การประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์สำหรับการจำลองสถานการณ์ประสิทธิภาพบ่อฝังกลบขยะเทศบาลเมืองอุทัยธานีโดยการบำบัดขยะด้วยกรรมวิธีเชิงกล-ชีวภาพ

ไพสิฐ ชมเชียงคำ

วิทยานิพนธ์เสนอบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยนเรศวร
เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา หลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม
ปีการศึกษา 2565
ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยนเรศวร

การประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์สำหรับการจำลองสถานการณ์ประสิทธิภาพบ่อฝังกลบขยะเทศบาลเมืองอุทัยธานีโดยการบำบัดขยะด้วยกรรมวิธีเชิงกล-ชีวภาพ

ไพสิฐ ชมเชียงคำ

วิทยานิพนธ์เสนอบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยนเรศวร
เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา หลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม
ปีการศึกษา 2565
ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยนเรศวร

วิทยานิพนธ์ เรื่อง "การประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์สำหรับการจำลองสถานการณ์ประสิทธิภาพบ่อฝังกลบขยะเทศบาลเมืองอุทัยธานีโดยการบำบัดขยะด้วยกรรมวิธีเชิงกล-ชีวภาพ"

ของ ไพสิฐ ชมเชียงคำ

ได้รับการพิจารณาให้นับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร

ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปาจรีย์ ทองสนิท)

..... ประธานที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

(รองศาสตราจารย์ ดร.ดลเดช ตั้งตระการพงษ์)

..... กรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุชาดา อยู่แก้ว)

..... กรรมการผู้ทรงคุณวุฒิภายนอก

(ดร.เชาวน์ นกอยู่)

อนุมัติ

.....

(รองศาสตราจารย์ ดร.กรองกาญจน์ ชูทิพย์)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

ชื่อเรื่อง การประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์สำหรับการจำลองสถานการณ์ประสิทธิภาพบ่อฝังกลบขยะเทศบาลเมืองอุทัยธานีโดยการบำบัดขยะด้วยกรรมวิธีเชิงกล-ชีวภาพ

ผู้วิจัย ไพสิฐ ชมเชียงคำ

ประธานที่ปรึกษา รองศาสตราจารย์ ดร.ดลเดช ตั้งตระการพงษ์

กรรมการที่ปรึกษา ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุชาดา อยู่แก้ว

ประเภทสารนิพนธ์ วิทยานิพนธ์ วศ.ม. วิศวกรรมสิ่งแวดล้อม, มหาวิทยาลัยนเรศวร, 2565

คำสำคัญ คาร์บอนฟุตพริ้นท์, การจัดการขยะมูลฝอย, แบบจำลอง, MBT, ขยะมูลฝอย

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ทำการศึกษาเรื่องการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์สำหรับการจำลองสถานการณ์ประสิทธิภาพบ่อฝังกลบขยะเทศบาลเมืองอุทัยธานีโดยการบำบัดขยะด้วยกรรมวิธีเชิงกล-ชีวภาพ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของบ่อฝังกลบของเทศบาลเมืองอุทัยธานี จังหวัดอุทัยธานี ผลการศึกษาพบว่าเทศบาลเมืองอุทัยธานี ในปี 2561 มีปริมาณขยะเข้าสู่บ่อฝังกลบขยะทั้งหมดเฉลี่ย 44.34 ตัน/วัน โดยพบว่ามีปริมาณ 16.70 ตัน/วัน มาจากเขตเทศบาลเมืองอุทัยธานี และปริมาณขยะ 27.64 ตัน/วัน มาจาก อปท. อื่น ๆ และพบว่าในการจัดการขยะของเทศบาลเมืองอุทัยธานีในปัจจุบัน มีปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์จากขยะ 1 ตัน เท่ากับ 2.47 TCO_2eq/ตันขยะ โดยแบ่งออกเป็นการปล่อยปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้งท์ที่มาจากการฝังกลบขยะ 2.41 TCO_2eq/ตันขยะ และจากการขนส่งขยะ 0.06 TCO_2eq/ตันขยะ จากการประเมินสภาพปัจจุบันพบว่าบ่อฝังกลบของเทศบาลเมืองอุทัยธานีสามารถรองรับปริมาณขยะได้อีกประมาณ 47,000 ตัน ถ้าเทศบาลเมืองอุทัยธานีไม่มีการดำเนินการเปลี่ยนแปลงใด ๆ จะส่งผลให้บ่อฝังกลบขยะใช้งานได้อีกแค่ 3 ปีเท่านั้น ซึ่งในการศึกษาครั้งนี้ได้ทำแบบจำลองการจัดการขยะด้วยเทคโนโลยีการบำบัดขยะด้วยกรรมวิธีเชิงกล-ชีวภาพ แบบ Passive aerated windrow ซึ่งได้แบ่งกรณีศึกษาเป็น 3 กรณี ได้แก่ กรณีที่ 1 ขยะหลังจากถูกบำบัดแล้ว นำขยะทั้งหมดกำจัดลงที่บ่อฝังกลบ ส่งผลให้บ่อฝังกลบสามารถใช้ได้อีก 3.77 ปี และมีการปล่อยคาร์บอนฟุตพริ้นท์เฉลี่ย 1.47 TCO_2eq/ตันขยะ กรณีที่ 2 ขยะหลังจากถูกบำบัดแล้ว นำขยะมาร่อนเพื่อคัดแยกขยะขนาดเล็กและขนาดกลางไปใช้ประโยชน์ และส่วนที่เหลือกำจัดลงบ่อฝังกลบ ส่งผลให้บ่อฝังกลบสามารถใช้ได้อีก 4.77 ปี และมีการปล่อยคาร์บอนฟุตพริ้นท์เฉลี่ย 1.1 TCO_2eq/ตันขยะ และกรณีที่ 3 ขยะหลังจากถูกบำบัดแล้ว นำขยะมาร่อนเพื่อคัดแยกขยะขนาดเล็ก ขนาดกลาง และขนาดใหญ่ไปใช้ประโยชน์ และบางส่วนที่เหลือกำจัดลงบ่อฝังกลบ ส่งผลให้บ่อฝังกลบสามารถใช้ได้อีก

37.74 ปี และมีการปล่อยคาร์บอนฟุตพริ้นท์เฉลี่ย 0.54 TCO_2eq/ตันขยะ ดังนั้นการออกแบบวางแผนการจัดการขยะของเขตเทศบาลเมืองอุทัยธานีหรือสถานที่อื่น ๆ ควรคำนึงถึงระบบบำบัดขยะด้วยกรรมวิธีเชิงกล-ชีวภาพ เพื่อใช้เป็นแนวทางในการลดปริมาณขยะและยืดอายุเวลาของบ่อฝังกลบให้กับองค์กรในอนาคตต่อไป

Title CARBON FOOTPRINT ASSESSMENT FOR SIMULATION OF UTHAI THANI MUNICIPALITY LANDFILL EFFICIENCY BY MECHANICAL-BIOLOGICAL TREATMENT (MBT)

Author Paisit Chomchiangkham

Advisor Associate Professor Dondej Tungtakanpoung, Ph.D.

Co-Advisor Assistant Professor Suchada Ukaew, Ph.D.

Academic Paper M.Eng. Thesis in Environmental Engineering, Naresuan University, 2022

Keywords Carbon footprint, Waste Management, Simulation, Solid waste, Uthai Thani Province

ABSTRACT

This research studies the carbon footprint assessment for simulation of Uthai thani municipality landfill efficiency by mechanical-biological treatment (MBT), Uthai Thani Province. The results show that the solid waste generation of the municipality is 16.70 tons/day and the administration of local government organizations of waste from landfill is 27.64 tons/day. Therefore, it is said that 44.34 tons/day of total waste is in the landfill. It found that a total carbon footprint at Uthai Thani municipality's solid waste management is 2.47 TonCO_2-eq/t MSW. It can be divided into 2 parts, landfill and transportation activities with a total carbon footprint of 2.41 TonCO_2-eq/t MSW and 0.06 TonCO_2-eq/ t MSW, respectively. Moreover, it can be estimated that the landfill of Uthai Thani municipality has the rest area for receiving 47,749.77 tons of the solid waste. Therefore, it seems that the landfills have the rest time therefore only last 3 more years. The simulation of solid waste management using Mechanical Biological Treatment (MBT) by Passively aerated windrows method was collected and analyzed which presented into 3 cases. Case 1, after MBT and transferring to landfill, the rest time can be extended to be can be used for another 3.77 years and has a carbon footprint is 1.47 TonCO_2-eq/t MSW, case 2, after MBT and, sieving and reusing the small and medium-sized waste in the process the rest time can be extended to be 4.77 years and has a carbon footprint is 1.1 TonCO_2-eq/t MSW and case 3 was after

MBT, sieving and reusing and size note the rest time can be extended to be 37.74 years and have a carbon footprint is 0.54 TonCO_2-eq/t MSW. It has been suggested that, the planning and design of the solid waste management of Uthai Thani Municipality or the other should consider MBT process before disposal in order to reduction and extending landfill lifetime for operation of the landfill.

ประกาศคุณูปการ

ผู้วิจัยขอขอบคุณ อาจารย์ รศ.ดร.ดลเดช ตั้งตระการพงษ์ ประธานที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ และอาจารย์ ผศ.ดร.สุชาดา อยู่แก้ว ที่ปรึกษาร่วม เป็นอย่างสูงในความกรุณาของท่านที่เสียสละเวลามาเป็นที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ พร้อมทั้งให้คำแนะนำตลอดระยะเวลาในการทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จนสำเร็จลุล่วง และขอกราบขอบพระคุณคณะกรรมการวิทยานิพนธ์อันประกอบไปด้วย ผศ.ดร.ปาจารีย์ ทองสนิท ประธานกรรมการ และ ดร.เชาว์ นกอยู่ กรรมการผู้ทรงคุณวุฒิที่กรุณาให้คำแนะนำตลอดจนแก้ไขข้อบกพร่องของวิทยานิพนธ์ด้วยความเอาใจใส่ จนทำให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้อย่างสมบูรณ์ ขอขอบคุณบุคลากรของเทศบาลเมืองอุทัยธานี รวมถึงผู้ที่เกี่ยวข้องในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ที่เอื้อเฟื้อข้อมูลในการทำวิจัย คุณประโยชน์และคุณค่าใดที่พึงได้รับจากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ผู้วิจัยขอมอบและอุทิศให้แด่ผู้มีพระคุณทุก ๆ ท่าน ทางผู้วิจัยหวังเป็นอย่างยิ่งว่างานวิจัยฉบับนี้จะเป็นประโยชน์ในการพัฒนางานของเทศบาลเมืองอุทัยธานีและผู้ที่มีความสนใจในเรื่องนี้ไม่มากก็น้อย

ไพสิฐ ชมเชียงคำ

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ค

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... จ

ประกาศคุณูปการ ..... ช

สารบัญ ..... ซ

สารบัญตาราง ..... ฎ

สารบัญภาพ ..... ฐ

บทที่ 1 บทนำ 1

1. ความเป็นมาของปัญหา 1

2. จุดมุ่งหมายของการศึกษา 4

3. ขอบเขตของงานวิจัย 4

4. นิยามศัพท์เฉพาะ 4

บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 6

1. ขยะมูลฝอย 6

2. สถานการณ์การจัดการขยะในประเทศไทย 9

3. จังหวัดอุทัยธานี 10

4. เทศบาลเมืองอุทัยธานี 11

5. การรีไซเคิล 13

6. การจัดการขยะมูลฝอยในเขตเทศบาลเมืองอุทัยธานี 13

7. การจำลองแบบปัญหา 16

8. ก๊าซเรือนกระจก 22
9. คาร์บอนฟุตพริ้นท์.....24
10. การประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์.....25
11. การคำนวณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ 26
12. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....27
บทที่ 3 การดำเนินการวิจัย 30
1. การศึกษาสถานการณ์และประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของการจัดการขยะของเทศบาลเมืองอุทัยธานี 30
2. การศึกษาการดำเนินงานและประเมินอายุการใช้งานของบ่อฝังกลบขยะของเทศบาลเมืองอุทัยธานี.....34
3. การสร้างการจำลองสถานการณ์การใช้กรรมวิธีเชิงกล-ชีวภาพ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการใช้งานบ่อฝังกลบขยะและทำการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์.....34
บทที่ 4 ผลการวิจัย.....41
1. การศึกษาสถานการณ์และการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของการจัดการขยะของเทศบาลเมืองอุทัยธานี 41
2. การศึกษาการดำเนินงานและประเมินอายุการใช้งานของบ่อฝังกลบขยะของเทศบาลเมืองอุทัยธานี.....46
3. การสร้างแบบจำลองสถานการณ์การใช้การบำบัดด้วยกรรมวิธีเชิงกล-ชีวภาพ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการใช้งานบ่อฝังกลบขยะและทำการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ 51
4 เปรียบเทียบระบบการจัดการขยะของเทศบาลเมืองอุทัยธานี.....77
บทที่ 5 บทสรุป.....80
สรุปผลการวิจัย.....80

ข้อเสนอแนะ 82

บรรณานุกรม 83

ภาคผนวก 86

ประวัติผู้วิจัย 98

สารบัญตาราง

หน้า

ตาราง 1 ค่าศักยภาพในการทำให้เกิดโลกร้อน (GWP) ของก๊าซเรือนกระจก 6 ชนิด ใช้ในการคำนวณคาร์บอนฟุตพริ้นท์.....24

ตาราง 2 บัญชีรายการเก็บข้อมูลของการขนส่งขยะแต่ละเส้นทาง.....33

ตาราง 3 บัญชีรายการเก็บข้อมูลของการฝังกลบ.....33

ตาราง 4 บัญชีรายการเก็บข้อมูลของการขนส่งขยะแต่ละเส้นทาง.....39

ตาราง 5 บัญชีรายการเก็บข้อมูลของการฝังกลบ.....40

ตาราง 6 บัญชีรายการเก็บข้อมูลของเทคโนโลยีการจัดการขยะด้วยวิธีเชิงกล-ชีวภาพ.....40

ตาราง 7 บัญชีรายการสิ่งแวดล้อมสำหรับการจัดการขยะในปัจจุบัน 43

ตาราง 8 ปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์ประกอบขยะเทศบาลเมืองอุทัยธานี 44

ตาราง 9 ปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของการขนส่งขยะในเขตเทศบาลเมืองอุทัยธานีขาไปบ่อฝังกลบ 45

ตาราง 10 ปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของการขนส่งขยะในเขตเทศบาลเมืองอุทัยธานีขากลับเทศบาล.....46

ตาราง 11 ข้อมูลปริมาณขยะที่เข้าบ่อฝังกลบเทศบาลเมืองอุทัยธานี.....48

ตาราง 12 ตารางแสดงปริมาณขยะที่สามารถรองรับได้ในแต่ละชั้น 51

ตาราง 13 การตรวจสอบความเหมือนจริงของแบบจำลอง 54

ตาราง 14 แบบจำลองการจัดการขยะของเทศบาลเมืองอุทัยธานีในปัจจุบัน 55

ตาราง 15 องค์ประกอบขยะที่บ่อฝังกลบเทศบาลตำบลลานกระบือ 56

ตาราง 16 ตารางแสดงการคำนวณจำนวนกองหมักขยะ 58

ตาราง 17 ขนาดและปริมาณขยะต่อหนึ่งกองหมัก.....59

ตาราง 18 ตัวอย่างแบบจำลองการจัดการขยะด้วยเทคโนโลยีบำบัดด้วยวิธีเชิงกล-ชีวภาพ 67

ตาราง 19 บัญชีรายการสิ่งแวดล้อมของแบบจำลองเทคโนโลยีการจัดการขยะด้วยวิธีเชิงกล-ชีวภาพ 71

ตาราง 20 ปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของการขนส่งขยะในเขตเทศบาลเมืองอุทัยธานีขาไปบ่อฝังกลบ 73

ตาราง 21 ปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของการขนส่งขยะในเขตเทศบาลเมืองอุทัยธานีขากลับเทศบาล.....73

ตาราง 22 ปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของแบบจำลองเทคโนโลยีการจัดการขยะด้วยกรรมวิธีเชิงกล-ชีวภาพ กรณีที่ 1, 2 และ 3 ที่เกิดจากการย่อยสลายของขยะอินทรีย์ของเทศบาลเมืองอุทัยธานี.....74

ตาราง 23 ปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของการร่อนขยะ 74

ตาราง 24 ปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์จากการฝังกลบขยะแต่ละกรณี.....75

ตาราง 25 ปริมาณขยะเฉลี่ย (ตัน/วัน) ณ บ่อฝังกลบขยะมูลฝอยของเทศบาลเมืองอุทัยธานี 88

ตาราง 26 แสดงการคำนวณหาค่าความหนาแน่นของขยะที่มาทิ้งที่บ่อฝังกลบ.....90

สารบัญภาพ

หน้า

ภาพ 1 แผนที่เขตเทศบาลเมืองอุทัยธานี....12

ภาพ 2 เส้นทางการเดินรถขยะคันที่ 1 เวลาทำงาน 00:00 น. – 06:00 น.....14

ภาพ 3 เส้นทางรถขยะคันที่ 2 ทำงานเวลา 02:00 น. – 08:00 น. 15

ภาพ 4 เส้นทางเดินรถขยะคันที่ 3 ทำงานเวลา 06:00 น. – 11:00 น. 15

ภาพ 5 ขอบเขตการศึกษาการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของการจัดการขยะเทศบาลเมืองอุทัยธานี....31

ภาพ 6 ขอบเขตของการศึกษาปริมาณก๊าซเรือนกระจกของการกำจัดขยะ....31

ภาพ 7 ตัวอย่างบัญชีรายการด้านสิ่งแวดล้อม....32

ภาพ 8 แบบจำลองการจัดการขยะแบบ MBT กรณีที่ 1....35

ภาพ 9 แบบจำลองการจัดการขยะแบบ MBT กรณีที่ 2....35

ภาพ 10 แบบจำลองการจัดการขยะแบบ MBT กรณีที่ 3....35

ภาพ 11 ขอบเขตการศึกษาการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของการจัดการขยะเทศบาลเมืองอุทัยธานี ด้วยกรรมวิธีเชิงกล-ชีวภาพ กรณีที่ 1....36

ภาพ 12 ขอบเขตการศึกษาการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของการจัดการขยะเทศบาลเมืองอุทัยธานี ด้วยกรรมวิธีเชิงกล-ชีวภาพ กรณีที่ 2....36

ภาพ 13 ขอบเขตการศึกษาการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของการจัดการขยะเทศบาลเมืองอุทัยธานี ด้วยกรรมวิธีเชิงกล-ชีวภาพ กรณีที่ 3....37

ภาพ 14 ขอบเขตของการศึกษาปริมาณก๊าซเรือนกระจกของการกำจัดขยะด้วยวิธีเชิงกล-ชีวภาพ....37

ภาพ 15 ตัวอย่างบัญชีรายการด้านสิ่งแวดล้อม....38

ภาพ 16 ผังการเคลื่อนที่ของขยะในเขตเทศบาลเมืองอุทัยธานี 41

ภาพ 17 แสดงองค์ประกอบขยะมูลฝอยของบ่อฝังกลบ เทศบาลเมืองอุทัยธานี 42

ภาพ 18 ขั้นตอนการจัดการขยะของเทศบาลเมืองอุทัยธานี 43

ภาพ 19 ภาพตัดขวางบ่อฝังกลบขยะเทศบาลเมืองอุทัยธานี 46

ภาพ 20 ภาพมุมสูงบ่อฝังกลบขยะ.....47

ภาพ 21 จำนวนชั้นของบ่อฝังกลบของเทศเมืองอุทัยธานี.....47

ภาพ 22 กราฟแสดงเส้นแนวโน้มการเพิ่มขึ้นของขยะ 48

ภาพ 23 คาดการณ์ปริมาณขยะที่เข้ามายังบ่อฝังกลบของเทศบาลเมืองอุทัยธานี 49

ภาพ 24 คาดการณ์ปริมาณขยะที่บ่อฝังกลบสามารถรองรับได้ 50

ภาพ 25 แบบจำลองบ่อฝังกลบขยะเทศบาลเมืองอุทัยธานีที่สามารถรองรับปริมาณขยะได้อีก 7 ชั้น.....50

ภาพ 26 แผนผังการจัดการขยะของเทศบาลเมืองอุทัยธานีแบบดั่งเดิม 52

ภาพ 27 แบบจำลองการเคลื่อนที่ของขยะเทศบาลเมืองอุทัยธานี.....53

ภาพ 28 เปรียบเทียบองค์ประกอบขยะของเทศบาลตำบลลานกระบือกับเทศบาลเมืองอุทัยธานี 57

ภาพ 29 แผนผังการจัดการขยะด้วยกรรมวิธีเชิงกล-ชีวภาพ ของเทศบาลตำบลลานกระบือ 57

ภาพ 30 กองหมักขยะบำบัดด้วยวิธี Passive Aerated Windrow 60

ภาพ 31 เครื่องร่อนขยะหลังจากการบำบัดด้วยกรรมวิธีเชิงกล-ชีวภาพPassive Aerated Windrow.....61

ภาพ 32 ขยะขนาดเล็กกว่า 10 มม.....61

ภาพ 33 องค์ประกอบของขยะขนาดเล็กกว่า 10 มม. 62

ภาพ 34 ขยะขนาดกลาง 10 – 40 มม.....62

ภาพ 35 องค์ประกอบขยะของขยะขนาดกลาง 10 – 40 มม. 63
ภาพ 36 ขยะขนาดใหญ่กว่า 40 มม. 63
ภาพ 37 องค์ประกอบของขยะขนาดใหญ่กว่า 40 มม. 64
ภาพ 38 แบบจำลองการจัดการขยะด้วยกรรมวิธีเชิงกล-ชีวภาพ กรณีที่ 1 65
ภาพ 39 แบบจำลองการจัดการขยะด้วยกรรมวิธีเชิงกล-ชีวภาพ กรณีที่ 2 66
ภาพ 40 แบบจำลองการจัดการขยะด้วยกรรมวิธีเชิงกล-ชีวภาพ กรณีที่ 3 67
ภาพ 41 ปริมาณสารขาเข้า และสารขาออก กรณีที่ 1 68
ภาพ 42 ปริมาณสารขาเข้า และสารขาออก กรณีที่ 2 69
ภาพ 43 ปริมาณสารขาเข้า และสารขาออก กรณีที่ 3 70
ภาพ 44 ปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของแต่ละกรณี 76
ภาพ 45 ปริมาณขยะเข้าบ่อฝังกลบของเทศบาลเมืองอุทัยธานี ทั้งแบบดั่งเดิม และแบบ MBT 77
ภาพ 46 อายุการใช้งานบ่อฝังกลบของเทศบาลเมืองอุทัยธานีในปัจจุบันและแบบบำบัดด้วยกรรมวิธีเชิงกล-ชีวภาพ 78
ภาพ 47 ปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของการจัดการขยะเทศบาลเมืองอุทัยธานีในปัจจุบันและแบบบำบัดด้วยกรรมวิธีเชิงกล-ชีวภาพ 79
ภาพ 48 แสดงองค์ประกอบขยะมูลฝอยของบ่อฝังกลบ เทศบาลเมืองอุทัยธานี 89
ภาพ 49 ขั้นตอนการจัดการขยะมูลฝอยของเทศบาลเมืองอุทัยธานี 89
ภาพ 50 การฉีกถุงและคัดแยกขยะ 93
ภาพ 51 การตั้งกองหมักแบบ Passive Aerated Windrow 94
ภาพ 52 การวางระบบท่อระบายอากาศ 95
ภาพ 53 นำวัสดุคลุมกองหมักขยะ 96

บทที่ 1

บทนำ

1. ความเป็นมาของปัญหา

ด้วยสถานการณ์ในปัจจุบันโลกได้รับผลกระทบจากภาวะโลกร้อนมากขึ้น ซึ่งมีสาเหตุมาจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (Climate Changes) โลกอาจทำลายสถิติอุณหภูมิเฉลี่ยใหม่ในปี 2566 หรือ 2567 ซึ่งเป็นผลมาจากการเปลี่ยนแปลงของสภาพภูมิอากาศ และการกลับมาของปรากฏการณ์ เอลนีโญ หลังจากเกิดปรากฏการณ์ ลานีญา ในมหาสมุทรแปซิฟิกผ่านมา 3 ปี ซึ่งเป็นรูปแบบอากาศที่อุณหภูมิทั่วโลกลดลงเล็กน้อย โลกก็จะเผชิญกับการกลับมาของ เอลนีโญ สภาพอากาศที่อุ่นขึ้นในปลายปี 2566 ปรากฏการณ์ เอลนีโญ เกิดจากกระแสลมที่พัดไปทางทิศตะวันตกตามแนวเส้นศูนย์สูตร จะพัดช้าลง และน้ำอุ่นจะถูกผลักไปทางทิศตะวันออก ทำให้อุณหภูมิเหนือพื้นผิวมหาสมุทรอุ่นขึ้น (World Meteorological Organization WMO, 2023)

ในปี 2559 เป็นปีแห่งการเกิดปรากฏการณ์ เอลนีโญ กำลังแรงส่งผลให้อุณหภูมิในพื้นที่ส่วนใหญ่สูงกว่าค่าที่เคยตรวจวัดได้ในอดีต เช่นเดียวกับปี 2562 ตั้งแต่ต้นปีจนถึงช่วงกลางปีก็เกิดปรากฏการณ์ เอลนีโญ กำลังอ่อน อันเป็นปัจจัยหนึ่งให้หลายพื้นที่มีอุณหภูมิสูงในปีนั้น แต่ในปี 2564 เกิดปรากฏการณ์ ลานีญา กำลังปานกลาง ทำให้มีปริมาณฝนสูงผิดปกติในเดือน เม.ย. ส่งผลให้อากาศไม่ร้อนอบอ้าว และปี 2565 ลานีญา อ่อนกำลังลงต่อเนื่องจนถึงปัจจุบัน แล้วคาดว่าปรากฏการณ์เอลนีโญ จะค่อย ๆ เพิ่มกำลังกลับมาอีกครั้งในปลายปี 2566 หากต้องการหยุดยั้งภาวะโลกร้อนลงในทันที ประเทศต่าง ๆ จะต้องยอมเพิ่มภาระความรับผิดชอบในการควบคุมปริมาณคาร์บอนขึ้นอีกภายในปี 2573 เพื่อให้บรรลุถึงเป้าหมายการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสุทธิเป็นศูนย์ภายในปี 2593 รวมทั้งสามารถควบคุมอุณหภูมิโลกไม่ให้ร้อนขึ้นเกิน 1.5 องศาเซลเซียส หรือเกินไปเพียงเล็กน้อยภายในปี 2100 (United Nations : UN, 2023)

ภาวะโลกร้อนมีสาเหตุมาจากกิจกรรมต่าง ๆ ของมนุษย์ไม่ว่าจะเป็นการเผาถ่านหิน การใช้เชื้อเพลิง รวมไปถึงการใช้สารเคมีที่มีก๊าซเรือนกระจกและอื่น ๆ อีกมากมายหลายอย่างที่ทำให้เกิดก๊าซเรือนกระจกเช่น ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2), ก๊าซมีเทน (CH_4), ไนตรัสออกไซด์ (N_2O), ไฮโดรฟลูออโรคาร์บอน (HFCs), ซัลเฟอร์เฮ็กฟลูออไรด์ (SF_6), และ เพอร์ฟลูออโรคาร์บอน (PFCs) ทำให้ก๊าซเรือนกระจกเหล่านี้ลอยตัวขึ้นไปรวมตัวกันในชั้นบรรยากาศ ทำให้รังสีของดวงอาทิตย์ที่ควรจะสะท้อนกลับไปในปริมาณที่เหมาะสม กลับถูกก๊าซเรือนกระจกกั้นขวางไว้ส่งผลให้อุณหภูมิในโลกค่อยๆสูงขึ้น ซึ่งการเปลี่ยนแปลงส่งผลกระทบทั่วโลก ทำให้นานาชาติตื่นตัวและตระหนักถึงภาวะโลก

ร้อนที่เกิดขึ้น จึงเกิดข้อตกลงร่วมกันระหว่างประเทศขึ้น คือ พิธีเกียวโต (Kyoto Protocol) เป็นข้อผูกพันทางกฎหมายที่ดำเนินการเพื่อบรรลุเป้าหมายในการรับมือสภาวะโลก ประเทศไทยมีส่วนร่วมในการลดปัญหาก๊าซเรือนกระจกโดยการจัดตั้งคณะอนุกรรมการและองค์การบริหารเพื่อพัฒนาโครงการกลไกการพัฒนาที่สะอาด (Clean Development Mechanism: CDM) ได้รับการสนับสนุนจากสำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม สังกัดกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม เป็นหน่วยงานแห่งชาติ ซึ่งพิธีสารเกียวโตหมดลงในปี 2012 ภายหลังการดำเนินการตามข้อตกลงจากการประชุมในเวทีสหประชาชาติภายใต้อนุสัญญาสหประชาชาติว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ในปัจจุบันกำลังดำเนินการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกตามความเหมาะสมของประเทศกำลังพัฒนา (Nationally Appropriate Mitigation Actions: NAMA) ได้กำหนดเป้าหมายการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกลง ร้อยละ 7-20 จากระดับการปล่อยกรณีปกติ (Business As Usual: BAU) ซึ่งเป็นการดำเนินงานด้วยความสมัครใจในการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในภาคพลังงานและคมนาคมขนส่ง ใน ปี 2563 ที่เป็นการขับเคลื่อนการดำเนินการโดยภาครัฐตามศักยภาพของมาตรการจากนโยบายและแผน รวมทั้งการพัฒนาระบบ การตรวจวัด การรายงานและการทวนสอบ (Measurable, Reportable, Verifiable : MRV)

ในแต่ละภาคการปล่อยก๊าซเรือนกระจกประเทศไทยได้แสดงเจตจำนงในการมีส่วนร่วม (NDC) ซึ่งดำเนินการตามความตกลงปารีสในการจัดการปัญหาการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ โดยจัดทำข้อเสนอการมีส่วนร่วมของประเทศในการลดก๊าซเรือนกระจกและการดำเนินงานด้านการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ภายหลัง พ.ศ. 2563 ที่มีความสอดคล้องตามหลักปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียงและการพัฒนาที่ยั่งยืน และต่อยอดการดำเนินงานในกรอบ NAMA และกำหนดเป้าหมายการลดก๊าซเรือนกระจก ในปี 2573 โดยกำหนดเป้าหมายการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่ร้อยละ 20–25 จากกรณีปกติ ซึ่งเป็นการขับเคลื่อนการดำเนินงานโดยภาครัฐ อาศัยการดำเนินการที่มีการส่วนร่วมจากทุกภาคส่วน ตามศักยภาพของมาตรการจากนโยบายและแผน และภาครัฐโดยสำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมได้จัดทำแผนที่นำทางการลดก๊าซเรือนกระจกของประเทศ ภายหลังปี 2563 ในสาขาที่มีความพร้อม ได้แก่ ภาคพลังงานและขนส่ง มี 9 มาตรการจากการผลิตไฟฟ้า การใช้พลังงานในครัวเรือน อาคาร อุตสาหกรรมการผลิต และการคมนาคมขนส่งโดยการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตและการใช้พลังงาน การพัฒนาพลังงานทดแทน และการใช้เชื้อเพลิงชีวภาพ ภาคของเสีย มี 4 มาตรการ ครอบคลุมการจัดการขยะ น้ำเสียอุตสาหกรรมและชุมชน และกระบวนการทางอุตสาหกรรมและการใช้ผลิตภัณฑ์ มี 2 มาตรการ โดยการปรับเปลี่ยนกระบวนการผลิตทางอุตสาหกรรมโดยเฉพาะอุตสาหกรรมปูนซีเมนต์ และการปรับเปลี่ยนเทคโนโลยีสารทำความเย็น ซึ่งจะสามารถลดก๊าซเรือนกระจกได้ 115.6 ล้านตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า

หรือร้อยละ 20.8 จากกรณีปกติ (สำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม 2559)

ในปัจจุบันการปล่อยก๊าซเรือนกระจกขยะมูลฝอยเป็นอีกหนึ่งปัญหาที่มีความรุนแรงมากขึ้นทุกวัน เนื่องจากความต้องการใช้ทรัพยากรในปริมาณประชากรที่เพิ่มขึ้นทั่วโลก มีปริมาณขยะที่เกิดขึ้นเพิ่มจาก 1.3 พันล้านตันต่อในปี 2012 และคาดการณ์จะเพิ่มขึ้นเป็น 2.2 พันล้านตันในปี 2025 (Kawai & Tasaki, 2016) ขยะที่เพิ่มขึ้นนี้เป็นปัญหากับหน่วยงานที่มีส่วนเกี่ยวข้องในการจัดการขยะ เช่น ต้องเพิ่มระบบขนส่งขยะ จัดหาพื้นที่นการจัดการขยะ และผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมที่จะเกิดขึ้น การจำกัดขยะสามารถส่งผลเสียอย่างถาวรต่อสิ่งแวดล้อมไม่ว่าจะ ดิน น้ำ อากาศ ระบบนิเวศและสาธารณสุข (Gu et al., 2014)

ประเทศไทยก็เป็นอีกหนึ่งประเทศที่ได้รับผลกระทบจากปริมาณขยะที่มีการเพิ่มขึ้นของปริมาณขยะโดยมีการก่อตัวขึ้นในปริมาณที่สูงขึ้นต่อเนื่องทุกปี จากรายงานสถานการณ์ขยะมูลฝอยชุมชนของประเทศไทยโดยกรมควบคุมมลพิษ พบว่าในปี 2562 มีปริมาณเกิดขยะรวมกันทั้งประเทศ 28.71 ล้านตันต่อปี คิดเป็นประมาณ 78,665 ตันต่อวัน เฉลี่ยเป็นปริมาณขยะ 1.14 กิโลกรัมต่อคนต่อวัน ยังไม่รวมขยะตกค้างสะสมที่เพิ่มขึ้นทุกปีไม่ต่ำกว่า 10 ล้านตัน ซึ่งการจำแนกองค์ประกอบขยะพบว่ามีขยะอินทรีย์ ส่วนใหญ่มาจากอาหารเหลือทิ้งร้อยละ 64 ของขยะทั้งหมด เป็นกลุ่มขยะรีไซเคิลที่สามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้หากมีการคัดแยก ประมาณร้อยละ 30 ของขยะทั้งหมด ส่วนที่เหลือเป็นขยะที่ย่อยสลายไม่ได้หรือนำไปรีไซเคิลแล้วไม่คุ้มทุนจึงต้องนำไปกำจัด เช่น ถุงพลาสติก กล่องโฟม ซองขนม และขยะอันตรายเป็นขยะที่ต้องนำไปกำจัดด้วยวิธีเฉพาะ เช่น หลอดไฟ ขวดยา ยาฆ่าแมลง กระป๋องสี เป็นขยะจากภาคการเกษตรและอุตสาหกรรม ช่วงปี พ.ศ. 2551 – 2559 พบว่ามีการใช้ประโยชน์จากขยะชุมชนเพิ่มมากขึ้น เนื่องจากนโยบายของรัฐที่กำหนดให้การแก้ไขปัญหาขยะมูลฝอยเป็นวาระแห่งชาติ โดยนำหลักการ ลด ใช้ซ้ำ และนำกลับมาใช้ใหม่ (Reduce Reuse Recycle: 3R) มาใช้ในการจัดการมากขึ้น โดยขยะที่ถูกคัดแยกจากต้นทางตั้งแต่ บ้านเรือน ส่วนใหญ่คือ พลาสติก กระดาษ เหล็ก (กรมควบคุมมลพิษ, 2560)

เทศบาลเมืองอุทัยธานีมีพื้นที่ 8.2 ตารางกิโลเมตร อาชีพหลักของประชาชนในพื้นที่คือ ธุรกิจค้าขาย การบริการ อุตสาหกรรมในครัวเรือน แรงงาน รับจ้าง แต่ละวันมีการสร้างขยะจากชุมชน ซึ่งการจัดการขยะถูกควบคุมโดยเทศบาลเมืองอุทัยธานี โดยขยะเกือบทั้งหมดจะถูกกำจัดการด้วยวิธีการฝังกลบขยะ แต่ในปัจจุบันบ่อฝังกลบของเทศบาลเมืองอุทัยธานีใกล้จะเต็มจึงต้องการหาแนวทางการเพิ่มประสิทธิภาพของบ่อฝังกลบ และแนวทางลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ผู้วิจัยจึงใช้แบบจำลองสถานการณ์ด้วยเทคโนโลยีการจัดการขยะด้วยวิธีเชิงกล-ชีวภาพ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพบ่อฝังกลบของเทศบาลเมืองอุทัยธานี เนื่องจากปริมาณขยะที่เกิดขึ้นในแต่ละวันไม่เท่ากัน ผู้วิจัยจึงเลือกใช้วิธีแบบจำลองสถานการณ์มาช่วยวิเคราะห์เพราะว่าแบบจำลองจะใช้วิธีการสุ่มตัวเลขจาก

ค่าเฉลี่ย และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน จึงทำให้ปริมาณขยะที่เกิดขึ้นมีความคลายกับความเป็นจริงมากกว่านำค่าเฉลี่ยมาคิดเพิ่งอย่างเดียว

2. จุดมุ่งหมายของการศึกษา

1. เพื่อศึกษาสถานการณ์และประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของการจัดการขยะของเทศบาลเมืองอุทัยธานี

2. เพื่อศึกษาการดำเนินงานประเมินอายุการใช้งานของบ่อฝังกลบ

3. เพื่อศึกษาการจำลองสถานการณ์ใช้ MBT และประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการใช้งานของบ่อฝังกลบของเทศบาลเมืองอุทัยธานี

3. ขอบเขตของงานวิจัย

ศึกษาวิธีการจัดการขยะของเทศบาลเมืองอุทัยธานีตลอดวัฏจักร ตั้งแต่ ประชาชนทิ้งขยะลงถังขยะ เจ้าหน้าเก็บรวบรวมขยะจากจุดต่าง ๆ และทำการขนส่งไปยังบ่อฝังกลบ เพื่อทำการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของการจัดการขยะของเทศบาลเมืองอุทัยธานี

ศึกษาวิธีการดำเนินงานการฝังกลบขยะของเทศบาลเมืองอุทัยธานีแล้วนำข้อมูลมาวิเคราะห์หาอายุการใช้งานของบ่อฝังกลบ

ศึกษารูปแบบวิธีการจัดการขยะด้วยกรรมวิธีเชิงกล-ชีวภาพ แบบ Passive Aerated Windrow ของเทศบาลตำบลลานกระบือ เพื่อนำมาทำเป็นแบบจำลองสถานการณ์เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของบ่อฝังกลบของเทศบาลเมืองอุทัยธานี และทำการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของการจัดการขยะด้วยกรรมวิธีเชิงกล-ชีวภาพ เพื่อดูผลกระทบทางด้านสิ่งแวดล้อม

4. นิยามศัพท์เฉพาะ

(1) คาร์บอนฟุตพริ้นท์ คือ ปริมาณรวมของการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการจัดการขยะมูลฝอยของเทศบาลเมืองอุทัยธานี ตลอดวัฏจักรชีวิต ซึ่งแหล่งกำเนิดก๊าซดังกล่าวมาจากกิจกรรมต่าง ๆ เช่น การฝังกลบขยะ การขนส่งขยะ กระบวนการบำบัดขยะด้วยวิธีด้วยกรรมวิธีเชิงกล-ชีวภาพ เป็นต้น

(2) แบบจำลอง คือ การรวบรวมวิธีการต่าง ๆ ที่ใช้ในการจำลองสถานการณ์จริงหรือพฤติกรรมของระบบ ต่าง ๆ มาไว้บนคอมพิวเตอร์โดยการใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ (Software) เข้ามาช่วย เพื่อที่จะศึกษาการไหลของกิจกรรมในรูปแบบต่าง ๆ โดยมีการเก็บข้อมูล และทำการวิเคราะห์หารูปแบบที่ถูกต้องจากโปรแกรมคอมพิวเตอร์เพื่อปรับปรุงในอนาคต

(3) MBT คือ Mechanical and Biological Waste Treatment แบบ Passive Aerated Windrow เป็นเทคโนโลยีที่สามารถปรับเสถียรภาพของขยะมูลฝอยได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยอาศัยขบวนการทางชีววิทยาของแบคทีเรียในการย่อยสลายอินทรียวัตถุที่มีอยู่ในขยะมูลฝอย โดยอาศัยแอโรบิคแบคทีเรีย (Aerobic Bacteria) ภายใต้สภาวะที่เหมาะสมในด้านความชื้น อุณหภูมิ ปริมาณออกซิเจน รวมทั้งสัดส่วนระหว่างคาร์บอนและไนโตรเจน

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

1. ขยะมูลฝอย

1.1 ขยะหรือขยะมูลฝอย (refuse or Solid Waste)

ขยะหรือขยะมูลฝอย หมายถึง ของเสียที่อยู่ในรูปแบบของแข็ง ซึ่งจะมีความชื้นอยู่ด้วย ขยะที่เกิดจากที่พักอาศัย สถานที่ทำงานโรงงานอุตสาหกรรม หรือตลาดสดในแต่ละสถานที่ก็จะมีปริมาณและลักษณะแตกต่างกันออกไปโดยปกติแล้วขยะนั้นจะมีทั้งสารอินทรีย์และสารอนินทรีย์ บางชนิดก็สามารถย่อยสลายได้ด้วยจุลินทรีย์ เช่น เศษอาหาร พืชผัก แต่บางชนิดก็ไม่สามารถย่อยสลายได้ เช่น พลาสติก โฟม เศษแก้ว เป็นต้น (ปภพ อินอ้าย, 2562)

1.2 ปัญหาจากสภาพสิ่งแวดล้อมขยะมูลฝอย

ขยะมลูฝอย ก่อให้เกิดปัญหากับสิ่งแวดล้อมเมื่อมีขยะจำนวนมากแต่ชุมชนไม่สามารถจัดการเก็บขนและกำจัดขยะได้หมดหรือการจัดการขยะที่ไม่ถูกสุขลักษณะ ขยะมูลฝอยจึงเป็นสาเหตุให้เกิดปัญหาสิ่งแวดล้อมในด้านต่าง ๆ ดังนี้ (สำนักงานปลัด องค์การบริหารส่วนตำบลชำแระ)

1.2.1 อากาศ เกิดจากการเผาขยะมูลฝอยกลางแจ้ง ก่อให้เกิดควันและสารพิษส่งผลให้คุณภาพอากาศแย่ลง

1.2.2 น้ำเสีย เกิดจากขยะมูลฝอยที่อยู่บนพื้นเมื่อเกิดฝนตกลงมาบนกองขยะมูลฝอยก็จะเกิดเป็นน้ำเสียขึ้นแล้วถ้าน้ำเสียที่เกิดขึ้นไหลลงสู่แหล่งน้ำ ทำให้เกิดภาวะมลพิษทางน้ำ

1.2.3 แหล่งพาหะนำโรค เกิดจากกองขยะมูลฝอยเป็นแห่งเพาะพันธุ์ของแมลงวัน หนู เป็นต้น

1.2.4 เหตุรำคาญและไม่น่าอยู่ เกิดจากการจัดการขยะมูลฝอยไม่หมด ซึ่งจะส่งกลิ่นเหม็นรบกวนประชาชนในพื้นที่ เกิดภาพที่ไม่สวยงามในทิวทัศน์

1.3 ประเภทของขยะมูลฝอย

1.3.1 ขยะอินทรีย์ คือขยะที่เน่าเสียย่อยสลายได้เร็วสามารถนำมาทำปุ๋ยหมักได้ เช่น เศษอาหาร ใบไม้ เศษผัก เป็นต้น

1.3.2 ขยะรีไซเคิล คือ การนำขยะรีไซเคิล ของเสีย บรรจุภัณฑ์ หรือวัสดุเหลือใช้มาแปรรูปเป็นวัตถุดิบในกระบวนการผลิตหรือเพื่อผลิตเป็นผลิตภัณฑ์ใหม่ เช่น กระดาษ แก้ว พลาสติก

1.3.3 ขยะทั่วไป คือ ขยะที่ย่อยสลายยาก และไม่คุ้มค่าสำหรับการนำกลับมาใช้ประโยชน์ เช่น ห่อพลาสติกใส่ขนม ฟอยล์เปื้อนอาหาร ซองบะหมี่สำเร็จรูป ถุงพลาสติกเปื้อนอาหาร โฟม ซอง หรือถุงพลาสติกสำหรับบรรจุเครื่องอุปโภคด้วยวิธีรีดความร้อน เป็นต้น

1.3.4 ขยะอันตราย คือ ขยะที่ก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม หรืออาจทำให้เกิดอันตรายต่อบุคล สัตว์ พืช เช่น หลอดฟลูออเรสเซนส์ แบตเตอรี่ ภาชนะบรรจุสารกำจัดแมลงหรือวัชพืช ถ่านไฟฉาย เป็นต้น

1.4 การจัดการขยะมูลฝอย

การเก็บรวบรวมการขนย้ายไปยังโรงงานและกำจัดขยะมูลฝอย ระหว่างขยะมูลฝอยควรแยกเป็นประเภทต่าง ๆ เพื่อให้ง่ายต่อการจัดการเช่น เศษแก้ว เศษกระจก ของมีคมต่าง ๆ ควรแยกต่างหาก ไม่ทิ้งรวมกันกับขยะมูลฝอยอื่น ๆ ควรเก็บขยะมูลฝอยและผูกปากถุงให้เรียบร้อย ใส่ภาชนะที่ปิดฝามิดชิดเพื่อป้องกันการถูกสุนัขคุ้ยเขี่ย การขนย้ายได้รับการปรับปรุงขึ้นตามเมืองใหญ่และเขตเทศบาลจะมีรถเก็บขยะตามบ้านเรือน ถุงขยะที่เตรียมทิ้งควรผูกปากถุงให้เรียบร้อย แล้วขนไปยังถังขยะรองรับที่จัดตั้งไว้ตามจุดต่าง ๆ เมื่อถังเต็มก็จะขนไปยังโรงงานที่ทำลายต่อไป การกำจัดขยะมูลฝอยมีหลายวิธี เช่น เผากลางแจ้ง การเทกองบนพื้นดิน การนำไปทิ้งทะเล แต่เป็นวิธีการที่ไม่ถูกต้อง เพราะทำให้เกิดมลพิษต่อสิ่งแวดล้อมและสุขภาพอนามัยของมนุษย์

1.4.1 การเผาขยะ

สามารถทำลายขยะได้เกือบทุกชนิด เตาเผามีหลายชนิดขึ้นอยู่กับลักษณะของขยะมูลฝอย ถ้าเป็นประเภทที่ติดไฟง่าย เราสามารถใช้เตาเผาชนิดที่ไม่ใช้เชื้อเพลิงช่วย แต่ถ้าขยะมีความชื้นสูงกว่าร้อยละ 50 เตาเผาต้องใช้เตาเผาชนิดเชื้อเพลิงช่วย การเผาในเตา เป็นการเผาไหม้ทั้งส่วนที่เป็นของแข็ง ของเหลว แก๊ส ซึ่งต้องใช้ความร้อนระหว่าง 1300-1800 องศาฟาเรนไฮต์ จึงจะทำให้การเผาไหม้สมบูรณ์

1.4.2 การฝังกลบ

นำขยะมูลฝอยมาเทลงในพื้นที่ที่เตรียมไว้แล้วกลบด้วยดิน และบดให้แน่นอีกครั้ง การฝังกลบไม่สร้างความรำคาญและเป็นอันตรายต่อสภาพแวดล้อม พื้นที่บางแห่งเมื่อถมเสร็จเรียบร้อยสามารถนำไปทำประโบชน์อื่น ๆ ได้เช่น สร้างสนามกีฬา สวนหย่อม เป็นต้น วิธีฝังกลบที่ถูกสุขลักษณะ จะต้องไม่ก่อให้เกิดปัญหาทางด้านมลพิษ ซึ่งต้องควบคุมให้อยู่ในขอบเขตจำกัดและยังต้องมีมาตรการควบคุมดูแล

1.4.2.1 ต้องควบคุมไม่ให้มีการนำของเสียอันตรายมากำจัดรวมกับขยะมูลฝอยทั่วไปในบริเวณที่ฝังกลบ

1.4.2.2 ต้องควบคุมขยะฝังกลบให้อยู่ในขอบเขตที่กำหนดไว้ทั้งบนพื้นดินและใต้ดิน

1.4.2.3 ต้องกำจัดน้ำเสียขยะอย่างถูกวิธี

1.4.2.4 ต้องตรวจสอบการปนเปื้อนของน้ำใต้ดินอย่างสม่ำเสมอ

1.4.2.5 ต้องคำนึงถึงทัศนียภาพของพื้นที่และบริเวณใกล้เคียง

1.4.3 การแปรสภาพขยะมูลฝอยเป็นพลังงาน

การนำขยะมูลฝอยมาเป็นเชื้อเพลิงสำหรับต้มน้ำ หรือผลิตไอน้ำเพื่อไปหมุนเครื่องผลิตกระแสไฟฟ้าได้

1.4.4 การทำปุ๋ยหมัก

ใช้วิธีการนำขยะมูลฝอยที่เน่าเปื่อยได้มาผ่านขบวนการบดหมักของโรงกำจัดขยะ เพื่อให้เกิดการย่อยสลายตัวของขยะมูลฝอยที่ผ่านการหมักแล้วจะถูกนำไปผึ่งต่อที่ลานผึ่งประมาณ 40-60 วัน เพื่อให้การย่อยสลายเป็นไปโดยสมบูรณ์ จากนั้นจะถูกนำไปร่อนแยกเอาส่วนที่จะให้เป็นปุ๋ยต่อไป ส่วนใหญ่เป็นสารอินทรีย์ที่ย่อยสลายได้ง่ายถ้านำไปกองทิ้งไว้จะส่งกลิ่นเน่าเหม็น แต่ถ้านำไปหมักด้วยวิธีที่ถูกต้องกลิ่นเหม็นจะลดลงไปอย่างมาก นอกจากนั้นผลิตผลที่ได้สามารถนำไปใช้เป็นปุ๋ยบำรุงดิน

1.5 การจัดการขยะมูลฝอยในกลุ่มประเทศที่กำลังพัฒนา

ประเทศกำลังพัฒนาได้มีการจัดการขยะอยู่ 2 รูปแบบคือในระบบและนอกระบบ ในระบบคือการจัดการของภาครัฐเก็บขยะจำพื้นที่ส่งไปยังสถานที่กำจัดขยะ มีการบันทึกมีการติดตามปริมาณขยะอย่างสม่ำเสมอ และในส่วนของนอกระบบเป็นการจัดการขยะโดยประชาชน มีการคัดแยกขยะเพื่อการประกอบอาชีพ ใช้แรงงานเป็นหลัก ประชากรในประเทศกำลังพัฒนาใช้ประโยชน์จากขยะรีไซเคิลเกิดเป็นการเก็บขยะขายเพื่อดำรงชีพ

1.5.1 ประเภทของผู้เก็บขยะรีไซเคิล

1.5.1.1 ผู้รับซื้อขยะขาจร เป็นผู้รวบรวมขยะจากการซื้อขยะรีไซเคิลในชุมชนที่มีการรวมไว้ให้แล้วจากบ้านเรือน แล้วนำไปขายต่อที่ร้านรับซื้อขยะรีไซเคิล

1.5.1.2 ผู้เก็บขยะในเขตชุมชน เป็นผู้รวบรวมขยะรีไซเคิลจากการทิ้งในถังขยะหรือก่อนที่เจ้าหน้าที่จะนำไปกำจัด คัดแยกขยะรีไซเคิลจากขยะมูลฝอยทั่วไปนำไปขายที่ร้านรับซื้อขยะรีไซเคิล

1.5.1.3 เจ้าหน้าที่ขับรถเก็บขยะ เป็นผู้รวบรวมขยะจากจุดต่าง ๆ แล้วขนส่งไปยังบ่อฝังกลบซึ่งระหว่างการขนส่งก็มีการคัดแยกขยะรีไซเคิลเพื่อนำไปขายที่ร้านรับซื้อขยะรีไซเคิล

1.5.1.4 ผู้เก็บขยะในบ่อฝังกลบ เป็นผู้รวบรวมขยะรีไซเคิลจากกองขยะก่อนที่จะถูกนำไปฝังกลบ

1.5.2 การจัดการขยะรีไซเคิล

1.5.2.1 รวบรวมขยะรีไซเคิล ด้วยวิธีการต่าง ๆ เช่นการรับซื้อ การเก็บขยะจากถังขยะ ขั้นตอนนี้ถือเป็นขั้นตอนแรกสุดในการจัดการขยะ

1.5.2.2 คัดแยกชนิดขยะรีไซเคิล การคัดแยกขยะให้เป็นชนิดเดียวกันช่วยเพิ่มราคาขยะรีไซเคิลได้มากขึ้น

1.5.2.3 สะสมขยะชนิดเดียวกัน ขยะชนิดเดียวกันเมื่อมีปริมาณเยอะขึ้นจะทำให้ราคาดีขึ้นจึงต้องมีการเก็บสะสมให้ได้ปริมาณตามต้องการ

1.5.2.4 เตรียมพร้อมขยะ ขยะรีไซเคิลบางชนิดต้องเตรียมความพร้อมก่อนที่จะขาย เช่น การล้าง การบีบอัด

1.5.2.5 สร้างร้านรับซื้อขยะขนาดเล็ก เมื่อมีทุนและพื้นที่ ก็จะมีการเปิดเป็นสถานที่รับซื้อขยะรีไซเคิลเพื่อที่จะบริการในชุมชนนั้น ๆ

1.5.2.6 การตลาด สร้างเครือข่ายอย่างไม่เป็นทางการ การรับซื้อขยะรีไซเคิลจำเป็นต้องมีเครือข่ายเพื่อให้ดำเนินการได้สะดวกขึ้น เช่นการติดตามราคา แหล่งขายต่าง ๆ รวมถึงผู้เก็บขยะในพื้นที่

1.5.2.7 ซื้อขายขยะรีไซเคิล มีทั้งเป็นทางการและไม่เป็นทางการ ผู้ซื้อขายต้องเข้าใจในการตลาดเพื่อป้องกันความเสี่ยง ท้ายที่สุดจะส่งไปยังโรงงานวัตถุดิบเพื่อแปรรูปต่อไป

2. สถานการณ์การจัดการขยะในประเทศไทย

ประเทศไทยมีปริมาณขยะเพิ่มมากขึ้นอย่างต่อเนื่อง จากรายงานขยะมูลฝอยชุมชนของประเทศไทยในแต่ละปี พบว่ามีปริมาณขยะที่เกิดขึ้นรวมกันทั้งประเทศ 27.06 ล้านตันต่อปี คิดเป็นปริมาณ 74,130 ตันต่อวัน เฉลี่ยนปริมาณขยะ 1.14 กิโลกรัมต่อคนต่อวัน ยังไม่รวมขยะตกค้างสะสมที่เพิ่มขึ้นทุกปีไม่ต่ำกว่า 10 ล้านตัน แม้ประเทศไทยจะมีความพยายามรีไซเคิลขยะและกำจัดขยะอย่างถูกต้องมากขึ้น แต่แนวโน้มปริมาณขยะก็เพิ่มมากขึ้นเช่นเดียวกัน และยังมีปริมาณขยะกว่าครึ่งที่ยังกำจัดไม่ถูกวิธี ในปี 2558 รัฐบาลไทยได้ตรวจสอบเพื่อปรับปรุงสถานที่กำจัดขยะขององค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นทั่วประเทศ 7,777 แห่ง พบว่ามีเพียง 328 แห่ง หรือไม่ถึงร้อยละ 5 ของสถานที่กำจัดขยะทั้งหมดที่สามารถนำขยะไปใช้ประโยชน์และกำจัดอย่างถูกต้อง ปริมาณขยะที่ถูกกำจัดอย่างถูกวิธีคิดเป็นร้อยละ 26.34 ของปริมาณขยะเกิดใหม่รวมกับขยะตกค้างทั้งหมด และขยะที่เหลือกว่าร้อยละ 73.26 นอกนั้นถูกกำจัดไม่ถูกวิธี (กรมควบคุมมลพิษ)

อุปสรรคในการกำจัดให้ถูกวิธี คือ งบประมาณในการทำสถานที่กำจัดขยะแบบถูกต้อง มีขั้นตอนที่เกี่ยวข้องกับคนหลายฝ่าย ทั้งในแง่ของมาตรฐานในการกำจัด และการขออนุญาตให้ถูกต้อง การหาพื้นที่ที่เหมาะสม การดูแลผลกระทบที่เกิดจากขยะ จุดคุ้มทุนในการลงทุนระบบเนื่องจากเตาเผาขยะ

มีค่าใช้จ่ายค่อนข้างสูง แต่บางที่เปิดไปได้สักพักก็ต้องปิดตัวลงเพราะมีจำนวนขยะที่นำมาทำเชื้อเพลิงไม่เพียงพอที่จะนำไปเปลี่ยนเป็นพลังงาน หรือ ไฟฟ้า เป็นต้น (สำนักงานปลัดกระทรวงมหาดไทย)

แนวคิดในการจัดการขยะมีหลายวิธี ตั้งแต่ 3R ไปจนถึง 7R ตามความเหมาะสมของแต่ละพื้นที่ ซึ่งการจัดการขยะแบบสากลที่นิยมใช้คือ 4R โดยเรียงลำดับตามความสำคัญเริ่มจาก Reduce การลดปริมาณที่เกิดขึ้นจากต้นทาง Reuse การนำมาใช้งานซ้ำ Recycle การนำกลับมาใช้ประโยชน์ใหม่ Recovery การนำมาแปรรูปเป็นพลังงานฟ้า หรือ เชื้อเพลิง และสุดท้ายคือ Landfill เป็นการจัดการด้วยการฝั่งดินอย่างถูกต้อง ส่วนการจัดการในประเทศไทยรัฐบาลได้ดำเนินการแก้ปัญหาโดยใช้แนวคิด 3R คือ Reduce Reuse และ Recycle โดยจัดการทำ Roadmap การจัดการขยะมูลฝอยของประเทศ พ.ศ. 2559 – 2564 เพื่อเป็นกรอบทิศทางการแก้ปัญหาการจัดการขยะมูลฝอย แบ่งโครงสร้างให้ภาครัฐ ภาคเอกชน และภาคประชาชน ร่วมกันแก้ปัญหาแบ่งเป็น 4 มาตรการ (กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม)

1 แก้ไขปัญหาขยะมูลฝอยตกค้างสะสม

2 สร้างรูปแบบการจัดการขยะใหม่

3 วางระเบียบมาตรการบริหารจัดการขยะมูลฝอย

4 การสร้างวินัยคนในชาติ

ส่วนภาคเอกชนเองเริ่มรณรงค์คัดแยกขยะในองค์กร นำส่วนที่ยังใช้ประโยชน์ได้มาใช้งานซ้ำหรือจำหน่าย ช่วยกันฝั่งกลบขยะอินทรีย์ให้ย่อยสลายเองหรือนำไปทำเป็นปุ๋ย ส่วนที่เหลือให้นำไปเผาโดยใช้เตาเผาขยะเทคโนโลยีสูงมีระบบควบคุมอากาศ โดยไม่ใช้ไฟฟ้า น้ำมัน หรือแก๊ส และยังมีการหารื้อเพื่อที่จะตั้งเป้าหมายลดขยะที่อยู่ในทะเลลงกว่าร้อยละ 50 ภายในปี 2570

3. จังหวัดอุทัยธานี

3.1 ลักษณะภูมิประเทศของจังหวัดอุทัยธานี

ลักษณะของจังหวัดอุทัยธานี เป็นทิวเขาสูงสลับซับซ้อน 2 ใน 3 ของพื้นที่จังหวัดเป็นป่าและภูเขาสูง มีลักษณะลาดเทจากทิศตะวันตกมาทางทิศตะวันออก พื้นที่ราบทางการเกษตรมีประมาณ 1 ใน 3 ของพื้นที่ทั้งหมดเกิดจากการตกตะกอนของแม่น้ำเจ้าพระยาและแม่น้ำสะแกกรัง

3.2 แม่น้ำและแหล่งน้ำที่สำคัญ

1. แม่น้ำสะแกกรัง มีต้นกำเนิดจากเขาโมโกจูในจังหวัดกำแพงเพชร ไหลผ่านอำเภอลาดยาว จังหวัดนครสวรรค์ ผ่านอำเภอสว่างอารมณ์ อำเภอทัพทัน และอำเภอเมืองอุทัยธานี ก่อนไปบรรจบกับแม่น้ำเจ้าพระยาที่ที่บ้านท่าซุง ตำบลท่าซุง อำเภอเมืองอุทัยธานี จังหวัดอุทัยธานี มีความยาวประมาณ 225 กิโลเมตร โดยในแม่น้ำบริเวณตลาดหน้าวัดอุโปสถาราม มีชุมชนชาวแพซึ่งอยู่อาศัยกัน

มาหลายชั่วอายุคน มีการทำสวนต้นเตยและเพาะเลี้ยงปลาแรดในกระชังซึ่งเป็นปลาที่มีชื่อของจังหวัดด้วย

2. แม่น้ำเจ้าพระยา ไหลมาจากจังหวัดนครสวรรค์ผ่าน ต.หาดทนง (เกาะเทโพ) อ.เมืองอุทัยธานี จังหวัดอุทัยธานี

3. ลำห้วยคลองโพ เกิดจากเทือกเขาในเขตอำเภอชุมตาบง อำเภอแม่เปิน จังหวัดนครสวรรค์ และอำเภอสว่างอารมณ์ จังหวัดอุทัยธานี ไหลมาบรรจบแม่น้ำสะแกกรัง(แควตากแดด) ที่ตำบลสว่างอารมณ์ อำเภอสว่างอารมณ์ จังหวัดอุทัยธานี มีความยาวประมาณ 30 กิโลเมตร

4. ลำห้วยขุนแก้ว เกิดจากเทือกเขาในเขตอำเภอบ้านไร่ และอำเภอห้วยคต ไหลผ่านอำเภอห้วยคต อำเภอลานสัก อำเภอหนองฉาง อำเภอหนองขาหย่าง จังหวัดอุทัยธานี และอำเภอวัดสิงห์ จังหวัดชัยนาท มาบรรจบแม่น้ำท่าจีนที่ตำบลวัดสิงห์ อำเภอวัดสิงห์ จังหวัดชัยนาท มีความยาวประมาณ 60 กิโลเมตร

5. ลำห้วยทับเสลา ห้วยทับเสลาเป็นลำห้วยสาขาของแม่น้ำสะแกกรัง ห้วยทับเสลา มีต้นน้ำเกิดจากเทือกเขาในเขตอำเภอบ้านไร่ อำเภอลานสัก ทางทิศตะวันตกของจังหวัดอุทัยธานี ไหลผ่านอำเภอลานสัก อำเภอหนองฉาง อำเภอหนองขาหย่าง มาบรรจบแม่น้ำสะแกกรังที่ตำบลน้ำซึม อำเภอเมือง จังหวัดอุทัยธานี มีความยาวจากท้ายเขื่อนทับเสลาถึงจุดที่บรรจบกับแม่น้ำสะแกกรังประมาณ 90 กิโลเมตร

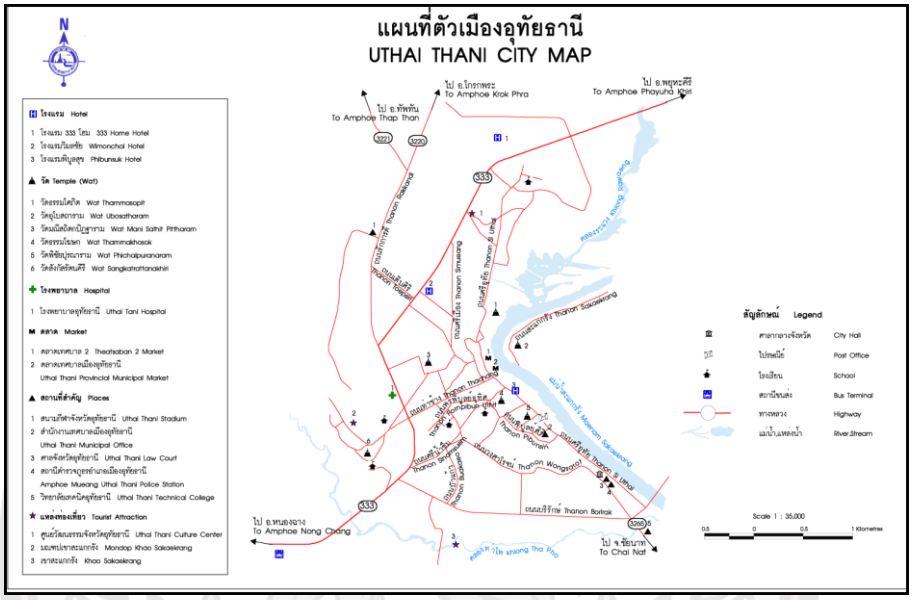
6. ลำห้วยกระเสียว เป็นลำห้วยสาขาใหญ่ของแม่น้ำท่าจีน ต้นน้ำอยู่ระหว่างเขาแหละกับเขาใหญ่ในเขตอำเภอบ้านไร่ จังหวัดอุทัยธานี ไหลผ่านท้องที่อำเภอบ้านไร่ จังหวัดอุทัยธานี อำเภอด่านช้าง อำเภอเดิมบางนางบวช จังหวัดสุพรรณบุรี มาบรรจบแม่น้ำท่าจีนที่บ้านทึง อำเภอสามชุก จังหวัดสุพรรณบุรี รวมความยาวประมาณ 140 กิโลเมตร

4. เทศบาลเมืองอุทัยธานี

4.1 ประวัติการก่อตั้ง

เทศบาลเมืองอุทัยธานี ตั้งอยู่ที่จังหวัดอุทัยธานี อยู่ในเขตภาคเหนือตอนล่างหรือภาคกลางตอนบนที่มีผู้คนอาศัยอยู่ในพื้นที่มาตั้งแต่สมัยก่อนประวัติศาสตร์ จนถึงปัจจุบัน ซึ่งเมืองอุทัยธานีก็ยังคงปรากฏอยู่ในหน้าประวัติศาสตร์ในฐานะเมืองหน้าด่านที่สกัดกั้นกองทัพพม่า ต่อมาในสมัยของพระบาทสมเด็จพระนั่งเกล้าเจ้าอยู่หัว ได้โปรดเกล้า ให้พระยาอุดมไปครองเมืองอุทัยธานี จึงมีการสร้างเมืองขึ้นมาใหม่บริเวณริมฝั่งแม่น้ำสะแกกรังเพราะมีความอุดมสมบูรณ์ มีชื่อว่าบ้านสะแกกรัง ด้วยความอุดมสมบูรณ์จึงทำให้เมืองขยายตัวใหญ่ขึ้น และมีความเจริญจนกลายเป็นเมืองใหญ่ ปี พ.ศ. 2453 สมัยพระบาทสมเด็จพระจอมเกล้าเจ้าอยู่หัว บ้านสะแกกรังถูกยกให้ขึ้นเป็นเมืองอุทัยธานี เริ่มแรกเมืองอุทัยธานีปกครองแบบสุขาภิบาล จนถึงวันที่ 10 ธันวาคม พ.ศ. 2478 สุขาภิบาลอุทัยธานี

มีการยกฐานะเป็น เทศบาลเมืองอุทัยธานี จนถึงปัจจุบัน ตามพระราชกฤษฎีกาการจัดตั้งเทศบาลเมืองอุทัยธานี จังหวัด อุทัยธานี พุทธศักราช 2478 เดิมมีพื้นที่ 2.8 ตารางกิโลเมตร ต่อมามีการเปลี่ยนแปลงเขตเทศบาลเมืองอุทัยธานี เป็น 8.2 ตารางกิโลเมตร เมื่อวันที่ 30 ธนวาคม พ.ศ. 2512 ตามประกาศราชกิจจานุเบกษา เล่มที่ 86 ตอนที่ 117 ลงวันที่ 30 ธันวาคม 2512



ภาพ 1 แผนที่เขตเทศบาลเมืองอุทัยธานี

ที่มา: http://www.oceansmile.com/N/Uthaithani/Uthai1.htm

เทศบาลเมืองอุทัยธานี ตั้งอยู่ที่ ตำบลอุทัยใหม่ อำเภอเมืองอุทัยธานี จังหวัดอุทัยธานี มีพื้นที่ 8.2 ตารางกิโลเมตร

4.2 อาณาเขตติดต่อ

1. ทิศเหนือ ติดต่อกับ อำเภอพยุหะคีรี อำเภอโกรกพระ และอำเภอลาดยาว จังหวัดนครสวรรค์

2. ทิศใต้ ติดต่อกับ อำเภอวัดสิงห์และอำเภอหันคา จังหวัดชัยนาท อำเภอเดิมบางนางบวช จังหวัดสุพรรณบุรี

3. ทิศตะวันออก ติดต่อกับ อำเภอพยุหะคีรี จังหวัดนครสวรรค์และอำเภอมโนรมย์ จังหวัดชัยนาท

4. ทิศตะวันตก ติดต่อกับ อำเภออุ้มผาง จังหวัดตาก อำเภอสังขละบุรี และอำเภอศรีสวัสดิ์ จังหวัดกาญจนบุรี

4.3 ลักษณะภูมิประเทศ

สภาพพื้นที่โดยทั่วไป เป็นป่าและภูเขามีความลาดเทจากทิศตะวันตก ลงมาทางทิศตะวันออกโดยทางทิศตะวันตกจะเป็นเทือกเขาสลับซับซ้อน พื้นที่ตอนกลางเป็นที่ดอนสลับพื้นที่ราบแบบลูกคลื่น ด้านทิศตะวันออกของจังหวัด พื้นที่ส่วนใหญ่เป็นที่ราบลุ่ม จากลักษณะพื้นที่ดังกล่าวทำให้จังหวัดอุทัยธานีประสบกับปัญหาขาดแคลนน้ำ ด้านทิศตะวันตก และหากปีใดมีน้ำมาก หรือน้ำหลากจะเกิดน้ำท่วมด้านทิศตะวันออกเป็นประจำ

5. การรีไซเคิล

การแปรรูปของใช้แล้วกลับมาใช้ใหม่ หรือกระบวนการที่เรียกว่า “รีไซเคิล” คือ การนำเอาของเสียที่ผ่านการใช้แล้วกลับมาใช้ใหม่ที่อาจเหมือนเดิม หรือไม่เหมือนเดิมก็ได้ ของใช้แล้วจากภาคอุตสาหกรรม นำกลับมาใช้ใหม่ ได้แก่ กระดาษ แก้ว กระจก อะลูมิเนียม และพลาสติก “การรีไซเคิล” เป็นหนึ่งในวิธีการลดขยะ ลดมลพิษให้กับสภาพแวดล้อม ลดการใช้พลังงานและลดการใช้ทรัพยากรธรรมชาติของโลกไม่ให้ถูกนำมาใช้สิ้นเปลืองมากเกินไป

6. การจัดการขยะมูลฝอยในเขตเทศบาลเมืองอุทัยธานี

6.1 แหล่งกำเนิดขยะมูลฝอย

1 ชุมชน มีถังขยะของเทศบาลตั้งอยู่ตามจุดต่าง ๆ โดยส่วนใหญ่ไม่มีการแยกขยะก่อนทิ้ง เมื่อขยะมูลฝอยในครัวเรือนเต็มถังแล้ว ประชาชนจะนำมาทิ้งในถังรองรับขยะของเทศบาลเมืองอุทัยธานีที่ได้จัดเตรียมไว้บริเวณถนน โดยจะมีรถบริการเก็บขยะมาเก็บจากถังรองรับขยะมูลฝอยนำไปกำจัดต่อไป

2 โรงพยาบาล มีการแยกขยะอันตรายและขยะติดเชื้อ ซึ่งทางโรงพยาบาลจะดำเนินการกำจัดเอง ส่วนขยะทั่วไปทางเทศบาลเมืองอุทัยธานีนำไปกำจัดให้

3 สถานที่ราชการ มีถังขยะเทศบาลตั้งอยู่พร้อมทั้งใช้ถุงพลาสติกดำในการรองรับขยะมูลฝอยทั่วไป จากนั้นก็นำไปทิ้งยังตำแหน่งที่แจ้งไว้กับทางเทศบาล เพื่อนำไปกำจัดต่อไป

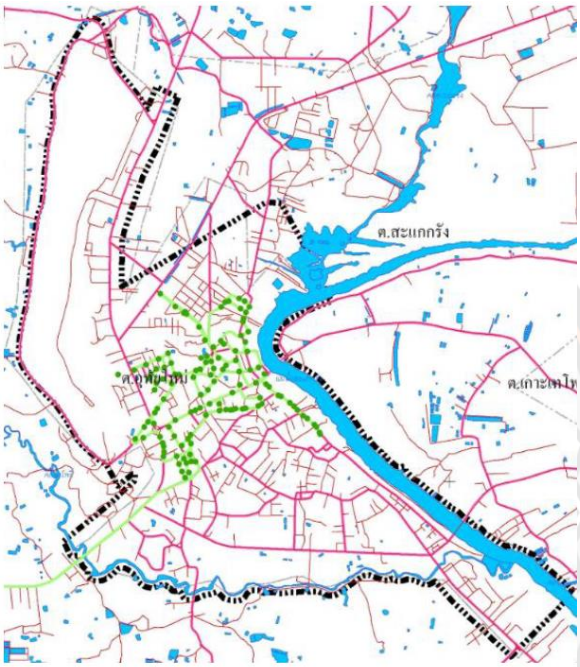
4 ร้านขายของสด มีการทำข้อตกลงกับเทศบาลเมืองอุทัยธานี โดยจะมีรถบรรทุกขยะไปรับที่หน้าร้านตามเวลาที่กำหนด

5 วัด มีถังขยะของเทศบาลตั้งอยู่ในจุดต่าง ๆ ภายในวัด

6.2 เส้นทางการเดินของรถขยะ

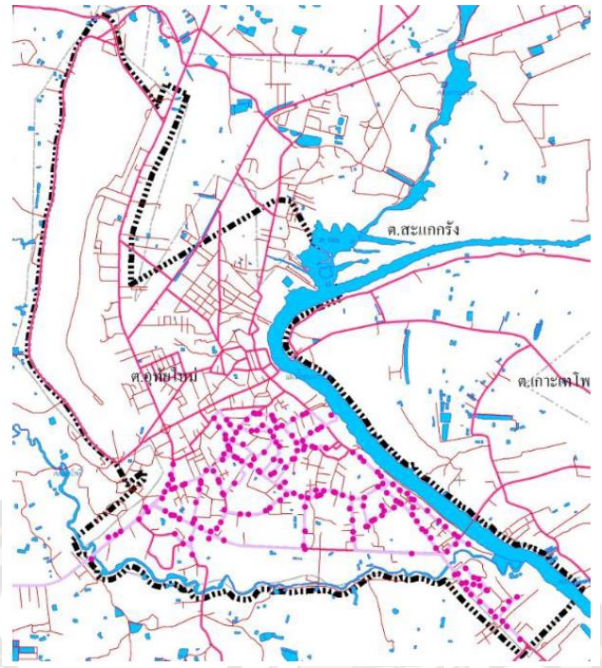
รถขยะอัดท้ายขนาด 10 ลูกบาศก์เมตร ที่อยู่ในการควบคุมของสำนักงานเทศบาลเมืองอุทัยธานีมีเส้นทาง 3 เส้นทางประกอบด้วย

รถขยะคันที่ 1 ทำงานในเวลา 00:00 น. – 06:00 น. ดูแลในพื้นที่ใจกลางชุมชนของเขตเทศบาลเมืองอุทัยธานี บริเวณนี้เป็นแหล่งเศรษฐกิจของเมือง



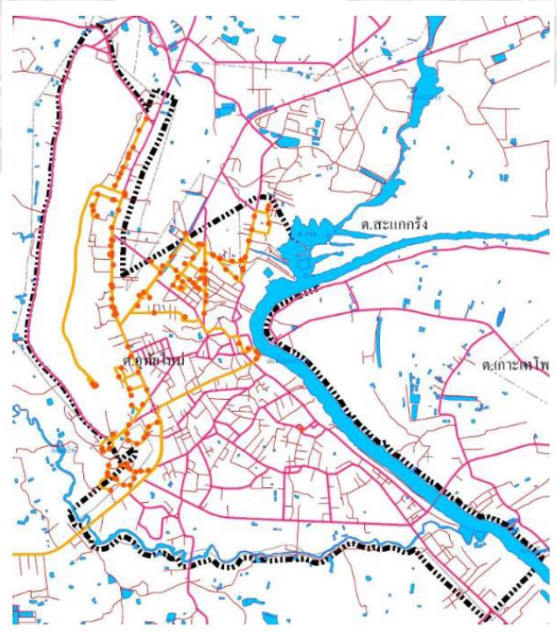
ภาพ 2 เส้นทางการเดินรถขยะคันที่ 1 เวลาทำงาน 00:00 น. – 06:00 น.

รถขยะคันที่ 2 ทำงานในเวลา 02:00 น. – 08:00 น. ดูแลในพื้นที่ทิศใต้ของเขตเทศบาลเมืองอุทัยธานี บริเวณนี้ส่วนเป็นจุดตั้งของสถานที่ราชการ และบ้านเรือน



ภาพ 3 เส้นทางรถขยะคันที่ 2 ทำงานเวลา 02:00 น. – 08:00 น.

รถขยะคันที่ 3 ทำงานเวลา 06:00 น. – 11:00 น. ดูแลในพื้นที่ทิศเหนือของเขตเทศบาลเมืองอุทัยธานี บริเวณนี้มีส่วนใหญ่เป็นที่ตั้งสถานประกอบการ บ้านเรือน สถานที่ท่องเที่ยว



ภาพ 4 เส้นทางเดินรถขยะคันที่ 3 ทำงานเวลา 06:00 น. – 11:00 น.

6.3 สถานที่กำจัดขยะมูลฝอย

เทศบาลเมืองอุทัยธานี มีที่ดินจัดซื้อไว้จำนวน 107 ไร่ 2 งาน 32 ตารางวา เริ่มดำเนินการฝังกลบขยะมูลฝอย ระยะที่ 1 (บ่อฝังกลบแบบถูกหลักสุขาภิบาล จำนวน 4 บ่อ) เมื่อปีงบประมาณ 2544 ซึ่งปริมาณในรูปแบบศูนย์รวมกำจัดขยะของจังหวัดอุทัยธานี ซึ่งมีหน่วยงานปกครองส่วนท้องถิ่นใกล้เคียง จำนวน 19 แห่ง ที่ร่วมทำบันทึกตกลงร่วมกัน ในการกำจัดขยะมูลฝอยแบบศูนย์รวมกำจัดขยะ ของจังหวัดอุทัยธานี มีปริมาณขยะมูลฝอยภายในเขตเทศบาลเมืองอุทัยธานีและจากองค์กรส่วนท้องถิ่นใกล้เคียง เข้ามาฝังกลบในพื้นที่ เฉลี่ยน 50 ตัน/วัน ทำให้บ่อฝังกลบระยะที่ 1 ใกล้เต็มพื้นที่แล้ว อยู่ห่างจากเทศบาลเมืองอุทัยธานี 12 กิโลเมตร (เทศบาลเมืองอุทัยธานี, 2561)

6.4 การดำเนินการในบ่อฝังกลบในปัจจุบัน

ปัจจุบัน เทศบาลเมืองอุทัยธานี ดำเนินการจัดการขยะมูลฝอยโดยวิธีการฝังกลบอย่างถูกหลักสุขาภิบาล (Sanitary Landfill) เมื่อรถเก็บขยะจากสถานที่ต่าง ๆ มาถึงบริเวณบ่อฝังกลบขยะมูลฝอยแล้วจะเทกองขยะไว้บริเวณที่กำหนด โดยคนเก็บขยะที่อยู่ประจำบ่อฝังกลบจะดำเนินการแยกขยะรีไซเคิลจากกองขยะนั้น ๆ ทำให้มีปริมาณขยะฝังกลบลดลง มีคนเก็บขยะทั้งหมด 16 คน ใช้เวลาคัดแยกขยะรีไซเคิลประมาณ 6 ชั่วโมง/วัน ปริมาณที่คัดแยกไม่มีการบันทึกที่ชัดเจน จากนั้นทำการเกลี่ยกองขยะให้กระจายทั่วบริเวณดำเนินการสัปดาห์ละ 3 - 4 ครั้ง จนกว่าจะได้ความสูงของกองขยะ 3 เมตร แล้วดำเนินการกลบด้วยดินเพื่อสร้างฐานของบ่อขยะในชั้นต่อไป (เทศบาลเมืองอุทัยธานี, 2561)

7. การจำลองแบบปัญหา

การจำลองแบบปัญหา เป็นวิธีการหนึ่งที่มีประสิทธิภาพอย่างมากที่นำมาช่วยในการศึกษาและวิเคราะห์หาผลลัพธ์เพื่อนำไปใช้ในการแก้ปัญหาต่าง ๆ ซึ่งระบบหรือขั้นตอนการทำงานยุ่งยากซับซ้อน โดยเฉพาะอย่างยิ่งในสภาพของธุรกิจในปัจจุบันที่มีการแข่งขันสูง การจำลองแบบปัญหาเป็นวิธีการที่มีความสำคัญและเหมาะสมที่สุดที่จะนำไปใช้งาน เพื่อที่จะช่วยในการวิเคราะห์ การวางแผน การควบคุม

Banks. Et,al. 2005 ได้ให้ความหมายของการจำลองแบบปัญหาไว้ว่า เป็นการสร้างโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่จำลองสถานการณ์การทำงานของระบบจริง เมื่อได้แบบจำลองที่เป็นตัวแทนระบบจริงแล้วจะทำการศึกษา และทดลองนโยบายต่าง ๆ กับระบบจำลองที่เป็นตัวแทนระบบจริง เพื่อใช้ในการตัดสินใจ

Pegden, Shannon and Sadowski, 1995 ได้ให้ความหมายของการจำลองแบบปัญหาไว้ว่า เป็นกระบวนการออกแบบจำลองของระบบงานจริง แล้วดำเนินการทดลองแบบจำลองนั้นเพื่อการ

เรียนรู้พฤติกรรมของระบบงาน หรือประเมินผลการใช้กลยุทธ์ต่าง ๆ ในการดำเนินงานของระบบภายใต้ข้อกำหนดที่วางไว้

กระบวนการจำลองแบบปัญหาแบ่งออกได้ 2 ส่วน คือ การสร้างแบบจำลองและการนำแบบจำลองไปใช้งานในเชิงวิเคราะห์ ดังนั้นกลไกของวิธีการจำลองแบบปัญหาขึ้นอยู่กับแบบจำลองและการใช้แบบจำลอง แบบจำลองที่ใช้ในการจำลองแบบปัญหาจะเป็นหุ่น เป็นระบบงาน หรือเป็นแนวความคิดลักษณะหนึ่ง ซึ่งไม่จำเป็นต้องเหมือนระบบงานจริง แต่ต้องสามารถช่วยให้เข้าใจระบบงานจริง เพื่อประโยชน์ในการอธิบายพฤติกรรม และเพื่อปรับปรุงการทำงานของระบบงานจริงได้

7.1 ระบบงานและแบบจำลอง

การจำลองแบบปัญหาให้ประสบความสำเร็จอยู่ที่แบบจำลอง การที่จะสร้างแบบจำลองได้อย่างถูกต้อง เพื่อนำไปใช้ในการจำลองแบบปัญหาจำเป็นต้องเรียนรู้และเข้าใจเกี่ยวกับระบบงานจริงเป็นอย่างดี ความรู้ความเข้าใจระบบงานจริงเป็นหัวใจสำคัญในการสร้างแบบจำลอง เหตุผลที่ใช้แบบจำลอง เพราะต้องการที่จะเรียนรู้บางสิ่งบางอย่างเกี่ยวกับระบบงานจริง ซึ่งยังไม่สามารถที่จะแก้ไขระบบงานจริงได้โดยตรง

ระบบงาน (System) กลุ่มขององค์ประกอบ ที่มีความสัมพันธ์ซึ่งกันและกัน และมีความร่วมมือประสานงานกัน เพื่อให้ได้ผลสำเร็จในวัตถุประสงค์บางอย่างของระบบงานนั้น ๆ สิ่งสำคัญในการศึกษาระบบงานคือ การกำหนดขอบเขตของระบบงาน การกำหนดองค์ประกอบของระบบงาน การแสดงความสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบต่าง ๆ และการกำหนดองค์ประกอบอื่น ๆ ที่อยู่นอกระบบงานแต่ส่งผลกระทบต่อการปฏิบัติงานของระบบ เรียกว่า สิ่งแวดล้อมของระบบงาน (System Environment) นอกจากการกำหนดขอบเขตของงานแล้วยังจำเป็นที่จะต้องกำหนดลักษณะเฉพาะตัวขององค์ประกอบต่าง ๆ ทั้งองค์ประกอบภายในและภายนอกระบบ ซึ่งลักษณะเฉพาะตัวนี้จะทำให้เกิดกิจกรรม และกิจกรรมบางอย่างภายใต้เงื่อนไขบางข้อที่อาจจะก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลง Law and Kelton, 2000 ได้แบ่งประเภทของงานระบบออกเป็น 2 ชนิด คือ ระบบไม่ต่อเนื่อง และระบบต่อเนื่อง

1. ระบบไม่ต่อเนื่อง (Discrete System) เป็นระบบงานที่มีการเปลี่ยนแปลงสถานภาพของระบบเป็นช่วง ๆ ระยะเวลาใดเวลาหนึ่ง ซึ่งตัวแปรสถานภาพเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วที่จุดเวลาต่าง ๆ เช่น ธนาคาร เพราะจำนวนลูกค้าที่อยู่ในธนาคารมีการเปลี่ยนแปลงก็ต่อเมื่อมีลูกค้าเข้ามาถึงธนาคาร หรือเมื่อลูกค้าเสร็จจากการใช้บริการและออกจากธนาคารเท่านั้น

2. ระบบต่อเนื่อง (Continuous System) เป็นระบบสถานภาพของตัวแปรมีการเปลี่ยนแปลงอย่างต่อเนื่องตลอดเวลา เช่น ระดับน้ำภายในเขื่อนเพราะต้องเพิ่มหรือลดตลอดเวลา ที่เกิดจากการเปิดและปิดประตูระบายน้ำออก หรือเมื่อเกิดฝนตกเหนือเขื่อน

งานวิจัยนี้เป็นการจำลองแบบปัญหาของระบบไม่ต่อเนื่อง เนื่องจากในกระบวนการเก็บขยะมูลฝอย ปริมาณขยะมูลฝอยในรถเก็บขนขยะมูลฝอยมีการเปลี่ยนแปลงตามช่วงเวลา เช่น เมื่อถึงจุดเก็บขนต่าง ๆ

7.2 ขั้นตอนในการจำลองแบบปัญหา

1. การกำหนดปัญหา เป็นขั้นตอนแรกของการศึกษาเพื่อแก้ปัญหาต่าง ๆ เมื่อทราบถึงปัญหาก็จะสามารถเข้าไปศึกษาและแก้ปัญหาได้

2. กำหนดวัตถุประสงค์และวางแผนการศึกษา โดยที่วัตถุประสงค์ของการศึกษาการระบุขอบเขต รูปแบบ และองค์ประกอบที่สำคัญของแบบจำลองเพื่อให้สามารถใช้ในการวิเคราะห์ให้ตรงตามวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้ ส่วนการวางแผนการศึกษาจะประกอบไปด้วยการกำหนดระยะเวลา จำนวนเงิน บุคลากร เครื่องมือและโปรแกรมที่ใช้ รวมไปถึงการกำหนดกรณีศึกษาที่จะทำการวิเคราะห์เมื่อแบบจำลองสร้างเสร็จ

3. การกำหนดระบบงานที่ใช้ในการศึกษา เป็นการกำหนดระบบจำลองที่อาศัยความสัมพันธ์ของตัวแปรนำเข้า และตัวแปรผลลัพธ์ โดยที่ตัวแปรนำเข้าประกอบไปด้วยตัวแปรในการตัดสินใจ ขอบเขตหรือข้อจำกัดต่าง ๆ และตัวแปรนำออก ตัวแปลไม่สามารถควบคุมได้ ซึ่งแบบจำลองที่ควรพิจณาให้ครอบคลุมถึงส่วนที่เป็นสาระสำคัญของระบบเพื่อจะได้ผลลัพธ์ตรงตามความต้องการของผู้ตัดสินใจ

4. การเก็บรวบรวมข้อมูล ในการสร้างแบบจำลองนั้นจะต้องมีข้อมูลที่ใช้ในการจำลอง โดยข้อมูลนั้นจะทำการเก็บมาจากระบบงานจริงเพื่อนำข้อมูลนั้นมาสร้างแบบจำลองสถานการณ์ จะทำให้เกิดความเข้าใจในธรรมชาติของการทำงานของระบบและปัญหาของระบบ

5. การสร้างแบบจำลอง หลังจากได้ข้อมูลต่าง ๆ ของระบบการทำงานจริงที่เกี่ยวข้องในการสร้างแบบจำลองครบแล้ว ก็ทำการสร้างแบบจำลองโดยใช้คอมพิวเตอร์

6. การตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลอง เมื่อสร้างแบบจำลองแล้วก็ต้องทำการตรวจสอบว่าแบบจำลองมีข้อผิดพลาดในการสร้างหรือไม่ แบบจำลองโปรแกรมมีความพร้อมที่จะทำการจำลองหรือไม่ ถ้าไม่ก็ทำการแก้ไขจนแบบจำลองพร้อมใช้ในการจำลองแบบปัญหา โดยทั่วไปแล้วจะพิสูจน์ความถูกต้องของแบบจำลองจะทำการตรวจสอบโดยการทดสอบความถูกต้องของกลไกภายใน การทดสอบความถูกต้องของตัวแปรและพารามิเตอร์

7. การตรวจสอบความเหมือนจริงของแบบจำลอง เมื่อมีแบบจำลองมีความพร้อมจะทำการจำลองแบบปัญหาแล้ว ก็ทำการทดลองจำลองสถานการณ์จริงของการทำงาน และเปรียบเทียบผลลัพธ์ของแบบจำลองกับข้อมูลที่เก็บรวบรวมจากสถานการณ์จริงที่ได้เก็บรวบรวมมาภายใต้เงื่อนไขและข้อจำกัดเดียวกัน ถ้าผลลัพธ์ไปในทิศทางเดียวกัน มีความคล้ายคลึงกัน แต่ต่างไม่เกิน 10% แสดง

ว่าแบบจำลองใช้ได้ถ้าผลลัพธ์มีความแตกต่างกันเกิน 10% ต้องกลับไปตรวจสอบข้อมูลที่ได้เก็บมาและแนวคิดแบบจำลอง

8. การออกแบบการทดลอง เมื่อแบบจำลองที่สร้างขึ้นมานั้นเหมือนกับระบบงานจริงแล้ว การออกแบบการทดลองเป็นการนำแนวทางของทางเลือกต่าง ๆ ซึ่งก็คือกระบวนการทำงานแบบใหม่ ๆ หรือปรับเปลี่ยนค่าต่าง ๆ ตามที่ได้วางแผนเพื่อศึกษาผลที่เกิดขึ้นและจัดทำเป็นแนวทางในการแก้ปัญหาต่อไป

9. การจำลองระบบและการวิเคราะห์ผล เมื่อได้แบบการทดลองแล้วก็ดำเนินการจำลองระบบ และนำผลการจำลองนั้นมาวิเคราะห์เพื่อนำเสนอแนวทางแก้ไขปัญหา

10. จัดทำเอกสารรายงานผล เมื่อทำการทดลองจนได้ผลการทดลองที่สามารถวิเคราะห์และทำการสรุปผลได้แล้ว นำผลสรุปที่ได้จัดทำเป็นเอกสาร และทำการรายงานผลเพื่อจะนำไปใช้ในการแก้ปัญหาจริง

7.3 ตัวแปรสุ่ม (random Variables)

ตัวแปรสุ่ม (Random Variables) Law and Kelton, 2000 ได้กล่าวว่าตัวแปรที่สร้างข้อมูลเพื่อการจำลองแบบปัญหา โดยตัวแปรสุ่มแบ่งออกเป็น 2 ประเภท

7.3.1 ตัวแปรสุ่มไม่ต่อเนื่อง (Discrete Random Variables) คือตัวแปรค่าที่เป็นไปได้ของตัวแปรมีจำนวนจำกัด หรือนับจำนวนได้

7.3.2 ตัวแปรสุ่มต่อเนื่อง (Continuous Random Variables) คือ ตัวแปรไม่สามารถนับจำนวนค่าที่เป็นไปได้ของตัวแปร ค่าของตัวแปรสุ่มประเภทนี้จะกำหนดเป็นช่วง ๆ

7.4 เลขสุ่ม (Random Numbers)

เลขสุ่ม ความหมายว่าเป็นค่าของตัวแปรสุ่มที่มีการแจกแจงความน่าจะเป็นแบบสม่ำเสมอ U(0, 1) หรือเป็นตัวแปรสุ่มที่มีการแจกแจงความน่าจะเป็นแบบสม่ำเสมอ U(0, 1) เมื่อกล่าวในเทอมของตัวแปรสุ่ม เลขสุ่มหรือตัวแปรสุ่ม U(0, 1) เป็นองค์ประกอบหลักที่สำคัญในการจำลองระบบไม่ต่อเนื่อง และโดยทั่วไปจะใช้เลขสุ่มจำนวนมาก เช่น จำนวนหมื่น จำนวนแสน หรือมากกว่า ดังนั้นจึงได้มีการคิดค้นสูตรทางคณิตศาสตร์ที่เรียกว่า “ตัวแบบผลิต” (Generators) หรือ “ตัวแบบจำลอง” (Simulators) สำหรับผลิตหรือจำลองเลขสุ่มโดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ (มานพ วราภักดิ์, 2547)

การผลิตหรือจำลองเลขสุ่มโดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ เป็นการผลิตเลขสุ่มจากความสัมพันธ์ที่ย้อนซ้ำขั้นตอนเดิม (Recurrence Relation) คือ เลขตัวถัดไปเกิดจากการดำเนินการทางเลขคณิตและตรรกศาสตร์ ด้วยเลขตัวปัจจุบันหรือกลุ่มตัวเลขในอดีต ดังนั้นเลขที่ได้จะไม่ใช่เลขสุ่มแท้จริง ขาดคุณสมบัติความเป็นสุ่มบางประการ เช่น เลขที่ได้อาจมีความสัมพันธ์กันด้วยเหตุนี้จึงเรียกเลขสุ่มเหล่านี้ “เลขคล้ายสุ่ม” หรือ “เลขสุ่มเทียม” (Pseudorandom Numbers) ตัวแบบจำลองเลขสุ่มมี

มากมาย แต่หลายตัวแบบไม่สามารถใช้ประโยชน์ในทางปฏิบัติได้ เนื่องจากขาดคุณสมบัติที่สำคัญบางประการ (มานพ วราภักดิ์, 2547)

7.5 ทฤษฎีการจำลองสถานการณ์แบบมอนติคาร์โล

การจำลองสถานการณ์คือการสร้างสถานการณ์สมมุติ โดยอาศัยข้อเท็จจริงเสมือนสถานการณ์ เพื่อทดลองตัดสินใจแก้ปัญหาและวิเคราะห์ผลลัพธ์ที่ได้รับจากการทดลองก่อนนำไปแก้ไขปัญหาในสถานการณ์จริงต่อไป (จตุพล, 2551)

การจำลองสถานการณ์ (simulation) เป็นวิธีการหนึ่งที่ใช้ในกระบวนการแก้ไขปัญหาในด้านต่าง ๆ ซึ่งมีมานานแล้วแต่ได้รับความสนใจและนำมาใช้ในการแก้ไขปัญหาในสาขาวิชาชีพต่าง ๆ อย่างแพร่หลายในปัจจุบัน เนื่องจากความเจริญก้าวหน้าของเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์สำหรับกระบวนการใช้ในแบบจำลองสถานการณ์จะแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือการสร้างแบบจำลองส่วนหนึ่ง และการนำเอาแบบจำลองนั้นไปใช้งานเชิงวิเคราะห์อีกส่วนหนึ่ง เพื่อประโยชน์การอธิบายพฤติกรรม และการปรับปรุงการดำเนินงานของระบบงานจริง (จตุพล, 2551)

จุดเด่นของการใช้วิธีมอนติคาร์โลคือสามารถควบคุมตัวแปรแทรกซ้อนและสามารถสังเกตได้อย่างสมบูรณ์และสามารถทำการทดลองซ้ำภายใต้สภาพแวดล้อมเดิมหลาย ๆ ครั้งได้ ส่วนการทดลองจริงนั้นทำไม่ได้เพราะไม่สามารถรักษาสภาพแวดล้อมได้เมื่อเวลาได้เปลี่ยนไป (อรวรรณ, 2539)

ถ้ามีโมเดล ทฤษฎี สูตร หรือเกณฑ์ต่าง ๆ ที่ถูกต้องรองรับในการสร้างตัวแปรของปัญหาในการทดลองแล้ว ผลที่ได้จะถูกต้องและแม่นยำกว่า เมื่อใช้ในสถานการณ์จริงเพราะสามารถลด ตัวแปรแทรกซ้อนที่เป็นเชิงจิตวิทยาได้ (อรวรรณ, 2539)

สิ้นเปลืองเวลา แรงงาน และค่าใช้จ่ายน้อยกว่า ตลอดทั้งลดการเสี่ยงก่อนการกระทำจริงเมื่อเทียบกับการทดลองในสถานการณ์จริง (อรวรรณ, 2539)

7.6 คุณลักษณะสำคัญของแบบจำลองสถานการณ์

แบบจำลองสถานการณ์มีคุณลักษณะที่แตกต่างไปจากชนิดอื่น ๆ ดังนี้ (พนิดา, 2546)

7.6.1 มีการตรวจสอบความถูกต้อง เพื่อไม่ให้เกิดข้อผิดพลาดในการนำค่าการทำนายไปใช้ประโยชน์

7.6.2 มีเหตุผลเป็นการตรวจสอบว่าผลที่ได้ต้องอยู่ในขอบเขตของผลลัพธ์ที่คาดคะเนไว้และแบบจำลองนั้นทำงานอย่างถูกต้องโดยสามารถนำผลลัพธ์นั้นมาวิเคราะห์ได้

7.6.3 ลดความเบี่ยงเบน โดยใช้ค่าสุ่มเดียวกันเพื่อลดความแปรผันและเพิ่มความถูกต้องเมื่อเปรียบเทียบกับองค์ประกอบที่ต่างกันได้

7.6.4 ลักษณะเป็นการเลียนแบบสถานการณ์จริงมากกว่าเป็นการนำเสนอสถานการณ์จริง ลักษณะเป็นการบรรยายหรือการคาดการณ์จริงที่เกิดขึ้นภายใต้เงื่อนไขต่างกัน

7.6.5 เป็นแบบจำลองที่ใช้กับปัญหาที่มีความซับซ้อนสูง

7.7 ทำการทดลองซ้ำหลาย ๆ ครั้ง

หลักการสำคัญประการหนึ่งของเทคนิคมอนติคาร์โลคือ ต้องมีการทดลองซ้ำหลายครั้ง เพื่อลดความคลาดเคลื่อนของคำตอบที่จะได้และสามารถสรุปเป็นความน่าจะเป็นของการเกิดเหตุการณ์ในปัญหานั้น ๆ (Krobe, 1980)

7.8 จุดเด่นของเทคนิคมอนติคาร์โล

เนื่องจากเทคนิควิธีมอนติคาร์โล จะใช้ตัวเลขสุ่มเป็นพื้นฐานในการสร้างตัวแปรของปัญหาโดยอาศัยทฤษฎี สูตร หรือกฎเกณฑ์ต่าง ๆ ที่มีอยู่ และมีการทดลองซ้ำหลาย ๆ ครั้งเพื่อลดความคลาดเคลื่อนต่าง ๆ

7.8.1 เทคนิควิธีมอนติคาร์โล สามารถควบคุมตัวแปรแทรกซ้อนและสามารถสังเกตได้อย่างสมบูรณ์ (Completely Controlled and Completely Observed) นอกจากนี้ยังสามารถทำการทดลองซ้ำภายใต้สภาพแวดล้อมเดิมหลาย ๆ ครั้งได้ ซึ่งในการทดลองจริงทำไม่ได้ เพราะไม่สามรถรักษาสภาพแวดล้อมให้เหมือนเดิมได้เมื่อเวลาผ่านไป (Payne, 1988)

7.8.2 ในการใช้เทคนิคมอนติคาร์โล ถ้ามีทฤษฎี สูตร หรือเกณฑ์ต่าง ๆ ที่ถูกต้องรองรับในการสร้างตัวแปรของปัญหาในการทดลองแล้ว จะทำให้ผลที่ได้ถูกต้องแม่นยำกว่าเมื่อใช้ทดลองในสถานการณ์จริง ทั้งนี้เพราะสามารถลดตัวแปรแทรกซ้อนในเชิงจิตวิทยาได้

7.8.3 ลดการสิ้นเปลืองเวลา แรงงาน และค่าใช้จ่ายน้อยกว่า เมื่อเทียบกับ การทดลองในสถานการณ์จริง

7.9 การหาจำนวนรอบที่เหมาะสม

สูตรที่ใช้ในการคำนวณ $\mathrm{N} = \frac{Z^2{}_{\alpha/2} P\,(1-P)}{d^2}$

N = ขนาดของตัวอย่าง

α = ความน่าจะเป็น

Z = confidence coefficient ซึ่งได้มาจากความเชื่อมั่นที่กำหนด (1-α)

P = อัตราการรับขยะ

D = Precision of Estimation

สำหรับค่า Precision of Estimation เป็นค่าความผิดพลาดที่เรายอมให้ค่าประมาณห่างจากค่าความจริงได้เท่าไหร่ ซึ่งความผิดพลาดนี้เป็นค่าขนาดความผิดพลาดเช่น อัตราการตายของทารก (P) เท่ากับ 50/1000 เด็กเกิดมีชีพถ้าให้ผิดพลาดได้ ± 10 คน/100 ค่า d = 0.01 หรือจะกำหนดให้ความผิดพลาดเป็นเปอร์เซ็นต์ของ P เช่น กำหนดให้ความผิดพลาด 5% ของ P ค่า d ที่จะเท่ากับ

(50/100) x 0.05 = 0.0025 ความผิดพลาดที่พบบ่อยในการกำหนดค่า d คือการนำเอา α (0.1 หรือ 0.5) มากำหนดเป็นค่า d ซึ่งจะทำให้ค่า Precision of Estimation มีขนาดใหญ่มากเมื่ออัตราการเกิดน้อย

สำหรับระดับความเชื่อมั่นที่นิยมกำหนดคือ 95% หรือ 99% จากความเชื่อมั่นที่กำหนดนี้สามารถหาค่า $\alpha/2$ นำค่าไปเปิดตารางทางสถิติเพื่อหาค่า $Z_{\alpha/2}$

จากสูตรคำนวณขนาดของตัวอย่างจะพบว่า ขนาดของตัวอย่างจะแปรตามค่า 3 ค่าคือ

1. ความน่าจะเป็นของความผิดพลาดจากการสุ่ม (α)
2. ความแปรปรวน [P (1-P)]
3. Precision of Estimation (d)

8. ก๊าซเรือนกระจก

ก๊าซเรือนกระจก (Greenhouse Gases) เป็นก๊าซที่มีคุณสมบัติในการดูดกลืนคลื่นความร้อน ก๊าซเหล่านี้มีความจำเป็นอย่างมากในการรักษาอุณหภูมิในชั้นบรรยากาศโลกในคงที่ ถ้าหากชั้นบรรยากาศโลกไม่มีก๊าซเรือนกระจกจะทำให้อุณหภูมิในตอนกลางวันสูงมาก และในตอนกลางคืนอุณหภูมิจะลดลงอย่างมาก เนื่องจากก๊าซเรือนกระจกทำหน้าที่ไปดูดซับรังสีความร้อนในตอนกลางวันแล้วค่อยๆแผ่ออกมาในตอนกลางคืน ทำให้อุณหภูมิไม่เปลี่ยนแปลงอย่างฉับพลัน (องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก)

ก๊าซเรือนกระจกตามพิธีสารเกียวโตมีทั้งหมด 6 ชนิด ซึ่งเกิดจากกิจกรรมต่างๆของมนุษย์ คือ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ไนตรัสออกไซด์ (N_2O) ก๊าซไฮโดรฟลูออโรคาร์บอน (HFC) ก๊าซเพอร์ฟลูออโรคาร์บอน (PFC) ก๊าซซัลเฟอร์เฮกซะฟลูออไรด์ (SF_6) ก๊าซมีเทน (CH_4) และยังมีก๊าซเรือนกระจกที่เกิดจากกิจกรรมของมนุษย์ที่ไม่ได้อยู่ในพิธีสารเกียวโต คือ (CFC หรือ Chlorofluorocarbon) ซึ่งใช้เป็นสารทำความเย็น และใช้ผลิตโฟม สาร CFC ถูกจำกัดการใช้ในพิธีสารมอนทรีออล (Montreal Protocol on Subtances that Depelete the Ozone Layer) เป็นข้อตกลงระหว่างประเทศในการควบคุมการใช้และการผลิตที่ทำลายชั้นโอโซนที่ห้อหุ้มชั้นบรรยากาศของโลก (องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก)

1. คาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) เกิดขึ้นได้จากธรรมชาติและในกิจกรรมต่างๆของมนุษย์ เช่น การหายใจของสิ่งมีชีวิต ภูเขาไฟระเบิด การเผาไหม้ที่เกิดขึ้นจากกิจกรรมของมนุษย์ และการตัดไม้ทำลายป่าเพื่อเป็นที่อยู่อาศัยหรือที่ดินทำการเกษตรซึ่งเป็นสิ่งสำคัญที่ทำให้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ขึ้นสู่ชั้นบรรยากาศ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เป็นก๊าซเรือนกระจกที่ทำให้เกิดการสะสมความร้อนในชั้นบรรยากาศได้มากที่สุดซึ่งส่งผลกระทบโดยตรงต่ออุณหภูมิของผิวโลก

2. มีเทน (CH_4) แหล่งกำเนิดของก๊าซมีเทนเกิดขึ้นได้จากธรรมชาติและกิจกรรมของมนุษย์ เช่าการย่อยสลายสารอินทรีย์โดยแบคทีเรียที่ไม่ใช้อากาศ มูลสัตว์ การเผาไหม้มวลชีวภาพ การเผาไหม้เชื้อเพลิง การเพิ่มขึ้นของก๊าซมีเทนส่งผลกระทบโดยตรงต่อสภาวะเรือนกระจกเป็นอันดับที่ 2 รองจากก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ โดยก๊าซมีเทนมีอายุสะสมเฉลี่ยอยู่ที่ 11 ปี และมีศักยภาพในการทำให้เกิดโลกร้อนเมื่อเทียบกับคาร์บอนไดออกไซด์มากถึง 25 เท่า

3. ไนตรัสออกไซด์ (N_2O) เกิดขึ้นโดยธรรมชาติและกิจกรรมของมนุษย์ เช่นการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนของเกษตรกรรม อุตสาหกรรมที่ใช้กรดไนตริกในขบวนการผลิต โดยก๊าซไนตรัสออกไซด์ที่เกิดขึ้นในธรรมชาติในภาวะปกติจะมีจำนวนมากแต่จะอยู่ในภาวะสมดุลตามธรรมชาติ ส่วนที่เกิดขึ้นจากกิจกรรมของมนุษย์มีการเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วส่งผลกระทบโดยตรงต่อการเพิ่มพลังงานความร้อนสะสมบนผิวโลก ก๊าซไนตรัสออกไซด์มีอายุคงอยู่ในบรรยากาศประมาณ 114 ปี และมีศักยภาพในการทำให้เกิดโลกร้อนเมื่อเทียบกับคาร์บอนไดออกไซด์มากถึง 298 เท่า

4. ไฮโดรฟลูออโรคาร์บอน (HFCs) เกิดจากกิจกรรมของมนุษย์ ถูกนำมาใช้มากขึ้นในอุตสาหกรรมเพื่อทำความเย็น ผลิตโฟม เครื่องปรับอากาศในรถ บ้าน และสำนักงานต่างๆ โดยสาร HFCs เป็นสารในกลุ่ม Halogenated Hydrocarbons ไม่มีองค์ประกอบของคลอรีน และถูกส่งเสริมให้ใช้แทน CFCs ซึ่งเป็นสารในกลุ่มเดียวกันแต่มีคลอรีนเป็นองค์ประกอบและทำให้เกิดการทำลายของชั้นโอโซนจึงถูกให้ยกเลิกการใช้โดยพิธีสารมอนทรีออล ถึงแม้สาร HCFs จะไม่มีศักยภาพในการทำลายชั้นโอโซนแต่มีศักยภาพในการทำให้โลกร้อนเมื่อเทียบกับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์มากถึง 77-14,800 เท่าและมีอายุคงอยู่ในบรรยากาศ 260 ปี จึงถูกจัดเป็นหนึ่งชนิดของก๊าซเรือนกระจกที่พิธีสารเกียวโตกำหนดให้มีการควบคุมการปล่อย

5. เพอร์ฟลูออโรคาร์บอน (PFCs) เกิดจากฝีมือของมนุษย์ ได้จากการหลอมอลูมิเนียม ถูกใช้เป็นสารทำความสะอาดชิ้นส่วนในอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิคส์ การผลิตสารกึ่งตัวนำไฟฟ้า สาร PFCs มีศักยภาพในการทำให้โลกร้อนเมื่อเทียบกับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์มากถึง 7,390 -12,200 เท่า ขึ้นอยู่กับประเภทของสาร มีอายุคงอยู่ในบรรยากาศสูงสุดถึง 50,000 ปี การปล่อยสาร PFCs เกิดขึ้นน้อยมากเมื่อเทียบกับ HFCs

6. ซัลเฟอร์เฮกซะฟลูออไรดด์ (SF_6) เกิดจากฝีมือมนุษย์ ประมาณร้อยละ 90 ถูกใช้ในกิจกรรมเกี่ยวกับการผลิตกระแสไฟฟ้า โดยใช้เป็นฉนวนในเซอร์กิตเบรกเกอร์ สวิทช์เกียร์ ในสถานีไฟฟ้าแรงสูง ที่เหลือประมาณร้อยละ 10 ใช้ในอุตสาหกรรมการผลิตอลูมิเนียมและใช้ในกองทัพ สาร SF_6 มีศักยภาพในการทำให้โลกร้อนเมื่อเทียบกับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์มากถึง 22,800 เท่า และมีอายุอยู่ในบรรยากาศสูงสุดถึง 3,200 ปี

9. คาร์บอนฟุตพริ้นท์

คาร์บอนฟุตพริ้น (Carbon Footprint) เป็นการวัดผลกระทบจากกิจกรรมต่างๆที่มนุษย์ได้กระทำต่อสิ่งแวดล้อมในด้านปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นมาจากกิจกรรมนั้นๆ โดยการวัดจะวัดเทียบกับปริมานก๊าซเรือนกระจกให้เป็นคาร์บอนไดออกไซด์ที่ถูกปล่อยออกมาจากกิจกรรมนั้น วิธีการคำนวณคือการประเมินการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่ปลดปล่อยมาจากกิจกรรมในแต่ละส่วนของการผลิต ในปัจจุบันมีหลายองค์กรให้ความสำคัญต่อสิ่งแวดล้อมและลดผลกระทบที่เกี่ยวกับสิ่งแวดล้อมที่เกิดจากอุตสาหกรรม การขนส่ง โดยมีแผนลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมที่เกิดจากอุตสาหกรรมแบบครบวงจรตั้งแต่การได้มาซึ่งวัตถุดิบ การขนส่ง ก่อนการผลิต การผลิต การกำจัดซากอย่างเป็นระบบ โดยคำนวณออกมาในรูปแบบของคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อหน่วยผลิตภัณฑ์ โดยเหตุผลที่ใช้หน่วยเทียบเท่ากับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ เนื่องจากก๊าซเรือนกระจกมีหลายชนิด และแต่ละชนิดมีค่าศักยภาพในการทำให้โลกร้อนไม่เท่ากัน ซึ่งใช้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เป็นก๊าซเรือนกระจกอ้างอิงเมื่อเทียบกับก๊าซเรือนกระจกชนิดอื่นโดยเปรียบเทียบกับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ในระยะเวลาที่กาหนด เช่น 20 100 500 ปี ทั้งนี้โดยทั่วไปจะใช้ค่า GWP ของก๊าซเรือนกระจก 6 ชนิด ตามที่ควบคุมภายใต้พิธีสารเกียวโต ที่ระยะเวลา 100 ปี เพื่อใช้ในการคานวณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ (องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก)

ตาราง 1 ค่าศักยภาพในการทำให้เกิดโลกร้อน (GWP) ของก๊าซเรือนกระจก 6 ชนิด ใช้ในการคำนวณคาร์บอนฟุตพริ้นท์

ชนิดของก๊าซเรือนกระจก	สูตรเคมี	ค่า GWP เมื่อเทียบกับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ช่วงระยะเวลา 100 ปี
คาร์บอนไดออกไซด์ (Carbon Dioxide)	CO_2	1
มีเทน (Methane)	CH_4	25
ไนตรัสออกไซด์ (Nitrous Oxide)	N_2O	298
ไฮโดรฟลูออโรคาร์บอน (Hydrofluorocarbon)	HFCs	124-14,800
เพอร์ฟลูออโรคาร์บอน (Perfluorocarbon)	PFCs	7,390 – 12,200
ซัลเฟอร์เฮกซะฟลูออไรด์ (Sulphur Hexafluoride)	SF_6	22,800

ที่มา: IPCC (2006)

จากตารางที่ 1 ในกรณีของมีเทน อธิบายได้ว่า มีเทน 1 โมเลกุล มีศักยภาพในการทำให้เกิดโลกร้อนเทียบเท่ากับคาร์บอนไดออกไซด์ 25 โมเลกุล หรือการปล่อยไนตรัสออกไซด์ เพียง 1 โมเลกุล มีศักยภาพในการทำให้เกิดโลกร้อนเทียบเท่ากับคาร์บอนไดออกไซด์ถึง 298 โมเลกุล

10. การประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์

การประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นของผลิตภัณฑ์ (Carbon Footprint of Products: CFP) หมายถึง ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ถูกปล่อยออกมาจากผลิตภัณฑ์แต่ละหน่วยตลอดวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ โดยใช้การประเมินผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมตลอดช่วงชีวิต (LCA) ตั้งแต่การได้มาซึ่งวัตถุดิบ การแปรรูปวัตถุดิบ กระบวนการผลิต การขนส่งผลิตภัณฑ์มาถึงร้านค้าปลีก การใช้และกำจัดขั้นตอนสุดท้าย คิดเป็นกิโลกรัมของปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อหน่วยผลิตภัณฑ์ พร้อมทั้งมีการแสดงข้อมูลปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นไว้บนสินค้าหรือผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ (องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก)

10.1 การกำหนดวัตถุประสงค์

การกำหนดวัตถุประสงค์ในการวิเคราะห์คาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์ สามารถแบ่งได้เป็น 2 วัตถุประสงค์หลัก

10.1.1 เพื่อประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของผลิตภัณฑ์ตอลดวัฏจักรชีวิต เพื่อการนำไปสู่การจำแนกแนวทางการลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ตลอดห่วงโซ่การผลิตและการบริโภค

10.1.2 เพื่อดำเนินการขอรับรองผลการวิเคราะห์คาร์บอนฟุตพริ้นของผลิตภัณฑ์ในการขึ้นทะเบียนติดฉลากคาร์บอนฟุตพริ้นท์

10.2 การคัดเลือกผลิตภัณฑ์

หลังจากกำหนดวัตถุประสงค์เสร็จเรียบร้อยแล้วต่อมาเป็นการคัดเลือกผลิตภัณฑ์ตัวอย่าง โดยอาจจะเลือกจากผลิตภัณฑ์ตัวอย่างที่มีปริมาณการผลิตสูงที่สุด ซึ่งคาดการว่ามีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสูง หรือมีโอกาสที่จะปรับปรุงได้ง่าย หรือน่าจะมีโอกาสในการแข่งขันทางด้านการตลาด ร่วมกับประเด็นการพิจารณาอื่น ๆ เช่น ความซับซ้อนของผลิตภัณฑ์ปริมาณข้อมูลที่ต้องการรวบรวมเพิ่มเติมจากการบันทึกข้อมูลที่มีอยู่ งบประมาณและระยะเวลาในการดำเนินกิจกรรม ตลอดจนความร่วมมือจากผู้จำหน่ายวัตถุดิบในการสนับสนุนข้อมูลที่ใช้ในการวิเคราะห์

10.3 การกำหนดขอบเขตการวิเคราะห์คาร์บอนฟุตพริ้นท์

การกำหนดขอบเขตการวิเคราะห์คาร์บอนฟุตพริ้นของผลิตภัณฑ์ตัวอย่างโดยขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์ของการประยุกต์ใช้ผลการศึกษาและชนิดของผลิตภัณฑ์ แบ่งออกเป็น 2 ประเภท

10.3.1 การวิเคราะห์คาร์บอนฟุตพริ้นโดยตลอดวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ (Cradle-To-Grave) โดยวิเคราะห์คาร์บอนฟุตพริ้นของผลิตภัณฑ์ที่ทำการค้าระหว่างหน่วยธุรกิจกับผู้บริโภค ผลิตภัณฑ์ที่วางขายให้กับผู้บริโภค ซึ่งเรียกว่า Business-to-Consumer (B2C)

10.3.2 การวิเคราะห์คาร์บอนฟุตพริ้นของกระบวนการผลิต (Cradle-to-Gate) โดยวิเคราะห์คาร์บอนฟุตพริ้นท์ผลิตภัณฑ์ที่ทำการค้าระหว่างหน่วยงานธุรกิจกับหน่วยงานธุรกิจผลิตภัณฑ์ที่รับจ้างผลิต เรียกว่า Business-to-Business (B2B) ขอบเขตการวิเคราะห์คาร์บอนฟุตพริ้นท์ส่วนมากเรียกว่า ระบบผลิตภัณฑ์ (Product system)

10.4 การสร้างแผนผังการไหลของกระบวนการผลิต

การสร้างแผนผังการไหลของกระบวนการผลิต (Flowchart of production) ตามขอบเขตการวิเคราะห์คาร์บอนฟุตพริ้นของผลิตภัณฑ์ตัวอย่าง โดยแผนผังควรที่จะแสดงรายละเอียดของกิจกรรมการผลิตในทุกขั้นตอนการผลิตของผลิตภัณฑ์ที่กำหนดไว้

11. การคำนวณคาร์บอนฟุตพริ้นท์

คาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์โดยทั่วไปจะนิยมคิดเทียบกับหน่วยของผลิตภัณฑ์ (Functional Unit) ที่ใช้ในเชิงพาณิชย์ เช่น คาร์บอนฟุตพริ้นท์แป้งมันสาปะหลัง 1 ตัน หรือถุงมือแพทย์ 1 กล่อง (มีความเหมาะสมกว่าการคิดต่อถุงมือแพทย์ 1 ชิ้น) โดยการคานวณใช้หลักการตามสมการดังนี้ (วาริท เจาะจิตต์, 2556)

$$CFP = \sum (A_i \times EF_i)$$

โดยที่ CFP คือ ค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์หรือปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อหน่วยผลิตภัณฑ์ (กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อหน่วยผลิตภัณฑ์)

A_i คือ ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นในแต่ละกิจกรรม (หน่วยต่อหน่วยผลิตภัณฑ์)

EF_i คือ ค่าความสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจก (Emission factor) ในกิจกรรม i (กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อหน่วย)

ข้อมูลกิจกรรมที่ทำให้เกิดก๊าซเรือนกระจก เช่น กิจกรรมที่ทำให้เกิดการปล่อยก๊าซเรินกระจกทั้งทางตรงและทางอ้อม โดยข้อมูลของกิจกรรมได้มาจากการตรวจวัด และเก็บข้อมูลโดยตรง ส่วนค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่แสดงถึงค่าความสัมพันธ์ระหว่างกิจกรรมกับการเกิดก๊าซเรือนกระจกชนิดต่าง ๆ สามารถหาได้จากการตรวจวัดโดยตรง หรือหาจากค่าที่หน่วยงานและองค์กรรวบรวมไว้ เช่น องค์กรบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ แต่ในบางกิจกรรม

ที่ไม่มีค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่พัฒนาสำหรับประเทศไทยโดยเฉพาะก็สามารถนำค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากองค์กรต่างประเทศที่น่าเชื่อถือได้ (IPCC)

12. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ธนัท พลูประทิน (2555) ได้ทำการศึกษาคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของภาควิชาวิศวกรรมเคมี มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ โดยใช้วิธีการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้น ตามมาตรฐานแนวทางกรประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์องค์กรของประเทศไทย (2554), The Greenhouse Gas Protocol (2004), ISO 14064 Part 1 (2006) และ ISO/DTR 14069 (2011) โดยได้แบ่งการปล่อยก๊าซเรือนกระจกออกเป็น 3 ประเภท คือ 1 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางตรงขององค์กร 2 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางอ้อมจากการใช้พลังงานไฟฟ้า และ 3 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางอ้อมอื่น ๆ โดยค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์คำนวณออกมาเป็นหน่วย คาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า ซึ่งพิจารณาก๊าซเรือนกระจก 6 ชนิด ตามพิธีสารเกียวโต จากการศึกษาพบว่าในปีการศึกษา 2553 ภาควิชาวิศวกรรมเคมี มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ มีการคาร์บอนฟุตพริ้นรวม 826.13 ตัน CO_2 เทียบเท่าต่อปี โดยแยกเป็นการปล่อยก๊าซเรือนกระจกแต่ละประเภท เท่ากับ 34.47, 548.10, และ 243.56 ตัน CO_2 เทียบเท่าต่อปี และทำการเสนอการลดคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของภาควิชาลงร้อยละ 5 คือ การเปลี่ยนเครื่องปรับอากาศเก่าจำนวน 33 เครื่อง และเปลี่ยนหลอดไฟฟลูออเรสเซนต์ขนาด 36 วัตต์ จำนวน 1042 หลอน ซึ่งสามารถลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้ปีละ 31.25 และ 19.58 ตัน CO_2 เทียบเท่าต่อปี รวมเป็นร้อยละ 6.2 ของการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งหมด

นุชนาท วรารักษ์ประภัทร์ (2557) ได้ทำการศึกษาแนวคิดคาร์บอนฟุตพริ้นท์ประเมินประสิทธิภาพการดำเนินงานด้านสิ่งแวดล้อมขององค์กร ในมุมของการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ในพื้นที่โรงงานสุรา บริษัท แก่นขวัญ จำกัด จังหวัดขอนแก่น และใช้แนวทางการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์องค์กรขององค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์กรมหาชน) ประเทศไทย จำแนกกิจกรรมออกเป็น 3 ประเภท ได้แก่ 1 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางตรงขององค์กร 2 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางอ้อมจากการใช้พลังงาน และ 3 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางอ้อมอื่นๆ เก็บข้อมูล ปี 2556 ตั้งแต่วันที่ 1 มกราคม ถึง 31 ธันวาคม 2556 พบว่าในปี 2556 โรงงานสุรา บริษัท แก่นขวัญ จำกัด มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจก รวม 12503.15 ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า (tCO_2eq) ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางตรงจากแห่งกำเนิดฟอสซิลมากที่สุด 8982.05 tCO_2eq รองลงมาคือ การปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางอ้อม 1857.41 tCO_2eq และการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางอ้อมอื่นๆ 1663.69 tCO_2eq คิดเป็นร้อยละ 71.84, 14.86 และ 8.48 ตามลำดับ การลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เหมาะสม ควรพิจารณาการใช้และอนุรักษ์พลังงานเป็นสำคัญ อาจเปลี่ยน

วัสดุ อุปกรณ์ และเทคโนโลยีต่างๆ เพื่อช่วยในการประหยัดพลังงาน และหาวิธีใช้ทรัพยากรให้เกิดประโยชน์สูงสุด

หน่วยวิจัยเพื่อการจัดการพลังงานและเศรษฐนิเวศ (2556) ได้ทำการศึกษาพบว่า ปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ที่เกิดขึ้นในการผลิตกาแฟสารอาราบิก้า วิธีแบบแห้งมีค่ามากที่สุดเท่ากับ 18.55 กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อกิโลกรัมกาแฟสาร เมื่อพิจารณาแต่ละขั้นตอนในกระบวนการการผลิตกาแฟสารอาราบิก้า ขั้นตอนการเพาะปลูกมีการปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์มากที่สุดคิดเป็นร้อยละ 99 ผลการศึกษาตลอดวัฏจักรชีวิตของการผลิตกาแฟสารอาราบิก้าจะพบว่า ขั้นตอนการเพาะปลูกเป็นส่วนสำคัญในการพิจารณาให้เหมาะสมเพื่อสร้างแนวทางการลดคาร์บอนฟุตพริ้นท์

ชุติมา สุขอนันต์ (2555) ได้ทำการศึกษาการประเมินและแนวทางการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก เป็นตัวอย่างการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กรที่มีการเรียนการสอนด้านวิศวกรรม โดยศึกษาจากคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ โดยคำนวณคาร์บอนฟุตพริ้นท์เป็นค่า คาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า (CO_2e) ที่เกิดขึ้นจากกิจกรรมต่างๆ ซึ่งใช้แนวทางการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กรของประเทศไทย โดยองค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน) ผลการศึกษาพบว่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกิจกรรมภายในคณะวิศวกรรมศาสตร์เป็น 3627.53 ton CO_2e ต่อปี จากหลักเกณฑ์ที่กำหนดให้องค์กรแสดงค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเพียงประเภท 1 และ 2 เท่านั้น พบว่ามีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกส่วนมากเกิดจากการใช้พลังงานไฟฟ้า 3387.32 ton CO_2e ต่อปี คิดเป็นร้อยละ 93.38 รองลงมาเป็นการระเหยของการใช้สารทำความเย็นในเครื่องปรับอากาศ คิดเป็นร้อยละ 5.59 และจากกิจกรรมอื่นๆที่เหลือเพียงร้อยละ 1.03 และประเภทที่ 3 พบว่ามีปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเป็น 1805.06 ton CO_2e ต่อปี กิจกรรมต่างๆ ของคณะวิศวกรรมศาสตร์ มีปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกคิดเทียบต่อนิสิตเท่ากับ 488.36 kg CO_2e ต่อปี

พัชยา โตบารมีกุล (2557) ทำการศึกษาเกี่ยวการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ และวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์น้ำตาลทรายธรรมชาติและน้ำตาลทรายดิบคุณภาพสูง ขอบเขตของการประเมินคือ น้ำตาลทรายธรรมชาติ 1 กิโลกรัม น้ำตาลทรายธรรมชาติ 50 กิโลกรัม และน้ำตาลทรายดิบคุณภาพสูง 50 กิโลกรัม โดยเก็บข้อมูลตั้งแต่การเพาะปลูก การขนส่งอ้อยมายังโรงงาน กระบวนการผลิตน้ำตาล จัดจำหน่าย และการกำจัดซาก ผลการศึกษาพบว่าน้ำตาลทรายธรรมชาติ 1 กิโลกรัม น้ำตาลทรายธรรมชาติ 50 กิโลกรัม และน้ำตาลทรายดิบคุณภาพสูง 50 กิโลกรัม มีค่าคาร์บอนฟุตพริ้นเท่ากับ 0.48 0.34 0.30 กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่ากิโลกรัมน้ำตาลตามลำดับ โดยค่าคาร์บอนฟุตพริ้นสูงสุดเกิดจากการเพาะปลูก ซึ่งประกอบไปด้วยการใช้ปุ๋ย การใช้เชื้อเพลิง และการเผาไหม้ของชีวมวล แนวทางการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก คือ การใช้ปุ๋ยอินทรีย์ ไบโอดีเซลในช่วงการเพาะปลูก

ปภพ อินอ้าย (2562) ทำการศึกษาระบบโลจิสติกส์ขยะชุมชนในเขตเทศบาลเมืองอุทัยธานี ผลการศึกษาพบว่าเทศบาลเมืองอุทัยธานีมีอัตราการเกิดขยะมูลฝอยปริมาณ 19,934 กิโลกรัม/วัน โดยลักษณะองค์ประกอบที่ฝังกลบเป็นขยะอินทรีย์เน่าเปื่อยง่าย 64.24% เศษไม้ 3.38% ยาง 0.92% ผ้า 3.34% โฟม 0.27% หนัง 0.01% ขยะอันตราย 0.01% พลาสติก 20.38% กระดาษ 3.21% แก้ว 1.32% โลหะ 0.86% และอื่น ๆ 2.14% สถานที่ในโซ่อุปทานของขยะประกอบไปด้วย บ้านเรือน ถังขยะ รถขยะของเทศบาลบ่อฝังกลบ ศูนย์รวบรวมขยะอันตรายและร้านรับซื้อขยะรีไซเคิล ขยะมูลฝอยเคลื่อนที่เริ่มจากจุดบ้านเรือนเฉลี่ย 19,934 กิโลกรัม/วัน ประชาชนจะคัดแยกขยะอันตรายเฉลี่ย 1 กิโลกรัม/วัน และคัดแยกขยะรีไซเคิลออกเฉลี่ย 3,060 กิโลกรัม/วัน เหลือทิ้งลงถังขยะปริมาณเฉลี่ย 16,873 กิโลกรัม/วันที่จุดถังขยะจะมีผู้เก็บขยะคัดแยกขยะรีไซเคิลเฉลี่ย 120 กิโลกรัม/วัน ทำให้เหลือจากถังขยะไปส่งไปยังรถขยะปริมาณเฉลี่ย 16,753 กิโลกรัม/วัน อย่างไรก็ตามคาดว่าจะมีขยะรีไซเคิลทั้งหมดเฉลี่ย 4,199 กิโลกรัม/วัน ถูกฝังกลบอยู่ในบ่อฝั่งกลบ

บทที่ 3

การดำเนินการวิจัย

1. การศึกษาสถานการณ์และประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของการจัดการขยะของเทศบาลเมืองอุทัยธานี

1.1 ศึกษาการจัดการขยะของเทศบาลเมืองอุทัยธานีในปัจจุบัน

ศึกษาข้อมูลด้านการจัดการขยะของเทศบาลเมืองอุทัยธานี สถานที่และเส้นทางการกระจายตัวของขยะมูลฝอยเบื้องต้นในเขตเทศบาลเมืองอุทัยธานีซึ่งมีสถานที่ที่เกี่ยวข้องกับการจัดการขยะประกอบไปด้วย บ้านเรือน แหล่งกำเนิดขยะอื่น ๆ ถังขยะ รถขยะ บ่อฝังกลบ ร้านรับซื้อขยะรีไซเคิล ศูนย์รวบรวมขยะอันตราย เส้นทางการเก็บขยะ จำนวนรถเก็บขยะ ซึ่งเป็นข้อมูลจาก หนังสือ เอกสาร วิทยานิพนธ์ และแหล่งข้อมูลที่เกี่ยวข้อง เช่น กรมควบคุมมลพิษ เทศบาลเมืองอุทัยธานี เป็นต้น

1.2 ศึกษาข้อมูลปริมาณและองค์ประกอบขยะของเทศบาลเมืองอุทัยธานีในปัจจุบัน

ศึกษาข้อมูลปริมาณขยะและองค์ประกอบของขยะในสถานที่ต่าง ๆ ไปจนถึงการนำขยะไปกำจัดด้วยวิธีการในปัจจุบัน เป็นการศึกษาปริมาณขยะโดยรวมที่เข้ามายังบ่อฝังกลบของเทศบาลเมืองอุทัยธานี

1.3 การประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นของการจัดการขยะของเทศบาลเมืองอุทัยธานีในปัจจุบัน

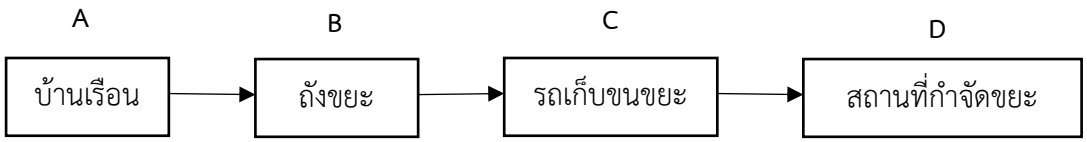
1.3.1 การกำหนดเป้าหมายและขอบเขตการศึกษา (Goal and Scope)

การประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นของการจัดการขยะของเทศบาลเมืองอุทัยธานีในปัจจุบันมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาและการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ตลอดวัฏจักรชีวิตของการจัดการขยะมูลฝอยเทศบาลเมืองอุทัยธานี มีขอบเขตการประเมินแบบ เครเดิล ทู เกรฟ (Cradle to Grave) เริ่มพิจารณาจากประชาชนทิ้งขยะลงในถังขยะ เจ้าหน้าที่เก็บรวบรวมขยะตามเส้นทางที่กำหนด การขนส่งขยะไปยังบ่อฝังกลบ โดยทำการเก็บข้อมูลปริมาณสารขาเข้าขาออกของขั้นตอนการจัดการขยะเทศบาลเมืองอุทัยธานี กำหนดให้หน่วยการทำงาน คือ ปริมาณขยะ 1 ตัน

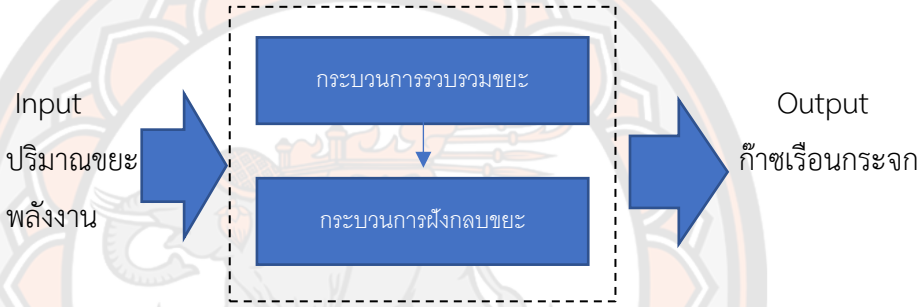
1.3.1.1 กำหนดขอบเขตของระบบ (System Boundary)

ขอบเขตของการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นของการจัดการขยะของเทศบาลเมืองอุทัยธานีในปัจจุบันเป็นการศึกษาการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของการจัดการขยะมูลฝอยเทศบาลเมืองอุทัยธานีแบบดั้งเดิม ซึ่งเป็นการประเมินแบบ เครเดิล ทู เกรฟ (Cradle to Grave) โดยเริ่มต้นตั้งแต่ เจ้าหน้าที่เก็บรวบรวมขยะตามเส้นทางที่กำหนดไว้ 3 เส้นทาง จุด B การเก็บรวบรวมขยะ จุด C การขนส่งไปยังบ่อฝังกลบ จุด D การขนส่งที่เกี่ยวข้องในทุกขั้นตอน แสดงดังภาพ 5 และ

6 โดยที่ตั้งสมมุติฐานว่าปริมาณขยะบ้านเรือนขนขยะไปยังถังขยะ จุด A เนื่องจากประชาชนใช้วิธีการเดินเท้าในการขนขยะไปทิ้งที่ถังขยะ



ภาพ 5 ขอบเขตการศึกษาการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของการจัดการขยะเทศบาลเมืองอุทัยธานี



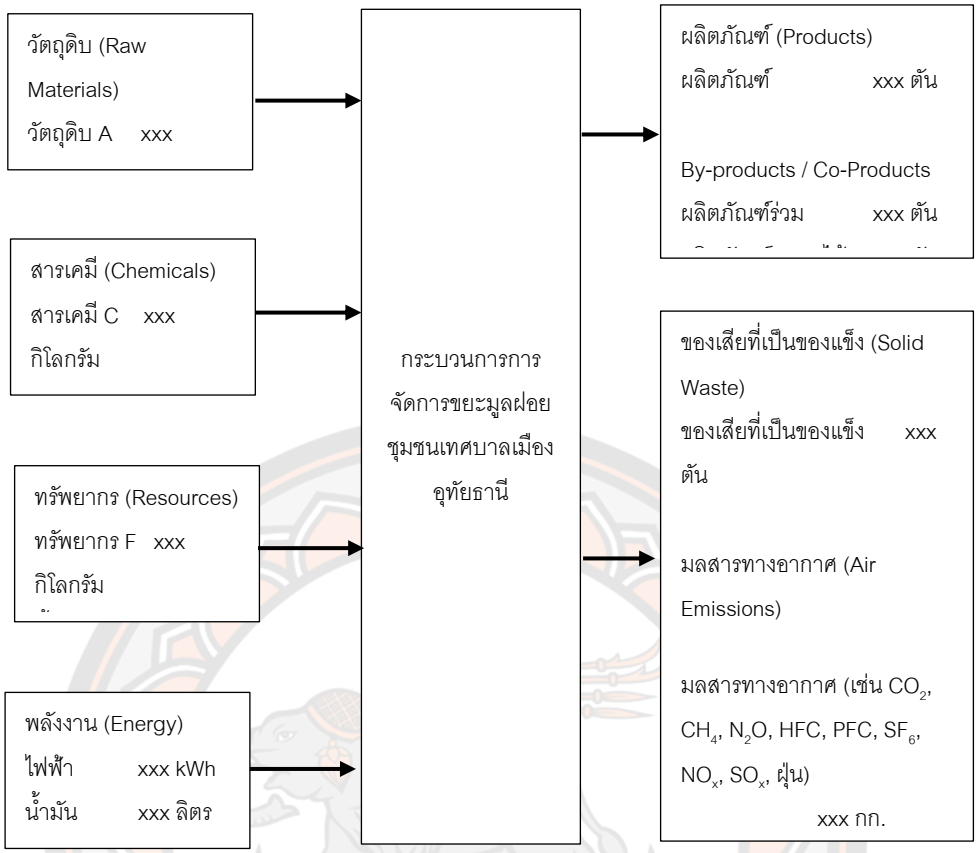
ภาพ 6 ขอบเขตของการศึกษาปริมาณก๊าซเรือนกระจกของการกำจัดขยะ

1.3.1.2 หน่วยการทำงาน (Functional Unit)

การกำหนดหน่วยการทำงานมีวัตถุประสงค์เพื่อใช้เป็นพื้นฐานในการเก็บข้อมูลปริมาณสารขาเข้าและสารขาออกในแต่ละขั้นตอน เพื่อใช้ในการเปรียบเทียบคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของการจัดการขยะเทศบาลเมืองอุทัยธานี โดยงานวิจัยนี้กำหนดให้หน่วยการทำงานคือ ปริมาณขยะมูลฝอยชุมชน 1 ตัน

1.3.2 การจัดทำบัญชีรายการด้านสิ่งแวดล้อม (Life Cycle Inventory: LCI)

ในขั้นตอนการจัดทำบัญชีรายการด้านสิ่งแวดล้อม มีหน้าที่เพื่อจัดเก็บข้อมูลตลอดวัฏจักรชีวิตของการจัดการขยะมูลฝอยชุมชนเทศบาลเมืองอุทัยธานี โดยการเก็บข้อมูลจากแหล่งต่าง ๆ นั้น จะดำเนินการภายใต้กรอบของการประเมินวัฏจักรชีวิต (Life cycle assessment: LCA) โดยจะมุ่งประเด็นการเก็บข้อมูลสารขาเข้าและสารขาออกที่ใช้วัตถุดิบ ทรัพยากร และกากของเสียที่เกิดขึ้นตั้งแต่กระบวนการได้มาซึ่งวัตถุดิบไปจนถึงกระบวนการการฝังกลบ และทำการสรุปข้อมูลให้อยู่ในรูปแบบบัญชีรายการด้านสิ่งแวดล้อม



ภาพ 7 ตัวอย่างบัญชีรายการด้านสิ่งแวดล้อม

1.3.2.1 การขนส่งขยะ

ศึกษาข้อมูลการเคลื่อนที่ของขยะมูลฝอยชุมชนของเทศบาลเมืองอุทัยธานี จากงานวิจัยระบบโลจิสติกส์ของขยะชุมชนในเขตเทศบาลเมืองอุทัยธานี (ปภพ อินอ้าย, 2562) การขนส่งในแต่ละขั้นตอนที่เกี่ยวข้องกับการจัดการขยะมูลฝอยชุมชนของเทศบาลเมืองอุทัยธานี ประกอบด้วยดังนี้

1) การขนส่งขยะจากบ้านเรือนไปถังขยะ

ขยะจากบ้านเรือนในเขตเทศบาลเมืองอุทัยธานี ใช้วิธีขนขยะไปยังถังขยะโดยการเดินจึงไม่มีการปลดปล่อยคาร์บอนฟุตพริ้นท์

2) การเก็บรวบรวมขยะจากถังขยะในเขตเทศบาลเมืองอุทัยธานีขนส่งไปยังบ่อฝังกลบ

การเก็บรวบรวมขยะโดยเจ้าหน้าที่ของเทศบาลเมืองอุทัยธานีจะถูกส่งไปยังบ่อฝังกลบ ซึ่งการขนส่งใช้รถบรรทุกขยะ 3 คัน 3 เส้นทาง และระยะทางทั้ง 3 เส้นทาง

ตาราง 2 บัญชีรายการเก็บข้อมูลของการขนส่งขยะแต่ละเส้นทาง

กระบวนการหลัก	กระบวนการย่อย	ข้อมูลที่เก็บรวบรวม
การขนส่งขยะเส้นทางที่ 1	ถังขยะตามพื้นที่ตามเส้นทางรถเก็บขยะคันที่ 1 ไปยัง บ่อฝังกลบ	- ปริมาณน้ำหนักของขยะ - ประเภทรถบบรทุก - ระยะทางการขนส่ง - ปริมาณน้ำมันเชื้อเพลิง
การขนส่งขยะเส้นทางที่ 2	ถังขยะตามพื้นที่ตามเส้นทางรถเก็บขยะคันที่ 2 ไปยัง บ่อฝังกลบ	- ปริมาณน้ำหนักของขยะ - ประเภทรถบบรทุก - ระยะทางการขนส่ง - ปริมาณน้ำมันเชื้อเพลิง
การขนส่งขยะเส้นทางที่ 3	ถังขยะตามพื้นที่ตามเส้นทางรถเก็บขยะคันที่ 3 ไปยัง บ่อฝังกลบ	- ปริมาณน้ำหนักของขยะ - ประเภทรถบบรทุก - ระยะทางการขนส่ง - ปริมาณน้ำมันเชื้อเพลิง

ตาราง 3 บัญชีรายการเก็บข้อมูลของการฝังกลบ

กระบวนการหลัก	กระบวนการย่อย	ข้อมูลที่เก็บรวบรวม
การฝังกลบขยะ	การฝังกลบขยะมูลฝอยชุมชน	- ประเภทรถไถ - ปริมาณน้ำมันเชื้อเพลิง

1.3.3 การประเมินผลกระทบ (Impact Assessment)

เมื่อได้ข้อมูลแล้วจึงนำข้อมูลมาวิเคราะห์หาปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ที่ปล่อยออกมาจากการจัดการขยะมูลฝอยเทศบาลเมืองอุทัยธานีในปัจจุบัน ซึ่งค่าปริมาณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกของสารชนิดต่าง ๆ (Emission Factor) อ้างอิงจากคู่มือแนวทางการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นของผลิตภัณฑ์ของไทย (ปี พ.ศ. 2565) เนื่องจากเป็นฐานข้อมูลของประเทศที่ค่าเป็นจริงของการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่ปล่อยออกมาได้ใกล้เคียงความเป็นจริงมากที่สุด

1.3.4 การแปลผล (Interpretation)

เป็นการแปลผลจากขั้นตอนของการประเมินผลกระทบ ทำให้ทราบถึงแนวทางการลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมของผลิตภัณฑ์ โดยชี้ชัดได้อย่างชัดเจนถึงกระบวนการที่ก่อให้เกิดผลกระทบกับสิ่งแวดล้อม

2. การศึกษาการดำเนินงานและประเมินอายุการใช้งานของบ่อฝังกลบขยะของเทศบาลเมืองอุทัยธานี

ศึกษาวิธีการดำเนินงานการฝังกลบขยะของเทศบาลเมืองอุทัยธานีในส่วนของ ปริมาณขยะเข้าบ่อฝังกลบ วิธีการฝังกลบ และในปัจจุบันบ่อฝังกลบขยะฝังกลบไปกี่ชั้นแล้ว จากนั้นทำการประเมินอายุการใช้งานของบ่อฝังกลบขยะของเทศบาลเมืองอุทัยธานี

3. การสร้างการจำลองสถานการณ์การใช้กรรมวิธีเชิงกล-ชีวภาพ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการใช้งานบ่อฝังกลบขยะและทำการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์

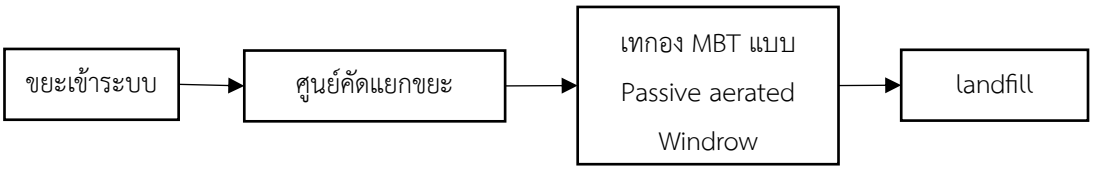
การสร้างแบบจำลองการจัดการขยะของเทศบาลเมืองอุทัยธานี ทำโดยใช้โปรแกรม MS Excel โดยแบบจำลองจะเป็นการจำลองวิธีการจัดการขยะในปัจจุบัน คือการเก็บขนขยะจากถังขยะตามจุดต่าง ๆ ในเขตเทศบาลเมืองอุทัยธานี แล้วนำไปฝังกลบที่บ่อขยะ และเทคโนโลยีการจัดการขยะชุมชนด้วยกรรมวิธีเชิงกล-ชีวภาพ จะสามารถเพิ่มอายุการใช้งานบ่อฝังกลบได้อีกกี่ปี

3.1 สร้างแบบจำลองการจัดการขยะด้วยกรรมวิธีเชิงกล-ชีวภาพ

3.1.1 การออกแบบตัวแบบจำลองการจัดการขยะ เพื่อให้สามารถนำแบบจำลองไปใช้แทนระบบการทำงานจริง โดยออกแบบตัวแบบจำลองในการใช้วิธีการจัดการขยะด้วยกรรมวิธีเชิงกล-ชีวภาพแบบ Passive Aerated Windrow ใช้ข้อมูลจากวิทยานิพนธ์ ผลของความสูงกองหมักต่อประสิทธิภาพในการบำบัดขยะด้วยวิธี Passive Aerated Windrow (ชนารดี วิกาหะ, 2554) เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการใช้งานของบ่อฝังกลบขยะ

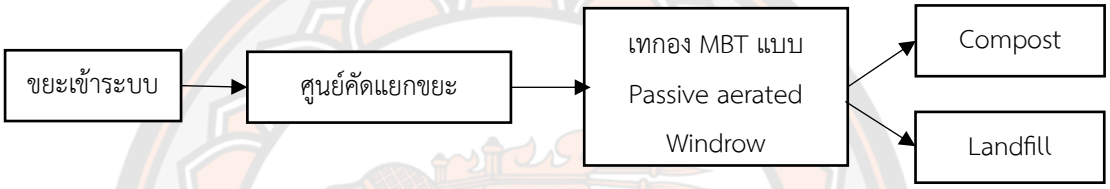
3.1.2 การสร้างแบบจำลองสถานการณ์ขยะมูลฝอยชุมชนเทศบาลเมืองอุทัยธานีด้วยกรรมวิธีเชิงกล-ชีวภาพ เพื่อที่จะดูปริมาณขยะที่เข้าไปยังบ่อฝังกลบขยะของเทศบาลเมืองอุทัยธานี และวิเคราะห์อายุการใช้งานของบ่อฝังกลบขยะแบ่งออกเป็น 3 กรณี

1) กรณีที่ 1 หลังจากการบำบัดด้วยวิธี Passive Aerated Windrow จนครบกำหนด นำขยะที่ผ่านการบำบัดด้วยวิธี Passive Aerated Windrow ทั้งหมดทิ้งลงบ่อฝังกลบขยะ ดังแสดงในภาพ 8



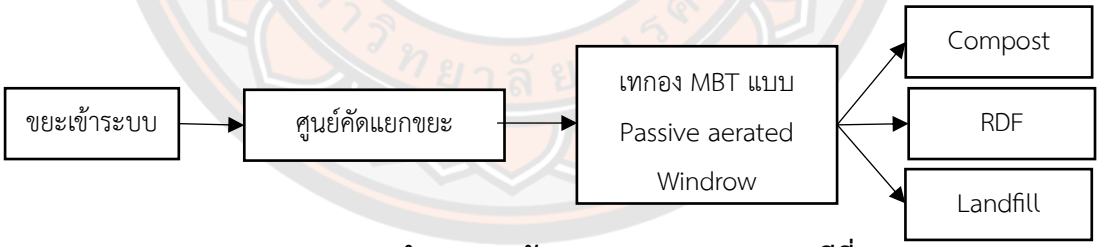
ภาพ 8 แบบจำลองการจัดการขยะแบบ MBT กรณีที่ 1

2) กรณีที่ 2 หลังจากการบำบัดด้วยวิธี Passive Aerated Windrow จนครบกำหนด นำขยะที่ผ่านการบำบัดด้วยวิธี Passive Aerated Windrow มาร่อนเพื่อแยก สารปรับปรุงดิน (Compost) ส่วนที่เหลือนำไปทิ้งลงบ่อฝังกลบขยะ ดังแสดงในภาพ 9



ภาพ 9 แบบจำลองการจัดการขยะแบบ MBT กรณีที่ 2

3) กรณีที่ 3 หลังจากการบำบัดด้วยวิธี Passive Aerated Windrow จนครบกำหนด ขยะที่ผ่านการบำบัดด้วยวิธี Passive Aerated Windrow มาร่อนเพื่อแยก สารปรับปรุงดิน (Compost) และแยกพลาสติก RDF ส่วนที่เหลือนำไปทิ้งลงบ่อฝังกลบขยะ ดังแสดงในภาพ 10

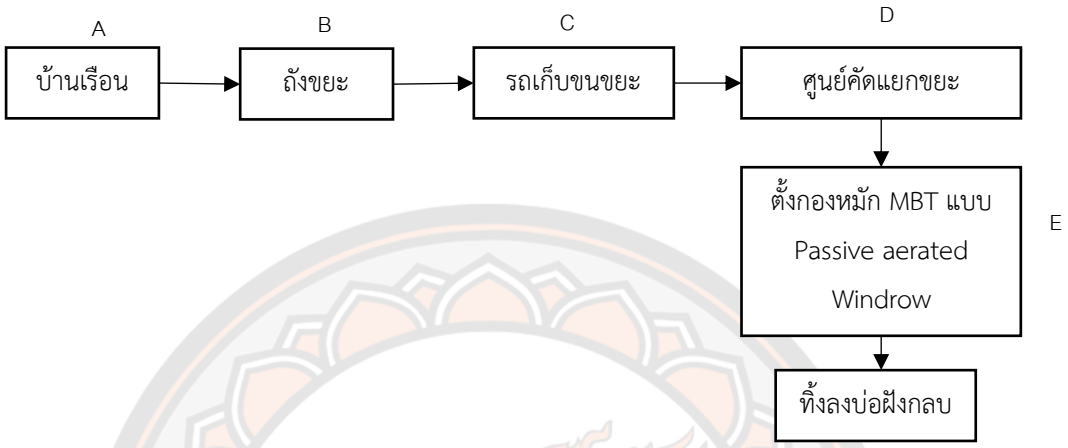


ภาพ 10 แบบจำลองการจัดการขยะแบบ MBT กรณีที่ 3

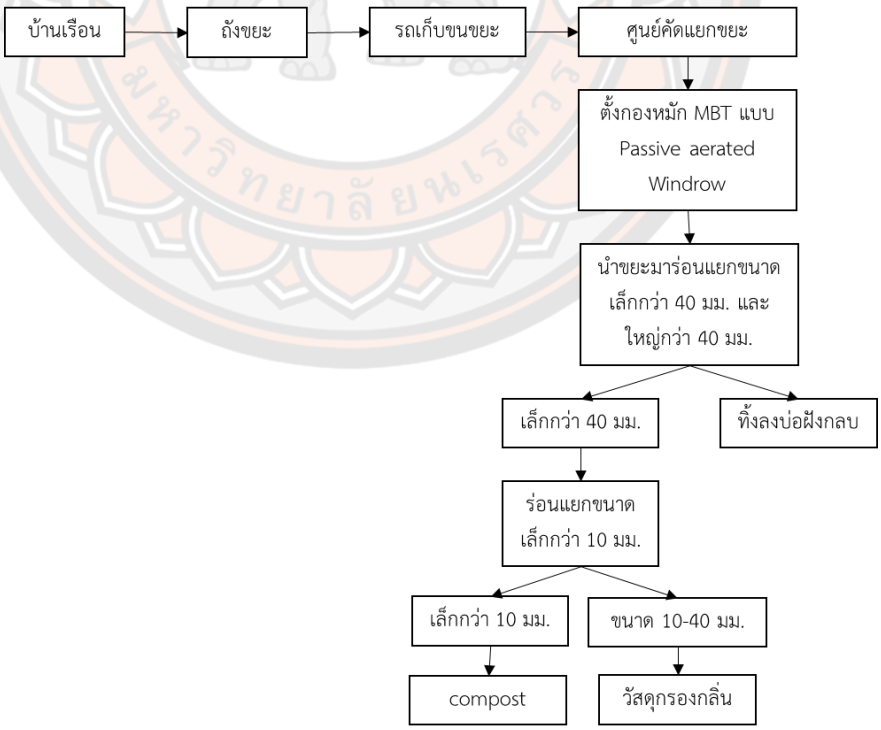
3.2 การประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของการจัดการขยะด้วยกรรมวิธีเชิงกล-ชีวภาพ

ขอบเขตของการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของการจัดการขยะด้วยกรรมวิธีเชิงกล-ชีวภาพ เป็นการศึกษาการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของแบบจำลองสถานการณ์การจัดการขยะมูลฝอยเทศบาลเมืองอุทัยธานีแบบเทคโนโลยีการจัดการขยะมูลฝอยชุมชนครบวงจร MBT ซึ่งเป็นการประเมินแบบ เครเดิล ทู เกรฟ (Cradle to Grave) โดยเริ่มต้นตั้งแต่ เจ้าหน้าที่เก็บรวบรวมขยะตามถังขยะตามจุดที่กำหนดไว้ในเขตเทศบาลตามจุด B จากนั้นขนส่งไปยังศูนย์คัดแยกขยะจุด D ขยะเข้าระบบการจัดการขยะแบบ MBT จุด A - D เป็นส่วนของการขนส่งขยะจาก บ้านเรือน ไปยัง ศูนย์คัด

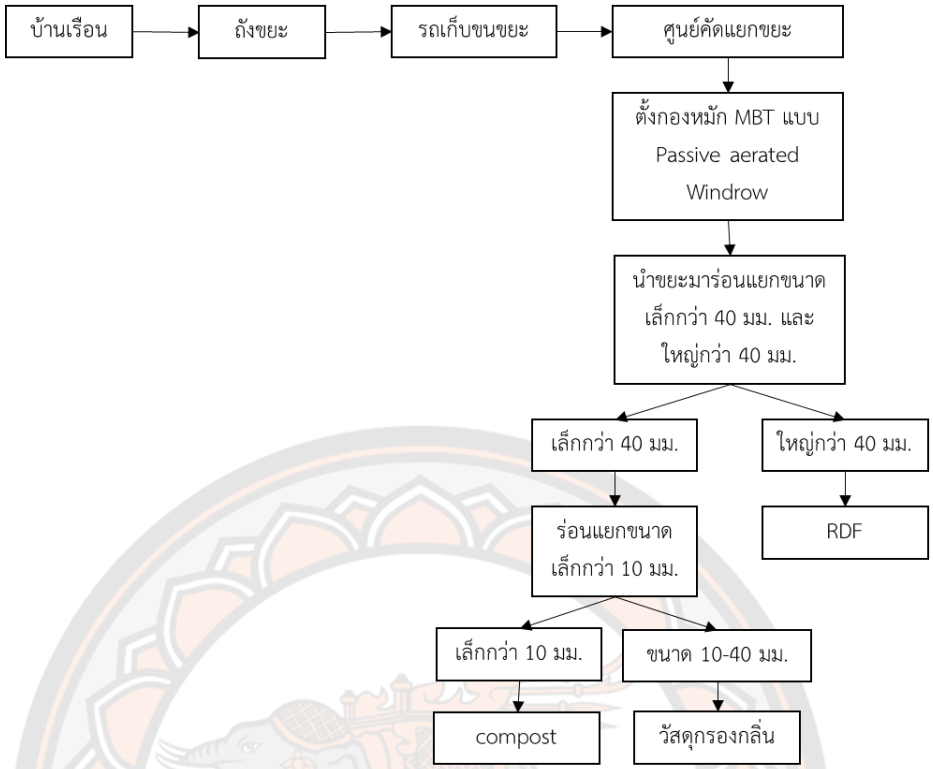
แยกขยะ MBT ส่วน จุด D – E เป็นส่วนของกระบวนการบำบัดด้วยกรรมวิธีเชิงกล-ชีวภาพ โดยแบ่งออกเป็น 3 กรณี ดังแสดงในภาพ 11, 12 และ 13 ตามลำดับ โดยที่ตั้งสมมุติฐานว่าปริมาณขยะบ้านเรือนขนขยะไปยังถังขยะ จุด A เนื่องจากประชาชนใช้วิธีการเดินในการขนขยะไปยังถังขยะ



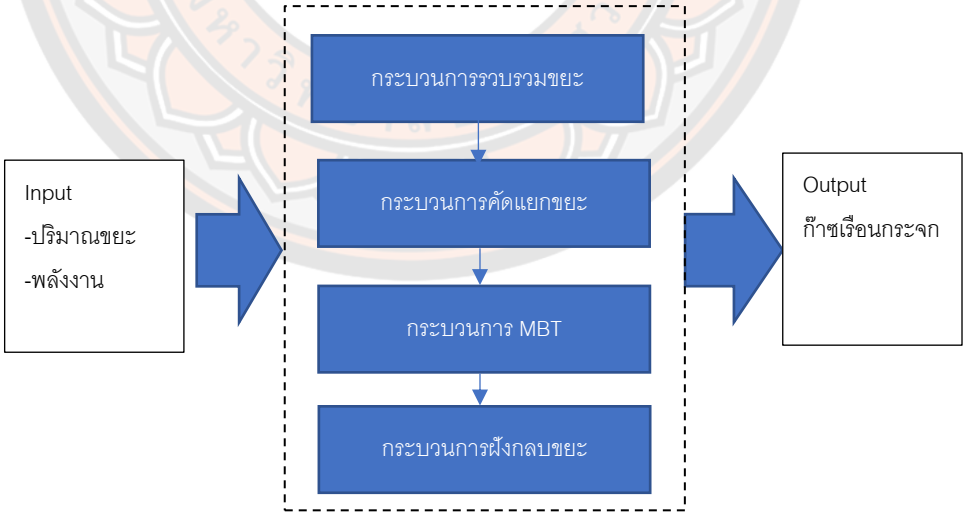
ภาพ 11 ขอบเขตการศึกษาการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของการจัดการขยะเทศบาลเมืองอุทัยธานี ด้วยกรรมวิธีเชิงกล-ชีวภาพ กรณีที่ 1



ภาพ 12 ขอบเขตการศึกษาการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของการจัดการขยะเทศบาลเมืองอุทัยธานี ด้วยกรรมวิธีเชิงกล-ชีวภาพ กรณีที่ 2



ภาพ 13 ขอบเขตการศึกษาการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของการจัดการขยะเทศบาลเมืองอุทัยธานี ด้วยกรรมวิธีเชิงกล-ชีวภาพ กรณีที่ 3



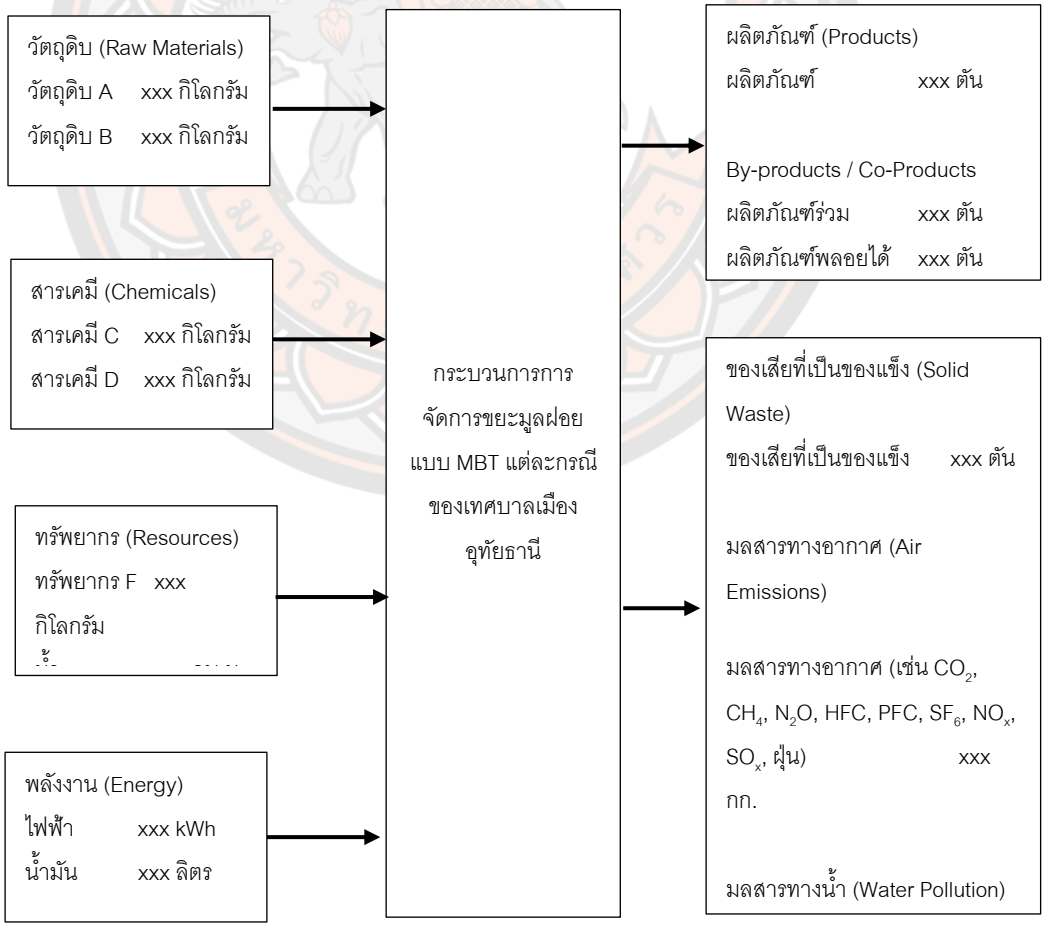
ภาพ 14 ขอบเขตของการศึกษาปริมาณก๊าซเรือนกระจกของการกำจัดขยะด้วยวิธีเชิงกล-ชีวภาพ

3.1.1.2 หน่วยการทำงาน (Functional Unit)

การกำหนดหน่วยการทำงานมีวัตถุประสงค์เพื่อใช้เป็นพื้นฐานในการเก็บข้อมูลปริมาณสารขาเข้าและสารขาออกในแต่ละขั้นตอน เพื่อใช้ในการเปรียบเทียบคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของการจัดการขยะเทศบาลเมืองอุทัยธานี โดยงานวิจัยนี้กำหนดให้หน่วยการทำงานคือ ปริมาณขยะมูลฝอยชุมชน 1 ตัน

3.2 การจัดทำบัญชีรายการด้านสิ่งแวดล้อม (Life Cycle Inventory: LCI)

ในขั้นตอนกรจัดทำบัญชีรายการด้านสิ่งแวดล้อม มีหน้าที่เพื่อจัดเก็บข้อมูลตลอดวัฏจักรชีวิตของการจัดการขยะมูลฝอยชุมชนของเทศบาลเมืองอุทัยธานี โดยลักษณะการเก็บข้อมูลจากข้อมูลจากแหล่งต่าง ๆ นั้น จะดำเนินการภายใต้กรอบของการประเมินวัฏจักรชีวิต (Life cycle assessment: LCA) โดยจะมุ่งประเด็นการเก็บข้อมูลสารขาเข้าและสารขาออกที่ใช้วัตถุดิบ ทรัพยากร และกากของเสียที่เกิดขึ้นตั้งแต่กระบวนการได้มาซึ่งวัตถุดิบไปจนถึงกระบวนการการฝังกลบ และทำการสรุปข้อมูลให้อยู่ในรูปแบบบัญชีรายการด้านสิ่งแวดล้อม



ภาพ 15 ตัวอย่างบัญชีรายการด้านสิ่งแวดล้อม

3.2.1 การขนส่งขยะ

ศึกษาข้อมูลการเคลื่อนที่ของขยะมูลฝอยชุมชนของเทศบาลเมืองอุทัยธานีจากงานวิจัยระบบโลจิสติกส์ของขยะชุมชนในเขตเทศบาลเมืองอุทัยธานี (ปภพ อินอ้าย, 2562) การขนส่งในแต่ละขั้นตอนที่เกี่ยวข้องกับการจัดการขยะมูลฝอยชุมชนเทศบาลเมืองอุทัยธานีประกอบด้วยดังนี้

3.2.1.1 การขนส่งขยะจากบ้านเรือนไปถังขยะ

ขยะจากบ้านเรือนในเขตเทศบาลเมืองอุทัยธานี ใช้วิธีขนขยะไปยังถังขยะโดยการเดินจึงไม่มีการปลดปล่อยคาร์บอนฟุตพริ้นท์

3.2.1.2 การขนส่งขยะจากถังขยะในเขตเทศบาลเมืองอุทัยธานีไปยังบ่อฝังกลบ

การเก็บรวบรวมขยะโดยเจ้าหน้าที่ของเทศบาลเมืองอุทัยธานีจะถูกส่งไปยังบ่อฝังกลบ ซึ่งการขนส่งใช้รถบรรทุกขยะ 3 คัน 3 เส้นทาง และระยะทางทั้ง 3 เส้นทาง

ตาราง 4 บัญชีรายการเก็บข้อมูลของการขนส่งขยะแต่ละเส้นทาง

กระบวนการหลัก	กระบวนการย่อย	ข้อมูลที่เก็บรวบรวม
การขนส่งขยะเส้นทางที่ 1	ถังขยะตามพื้นที่ตามเส้นทางรถเก็บขยะคันที่ 1 ไปยัง บ่อฝังกลบ	- ปริมาณน้ำหนักของขยะ - ประเภทรถบบรทุก - ระยะทางการขนส่ง - ปริมาณน้ำมันเชื้อเพลิง
การขนส่งขยะเส้นทางที่ 2	ถังขยะตามพื้นที่ตามเส้นทางรถเก็บขยะคันที่ 2 ไปยัง บ่อฝังกลบ	- ปริมาณน้ำหนักของขยะ - ประเภทรถบบรทุก - ระยะทางการขนส่ง - ปริมาณน้ำมันเชื้อเพลิง
การขนส่งขยะเส้นทางที่ 3	ถังขยะตามพื้นที่ตามเส้นทางรถเก็บขยะคันที่ 3 ไปยัง บ่อฝังกลบ	- ปริมาณน้ำหนักของขยะ - ประเภทรถบบรทุก - ระยะทางการขนส่ง - ปริมาณน้ำมันเชื้อเพลิง

ตาราง 5 บัญชีรายการเก็บข้อมูลของการฝังกลบ

กระบวนการหลัก	กระบวนการย่อย	ข้อมูลที่เก็บรวบรวม
การฝังกลบขยะ	การฝังกลบขยะมูลฝอยชุมชน	- ปริมาณขยะ

ตาราง 6 บัญชีรายการเก็บข้อมูลของเทคโนโลยีการจัดการขยะด้วยวิธีเชิงกล-ชีวภาพ

กระบวนการหลัก	กระบวนการย่อย	ข้อมูลที่เก็บรวบรวม
เทคโนโลยีการจัดการขยะด้วยวิธีเชิงกล-ชีวภาพ	การจัดการขยะด้วยวิธีเชิงกล-ชีวภาพ	- ปริมาณน้ำมันเชื้อเพลิง

3.3 การประเมินผลกระทบ (Impact Assessment)

เมื่อได้ข้อมูลแล้วจึงนำข้อมูลมาวิเคราะห์หาปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ปล่อยออกมาจากการจัดการขยะมูลฝอยเทศบาลเมืองอุทัยธานี ซึ่งค่าปริมาณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกของสารชนิดต่าง ๆ (Emission Factor) อ้างอิงจากคู่มือแนวทางการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นของผลิตภัณฑ์ของไทย (ปี พ.ศ. 2556) เนื่องจากเป็นฐานข้อมูลของประเทศที่ค่าเป็นจริงของการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่ปล่อยออกมาได้ใกล้เคียงความเป็นจริงมากที่สุด

3.4 การแปลผล (Interpretation)

เป็นการแปลผลจากขั้นตอนของการประเมินผลกระทบ ทำให้ทราบถึงแนวทางการลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมของผลิตภัณฑ์ โดยชี้ชัดได้อย่างชัดเจนถึงกระบวนการที่ก่อให้เกิดผลกระทบกับสิ่งแวดล้อม

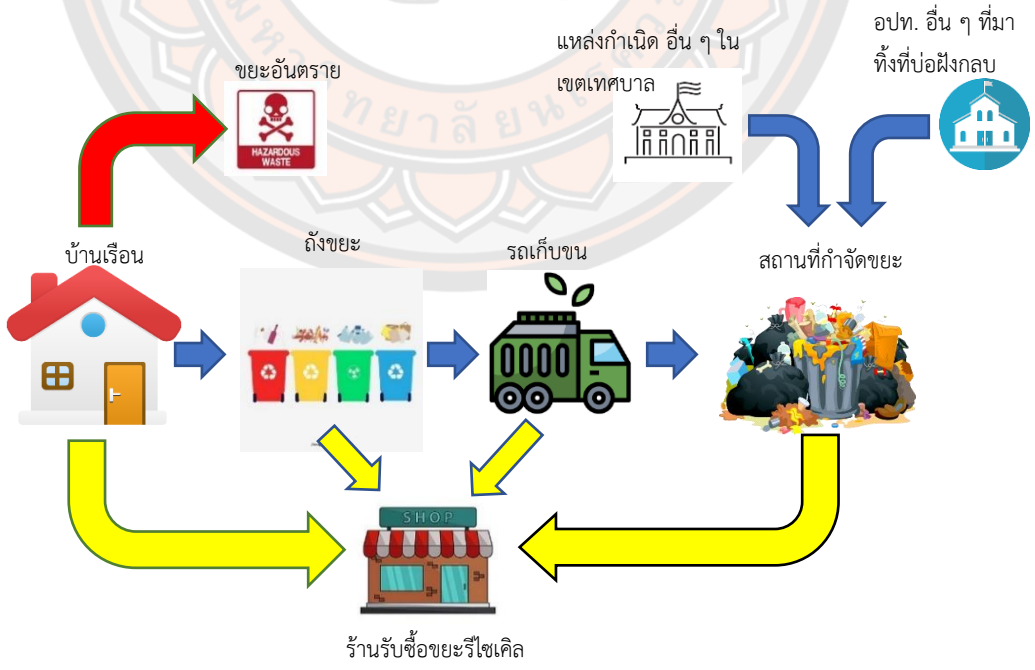
บทที่ 4

ผลการวิจัย

1. การศึกษาสถานการณ์และการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของการจัดการขยะของเทศบาลเมืองอุทัยธานี

1.1 การจัดการขยะของเทศบาลเมืองอุทัยธานี

การกระจายตัวของขยะในเขยเทศบาลเมืองอุทัยธานี พบว่า ปริมาณขยะที่เกิดขึ้นจากบ้านเรือนมีปริมาณเฉลี่ยเท่ากับ 11.62 ตัน/วัน และบ้านเรือนมีการคัดแยกขยะรีไซเคิลขายปริมาณเฉลี่ย 3.06 ตัน/วัน ขยะส่วนที่เหลือนำไปทิ้งในถังขยะของเทศบาลเมืองอุทัยธานี จากนั้นมีคนมาคุ้ยขยะรีไซเคิลจากถังขยะปริมาณเฉลี่ยเท่ากับ 0.12 ตัน/วัน ส่วนที่เหลือเทศบาลทำการเก็บรวบรวมขยะจากถังขยะตามจุดที่กำหนดในเขตเทศบาลเมืองอุทัยธานี และพบว่ามี รถ 1คัน ที่เก็บขนขยะมีการคัดแยกขยะรีไซเคิลเพื่อนำไปขายมีปริมาณเฉลี่ยเท่ากับ 0.05 ตัน/วัน และขยะจากแหล่งอื่น ๆ ได้แก่ หน่วยงานราชการ หน่วยงานของรัฐ และอื่น ๆ มีปริมาณเฉลี่ยเท่ากับ 5.25 ตัน/วัน แล้วจากนั้นรถเก็บขนขยะในเขตเทศบาลเมืองอุทัยธานีทั้ง 3 เส้นทางจะนำไปกำจัดที่บ่อฝังกลบของเทศบาลเมืองอุทัยธานี ปริมาณเฉลี่ยเท่ากับ 16.75 ตัน/วัน (ปภพ อินอ้าย,2562)



ภาพ 16 ผังการเคลื่อนที่ของขยะในเขตเทศบาลเมืองอุทัยธานี

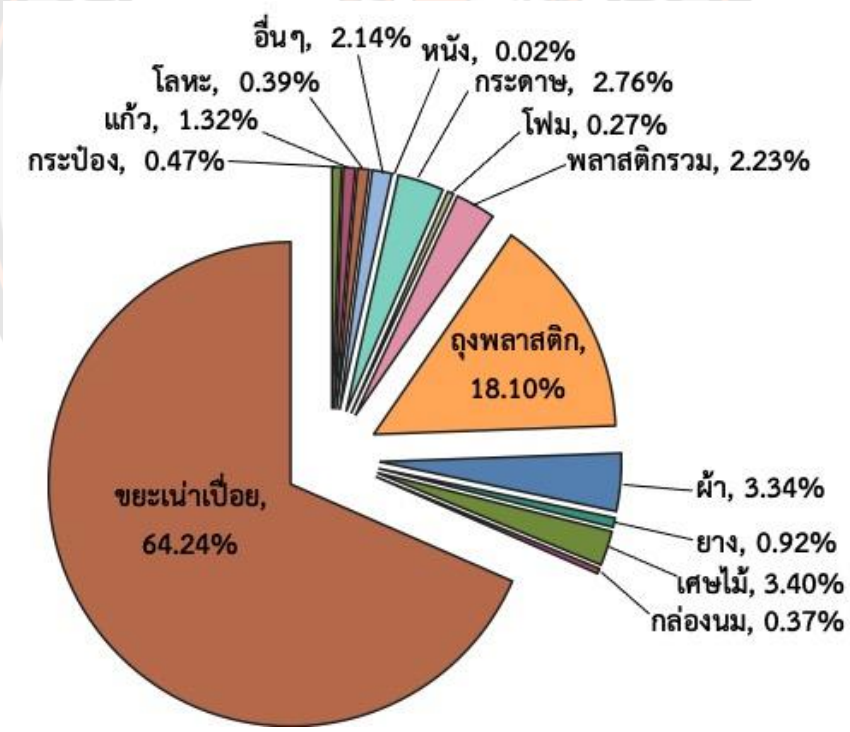
1.2 ปริมาณและองค์ประกอบขยะของเทศบาลเมืองอุทัยธานี

1.2.1 ปริมาณขยะของเทศบาลเมืองอุทัยธานี

จากการศึกษาปริมาณขยะที่เข้ามายังบ่อฝังกลบขยะ สามารถสรุปปริมาณขยะที่นำมากำจัดที่บ่อฝังกลบขยะของเทศบาลเมืองอุทัยธานี ปริมาณขยะในเขตเทศบาลเมืองอุทัยธานี 16.70 ตัน/วัน ปริมาณขยะของ อปท. อื่น ๆ ที่มาฝังกลบขยะมูลฝอย 27.64 ตัน/วัน รวมปริมาณขยะที่เข้ามายังบ่อฝังกลบขยะของเทศบาลเมืองอุทัยธานีมีปริมาณ 44.34 ตัน/วัน (ปภพ อินอ้าย,2562)

1.2.2 องค์ประกอบขยะของเทศบาลเมืองอุทัยธานี

องค์ประกอบขยะมูลฝอยของเทศบาลเมืองอุทัยธานีพบว่า องค์ประกอบขยะมูลฝอยเฉลี่ยของเทศบาลเมืองอุทัยธานีมีปริมาณอินทรีย์ย่อยสลายง่าย มากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 64.24 รองลงมาคือ ถุงพลาสติก คิดเป็นร้อยละ 18.1 รองลงมาคือเศษไม้ ผ้า กระดาษ พลาสติกรวม และแก้ว ซึ่งมีปริมาณใกล้เคียงกัน คิดเป็นร้อยละ 3.4, 3.34, 2.76, 2.23 และ1.32 ตามลำดับ ดังแสดงในภาพ 17

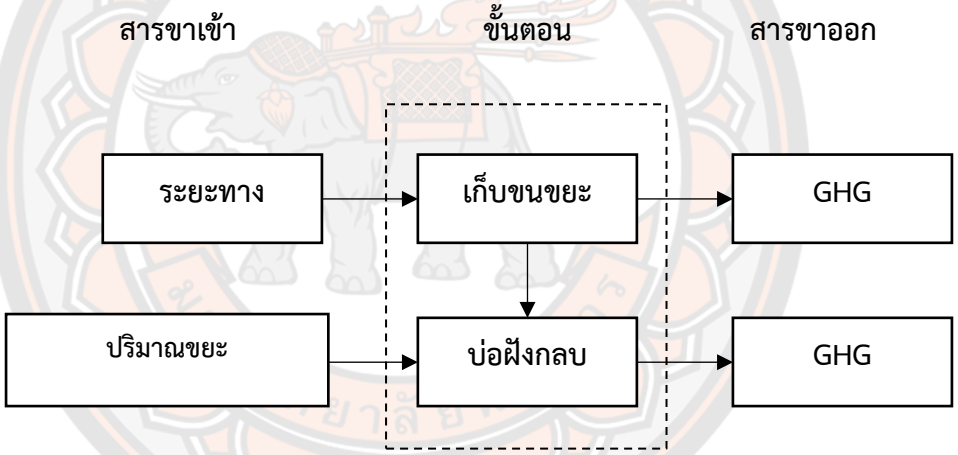


ภาพ 17 แสดงองค์ประกอบขยะมูลฝอยของบ่อฝังกลบ เทศบาลเมืองอุทัยธานี

1.3 การประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์บ่อฝังกลบขยะของเทศบาลเมืองอุทัยธานี

1.3.1 การประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นของขยะที่เข้าบ่อฝังกลบของเทศบาลเมืองอุทัยธานี

ปริมาณสารขาเข้า และปริมาณสารขาออกจากการจัดการขยะของเทศบาลเมืองอุทัยธานี ตั้งแต่เทศบาลเก็บขนขยะจากถังขยะในเขตเทศบาลเมืองอุทัยธานี และนำมาฝังกลบที่บ่อฝังกลบขยะของเทศบาลเมืองอุทัยธานี ซึ่งขั้นตอนจากการทิ้งขยะจากบ้านเรือนลงสู่ถังขยะ ประชาชนใช้วิธีการเดินไปทิ้งที่ถังขยะหน้าบ้านเป็นหลังจึงไม่นำมาคำนวณ ขั้นตอนการเก็บรวบรวมขยะของเทศบาลเมืองอุทัยธานี มีทั้งหมด 3 เส้นทาง เก็บรวบรวมโดยใช้รถบรรทุกขยะ 6 ล้อ โดยมีระยะทางจากการเก็บขนขยะรวมทั้ง 3 เส้นทาง เท่ากับ 82.48 km และหลังจากส่งขยะเสร็จรถเก็บขนขยะจะกลับไปจอดที่เทศบาลมีระยะทางรวมเท่ากับ 36.36 km และบ่อฝังกลบขยะของเทศบาลเมืองอุทัยธานีมีปริมาณเฉลี่ยอยู่ที่ 44.34 ตัน/วัน ปริมาณสารขาเข้าและสารขาออก ดังแสดงในภาพ 18 และบัญชีรายการสิ่งแวดล้อม ดังแสดงในตาราง 7



ภาพ 18 ขั้นตอนการจัดการขยะของเทศบาลเมืองอุทัยธานี

ตาราง 7 บัญชีรายการสิ่งแวดล้อมสำหรับการจัดการขยะในปัจจุบัน

ข้อมูล	การจัดการขยะของ ทม. อุทัยธานี ในปัจจุบัน
สารขาเข้า	
การขนส่งขยะ (km)	
- รถบรรทุกขยะ 6 ล้อ เที่ยวเก็บขนขยะ (100% loading)	82.48
- รถบรรทุกขยะ 6 ล้อ เที่ยวกลับเทศบาล (0% loading)	36.36

ข้อมูล	การจัดการขยะของ ทม. อุทัยธานี ในปัจจุบัน
การฝังกลบ (ตัน)	
- ขยะอินทรีย์ย่อยสลายง่าย	0.64
- เศษไม้	0.03
- ยางและหนัง	0.01
- ผ้า	0.03
- โฟม	0.00
- พลาสติก	0.20
- กระดาษ	0.03
- แก้ว	0.01
- โลหะ	0.01
- อื่นๆ	0.02
สารขาออก	
ก๊าซ CO_2 จากภาคการขนส่งขยะ (TCO_2eq/ตันขยะ)	0.06
ก๊าซ CO_2 จากภาคการฝังกลบขยะ (TCO_2eq/ตันขยะ)	2.41

จากบัญชีรายการสิ่งแวดล้อมสำหรับการจัดการขยะในปัจจุบันตามตาราง 7 การคำนวนการปล่อยคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของการจัดการขยะแบบดั่งเดิมนั้นพบว่า ขยะมูลฝอยของเทศบาลเมืองอุทัยธานีมีการปล่อยคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของขยะ 1 ตัน อยู่ที่ 2.41 TCO_2eq/ตันขยะ โดยขยะอินทรีย์ย่อยสลายง่ายมีการปล่อยคาร์บอนฟุตพริ้นท์มากที่สุด รองลงมาคือ พลาสติก เศษไม้ กระดาษ ผ้า ยางและหนัง โฟม แก้ว โลหะ ตามลำดับ โดยขยะอื่น ๆ ไม่ได้นำมาคิดด้วยเพราะมีขยะหลายชนิดประปนกันอยู่ เช่น ซองขนม ถ่านไฟฉาย ที่นอน นุ่น เป็นต้น ดังแสดงในตาราง 8

ตาราง 8 ปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์ประกอบขยะเทศบาลเมืองอุทัยธานี

ชนิด	ปริมาณขยะ (ตัน)	Emission Factor (TCO_2eq/ตันขยะ)	คาร์บอนฟุตพริ้นท์ (TCO_2eq/ตันขยะ)	ที่มา
ขยะอินทรีย์	0.64	2.53	1.62	TGO 2565
เศษไม้	0.03	3.33	0.10	TGO 2565
ยางและหนัง	0.01	3.13	0.03	TGO 2565

ชนิด	ปริมาณขยะ (ตัน)	Emission Factor (TCO_2eq/ตันขยะ)	คาร์บอนฟุตพริ้นท์ (TCO_2eq/ตันขยะ)	ที่มา
ผ้า	0.03	2	0.06	TGO 2565
โฟม	0.00	2.32	0.00	TGO 2565
พลาสติก	0.20	2.32	0.46	TGO 2565
กระดาษ	0.03	2.93	0.09	TGO 2565
แก้ว	0.01	0.48	0.00	IPCC 2006
โลหะ	0.01	0.48	0.00	IPCC 2006
รวม	1		2.41	

1.3.2 การประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นของการขนส่งขยะในเขตของเทศบาลเมืองอุทัยธานีไปยังบ่อฝังกลบ

จากบัญชีรายการสิ่งแวดล้อมสำหรับการจัดการขยะในปัจจุบันตามตาราง 10 พบว่าปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์จากเส้นทางการเดินรถเก็บรวบรวมขยะทั้งหมดของเทศบาลเมือง พบว่ารถเก็บรวบรวมขยะทั้ง 3 เส้นทาง มีการปล่อยคาร์บอนฟุตพริ้นท์เที่ยวเก็บรวบรวมขยะไปยังบ่อฝังกลบและเที่ยวกลับจากบ่อฝังกลบมายังเทศบาลเมืองทั้ง 0.06 TCO_2eq/ตันขยะ โดยแบ่งเป็นการเก็บขนขยะระยะทางขาเก็บรวบรวมขยะขนไปบ่อฝังกลบรวมเท่ากับ 82.48 km และระยะทางขากลับจากบ่อฝังกลบมาจอดรถเก็บรวมรวบขยะที่เทศบาลเมืองมีระยะทางรวม 36.36 km ดังแสดงในตาราง 9 และ 10

ตาราง 9 ปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของการขนส่งขยะในเขตเทศบาลเมืองอุทัยธานีขาไปบ่อฝังกลบ

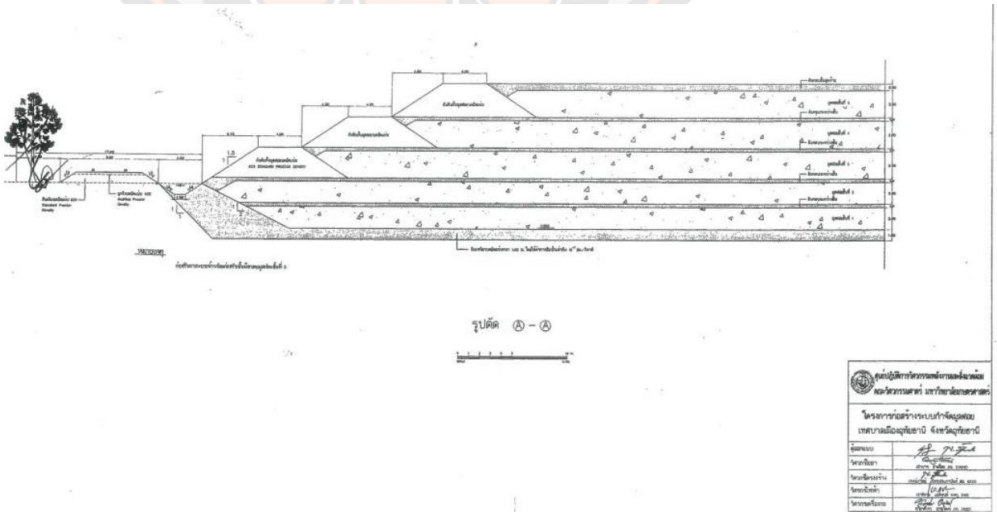
กิจกรรม	ระยะทาง (กม.)	ปริมาณขยะที่เก็บขน (ตัน)	(tkm/ตันขยะ)	Emission Factor (TCO_2eq/tkm)	คาร์บอนฟุตพริ้นท์ (TCO_2eq/ตันขยะ)	ที่มา
รถบรรทุกขยะ 6 ล้อ เที่ยวเก็บขนขยะ (100% loading)	82.48	16.75	1381.54	0.047	0.064	TGO 2565

ตาราง 10 ปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของการขนส่งขยะในเขตเทศบาลเมืองอุทัยธานีขากลับเทศบาล

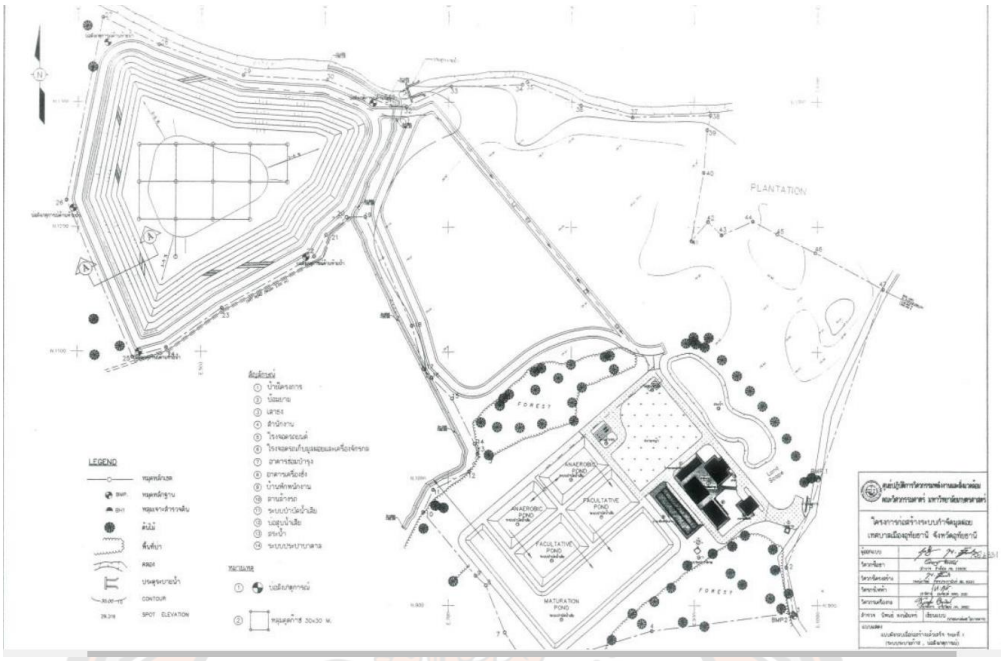
กิจกรรม	ระยะทาง (กม.)	Emission Factor (TCO_2eq/tkm)	คาร์บอนฟุตพริ้นท์ (TCO_2eq/วัน)	ที่มา
รถบรรทุกขยะ 6 ล้อ เที่ยวกลับเทศบาล (0% loading)	36.36	0.48	0.0004	TGO 2565

2. การศึกษาการดำเนินงานและประเมินอายุการใช้งานของบ่อฝังกลบขยะของเทศบาลเมืองอุทัยธานี

เทศบาลเมืองอุทัยธานี มีที่ดินบ่อฝังกลบขยะ จำนวน 107 ไร่ 2 งาน 32 ตารางวา เริ่มดำเนินการฝังกลบขยะมูลฝอย แบบถูกหลักสุขาภิบาล ระยะที่ 1 จำนวน 4 บ่อ เมื่อปีงบประมาณ 2544 และดำเนินการมาจนถึงปัจจุบัน เทศบาลเมืองอุทัยธานี และองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นใกล้เคียง จำนวน 19 แห่ง ได้นำขยะมากำจัด ณ บ่อฝังกลบแห่งนี้ โดยพบว่า มีปริมาณขยะมูลฝอยเข้ามาฝังกลบในพื้นที่ มีปริมาณเฉลี่ย 44 ตัน/วัน และยังพบว่าบ่อฝังกลบขยะมูลฝอย ระยะที่ 1 มีพื้นที่ 26.63 ไร่ ซึ่งปัจจุบันบ่อฝังกลบขยะของเทศบาลเมืองอุทัยธานีได้ทำการฝังกลบขยะไปแล้ว 5 ชั้น ชั้นละ 3 เมตร รวมความสูง 15 เมตร โดยบ่อฝังกลบขยะของเทศบาลเมืองอุทัยธานีได้ถูกออกแบบมาให้รับปริมาณขยะไว้ที่ 3 ชั้น ส่งผลให้ ณ ปัจจุบันบ่อฝังกลบขยะของเทศบาลเมืองอุทัยธานีได้มีการฝังกลบขยะเกินไปแล้ว 2 ชั้น ดังแสดงตามภาพที่ 19 และ 20



ภาพ 19 ภาพตัดขวางบ่อฝังกลบขยะเทศบาลเมืองอุทัยธานี



ภาพ 20 ภาพมุมสูงบ่อฝังกลบขยะ

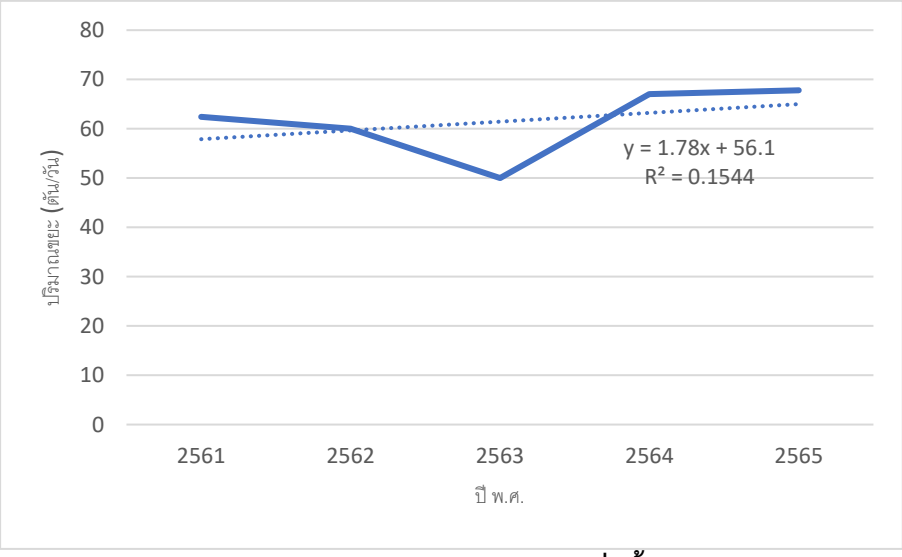
ภาพ 21 จำนวนชั้นของบ่อฝังกลบของเทศเมืองอุทัยธานี

2.1 การคาดการณ์ปริมาณขยะของเทศบาลเมืองอุทัยธานี

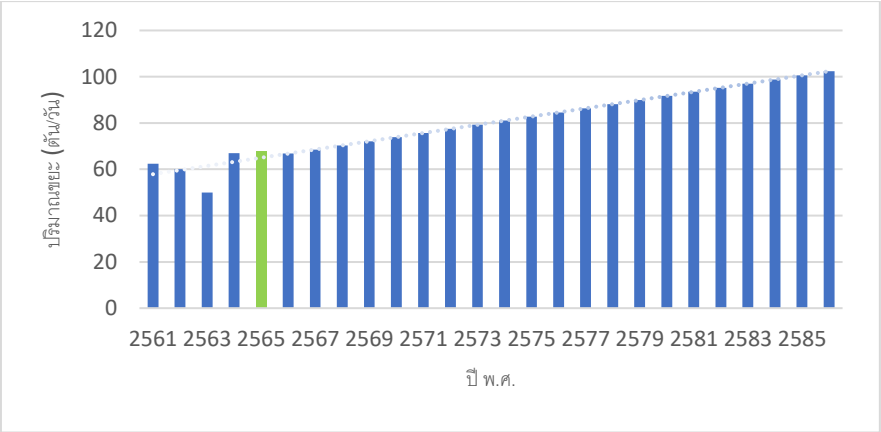
จากข้อมูลปริมาณขยะที่เข้ามายังบ่อฝังกลบของเทศบาลเมืองอุทัยธานี จากระบบสาระสนเทศด้านการจัดการขยะมูลฝอยชุมชน (กรมควบคุมมลพิษ) ปี 2561 – 2565 ข้อมูลย้อนหลัง 5 ปี ในดังแสดงในตาราง 11 และกราฟเส้นแนวโน้มแสดงถึงทิศทางการเพิ่มขึ้นของขยะที่เข้ามายังบ่อฝังกลบดังแสดงในกราฟที่ 1 จากนั้นใช้โปรแกรม Excel คาดการณ์ปริมาณขยะที่เข้าบ่อฝังกลบของเทศบาลเมืองอุทัยธานีนำมาทำแบบจำลองคาดการณ์ปริมาณขยะในอนาคต 20 ปี และปริมาณขยะสะสม ดังแสดงในภาพ 23

ตาราง 11 ข้อมูลปริมาณขยะที่เข้าบ่อฝังกลบเทศบาลเมืองอุทัยธานี

ปี	ปริมาณขยะ (ตัน/วัน)
2561	62.4
2562	60
2563	50
2564	67
2565	60



ภาพ 22 กราฟแสดงเส้นแนวโน้มการเพิ่มขึ้นของขยะ



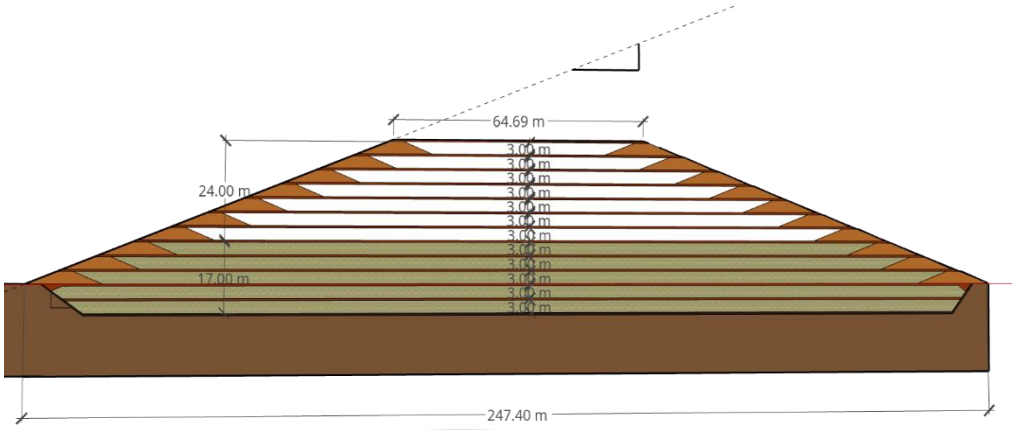
ภาพ 23 คาดการณ์ปริมาณขยะที่เข้ามายังบ่อฝังกลบของเทศบาลเมืองอุทัยธานี

จากกราฟการคาดการณ์ปริมาณขยะที่เข้ามายังบ่อฝังกลบขยะของเทศบาลเมืองอุทัยธานี จากข้อมูล ปีพ.ศ. 2561 – 2565 พบว่ามีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอีกในอนาคต จากการคาดการณ์ปริมาณขยะในอีก 20 ปีข้างหน้า จะมีปริมาณขยะเข้ามายังบ่อฝังกลบขยะเท่ากับ 102.38 ตัน/วัน

2.2 การคาดการณ์อายุการใช้งานของบ่อฝังกลบขยะของเทศบาลเมืองอุทัยธานี

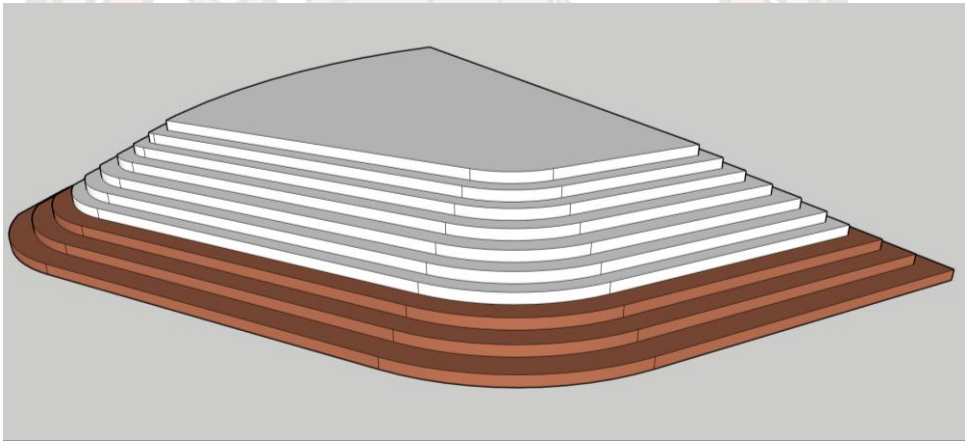
จากข้อมูลภาพตัดขวางและภาพมุมสูงของบ่อฝังกลบขยะเทศบาลเมืองอุทัยธานี ดังแสดงในภาพ 19 และ 20 พบว่าบ่อฝังกลบขยะของเทศบาลเมืองอุทัยธานีได้ทำการฝังกลบขยะไปแล้ว 5 ชั้น ชั้นละ 3 เมตร รวมความสูง 15 เมตร โดยบ่อฝังกลบขยะของเทศบาลเมืองอุทัยธานีได้ถูกออกแบบมาให้รับปริมาณขยะไว้ที่ 3 ชั้น ส่งผลให้ ณ ปัจจุบันบ่อฝังกลบขยะของเทศบาลเมืองอุทัยธานีได้มีการฝังกลบขยะเกินไปแล้ว 2 ชั้น

การคาดการณ์อายุการใช้งานบ่อฝังกลบขยะของเทศบาลเมืองอุทัยธานีพบว่าถ้ากำหนดความชันด้านข้างมีความชันเท่ากับ 1:3 (กรมควบคุมมลพิษ) และชั้นบนสุดของบ่อฝังกลบต้องมีพื้นที่ให้รถขยะ รถแบคโฮ รถไถ ทำงานประมาณ 50 ตร.ม บ่อฝังกลบขยะสามารถรองรับขยะได้อีก 7 ชั้น ดังแสดงในภาพ 24 และ 25



ภาพ 24 คาดการณ์ปริมาณขยะที่บ่อฝังกลบสามารถรองรับได้

จากภาพ 24 คาดการณ์ปริมาณขยะที่บ่อฝังกลบสามารถรองรับได้ จะเห็นได้ว่าบ่อฝังกลบขยะมีการฝังกลบไปแล้ว 5 ชั้น ตามสีน้ำตาล และสามารถรองรับปริมาณขยะได้อีก 7 ชั้น ตามสีขาว เนื่องจากรถขยะ รถไถ รถแบคโฮ จำเป็นต้องใช้พื้นที่ในการกลับรถจึงกำหนดให้ชั้นบนสุดมีพื้นที่ไม่น้อยกว่า 50 ม.



ภาพ 25 แบบจำลองบ่อฝังกลบขยะเทศบาลเมืองอุทัยธานีที่สามารถรองรับปริมาณขยะได้อีก 7 ชั้น

หลังจากการคาดการณ์ความสามารถในการรองรับขยะของบ่อฝังกลบ การคำนวนปริมาณขยะที่บ่อฝังกลบขยะของเทศบาลเมืองอุทัยธานีสามารถรองรับได้ในแต่ละชั้นใช้สูตรการคำนวณดังสมการข้างล่าง โดยความสูงกำหนดให้เป็น 3 เมตร ในแต่ละชั้น และความหนาแน่นกำหนดให้เป็น 221.86 kg/m^3 ตามการคำนวนในภาคผนวก และแสดงดังตาราง 12

ปริมาณขยะ = ขนาดพื้นที่ × ความสูง × ความหนาแน่น

ตาราง 12 ตารางแสดงปริมาณขยะที่สามารถรองรับได้ในแต่ละชั้น

ชั้นที่	ขนาดพื้นที่ (ม.^{2})	ปริมาณขยะที่รองรับได้ (ตัน)
ชั้นที่ 1	16,204.61	12,153.46
ชั้นที่ 2	13,300.65	9,975.49
ชั้นที่ 3	10,650.55	7,987.91
ชั้นที่ 4	8,590.14	6,442.61
ชั้นที่ 5	6,633.39	4,975.04
ชั้นที่ 6	4,931.02	3,698.27
ชั้นที่ 7	3,356.00	2,517.00
รวม	63,666.36	47,749.77

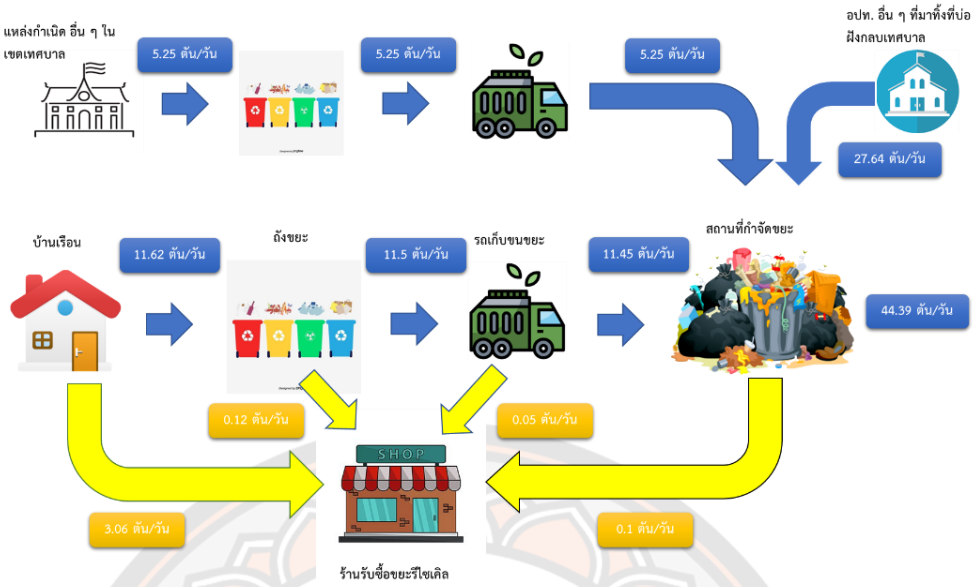
จากตาราง 12 พบว่าบ่อฝังกลบของเทศบาลเมืองอุทัยธานีสามารถรองรับปริมาณขยะอีก 7 ชั้น โดยแบ่งออกเป็น ชั้นที่ 1 ปริมาณเท่ากับ 12,153.46 ตัน ชั้นที่ 2 ปริมาณเท่ากับ 9,975.49 ตัน ชั้นที่ 3 ปริมาณเท่ากับ 7,987.91 ตัน ชั้นที่ 4 ปริมาณเท่ากับ 6,442.61 ตัน ชั้นที่ 5 ปริมาณเท่ากับ 4,975.04 ตัน ชั้นที่ 6 ปริมาณเท่ากับ 3,698.27 ตัน และชั้นที่ 7 ปริมาณเท่ากับ 2,517 ตัน รวมปริมาณขยะที่บ่อฝังกลบสามารถรับได้จนกว่าจะเต็มเท่ากับ 47,749.77 ตัน

3. การสร้างแบบจำลองสถานการณ์การใช้การบำบัดด้วยกรรมวิธีเชิงกล-ชีวภาพ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการใช้งานบ่อฝังกลบขยะและทำการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์

การสร้างแบบจำลองการจัดการขยะด้วยกรรมวิธีเชิงกล-ชีวภาพ จะเป็นการจำลองสถานการณ์หลังจากขยะเข้ามาที่สถานที่กำจัดขยะ ในส่วนของต้นทางตั้งแต่แหล่งกำเนิดขยะ บ้านเรือนประชาชนนำขยะไปทิ้งที่ถังขยะ เทศบาลเก็บรวบรวมขยะจากถังขยะ และขนส่งไปยังสถานที่กำจัดขยะ จะเป็นไปตามแบบเดิมไม่มีการเปลี่ยนแปลง

3.1 การนำรูปการจัดการขยะของเทศบาลเมืองอุทัยธานีในปัจจุบันมาทำแบบจำลองจากการจัดการขยะของเทศบาลเมืองอุทัยธานี

รูปการจัดการขยะของเทศบาลเมืองอุทัยธานีในปัจจุบันมาทำแบบจำลองจากการจัดการขยะของเทศบาลเมืองอุทัยธานีที่ต้นทาง โดยขั้นตอนการจัดการขยะของเทศบาลเมืองอุทัยธานีที่ต้นทางเป็นไปตามภาคผนวก และแผนผังแสดงการเคลื่อนที่ของขยะเทศบาลเมืองอุทัยธานี ดังแสดงในภาพ

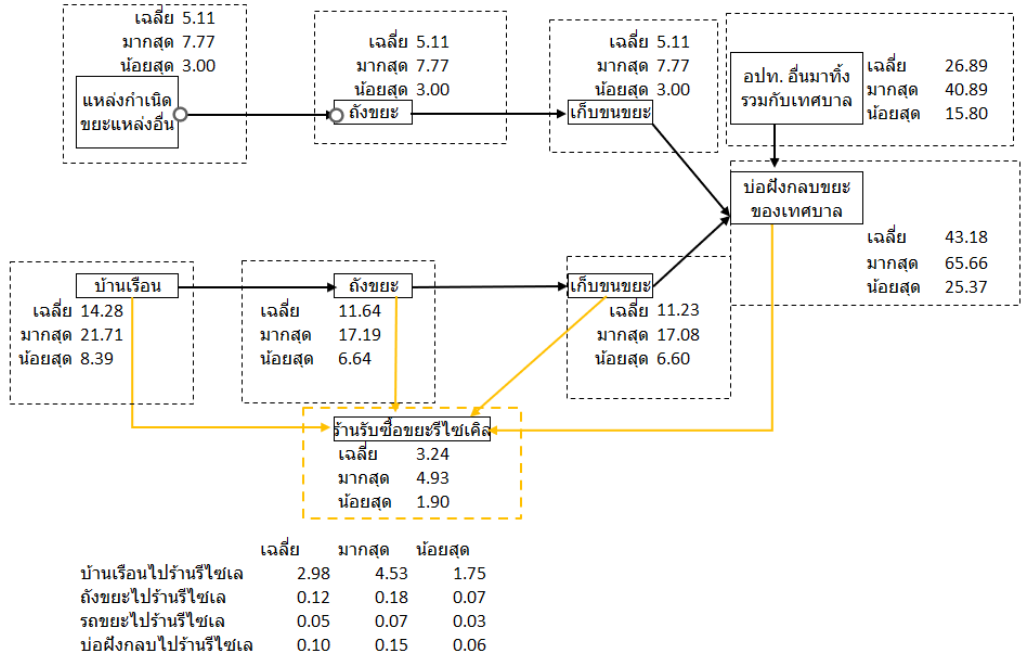


ภาพ 26 แผนผังการจัดการขยะของเทศบาลเมืองอุทัยธานีแบบดั่งเดิม

จากภาพ 26 จะแสดงในเห็นถึงการกระจายตัวของขยะในเขยเทศบาลเมืองอุทัยธานี พบว่าปริมาณขยะที่เกิดขึ้นจากบ้านเรือนมีปริมาณ 11.62 ตัน/วัน และบ้านเรือนมีการคัดแยกขยะรีไซเคิลขายปริมาณ 3.06 ตัน/วัน ขยะส่วนที่เหลือนำไปทิ้งในถังขยะของเทศบาลเมืองอุทัยธานี จากนั้นมีคนมาคุ้ยขยะรีไซเคิลจากถังขยะปริมาณ 0.12 ตัน/วัน ส่วนที่เหลือเทศบาลทำการเก็บรวบรวมขยะจากถังขยะตามจุดที่กำหนดในเขตเทศบาลเมืองอุทัยธานี และพบว่ามี รถ 1คัน ที่เก็บขนขยะมีการคัดแยกขยะรีไซเคิลเพื่อนำไปขายมีปริมาณอยู่ที่ 0.05 ตัน/วัน และขยะจากแหล่งอื่น ๆ ได้แก่ หน่วยงานราชการ หน่วยงานของรัฐ และอื่น ๆ มีปริมาณ 5.25 ตัน/วัน แล้วจากนั้นรถเก็บขนขยะในเขตเทศบาลเมืองอุทัยธานีทั้ง 3 เส้นทางจะนำไปกำจัดที่บ่อฝังกลบของเทศบาลเมืองอุทัยธานี ปริมาณ 16.75 ตัน/วัน (ปภพ อินอ้าย,2562)

3.1.1 แบบจำลองการเคลื่อนที่ของขยะที่เข้าบ่อฝังกลบของเทศบาลเมืองอุทัยธานี

จากข้อมูลการจัดการขยะของเทศบาลเมืองอุทัยธานีแบบดั่งเดิมนำมาทำแบบจำลองเพื่อหาอายุการใช้งานของบ่อฝังกลบ ดังแสดงในภาพ 27



ภาพ 27 แบบจำลองการเคลื่อนที่ของขยะเทศบาลเมืองอุทัยธานี

จากภาพแบบจำลองการจัดการขยะจะพบว่าปริมาณขยะที่เกิดขึ้นจากบ้านเรือนในเขตเทศบาลเมืองอุทัยธานีมีปริมาณเฉลี่ยเท่ากับ 14.28 ตัน/วัน มากที่สุด 21.71 ตัน/วัน น้อยที่สุด 8.39 ตัน/วัน ปริมาณขยะที่ประชาชนในพื้นที่นำมาทิ้งลงถังขยะของเทศบาลเมืองอุทัยธานีมีปริมาณเฉลี่ยเท่ากับ 11.64 ตัน/วัน มากที่สุด 17.19 ตัน/วัน น้อยที่สุด 6.64 ตัน/วัน ปริมาณขยะที่รถเก็บขนขยะจากจุดต่าง ๆ ในเขตเทศบาลเมืองอุทัยธานีมีปริมาณเฉลี่ยเท่ากับ 11.23 ตัน/วัน มากที่สุด 17.08 ตัน/วัน น้อยที่สุด 6.6 ตัน/วัน ปริมาณขยะแหล่งกำเนิดอื่น ๆ ในเทศเทศบาลที่เทศบาลนำมากำจัดที่บ่อฝังกลบมีปริมาณเฉลี่ยเท่ากับ 5.11 ตัน/วัน มากที่สุด 7.77 ตัน/วัน น้อยที่สุด 3 ตัน/วันปริมาณขยะที่ อปท. อื่น ๆ นำมาทิ้งกับเทศบาลมีปริมาณเฉลี่ยเท่ากับ 26.89 ตัน/วัน มากที่สุด 40.89 ตัน/วัน น้อยที่สุด 15.8 ตัน/วัน และปริมาณขยะที่มายังบ่อฝังกลบของเทศบาลเมืองอุทัยธานีมีปริมาณเฉลี่ยเท่ากับ 43.18 ตัน/วัน มากที่สุด 65.66 ตัน/วัน แล้วน้อยที่สุด 25.37 ตัน/วัน

3.1.2 การตรวจสอบความเหมือนจริงของแบบจำลอง

จากแบบจำลองที่ทำด้วยโปรแกรม Microsoft Excel เมื่อได้ระบบจำลองแล้ว นำผลลัพธ์ที่ได้มาเปรียบเทียบกับระบบงานจริงด้วยการนำค่าเฉลี่ยจากแบบจำลองเทียบกับค่าเฉลี่ยของข้อมูลจริงเพื่อหาความคลาดเคลื่อน ดังแสดงในตาราง 13

ตาราง 13 การตรวจสอบความเหมือนจริงของแบบจำลอง

ชนิด	ข้อมูลจริง	ระบบจำลอง	คลาดเคลื่อน
บ้านเรือน	14.68	14.70	0.11%
บ้านเรือนไปร้านรับซื้อขยะ	3.06	3.08	1.08%
ถังขยะ	11.62	11.62	-0.14%
ถังขยะไปร้านรับซื้อขยะ	0.12	0.12	0.35%
รถเก็บขนขยะ	11.55	11.50	0.29%
รถเก็บขนขยะไปร้านรับซื้อขยะ	0.05	0.05	-0.46%
ขยะในเขตเทศบาลเข้าบ่อฝังกลบ	11.5	11.45	0.29%
แหล่งอื่นใน เทศบาล	5.25	5.26	0.11%
อปท. อื่น ๆ	27.64	27.68	0.11%
ปริมาณขยะเข้าบ่อฝังกลบ	44.39	44.45	0.11%

จากตาราง 13 จะเห็นได้ว่าระบบจริงกับระบบจำลองมีความแตกต่างกันอยู่ไม่มากนัก โดยระบบจำลองการเกิดขยะจากบ้านเรือนมีความคลาดเคลื่อนจากระบบจริงคิดร้อยละ 0.11 ระบบจำลองการเกิดขยะจากบ้านเรือนไปร้านรับซื้อขยะรีไซเคิลมีความคลาดเคลื่อนจากระบบจริงคิดร้อยละ 1.08 ระบบจำลองการเกิดขยะจากบ้านเรือนนำไปทิ้งที่ถังขยะมีความคลาดเคลื่อนจากระบบจริงคิดร้อยละ 0.14 ระบบจำลองการเกิดขยะจากถังขยะมีคนคุ้ยขยะไปขายที่ร้านรับซื้อขยะรีไซเคิลมีความคลาดเคลื่อนจากระบบจริงคิดร้อยละ 0.35 ระบบจำลองการเก็บขนขยะของรถขยะตามจุดต่างในเขตเทศบาลเมืองอุทัยธานีมีความคลาดเคลื่อนจากระบบจริงคิดร้อยละ 0.29 ระบบจำลองรถเก็บขนขยะมีการคัดแยกขยะรีไซเคิลไปขายที่ร้านรับซื้อขยะรีไซเคิลมีความคลาดเคลื่อนจากระบบจริงคิดร้อยละ 0.46 ระบบจำลองขยะเข้าบ่อฝังกลบมีความคลาดเคลื่อนจากระบบจริงคิดร้อยละ 0.11 ระบบจำลองขยะจากแหล่งอื่น ๆ ในเขตเทศบาลเมืองอุทัยธานีมีความคลาดเคลื่อนจากระบบจริงคิดร้อยละ 0.11 ระบบจำลองขยะจาก อปท. อื่น ๆ ที่นำมาทิ้งที่บ่อฝังกลบของเทศบาลเมืองอุทัยธานีมีความคลาดเคลื่อนจากระบบจริงคิดร้อยละ 0.11 ความแตกต่างของแบบจำลองกับระบบจริงอยู่ในระดับที่ยอมรับได้ แสดงว่าระบบจำลองสามารถเป็นตัวแทนระบบจริงได้

3.1.3 แบบจำลองจำลองอายุการใช้งานบ่อฝังกลบขยะ

จากแบบจำลองการกระจายตัวของขยะเทศบาลเมืองอุทัยธานี ถ้าไม่มีการเปลี่ยนแปลงในส่วนของการจัดการขยะจะมีปริมาณขยะจะมีปริมาณขยะที่มายังบ่อฝังกลบของเทศบาลเมืองอุทัยธานีปริมาณขยะที่เข้ามายังบ่อฝังกลบของเทศบาลเมืองอุทัยธานีมีปริมาณเฉลี่ยเท่ากับ 43.18 ตัน/วัน มากที่สุด 65.66 ตัน/วัน แล้วน้อยที่สุด 25.37 ตัน/วัน จากนั้นทำการหาปริมาณขยะสะสม เพื่อดูอายุการใช้งานบ่อฝังกลบขยะของเทศบาลเมืองอุทัยธานี จากตาราง 9 บ่อฝังกลบสามารถรับปริมาณขยะได้อีก 47,749.77 ตัน ดังนั้นบ่อฝังกลบขยะจะสามารถรองรับปริมาณขยะที่เข้ามายังบ่อฝังกลบของเทศบาลได้อีก 3 ปี ดังแสดงในตาราง 14

ตาราง 14 แบบจำลองการจัดการขยะของเทศบาลเมืองอุทัยธานีในปัจจุบัน

วันที่	บ้านเรือน	บ้านเรือนไปร้าน	ถังขยะ	ถังขยะไปร้าน	รถเก็บขนขยะ	รถขยะไปร้านขยะรีไซเคิล	ขยะในเขตเทศบาลเข้าบ่อฝังกลบ	แหล่งอื่นในเทศบาล	อปท. อื่น ๆ	ปริมาณขยะเข้าบ่อฝังกลบ	บ่อไปร้านขยะรีไซเคิล	ขยะสะสมที่บ่อ
1	15.23	3.18	12.06	0.12	11.99	0.05	11.93	5.45	28.68	46.07	0.10	46.07
2	11.00	2.29	8.71	0.09	8.65	0.04	8.62	3.93	20.71	33.26	0.07	79.32
3	14.53	3.03	11.50	0.12	11.43	0.05	11.38	5.20	27.36	43.94	0.10	123.26
4	18.08	3.77	14.31	0.15	14.23	0.06	14.17	6.47	34.05	54.68	0.12	177.94
5	10.05	2.09	7.95	0.08	7.90	0.03	7.87	3.59	18.91	30.38	0.07	208.32
6	13.33	2.78	10.55	0.11	10.49	0.05	10.45	4.77	25.11	40.32	0.09	248.64
7	11.83	2.47	9.36	0.10	9.31	0.04	9.27	4.23	22.27	35.77	0.08	284.41
8	15.73	3.28	12.45	0.13	12.38	0.05	12.33	5.63	29.63	47.58	0.11	331.99
9	18.63	3.88	14.75	0.15	14.66	0.06	14.60	6.66	35.08	56.34	0.13	388.32
10	14.55	3.03	11.52	0.12	11.45	0.05	11.40	5.20	27.40	44.00	0.10	432.32
11	14.49	3.02	11.47	0.12	11.40	0.05	11.35	5.18	27.27	43.80	0.10	476.12
12	18.48	3.85	14.63	0.15	14.54	0.06	14.48	6.61	34.80	55.90	0.13	532.02
13	16.94	3.53	13.41	0.14	13.33	0.06	13.27	6.06	31.90	51.23	0.12	583.25
14	15.86	3.31	12.55	0.13	12.48	0.05	12.42	5.67	29.86	47.96	0.11	631.21
1070	11.99	2.50	9.49	0.10	9.44	0.04	9.40	4.29	22.58	36.27	0.08	47611.15
1071	13.57	2.83	10.74	0.11	10.67	0.05	10.63	4.85	25.54	41.03	0.09	47652.18
1072	16.98	3.54	13.44	0.14	13.36	0.06	13.30	6.07	31.97	51.34	0.12	47703.52
1073	14.82	3.09	11.73	0.12	11.66	0.05	11.61	5.30	27.91	44.82	0.10	47748.35

จากตารางที่ 14 แบบจำลองการจัดการขยะของเทศบาลเมืองอุทัยธานีในปัจจุบันถ้าไม่มีการเปลี่ยนแปลงในส่วนของการจัดการขยะ ส่งผลให้เทศบาลเมืองอุทัยธานีจะสามารถใช้งานบ่อฝังกลบของเทศบาลเมืองอุทัยธานีได้อีก 1,073 วัน หรือ 2.94 ปี

3.2 แบบจำลองการจัดการขยะของเทศบาลเมืองอุทัยธานี ใช้เทคโนโลยีการจัดการขยะ ด้วยกรรมวิธีเชิงกล-ชีวภาพ Passive Aerated Windrow ของเทศบาลตำบลลานกระบือ และการปลดปล่อยคาร์บอนฟุตพริ้นท์

แบบจำลองการจัดการขยะนำรูปแบบการณ์จัดการขยะด้วยกรรมวิธีเชิงกล-ชีวภาพ ของเทศบาลตำบลลานกระบือ โดยกรรมวิธีเชิงกล-ชีวภาพของเทศบาลตำบลลานกระบือใช้วิธีการบำบัด Passive Aerated Windrow เป็นการประยุกต์ใช้แรงงานคนแทนการใช้เครื่องจักรในการทำงาน ซึ่งใช้แรงงานคนในส่วนของการฉีกถุงขยะคัดแยกขยะรีไซเคิล และขยะอันตรายออกจากกองขยะ แล้วจากนั้นทำการคลุกเคล้าขยะให้เข้ากันแล้วจึงทำการตั้งกองหมักเป็นเวลา 9 เดือน ตั้งกองหมักความสูง 2 เมตร ข้อมูลจากวิทยานิพนธ์ ผลของความสูงกองหมักต่อประสิทธิภาพในการบำบัดขยะด้วยวิธี Passive Aerated Windrow (ชนารดี วิกาหะ, 2554) โดยองค์ประกอบของเทศบาลตำบลลานกระบือก่อนเข้าบำบัดด้วยกรรมวิธีเชิงกล-ชีวภาพ ดังแสดงในตาราง 15

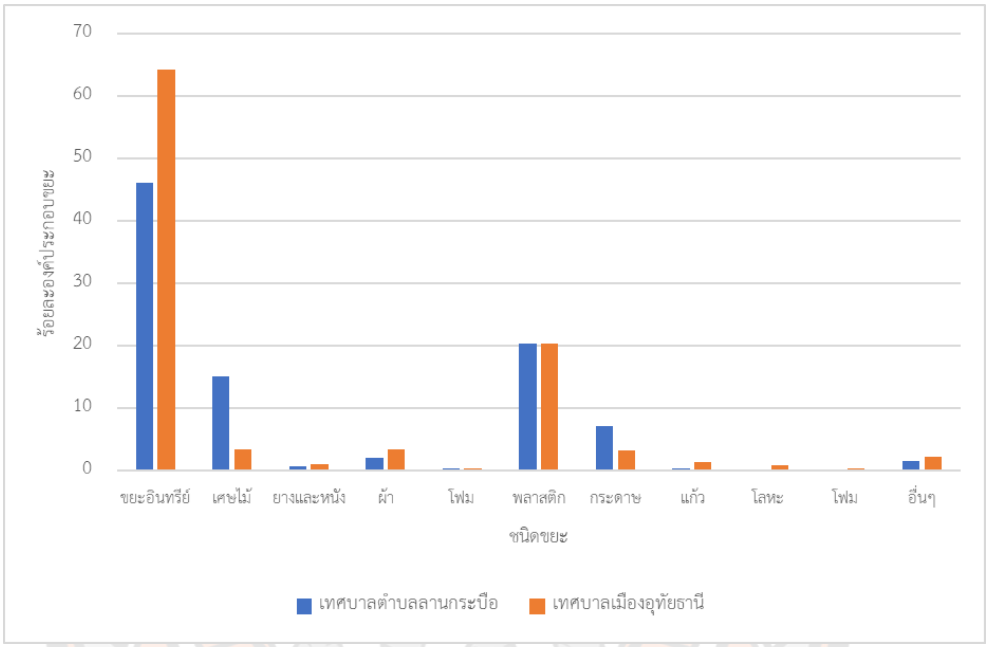
ตาราง 15 องค์ประกอบขยะที่บ่อฝังกลบเทศบาลตำบลลานกระบือ

ชนิด	ร้อยละองค์ประกอบขยะ
ขยะอินทรีย์	46.1
เศษไม้	15.1
ยางและหนัง	0.7
ผ้า	2.1
โฟม	0.27
พลาสติก	20.38
กระดาษ	7.1
แก้ว	0.3
โลหะ	0.2
โฟม	0.2
อื่นๆ	1.5

จากตาราง 15 แสดงองค์ประกอบขยะของเทศบาลตำบลลานกระบือ ในปี พ.ศ. 2552 พบว่ามีปริมาณขยะอินทรีย์เกิดขึ้นมากที่สุดคิดเป็นร้อยละ 46.1 รองลงมาคือขยะพลาสติกคิดเป็นร้อยละ 20.38 เศษไม้ คิดเป็นร้อยละ 15.1 เศษกระดาษ คิดเป็นร้อยละ 7.1 เศษผ้า คิดเป็นร้อย

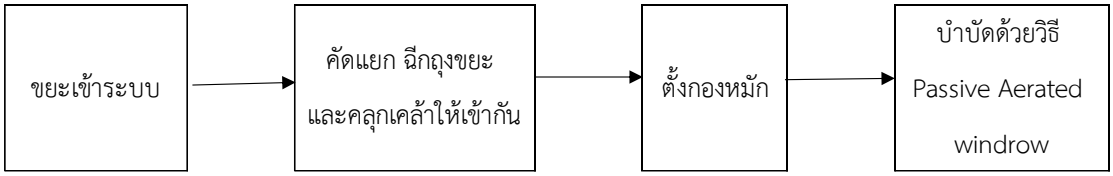
ละ 2.1 ยาง คิดเป็นร้อยละ 0.7 แก้ว คิดเป็นร้อยละ 0.3 โฟม คิดเป็นร้อยละ 0.27 โลหะและโฟม มีปริมาณเท่ากันอยู่ ร้อยละ 0.2 และ อื่น ๆ คิดเป็นร้อยละ 1.5 ตามลำดับ

จากองค์ประกอบขยะของเทศบาลตำบลลานกระบือมีความคล้ายกันกับองค์ประกอบขยะของเทศบาลเมืองอุทัยธานี ดังแสดงภาพ 28



ภาพ 28 เปรียบเทียบองค์ประกอบขยะของเทศบาลตำบลลานกระบือกับเทศบาลเมืองอุทัยธานี

การเปรียบเทียบองค์ประกอบขยะของเทศบาลตำบลลานกระบือและเทศบาลเมืองอุทัยธานี จะเห็นว่าองค์ประกอบขยะของทั้ง 2 เทศบาลมีปริมาณขยะอินทรีย์เกิดขึ้นมากที่สุด รองลงมาคือขยะพลาสติก และมีส่วนที่แตกต่างกันคือ เศษไม้ กับ กระดาษ ดังนั้นหากเทศบาลเมืองอุทัยธานีนำเทคโนโลยีการจัดการขยะด้วยกรรมวิธีเชิงกล-ชีวภาพ มาใช้เป็นแนวทางในการเพิ่มประสิทธิภาพของบ่อฝังกลบขยะของเทศบาลเมืองอุทัยธานีก็มีความเป็นไปได้ที่จะยืดอายุการใช้งานของบ่อฝังกลบเทศบาลเมืองอุทัยธานีได้ เทคโนโลยีการกำจัดขยะด้วยกรรมวิธีเชิงกล-ชีวภาพ ของเทศบาลตำบลลานกระบือ มีกระบวนการในการจัดการขยะ ดังแสงตามภาพ 29



ภาพ 29 แผนผังการจัดการขยะด้วยกรรมวิธีเชิงกล-ชีวภาพ ของเทศบาลตำบลลานกระบือ

จากภาพ 29 เป็นแผนผังระบบกำจัดขยะของเทศบาลตำบลลานกระบือหลังจากเทศบาลตำบลลานกระบือเก็บขนขยะตามจุดต่าง ๆ ในเขตที่เทศบาลตำบลบานกระบือทั้งหมด จะนำขยะมาเทกองในพื้นที่ที่จัดเตรียมไว้ จากนั้นเทศบาลตำบลลานกระบือจะใช้แรงงานคนในการ ฉีกถุงขยะ และทำการคัดแยกขยะรีไซเคลกับขยะอันตรายออกก่อน แล้วจึงคลุกเคล้าขยะให้เข้ากัน จากนั้นนำขยะที่คลุกเคล้าแล้วไปตั้งกองหมัก และขั้นตอนสุดท้ายเป็นการบำบัดด้วยวิธี Passive Aerated Windrow เป็นการหมักแบบใช้อากาศ

3.2.1 การทำแบบจำลองการจัดการขยะของเทศบาลเมืองอุทัยธานีด้วยวิธีเชิงกล-ชีวภาพ

3.2.1.1 การออกแบบระบบบำบัดด้วยวิธีเชิงกล-ชีวภาพของเทศบาลเมืองอุทัยธานี

การทำแบบจำลองการจัดการขยะด้วยเทคโนโลยีบำบัดด้วยวิธีเชิงกล-ชีวภาพ แบ่งออกเป็น 5 ส่วน คือ ส่วนที่ 1 ขยะเข้าระบบเริ่มตั้งแต่ขยะถูกเก็บขนแล้วนำมาที่ลานเทกองที่เตรียมไว้ ส่วนการเคลื่อนที่ของขยะในเขตเทศบาลเมืองอุทัยธานีตั้งแต่บ้านเรือนมาจนถึงสถานที่กำจัดขยะจะกำหนดให้เป็นแบบเดิม ส่วนที่ 2 การฉีกถุงขยะและทำการคัดแยกขยะรีไซเคิลกับขยะอันตรายออก ส่วนที่ 3 การตั้งกองหมัก ส่วนที่ 4 บำบัดด้วยวิธี Passive Aerated Windrow ใช้เวลาในการบำบัด 9 เดือน ส่วนที่ 5 ร่อนเพื่อคัดแยกขยะที่บำบัดเสร็จแล้ว

1) ส่วนที่ 1 ขยะเข้าระบบ

จากข้อมูลปริมาณขยะใน 1 วัน จะมีปริมาณขยะเข้าระบบกรรมวิธีเชิงกล-ชีวภาพ เท่ากับ 44.39 ตัน/วัน หรือ 1 เดือน มีปริมาณขยะโดยเฉลี่ย 1,331.7 ตัน กองหมักใช้เวลาทั้งหมด 9 เดือน จะมีปริมาณขยะอยู่ที่ 11,985.3 ตัน โดยแบ่งเป็นขยะในเขตเทศบาลเมืองอุทัยธานี 4,522.5 ตัน และขยะจาก อปท. อื่น ๆ ที่มาทิ้งกับบ่อเทศบาลเมือง 7,462.8 ตัน ดังแสดงในตาราง 16

ตาราง 16 ตารางแสดงการคำนวณจำนวนกองหมักขยะ

	ขยะในเขตเทศบาลเมืองอุทัยธานี	ขยะของ อปท. อื่น ๆ ที่นำมาทิ้งที่บ่อฝังกลบของเทศบาล	รวม
ปริมาณขยะ (ตัน/วัน)	16.75	27.64	44.39

	ขยะในเขตเทศบาลเมืองอุทัยธานี	ขยะของ อปท. อื่น ๆ ที่นำมาทิ้งที่บ่อฝังกลบของเทศบาล	รวม
ปริมาณขยะ (ตัน/เดือน)	502.5	829.2	1,331.7
ปริมาณขยะ 9 เดือน	4,522.5	7,462.8	11,985.3

2) ส่วนที่ 2 การฉีกถุงขยะและทำการคัดแยก ขยะรีไซเคิล ขยะอันตราย และขยะที่มีขนาดใหญ่ ออก

ในส่วนที่ 2 ขยะที่เข้าระบบคัดแยกมีปริมาณ 44.39 ตัน/วัน โดยใช้แรงงานคนในการฉีกถุงขยะเพื่อเปิดปากถุงขยะ จากนั้นทำการคัดแยกขยะรีไซเคิลเพื่อนำไปขาย ขยะอันตรายเพื่อนำไปกำจัด และทำการคัดแยกขยะที่มีขนาดใหญ่ เช่น ยางรถยนต์ ที่นอน เป็นต้น ออกไปกำจัด จากนั้นทำการคลุกเคล้าขยะให้เข้ากันเพื่อเตรียมตั้งกองหมักขยะ

3) ส่วนที่ 3 การตั้งกองหมัก

การออกแบบกองหมักต้องคำนึงถึงความสามารถในการรองรับปริมาณขยะ 9 เดือน โดยการตั้งกองหมักขยะของเทศบาลเมืองอุทัยธานีสามารถหาจำนวนกองหมักได้จากปริมาณขยะที่เข้ามายังบ่อฝังกลบของเทศบาลเมืองอุทัยธานีแบ่งออกเป็นขยะในเขตเทศบาลเมือง 16.75 ตัน/วัน และขยะจาก อปท. อื่น ๆ นำมาทิ้งที่บ่อฝังกลบของเทศบาลเมืองอุทัยธานี 27.64 ตัน/วัน รวมเป็น 44.39 ตัน/วัน ฉะนั้นในหนึ่งเดือนมีปริมาณขยะเข้าบ่อฝังกลบของเทศบาลเมืองอุทัยธานีรวมเท่ากับ 1331.7 ตัน/เดือน กองหมักต้องใช้ระยะเวลา 9 เดือน ในการหมัก ดังนั้นการออกแบบกองหมักจะต้องรองรับปริมาณขยะทั้ง 11,985.3 ตัน โดยกำหนดให้ขนาดของกองขยะตามเทศบาลตำบลลานกระบือคือ กว้าง 10 ม. และสูง 2 ม. จากนั้นคำนวณหาความยาวของกองหมักจากปริมาณขยะเข้ากองหมักเท่ากับ 1331.7 ตัน/เดือน ถ้ากำหนดในความยาวของกองหมักมีความยาวอยู่ที่ 300 ม. 1กองหมักจะสามารถรับปริมาณขยะได้ 1331.16 ตัน คิดเป็นเดือนละ 1 กอง ดังนั้นการตั้งกองหมักต้องใช้ทั้งหมด 9 กอง ดังแสดงในตาราง 17

ตาราง 17 ขนาดและปริมาณขยะต่อหนึ่งกองหมัก

กว้าง (ม.)	ยาว (ม.)	สูง (ม.)	ความหนาแน่น ($kg/ม^3$)	มวลน้ำหนักขยะต่อหนึ่งกอง (ตัน/กอง)	จำนวนกองหมัก
10	300	2	221.86	1,331.16	9

4) ส่วนที่ 4 การบำบัดด้วยวิธี Passive Aerated Windrow

การบำบัดด้วยวิธี Passive Aerated Windrow ใช้ระยะเวลาจนครบกำหนด 9 เดือน ดังแสดงในภาพ 30

ภาพ 30 กองหมักขยะบำบัดด้วยวิธี Passive Aerated Windrow

ที่มา: การจัดการศูนย์กำจัดขยะ เทศบาลนครพิษณุโลก

5) ส่วนที่ 5 การร่อนขยะที่ผ่านการบำบัดจนครบกำหนดแล้ว

จากข้อมูลเทศบาลตำบลลานกระบือไม่มีข้อมูลในส่วนของการร่อนขยะผู้วิจัยจึงนำข้อมูลของเทศบาลนครพิษณุโลก ปริมาณขยะเข้าระบบ 1,500 ตัน หลังจากผ่านขั้นตอนการย่อยสลายด้วยวิธี Passive Aerated Windrow แลวนำขยะที่ผ่านการบำบัดแลวนำขยะไปรอนได้ 3 ขนาดคือขนาดเล็กกว่า10 มม. มีปริมาณเท่ากับ 73 ตัน ขนาดกลาง 10 มม. – 40 มม. มีปริมาณเท่ากับ 39 ตัน และขนาดใหญ่กว่า 40 มม. มีปริมาณเท่ากับ 423 ตัน (สมชาย มณีวรรณ์, 2552) ดังแสดงในภาพ 31

ภาพ 31 เครื่องร่อนขยะหลังจากการบำบัดด้วยกรรมวิธีเชิงกล-ชีวภาพPassive Aerated Windrow

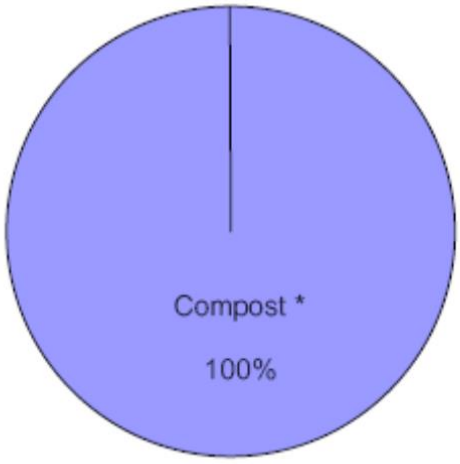
ที่มา: การจัดการศูนย์กำจัดขยะ เทศบาลนครพิษณุโลก

ขยะขนาดเล็ก

ลักษณะของขยะขนาดเล็กที่ได้จากการร่อน หรือขนาดเล็กกว่า 10 มม. จะมีองค์ประกอบเป็น Comport ร้อยละ 100 ดังแสดงในภาพ 32 และ 33 ตามลำดับ

ภาพ 32 ขยะขนาดเล็กกว่า 10 มม.

ที่มา: การศึกษาวิเคราะห์แนวทางการจัดการขยะในการผลิตไฟฟ้าในระดับตำบล



ภาพ 33 องค์ประกอบของขยะขนาดเล็กกว่า 10 มม.

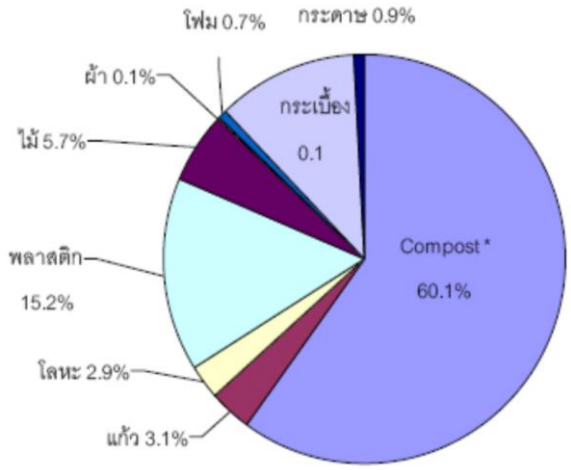
ที่มา: การศึกษาวิเคราะห์แนวทางการจัดการขยะในการผลิตไฟฟ้าในระดับตำบล

ขยะขนาดกลาง

ลักษณะของขยะขนาดกลาง 10 – 40 มม. เมื่อครบกำหนด 9 เดือน จะมีองค์ประกอบส่วนใหญ่เป็น Compost และพลาสติก เป็นส่วนประกอบหลัก ดังแสดงในภาพ 34 และ 35 ตามลำดับ

ภาพ 34 ขยะขนาดกลาง 10 – 40 มม.

ที่มา: การศึกษาวิเคราะห์แนวทางการจัดการขยะในการผลิตไฟฟ้าในระดับตำบล



ภาพ 35 องค์ประกอบขยะของขยะขนาดกลาง 10 – 40 มม.

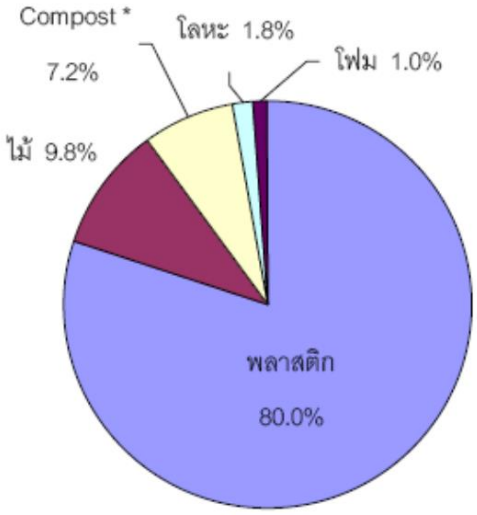
ที่มา: การศึกษาวิเคราะห์แนวทางการจัดการขยะในการผลิตไฟฟ้าในระดับตำบล

ขยะขนาดใหญ่

ลักษณะของขยะขนาดใหญ่กว่า 40 มม. เมื่อครบกำหนด 9 เดือน จะมีองค์ประกอบส่วนใหญ่เป็น พลาสติก เป็นส่วนประกอบหลัก ดังแสดงในภาพ 36 และ 37 ตามลำดับ

ภาพ 36 ขยะขนาดใหญ่กว่า 40 มม.

ที่มา: การศึกษาวิเคราะห์แนวทางการจัดการขยะในการผลิตไฟฟ้าในระดับตำบล



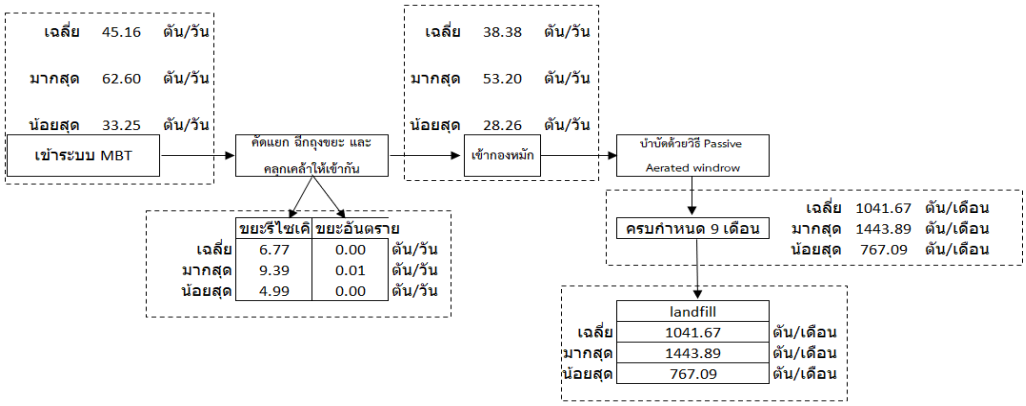
ภาพ 37 องค์ประกอบของขยะขนาดใหญ่กว่า 40 มม.

ที่มา: การศึกษาวิเคราะห์แนวทางการจัดการขยะในการผลิตไฟฟ้าในระดับตำบล

3.2.1.2 แบบจำลองสถานการณ์ขยะมูลฝอยชุมชนเทศบาลเมืองอุทัยธานี ด้วยวิธีเชิงกล-ชีวภาพ

แบบจำลองสถานการณ์ขยะมูลฝอยชุมชนเทศบาลเมืองอุทัยธานี ด้วยกรรมวิธีเชิงกล-ชีวภาพ เพื่อที่จะดูปริมาณขยะที่เข้าไปยังบ่อฝังกลบขยะของเทศบาลเมืองอุทัยธานี และวิเคราะห์อายุการใช้งานของบ่อฝังกลบขยะแบ่งออกเป็น 3 กรณี

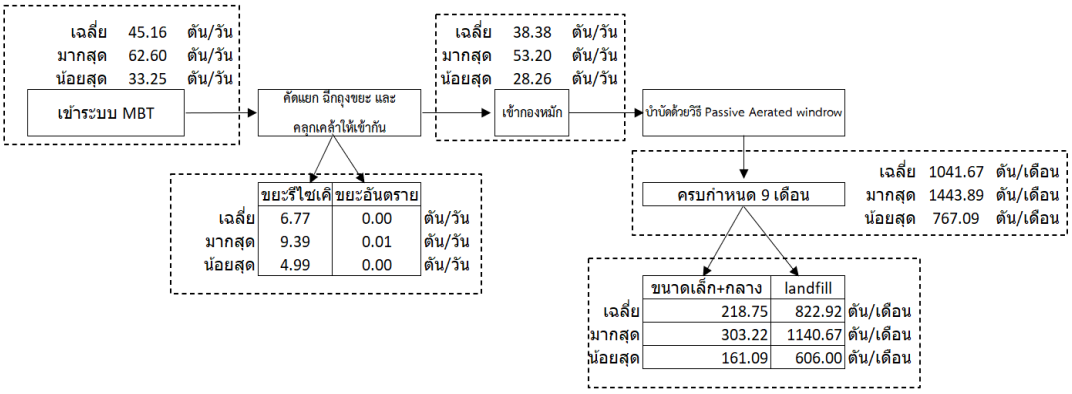
1) กรณีที่ 1 หลังจากเก็บรวบรวมขยะแล้วนำเข้า ส่วนที่ 1 ระบบกรรมวิธีเชิงกล-ชีวภาพ ส่วนที่ 2 คัดแยกขยะ รีไซเคิล ขยะอันตราย และขยะที่มีขนาดใหญ่ ออกจากกองขยะ จากนั้นนำขยะที่ถูกคัดแยก ส่วนที่ 3 ตั้งกองหมักเดือนละ 1 กอง ส่วนที่ 4 บำบัดด้วยวิธี Passive Aerated Windrow พอครบกำหนด 9 เดือน นำขยะที่ผ่านขั้นตอนการย่อยสลายด้วยวิธี Passive Aerated Windrow ทิ้งลงบ่อฝังกลบขยะทั้งหมด ดังแสดงในภาพ 38



ภาพ 38 แบบจำลองการจัดการขยะด้วยกรรมวิธีเชิงกล-ชีวภาพ กรณีที่ 1

จากภาพ 38 แบบจำลองการจัดการขยะด้วยกรรมวิธีเชิงกล-ชีวภาพ กรณีที่ 1 พบว่าหลังจากบำบัดด้วยวิธี Passive Aerated Windrow จนครบกำหนด 9 เดือน นำปริมาณขยะทั้งกองที่ผ่านการบำบัดแล้วทิ้งลงบ่อฝังกลบขยะทั้งหมดจะมีปริมาณเข้าบ่อฝังกลบเฉลี่ย 1041.67 ตัน/เดือน ปริมาณเข้าบ่อฝังกลบมากที่สุด 1443.89 ตัน/เดือน ปริมาณเข้าบ่อฝังกลบน้อยสุด 767.09 ตัน/เดือน เท่ากับว่าบ่อฝังกลบจะสามารถใช้งานได้อีก 45.84 เดือน หรือ 3.77 ปี

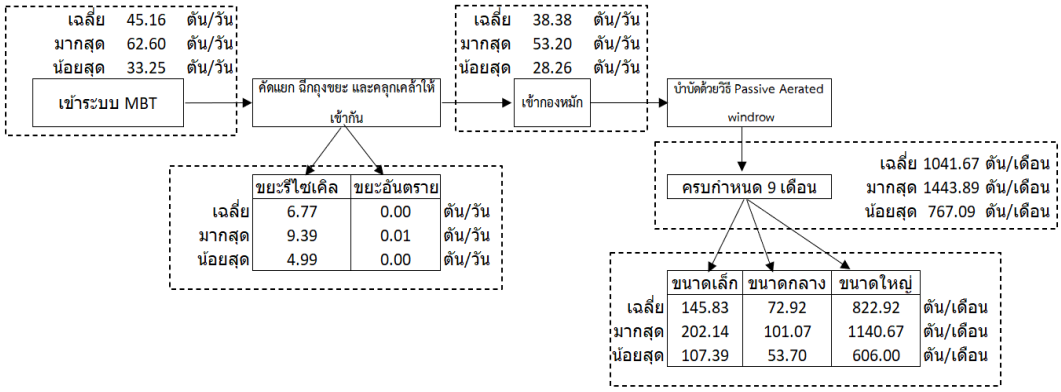
2) กรณีที่2 หลังจากเก็บรวบรวมขยะแล้วนำเข้า ส่วนที่ 1 ระบบการบำบัดด้วยกรรมวิธีเชิงกล-ชีวภาพ ส่วนที่ 2 คัดแยกขยะ รีไซเคิล ขยะอันตราย และขยะที่มีขนาดใหญ่ ออกจากกองขยะ จากนั้นนำขยะที่ถูกคัดแยก ส่วนที่ 3 ตั้งกองหมักเดือนละ 1 กอง ส่วนที่ 4 บำบัดด้วยวิธี Passive Aerated Windrow จนครบกำหนด 9 เดือน ส่วนที่ 5 นำขยะที่ผ่านขั้นตอนการย่อยสลายด้วยวิธี Passive Aerated Windrow ไปรอนให้ได้ 3 ขนาดคือขนาดเล็กกว่า 10 มม. สารปรับปรุงดิน (compost) และขนาดกลาง (10 มม. – 40 มม.) วัสดุกรองกลิ่น นำไปใช้ประโยชน์อื่น ๆ ต่อไป ส่วนที่เหลือนำไปทิ้งลงบ่อฝังกลบขยะ ดังแสดงในภาพ 39



ภาพ 39 แบบจำลองการจัดการขยะด้วยกรรมวิธีเชิงกล-ชีวภาพ กรณีที่ 2

จากภาพ 39 แบบจำลองการจัดการขยะด้วยกรรมวิธีเชิงกล-ชีวภาพ กรณีที่ 2 พบว่าหลังจากบำบัดด้วยวิธี Passive Aerated Windrow จนครบกำหนด 9 เดือน นำปริมาณขยะทั้งกองที่ผ่านการบำบัดแล้วนำมาร่อนแยกขยะตามขนาด จากนั้นนำขยะขนาดเล็กและขยะขนาดกลางไปใช้โยชน์ต่อ ส่วนที่เหลือทิ้งลงบ่อฝังกลบขยะทั้งหมด จะได้ ขยะขนาดเล็ก (comport) และขยะขนาดกลาง (วัสดุกรองกลิ่น) ปริมาณเฉลี่ยเท่ากับ 218.75 ตัน/เดือน ปริมาณมากที่สุด 303.22 ตัน/เดือน ปริมาณน้อยที่สุด 161.09 ตัน/เดือน และปริมาณเข้าบ่อฝังกลบเฉลี่ย 822.92 ตัน/เดือน ปริมาณเข้าบ่อฝังกลบมากที่สุด 1140.67 ตัน/เดือน ปริมาณเข้าบ่อฝังกลบน้อยสุด 606 ตัน/เดือน เท่ากับว่าบ่อฝังกลบจะสามารถใช้งานได้อีก 58.02 เดือน หรือ 4.77 ปี

3) กรณีที่ 3 หลังจากเก็บรวบรวมขยะแล้วนำเข้า ส่วนที่ 1 ระบบการบำบัดด้วยกรรมวิธีเชิงกล-ชีวภาพ ส่วนที่ 2 คัดแยกขยะ รีไซเคิล ขยะอันตราย และขยะที่มีขนาดใหญ่ ออกจากกองขยะ จากนั้นนำขยะที่ถูกคัดแยก ส่วนที่ 3 ตั้งกองหมักเดือนละ 1 กอง ส่วนที่ 4 บำบัดด้วยวิธี Passive Aerated Windrow จนครบกำหนด 9 เดือน นำขยะที่ผ่านขั้นตอนการย่อยสลายด้วยวิธี Passive Aerated Windrow ไปรอนให้ได้ 3 ขนาดคือขนาดเล็กกว่า 10 มม. สารปรับปรุงดิน (compost) ขนาดกลาง 10 – 40 มม. วัสดุกรองกลิ่น และขนาดใหญ่กว่า 40 มม. ซึ่งขยะขนาดใหญ่ที่ผ่านการร่อนแล้วจะสามารถเผาไหมได้ (RDF: Refuse Derived Fuel) ดังแสดงในภาพ 40



ภาพ 40 แบบจำลองการจัดการขยะด้วยกรรมวิธีเชิงกล-ชีวภาพ กรณีที่ 3

จากภาพ 40 แบบจำลองการจัดการขยะด้วยกรรมวิธีเชิงกล-ชีวภาพ กรณีที่ 3 พบว่าปริมาณขยะหลังจากบำบัดด้วยวิธี Passive Aerated Windrow จนครบกำหนด 9 เดือน จะได้ผลผลิตคือ ขยะขนาดเล็ก สารปรับปรุงดินปริมาณเฉลี่ยเท่ากับ 145.83 ตัน/เดือน ปริมาณมากที่สุด 202.14 ตัน/เดือน ปริมาณน้อยที่สุด 107.39 ตัน/เดือน ขยะขนาดกลาง วัสดุกรองกลิ่น มีปริมาณเฉลี่ย 72.92 ตัน/เดือน ปริมาณมากที่สุด 101.07 ตัน/เดือน ปริมาณน้อยสุด 53.7 ตัน/เดือน และขยะขนาดใหญ่ RDF ปริมาณเฉลี่ยเท่ากับ 822.92 ตัน/เดือน ปริมาณมากที่สุด 1140.67 ตัน/เดือน ปริมาณน้อยที่สุด 606 ตัน/เดือน เท่ากับว่าบ่อฝังกลบจะสามารถใช้งานได้อีก 459.13 เดือน หรือ 37.74 ปี

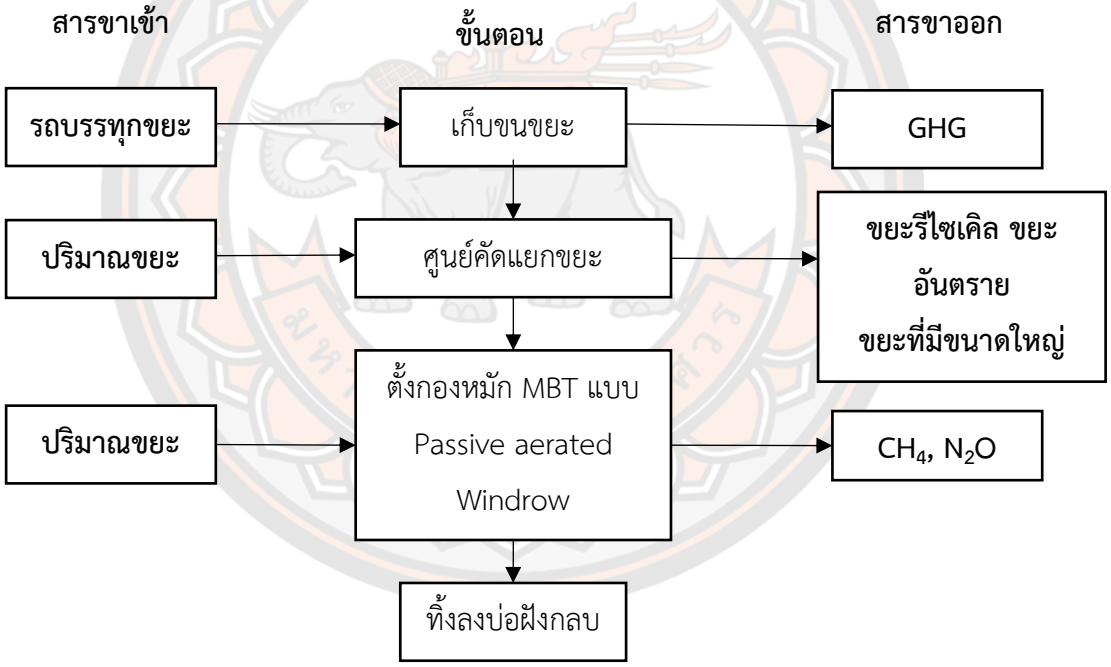
จากแบบจำลองการจัดการขยะด้วยกรรมวิธีเชิงกล-ชีวภาพ ที่ใช้วิธีการบำบัดด้วย Passive Aerated Windrow จนครบกำหนด 9 เดือน ตามกรณีที่ 1, 2 และ 3 ตัวอย่างแบบจำลองดังแสดงในตาราง 18

ตาราง 18 ตัวอย่างแบบจำลองการจัดการขยะด้วยเทคโนโลยีบำบัดด้วยวิธีเชิงกล-ชีวภาพ

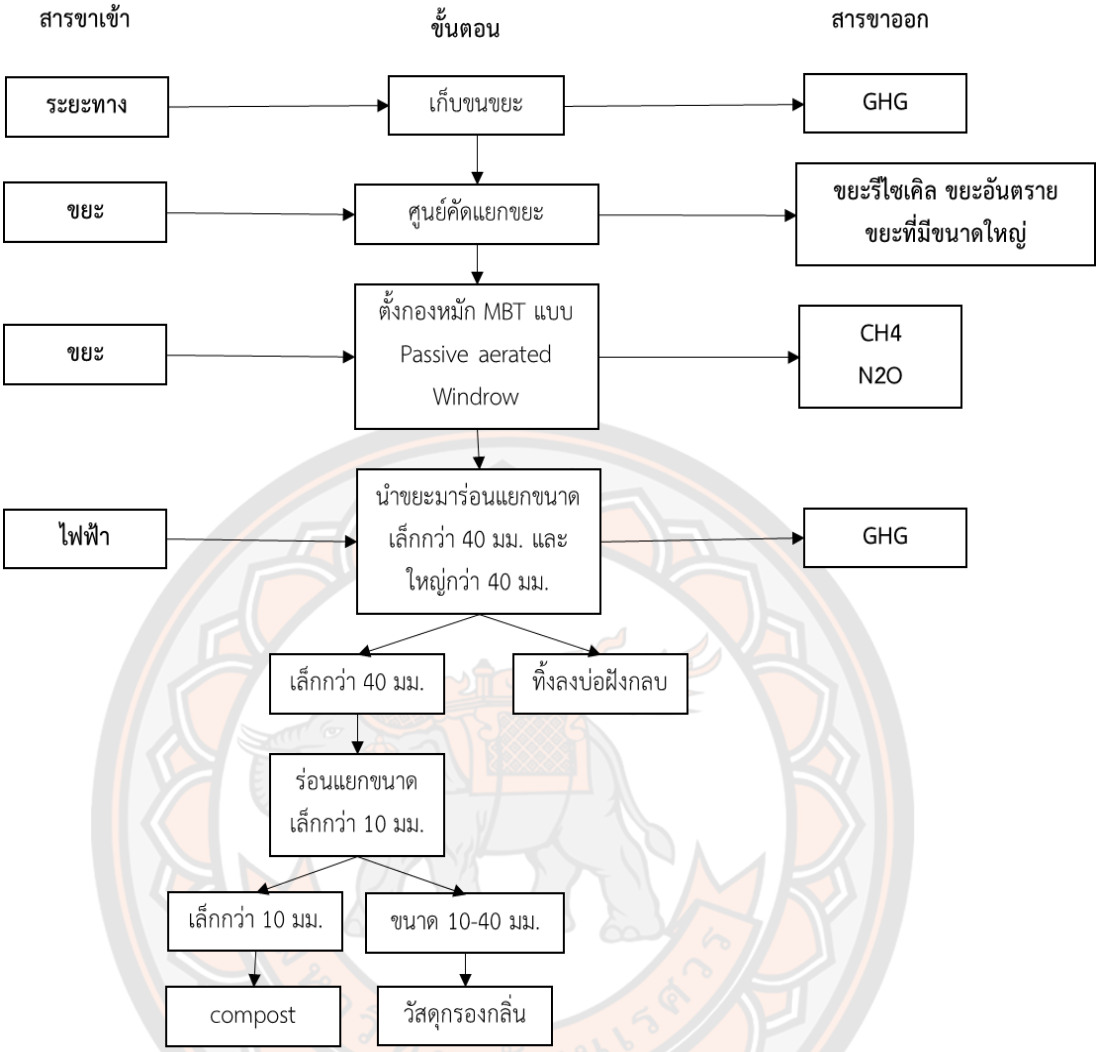
ขยะเข้าระบบ (ตัน/วัน)	ศูนย์คัดแยกฉีกถุง (ตัน/วัน)	ออกศูนย์คัดแยกรีไซเคิล (ตัน/วัน)	ออกศูนย์คัดแยกอันตราย (ตัน/วัน)	ออกศูนย์คัดแยกขยะขนาดใหญ่ (ตัน/วัน)	เข้ากองหมัก MBT (ตัน/วัน)	เดือนที่ 0	เดือนที่ 1	เดือนที่ 2	เดือนที่ 3	เดือนที่ 4	เดือนที่ 5	เดือนที่ 6	เดือนที่ 7	เดือนที่ 8	เดือนที่ 9	ครบกำหนด (ตัน/เดือน)	ขนาดเล็ก (ตัน/เดือน)	ขนาดกลาง (ตัน/เดือน)	ขนาดใหญ่ (ตัน/เดือน)	ขยะเข้าบ่อฝังกลบกรณีที่ 1 (ตัน/เดือน)	ขยะเข้าบ่อฝังกลบกรณีที่ 2 (ตัน/เดือน)	ขยะเข้าบ่อฝังกลบกรณีที่ 3 (ตัน/เดือน)
56.03	56.03	8.40	0.006	1.18	47.62	1428.67	1460.03	1505.39	1504.26	1475.98	1469.44	1440.38	1373.43	1319.52	1292.52	1292.52	180.95	90.48	1021.09	1293.69	1022.27	129.25
34.89	34.89	5.23	0.00	0.73	29.66	889.65	909.18	937.42	936.72	919.11	915.04	896.94	855.25	821.68	804.87	804.87	112.68	56.34	635.84	805.60	636.58	80.49
30.32	30.32	4.55	0.00	0.64	25.77	773.20	790.17	814.71	814.10	798.80	795.26	779.53	743.30	714.12	699.51	699.51	97.93	48.97	552.61	700.15	553.25	69.95
37.65	37.65	5.65	0.00	0.79	32.00	959.94	981.01	1011.49	1010.73	991.73	987.33	967.81	922.82	886.60	868.46	868.46	121.58	60.79	686.08	869.25	686.87	86.85
49.95	49.95	7.49	0.00	1.05	42.45	1273.53	1301.48	1341.92	1340.91	1315.70	1309.88	1283.97	1224.29	1176.23	1152.16	1152.16	161.30	80.65	910.21	1153.21	911.26	115.22
49.16	49.16	7.37	0.00	1.03	41.78	1253.49	1281.00	1320.80	1319.81	1295.00	1289.26	1263.77	1205.03	1157.72	1134.03	1134.03	158.76	79.38	895.88	1135.06	896.92	113.40
45.76	45.76	6.86	0.00	0.96	38.89	1166.81	1192.42	1229.46	1228.54	1205.44	1200.11	1176.37	1121.69	1077.66	1055.61	1055.61	147.79	73.89	833.93	1056.57	834.89	105.56
38.49	38.49	5.77	0.00	0.81	32.71	981.34	1002.88	1034.03	1033.26	1013.83	1009.34	989.38	943.40	906.36	887.82	887.82	124.29	62.15	701.37	888.62	702.18	88.78
40.32	40.32	6.05	0.00	0.85	34.27	1028.16	1050.73	1083.37	1082.56	1062.20	1057.50	1036.59	988.41	949.60	930.17	930.17	130.22	65.11	734.84	931.02	735.68	93.02
46.22	46.22	6.93	0.00	0.97	39.28	1178.51	1204.37	1241.79	1240.86	1217.53	1212.14	1188.17	1132.94	1088.46	1066.19	1066.19	149.27	74.63	842.29	1067.16	843.26	106.62
36.03	36.03	5.40	0.00	0.76	30.62	918.58	938.74	967.90	967.18	948.99	944.79	926.11	883.06	848.39	831.04	831.04	116.34	58.17	656.52	831.79	657.27	83.10
35.98	35.98	5.40	0.00	0.76	30.58	917.51	937.64	966.78	966.05	947.89	943.69	925.03	882.03	847.41	830.07	830.07	116.21	58.10	655.75	830.82	656.51	83.01
45.59	45.59	6.84	0.00	0.96	38.75	1162.37	1187.88	1224.79	1223.87	1200.86	1195.54	1171.90	1117.43	1073.56	1051.60	1051.60	147.22	73.61	830.76	1052.55	831.72	105.16
40.41	40.41	6.06	0.00	0.85	34.35	1030.39	1053.00	1085.71	1084.90	1064.50	1059.79	1038.83	990.55	951.66	932.19	932.19	130.51	65.25	736.43	933.04	737.28	93.22
45.65	45.65	6.85	0.00	0.96	38.79	1163.82	1189.36	1226.31	1225.39	1202.36	1197.03	1173.36	1118.82	1074.90	1052.91	1052.91	147.41	73.70	831.80	1053.86	832.75	105.29
41.16	41.16	6.17	0.00	0.86	34.98	1049.36	1072.39	1105.71	1104.88	1084.10	1079.30	1057.96	1008.78	969.18	949.35	949.35	132.91	66.45	749.99	950.22	750.85	94.94
50.43	50.43	7.56	0.01	1.06	42.86	1285.79	1314.01	1354.84	1353.82	1328.37	1322.49	1296.33	1236.08	1187.55	1163.25	1163.25	162.86	81.43	918.97	1164.31	920.03	116.33
52.55	52.55	7.88	0.01	1.10	44.67	1339.99	1369.39	1411.94	1410.88	1384.35	1378.22	1350.97	1288.17	1237.60	1212.28	1212.28	169.72	84.86	957.70	1213.38	958.81	121.23
46.63	46.63	6.99	0.00	0.98	39.63	1188.86	1214.95	1252.69	1251.76	1228.22	1222.78	1198.60	1142.89	1098.02	1075.56	1075.56	150.58	75.29	849.69	1076.53	850.67	107.56
49.07	49.07	7.36	0.00	1.03	41.70	1251.12	1278.58	1318.31	1317.32	1292.55	1286.83	1261.38	1202.75	1155.53	1131.89	1131.89	158.46	79.23	894.19	1132.92	895.22	113.19
41.09	41.09	6.16	0.00	0.86	34.92	1047.66	1070.65	1103.92	1103.09	1082.35	1077.56	1056.25	1007.15	967.61	947.82	947.82	132.69	66.35	748.77	948.68	749.64	94.78
60.06	60.06	9.01	0.01	1.26	51.04	1531.32	1564.93	1613.55	1612.34	1582.03	1575.02	1543.87	1472.11	1414.32	1385.38	1385.38	193.95	96.98	1094.45	1386.64	1095.71	138.54
44.59	44.59	6.69	0.00	0.94	37.90	1136.91	1161.86	1197.96	1197.06	1174.55	1169.35	1146.23	1092.95	1050.04	1028.56	1028.56	144.00	72.00	812.56	1029.49	813.50	102.86
44.64	44.64	6.70	0.00	0.94	37.94	1138.26	1163.25	1199.39	1198.49	1175.95	1170.75	1147.59	1094.25	1051.30	1029.78	1029.78	144.17	72.08	813.53	1030.72	814.47	102.98
52.21	52.21	7.83	0.01	1.10	44.37	1331.22	1360.44	1402.70	1401.65	1375.30	1369.21	1342.13	1279.75	1229.51	1204.35	1204.35	168.61	84.30	951.44	1205.45	952.53	120.44
41.82	41.82	6.27	0.00	0.88	35.54	1066.30	1089.70	1123.56	1122.71	1101.61	1096.73	1075.04	1025.07	984.83	964.68	964.68	135.06	67.53	762.10	965.56	762.97	96.47
35.54	35.54	5.33	0.00	0.75	30.21	906.19	926.08	954.85	954.13	936.20	932.05	913.62	871.15	836.95	819.83	819.83	114.78	57.39	647.66	820.57	648.41	81.98
48.01	48.01	7.20	0.00	1.01	40.80	1224.09	1250.95	1289.82	1288.85	1264.62	1259.02	1234.12	1176.76	1130.56	1107.43	1107.43	155.04	77.52	874.87	1108.44	875.88	110.74
35.61	35.61	5.34	0.00	0.75	30.27	908.00	927.93	956.76	956.04	938.07	933.91	915.44	872.89	838.63	821.47	821.47	115.01	57.50	648.96	822.21	649.71	82.15

3.3 การประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์แบบจำลองเทคโนโลยีการจัดการขยะด้วยกรรมวิธีเชิงกล-ชีวภาพ จากขยะที่เข้าบ่อฝังกลบจากขยะของเทศบาลเมืองอุทัยธานี

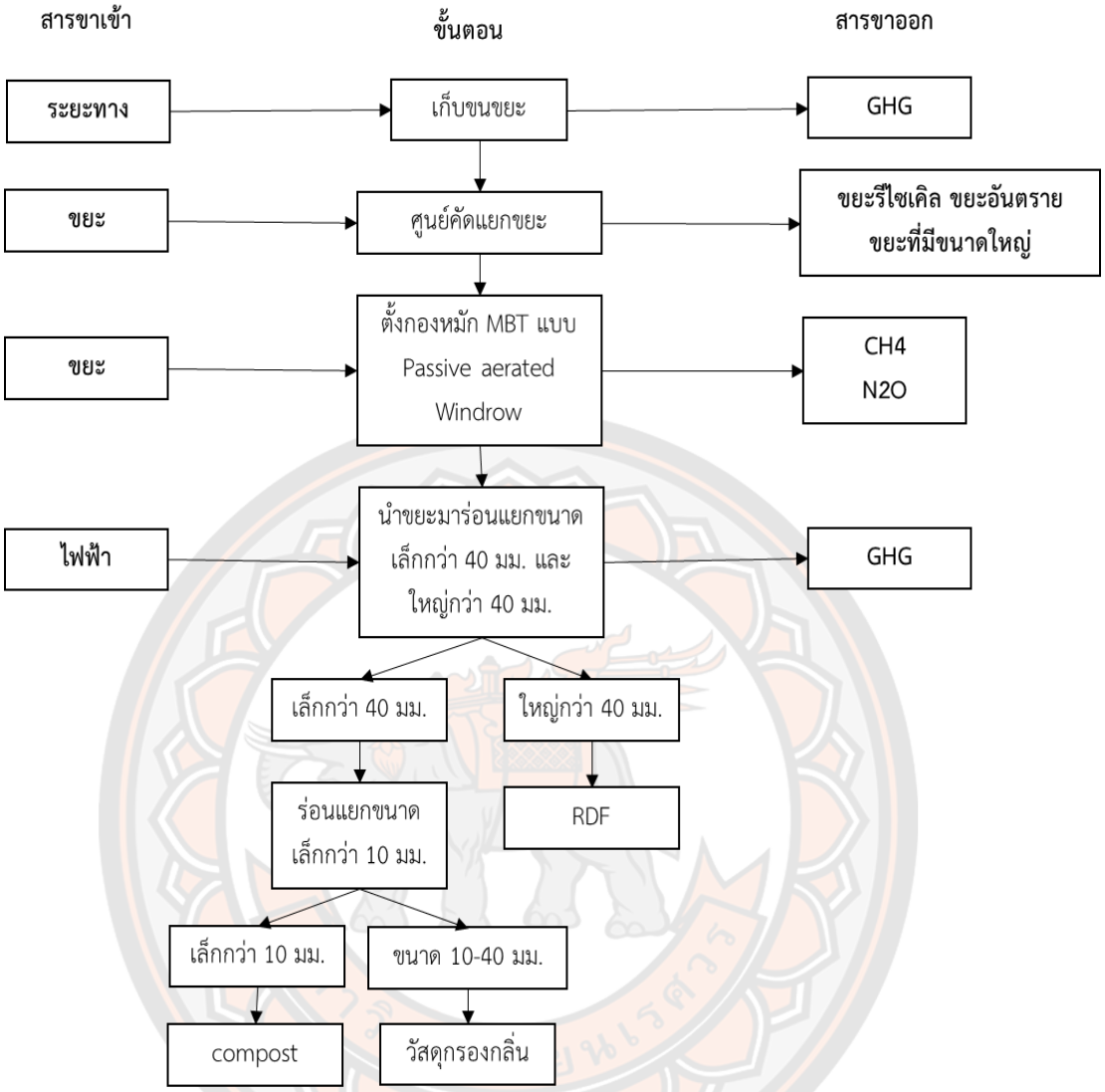
การคำนวนการปล่อยคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของการจัดการขยะด้วยเทคโนโลยีการจัดการขยะด้วยกรรมวิธีเชิงกล-ชีวภาพ แบบ Passive Aerated Windrow นั้นใช้แรงงานคนเป็นหลักจึงทำการคำนวณเฉพาะส่วนของการขนส่งขยะ การบำบัดด้วยวิธีการ Passive Aerated Windrow การร่อนขยะ และการฝังกลบขยะ ในส่วนของกรณีที่ 2 และ 3 ที่มีขั้นการร่อนขยะเพื่อคัดแยก comport และพลาสติก RDF หลังจากนั้นการร่อนขยะเสร็จแล้วจะไม่นำมาคิดการปล่อยคาร์บอนฟุตพริ้นท์ ปริมาณสารขาเข้าทั้ง 3 กรณี ดังแสดงในภาพ 41, 42 และ 43 ตามลำดับ และบัญชีรายการสิ่งแวดล้อมของการจัดการขยะด้วยกรรมวิธีเชิงกล-ชีวภาพ ดังแสดงในตาราง 19



ภาพ 41 ปริมาณสารขาเข้า และสารขาออก กรณีที่ 1



ภาพ 42 ปริมาณสารขาเข้า และสารขาออก กรณีที่ 2



ภาพ 43 ปริมาณสารขาเข้า และสารขาออก กรณีที่ 3

ตาราง 19 บัญชีรายการสิ่งแวดล้อมของแบบจำลองเทคโนโลยีการจัดการขยะด้วยวิธีเชิงกล-ชีวภาพ

ข้อมูล	กรณีที่ 1	กรณีที่ 2	กรณีที่ 3
สารขาเข้า			
การขนส่งขยะ (km)			
- รถบรรทุกขยะ 6 ล้อ เที่ยวเก็บขนขยะ (100% loading)	82.48	82.48	82.48
- รถบรรทุกขยะ 6 ล้อ เที่ยวกลับเทศบาล (0% loading)	36.36	36.36	36.36
การบำบัดด้วยกรรมวิธีเชิงกล-ชีวภาพ (ตัน)			
- ปริมาณขยะอินทรีย์เข้ากองหมัก	0.64	0.64	0.64
การร่อนขยะหลังผ่านการบำบัด			
- น้ำมันดีเซล (ลิตร)	-	13	13
การฝังกลบขยะ			
- Compost	1.67	0.07	0
- พลาสติก	0.95	0.8	0
- กระดาษ	0.009	0	0
- โฟม	0.008	0.001	0
- ผ้า	0.001	0	0
- โลหะ	0.05	0.02	0.02
- แก้ว	0.03	0	0
- ไม้	0.16	0.1	0.1
- กระเบื้อง	0.0	0.001	0.001
สารขาออก			
การขนส่งขยะ			
- รถบรรทุกขยะ 6 ล้อ เที่ยวเก็บขนขยะ (100% loading)	0.064	0.064	0.064
- รถบรรทุกขยะ 6 ล้อ เที่ยวกลับเทศบาล (0% loading)	0.0004	0.0004	0.0004
การบำบัดด้วยกรรมวิธีเชิงกล-ชีวภาพ			

ข้อมูล	กรณีที่ 1	กรณีที่ 2	กรณีที่ 3
- มีเทน (TCO_2eq/ตันขยะ)	0.057	0.057	0.057
- ไนตรัสออกไซด์ (TCO_2eq/ตันขยะ)	0.06	0.06	0.06
การร่อนขยะ			
- การใช้น้ำมันเชื้อเพลิง (TCO_2eq/ตันขยะ)	-	0.001	0.001
- จากการผลิตน้ำมันเชื่อเพลิง (TCO_2eq/ตันขยะ)		0.0001	0.0001
การฝังกลบ			
- Compost	0	0	0
- พลาสติก	0.67	0.56	0
- กระดาษ	0.03	0	0
- โฟม	0.01	0.001	0
- ผ้า	0.001	0	0
- โลหะ	0.02	0.01	0.01
- แก้ว	0.01	0	0
- ไม้	0.53	0.33	0.33
- กระเบื้อง	0.001	0.001	0.001

3.3.1 การปล่อยคาร์บอนฟุตพริ้นท์จากการขนส่งขยะ

จากบัญชีรายการสิ่งแวดล้อมปริมาณสารขาเข้า จากเส้นทางการเดินรถเก็บรวบรวมขยะทั้งหมดของเทศบาลเมือง ทั้งกรณีที่ 1, 2 และ 3 มีการปล่อยคาร์บอนฟุตพริ้นท์เที่ยวเก็บรวบรวมขยะไปยังบ่อฝังกลบ และเที่ยวกลับจากบ่อฝังกลบมายังเทศบาลเมืองทั้ง 0.06 TCO_2eq/ตันขยะ โดยแบ่งเป็นการเก็บขนขยะระยะทางขาเก็บรวบรวมขยะขนไปบ่อฝังกลบรวมเท่ากับ 82.48 km และระยะทางขากลับจากบ่อฝังกลบมาจอดรถเก็บรวมรวบขยะที่เทศบาลเมืองมีระยะทางรวม 36.36 km ดังแสดงในตาราง 20 และ 21

ตาราง 20 ปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของการขนส่งขยะในเขตเทศบาลเมืองอุทัยธานีขาไปบ่อฝังกลบ

กิจกรรม	ระยะทาง (กม./วัน)	ปริมาณขยะที่เก็บขน (ตัน/วัน)	(tkm/ตันขยะ)	Emission Factor (TCO_2eq/tkm)	คาร์บอนฟุตพริ้นท์ (TCO_2eq/ตันขยะ)	ที่มา
รถบรรทุกขยะเก็บขนขยะ (100% loading)	82.48	16.75	1381.54	0.047	0.064	TGO 2565

ตาราง 21 ปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของการขนส่งขยะในเขตเทศบาลเมืองอุทัยธานีขากลับเทศบาล

กิจกรรม	ระยะทาง (กม.)	Emission Factor (TCO_2eq/tkm)	คาร์บอนฟุตพริ้นท์ (TCO_2eq/ตันขยะ)	ที่มา
รถบรรทุกขยะเที่ยวกลับเทศบาล (0% loading)	36.36	0.48	0.0004	TGO 2565

3.3.2 การปล่อยคาร์บอนฟุตพริ้นท์จากแบบจำลองการบำบัดด้วยวิธี Passive Aerated Windrow

จากบัญชีรายการสิ่งแวดล้อมปริมาณสารขาเข้า พบว่า ขยะมูลฝอยของเทศบาลเมืองอุทัยธานีที่เข้าระบบ Passive Aerated Windrow ทั้งกรณีที่ 1, 2 และ 3 มีการปล่อยคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของขยะ 1 ตัน อยู่ที่ 116.48 $kgCO_2eq$/ตันขยะ หรือ 0.12 TCO_2eq/ตันขยะ โดยการย่อยสลายของขยะอินทรีย์แบ่งออกเป็นก๊าซมีเทน CH_4 ปริมาณ 56.74 kgCO2eq/ตันขยะ หรือ 0.057 TCO_2eq/ตันขยะ ไนตรัสออกไซด์ปริมาณ 59.74 kgCO2eq/ตันขยะ หรือ 0.06 TCO_2eq/ตันขยะ ดังแสดงในตาราง 22

ตาราง 22 ปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของแบบจำลองเทคโนโลยีการจัดการขยะด้วยกรรมวิธีเชิงกล-ชีวภาพ กรณีที่ 1, 2 และ 3 ที่เกิดจากการย่อยสลายของขยะอินทรีย์ของเทศบาลเมืองอุทัยธานี

ชนิด	ปริมาณขยะ (ตัน)	การปล่อยก๊าซมีเทนจากการย่อยสลาย (kg/ตันขยะอินทรีย์)	ศักการปล่อยก๊าซไนตรัสออกไซด์ จากการย่อยสลาย (kg/ตันขยะอินทรีย์)	คาร์บอนฟุตพริ้นท์ (TCO_2eq/ตันขยะ)	ที่มา
ขยะอินทรีย์	0.64	4	0.3	0.116	TGO 2565

3.3.3 การปล่อยคาร์บอนฟุตพริ้นท์จากการร่อนขยะที่ผ่านการบำบัด

จากบัญชีรายการสิ่งแวดล้อมปริมาณสารขาเข้า เครื่องร่อนขยะ (Trommel Screen mobile) ที่ใช้ในการร่อนขยะในกรณีที่ 2 และ 3 ตามภาคผนวก มีการปล่อยคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของขยะ 1 ตัน ในส่วนของการร่อนขยะที่ผ่านการบำบัดด้วยระบบ Passive Aerated Windrow มีการปล่อยคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของขยะ 1 ตัน อยู่ที่ 0.001 TCO_2eq/ตัน ดังแสดงในตาราง 23

ตาราง 23 ปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของการร่อนขยะ

กิจกรรม	ปริมาณขยะ 1 ตันใช้เชื้อเพลิง (ลิตร)	EF จากการผลิตน้ำมันเชื่อเพลิง (TCO_2eq/ลิตร)	EF จากการเผาไหม้น้ำมันเชื่อเพลิง (TCO_2eq/ลิตร)	คาร์บอนฟุตพริ้นท์ (TCO_2eq/ตันขยะ)	ที่มา
เครื่องร่อนขยะ	0.36	0.3522	2.7	0.001	TGO 2565

3.3.4 การปล่อยคาร์บอนฟุตพริ้นท์จากการฝังกลบขยะที่ไม่ได้ถูกนำไปใช้ประโยชน์

จากบัญชีรายการสิ่งแวดล้อมสำหรับการจัดการขยะด้วยกรรมวิธีเชิงกล-ชีวภาพ ทั้ง 3 กรณี การคำนวนการปล่อยคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของการปล่อยคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของขยะ 1 ตัน พบว่า กรณีที่ 1 ขยะมูลฝอยที่ผ่านการบำบัดแล้วนำทั้งหมดไปทิ้งลงบ่อขยะ ที่ 1.27 TCO_2eq/ตันขยะ กรณีที่ 2 ขยะมูลฝอยที่ผ่านการบำบัดแล้วนำไปร่อนคัดแยกขยะแล้วจากนั้นนำขยะขนาดเล็ก และขนาดกลางไปใช้ประโยชน์ ส่วนที่เหลือนำไปทิ้งลงบ่อฝังกลบขยะ มีการปล่อยคาร์บอนฟุตพริ้นท์ อยู่ที่

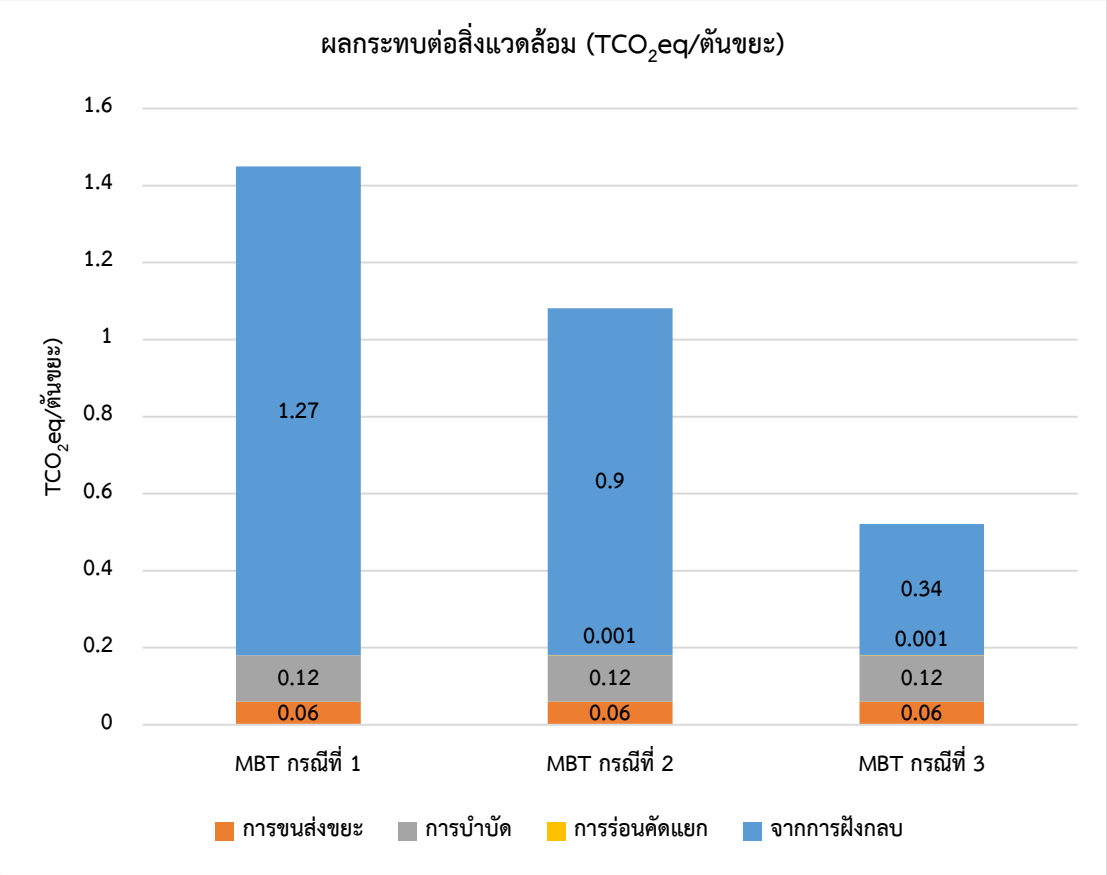
0.9 TCO_2eq/ตันขยะ กรณีที่ 3 ขยะมูลฝอยที่ผ่านการบำบัดแล้วนำไปร่อนคัดแยกขยะแล้วจากนั้นนำขยะขนาดเล็ก ขนาดกลาง และขนาดใหญ่ไปใช้ประโยชน์ ส่วนที่เหลือนำไปทิ้งลงบ่อฝังกลบขยะ โดยขยะที่นำไปทิ้งที่บ่อฝังกลบ เช่น ถ่านไฟฉาย ที่นอน นุ่น กระเบื้อง เศษไม้ เป็นต้น มีการปล่อยคาร์บอนฟุตพริ้นท์ เท่ากับ 0.34 TCO_2eq/ตันขยะ ดังแสดงในตาราง 24

ตาราง 24 ปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์จากการฝังกลบขยะแต่ละกรณี

ประเภทขยะ	ปริมาณขยะ (ตัน)			EF (TCO2eq/ตันมูลฝอย)	คาร์บอนฟุตพริ้นท์ (TCO_2eq/ตัน)			ที่มา
	กรณี1	กรณี2	กรณี3		กรณี1	กรณี2	กรณี3	
compost	1.67	0.07	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	TGO 2565
พลาสติก	0.95	0.80	0.00	0.70	0.67	0.56	0.00	TGO 2565
กระดาษ	0.01	0.00	0.00	2.93	0.03	0.00	0.00	TGO 2565
โฟม	0.01	0.00	0.00	0.70	0.01	0.00	0.00	TGO 2565
ผ้า	0.00	0.00	0.00	2.00	0.00	0.00	0.00	TGO 2565
โลหะ	0.05	0.02	0.02	0.43	0.02	0.01	0.01	TGO 2565
แก้ว	0.03	0.00	0.00	0.48	0.01	0.00	0.00	TGO 2565
ไม้	0.16	0.10	0.10	3.33	0.53	0.33	0.33	TGO 2565
กระเบื้อง	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	TGO 2565
รวม					1.27	0.90	0.34	

จากบัญชีรายการสิ่งแวดล้อมปริมาณสารขาเข้า พบว่าการจัดการขยะของเทศบาลเมืองอุทัยธานีแบบเทคโนโลยีการจัดการขยะด้วยกรรมวิธีเชิงกล-ชีวภาพ กรณีที่ 1 มีการปล่อยคาร์บอนฟุตพริ้นท์จากการขนส่ง เท่ากับ 0.06 TCO_2eq/ตันขยะ การปล่อยคาร์บอนฟุตพริ้นท์จากการบำบัดด้วยวิธี Passive Aerated Windrow เท่ากับ 0.12 TCO_2eq/ตันขยะ และนำขยะที่ผ่านการบำบัดแล้วทั้งหมดไปทิ้งลงบ่อฝังกลบมีการปล่อยคาร์บอนฟุตพริ้นท์จากการฝังกลบขยะเท่ากับ 1.27 TCO_2eq/ตันขยะ รวมกรณีที่ 1 มีการปริมาณการปล่อยคาร์บอนฟุตพริ้นท์เท่ากับ 1.47 TCO_2eq/ตันขยะ กรณีที่ 2 มีการปล่อยคาร์บอนฟุตพริ้นท์จากการขนส่ง เท่ากับ 0.06 TCO_2eq/ตันขยะ การปล่อยคาร์บอนฟุตพริ้นท์จากการบำบัดด้วยวิธี Passive Aerated Windrow เท่ากับ 0.12 TCO_2eq/ตันขยะ จากนั้นนำขยะที่ผ่านการบำบัดแล้วมาร่อนเพื่อคัดแยกขยะและนำขยะขนาดเล็กและขยะขนาดกลาง ไปใช้ประโยชน์ มีการปล่อยคาร์บอนฟุตพริ้นท์จากการร่อนคัดแยกขยะเท่ากับ 0.001 TCO_2eq/ตันขยะ และนำขยะที่เหลือจากการร่อนขยะไปทิ้งที่บ่อฝังกลบ มีการปล่อยคาร์บอน

ฟุตพริ้นท์จากการฝังกลบขยะเท่ากับ 0.9 TCO_2eq/ตันขยะ รวมกรณีที่ 2 มีการปริมาณการปล่อยคาร์บอนฟุตพริ้นท์เท่ากับ 1.1 TCO_2eq/ตันขยะ และกรณีที่ 3 มีการปล่อยคาร์บอนฟุตพริ้นท์จากการขนส่ง เท่ากับ 0.06 TCO_2eq/ตันขยะ การปล่อยคาร์บอนฟุตพริ้นท์จากการบำบัดด้วยวิธี Passive Aerated Windrow เท่ากับ 0.12 TCO_2eq/ตันขยะ จากนั้นนำขยะที่ผ่านการบำบัดแล้วมาร่อนเพื่อคัดแยกขยะและนำขยะขนาดเล็ก ขนาดกลาง และขนาดใหญ่ไปใช้ประโยชน์ มีการปล่อยคาร์บอนฟุตพริ้นท์จากการร่อนคัดแยกขยะเท่ากับ 0.001 TCO_2eq/ตันขยะ จากนั้นนำขยะที่เหลือจากการร่อนขยะไปทิ้งที่บ่อฝังกลบ มีการปล่อยคาร์บอนฟุตพริ้นท์จากการฝังกลบขยะเท่ากับ 0.34 TCO_2eq/ตันขยะ รวมกรณีที่ 3 มีการปริมาณการปล่อยคาร์บอนฟุตพริ้นท์เท่ากับ 0.54 TCO_2eq/ตันขยะ ดังแสดงในภาพ 44

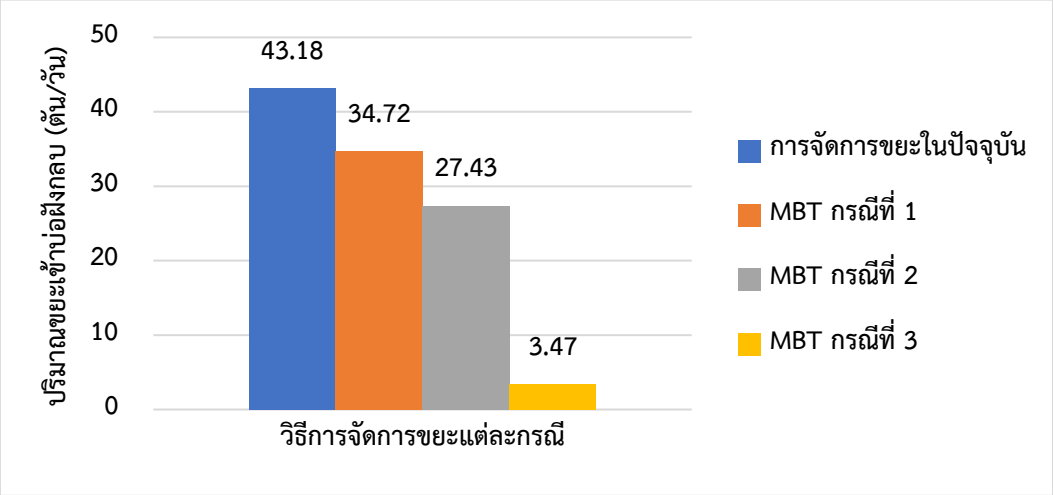


ภาพ 44 ปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของแต่ละกรณี

4 เปรียบเทียบระบบการจัดการขยะของเทศบาลเมืองอุทัยธานี

4.1 ปริมาณขยะที่เข้ามายังบ่อฝังกลบ

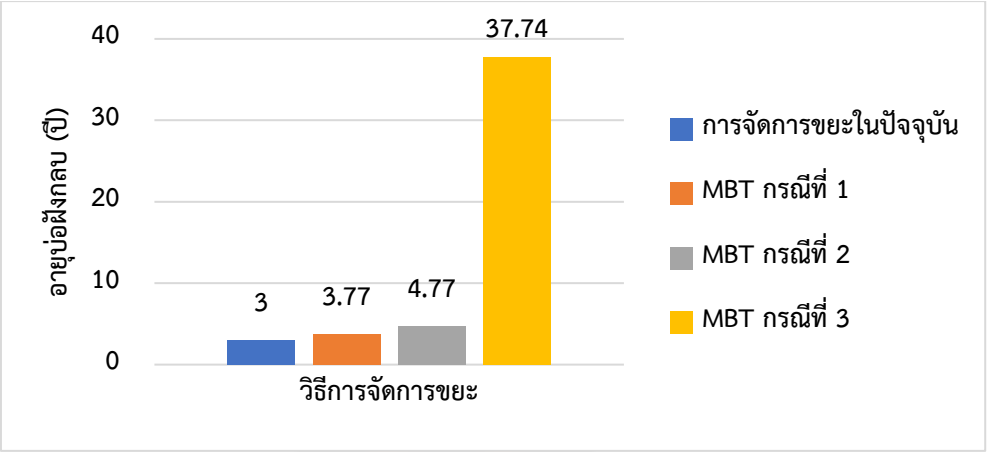
จากแบบจำลองระบบการจัดการขยะของเทศบาลเมืองอุทัยธานีทั้ง 4 กรณี พบว่าการจัดการขยะของเทศบาลเมืองอุทัยธานีในปัจจุบันมีปริมาณขยะเข้าบ่อฝังกลบเฉลี่ยเท่ากับ 43.18 ตัน/วัน และเทคโนโลยีการจัดการขยะด้วยกรรมวิธีเชิงกล-ชีวภาพ กรณีที่ 1 หลังจากบำบัดเสร็จนำขยะทั้งหมดทิ้งลงบ่อฝังกลบมีปริมาณขยะที่เข้าบ่อฝังกลบ 34.72 ตัน/วัน กรณีที่ 2 หลังจากบำบัดเสร็จนำขยะมาร่อนมีปริมาณขยะที่เข้าบ่อฝังกลบ 27.43 ตัน/วัน กรณีที่ 3 มีปริมาณขยะที่เข้าบ่อฝังกลบ 3.47 ตัน/วัน ดังแสดงในภาพ 45



ภาพ 45 ปริมาณขยะเข้าบ่อฝังกลบของเทศบาลเมืองอุทัยธานี ทั้งแบบดั่งเดิม และแบบ MBT

4.2 อายุการใช้งานบ่อฝังกลบ

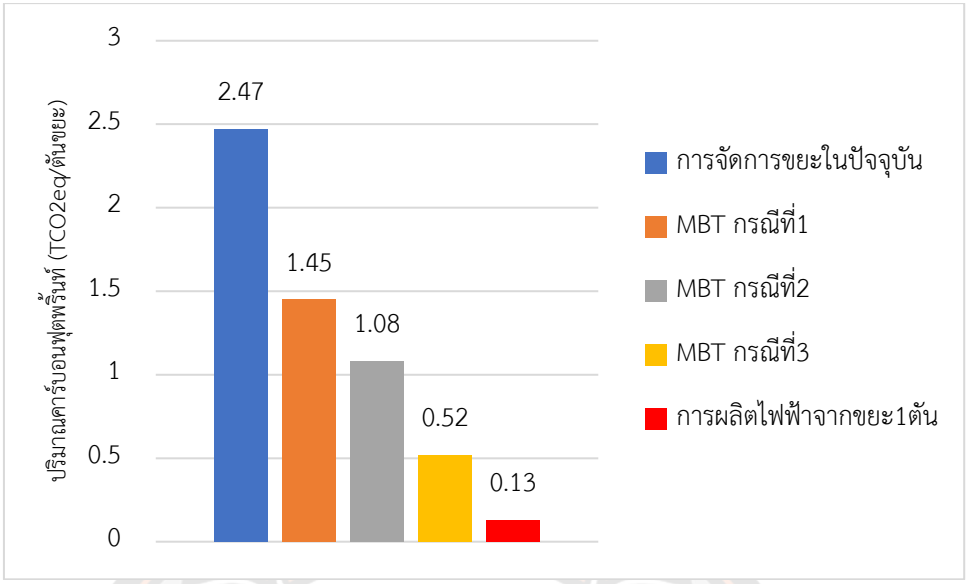
จากแบบจำลองระบบการจัดการขยะของเทศบาลเมืองอุทัยธานีทั้ง 4 กรณี พบว่าการจัดการขยะของเทศบาลเมืองอุทัยธานีในปัจจุบันสามารถใช้งานบ่อฝังกลบได้อีก 3 ปี และเทคโนโลยีการจัดการขยะด้วยกรรมวิธีเชิงกล-ชีวภาพ กรณีที่ 1 สามารถใช้งานบ่อฝังกลบได้อีก 3.77 ปี กรณีที่ 2 สามารถใช้งานบ่อฝังกลบได้อีก 4.77 ปี และกรณีที่ 3 สามารถใช้งานบ่อฝังกลบได้อีก 37.74 ปี ดังแสดงในภาพ 46



ภาพ 46 อายุการใช้งานบ่อฝังกลบของเทศบาลเมืองอุทัยธานีในปัจจุบันและแบบบำบัดด้วยกรรมวิธีเชิงกล-ชีวภาพ

4.3 ผลกระทบทางด้านสิ่งแวดล้อม

จากแบบจำลองการจัดการขยะของเทศบาลเมืองอุทัยธานีทั้ง 4 กรณี พบว่าการจัดการขยะของเทศบาลเมืองอุทัยธานีในปัจจุบันมีการปล่อยคาร์บอนฟุตพริ้นท์จากการฝังกลบขยะและการขนส่งขยะ เท่ากับ 2.47 TCO_2eq/ตันขยะ และเทคโนโลยีการจัดการขยะด้วยกรรมวิธีเชิงกล-ชีวภาพ กรณีที่ 1 มีการปล่อยคาร์บอนฟุตพริ้นท์จากการขนส่งขยะ การบำบัดด้วยวิธี Passive Aerated Windrow และการฝังกลบขยะ เท่ากับ 1.47 TCO_2eq/ตันขยะ กรณีที่ 2 มีการปล่อยคาร์บอนฟุตพริ้นท์จากการขนส่งขยะ การบำบัดด้วยวิธี Passive Aerated Windrow การร่อนคัดแยกขยะ และการฝังกลบขยะ เท่ากับ 1.1 TCO_2eq/ตันขยะ และกรณีที่ 3 มีการปล่อยคาร์บอนฟุตพริ้นท์จากการขนส่งขยะ การบำบัดด้วยวิธี Passive Aerated Windrow การร่อนคัดแยกขยะ การฝังกลบขยะ เท่ากับ 0.54 TCO_2eq/ตันขยะ และการผลิตไฟฟ้าจากขยะมูลฝอยมีการปล่อยคาร์บอนฟุตพริ้นท์เท่ากับ 0.93 $kgCO_2eq$/kWh โดยขยะ 1 ตัน สามารถผลิตกระแสไฟฟ้าได้ 147.2 kWh ดังนั้นการผลิตกระแสไฟฟ้าจากขยะ 1 ตัน มีปริมาณการปล่อยคาร์บอนฟุตพริ้นท์ตลอดวัฏจักรเท่ากับ 0.14 TCO_2eq/ตันขยะ (เนตรชนากานต์ สุนันตา, 2560) ดังแสดงในภาพ 47



ภาพ 47 ปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของการจัดการขยะเทศบาลเมืองอุทัยธานีในปัจจุบัน และแบบบำบัดด้วยกรรมวิธีเชิงกล-ชีวภาพ

บทที่ 5

บทสรุป

สรุปผลการวิจัย

จากการศึกษาปริมาณขยะที่เข้ามายังบ่อฝังกลบขยะ สามารถสรุปปริมาณขยะที่นำมากำจัดที่บ่อฝังกลบขยะของเทศบาลเมืองอุทัยธานี ปริมาณขยะในเขตเทศบาลเมืองอุทัยธานี 16.70 ตัน/วัน ปริมาณขยะของ อปท. อื่น ๆ ที่มาฝังกลบขยะมูลฝอย 27.64 ตัน/วัน รวมปริมาณขยะที่เข้ามายังบ่อฝังกลบขยะของเทศบาลเมืองอุทัยธานีมีปริมาณ 44.34 ตัน/วัน

ผลกระทบทางด้านสิ่งแวดล้อมจากการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นของการจัดการขยะของเทศบาลเมืองอุทัยธานีในปัจจุบัน พบว่าปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์จากเส้นทางการเดินรถเก็บรวบรวมขยะทั้งหมดของเทศบาลเมือง พบว่ารถเก็บรวบรวมขยะทั้ง 3 เส้นทาง มีการปล่อยคาร์บอนฟุตพริ้นท์เที่ยวเก็บรวบรวมขยะไปยังบ่อฝังกลบ และเที่ยวกลับจากบ่อฝังกลบมายังเทศบาลเมืองทั้ง 0.06 TCO_2eq/ตันขยะ และการปล่อยคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของการฝังกลบขยะปล่อยคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของขยะ 1 ตัน อยู่ที่ 2.41 TCO_2eq/ตันขยะ โดยขยะอินทรีย์ย่อยสลายง่ายมีการปล่อยคาร์บอนฟุตพริ้นท์มากที่สุด รองลงมาคือ พลาสติก เศษไม้ กระดาษ ผ้า ยางและหนัง โฟม แก้ว โลหะ ตามลำดับ การจัดการขยะของเทศบาลเมืองอุทัยธานีในปัจจุบันมีการปล่อยคาร์บอนฟุตพริ้นท์เท่ากับ 2.47 TCO_2eq/ตันขยะ

ปัญหาใหญ่ที่เกิดขึ้นของเทศบาลเมืองอุทัยธานีที่ต้องได้รับการแก้ไขโดยด่วน คือ บ่อฝังกลบขยะของเทศบาลเมืองอุทัยธานีที่ใกล้เต็มแล้วจาก การคาดการณ์บ่อฝังกลบสามารถรองรับปริมาณขยะอีก 7 ชั้น โดยแบ่งออกเป็น ชั้นที่ 1 ปริมาณเท่ากับ 12,153.46 ตัน ชั้นที่ 2 ปริมาณเท่ากับ 9,975.49 ตัน ชั้นที่ 3 ปริมาณเท่ากับ 7,987.91 ตัน ชั้นที่ 4 ปริมาณเท่ากับ 6,442.61 ตัน ชั้นที่ 5 ปริมาณเท่ากับ 4,975.04 ตัน ชั้นที่ 6 ปริมาณเท่ากับ 3,698.27 ตัน และชั้นที่ 7 ปริมาณเท่ากับ 2,517 ตัน รวมปริมาณขยะที่บ่อฝังกลบสามารถรับได้จนกว่าจะเต็มเท่ากับ 47,749.77 ตัน

จากแบบจำลองการกระจายตัวของขยะเทศบาลเมืองอุทัยธานี ถ้าไม่มีการเปลี่ยนแปลงในส่วนของการจัดการขยะจะมีปริมาณขยะจะมีปริมาณขยะที่มายังบ่อฝังกลบของเทศบาลเมืองอุทัยธานี ปริมาณขยะที่เข้ามายังบ่อฝังกลบของเทศบาลเมืองอุทัยธานีมีปริมาณเฉลี่ยเท่ากับ 43.18 ตัน/วัน มากที่สุด 65.66 ตัน/วัน แล้วน้อยที่สุด 25.37 ตัน/วัน จากนั้นทำการหาปริมาณขยะสะสมเพื่อดูอายุการใช้งานบ่อฝังกลบขยะของเทศบาลเมืองอุทัยธานี บ่อฝังกลบสามารถรับปริมาณขยะได้อีก 47,749.77

ตัน ดังนั้นบ่อฝังกลบขยะจะสามารถรองรับปริมาณขยะที่เข้ามายังบ่อฝังกลบของเทศบาลได้อีก 3 ปี จนกว่าจะเต็ม

จากแบบจำลองการจัดการขยะด้วยเทคโนโลยีการจัดการขยะด้วยกรรมวิธีเชิงกล-ชีวภาพ การบำบัดด้วยวิธี Passive Aerated Windrow ทั้ง 3 กรณี พบว่า กรณีที่ 1 พบว่าหลังจากบำบัดด้วยวิธี Passive Aerated Windrow จนครบกำหนด 9 เดือน นำปริมาณขยะทั้งกองที่ผ่านการบำบัดแล้วทิ้งลงบ่อฝังกลบขยะทั้งหมดจะมีปริมาณเข้าบ่อฝังกลบเฉลี่ย 1041.67 ตัน/เดือน ปริมาณเข้าบ่อฝังกลบมากที่สุด 1443.89 ตัน/เดือน ปริมาณเข้าบ่อฝังกลบน้อยสุด 767.09 ตัน/เดือน เท่ากับว่าบ่อฝังกลบจะสามารถใช้งานได้อีก 45.84 เดือน หรือ 3.77 ปี กรณีที่ 2 พบว่าหลังจากบำบัดด้วยวิธี Passive Aerated Windrow จนครบกำหนด 9 เดือน นำปริมาณขยะทั้งกองที่ผ่านการบำบัดแล้วนำมาร่อนแยกขยะตามขนาด จากนั้นนำขยะขนาดเล็กและขยะขนาดกลาง ไปใช้โยชน์ต่อ ส่วนที่เหลือทิ้งลงบ่อฝังกลบขยะทั้งหมด จะได้ ขยะขนาดเล็ก (comport) และขยะขนาดกลาง (วัสดุกรองกลิ่น) ปริมาณเฉลี่ยเท่ากับ 218.75 ตัน/เดือน ปริมาณมากที่สุด 303.22 ตัน/เดือน ปริมาณน้อยที่สุด 161.09 ตัน/เดือน และปริมาณเข้าบ่อฝังกลบเฉลี่ย 822.92 ตัน/เดือน ปริมาณเข้าบ่อฝังกลบมากที่สุด 1140.67 ตัน/เดือน ปริมาณเข้าบ่อฝังกลบน้อยสุด 606 ตัน/เดือน เท่ากับว่าบ่อฝังกลบจะสามารถใช้งานได้อีก 58.02 เดือน หรือ 4.77 ปี กรณีที่ 3 พบว่าปริมาณขยะหลังจากบำบัดด้วยวิธี Passive Aerated Windrow จนครบกำหนด 9 เดือน จะได้ผลผลิตคือ ขยะขนาดเล็ก สารปรับปรุงดินปริมาณเฉลี่ยเท่ากับ 145.83 ตัน/เดือน ปริมาณมากที่สุด 202.14 ตัน/เดือน ปริมาณน้อยที่สุด 107.39 ตัน/เดือน ขยะขนาดกลาง วัสดุกรองกลิ่น มีปริมาณเฉลี่ย 72.92 ตัน/เดือน ปริมาณมากที่สุด 101.07 ตัน/เดือน ปริมาณน้อยสุด 53.7 ตัน/เดือน และขยะขนาดใหญ่ RDF ปริมาณเฉลี่ยเท่ากับ 822.92 ตัน/เดือน ปริมาณมากที่สุด 1140.67 ตัน/เดือน ปริมาณน้อยที่สุด 606 ตัน/เดือน เท่ากับว่าบ่อฝังกลบจะสามารถใช้งานได้อีก 459.13 เดือน หรือ 37.74 ปี

ผลกระทบทางด้านสิ่งแวดล้อมจากการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นของการจัดการขยะ ทั้ง 3 กรณี พบว่าการจัดการขยะด้วยกรรมวิธีเชิงกล-ชีวภาพ ด้วยเทคโนโลยีการจัดการขยะด้วยกรรมวิธีเชิงกล-ชีวภาพ Passive Aerated Windrow นั้นใช้แรงงานคนเป็นหลักจึงทำการคำนวณเฉพาะส่วนของการขนส่งขยะ การบำบัดด้วยวิธีการ Passive Aerated Windrow การร่อนขยะ และการฝังกลบขยะ พบว่าการจัดการขยะของเทศบาลเมืองอุทัยธานีแบบเทคโนโลยีการจัดการขยะด้วยกรรมวิธีเชิงกล-ชีวภาพ กรณีที่ 1 มีการปล่อยคาร์บอนฟุตพริ้นท์จากการขนส่ง เท่ากับ 0.06 TCO_2eq/ตันขยะ การปล่อยคาร์บอนฟุตพริ้นท์จากการบำบัดด้วยวิธี Passive Aerated Windrow เท่ากับ 0.12 TCO_2eq/ตันขยะ และนำขยะที่ผ่านการบำบัดแล้วทั้งหมดไปทิ้งลงบ่อฝังกลบมีการปล่อยคาร์บอนฟุตพริ้นท์จากการฝังกลบขยะเท่ากับ 1.27 TCO_2eq/ตันขยะ รวมกรณีที่ 1 มีการปริมาณการปล่อยคาร์บอนฟุตพริ้นท์เท่ากับ 1.47 TCO_2eq/ตันขยะ กรณีที่ 2 มีการปล่อยคาร์บอนฟุตพริ้นท์จากการขนส่ง เท่ากับ

0.06 TCO_2eq/ตันขยะ การปล่อยคาร์บอนฟุตพริ้นท์จากการบำบัดด้วยวิธี Passive Aerated Windrow เท่ากับ 0.12 TCO_2eq/ตันขยะ จากนั้นนำขยะที่ผ่านการบำบัดแล้วมาร่อนเพื่อคัดแยกขยะและนำขยะขนาดเล็ก และขยะขนาดกลาง ไปใช้ประโยชน์ มีการปล่อยคาร์บอนฟุตพริ้นท์จากการร่อนคัดแยกขยะเท่ากับ 0.001 TCO_2eq/ตันขยะ และนำขยะที่เหลือจากการร่อนขยะไปทิ้งที่บ่อฝังกลบ มีการปล่อยคาร์บอนฟุตพริ้นท์จากการฝังกลบขยะเท่ากับ 0.9 TCO_2eq/ตันขยะ รวมกรณีที่ 2 มีการปริมาณการปล่อยคาร์บอนฟุตพริ้นท์เท่ากับ 1.1 TCO_2eq/ตันขยะ และกรณีที่ 3 มีการปล่อยคาร์บอนฟุตพริ้นท์จากการขนส่ง เท่ากับ 0.06 TCO_2eq/ตันขยะ การปล่อยคาร์บอนฟุตพริ้นท์จากการบำบัดด้วยวิธี Passive Aerated Windrow เท่ากับ 0.12 TCO_2eq/ตันขยะ จากนั้นนำขยะที่ผ่านการบำบัดแล้วมาร่อนเพื่อคัดแยกขยะและนำขยะขนาดเล็ก ขนาดกลาง และขนาดใหญ่ไปใช้ประโยชน์ มีการปล่อยคาร์บอนฟุตพริ้นท์จากการร่อนคัดแยกขยะเท่ากับ 0.001 TCO_2eq/ตันขยะ จากนั้นนำขยะที่เหลือจากการร่อนขยะไปทิ้งที่บ่อฝังกลบ มีการปล่อยคาร์บอนฟุตพริ้นท์จากการฝังกลบขยะเท่ากับ 0.34 TCO_2eq/ตันขยะ รวมกรณีที่ 3 มีการปริมาณการปล่อยคาร์บอนฟุตพริ้นท์เท่ากับ 0.54 TCO_2eq/ตันขยะ

ข้อเสนอแนะ

เพื่อให้งานวิจัยมีประสิทธิภาพมากที่สุดเทศบาลเมืองอุทัยธานีควรมุ่งเน้นลดการเกิดขยะตั้งแต่ต้นทางก่อน จากนั้นเก็บขนขยะควรนำขยะไปสถานที่คัดแยกขยะเพื่อคัดแยกนำขยะรีไซเคิลออกไปจำหน่ายให้ได้มากที่สุด นำขยะที่เหลือตั้งกองหมักจนครบกำหนดนำขยะมาร่อน จะได้ขยะขนาดเล็ก Compost สามารถนำไปใช้แทนปุ๋ยได้ แต่ไม่แนะนำให้นำไปใช้กับพืชผลที่กินได้เพราะอาจจะมีสารปนเปื้อนจากขยะอันตรายที่อาจจะคัดแยกไม่หมด ขยะขนาดกลาง สามารถนำไปคลุมกองหมักเพื่อลดกลิ่นได้ และขยะขนาดใหญ่นำไปอัดก้อน RDF และขยะที่เหลือที่ไม่สามารถใช้ประโยชน์ได้แล้วค่อยนำไปกำจัดขั้นต่อไป

นอกจากนี้ในงานวิจัยนี้เป็นการจำลองสถานการณ์การใช้กระบวนการ MBT ซึ่งใช้ข้อมูลจากงานวิจัยของ ผลของความสูงกองหมักต่อประสิทธิภาพในการบำบัดขยะด้วยวิธี Passive Aerated Windrow (ชนารดี วิกาหะ, 2554) ดังนั้นในการวิจัยต่อไปอาจศึกษาจากข้อมูลจริง หรือข้อมูลจากงานวิจัยอื่น ๆ ที่ดำเนินการโดยกระบวนการ MBT แบบต่าง ๆ

บรรณานุกรม

บรรณานุกรม

กรมควบคุมมลพิษ. (2563). รายงานสถานการณ์ขยะมูลฝอยชุมชนของประเทศไทย ปี พ.ศ. 2562. กรุงเทพฯ: สำนักจัดการกากของเสียและสารอันตราย

กิตินันธ์ มากปรางค์. (2557). การออกแบบโลจิสติกส์ภายในสำหรับการผลิตอาหารกระป๋องโดยใช้เทคนิคการจำลองสถานการณ์. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่.

ชนารดี วิกาหะ. (2554). ผลของความสูงกองหมักต่อประสิทธิภาพในการบำบัดขยะด้วยวิธี Passive Aerated Windrow. วิทยานิพนธ์ วศม, มหาวิทยาลัยนเรศวร, พิษณุโลก.

ชุติมา สุขอนันต์. (2555). การประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององกรและแนวทางการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาตร์. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

ไตรภพ ไชยมุนินทร์. (2552). การประยุกต์เทคนิคมอนติคาร์โลเพื่อจัดการสินค้าคงคลังโดยผู้ขาย. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, กรุงเทพฯ.

ทัศวรรณ ใจเที่ยง. (2555). การประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์และดัชนีความยั่งยืนจากการผลิตเชื้อเพลิงขยะในมหาวิทยาลัยเชียงใหม่. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่.

ธนัท พลูประทิน. (2555). คาร์บอนฟุตพริ้นท์ของภาควิชาวิศวกรรมเคมี มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาตร์, กรุงเทพฯ.

นุชนาท วรารักษ์ประภัทร์. (2557). คาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กร: กรณีศึกษาโรงงานสุรา บริษัท แก่นขวัญ จำกัด จังหวัดขอนแก่น. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยขอนแก่น, ขอนแก่น.

ปภพ อินอ้าย. (2562). ระบบโลจิสติกส์ของขยะชุมชนในเขตเทศบาลเมืองอุทัยธานี. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยนเรศวร, พิษณุโลก.

พัชยา โตบารมีกุล. (2557). การประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์และวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์น้ำตาลทรายธรรมชาติและน้ำตาลทรายดิบคุณภาพสูง. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, ,มหาวิยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, กรุงเทพฯ.

มันทิรา นิระโส. (2551). การจำลองระบบการเก้บขนขยะมูลฝอยของเทศบาลนครภูเก็ต. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าคุณทหารลาดกระบัง, กรุงเทพฯ.

วันชนก สุวรรณรัตน์. (2551). แบบจำลองสถานการณ์ด้วยโปรแกรมตารางคำนวณสำหรับการวางแผนความต้องการการกระจายสินค้า. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ.

สมชาย ขัณฑ์เพชรางกูร. (2556). การประยุกต์ใช้การจำลองสถานการณ์แบบมอนติคาร์โลเพื่อการจัดการวัตถุดิบคงคลัง กรณีศึกษา โรงงานผลิตคอนกรีตมวลเบา. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, กรุงเทพฯ.

สิริมา จิ๋วสม. (2555). การประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กรและแนวทางเชิงวิศวกรรมในการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของกรมควบคุมมลพิษ. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

หน่วยวิจัยเพื่อการจัดการพลังงานและเศษฐนิเวศ. (2556). การประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์และวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ของกาแฟอราบิก้า. มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่.

องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน). (2554). แนวทางการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กร. กรุงเทพฯ

องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน). (2554). แนวทางการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น. กรุงเทพฯ

อิทธิพล เนคมานุรักษ์. (2552). การประยุกต์ผังงานสายธารคุณค่าและการจำลองสถานการณ์เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการผลิต กรณีศึกษา : โรงงานผลิตปลานิลแช่แข็ง. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, กรุงเทพฯ.

อุไรรัตน์ กุลมี. (2546). แบบจำลองการจัดการขยะของประชาชนในเขตเทศบาลเมืองสุพรรณบุรี จังหวัดสุพรรณบุรี. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

Gill, B., Moeller, S., (2018). GHG emissions and the rural-urban divide. A carbon footprint analysis based on the German Official Income and Expenditure Survey. Ecol. Econ.145, 160–169. https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2017.09.004.

H.A. Hassard, M.H. Couch, T. Techa-erawan, B.C. McLellan. (2014). Product carbon footprint and energy analysis of alternative coffee products in Japan. Journal of Cleaner Production, Kyoto University, Kyoto.

Intergovernmental panel on climate change, IPCC2013 GWP 100a V.100, from URL: http: / / www. ipcc.ch,access on 1/04/2016.

JEMAI, (2012). Carbon Footprint of Products. Japan Environmental Management Association for Industry, Tokyo.

Moran, D., Kanemoto, K., Jiborn, M., Wood, R., Többen, J., Seto, K.C., (2018). Carbon footprints of 13000 cities. Environ. Res. Lett. 13, 064041. From https://doi.org/10.1088/1748-9326/aac72a.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก สถานภาพการจัดการขยะในปัจจุบันของเทศบาลเมืองอุทัยธานี

เทศบาลเมืองอุทัยธานีได้ดำเนินการจัดการขยะมูลฝอยโดยวิธีการฝังกลบอย่างถูกหลักสุขาภิบาล (Sanitary Landfill) ในที่ดินของเทศบาลเมืองอุทัยธานีที่จัดซื้อไว้ จำนวน 107 ไร่ 2 งาน 32 ตารางวา ตั้งอยู่ที่ บ้านหนองกาหลง หมู่ที่ 4 ตำบลหลุมเข้า อำเภอหนองขาหย่าง จังหวัดอุทัยธานี โดยเริ่มดำเนินการในระยะที่ 1 (บ่อฝังกลบ จำนวน 4 บ่อ) เมื่อปีงบประมาณ 2544 มาจนถึงปัจจุบัน ปริมาณขยะมูลฝอยของเทศบาลเมือง อุทัยธานีมีปริมาณเพิ่มมากขึ้นประกอบกับมีองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นใกล้เคียงจำนวน 19 แห่ง ส่งขยะมากำจัด ณ บ่อฝังกลบระยะที่ 1 ของจังหวัดอุทัยธานีทำให้มีปริมาณขยะมูลฝอยเฉลี่ยเท่ากับ 44 ตัน/วัน ส่งผลให้บ่อฝังกลบขยะมูลฝอย ระยะที่ 1 ใกล้จะเต็มพื้นที่แล้วดังนั้นเพื่อเป็นการเตรียมความพร้อมและเตรียมการรองรับปริมาณขยะมูลฝอยที่จะเกิดขึ้นในอนาคต เทศบาลเมืองอุทัยธานีได้มีการดำเนินการการศึกษาวิจัยความเหมาะสมระบบการจัดขยะมูลฝอยแบบศูนย์รวมการจัดการขยะ ระยะที่ 2 ของจังหวัดอุทัยธานี เพื่อศึกษาวิจัยความเหมาะสม, รูปแบบ, วิธีการ, และแนวทางการจัดการขยะมูลฝอยให้สอดคล้องกับสภาพพื้นที่และปริมาณขยะมูลฝอยที่จะเกิดขึ้นในอนาคต (ปภพ อินอ้าย, 2562)

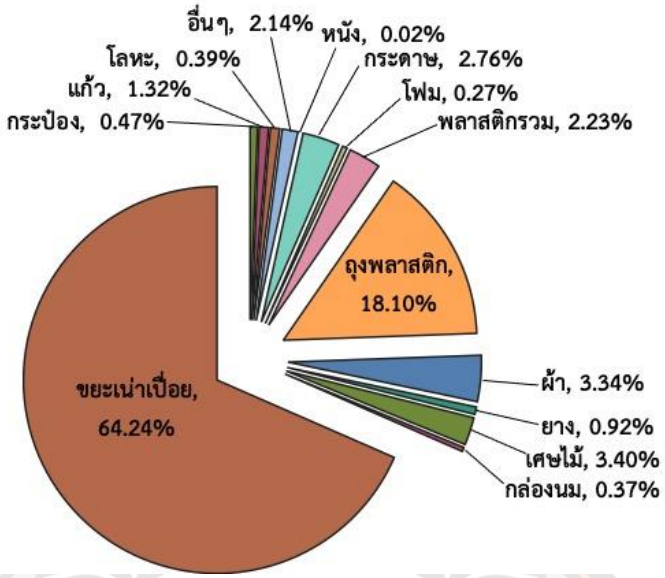
ปริมาณและองค์ประกอบของขยะที่เข้ามายังบ่อฝังกลบ

จากการดำเนินงานในการเข้าสำรวจพื้นที่บ่อขยะ, บ่อฝังกลบขยะมูลฝอย และเก็บข้อมูลปริมาณขยะมูลฝอยของเทศบาลเมืองอุทัยธานี สามารถสรุปปริมาณขยะที่นำมาทิ้ง ณ บ่อฝังกลบขยะได้ ดังแสดงตารางที่ 7 จากข้อมูลปริมาณขยะเฉลี่ยในเทศบาลเมืองอุทัยธานี ซึ่งได้แสดงองค์ประกอบของขยะมูลฝอยในวันที่ 26-28 พฤศจิกายน และ วันที่ 21 ธันวาคม พ.ศ 2561 โดยพบว่าปริมาณขยะของบ่อฝังกลบขยะมูลฝอย เฉลี่ย 44.34 ตัน/วัน ซึ่งแยกเป็นขยะมูลฝอยของเทศบาลเมืองอุทัยธานี 16.70 ตัน/วัน (ร้อยละ 37.67) และขยะมูลฝอยของส่วนท้องถิ่นต่างๆ อีก 27.64 ตัน/วัน (ร้อยละ 62.33) (ปภพ อินอ้าย)

ตาราง 25 ปริมาณขยะเฉลี่ย (ตัน/วัน) ณ บ่อฝังกลบขยะมูลฝอยของเทศบาลเมืองอุทัยธานี

วันที่	ปริมาณขยะของเทศบาลเมืองอุทัยธานี (ตัน/วัน)	ปริมาณขยะของ อปท. อื่น ๆ ที่มาฝังกลบขยะมูลฝอย (ตัน/วัน)	ปริมาณขยะรวมที่มาฝังกลบขยะมูลฝอย (ตัน/วัน)
26 พฤศจิกายน 2561	16.38	37.34	53.72
27 พฤศจิกายน 2561	16.90	22.35	39.25
28 พฤศจิกายน 2561	18.76	28.61	47.37
21 ธันวาคม 2561	14.77	22.25	37.02
เฉลี่ย	**16.70**	**27.64**	**44.34**

การศึกษาองค์ประกอบขยะมูลฝอยของเทศบาลเมืองอุทัยธานี ได้ดำเนินการศึกษาเมื่อวันที่ 26 - 28 พฤศจิกายน และ วันที่ 21 ธันวาคม พ.ศ 2561 ดำเนินการเก็บตัวอย่างขยะจากรถเก็บขนขยะที่นำขยะเข้ามาทิ้งในสถานฝังกลบขยะมูลฝอย จากนั้นใช้รถแบ็คโฮคลุกเคล้าขยะให้เข้ากัน แล้วเก็บตัวอย่างขยะโดยใช้รถแบ็คโฮคลุกเคล้าขยะแล้วสุ่มเก็บตัวอย่างออกมา 2 บุ่งกี๋ และนำตัวอย่างขยะไปคลุกเคล้าให้เข้ากันอีกครั้งด้วยใช้แรงงานคน แล้วการทำ quartering แล้วคัดแยกองค์ประกอบขยะมูลฝอย แล้วเก็บตัวอย่างขยะมูลฝอยไปชั่งน้ำหนัก รายละเอียดองค์ประกอบขยะมูลฝอยของเทศบาลเมืองอุทัยธานี โดยพบว่า องค์ประกอบขยะมูลฝอยเฉลี่ยของเทศบาลเมืองอุทัยธานีมีปริมาณเศษอาหารและอื่นๆ มากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 64.69 รองลงมาคือ ถุงพลาสติก คิดเป็นร้อยละ 18.04 รองลงมาคือเศษไม้ และผ้า ซึ่งมีปริมาณใกล้เคียงกัน คิดเป็นร้อยละ 3.46 และ 3.22 ตามลำดับ ดังแสดงในภาพ 48



ภาพ 48 แสดงองค์ประกอบขยะมูลฝอยของบ่อฝังกลบ เทศบาลเมืองอุทัยธานี

การจัดการขยะของเทศบาลเมืองอุทัยธานี

การเก็บขนขยะมูลฝอยครอบคลุมพื้นที่เทศบาลเมืองอุทัยธานี 8.2 ตารางกิโลเมตร มีเส้นทางการเดินรถเก็บขนขยะหลักที่ดำเนินการเป็นประจำทุกวัน 3 เส้นทาง แบ่งพื้นที่ในการจัดเก็บเป็นเขตด้านเหนือของเมืองอุทัยธานี เขตด้านใต้ของเมืองอุทัยธานี โดยใช้ถนนท่าช้างเป็นเขตแบ่งกัน และเขตบริเวณรอบนอกของเมืองอุทัยธานี ในปัจจุบัน เทศบาลเมืองอุทัยธานี ดำเนินการจัดการขยะมูลฝอยโดยวิธีการฝังกลบอย่างถูกหลักสุขาภิบาล (Sanitary Landfill) เมื่อรถเก็บขนขยะจากสถานที่ต่างๆ มาถึงบริเวณบ่อฝังกลบขยะมูลฝอยแล้วจะเทกองขยะไว้ในบริเวณที่กำหนด โดยคนเก็บขยะที่อยู่ประจำบ่อฝังกลบขยะมูลฝอยจะดำเนินการแยกของขายได้ (รีไซเคิล) จากกองขยะนั้นๆ ทำให้มีปริมาณขยะฝังกลบลดลง มีคนเก็บขยะมีทั้งหมด 16 คน แบ่งเป็นหญิง 10 คน และชาย 6 คน ใช้เวลาแยกขยะรีไซเคิลคนละประมาณ 6 ชั่วโมง/วัน แยกขยะรีไซเคิลได้ประมาณ 971.52 กิโลกรัม/วัน จากนั้นจะทำการเกลี่ยกองขยะให้กระจายทั่วบริเวณ ดำเนินการสัปดาห์ละ 3 - 4 ครั้ง จนกว่าจะได้ความสูงของกองขยะ 3 เมตร แล้วดำเนินการกลบด้วยดินเพื่อสร้างเป็นฐานของบ่อขยะในชั้นต่อไป โดยมีพนักงานประจำบ่อฝังกลบ 2 คน เป็นผู้ดำเนินการ ดังแสดงในภาพ 49

ภาพ 49 ขั้นตอนการจัดการขยะมูลฝอยของเทศบาลเมืองอุทัยธานี

ภาคผนวก ข ค่าความหนาแน่นจากองค์ประกอบของขยะเทศบาลเมืองอุทัยธานี

การหาค่าความหนาแน่นจากองค์ประกอบของขยะเทศบาลเมืองอุทัยธานี สามารถนำมาคำนวนหาความหนาแน่นเฉลี่ยทั่วไปของส่วนประกอบของขยะที่ไม่ถูกอัดมาก่อน (พัชรี หอวิจิตร,2543) ดังแสดงในตาราง 26

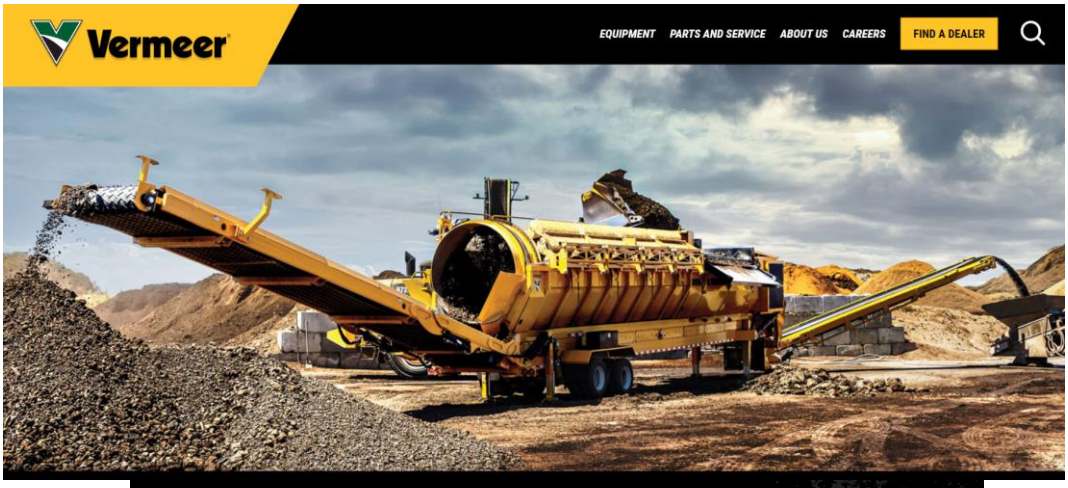
ตาราง 26 แสดงการคำนวณหาค่าความหนาแน่นของขยะที่มาทิ้งที่บ่อฝังกลบ

ชนิด	ความหนาแน่น (kg/m^3)	องค์ประกอบขยะ %	ความหนาแน่นของขยะ
เศษอาหาร	288	64.24	185.01
ขยะจากสวน	104	3.38	3.52
พลาสติก	64	20.57	13.16
กระดาษ	82	3.21	2.63
ผ้า	64	3.34	2.14
ยาง	128	0.93	1.19
แก้ว	194	1.32	2.56
โลหะ	160	0.86	1.38
อื่นๆ	480	2.14	10.27
รวม			221.86

ภาคผนวก ค ค่า Emission Factor

ชื่อ	**ค่า Emission Factor**
การฝังกลบขยะ	
กระดาษ	2.93
ผ้า	2
เศษอาหาร	2.53
เศษไม้	3.33
กิ่งไม้ ต้นหญ้าจากสวน	3.27
ผ้าอ้อม	4
ยางและหนัง	3.13
แก้ว	0.48
การเผาไหม้	
การเผาไม้น้ำมันดีเซล	2.7
การได้มาซึ่งน้ำมันดีเซล	0.3522
รถบรรทุกขยะขนาด 6 ล้อ 100% loading	0.047
รถบรรทุกขยะขนาด 6 ล้อ 0% loading	0.48
อัตราการย่อยสลายของขยะอินทรีย์	
มีเทน CH_4	4
ไนตรัสออกไซด์ N_2O	0.3
ศักยภาพการทำให้โลกร้อนของ มีเทน CH_4	21
ศักยภาพการทำให้โลกร้อนของ ไนตรัสออกไซด์ N_2O	310

ภาคผนวก ง เครื่องร่อนขยะ



SPECIFICATIONS COMPARE MODELS → Show Metric

GENERAL DIMENSIONS AND WEIGHTS

Weight	17690.1 kg
Hitch Weight	2404 kg
Transport Length	12 m
Transport Width	303.5 cm
Transport Height	4 m
Operation Length	16.5 m
Operation width	13.2 m
Operation Height	5.1 m
Capacity	180 yd³ (137.6 m³) per hour with 0.5-in (1.3-cm) screens installed and material with moisture less than 40%

ENGINE - OPTION ONE

Make and Model	CAT 3.6L Tier 4F (Stage V)
Number of Cylinders	4
Engine Rating	120 hp (90 kW)
Fuel Tank Capacity	189.3 L
Fuel Consumption	3 gph (11.4 L/hr)
Maximum Engine Operating Angle (Operating angles do not indicate safe machine operating angles)	35 deg
Battery	950 CCA
Oil Filter	Spin-on
Recommended Oil	Mobil 15W40
Oil Volume with Filter	10.6 L
System Voltage	12-V, 120-amp alternator

ที่มา : Vermeer TR6450 Trommel Screen with Three Product Conveyors

ภาคผนวก จ การจัดการขยะด้วยกรรมวิธีเชิงกล-ชีวภาพ ของเทศบาลตำบลลานกระบือ

การจัดการขยะด้วยกรรมวิธีเชิงกล - ชีวภาพ (Mechanical Treatment : MBT)

การบำบัดขยะด้วยกรรมวิธีเชิงกล - ชีวภาพ (MBT) สำหรับเทศบาลตำบลลานกระบือ นั้นจะมีการประยุกต์ใช้ใช้แรงงานคนในการคัดแยกขยะเพื่อนำมาแปรรูปใช้ใหม่ (Recycle) การฉีกถุง และคลุกเคล้าให้เข้ากัน นอกจากนี้ยังรวมถึงการตั้งกองหมักด้วย ส่วนการบำบัดขยะโดยกรรมวิธีชีวภาพนั้น เป็นการตั้งกองแบบ Passive Aerated Windrow ซึ่งมี ซึ่งมีขั้นตอนดังต่อไปนี้ (ชนารดี วิกาหะ, 2554)

1. เมื่อขยะที่ทำการจัดเก็บในเขตพื้นที่รับผิดชอบของแต่ละหน่วยงานเข้ามาบริเวณ สถานที่กำจัดขยะมูลฝอยแล้ว จะนำมาเทกองในพื้นที่ที่จัดเตรียมไว้เพื่อสะดวกในการจัดการและเตรียมการในการบำบัดขยะด้วยวิธีเชิงกล - ชีวภาพ (MBT) (ชนารดี วิกาหะ, 2554)

2. หลังจากนำขยะที่จัดเก็บ และรวบรวมมา เทบนพื้นที่ที่จัดเตรียมไว้แล้ว จะให้ผู้ปฏิบัติงานเกี่ยวกับขยะทำการคัดแยกวัสดุที่นำมาแปรรูปใช้นำกลับมาใช้ใหม่ได้ เช่น ขวดแก้วขวดพลาสติก กระดาษ โลหะ เป็นต้น และวัสดุอื่นๆ ที่ไม่นำไปรวมในกองหมัก เช่น ยางรถ โฟมขนาดใหญ่ ท่อนไม้ เป็นต้น ออกจากกองขยะ ในการทำงานควรสวมถุงมือและรองเท้าบูธทุกครั้งระหว่างการคัดแยกขยะ และปฏิบัติงาน (ชนารดี วิกาหะ, 2554)

ภาพ 50 การฉีกถุงและคัดแยกขยะ

3. ในขณะทำการคัดแยกวัสดุที่นำกลับมาใช้ใหม่ได้ และวัสดุอื่นๆ จะทำการฉีกถุงพลาสติกที่ใส่ขยะ ซึ่งเป็นการลดขนาดของขยะได้ส่วนหนึ่ง อีกทั้งยัง กระจายขยะภายในถุงและคลุกเคล้าขยะให้เข้ากันอีกด้วย และเพื่อให้ขยะเหล่านั้นสัมผัสกับ อากาศได้ เนื่องจากการบำบัดขยะแบบชีวภาพนั้นเป็นวิธีการย่อยสลายโดยใช้อากาศ (ชนารดี วิกาหะ, 2554)

4. หลังจากเตรียมขยะเรียบร้อยแล้ว ขยะเหล่านั้นจะถูกนำมาบำบัดแบบชีวภาพ โดย การตั้งกองหมักแบบ Passive Aerated Windrow ซึ่งเป็นกองหมักที่ใช้อากาศ โดยกองหมักกว้าง ประมาณ 10 เมตร สูงประมาณ 2 เมตรซึ่งมีการดำเนินการดังนี้ (ชนารดี วิกาหะ, 2554)

4.1 ก่อนที่จะตั้งกองหมัก ต้องมีการเรียงไม้พาเลทกว้าง 10 เมตร โดยทิศทาง ของไม้พาเลทต้องมีทิศทางเดียวกัน ซึ่งการวางไม้พาเลทก่อนการตั้งกองหมัก ป้องกันไม่ให้ขยะแช่น้ำ และเติมอากาศให้แก่ด้านล่างของกองหมัก (ชนารดี วิกาหะ, 2554)

4.2 นำขยะที่ผ่านการฉีกถุงและคลุกเคล้าขยะให้เข้ากันแล้วมาตั้งกองหมักแบบ Passive Aerated Windrow ซึ่งเป็นกองหมักที่มีการย่อยสลายโดยใช้อากาศ โดยใช้แรงงานคนในการตั้งกองหมัก (ชนารดี วิกาหะ, 2554)

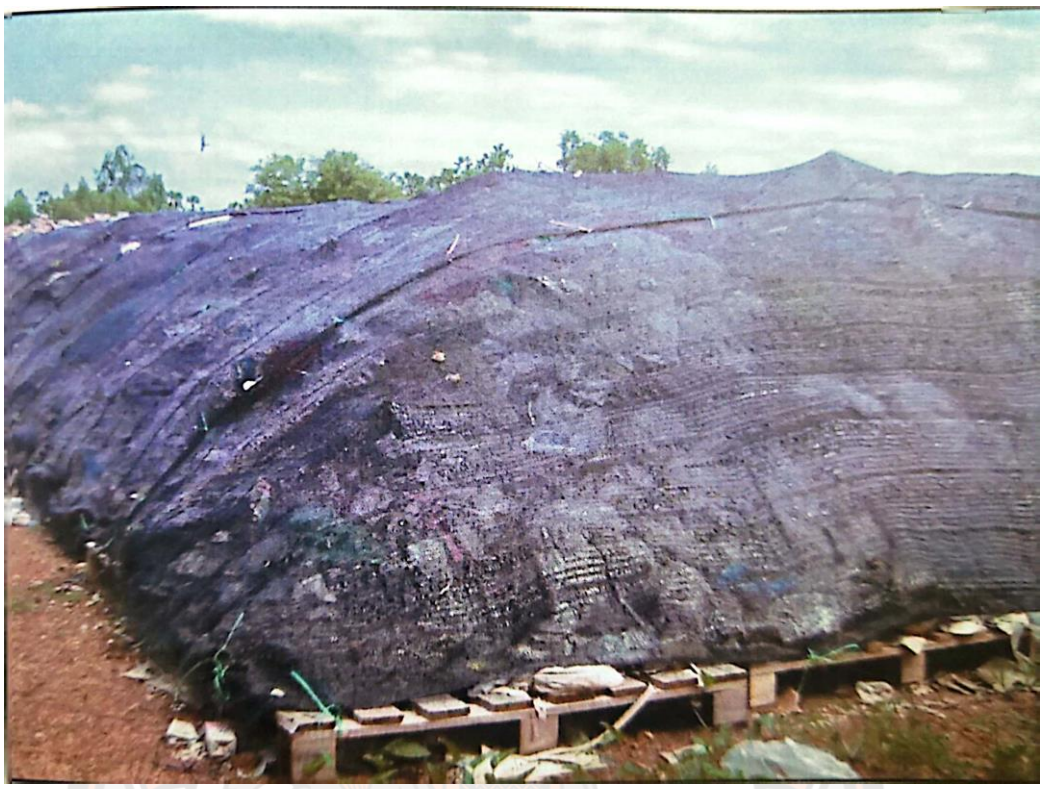
4.3 ในขณะตั้งกองหมักจะมีการวางท่อระบายอากาศ โดยระยะการวางท่อจะ อยู่ห่างจากขอบกองหมัก 4 เมตร และภายในกองหมักท่อระบายอากาศจะห่างจากกัน 3 เมตร ลักษณะในการวางท่อจะวางตามแนวกว้างของกองหมัก โดยที่ท่อระบายอากาศจะวางระหว่างไม้ พาเลท และทำการโค้งท่อขึ้นตรงกลางกองหมัก ซึ่งเป็นการเติมอากาศให้แก่กองหมัก นอกจากนี้ ท่อระบายอากาศต้องวางให้พ้นขอบของไม้พาเลท และเพื่อส่วนตรงกลางกองด้วย (ชนารดี วิกาหะ, 2554)

ภาพ 51 การตั้งกองหมักแบบ Passive Aerated Windrow

4.4 เมื่อตั้งกองหมักจนเต็มพื้นที่บนไม้พาเลทที่เตรียมไว้ ก่อนที่จะนำไม้พาเลท มาเรียงในแถวถัดไป ควรทำความสะอาดพื้นบริเวณจะวางไม้พาเลทก่อน เพื่อให้ระบบระบายอากาศทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพและควรทำความสะอาดบริเวณรอบกอง หมักด้วย เพื่อให้ระบบระบายอากาศทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพเช่นกันและเพื่อความเป็น ระเบียบ สวยงาม (ชนารดี วิกาหะ, 2554)

4.5 หลังจากตั้งกองหมักจนเต็มหน้ากองแล้ว ให้นำตาข่ายกรองแสงมาปิดกองหมัก เพื่อควบคุมความชื้น และป้องกันการฟุ้งกระจายของขยะ นอกจากนี้ยังทำให้ภูมิทัศน์สวยงามอีกด้วย (ชนารดี วิกาหะ, 2554)

ภาพ 52 การวางระบบท่อระบายอากาศ



ภาพ 53 นำวัสดุคลุมกองหมักขยะ

5. ในระหว่างการบำบัดแบบชีวภาพ ซึ่งใช้ระยะเวลาประมาณ 9 เดือน ระหว่างช่วง การหมักนี้จะมีการควบคุมความชื้น ถ้าแห้งเกินไปให้มีการเติมน้ำให้แก่กองหมัก เนื่องจากในการย่อยสลายของแบคทีเรียต้องใช้น้ำเป็นส่วนประกอบในการย่อยสลายสารอินทรีย์ นอกจากนี้จะมี การตรวจวัดอุณหภูมิ เนื่องจากอุณหภูมิเมื่อคงที่เป็นสิ่งที่แสดงให้ทราบถึงการสิ้นสุดของปฏิกิริยา การย่อยสลายได้ในระดับหนึ่ง (ชนารดี วิกาหะ, 2554)