ น้ำมันหล่อลื่น เท่ากับ $1.06\text{E-}04 \text{ kgCO}_{2\text{-eq}}/\text{kWh}$ การใช้ สารทำความเย็น R245fa เท่ากับ $5.24\text{E-}03 \text{ kgCO}_{2\text{-eq}}/\text{kWh}$ และการรั่วไหลของสารทำความเย็น R245fa เท่ากับ $5.23\text{E-}02 \text{ kgCO}_{2\text{-eq}}/\text{kWh}$ ดังภาพที่ 4.14



ภาพที่ 4.14 ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในแต่ละขั้นตอนตลอดวัฏจักรชีวิตของเทคโนโลยีการผลิตเชื้อเพลิงแท่งร่วมกับเทคโนโลยีวัฏจักรแรงดันอินทรีย์ต่อหน่วยการทำงาน

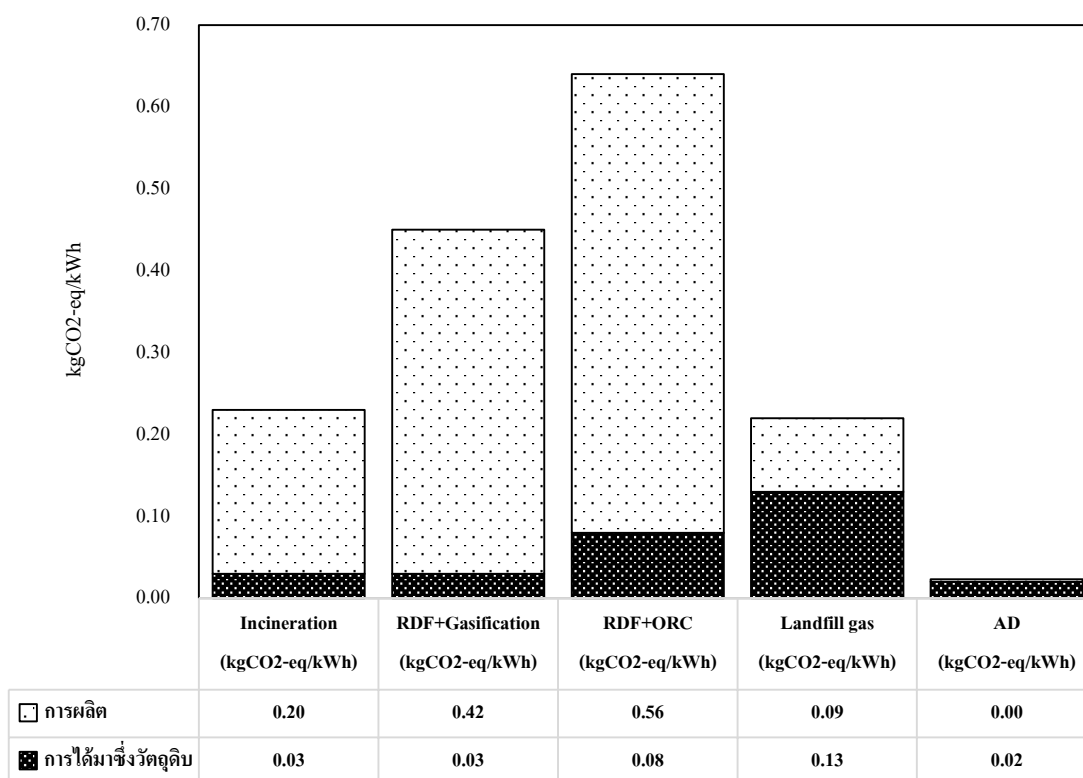
เมื่อพิจารณาปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกตลอดวัฏจักรชีวิตของการผลิตไฟฟ้าจากขยะด้วยเทคโนโลยีการผลิตเชื้อเพลิงแท่งร่วมกับเทคโนโลยีวัฏจักรแรงดันอินทรีย์ พบว่า มีค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกตลอดวัฏจักรชีวิต เท่ากับ $0.64 \text{ kgCO}_{2\text{-eq}}/\text{kWh}$ โดยมาจากขั้นตอนการผลิตไฟฟ้ามากที่สุด เท่ากับ $0.56 \text{ kgCO}_{2\text{-eq}}/\text{kWh}$ ซึ่งมาจากการเผาไหม้ RDF-5 เป็นหลักถึงร้อยละ 81 ดังแสดงในตารางที่ 4.15

ตารางที่ 4.15 ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของการผลิตไฟฟ้าจากขยะด้วยเทคโนโลยีการผลิตเชื้อเพลิงแท่งร่วมกับเทคโนโลยีวัฏจักรแรงดันอินทรีย์ต่อหน่วยการทำงาน

กระบวนการ	ปริมาณ	หน่วย	ปริมาณการปล่อย ก๊าซเรือนกระจก (kgCO _{2-eq} /kWh)
กระบวนการได้มาซึ่งวัตถุดิบ			
▪ ขยะ	1.80E+00	กิโลกรัม	0.05
▪ ปูนขาว	2.92E-02	กิโลกรัม	0.02
กระบวนการผลิต			
▪ ไฟฟ้า	8.13E-02	กิโลวัตต์ชั่วโมง	0.04
▪ การเผาไหม้ RDF-5	1.82E+00	กิโลกรัม	0.45
▪ สารทำความเย็น R245fa	5.08E-05	กิโลกรัม	5.00E-02
▪ สารทำความเย็น R245fa	5.08E-05	กิโลกรัม	0.05
▪ น้ำมันหล่อลื่น	1.28E-04	กิโลกรัม	1.10E-04

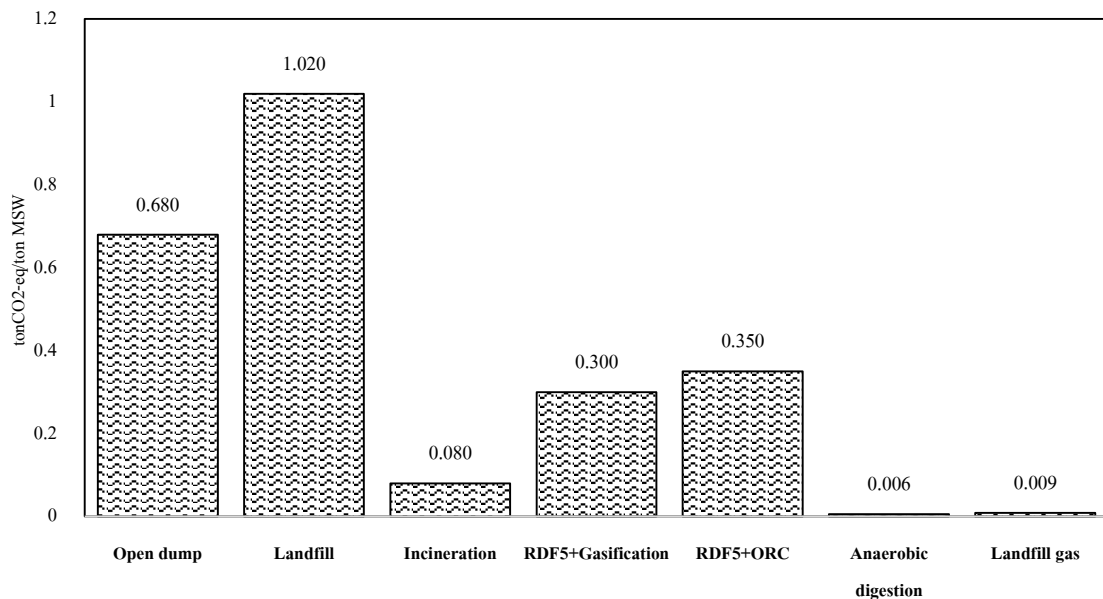
ส่วนการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการขนส่งในขั้นตอนการขนส่งมีค่าน้อยมาก ซึ่งมีค่าเท่ากับ 0.0048 kgCO_{2-eq}/kWh

เมื่อนำผลของการวิเคราะห์ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในแต่ละเทคโนโลยีการผลิตไฟฟ้าจากขยะมาเปรียบเทียบกัน พบว่า เทคโนโลยีการย่อยสลายแบบไม่ใช้ออกซิเจน มีผลกระทบน้อยที่สุดเท่ากับ 0.03 kgCO_{2-eq}/kWh โดยผลกระทบหลักมาจากการใช้ไฟฟ้าในการคัดแยกขยะในขั้นตอนของการได้มาซึ่งวัตถุดิบ รองลงมา คือ เทคโนโลยีการผลิตพลังงานจากหลุมฝังกลบ มีปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก เท่ากับ 0.22 kgCO_{2-eq}/kWh ผลกระทบหลักมาจากการเผาไหม้น้ำมันดีเซลที่ใช้ในการฝังกลบ เทคโนโลยีเตาเผา มีผลกระทบน้อยที่สุด เท่ากับ 0.23 kgCO_{2-eq}/kWh ผลกระทบหลักจะมาจากการเผาไหม้ขยะในขั้นตอนการผลิต เทคโนโลยีการผลิตเชื้อเพลิงขยะร่วมกับเทคโนโลยีการผลิตก๊าซเชื้อเพลิงจากขยะ เท่ากับ 0.45 kgCO_{2-eq}/kWh และเทคโนโลยีการผลิตเชื้อเพลิงขยะร่วมกับเทคโนโลยีวัฏจักรแรงดันอินทรีย์ เท่ากับ 0.64 kgCO_{2-eq}/kWh ทั้ง เทคโนโลยีนี้ผลกระทบหลักจะมาจากการเผาไหม้ RDF-5 ดังแสดงในภาพที่ 4.15 โดยกำหนดให้ Incineration หมายถึง เทคโนโลยีเตาเผา AD หมายถึง เทคโนโลยีการย่อยสลายแบบไม่ใช้ออกซิเจน LFG หมายถึง เทคโนโลยีการผลิตก๊าซชีวภาพจากหลุมฝังกลบ RDF+GAS หมายถึง เทคโนโลยีการผลิตเชื้อเพลิงขยะร่วมกับเทคโนโลยีก๊าซเชื้อเพลิง RDF+ORC หมายถึง เทคโนโลยีการผลิตเชื้อเพลิงขยะร่วมกับเทคโนโลยีวัฏจักรแรงดันอินทรีย์



ภาพที่ 4.15 ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกตลอดวัฏจักรชีวิตของเทคโนโลยีการผลิตไฟฟ้าจากขยะต่อหน่วยการทำงาน

จากการวิเคราะห์ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกตลอดวัฏจักรชีวิตของการผลิตไฟฟ้าจากขยะเทศบาลนั้น เมื่อนำไปเปรียบเทียบกับปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของการจัดการขยะที่มีในปัจจุบัน คือ การฝังกลบ (Landfill) และการเทกอง (Open dump) ซึ่งจะเปรียบเทียบในหน่วยของตันขยะพบว่า การนำขยะ 1 ตัน ไปฝังกลบมีค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกมากที่สุด เท่ากับ 1.02 tonCO₂-eq/ton MSW รองลงเป็นการเทกอง มีค่าเท่ากับ 0.68 tonCO₂-eq/ton MSW เนื่องจากทั้ง 2 วิธีนี้มีปริมาณการปล่อยก๊าซมีเทนออกสู่บรรยากาศมาก จึงทำให้มีค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสูง แต่เมื่อนำก๊าซชีวภาพที่เกิดจากการฝังกลบมาผลิตไฟฟ้าทำให้ค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกลดลงเนื่องจากการนำก๊าซมีเทนที่เกิดขึ้นมาใช้ประโยชน์ ซึ่งมีค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเหลือเพียง 0.009 tonCO₂-eq/ton MSW ส่วนการนำขยะไปผลิตไฟด้วยเทคโนโลยีการผลิตเชื้อเพลิงขยะร่วมกับเทคโนโลยีวัฏจักรแรงดันอินทรีย์ มีค่าเท่ากับ 0.006 tonCO₂-eq/ton MSW เทคโนโลยีการผลิตเชื้อเพลิงขยะร่วมกับเทคโนโลยีก๊าซเชื้อเพลิง มีค่าเท่ากับ 0.30 tonCO₂-eq/ton MSW เทคโนโลยีการย่อยสลายแบบไม่ใช้ออกซิเจน มีค่าเท่ากับ 0.21 tonCO₂-eq/ton MSW และเทคโนโลยีเตาเผา มีค่าเท่ากับ 0.08 kgCO₂-eq/ton MSW ซึ่งจะเห็นว่าสามารถลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการจัดการขยะด้วยวิธีปัจจุบันได้ทุกเทคโนโลยี ดังภาพที่ 4.16



ภาพที่ 4.16 การเปรียบเทียบปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของการจัดการขยะต่อตันขยะ

4.6 ผลการวิเคราะห์การใช้พลังงานตลอดวัฏจักรชีวิต

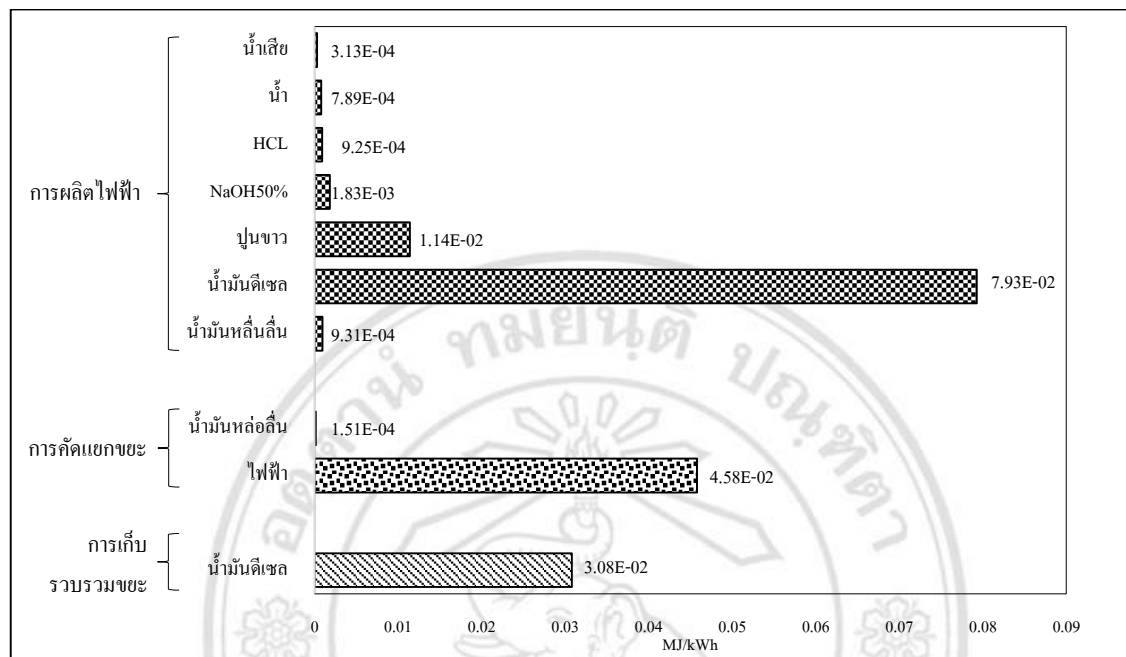
การใช้พลังงานในการผลิตไฟฟ้าจากขยะ จะมีการวิเคราะห์พลังงานในรูปแบบต่างๆ ที่ใช้ในการผลิต ได้แก่ พลังงานจากเชื้อเพลิง วัตถุดิบ เป็นต้น โดยการวิเคราะห์พลังงานจะวิเคราะห์การใช้พลังงานให้อยู่ในรูปแบบพลังงานปฏิกิริยาที่ใช้ในการผลิตปัจจัยต่างๆ ต่อหน่วย

โดยผลการวิเคราะห์การใช้พลังงานตลอดวัฏจักรชีวิตจะวิเคราะห์จากพลังงานที่ใช้จากทรัพยากรพลังงาน และเชื้อเพลิงต่างๆ ที่ใช้ในแต่กระบวนการผลิตไฟฟ้าจากขยะเทศบาล แสดงผลดังหัวข้อที่ 4.6.1-4.6.5

4.6.1 ผลการวิเคราะห์การใช้พลังงานตลอดวัฏจักรชีวิตของการผลิตไฟฟ้าจากขยะด้วยเทคโนโลยีเตาเผาต่อหน่วยการทำงาน

ในการวิเคราะห์ปริมาณการใช้พลังงานของการผลิตไฟฟ้าจากขยะด้วยเทคโนโลยีเตาเผา ตั้งแต่การเก็บรวบรวมขยะ การคัดแยกขยะ การเผาและควบคุมมลพิษ จนถึงการผลิตไฟฟ้าออกมามต่อหน่วยการทำงาน พบว่า ในขั้นตอนของการเก็บรวบรวมขยะ มีปริมาณการใช้พลังงาน เท่ากับ $3.08\text{E-}02$ MJ/kWh ซึ่งมาจากการใช้น้ำมันดีเซล การคัดแยกขยะ มีปริมาณการใช้พลังงาน เท่ากับ $4.59\text{E-}02$ MJ/kWh โดยมาจากการใช้น้ำมันหล่อลื่น เท่ากับ $1.51\text{E-}04$ MJ/kWh การใช้ไฟฟ้า เท่ากับ $4.58\text{E-}02$ MJ/kWh ส่วนการเผา ควบคุมมลพิษ และการผลิตไฟฟ้า มีปริมาณการใช้พลังงาน เท่ากับ $9.55\text{E-}02$ MJ/kWh โดยมาจากการใช้ปูนขาว เท่ากับ $1.14\text{E-}02$ MJ/kWh การใช้น้ำมันหล่อลื่น เท่ากับ $9.31\text{E-}04$ MJ/kWh การใช้น้ำมันดีเซล เท่ากับ $7.93\text{E-}02$ MJ/kWh การใช้สาร NaOH 50% เท่ากับ $1.83\text{E-}03$

MJ/kWh การใช้สาร HCl เท่ากับ $9.25\text{E-}04$ MJ/kWh การใช้น้ำประปา เท่ากับ $7.89\text{E-}04$ MJ/kWh และ การจัดการน้ำเสียที่เกิดจากการผลิตไฟฟ้า เท่ากับ $3.13\text{E-}04$ MJ/kWh ดังภาพที่ 4.17



ภาพที่ 4.17 ปริมาณการใช้พลังงานในแต่ละขั้นตอนตลอดวัฏจักรชีวิตของ เทคโนโลยีเตาเผาต่อหน่วยการทำงานต่อหน่วยการทำงาน

เมื่อพิจารณาปริมาณการใช้พลังงานตลอดวัฏจักรชีวิตของการผลิตไฟฟ้าจากขยะด้วย เทคโนโลยีเตาเผา พบว่า มีค่าการใช้พลังงานตลอดวัฏจักรชีวิต เท่ากับ 0.54 MJ/kWh โดยมาจากขั้นตอน การได้มาซึ่งวัตถุดิบเป็นหลัก เท่ากับ 0.44 MJ/kWh ดังแสดงในตารางที่ 4.16

ตารางที่ 4.16 ปริมาณการใช้พลังงานตลอดวัฏจักรชีวิตของการผลิตไฟฟ้าจากขยะด้วยเทคโนโลยี

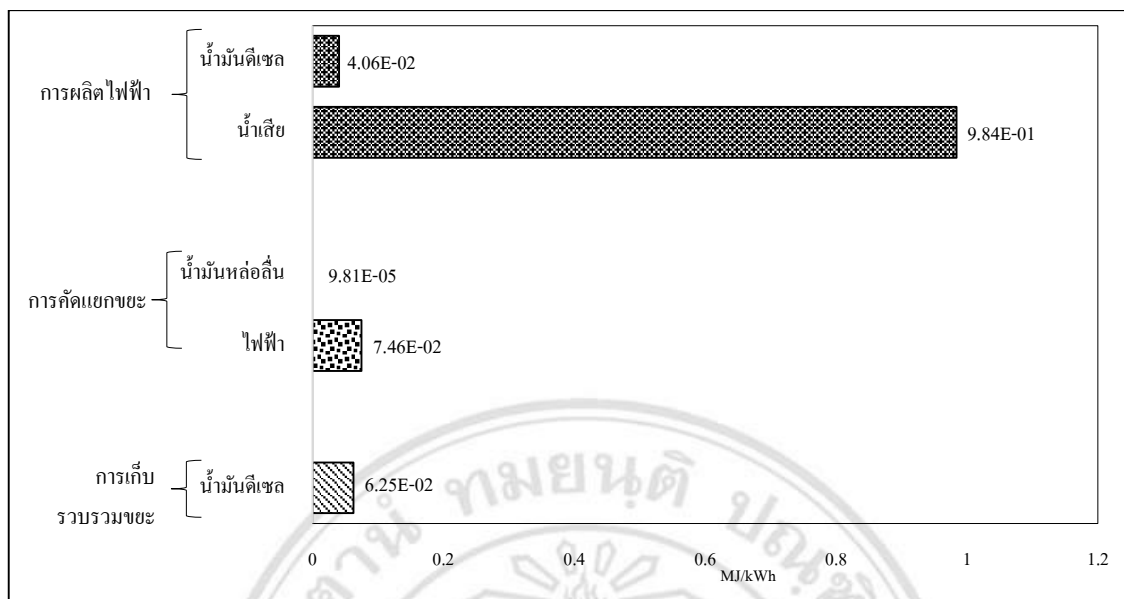
เตาเผาต่อหน่วยการทำงาน

กระบวนการ	ปริมาณ	หน่วย	ปริมาณการใช้พลังงาน (MJ/kWh)
กระบวนการได้มาซึ่งวัตถุดิบ			
▪ ขยะ	2.88E+00	กิโลกรัม	0.44
กระบวนการผลิต			
▪ ปูนขาว	2.51E-02	กิโลกรัม	1.14E-02
▪ น้ำมันหล่อลื่น	5.82E-05	กิโลกรัม	9.31E-04
▪ น้ำมันดีเซล	1.38E-03	ลิตร	6.74E-02
▪ NaOH50%	1.99E-04	กิโลกรัม	1.83E-03
▪ HCl	1.94E-04	กิโลกรัม	9.25E-04
▪ น้ำ	1.37E-03	ลูกบาศก์เมตร	7.89E-04

4.6.2 ผลการวิเคราะห์การใช้พลังงานตลอดวัฏจักรชีวิตของการผลิตไฟฟ้าจากขยะด้วยเทคโนโลยี

การย่อยสลายแบบไม่ใช้ออกซิเจน

ในการวิเคราะห์ปริมาณการใช้พลังงานของการผลิตไฟฟ้าจากขยะด้วยเทคโนโลยีการย่อยสลายแบบไม่ใช้ออกซิเจน ตั้งแต่การเก็บรวบรวมขยะ การคัดแยกขยะ การหมัก จนถึงการผลิตไฟฟ้าออกมาต่อหน่วยการทำงาน พบว่า ในขั้นตอนของการเก็บรวบรวมขยะ มีปริมาณการใช้พลังงานเท่ากับ 6.25E-02 MJ/kWh โดยมาจากการใช้น้ำมันดีเซล ส่วนการคัดแยกขยะมีปริมาณการใช้พลังงานเท่ากับ 7.47E-02 MJ/kWh โดยมาจากการใช้น้ำมันหล่อลื่น เท่ากับ 9.81E-05 MJ/kWh การใช้ไฟฟ้าเท่ากับ 7.46E-02 MJ/kWh ส่วนการหมักมีปริมาณการใช้พลังงาน เท่ากับ 1.03E+00 MJ/kWh โดยมาจากการใช้น้ำมันดีเซล เท่ากับ 4.60E-02 MJ/kWh ส่วนขั้นตอนการผลิตไฟฟ้า มีปริมาณการใช้พลังงานเท่ากับ 9.84E-01 MJ/kWh ดังภาพที่ 4.18



ภาพที่ 4.18 ปริมาณการใช้พลังงานในแต่ละขั้นตอนตลอดวัฏจักรชีวิตของเทคโนโลยีการย่อยสลายแบบไม่ใช้ออกซิเจนต่อหน่วยการทำงาน

เมื่อพิจารณาปริมาณการใช้พลังงานตลอดวัฏจักรชีวิตของการผลิตไฟฟ้าจากขยะด้วยเทคโนโลยีการย่อยสลายแบบไม่ใช้ออกซิเจน พบว่า มีค่าการใช้พลังงานตลอดวัฏจักรชีวิต เท่ากับ 1.45 MJ/kWh โดยมาจากขั้นตอนการผลิตเป็นหลักถึงร้อยละ 77 ดังแสดงในตารางที่ 4.17

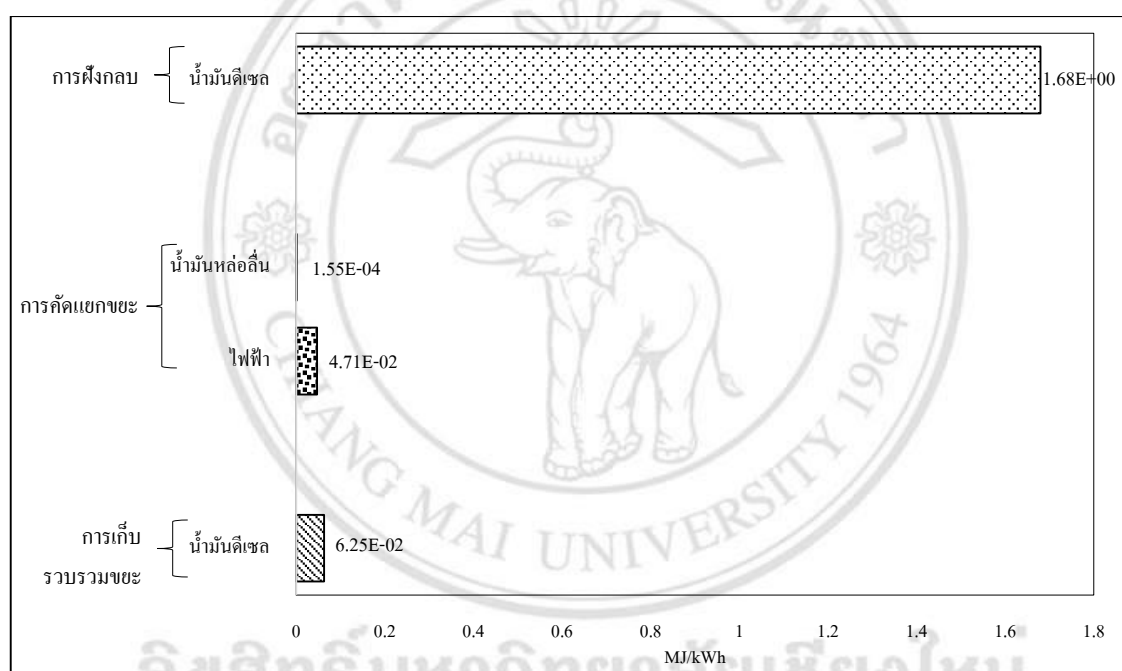
ตารางที่ 4.17 ปริมาณการใช้พลังงานตลอดวัฏจักรชีวิตของการผลิตไฟฟ้าจากขยะด้วยเทคโนโลยีการย่อยสลายแบบไม่ใช้ออกซิเจนต่อหน่วยการทำงาน

กระบวนการ	ปริมาณ	หน่วย	ปริมาณการใช้พลังงาน (MJ/kWh)
กระบวนการได้มาซึ่งวัตถุดิบ			
▪ ขยะ	4.55E+00	กิโลกรัม	0.42
กระบวนการผลิต			
▪ น้ำมันดีเซล	8.12E-04	ลิตร	0.04
▪ น้ำเสีย	4.29E+00	ลูกบาศก์เมตร	0.98

4.6.3 ผลการวิเคราะห์การใช้พลังงานตลอดวัฏจักรชีวิตของการผลิตไฟฟ้าจากขยะด้วยเทคโนโลยี

การผลิตก๊าซชีวภาพจากหลุมฝังกลบ

ในการวิเคราะห์ปริมาณการใช้พลังงานของการผลิตไฟฟ้าจากขยะด้วยเทคโนโลยีการผลิตก๊าซชีวภาพจากหลุมฝังกลบ ตั้งแต่การเก็บรวบรวมขยะ การคัดแยกขยะ การฝังกลบ จนถึงการผลิตไฟฟ้าออกมาต่อหน่วยการทำงาน พบว่า ในขั้นตอนของการเก็บรวบรวมขยะ มีปริมาณการใช้พลังงานเท่ากับ $6.25\text{E-}02$ MJ/kWh โดยมาจากการใช้น้ำมันดีเซล ส่วนการคัดแยกขยะมีปริมาณการใช้พลังงานเท่ากับ $4.73\text{E-}02$ MJ/kWh โดยมาจากการใช้น้ำมันหล่อลื่น เท่ากับ $1.55\text{E-}04$ MJ/kWh การใช้ไฟฟ้าเท่ากับ $4.71\text{E-}02$ MJ/kWh ส่วนการฝังกลบมีปริมาณการใช้พลังงาน เท่ากับ 1.68 MJ/kWh โดยมาจากการใช้น้ำมันดีเซลในการฝังกลบ ดังภาพที่ 4.19



ภาพที่ 4.19 ปริมาณการใช้พลังงานในแต่ละขั้นตอนตลอดวัฏจักรชีวิตของเทคโนโลยีการผลิตก๊าซชีวภาพจากหลุมฝังกลบต่อหน่วยการทำงาน

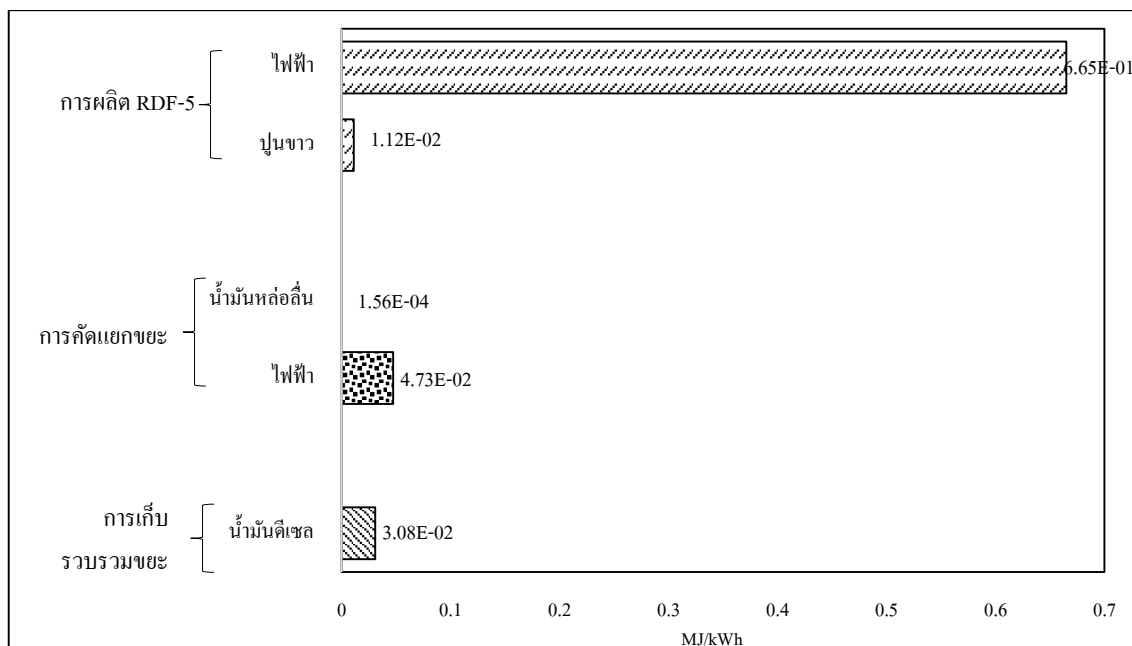
เมื่อพิจารณาปริมาณการใช้พลังงานตลอดวัฏจักรชีวิตของการผลิตไฟฟ้าจากขยะด้วยเทคโนโลยีการผลิตก๊าซชีวภาพจากหลุมฝังกลบ พบว่า มีค่าการใช้พลังงานตลอดวัฏจักรชีวิต เท่ากับ 3.55 MJ/kWh โดยมาจากการใช้พลังงานในขั้นตอนการได้มาซึ่งวัตถุดิบเป็นหลัก เท่ากับ 1.86 MJ/kWh ดังแสดงในตารางที่ 4.18

ตารางที่ 4.18 ปริมาณการใช้พลังงานตลอดวัฏจักรชีวิตของการผลิตไฟฟ้าจากขยะด้วยเทคโนโลยีการผลิตก๊าซชีวภาพจากหลุมฝังกลบต่อหน่วยการทำงาน

กระบวนการ	ปริมาณ	หน่วย	ปริมาณการใช้พลังงาน (MJ/kWh)
กระบวนการได้มาซึ่งวัตถุดิบ			
▪ ขยะ	2.36E+01	กิโลกรัม	1.86
กระบวนการผลิต			
▪ น้ำมันดีเซล	2.98E-02	ลิตร	1.69

4.6.4 ผลการวิเคราะห์การใช้พลังงานตลอดวัฏจักรชีวิตของการผลิตไฟฟ้าจากขยะด้วยเทคโนโลยีเชื้อเพลิงขยะแท่งร่วมกับเทคโนโลยีก๊าซเชื้อเพลิง

ในการวิเคราะห์ปริมาณการใช้พลังงานของการผลิตไฟฟ้าจากขยะด้วยเทคโนโลยีการผลิตเชื้อเพลิงแท่งร่วมกับเทคโนโลยีก๊าซเชื้อเพลิง ตั้งแต่การเก็บรวบรวมขยะ การคัดแยกขยะ การผลิต RDF-5 จนถึงการผลิตไฟฟ้าออกมาต่อหน่วยการทำงาน พบว่า ในขั้นตอนของการเก็บรวบรวมขยะมีปริมาณการใช้พลังงาน เท่ากับ $3.08\text{E-}02$ MJ/kWh โดยมาจากการใช้น้ำมันดีเซล ส่วนการคัดแยกขยะมีปริมาณการใช้พลังงาน เท่ากับ $4.74\text{E-}02$ MJ/kWh โดยมาจากการใช้น้ำมันหล่อลื่น เท่ากับ $1.56\text{E-}04$ MJ/kWh การใช้ไฟฟ้า เท่ากับ $4.73\text{E-}02$ MJ/kWh ส่วนการผลิต RDF-5 มีปริมาณการใช้พลังงาน เท่ากับ $6.76\text{E-}01$ MJ/kWh โดยมาจากการใช้ปูนขาว เท่ากับ $1.12\text{E-}02$ MJ/kWh และการใช้ไฟฟ้า เท่ากับ $6.65\text{E-}01$ MJ/kWh ดังภาพที่ 4.20



ภาพที่ 4.20 ปริมาณการใช้พลังงานในแต่ละขั้นตอนตลอดวัฏจักรชีวิตของเทคโนโลยีเชื้อเพลิงขยะแท่งร่วมกับเทคโนโลยีก๊าซเชื้อเพลิงต่อหน่วยการทำงาน

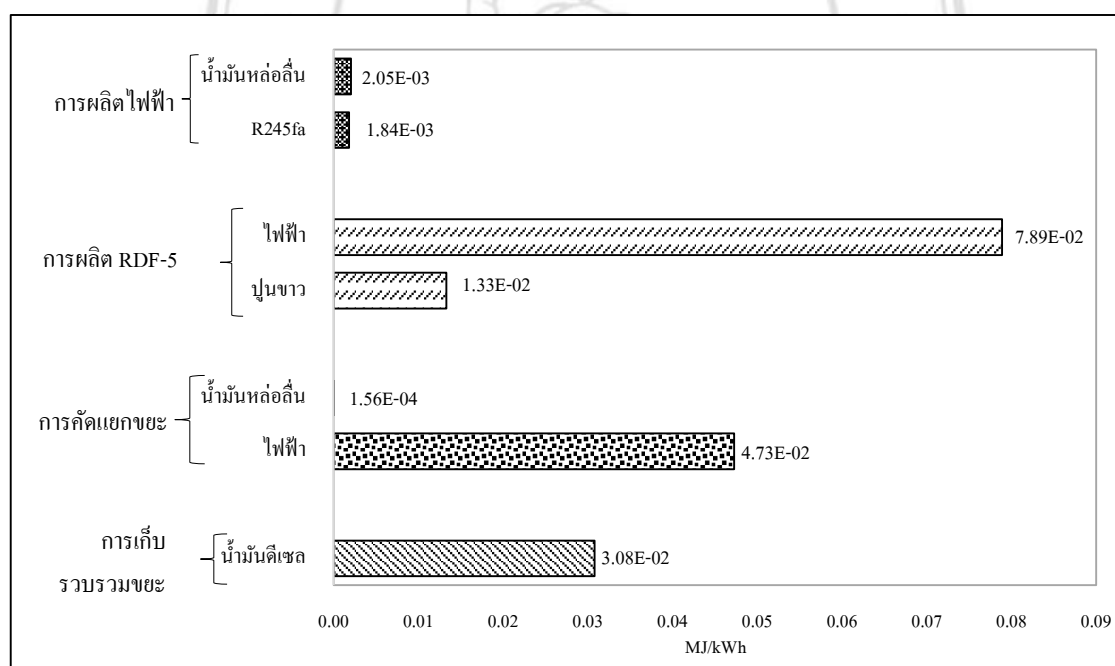
เมื่อพิจารณาปริมาณการใช้พลังงานตลอดวัฏจักรชีวิตของการผลิตไฟฟ้าจากขยะด้วยเทคโนโลยีเชื้อเพลิงขยะแท่งร่วมกับเทคโนโลยีก๊าซเชื้อเพลิง พบว่า มีค่าการใช้พลังงานตลอดวัฏจักรชีวิต เท่ากับ 0.92 MJ/kWh โดยมาจากการใช้พลังงานในขั้นตอนการผลิตไฟฟ้ามากที่สุด เท่ากับ 0.66 MJ/kWh โดยมาจากการใช้ไฟฟ้าที่ช่วยในการผลิตเป็นหลัก ดังแสดงในตารางที่ 4.19

ตารางที่ 4.19 ปริมาณการใช้พลังงานตลอดวัฏจักรชีวิตของการผลิตไฟฟ้าจากขยะด้วยเทคโนโลยีเชื้อเพลิงขยะแท่งร่วมกับเทคโนโลยีก๊าซเชื้อเพลิงต่อหน่วยการทำงาน

กระบวนการ	ปริมาณ	หน่วย	ปริมาณการใช้พลังงาน (MJ/kWh)
กระบวนการได้มาซึ่งวัตถุดิบ			
▪ ขยะ	1.51E+00	กิโลกรัม	0.24
▪ ปูนขาว	2.46E-02	กิโลกรัม	0.01
กระบวนการผลิต			
▪ ไฟฟ้า	6.85E-02	กิโลวัตต์ชั่วโมง	0.66

4.6.5 ผลการวิเคราะห์การใช้พลังงานตลอดวัฏจักรชีวิตของการผลิตไฟฟ้าจากขยะด้วยเทคโนโลยีเชื้อเพลิงขยะร่วมกับเทคโนโลยีวัฏจักรแรงดันอินทรีย์

ในการวิเคราะห์ปริมาณการใช้พลังงานของการผลิตไฟฟ้าจากขยะด้วยเทคโนโลยีการผลิตเชื้อเพลิงขยะร่วมกับเทคโนโลยีวัฏจักรแรงดันอินทรีย์ ตั้งแต่การเก็บรวบรวมขยะ การคัดแยกขยะ การผลิต RDF-5 จนถึงการผลิตไฟฟ้าออกมาต่อหน่วยการทำงาน พบว่า ในขั้นตอนของการเก็บรวบรวมขยะมีปริมาณการใช้พลังงาน เท่ากับ $3.08\text{E-}02$ MJ/kWh โดยมาจากการใช้น้ำมันดีเซล ส่วนการคัดแยกขยะมีปริมาณการใช้พลังงาน เท่ากับ $4.74\text{E-}2$ MJ/kWh โดยมาจากการใช้น้ำมันหล่อลื่น เท่ากับ $1.56\text{E-}04$ MJ/kWh การใช้ไฟฟ้า เท่ากับ $4.73\text{E-}02$ MJ/kWh ส่วนการผลิต RDF-5 มีปริมาณการใช้พลังงาน เท่ากับ $8.02\text{E-}01$ MJ/kWh โดยมาจากการใช้ไฟฟ้า เท่ากับ $7.89\text{E-}01$ MJ/kWh และการใช้ปูนขาว เท่ากับ $1.33\text{E-}02$ MJ/kWh ส่วนขั้นตอนการผลิตไฟฟ้ามีปริมาณการใช้พลังงาน เท่ากับ $3.89\text{E-}03$ MJ/kWh มาจากการใช้น้ำมันหล่อลื่น เท่ากับ $2.05\text{E-}03$ MJ/kWh และการใช้สารทำความเย็น R245fa เท่ากับ $1.84\text{E-}03$ MJ/kWh ดังภาพที่ 4.21



ภาพที่ 4.21 ปริมาณการใช้พลังงานในแต่ละขั้นตอนตลอดวัฏจักรชีวิตของเทคโนโลยีเชื้อเพลิงขยะร่วมกับเทคโนโลยีวัฏจักรแรงดันอินทรีย์ต่อหน่วยการทำงาน

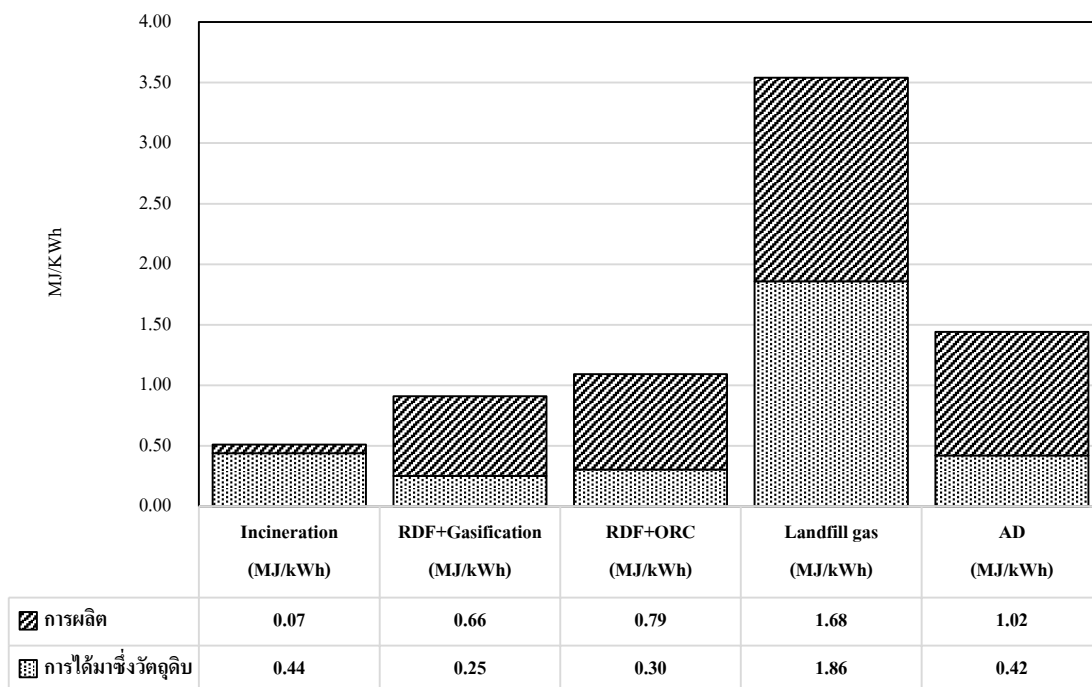
เมื่อพิจารณาปริมาณการใช้พลังงานตลอดวัฏจักรชีวิตของการผลิตไฟฟ้าจากขยะด้วยเทคโนโลยีเชื้อเพลิงขยะร่วมกับเทคโนโลยีวัฏจักรแรงดันอินทรีย์ พบว่า มีค่าการใช้พลังงาน

ตลอดวัฏจักรชีวิต เท่ากับ 1.09 MJ/kWh โดยมาจากขั้นตอนการผลิตเป็นหลัก เท่ากับ 0.79 MJ/kWh ดังแสดงในตารางที่ 4.20

ตารางที่ 4.20 ปริมาณการใช้พลังงานตลอดวัฏจักรชีวิตของการผลิตไฟฟ้าจากขยะด้วยเทคโนโลยีเชื้อเพลิงขยะแท่งร่วมกับเทคโนโลยีวัฏจักรแรงดันอินทรีย์ต่อหน่วยการทำงาน

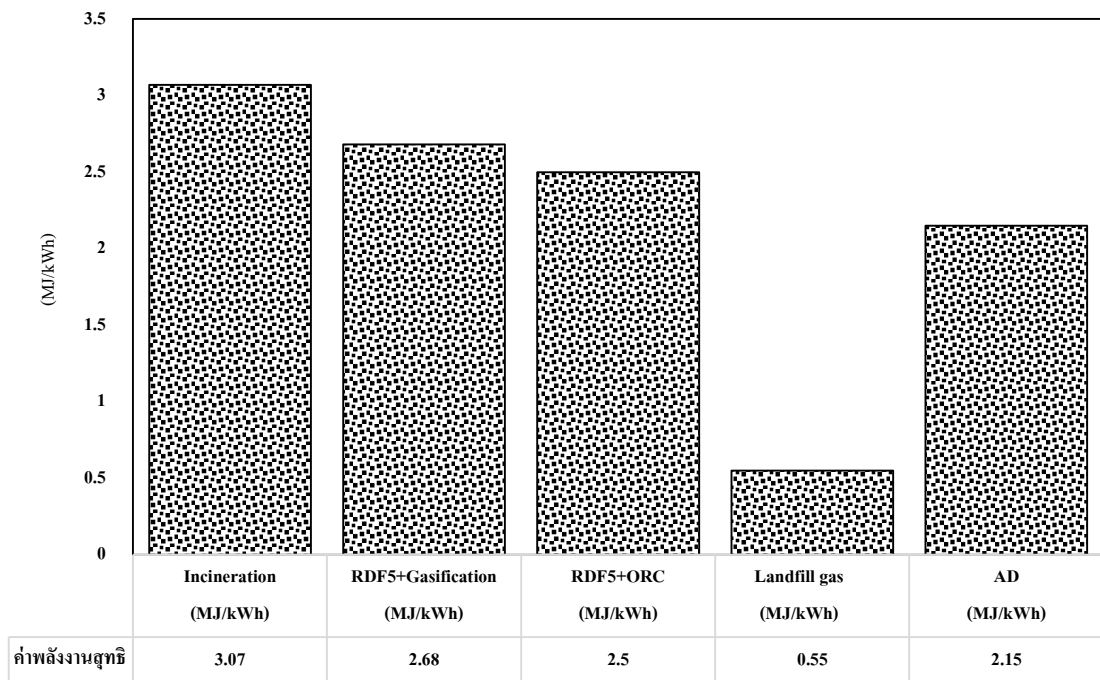
กระบวนการ	ปริมาณ	หน่วย	ปริมาณการใช้พลังงาน (MJ/kWh)
กระบวนการได้มาซึ่งวัตถุดิบ			
▪ ขยะ	1.80E+00	กิโลกรัม	0.28
▪ ปูนขาว	2.92E-02	กิโลกรัม	0.01
กระบวนการผลิต			
▪ สารทำความเย็น R245fa	5.08E-05	กิโลกรัม	1.80E-03
▪ น้ำมันหล่อลื่น	1.28E-04	กิโลกรัม	2.05E-03
▪ ไฟฟ้า	8.13E-02	กิโลวัตต์ชั่วโมง	0.78

เมื่อนำผลการใช้พลังงานในแต่ละเทคโนโลยีการผลิตไฟฟ้าจากขยะมาเปรียบเทียบกันพบว่า เทคโนโลยีที่มีการใช้พลังงานตลอดวัฏจักรชีวิตมากที่สุด คือ เทคโนโลยีการผลิตพลังงานจากหลุมฝังกลบ เท่ากับ 3.55 MJ/kWh ซึ่งมาจากการใช้พลังงานในขั้นตอนของการเก็บรวบรวมและคัดแยกขยะส่วนในขั้นตอนของการผลิตนั้น มาจากการใช้น้ำมันดีเซลในการฝังกลบขยะ รองลงมา คือ เทคโนโลยีการย่อยสลายแบบไม่ใช้ออกซิเจน 1.45 MJ/kWh เทคโนโลยีการผลิตเชื้อเพลิงขยะร่วมกับเทคโนโลยีวัฏจักรแรงดันอินทรีย์ 1.09 MJ/kWh เทคโนโลยีการผลิตเชื้อเพลิงขยะร่วมกับเทคโนโลยีการผลิตก๊าซเชื้อเพลิงจากขยะ เท่ากับ 0.92 MJ/kWh และต่ำสุดคือ เทคโนโลยีเตาเผา เท่ากับ 0.52 MJ/kWh แสดงดังภาพที่ 4.22



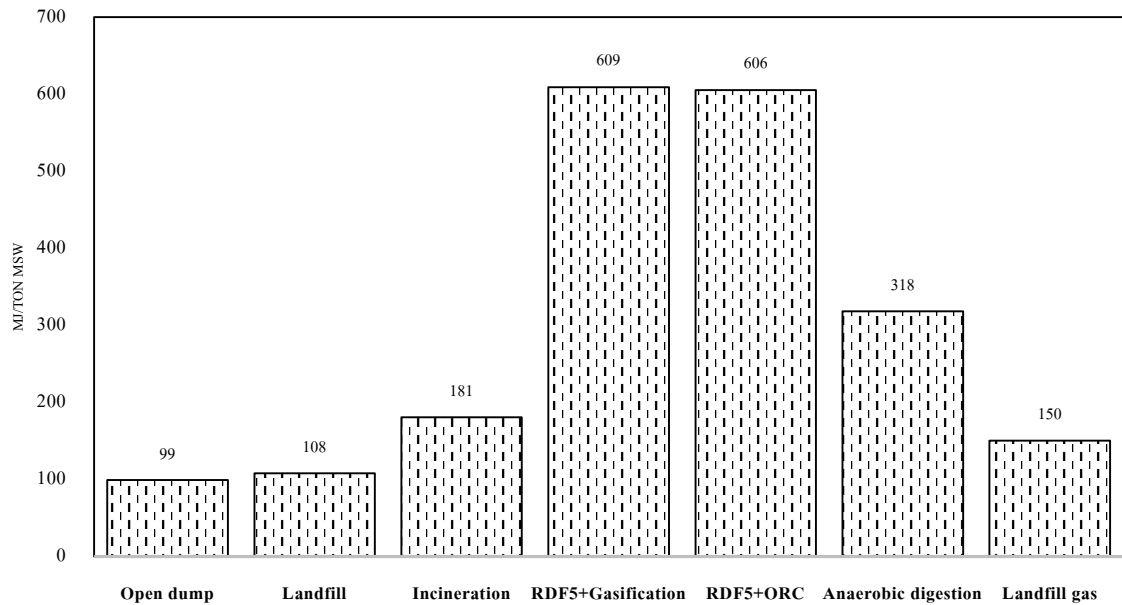
ภาพที่ 4.22 ปริมาณพลังงานที่ใช้ตลอดวัฏจักรชีวิตของเทคโนโลยีการผลิตไฟฟ้าจากขยะ
ต่อหน่วยการทำงาน

เมื่อเปรียบเทียบค่าพลังงานที่ใช้ในการผลิตไฟฟ้า 1 kWh กับพลังงานที่ได้จากการผลิตไฟฟ้า 1 kWh เพื่อศึกษาประสิทธิภาพเชิงพลังงานในรูปแบบของค่าพลังงานสุทธิ แสดงผลการวิเคราะห์ดังภาพที่ 4.23 ซึ่งแสดงค่าพลังงานสุทธิของการผลิตไฟฟ้าจากขยะ 1 kWh ค่าพลังงานที่ใช้ในการผลิตไฟฟ้า 1 kWh แสดงดังภาพที่ 4.22 และพลังงานที่ได้จากการผลิตไฟฟ้า 1 kWh มีค่าเท่ากับ 3.6 MJ/kWh ผลการเปรียบเทียบระหว่างพลังงานที่ใช้กับพลังงานที่ได้ในการผลิตไฟฟ้าจากขยะด้วยเทคโนโลยีเตาเผา มีค่าพลังงานสุทธิ มีค่าพลังงานสุทธิสูงสุด เท่ากับ 3.07 MJ/kWh รองลงมาคือ เทคโนโลยีการผลิตเชื้อเพลิงขยะร่วมกับเทคโนโลยีการผลิตก๊าซเชื้อเพลิงขยะ มีค่าพลังงานสุทธิ เท่ากับ 2.68 MJ/kWh เทคโนโลยีการผลิตเชื้อเพลิงขยะร่วมกับเทคโนโลยีวัฏจักรแรงดันอินทรีย์ เท่ากับ 2.50 MJ/kWh เทคโนโลยีการย่อยสลายแบบไม่ใช้ออกซิเจน เท่ากับ 2.15 MJ/kWh และเทคโนโลยีการผลิตก๊าซชีวภาพจากหลุมฝังกลบ มีค่าพลังงานสุทธิน้อยที่สุด เท่ากับ 0.55 MJ/kWh



ภาพที่ 4.23 ค่าพลังงานสุทธิของการผลิตไฟฟ้าจากขยะต่อหน่วยการทำงาน

เมื่อวิเคราะห์เปรียบเทียบระหว่างปริมาณการใช้พลังงานของการผลิตไฟฟ้าจากขยะเทศบาลกับการจัดการขยะที่มีในปัจจุบัน คือ การฝังกลบ (Landfill) และการเทกอง (Open dump) นั้น พบว่า การนำขยะ 1 ตัน จัดการด้วยวิธีการฝังกลบ มีค่าการใช้พลังงาน เท่ากับ 108 MJ/ton MSW การเทกอง มีค่าการใช้พลังงานน้อยที่สุด เท่ากับ 99 MJ/ton MSW ซึ่งมาจากการใช้น้ำมันดีเซลในการขนส่งและฝังกลบเท่านั้น แต่เมื่อนำขยะมาผลิตไฟฟ้า พบว่า เทคโนโลยีการย่อยสลายแบบไม่ใช้ออกซิเจน มีค่าการใช้พลังงานเท่ากับ 318 MJ/ton MSW ส่วนเทคโนโลยีการผลิตไฟฟ้าจากหลุมฝังกลบ เท่ากับ 150 MJ/ton MSW เทคโนโลยีเตาเผา เท่ากับ 181 MJ/ton ส่วนเทคโนโลยีการผลิตเชื้อเพลิงขยะร่วมกับเทคโนโลยีวัฏจักรแรงดันอินทรีย์ เท่ากับ 606 MJ/ton MSW และเทคโนโลยีการผลิตเชื้อเพลิงขยะร่วมกับเทคโนโลยีก๊าซเชื้อเพลิง เท่ากับ 609 MJ/ton MSW เนื่องจากต้องผ่านหลายกระบวนการก่อนที่จะนำขยะมาผลิตไฟฟ้า จึงทำให้มีค่าการใช้พลังงานสูงกว่าเทคโนโลยีอื่นๆ แสดงดังภาพที่ 4.24



ภาพที่ 4.24 การเปรียบเทียบปริมาณการใช้พลังงานของการจัดการขยะต่อตันขยะ

4.7 ผลการวิเคราะห์ต้นทุนตลอดวัฏจักรชีวิต

การวิเคราะห์ต้นทุนตลอดวัฏจักรชีวิตจะวิเคราะห์จากการประเมินต้นทุนต่างๆ ที่เกิดขึ้นจากการผลิตไฟฟ้าจากขยะเทศบาล พบว่า คือ เทคโนโลยีเตาเผาเป็นเทคโนโลยีที่มีต้นทุนตลอดวัฏจักรชีวิตมากที่สุด เท่ากับ 5.28 บาท/kWh รองลงมา เทคโนโลยีการผลิตเชื้อเพลิงขยะร่วมกับเทคโนโลยีการผลิตก๊าซเชื้อเพลิงจากขยะ เท่ากับ 5.24 บาท/kWh เทคโนโลยีการผลิตเชื้อเพลิงขยะร่วมกับเทคโนโลยีวัฏจักรแรงดันอินทรีย์ เท่ากับ 2.94 บาท/kWh เทคโนโลยีการย่อยสลายแบบไม่ใช้ออกซิเจน เท่ากับ 2.72 บาท/kWh และ ในขณะที่เทคโนโลยีการผลิตไฟฟ้าจากหลุมฝังกลบมีต้นทุนตลอดวัฏจักรชีวิตต่ำที่สุด เท่ากับ 0.98 บาท/kWh แสดงดังตารางที่ 4.21 และภาพที่ 4.26

ตารางที่ 4.21 ต้นทุนตลอดวัฏจักรชีวิตของการผลิตไฟฟ้าจากขยะ

รายการ	เทคโนโลยี				
	Incineration	AD	LFG	RDF+GAS	RDF+ORC
อายุโรงไฟฟ้า	20	20	30	20	20
ขนาดของโรงไฟฟ้า (MW)	3.5	0.18	0.35	8.8	5.9
เงินลงทุนเริ่มต้น (ล้านบาท)	1,293	45.08	37.73	4,250	1,600
ค่าใช้จ่ายในการดำเนินการและบำรุงรักษา (ล้านบาทต่อปี)	64.86	2.25	1.88	212	80
มูลค่าซาก (ล้านบาท)	129	4.50	3.77	425	160

ตารางที่ 4.21 ต้นทุนตลอดวัฏจักรชีวิตของการผลิตไฟฟ้าจากขยะ

รายการ	เทคโนโลยี				
	Incineration	AD	LFG	RDF+GAS	RDF+ORC
ปริมาณกระแสไฟฟ้าที่ผลิตได้ (MWh ต่อปี)	23	1.57	3.06	77.08	51.68
ต้นทุนตลอดวัฏจักรชีวิต (ล้านบาท)	2,458	86	91	8,076	3,040
ต้นทุนตลอดวัฏจักรชีวิต ต่อ 1 kWh (บาท/kWh)	5.28	2.72	0.98	5.24	2.94

หมายเหตุ: Incineration หมายถึง เทคโนโลยีเตาเผา

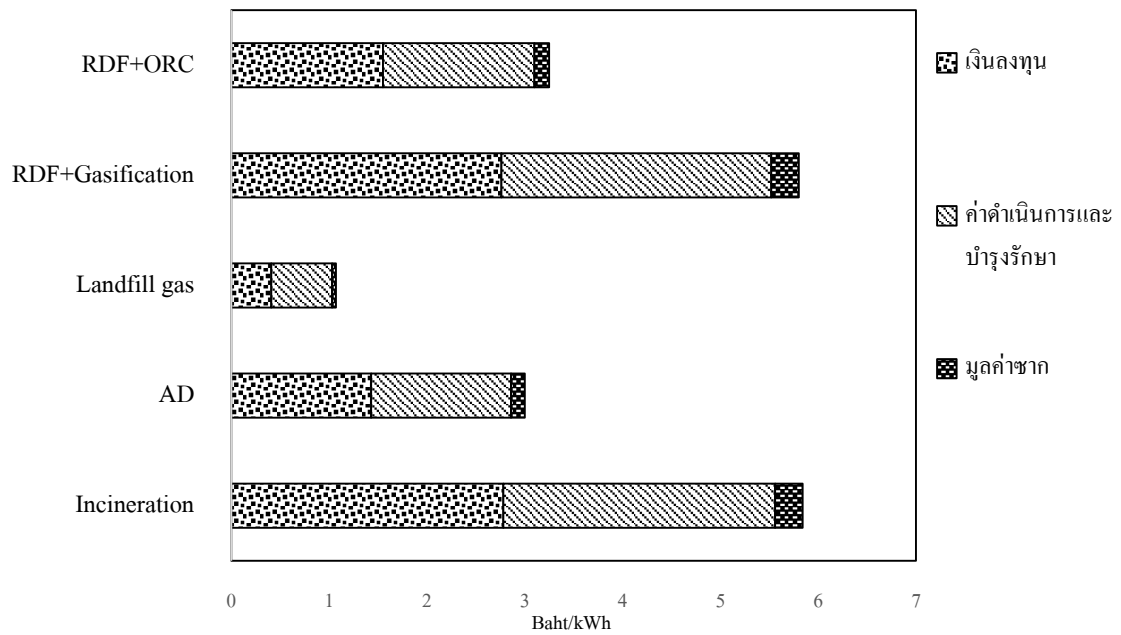
AD หมายถึง เทคโนโลยีการย่อยสลายแบบไม่ใช้ออกซิเจน

LFG หมายถึง เทคโนโลยีการผลิตก๊าซชีวภาพจากหลุมฝังกลบ

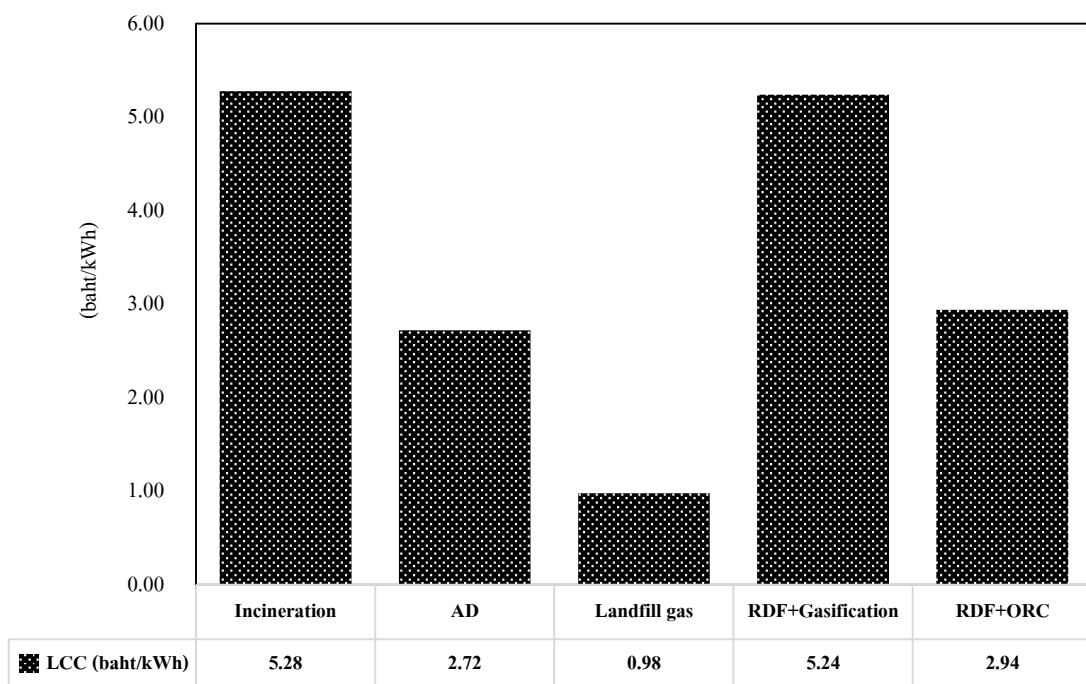
RDF+GAS หมายถึง เทคโนโลยีการผลิตเชื้อเพลิงขยะร่วมกับเทคโนโลยีก๊าซเชื้อเพลิง

RDF+ORC หมายถึง เทคโนโลยีการผลิตเชื้อเพลิงขยะร่วมกับเทคโนโลยีวัฏจักรแรงดันอินทรีย์

จากตารางที่ 4.21 เมื่อนำเงินลงทุนเบื้องต้น ค่าดำเนินการและบำรุงรักษา และมูลค่าซากหลังจากที่หมดอายุการใช้งานแล้วมาหามูลค่าต่อหน่วยการทำงาน พบว่า เทคโนโลยีเตาเผา มีเงินลงทุนเบื้องต้น เท่ากับ 2.78 บาท/kWh ค่าดำเนินการและบำรุงรักษา เท่ากับ 2.78 บาท/kWh และมูลค่าซาก เท่ากับ 0.28 บาท/kWh เทคโนโลยีการย่อยสลายแบบไม่ใช้ออกซิเจน มีเงินลงทุนเบื้องต้น เท่ากับ 1.43 บาท/kWh ค่าดำเนินการและบำรุงรักษา เท่ากับ 1.43 บาท/kWh และมูลค่าซาก เท่ากับ 0.14 บาท/kWh เทคโนโลยีการผลิตไฟฟ้าจากหลุมฝังกลบ มีเงินลงทุนเบื้องต้น เท่ากับ 0.41 บาท/kWh ค่าดำเนินการและบำรุงรักษา เท่ากับ 0.62 บาท/kWh และมูลค่าซาก เท่ากับ 0.04 บาท/kWh เทคโนโลยีการผลิตเชื้อเพลิงขยะร่วมกับเทคโนโลยีการผลิตก๊าซเชื้อเพลิงจากขยะ มีเงินลงทุนเบื้องต้น เท่ากับ 2.76 บาท/kWh ค่าดำเนินการและบำรุงรักษา เท่ากับ 2.76 บาท/kWh และมูลค่าซาก เท่ากับ 0.28 บาท/kWh และเทคโนโลยีการผลิตเชื้อเพลิงขยะร่วมกับเทคโนโลยีวัฏจักรแรงดันอินทรีย์ มีเงินลงทุนเบื้องต้น เท่ากับ 1.55 บาท/kWh ค่าดำเนินการและบำรุงรักษา เท่ากับ 1.55 บาท/kWh และมูลค่าซาก เท่ากับ 0.15 บาท/kWh ดังภาพที่ 4.25



ภาพที่ 4.25 ต้นทุนของการผลิตไฟฟ้าจากขยะต่อหน่วยการทำงาน



ภาพที่ 4.26 ต้นทุนตลอดวงจรชีวิตของการผลิตไฟฟ้าจากขยะต่อหน่วยการทำงาน

4.8 ผลการเสนอแนวทางเลือกเทคโนโลยี

จากการวิเคราะห์ศักยภาพของขยะเทศบาลในพื้นที่เทศบาลของจังหวัดลำปาง โดยพิจารณาปัจจัยทั้งในด้านของปริมาณขยะ องค์ประกอบของขยะ และทำการประเมินพลังงานไฟฟ้าที่จะสามารถผลิตได้จากนั้นทำการประเมินด้านพลังงาน ผลกระทบทางสิ่งแวดล้อม และต้นทุนตลอดวัฏจักรชีวิตของการผลิตไฟฟ้าจากขยะแต่ละเทคโนโลยี ซึ่งจะเห็นได้ว่าเทคโนโลยีแต่ละประเภทมีข้อได้เปรียบในด้านพลังงาน ผลกระทบทางสิ่งแวดล้อม และต้นทุนที่แตกต่างกันไป ดังแสดงในตารางที่ 4.22

ตารางที่ 4.22 สรุปผลการประเมินด้านพลังงาน ด้านสิ่งแวดล้อมและด้านต้นทุนตลอดวัฏจักรชีวิตของเทคโนโลยีการผลิตไฟฟ้าจากขยะแต่ละประเภท

การประเมิน	ผลการประเมิน					หน่วย
	Incineration	Landfill gas	AD	RDF5+ Gasification	RDF5+ ORC	
ด้านพลังงาน	3.07	0.55	2.15	2.68	2.50	MJ/kWh
ด้านสิ่งแวดล้อม	0.23	0.22	0.03	0.45	0.64	kgCO _{2-eq} /kWh
ด้านต้นทุน	5.28	0.98	2.72	5.24	2.94	บาท/kWh

ดังนั้นเพื่อเสนอแนวทางในการเลือกเทคโนโลยีที่เหมาะสมครอบคลุมประเด็นที่กล่าวมาทั้ง 3 ด้าน จึงต้องพิจารณาถึงการให้ความสำคัญของปัจจัยด้านพลังงาน ด้านผลกระทบทางสิ่งแวดล้อม และด้านต้นทุน ในงานวิจัยนี้ได้รวบรวมค่าน้ำหนักความสำคัญของปัจจัย ซึ่งประกอบไปด้วยด้านปริมาณการใช้พลังงาน ด้านการปล่อยก๊าซเรือนกระจก และด้านเศรษฐศาสตร์ ในมุมมองของผู้เชี่ยวชาญทางพลังงาน สิ่งแวดล้อม และเศรษฐศาสตร์ที่ให้ความสำคัญในแต่ละเกณฑ์ โดยมีรายละเอียดดังตารางที่ 4.23

ตารางที่ 4.23 ผลของการให้ค่าน้ำหนักความสำคัญของปัจจัยจากแบบสอบถาม

ปัจจัย	1. พลังงาน	2. สิ่งแวดล้อม	3. ต้นทุน	(Weight)
1. พลังงาน	0.23	0.20	0.43	0.29
2. สิ่งแวดล้อม	0.69	0.60	0.43	0.57
3. ต้นทุน	0.08	0.20	0.14	0.14
	1.00	1.00	1.00	1.00

จากการคำนวณคะแนนน้ำหนักความสำคัญของปัจจัยจากแบบสอบถาม ในตารางที่ 4.23 พบว่า ปัจจัยด้านสิ่งแวดล้อม มีการให้คะแนนน้ำหนักความสำคัญสูงสุด คือ 0.57 รองลงมา คือ ปัจจัยทางด้านต้นทุน และปัจจัยด้านปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก มีคะแนนน้ำหนักความสำคัญ เท่ากับ 0.29 และ 0.14 ตามลำดับ ซึ่งผลที่ได้จะนำมาใช้ในการวิเคราะห์ผลการตัดสินใจเลือกเทคโนโลยีการผลิตไฟฟ้าที่มีความเหมาะสมต่อไป

จากนั้นนำทางเลือกที่กำหนดไว้ในตอนแรกมาทำการประเมินผ่านเกณฑ์ที่ใช้ในการตัดสินใจ เพื่อจัดลำดับความสำคัญของทางเลือก จากการประเมินผลของแต่ละเกณฑ์ที่ใช้ในการตัดสินใจเลือกเทคโนโลยี ในงานวิจัยนี้ได้นำทางเลือกมาทำการประเมินผ่านเกณฑ์ที่ใช้ในการตัดสินใจ รวมถึงนำมาคำนวณกับการให้น้ำหนักความสำคัญจากนักวิจัยทางพลังงาน สิ่งแวดล้อม และเศรษฐศาสตร์ ซึ่งสามารถสรุปผลการจัดลำดับการตัดสินใจเลือกเทคโนโลยีการผลิตไฟฟ้าจากขยะ แสดงดังตารางที่ 4.24

ตารางที่ 4.24 ผลการวิเคราะห์การตัดสินใจเลือกเทคโนโลยีการผลิตไฟฟ้าที่เหมาะสมโดยให้น้ำหนักความสำคัญในด้านสิ่งแวดล้อมมากที่สุด

เทคโนโลยี	พลังงาน	สิ่งแวดล้อม	ต้นทุน	ค่าความเหมาะสม (%)	ลำดับ
Weight	28.64%	57.36 %	13.99%		
1. เทคโนโลยีเตาเผาเพื่อผลิตไฟฟ้า	0.11	0.08	0.01	20.54%	3
2. เทคโนโลยีการย่อยสลายแบบไม่ใช้ออกซิเจน	0.03	0.15	0.03	21.22%	1
3. เทคโนโลยีการผลิตก๊าซชีวภาพจากหลุมฝังกลบ	0.02	0.12	0.06	20.17%	4
4. เทคโนโลยีการผลิตเชื้อเพลิงขยะร่วมกับเทคโนโลยีก๊าซเชื้อเพลิง	0.07	0.12	0.02	20.96%	2
5. เทคโนโลยีการผลิตเชื้อเพลิงขยะร่วมกับเทคโนโลยีวัฏจักรแรงคินสารอินทรีย์	0.05	0.10	0.03	17.11%	5

จากตารางที่ 4.24 พบว่า ลำดับการคัดเลือกเทคโนโลยีการผลิตไฟฟ้าจากขยะที่เหมาะสม คือ เทคโนโลยีการย่อยสลายแบบไม่ใช้ออกซิเจน รองลงมา คือ เทคโนโลยีการผลิตเชื้อเพลิงขยะร่วมกับ

เทคโนโลยีก๊าซเชื้อเพลิง เทคโนโลยีเตาเผา เทคโนโลยีการผลิตก๊าซชีวภาพจากหลุมฝังกลบ และ เทคโนโลยีการผลิตเชื้อเพลิงขยะร่วมกับเทคโนโลยีวัฏจักรแรงดันอินทรีย์ ตามลำดับ

จากผลที่ให้น้ำหนักทางสิ่งแวดล้อมมากที่สุด หากมีการปรับเปลี่ยนการให้น้ำหนักความสำคัญเป็น ให้น้ำหนักความสำคัญมากที่สุดในด้านพลังงาน ผลการเลือกเทคโนโลยีที่เหมาะสม พบว่า เทคโนโลยีเตาเผา เป็นเทคโนโลยีที่มีการให้น้ำหนักความสำคัญมากที่สุด รองลงมา คือ เทคโนโลยีการผลิตเชื้อเพลิงขยะร่วมกับเทคโนโลยีก๊าซเชื้อเพลิง เทคโนโลยีการย่อยสลายแบบไม่ใช้ออกซิเจน เทคโนโลยีการผลิตเชื้อเพลิงขยะร่วมกับเทคโนโลยีวัฏจักรแรงดันอินทรีย์ และเทคโนโลยีการผลิตก๊าซชีวภาพจากหลุมฝังกลบ ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 4.25 และหากมีการให้น้ำหนักความสำคัญในด้าน เศรษฐศาสตร์มากที่สุด ผลการเลือกเทคโนโลยีที่เหมาะสม พบว่า ลำดับการคัดเลือกเทคโนโลยีการผลิตไฟฟ้าจากขยะที่เหมาะสม คือ เทคโนโลยีการผลิตก๊าซชีวภาพจากหลุมฝังกลบ เป็นเทคโนโลยีที่มีการให้น้ำหนักความสำคัญมากที่สุด รองลงมา คือ เทคโนโลยีการย่อยสลายแบบไม่ใช้ออกซิเจน เทคโนโลยีเตาเผา เทคโนโลยีการผลิตเชื้อเพลิงขยะร่วมกับเทคโนโลยีวัฏจักรแรงดันอินทรีย์ และ เทคโนโลยีการผลิตเชื้อเพลิงขยะร่วมกับเทคโนโลยีก๊าซเชื้อเพลิง ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 4.26

ตารางที่ 4.25 ผลการวิเคราะห์การตัดสินใจเลือกเทคโนโลยีการผลิตไฟฟ้าที่เหมาะสมโดยให้น้ำหนักความสำคัญในด้านพลังงานมากที่สุด

เทคโนโลยี	พลังงาน	สิ่งแวดล้อม	ต้นทุน	ค่าความเหมาะสม (%)	ลำดับ
Weight	57.36 %	28.64%	13.99%		
1. เทคโนโลยีเตาเผาเพื่อผลิตไฟฟ้า	0.21	0.04	0.01	26.35%	1
2. เทคโนโลยีการย่อยสลายแบบไม่ใช้ออกซิเจน	0.09	0.08	0.03	19.73%	3
3. เทคโนโลยีการผลิตก๊าซชีวภาพจากหลุมฝังกลบ	0.04	0.06	0.06	16.07%	5
4. เทคโนโลยีการผลิตเชื้อเพลิงขยะร่วมกับเทคโนโลยีก๊าซเชื้อเพลิง	0.13	0.06	0.02	20.96%	2
5. เทคโนโลยีการผลิตเชื้อเพลิงขยะร่วมกับเทคโนโลยีวัฏจักรแรงดันอินทรีย์	0.09	0.05	0.03	16.88%	4

ตารางที่ 4.26 ผลการวิเคราะห์การตัดสินใจเลือกเทคโนโลยีการผลิตไฟฟ้าที่เหมาะสมโดยให้น้ำหนัก
ความสำคัญในด้านเศรษฐศาสตร์มากที่สุด

เทคโนโลยี	พลังงาน	สิ่งแวดล้อม	ต้นทุน	ค่าความ เหมาะสม (%)	ลำดับ
Weight	28.64%	13.99%	57.36 %		
1. เทคโนโลยีเตาเผาเพื่อผลิตไฟฟ้า	0.10	0.02	0.06	18.48%	3
2. เทคโนโลยีการย่อยสลายแบบไม่ ใช้ออกซิเจน	0.04	0.03	0.13	19.66%	2
3. เทคโนโลยีการผลิตก๊าซชีวภาพ จากหลุมฝังกลบ	0.03	0.02	0.20	25.49%	1
4. เทคโนโลยีการผลิตเชื้อเพลิงขยะ ร่วมกับเทคโนโลยีก๊าซเชื้อเพลิง	0.06	0.03	0.09	17.97%	5
5. เทคโนโลยีการผลิตเชื้อเพลิงขยะ ร่วมกับเทคโนโลยีวัฏจักรแรงคิน สารอินทรีย์	0.07	0.02	0.09	18.39%	4

จากตารางที่ 4.24, 4.25 และ 4.26 จะเห็นได้ว่า การให้น้ำหนักความสำคัญด้านสิ่งแวดล้อมมากที่สุด
จากนักวิจัย ทำให้เทคโนโลยีการย่อยสลายแบบไม่ใช้ออกซิเจนเป็นเทคโนโลยีที่มีการให้น้ำหนัก
ความสำคัญมากที่สุด แต่หากให้น้ำหนักความสำคัญในด้านพลังงานมากที่สุดจากนักวิจัย เทคโนโลยีที่มี
การให้น้ำหนักความสำคัญมากที่สุดคือ เทคโนโลยีเตาเผา และหากมองในมุมมองด้านเศรษฐศาสตร์
เทคโนโลยีที่มีการให้น้ำหนักความสำคัญมากที่สุดจากนักวิจัย คือ เทคโนโลยีการผลิตก๊าซชีวภาพจาก
หลุมฝังกลบ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved