



การประเมินและใช้ประโยชน์ก๊าซมีเทนจากหลุมฝังกลบมูลฝอยแบบสุขาภิบาล  
กรณีศึกษาพื้นที่เทศบาลนครหาดใหญ่และเทศบาลเมืองบ้านพรุ  
**Evaluation and Utilization of Methane Gas from Sanitary Landfill:  
A Case Study of Hat Yai and Ban Pru Sites**

อวาตีฟ มะแอ  
Awatif Ma-ae

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต  
สาขาวิชาการจัดการสิ่งแวดล้อม  
มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

**A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements for the Degree of  
Master of Science in Environmental Management  
Prince of Songkla University**

2553

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

ชื่อวิทยานิพนธ์      การประเมินและใช้ประโยชน์ก๊าซมีเทนจากหลุมฝังกลบมูลฝอยแบบสุชาภิบาล  
กรณีศึกษาพื้นที่เทศบาลนครหาดใหญ่และเทศบาลเมืองบ้านพรุ

ผู้เขียน              นางสาวอวาตีฟ มะแอ

สาขาวิชา            การจัดการสิ่งแวดล้อม

**อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก**

**คณะกรรมการสอบ**

.....  
(ดร.จรงค์พันธ์ มุสิกะวงศ์)

.....ประธานกรรมการ  
(รองศาสตราจารย์ ดร.บรรจง วิทยวีรศักดิ์)

**อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม**

.....กรรมการ  
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปมทอง มาลากุล ณ อยุธยา)

.....  
(ดร.ธันวดี เตชะภัททวรกุล สุขสาโรจน์)

.....กรรมการ  
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุเมธ ไชยประพัทธ์)

.....  
(ดร.ชัยศรี สุขสาโรจน์)

.....กรรมการ  
(ดร.จรงค์พันธ์ มุสิกะวงศ์)

.....กรรมการ  
(ดร.ธันวดี เตชะภัททวรกุล สุขสาโรจน์)

.....กรรมการ  
(ดร.ชัยศรี สุขสาโรจน์)

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ อนุมัติให้บัณฑิตวิทยาลัยนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา ตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการจัดการสิ่งแวดล้อม

.....  
(รองศาสตราจารย์ ดร.เกริกชัย ทองหนู)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

ชื่อวิทยานิพนธ์	การประเมินและใช้ประโยชน์ก๊าซมีเทนจากหลุมฝังกลบมูลฝอยแบบสุขาภิบาล กรณีศึกษาพื้นที่เทศบาลนครหาดใหญ่และเทศบาลเมืองบ้านพรุ
ผู้เขียน	นางสาวอวาตีฟ มะแอ
สาขาวิชา	การจัดการสิ่งแวดล้อม
ปีการศึกษา	2552

### บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินการแพร่กระจายก๊าซมีเทนจากพื้นที่ฝังกลบมูลฝอย 2 แห่ง คือ พื้นที่ฝังกลบมูลฝอยเทศบาลนครหาดใหญ่และเทศบาลเมืองบ้านพรุ อำเภอหาดใหญ่ จังหวัด สงขลา โดยวิธีการคำนวณด้วยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ คือ วิธี default และ วิธีปฏิบัติการลำดับที่ 1 ของ Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC: version 02: October 2007) และโปรแกรม landfill gas emission model (LandGEM : version 3.02 May 2005) ของ U.S. Environmental Protection Agency (U.S. EPA) เปรียบเทียบกับวิธีการตรวจวัดก๊าซด้วยวิธี flux chamber แบบ close flux chamber เพื่อเสนอแนะแนวทางในการจัดการก๊าซที่เกิดขึ้นในพื้นที่

ผลการศึกษาการแพร่กระจายก๊าซมีเทนในพื้นที่โดยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ พบว่า ค่าที่คำนวณตามวิธี default ของ IPCC มีค่าสูงสุด รองลงมาคือ วิธีปฏิบัติการลำดับที่ 1 ของ IPCC และ โปรแกรม LandGEM ตามลำดับ โดยปริมาณการแพร่กระจายก๊าซมีเทนจากพื้นที่ฝังกลบมูลฝอยเทศบาลนครหาดใหญ่ตั้งแต่ปี พ.ศ.2526 – พ.ศ.2563 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 25,343 16,002 และ 11,031 ตันคาร์บอนไดออกไซด์ ส่วนปริมาณการแพร่กระจายก๊าซมีเทนจากพื้นที่ฝังกลบมูลฝอยเทศบาลเมืองบ้านพรุบ่อที่ 1 ตั้งแต่ปี พ.ศ.2542 – พ.ศ.2563 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2,284 1,483 และ 788 ตันคาร์บอนไดออกไซด์ และจากพื้นที่ฝังกลบมูลฝอยเทศบาลเมืองบ้านพรุบ่อที่ 2 ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2549 – พ.ศ.2569 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2,344 1,442 และ 757 ตันคาร์บอนไดออกไซด์ตามลำดับ สำหรับการตรวจวัดจริงในปี พ.ศ. 2552 พบว่า ปริมาณการแพร่กระจายมีเทนจากพื้นที่ฝังกลบมูลฝอยเทศบาลนครหาดใหญ่ เทศบาลเมืองบ้านพรุบ่อที่ 1 และ บ่อที่ 2 มีค่าเท่ากับ 315 46 และ 231 ตันคาร์บอนไดออกไซด์ ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับการคำนวณในปีพ.ศ. 2552 จากพื้นที่ฝังกลบมูลฝอยเทศบาลนครหาดใหญ่ เทศบาลเมืองบ้านพรุบ่อที่ 1 และบ่อที่ 2 พบว่า วิธีปฏิบัติการลำดับที่ 1 มีค่ามากกว่าค่าจากการวัดจริงเท่ากับ 4,293 3,232 และ 990 เท่า ตามลำดับ และ โปรแกรม LandGEM มีค่ามากกว่าค่าจากการวัดจริงเท่ากับ 5,013 1,954 และ 181 เท่าตามลำดับ

สำหรับแนวทางการจัดการก๊าซมีเทนที่เกิดขึ้นในปี พ.ศ. 2553 – พ.ศ. 2562 จากการประเมินคาร์บอนเครดิตตามหลักเกณฑ์ของ UNFCCC ประเภท small scale พบว่า การนำก๊าซไปเผาไหม้โดยตรงทั้งหมดจากพื้นที่ฝังกลบเทศบาลนครหาดใหญ่และเทศบาลเมืองบ้านพรุ สามารถลดการแพร่กระจายก๊าซมีเทนลงจากกรณีฐานได้ร้อยละ 44.81 ทั้ง 2 พื้นที่ ส่วนการนำก๊าซมีเทนผลิตไฟฟ้าร่วมกับการนำส่วนที่เหลือไปเผาไหม้สามารถลดการแพร่กระจายก๊าซมีเทนลงจากกรณีฐานได้ร้อยละ 76.1 และ 72.8 ตามลำดับ โดยพื้นที่ฝังกลบเทศบาลนครหาดใหญ่มีศักยภาพเพียงพอในการเข้าร่วมโครงการ CDM ในส่วนการนำก๊าซชีวภาพไปผลิตกระแสไฟฟ้าร่วมกับการเผาทิ้งเท่านั้น โดยผลตอบแทนที่จะได้รับ 5,972,562 บาทต่อปี ที่ระยะเวลาในการคืนทุน 5 ปี และอัตราผลตอบแทนจากโครงการ (internal rate of return : IRR) เท่ากับร้อยละ 17.20 ในขณะที่พื้นที่เทศบาลเมืองบ้านพรุมีศักยภาพไม่เพียงพอในการดำเนินการ อย่างไรก็ตาม หากมีการดำเนินการตามโครงการกลไกการพัฒนาที่สะอาดควรมีการวางแผนการจัดการมูลฝอยตั้งแต่เริ่มต้นการฝังกลบจนกระทั่งสิ้นสุดการฝังกลบ ต้องมีการออกแบบและติดตั้งระบบรวบรวมก๊าซที่มีประสิทธิภาพ จึงจะทำให้สามารถรวบรวมก๊าซที่เกิดขึ้นจริงได้ปริมาณมากขึ้น โดยโครงการดังกล่าวสามารถเป็นแนวทางสร้างแรงจูงใจให้เกิดการลงทุนด้านการจัดการมูลฝอย และสร้างระบบจัดการมูลฝอยที่ดีต่อไป

<b>Thesis Title</b>	Evaluation and Utilization of Methane Gas from Sanitary Landfill: A Case Study of Hat Yai and Ban Pru Sites
<b>Author</b>	Miss Awatif Ma-ae
<b>Major Program</b>	Environmental Management
<b>Academic Year</b>	2009

## **ABSTRACT**

This study aims to estimate the methane emission from two municipality landfill, Hat Yai and Ban Pru site in Hat Yai district, Songkla province. The methane emission from these sites were evaluated by mathematic model including default method and first order decay method from Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC: version 02: October 2007) and landfill gas emission model (LandGEM : version 3.02 May 2005) from U.S. Environmental Protection Agency (U.S. EPA). The result obtained were compared with the result obtained from actual measurement using close flux chamber. The result would be used to guide the methane management strategy for these landfill sites.

The results of methane emission evaluated by mathematical model were found that the result from default method provided the highest methane emission followed by that obtained from first order decay method and LandGEM method respectively. The result from these three methods showed that the average methane emission from Hat Yai site since 1983 to 2020 were 25,343 16,002 and 11,031 tons carbon dioxide equivalent whereas Ban Pru site 1 emitted were 2,284 1,483 and 788 tons carbon dioxide equivalent of methane during 1999-2020 and the average methane emitted from Ban Pru site 2 during 2006-2020 were 2,344 1,442 and 757 tons carbon dioxide equivalent respectively. The results of methane emission from actual measurement at Hat Yai site, Ban Pru site 1 and site 2 site in 2009 were 315 46 and 231 tons carbon dioxide equivalent respectively. When the results obtained from actual measurement were compared with the results from mathematic model evaluation for year 2009, it was found that either the first order decay method or LandGEM yielded higher methane emission than that of the close flux chamber method. The first order decay method resulted higher methane emission from Hat Yai site, Ban Pru site 1 and 2 than actual measurement by 4,293 3,232 and 990 actual

measurement equivalent whereas the result from LandGEM were higher than that obtained from actual measurement by 5,013 1,954 and 181 times respectively.

The strategy to manage methane which will be emitted during 2010 – 2019 was introduced based on carbon credits evaluation following the UNFCCC protocol part small scale. If methane emitted was collected to combust with flare, it could reduce methane emission from Hat Yai site and Ban Pru site by 44.8% of total baseline emission of these 2 sites. If the methane produced would be used partly as fuel for electrical generator and the rest partial gas was combusted with flare, the methane emission would be decreased from baseline emission by 76.14% and 72.85% for Hat Yai site and Ban Pru site respectively. The Hat Yai site have potential to participate Clean Development Mechanism (CDM) project only in the case of use biogas as fuel for electrical generator and the rest partial gas was combusted with flare. The income would be 5,972,562 Bat/year with the 5 years of payback period and internal rate of return (IRR) would be 17.20%. But Ban Pru site do not have potential to participate CDM project. Therefore, the landfill operation under CDM project should be planned since the initiation until the end of project. The gas collection system should be designed and installed for the effective gas collection throughout the project duration that will result the increase of gas quantity collected. The income of CDM project can be an incentive of investment and development of solid waste management system.

## สารบัญ

	หน้า
สารบัญ	(8)
รายการตาราง	(10)
รายการตารางภาคผนวก	(13)
รายการภาพประกอบ	(16)
รายการภาพประกอบภาคผนวก	(19)
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 ที่มาและความสำคัญ	1
1.2 การตรวจเอกสาร	3
1.3 วัตถุประสงค์ของโครงการ	38
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	38
1.5 ขอบเขตของโครงการ	38
1.6 กรอบแนวคิด	40
บทที่ 2 วิธีการวิจัย	
2.1 สถานที่ศึกษา	41
2.2 ขั้นตอนและวิธีการศึกษา	47
2.2.1 การคาดการณ์ข้อมูลทุติยภูมิของพื้นที่ศึกษา	48
2.2.2 การสุ่มตัวอย่างมูลฝอย	50
2.2.3 การวิเคราะห์คุณสมบัติมูลฝอยทางกายภาพ	51
2.2.4 การวิเคราะห์ คุณสมบัติมูลฝอยทางเคมี	51
2.2.5 การประเมินการแพร่กระจายก๊าซมีเทนด้วยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์	53
2.2.6 การประเมินการแพร่กระจายก๊าซมีเทนจากการตรวจวัดจริง	59
2.2.7 แนวทางการจัดการก๊าซมีเทนที่ได้จากพื้นที่ฝังกลบมูลฝอย	64
2.3 การวิเคราะห์ข้อมูล	69
2.4 วัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ในการศึกษา	70
2.5 ระยะเวลาในการศึกษา	74

## สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 3 ผลและอภิปรายผลการวิจัย	
3.1 ข้อมูลสถิติภูมิของพื้นที่ศึกษา	75
3.2 ลักษณะสมบัติมูลฝอยทางกายภาพ(physical characteristic) และลักษณะ สมบัติมูลฝอยทางเคมี (chemical characteristic)	77
3.3 ผลการประเมินการแพร่ระบายก๊าซมีเทนด้วยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์	86
3.4 ผลการประเมินการแพร่ระบายก๊าซมีเทนจากการตรวจวัดจริง	93
3.5 เปรียบเทียบอัตราการแพร่ระบายก๊าซมีเทนจากแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ กับค่าที่ได้จากการวัดจริงด้วยวิธี close flux chamber	102
การวิเคราะห์ความอ่อนไหว (sensitivity analysis)	110
3.6 แนวทางการจัดการก๊าซมีเทนที่ได้จากพื้นที่ฝังกลบมูลฝอย	118
บทที่ 4 สรุปผลและเสนอแนะ	
4.1 สรุปผล	143
4.2 ข้อเสนอแนะ	144
บรรณานุกรม	145
ก. ข้อมูลสถิติภูมิของพื้นที่ศึกษา และภาพเครื่องมือ อุปกรณ์และสถานที่ศึกษา	153
ข. การวิเคราะห์คุณสมบัติมูลฝอย	168
ค. ผลการวิเคราะห์มูลฝอย	175
ง. ผลการประเมินโดยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์	182
จ. ผลการศึกษาอัตราการแพร่ระบายก๊าซด้วยวิธี close flux chamber	211
ฉ. การคำนวณ กำลังไฟฟ้า ปริมาณกระแสไฟฟ้าและปริมาณก๊าซมีเทนที่ลดลง	239
ประวัติผู้เขียน	244



## รายการตาราง

ตาราง		หน้า
1-1	อัตราการย่อยสลายสารอินทรีย์ในชั้นมูลฝอย	10
1-2	องค์ประกอบของก๊าซที่เกิดจากพื้นที่ฝังกลบมูลฝอย	14
1-3	การประเมินการแพร่กระจายก๊าซมีเทนจากพื้นที่ฝังกลบมูลฝอย โดยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์	21
1-4	สรุปผลการแพร่กระจายก๊าซมีเทนในพื้นที่ฝังกลบมูลฝอย โดยวิธี close flux chamber	25
1-5	รูปแบบที่เป็นไปได้ในการใช้ประโยชน์ของก๊าซชีวภาพจากหลุมฝังกลบมูลฝอย	28
1-6	การเปรียบเทียบค่าความร้อนของก๊าซชีวภาพจากมูลฝอยกับเชื้อเพลิงต่างๆ	29
1-7	ปริมาณการใช้ก๊าซชีวภาพสำหรับวัตถุประสงค์ต่างๆ	29
1-8	การประเมินแนวทางในการจัดการก๊าซมีเทนที่เกิดขึ้นจากพื้นที่ฝังกลบมูลฝอย	30
1-9	ผลการประเมินโครงการกลไกการพัฒนาที่สะอาด (CDM)	35
2-1	ข้อมูลทุติยภูมิของพื้นที่ศึกษาที่ใช้ในการคำนวณ	49
2-2	วิธีการวิเคราะห์คุณสมบัติมูลฝอยทางเคมี (chemical characteristic)	51
2-3	สัดส่วนของคาร์บอนอินทรีย์ที่ย่อยสลายทางชีวภาพได้	56
2-4	อัตราการย่อยสลายสำหรับของเสียประเภท j	57
3-1	ลักษณะสมบัติมูลฝอยทางกายภาพของพื้นที่ฝังกลบมูลฝอยเทศบาลนครหาดใหญ่	79
3-2	ลักษณะสมบัติมูลฝอยทางกายภาพของพื้นที่ฝังกลบมูลฝอยเทศบาลเมืองบ้านพรุ	80
3-3	ลักษณะมูลฝอยทางกายภาพของมูลฝอยในพื้นที่ฝังกลบมูลฝอยของประเทศไทย	82
3-4	สัดส่วนองค์ประกอบมูลฝอยในปัจจุบันและอดีตในพื้นที่ฝังกลบมูลฝอยเทศบาล นครหาดใหญ่	84
3-5	ผลการเปรียบเทียบสัดส่วนองค์ประกอบมูลฝอยในปัจจุบันและอดีตในพื้นที่ฝังกลบ มูลฝอยเทศบาลเมืองบ้านพรุ	85
3-6	ลักษณะสมบัติมูลฝอยทางเคมีในพื้นที่ฝังกลบมูลฝอยเทศบาลนครหาดใหญ่	86
3-7	อุณหภูมิ ความดัน และองค์ประกอบของก๊าซมีเทนตามช่วงเวลา	95
3-8	อัตราการแพร่กระจายก๊าซมีเทนจากพื้นที่ฝังกลบมูลฝอยเทศบาลนครหาดใหญ่	97
3-9	อัตราการแพร่กระจายก๊าซมีเทนจากพื้นที่ฝังกลบมูลฝอยเทศบาลเมืองบ้านพรุบ่อที่ 1	99

## รายการตาราง (ต่อ)

ตาราง		หน้า
3-10	อัตราการแพร่กระจายก๊าซมีเทนจากพื้นที่ฝังกลบมูลฝอยเทศบาลเมืองบ้านพรุ บ่อที่ 2	100
3-11	การเปรียบเทียบผลการแพร่กระจายก๊าซมีเทนจากพื้นที่ฝังกลบเทศบาลนครหาดใหญ่	103
3-12	การเปรียบเทียบผลการแพร่กระจายก๊าซมีเทนจากพื้นที่ฝังกลบเทศบาลเมืองบ้านพรุ บ่อที่ 1	104
3-13	การเปรียบเทียบผลการแพร่กระจายก๊าซมีเทนจากพื้นที่ฝังกลบเทศบาลเมืองบ้านพรุ บ่อที่ 2	105
3-14	ค่าตัว $L_0$ , $DOC_j$ และ $k$ ของพื้นที่ในประเทศไทย	109
3-15	ปริมาณก๊าซมีเทนที่แพร่กระจายสู่บรรยากาศโดยตรงของพื้นที่ฝังกลบเทศบาลนครหาดใหญ่ เทศบาลเมืองบ้านพรุ บ่อที่ 1 และ บ่อที่ 2	120
3-16	ปริมาณก๊าซที่ได้จากการเผาไหม้ทั้งหมดจากพื้นที่ฝังกลบมูลฝอยเทศบาลนครหาดใหญ่	122
3-17	ปริมาณก๊าซที่ได้จากการเผาไหม้ทั้งหมดจากพื้นที่ฝังกลบมูลฝอยเทศบาลเมืองบ้านพรุ	124
3-18	การลดแพร่กระจายก๊าซมีเทน (emission reduction) รายได้จากการขายคาร์บอนเครดิต (certified emission reduction) จากการนำก๊าซเผาไหม้โดยตรงทั้งหมด	126
3-19	ปริมาณก๊าซที่ได้จากการผลิตกระแสไฟฟ้าของพื้นที่ฝังกลบมูลฝอยเทศบาลนครหาดใหญ่	128
3-20	ปริมาณก๊าซที่ได้จากการผลิตกระแสไฟฟ้าของพื้นที่ฝังกลบมูลฝอยเมืองบ้านพรุ บ่อที่ 1 และ 2	130
3-21	การลดแพร่กระจายก๊าซมีเทน (emission reduction) รายได้จากการขายคาร์บอนเครดิต (certified emission reduction) และรายได้จากการขายไฟฟ้าจากพื้นที่ฝังกลบมูลฝอยเทศบาลนครหาดใหญ่	133
3-22	การลดแพร่กระจายก๊าซมีเทน (emission reduction) รายได้จากการขายคาร์บอนเครดิต (certified emission reduction) และรายได้จากการขายไฟฟ้าจากพื้นที่ฝัง กลบมูลฝอยเทศบาลเมืองบ้านพรุ	134

## รายการตาราง (ต่อ)

ตาราง		หน้า
3-23	ค่าใช้จ่ายในการลงทุนและการดำเนินโครงการ CDM ในพื้นที่ฝั่งกลบเทศบาลนครหาดใหญ่	139
3-24	ค่าใช้จ่ายในการลงทุนและการดำเนินโครงการ CDM ในพื้นที่ฝั่งกลบมูลฝอยเทศบาลเมืองบ้านพรุ	140

## รายการตารางภาคผนวก

ตาราง		หน้า
ก-1	การคาดการณ์ปริมาณประชากรในพื้นที่ที่สามารถคาดการณ์ด้วยวิธีต่างๆ	154
ก-2	การคาดการณ์ปริมาณประชากรในพื้นที่ที่สามารถคาดการณ์ด้วยวิธีต่างๆ	155
ก-3	ปริมาณประชากรในพื้นที่บริการกำจัดมูลฝอยเทศบาลนครหาดใหญ่	156
ก-4	ปริมาณประชากรในพื้นที่บริการกำจัดมูลฝอยเทศบาลเมืองบ้านพรุ	158
ก-5	ปริมาณมูลฝอยในพื้นที่ฝังกลบมูลฝอยเทศบาลนครหาดใหญ่	159
ก-6	ปริมาณมูลฝอยในพื้นที่ฝังกลบมูลฝอยเทศบาลเมืองบ้านพรุ	161
ก-7	ปริมาณมูลฝอยอินทรีย์ 5 ประเภทของพื้นที่ฝังกลบมูลฝอยเทศบาลนครหาดใหญ่	162
ก-8	ปริมาณมูลฝอยอินทรีย์ 5 ประเภทของพื้นที่ฝังกลบมูลฝอยเทศบาลเมืองบ้านพรุ	164
ค-1	ผลการวิเคราะห์ลักษณะสมบัติมูลฝอยทางกายภาพของพื้นที่ฝังกลบมูลฝอยเทศบาลนครหาดใหญ่ในฤดูฝน	176
ค-2	ผลการวิเคราะห์ลักษณะสมบัติมูลฝอยทางกายภาพของพื้นที่ฝังกลบมูลฝอยเทศบาลเมืองบ้านพรุในฤดูฝน	177
ค-3	ผลการวิเคราะห์ลักษณะสมบัติมูลฝอยทางกายภาพของพื้นที่ฝังกลบมูลฝอยเทศบาลนครหาดใหญ่ในฤดูแล้ง	178
ค-4	ผลการวิเคราะห์ลักษณะสมบัติมูลฝอยทางกายภาพของพื้นที่ฝังกลบมูลฝอยเทศบาลเมืองบ้านพรุในฤดูแล้ง	179
ค-5	ผลการวิเคราะห์ลักษณะสมบัติมูลฝอยทางเคมีเลือกตัวแทนจากมูลฝอยเดือนพฤศจิกายน	180
ง-1	การแทนค่าศักยภาพการเกิดมีเทน ( $L_0$ )	184
ง-2	ผลการประเมินการแพร่กระจายก๊าซมีเทน โดยวิธี default ของ IPCC ในพื้นที่ฝังกลบมูลฝอยเทศบาลนครหาดใหญ่	185
ง-3	ผลการประเมินการแพร่กระจายก๊าซมีเทน โดยวิธี default ของ IPCC ในพื้นที่ฝังกลบมูลฝอยเทศบาลเมืองบ้านพรุ บ่อที่ 1	188
ง-4	ผลการประเมินการแพร่กระจายก๊าซมีเทน โดยวิธี default ของ IPCC ในพื้นที่ฝังกลบมูลฝอยเทศบาลเมืองบ้านพรุ บ่อที่ 2	190
ง-5	พารามิเตอร์ที่ใช้ในการคำนวณ	192

## รายการตารางภาคผนวก (ต่อ)

ตาราง		หน้า
ง-6	ผลการประเมินการแพร่กระจายก๊าซมีเทน โดยวิธี first order decay ของ IPCC จากพื้นที่ฝังกลบมูลฝอยเทศบาลนครหาดใหญ่	196
ง-7	ผลการประเมินการแพร่กระจายก๊าซมีเทน โดยวิธี first order decay ของ IPCC จากพื้นที่ฝังกลบมูลฝอยเทศบาลเมืองบ้านพรุ บ่อที่ 1	199
ง-8	ผลการประเมินการแพร่กระจายก๊าซมีเทน โดยวิธี first order decay ของ IPCC จากพื้นที่ฝังกลบมูลฝอยเทศบาลเมืองบ้านพรุ บ่อที่ 2	201
ง-9	ผลการประเมินการแพร่กระจายก๊าซมีเทน โดยโปรแกรม LandGEM ของ U.S.EPA ในพื้นที่ฝังกลบมูลฝอยเทศบาลนครหาดใหญ่	205
ง-10	ผลการประเมินการแพร่กระจายก๊าซมีเทน โดยโปรแกรม LandGEM ของ U.S.EPA ในพื้นที่ฝังกลบมูลฝอยเทศบาลเมืองบ้านพรุบ่อที่ 1	207
ง-11	ผลการประเมินการแพร่กระจายก๊าซมีเทน โดยโปรแกรม LandGEM ของ U.S.EPA ในพื้นที่ฝังกลบมูลฝอยเทศบาลเมืองบ้านพรุบ่อที่ 2	208
ง-12	การแพร่กระจายก๊าซของปริมาณมูลฝอยที่นำไปกำจัดของพื้นที่ฝังกลบมูลฝอยเทศบาลนครหาดใหญ่ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2526 – พ.ศ. 2548	209
ง-13	การแพร่กระจายก๊าซของปริมาณมูลฝอยที่นำไปกำจัดของพื้นที่ฝังกลบมูลฝอยเทศบาลเมืองบ้านพรุ บ่อที่ 1 ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2542 – พ.ศ. 2548	210
ง-14	การแพร่กระจายก๊าซของปริมาณมูลฝอยที่นำไปกำจัดของพื้นที่ฝังกลบมูลฝอยเทศบาลเมืองบ้านพรุ บ่อที่ 2 ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2549 – พ.ศ. 2554	210
จ-1	ผลการตรวจวัดก๊าซมีเทนใน close flux chamber เพื่อหาช่วงเวลาที่เหมาะสมของพื้นที่ฝังกลบมูลฝอยเทศบาลนครหาดใหญ่	212
จ-2	ผลการตรวจวัดก๊าซมีเทนใน close flux chamber เพื่อหาช่วงเวลาที่เหมาะสมของพื้นที่ฝังกลบมูลฝอยเทศบาลเมืองบ้านพรุ	214
จ-3	ผลการตรวจวัดก๊าซมีเทนใน close flux chamber ของพื้นที่ฝังกลบมูลฝอยเทศบาลนครหาดใหญ่	216
จ-4	ผลการตรวจวัดก๊าซมีเทนใน close flux chamber ของพื้นที่ฝังกลบมูลฝอยเทศบาลเมืองบ้านพรุ บ่อที่ 1	226

## รายการตารางภาคผนวก (ต่อ)

ตาราง		หน้า
จ-5	ผลการตรวจวัดก๊าซใน close flux chamber ของพื้นที่ฝั่งกลบมูลฝอยเทศบาลเมืองบ้านพรุ บ่อที่ 2	229
จ-6	แสดงผลอัตราการแพร่ระบายนีโตรเจนจากพื้นที่ฝั่งกลบมูลฝอยเทศบาลนครหาดใหญ่	234
จ-7	แสดงผลอัตราการแพร่ระบายนีโตรเจนจากพื้นที่ฝั่งกลบมูลฝอยเทศบาลเมืองบ้านพรุ บ่อที่ 1	235
จ-8	แสดงผลอัตราการแพร่ระบายนีโตรเจนจากพื้นที่ฝั่งกลบมูลฝอยเทศบาลเมืองบ้านพรุ บ่อที่ 2	235
จ-9	ผลการตรวจวัดก๊าซมีเทนใน close flux chamber ของพื้นที่ฝั่งกลบมูลฝอยเทศบาลเมืองบ้านพรุ บ่อที่ 2 วันที่ 7 มกราคม พ.ศ. 2551	236

## รายการภาพประกอบ

ภาพประกอบ	หน้า
1-1 ส่วนประกอบของหลุมฝังกลบมูลฝอย	4
1-2 ภาพตัดการฝังกลบ	5
1-3 ขั้นตอนการสร้างหลุมฝังกลบมูลฝอย	6
1-4 วิธีการฝังกลบมูลฝอย	8
1-5 ระยะเวลาการเกิดก๊าซมีเทน	15
1-6 ความดันบรรยากาศที่เปลี่ยนแปลงต่อเวลากับอัตราการแพร่ระบายของก๊าซ	17
1-7 การวัดอัตราการแพร่ระบายแบบเปิด	23
1-8 ความเข้มข้นของก๊าซที่เพิ่มขึ้นใน chamber	24
2-1 แผนที่พื้นที่ฝังกลบมูลฝอยเทศบาลนครหาดใหญ่บ่อที่ 1 และบ่อที่ 3	42
2-2 แผนที่พื้นที่รับผิดชอบของบ่อฝังกลบมูลฝอยเทศบาลนครหาดใหญ่	43
2-3 แผนที่พื้นที่ฝังกลบมูลฝอยเทศบาลเมืองบ้านพรุ	45
2-4 แผนที่พื้นที่รับผิดชอบของบ่อฝังกลบมูลฝอยเทศบาลเมืองบ้านพรุ	46
2-5 ขั้นตอนการดำเนินการทดลอง	47
2-6 ขั้นตอนการดำเนินการวิเคราะห์ลักษณะสมบัติมูลฝอยทางกายภาพ	52
2-7 รูปจำลองจุดเก็บตัวอย่างก๊าซมีเทนจากพื้นที่ฝังกลบมูลฝอยเทศบาลนครหาดใหญ่บ่อที่ 1	60
2-8 รูปจำลองจุดเก็บตัวอย่างก๊าซมีเทนจากพื้นที่ฝังกลบมูลฝอยเทศบาลนครหาดใหญ่บ่อที่ 3	61
2-9 รูปจำลองจุดเก็บตัวอย่างก๊าซมีเทนจากพื้นที่ฝังกลบมูลฝอยเทศบาลเมืองบ้านพรุ บ่อที่ 1	62
2-9 รูปจำลองจุดเก็บตัวอย่างก๊าซมีเทนจากพื้นที่ฝังกลบมูลฝอยเทศบาลเมืองบ้านพรุ บ่อที่ 2	63
2-11 ภาพจำลอง close flux chamber	72
2-12 ภาพจริง close flux chamber	73
3-1 ปริมาณมูลฝอยที่เกิดขึ้น ปริมาณมูลฝอยที่นำไปกำจัด และจำนวนประชากรในพื้นที่ฝังกลบมูลฝอยเทศบาลนครหาดใหญ่	76

## รายการภาพประกอบ (ต่อ)

ภาพประกอบ	หน้า
3-2 ปริมาณมูลฝอยที่เกิดขึ้น ปริมาณมูลฝอยที่นำไปกำจัด และจำนวนประชากรในพื้นที่ฝังกลบมูลฝอยเทศบาลเมืองบ้านพรุ	77
3-3 การแพร่ระบาดของก๊าซมีเทนจากพื้นที่ฝังกลบมูลฝอยเทศบาลนครหาดใหญ่ ตั้งแต่ พ.ศ.2526 – พ.ศ.2563	88
3-4 การแพร่ระบาดของก๊าซมีเทนจากพื้นที่ฝังกลบมูลฝอยเทศบาลเมืองบ้านพรุบ่อที่1 ตั้งแต่ พ.ศ.2542 – พ.ศ.2563	88
3-5 การแพร่ระบาดของก๊าซมีเทนจากพื้นที่ฝังกลบมูลฝอยเทศบาลเมืองบ้านพรุบ่อที่2 ตั้งแต่ พ.ศ.2549 – พ.ศ.2569	89
3-6 ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของก๊าซมีเทนกับเวลาบนพื้นที่ฝังกลบมูลฝอยเทศบาลนครหาดใหญ่	94
3-7 ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของก๊าซมีเทนกับเวลาบนพื้นที่ฝังกลบมูลฝอยเทศบาลเมืองบ้านพรุ	94
3-8 อุณหภูมิของดิน อุณหภูมิและความดันภายใน chamber บนพื้นที่ฝังกลบเทศบาลนครหาดใหญ่	96
3-9 อัตราการแพร่ระบาดของก๊าซจากพื้นที่ฝังกลบมูลฝอยเทศบาลนครหาดใหญ่	98
3-10 ลักษณะการแพร่ระบาดของก๊าซมีเทนจากพื้นที่ฝังกลบมูลฝอย	98
3-11 อัตราการแพร่ระบาดของก๊าซจากพื้นที่ฝังกลบมูลฝอยเทศบาลเมืองบ้านพรุ บ่อที่1	99
3-12 อัตราการแพร่ระบาดของก๊าซจากพื้นที่ฝังกลบมูลฝอยเทศบาลเมืองบ้านพรุ บ่อที่2	100
3-13 ลักษณะการแพร่ระบาดของก๊าซมีเทนจากพื้นที่ฝังกลบมูลฝอย	101
3-14 การเปรียบเทียบผลการแพร่ระบาดของก๊าซมีเทนจากพื้นที่ฝังกลบเทศบาลนครหาดใหญ่	103
3-15 การเปรียบเทียบผลการแพร่ระบาดของก๊าซมีเทนจากพื้นที่ฝังกลบเทศบาลเมืองบ้านพรุบ่อที่ 1	104
3-16 การเปรียบเทียบผลการแพร่ระบาดของก๊าซมีเทนจากพื้นที่ฝังกลบเทศบาลเมืองบ้านพรุบ่อที่ 2	105
3-17 การเปลี่ยนแปลงการแพร่ระบาดของก๊าซมีเทนจากสัดส่วนก๊าซมีเทนในก๊าซชีวภาพจากพื้นที่ฝังกลบเทศบาลนครหาดใหญ่	110



## รายการภาพประกอบ (ต่อ)

ภาพประกอบ	หน้า
3-18 การเปลี่ยนแปลงการแพร่กระจายก๊าซมีเทนจากสัดส่วนก๊าซมีเทนในก๊าซชีวภาพจากพื้นที่ฝังกลบเทศบาลเมืองบ้านพรุบ่อที่ 1	111
3-19 การเปลี่ยนแปลงการแพร่กระจายก๊าซมีเทนจากสัดส่วนก๊าซมีเทนในก๊าซชีวภาพจากพื้นที่ฝังกลบเทศบาลเมืองบ้านพรุบ่อที่ 2	111
3-20 การเปลี่ยนแปลงการแพร่กระจายก๊าซมีเทนจากศักยภาพการเกิดก๊าซมีเทนจากพื้นที่ฝังกลบเทศบาลนครหาดใหญ่	113
3-21 การเปลี่ยนแปลงการแพร่กระจายก๊าซมีเทนจากศักยภาพการเกิดก๊าซมีเทนจากพื้นที่ฝังกลบเทศบาลเมืองบ้านพรุ บ่อที่ 1	113
3-22 การเปลี่ยนแปลงการแพร่กระจายก๊าซมีเทนจากศักยภาพการเกิดก๊าซมีเทนจากพื้นที่ฝังกลบเทศบาลเมืองบ้านพรุ บ่อที่ 2	114
3-23 การเปลี่ยนแปลงการแพร่กระจายก๊าซมีเทนจากอัตราการเกิดก๊าซมีเทนจากพื้นที่ฝังกลบเทศบาลนครหาดใหญ่	115
3-24 การเปลี่ยนแปลงการแพร่กระจายก๊าซมีเทนจากอัตราการเกิดก๊าซมีเทนจากพื้นที่ฝังกลบเทศบาลเมืองบ้านพรุ บ่อที่ 1	116
3-25 การเปลี่ยนแปลงการแพร่กระจายก๊าซมีเทนจากอัตราการเกิดก๊าซมีเทนจากพื้นที่ฝังกลบเทศบาลเมืองบ้านพรุ บ่อที่ 2	116
3-26 ตัวอย่างการวางท่อก๊าซในพื้นที่ฝังกลบมูลฝอย	138

## รายการภาพประกอบภาคผนวก

ภาพประกอบ	หน้า
ก-1 กาคาดการณ์ปริมาณประชากรด้วยวิธี logarithmic ของพื้นที่ฝั่งกลบมูลฝอยเทศบาลนครหาดใหญ่	154
ก-2 กาคาดการณ์ปริมาณประชากรด้วยวิธี linear ของพื้นที่ฝั่งกลบมูลฝอยเทศบาลเมืองบ้านพรุ	155
ก-3 พื้นที่ฝั่งกลบมูลฝอยเทศบาลนครหาดใหญ่บ่อที่ 1 และบ่อที่ 3	166
ก-4 พื้นที่ฝั่งกลบมูลฝอยเทศบาลเมืองบ้านพรุบ่อที่ 1 และบ่อที่ 2	166
ก-5 close flux chamber	167
ก-6 เข็มฉีดตัวอย่างก๊าซแหลม (gas tight syringe) ขนาด 1 มิลลิลิตร	167
ข-1 การสูมตัวอย่างมูลฝอย	170
ข-2 การ quartering มูลฝอย	170
ข-3 การชั่งน้ำหนัก	172
ง-1 ลักษณะการคาดการณ์ปริมาณมูลฝอยและปริมาณการแพร่ระบายก๊าซที่เกิดขึ้นโดยวิธี first order decay ของ IPCC	195
ง-2 ลักษณะการคาดการณ์ปริมาณมูลฝอยและปริมาณการแพร่ระบายก๊าซที่เกิดขึ้นโดยโปรแกรม LandGEM ของ U.S. EPA	204
จ-1 เส้น regression แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นก๊าซกับเวลา	237

## บทที่ 1

### บทนำ

#### 1.1 ที่มาและความสำคัญ

ปัจจุบันสภาพภูมิอากาศของโลกได้เปลี่ยนแปลงตามการเพิ่มขึ้นของปริมาณก๊าซเรือนกระจก กลุ่มก๊าซที่เป็นกลไกในการเกิดปรากฏการณ์เรือนกระจกและเป็นสาเหตุสำคัญที่ส่งผลให้เกิดภาวะโลกร้อนได้แก่ คาร์บอนไดออกไซด์ (CO<sub>2</sub>) ไนตรัสออกไซด์ (N<sub>2</sub>O) ไฮโดรฟลูออโรคาร์บอน (HFCs) เปอร์ฟลูออโรคาร์บอน (PCFs) ซัลเฟอร์เฮกซะฟลูออไรด์ (SF<sub>6</sub>) และมีเทน (CH<sub>4</sub>) เป็นต้น ภาวะโลกร้อนส่งผลกระทบต่อหลายด้าน เช่น ทำลายระบบนิเวศและทำให้เกิดการสูญพันธุ์ของสิ่งมีชีวิต ผลิตผลทางการเกษตรลดลง เกิดอุทกภัยและภัยแล้งที่รุนแรง ขาดแคลนอาหาร เกิดการระบาดของโรค รวมทั้งขาดที่อยู่อาศัยเนื่องจากระดับน้ำทะเลสูงขึ้น (IPCC, 1996)

ก๊าซมีเทนเป็นหนึ่งในก๊าซเรือนกระจก (green house gas: GHG) ที่สำคัญที่เกิดจากการย่อยสลายทางชีวภาพ มีศักยภาพที่ทำให้โลกร้อนมากกว่าคาร์บอนไดออกไซด์ประมาณ 21 เท่า จากการศึกษาที่ผ่านมา พบว่า ก๊าซมีเทนมีปริมาณการแพร่กระจายร้อยละ 8 ของการแพร่กระจายก๊าซเรือนกระจกในปี 2007 (U.S.EPA, 2009) ก๊าซมีเทนที่เกิดขึ้นสามารถนำมาใช้ประโยชน์เป็นพลังงานทดแทน เช่น ผลิตกระแสไฟฟ้าร่วมกับเครื่องยนต์สันดาปภายในและกักเก็บก๊าซ ผลิตเป็นเชื้อเพลิงโดยตรง เพื่อใช้ในโรงงานอุตสาหกรรมและบ้านเรือน และผลิตเป็นเชื้อเพลิงโดยการต่อเข้าสู่ระบบส่งก๊าซ เป็นต้น นอกจากนี้สามารถเข้าร่วมโครงการกลไกการพัฒนาที่สะอาด (clean development mechanism :CDM) ซึ่งเป็นโครงการการซื้อขายสิทธิการปล่อยก๊าซเรือนกระจกระหว่างกลุ่มประเทศที่พัฒนาแล้วกับประเทศกำลังพัฒนา ทั้งนี้การซื้อขายสิทธิการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของโครงการสามารถเข้าร่วมได้เมื่อผ่านการตรวจสอบการรับรองมาตรฐาน CDM จากสหประชาชาติพร้อมทั้งออกใบอนุญาตรับรองมาตรฐานที่มีชื่อเรียกว่า certified emission reductions (CER) หรือคาร์บอนเครดิต จึงสามารถซื้อขายสิทธิการปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้ โดยแหล่งผลิตก๊าซมีเทน ได้แก่ พื้นที่ชุ่มน้ำ นาข้าว ฟาร์มสุกร การขนส่ง กระบวนการผลิตก๊าซธรรมชาติ และการฝังกลบมูลฝอยชุมชน เป็นต้น (U.S. EPA, 1999) พื้นที่ฝังกลบมูลฝอยนับว่าเป็นแหล่งผลิตก๊าซมีเทนที่สำคัญ เนื่องจากเป็นแหล่งรองรับของเสียที่เกิดขึ้นจากกิจกรรมต่างๆ ของมนุษย์ จากการทบทวนเอกสารพบว่า ปริมาณมูลฝอยเกิดขึ้นในประเทศไทยมีปริมาณ 14.74 ล้านตันหรือวันละ 40,332 ตัน ในปี พ.ศ.2550 เพิ่มขึ้นจากปี พ.ศ.2551 ประมาณ 0.12 ล้านตัน หรือร้อยละ 1 (กรมควบคุมมลพิษ, 2551) เมื่อพิจารณาปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดก๊าซมีเทนนั้น นอกจากปริมาณมูลฝอยที่เป็นปัจจัย

หลักแล้ว องค์ประกอบของมูลฝอย ลักษณะภูมิประเทศ วิธีการฝังกลบ ความชื้นและความหนาแน่นของชั้นฝังกลบมูลฝอยในแต่ละพื้นที่จัดเป็นปัจจัยที่สำคัญอีกด้วย

พื้นที่ภาคใต้ของประเทศไทยมีลักษณะเป็นเขตร้อนชื้น มีฤดูฝนที่ค่อนข้างยาวกว่าภาคอื่นๆ จึงเป็นสาเหตุที่เอื้อต่อการย่อยสลายทางชีวภาพโดยจุลินทรีย์ในพื้นที่ฝังกลบมูลฝอย เป็นผลให้เกิดก๊าซมีเทน น้ำ และสารอื่นๆ พื้นที่ฝังกลบมูลฝอยที่ทำการศึกษาในงานวิจัยนี้ คือพื้นที่ฝังกลบมูลฝอยของเทศบาลนครหาดใหญ่และเทศบาลเมืองบ้านพรุ เนื่องจากเป็นแหล่งรองรับของเสียในเขตชุมชนเมืองขนาดใหญ่ที่มีการเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจอย่างต่อเนื่อง อย่างไรก็ตามพื้นที่ฝังกลบมูลฝอยทั้ง 2 พื้นที่ที่มีการจัดการมูลฝอยในพื้นที่อย่างมีประสิทธิภาพ เพราะก่อให้เกิดปัญหาทางด้านสิ่งแวดล้อมน้อยมาก ทั้งนี้เนื่องจากมูลฝอยที่ถูกกำจัดนั้นมีการฝังกลบประจำวัน รวมทั้งมีการดำเนินการติดตั้งระบบน้ำชะมูลฝอย ระบบบำบัดน้ำเสีย และท่อระบายก๊าซชีวภาพ แต่ยังคงขาดการจัดการกับก๊าซชีวภาพที่เกิดขึ้น โดยเฉพาะก๊าซมีเทนที่เป็นก๊าซเรือนกระจก ทั้งในแง่การนำไปใช้ประโยชน์ในส่วนของพลังงานทดแทน และเข้าร่วม โครงการกลไกการพัฒนาที่สะอาด รวมทั้งเผาทิ้งเพื่อลดศักยภาพที่ทำให้โลกร้อนและลดปริมาณก๊าซมีเทนในบรรยากาศที่มีความเสี่ยงที่อาจก่อให้เกิดอันตราย รวมทั้งขาดข้อมูลทางด้านก๊าซมีเทนที่แพร่ระบายสู่บรรยากาศจากพื้นที่ฝังกลบมูลฝอยเบื้องต้นในพื้นที่จริง เพื่อนำไปใช้เป็นแนวทางในการจัดการที่เหมาะสม

ปัจจุบันการวิเคราะห์ปริมาณก๊าซมีเทนสามารถทำได้โดยการใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ควบคู่ไปกับการวิเคราะห์ก๊าซมีเทนที่เกิดขึ้นจริงจากพื้นที่ฝังกลบมูลฝอย เพื่อนำข้อมูลที่ได้ไปใช้ในการเสนอแนะแนวทางการจัดการกับก๊าซมีเทนที่เกิดขึ้น งานวิจัยนี้จึงมุ่งเน้นศึกษาอัตราการแพร่ระบายก๊าซมีเทนจากพื้นที่ฝังกลบมูลฝอยแบบสุขาภิบาลด้วยการคำนวณ โดยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ และการตรวจวัดก๊าซมีเทนที่เกิดขึ้นจริง ภายใต้สภาวะแวดล้อมของเขตจังหวัดสงขลาในภาคใต้ของประเทศไทย รวมทั้งนำผลที่ได้มาใช้ในการหาแนวทางการจัดการก๊าซมีเทนที่เหมาะสมต่อไป

## 1.2 การตรวจเอกสาร

### 1.2.1 หลักทั่วไปของขยะชุมชนและองค์ประกอบมูลฝอยชุมชน

มูลฝอย (solid waste) หมายถึง สิ่งของเครื่องใช้ที่ไม่ต้องการใช้แล้วทั้งที่ย่อยสลายได้และย่อยสลายไม่ได้ รวมไปถึงมูลสัตว์ ซากสัตว์ ฝุ่นละออง เศษวัสดุต่างๆ ที่ทิ้งจากที่พักอาศัย สวนสาธารณะ ถนน อาคาร ตลาด และโรงงานอุตสาหกรรม ทั้งที่เป็นของแข็งและกึ่งของแข็ง

**องค์ประกอบของมูลฝอยชุมชน** มี 2 ประเภทดังนี้

1) มูลฝอยทั่วไป (general waste) แบ่งเป็น 2 ประเภท

1.1) มูลฝอยเปียก ได้แก่ เศษพืช ผัก ผลไม้ เศษอาหาร ฯลฯ

1.2) มูลฝอยแห้ง ได้แก่ กระดาษ พลาสติก ขวด แก้ว ฝา โลหะ ยาง ฯลฯ

2) มูลฝอยที่เป็นอันตรายในบ้านเรือน ได้แก่ ถ่านไฟฉาย หลอดฟลูออเรสเซนต์ สี/

กระป๋องสี กากสารเคมีและภาชนะบรรจุ ฯลฯ

### **หลักการจัดการมูลฝอยชุมชน**

การจัดการมูลฝอยชุมชน ได้แก่ การรวบรวม เก็บขน และกำจัดมูลฝอยด้วยวิธีการที่ถูกหลักสุขาภิบาล โดยประชาชนเป็นผู้เก็บรวบรวมมูลฝอยที่เกิดจากกิจกรรมในบ้านเรือนของตน และองค์การปกครองส่วนท้องถิ่นที่รับผิดชอบในการเก็บขนและนำไปกำจัด ทั้งนี้การจัดการมูลฝอยที่ได้ผลต้องได้รับความร่วมมือจากประชาชน ทั้งมูลฝอยให้เป็นที่เป็นทาง การให้ความร่วมมือในการคัดแยกมูลฝอย และยินดีชำระค่าดำเนินการในการกำจัดมูลฝอย (กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม, 2548)

### 1.2.2 การกำจัดมูลฝอย

#### 1) การฝังกลบมูลฝอยแบบสุขาภิบาล (sanitary landfill)

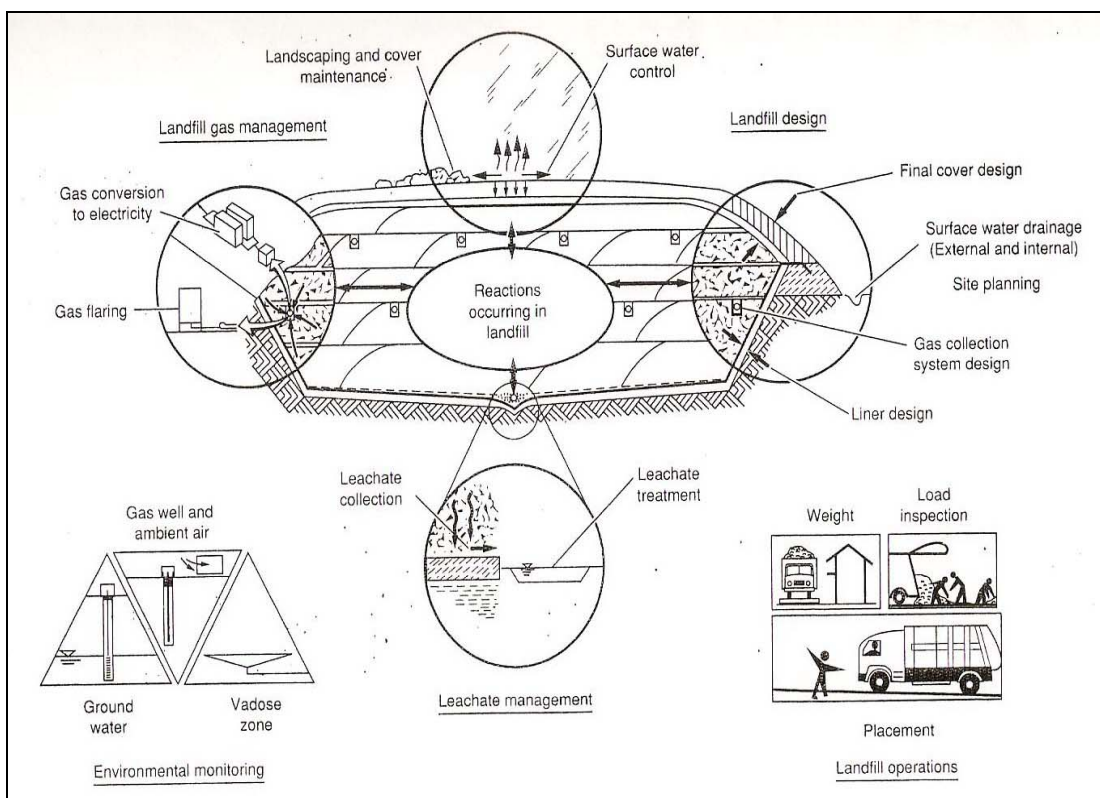
การกำจัดมูลฝอยด้วยการฝังกลบแบบสุขาภิบาลอยู่ในแนวคิดทำให้เกิดผลกระทบต่อสุขภาพและสิ่งแวดล้อมน้อยที่สุด ในการดำเนินการฝังกลบมูลฝอยแบบสุขาภิบาลนั้น หลุมฝังกลบมูลฝอยที่สมบูรณ์ประกอบด้วยส่วนต่างๆ แสดงดังภาพประกอบที่ 1-1 ต่อไปนี้

1.1) หลุมฝังกลบ

1.2) ระบบรวบรวมและบำบัดน้ำชะมูลฝอย

1.3) ระบบระบายก๊าซหรือนำก๊าซไปใช้เป็นพลังงาน

1.4) ระบบตรวจสอบผลกระทบต่อแหล่งน้ำใต้ดินและอากาศ

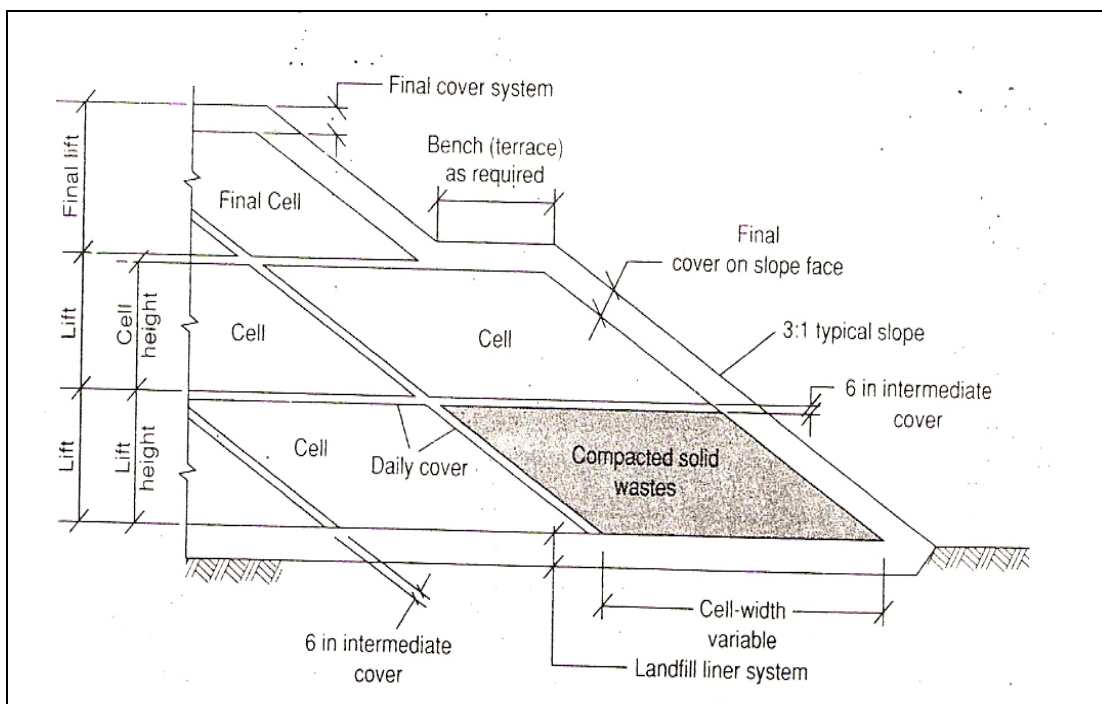


ภาพประกอบที่ 1-1 ส่วนประกอบของพื้นที่ฝังกลบมูลฝอย (Tchobanoglous *et al.*, 1993)

## 2) หลักการออกแบบและปฏิบัติงานในพื้นที่ฝังกลบมูลฝอย

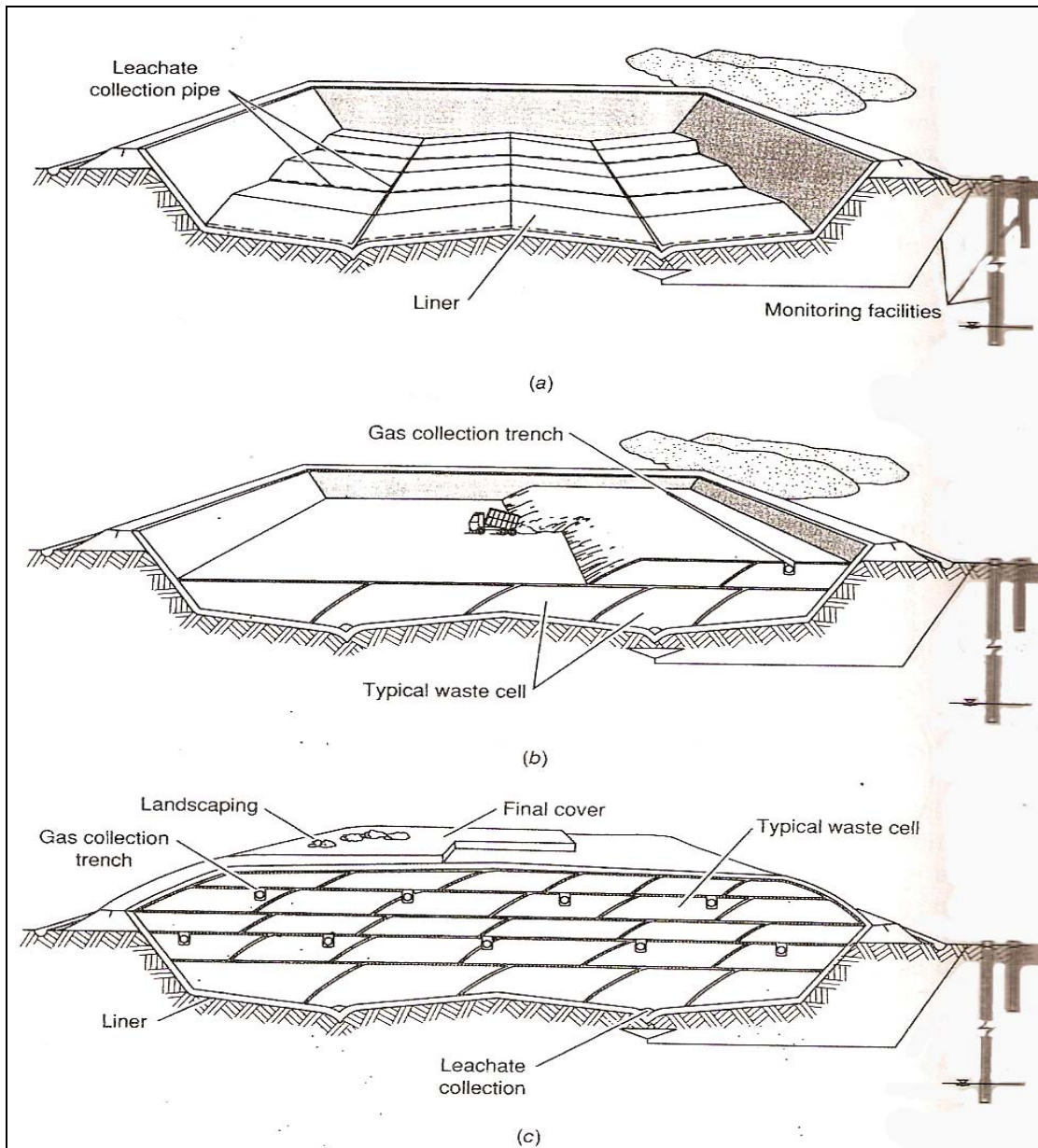
หลักการออกแบบและปฏิบัติงานในพื้นที่ฝังกลบมูลฝอย คือ เริ่มจากการปูพื้นด้านล่างและด้านข้างของหลุมฝังกลบด้วยวัสดุกันน้ำซึมผ่าน เช่น ดินเหนียวที่อัดแน่นหรือแผ่นพลาสติก พร้อมทั้งวางระบบรวบรวมน้ำชะมูลฝอยไปยังจุดบำบัดน้ำเสีย หลังจากเตรียมพื้นที่แล้วจะเป็นกระบวนการฝังกลบ โดยมูลฝอยที่นำมาฝังกลบในแต่ละวันเท่ากับ 1 ห้องมูลฝอย ทั้งนี้ มูลฝอยถูกถ่ายเทจากรถขนถ่ายลงมาบนพื้นที่ผิวหน้าของพื้นที่ปฏิบัติงานให้สูง 45-60 เซนติเมตร แล้วทำการบดอัดให้มีความหนาแน่นมากขึ้นด้วยเครื่องกล โดยบดอัดไปตามความกว้างและความยาวของห้องมูลฝอย ซึ่งความกว้างของห้องอยู่ในช่วง 3-9 เมตร ความยาวประมาณ 30-40 เมตร จากนั้นจึงเริ่มถ่ายเทมูลฝอยใหม่และบดอัดอีกหลายชั้น จนกระทั่งมีความสูงประมาณ 2.0-3.6 เมตร ความกว้าง ความยาว และความสูงของห้องมูลฝอย ขึ้นอยู่กับการออกแบบและปริมาณมูลฝอยที่จะทำการฝังกลบในแต่ละวัน จากนั้นทำการปิดทับส่วนผิวหน้าทั้งหมดของห้องมูลฝอยด้วยวัสดุถมกลบ ความหนาของชั้นดินที่ปิดทับมูลฝอยเป็นชั้นบางๆประมาณ 15 เซนติเมตร จุดประสงค์ที่ต้องการมีการปิดผิวหน้ามูลฝอย คือ เพื่อควบคุมการปลิวของมูลฝอย ป้องกันสัตว์และแมลง ป้องกันการแพร่เชื้อโรคจากพื้นที่ฝังกลบ และควบคุมไม่ให้น้ำไหลเข้าสู่พื้นที่ฝังกลบขณะปฏิบัติงาน เมื่อทำการฝัง

กลบเป็นห้องๆ ตามแนวราบจนเต็มพื้นที่แล้วเกิดเป็นมูลฝอยบดอัด 1 ชั้น แสดงดังภาพประกอบที่ 1-2



ภาพประกอบที่ 1-2 ภาพตัดการฝังกลบ (Tchobanoglous *et al.*, 1993)

หลังการฝังกลบได้ 1 ชั้นแล้ว เริ่มฝังกลบและบดอัดเป็นห้องๆ ทับลงไปบนมูลฝอยที่บดอัดแล้วชั้นที่ 1 ในแนวราบจนเต็มพื้นที่จะได้มูลฝอยบดอัดชั้นที่ 2 ชั้นที่ 3 และชั้นที่ 4 ตามลำดับ ซึ่งจำนวนชั้นมูลฝอยขึ้นอยู่กับสภาพแวดล้อมของพื้นที่แต่ละแห่ง ทั้งนี้ วัสดุถมกลบหรือดินที่ใช้ปิดทับมูลฝอยชั้นสุดท้ายนี้จะได้รับการออกแบบให้มีการรับน้ำ ดูดซึมน้ำได้ และสามารถปลูกพืชคลุมดินได้ แสดงดังภาพประกอบที่ 1-3



ภาพประกอบที่ 1-3 ขั้นตอนการสร้างพื้นที่ฝังกลบมูลฝอย (Tchobanoglous *et al.*, 1993)

มูลฝอยที่ทำการบดอัดและปิดทับด้วยวัสดุถมกลบแล้วนั้น จะเกิดการย่อยสลายตามกาลเวลา โดยเฉพาะมูลฝอยย่อยสลาย เช่น มูลฝอยจากตลาดสด อัตราการย่อยสลายของมูลฝอยไม่เท่ากันในแต่ละพื้นที่ ในการย่อยสลายมูลฝอยจะทำให้เกิดก๊าซต่างๆ ได้แก่ ก๊าซมีเทนและคาร์บอนไดออกไซด์เป็นส่วนใหญ่ ดังนั้นจึงต้องมีการวางท่อระบายก๊าซหลังจากที่บดอัดไปแล้ว 1 ชั้น โดยใช้ท่อพลาสติกเจาะรูแล้วกรูรอบๆด้วยกรวด ท่อระบายก๊าซวางต่อเนื่องกันในแต่ละชั้นจนถึงชั้นสุดท้าย แล้วต่อท่อเข้ากับบ่อเก็บก๊าซ (gas flaring) ซึ่งก๊าซที่ได้จะถูกเผาทิ้งหรือนำไปใช้เป็นแหล่งพลังงานอื่นตามเหมาะสม



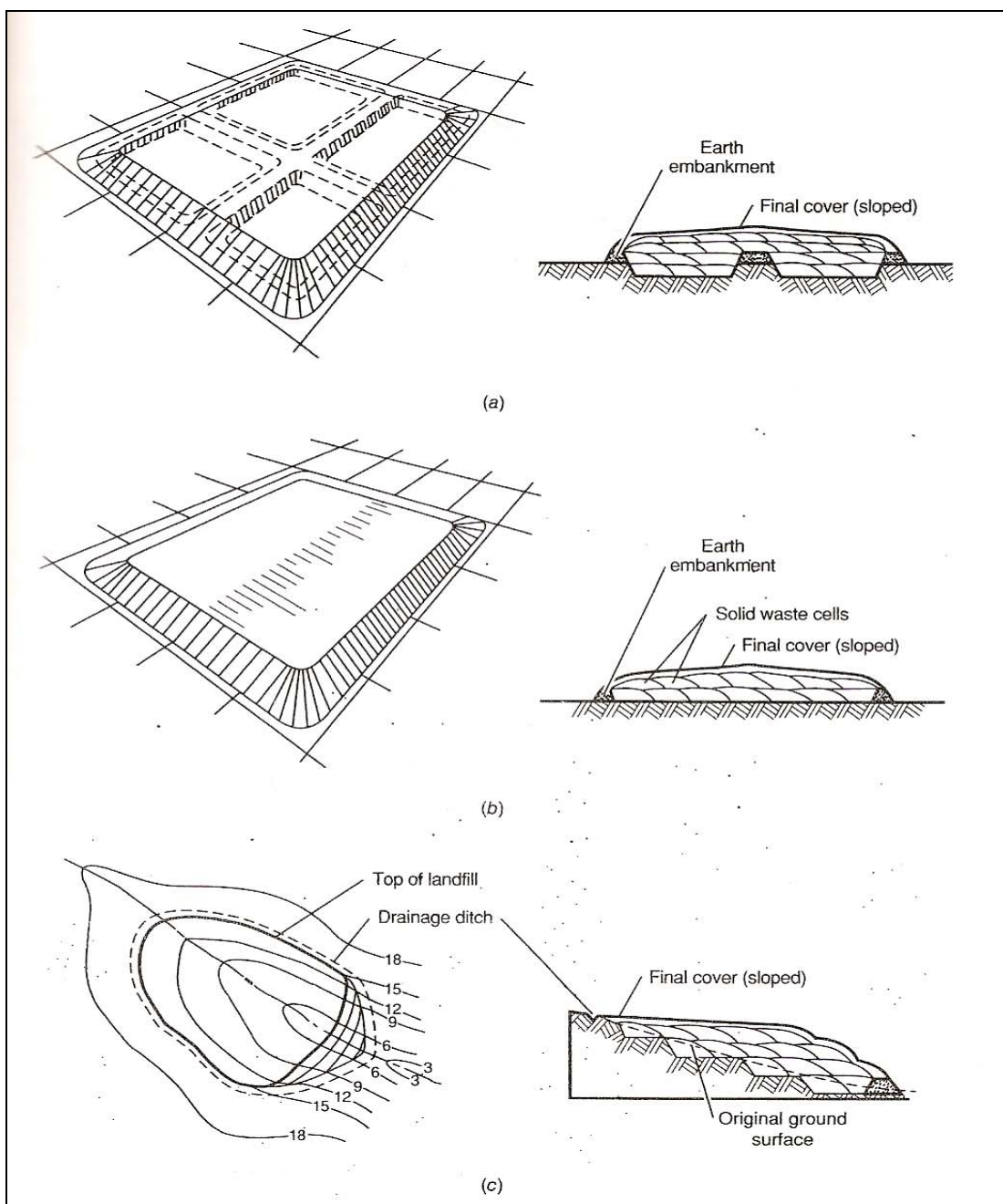
หลังจากการฝังกลบเสร็จสิ้นสมบูรณ์แล้วจะต้องมีระบบติดตามตรวจสอบและบำรุงรักษาพื้นที่ฝังกลบที่หมดอายุการใช้งานแล้ว ต้องทำการดูแลรักษาและซ่อมแซมบริเวณผิวหน้า ควบคุมและดูแลรักษาจากระบบก๊าซและน้ำชะมูลฝอย กระทำเป็นครั้งคราวต่อเนื่องกันเป็นเวลา 30-50 ปี

### 3) วิธีการฝังกลบมูลฝอยมี 3 วิธี ดังนี้

3.1) วิธีการฝังกลบมูลฝอยแบบกลบในร่อง เป็นวิธีที่เหมาะสมกับพื้นที่ ซึ่งจะนำดินในพื้นที่ฝังกลบมาทำเป็นวัสดุกลบทับ ระดับน้ำใต้ดินบริเวณนั้นจะต้องอยู่ต่ำกว่าผิวหน้าดินมาก การขุดร่องนี้ส่วนใหญ่จะทำเป็นสี่เหลี่ยมจัตุรัสที่มีความกว้างความยาวมากถึง 300 เมตร ความลาดเอียงทางด้านข้างใช้ 1.5:1.0 ถึง 2.0:1.0 ตัวคันร่องอาจมีความยาวตั้งแต่ 60-300 เมตร ลึก 0.9-3.0 เมตร และกว้าง 4.5-15.0 เมตร ข้อจำกัดของวิธีนี้คือ อาจมีน้ำขังอยู่ในร่องได้ถ้าฝนตกจึงจำเป็นต้องมีการใช้เครื่องสูบน้ำระบายน้ำออกจากพื้นที่ฝังกลบมูลฝอย ตลอดจนต้องทำทางขึ้นลงให้รถเก็บขนมูลฝอยสามารถวิ่งขึ้นลงได้สะดวก แสดงดังภาพประกอบที่ 1-4 (ก)

3.2) วิธีการฝังกลบมูลฝอยแบบกลบบนพื้นที่ วิธีนี้ใช้เมื่อพื้นที่มีลักษณะภูมิประเทศไม่เหมาะสมต่อการขุดให้เป็นร่อง ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากระดับน้ำใต้ดินสูง แต่จำเป็นต้องใช้พื้นที่ในการฝังกลบมูลฝอย วิธีนี้จำเป็นต้องทำคันดินตามแนวของหลุมฝังกลบมูลฝอย เพื่อทำหน้าที่เป็นผนังหรือขอบรับการบดอัดมูลฝอยและกั้นน้ำชะมูลฝอยไม่ให้ซึมผ่านออกด้านนอก ข้อจำกัดวิธีนี้คือ วัสดุกลบทับและคันดินต้องขนมาจากพื้นที่อื่น ทำให้ต้องเสียค่าใช้จ่ายเพิ่มขึ้น แต่อาจแก้ไขโดยการนำวัสดุอื่นแทนดินในการกลบทับ แสดงดังภาพประกอบที่ 1-4 (ข)

3.3) วิธีการฝังกลบมูลฝอยแบบกลบในหุบเขา วิธีนี้ใช้เมื่อพื้นที่ฝังกลบมูลฝอยมีลักษณะภูมิประเทศเป็นหุบเขา ร่องเขา บ่อที่ลึก หรือบ่อเหมืองเก่า เทคนิคการทิ้งและบดอัดมูลฝอยในพื้นที่ลักษณะนี้จะแตกต่างกันตามสภาพภูมิประเทศ สภาพทางธรณี ลักษณะของวัสดุกลบทับรูปแบบที่ใช้ในการควบคุมก๊าซและน้ำชะมูลฝอย ตลอดจนทางเข้าออกจากตัวพื้นที่ หลักการฝังกลบมูลฝอยในแต่ละชั้นเริ่มจากด้านหน้าของหุบเขาจนถึงปลายสุดอีกด้านหนึ่งของหุบเขาต้องทำให้เสร็จในเดือนเดียวกัน เพื่อป้องกันการสะสมของน้ำหลังจากทำการฝังกลบมูลฝอย การฝังกลบมูลฝอยด้วยวิธีนี้สามารถทำเป็นขั้นบันไดหลายชั้นและวิธีการฝังกลบแต่ละชั้นเหมือนกับวิธีอื่นๆ ถ้าพื้นที่ด้านล่างของหุบเขาเป็นพื้นราบสามารถทำการฝังกลบมูลฝอยด้วยวิธีการขุดร่องได้ แสดงดังภาพประกอบที่ 1-4 (ค)



ภาพประกอบที่ 1-4 วิธีการฝังกลบมูลฝอย (Tchobanoglous *et al.*, 1993)

### 1.2.3 กระบวนการย่อยสลายทางชีวภาพที่เกิดขึ้นภายในชั้นมูลฝอย (Tchobanoglous *et al.*, 1993)

กระบวนการย่อยสลายของสารอินทรีย์ในชั้นมูลฝอยเกิดขึ้นโดยกระบวนการทางชีวภาพของจุลินทรีย์จะย่อยสลายสารอินทรีย์ในมูลฝอยจนได้สารประกอบที่เสถียร สามารถจำแนกขั้นตอนการย่อยสลายได้เป็น 3 ขั้นตอน ดังนี้

ระยะที่มีออกซิเจน (aerobic phase) การย่อยสลายในระยะนี้จะเกิดขึ้นอย่างรวดเร็ว เนื่องจากยังมีออกซิเจนอยู่ในมูลฝอย ผลผลิตที่ได้คือ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ น้ำ และความร้อน อุณหภูมิในช่วงนี้มากกว่าภายนอกประมาณ 30 องศาฟาเรนไฮด์ คาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดขึ้น จากปฏิกิริยาการย่อยสลายทางชีวภาพบางส่วนละลายในน้ำเกิดเป็นกรดคาร์บอนิกขึ้น ซึ่งสามารถละลายสารประกอบอื่นๆได้ ปฏิกิริยาการย่อยสลายของระยะนี้ คือ



ระยะที่ไม่มีออกซิเจนช่วงต้น (first state anaerobic phase) การย่อยสลายสารอินทรีย์ในระยะนี้เกิดขึ้นโดยจุลินทรีย์ที่ไม่ใช้ออกซิเจนในการดำรงชีพซึ่งเกิดขึ้นภายหลังออกซิเจนหมดไปแล้ว ในช่วงนี้สารอินทรีย์โมเลกุลใหญ่จะถูกย่อยเป็นโมเลกุลเล็ก ได้แก่ ไฮโดรเจน แอมโมเนีย คาร์บอนไดออกไซด์ ซึ่งปริมาณก๊าซนี้อาจสูงถึงร้อยละ 50-90 ของก๊าซที่เกิดขึ้น ปฏิกิริยาการย่อยสลายของระยะนี้ คือ



ระยะที่ไม่มีออกซิเจนในช่วงที่สอง (second state anaerobic phase) จุลินทรีย์ชนิด methane-forming microorganism จะใช้คาร์บอนไดออกไซด์ ไฮโดรเจน และกรดอินทรีย์ในการดำรงชีพและก่อให้เกิดก๊าซมีเทน ระยะนี้จะเกิดขึ้นอย่างช้าๆ สภาพแวดล้อมที่เหมาะสมสำหรับจุลินทรีย์นี้คือ ไม่มีออกซิเจนและสารพิษ อุณหภูมิประมาณ 50-60 องศาฟาเรนไฮด์ สัดส่วนของคาร์บอนต่อไนโตรเจนอยู่ในระดับที่เหมาะสมและมีค่าพีเอชเป็นกลาง ปฏิกิริยาการย่อยสลายของระยะนี้ คือ



ในระยะนี้ปริมาณก๊าซที่เกิดขึ้นมีคาร์บอนไดออกไซด์และมีเทนอย่างละครึ่ง โดยประมาณ สำหรับอัตราส่วนการผลิตมีเทนของมูลฝอยนี้ขึ้นอยู่กับองค์ประกอบของมูลฝอยเป็นสำคัญ ผลผลิตของการย่อยสลายสารอินทรีย์อาจอยู่ในรูปสารละลาย ส่วนก๊าซที่เกิดขึ้นแพร่ระบายออกสู่บรรยากาศ จากการศึกษาการเคลื่อนที่ของมีเทน พบว่า มีเทนมีความหนาแน่นน้อยกว่าอากาศ 1.3 เท่าทำให้มีน้ำหนักเบากว่าอากาศจึงมีแนวโน้มที่จะเคลื่อนที่ขึ้นในแนวตั้งสู่บรรยากาศเป็นส่วนใหญ่ ส่วนก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์มีความหนาแน่นมากกว่าอากาศ 1.5 เท่า มากกว่าก๊าซมีเทน 2.8 เท่า

และมีแนวโน้มซึมลงสู่ด้านล่างของพื้นที่ฝังกลบและซึมผ่านชั้นดินไปถึงแหล่งน้ำใต้ดินได้ เนื่องจากก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สามารถละลายน้ำได้ดี

#### 1.2.4 ปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อการย่อยสลายมูลฝอยในชั้นมูลฝอย (กรมควบคุมมลพิษ, 2544)

1) องค์ประกอบของมูลฝอย องค์ประกอบของมูลฝอยนั้น จะมีความแตกต่างกันไปในแต่ละแห่ง จึงเป็นการยากที่จะทำนายมลสารที่เกิดและอัตราการย่อยสลาย โดยทั่วไปส่วนประกอบของมูลฝอยจากตลาดสด เช่น พืช ผัก ผลไม้ เศษอาหาร จะมีอัตราการย่อยสลายได้เร็วกว่า เพราะเป็นสารอินทรีย์ที่ย่อยสลายได้ง่าย แสดงดังตารางที่ 1-1

ตารางที่ 1-1 อัตราการย่อยสลายสารอินทรีย์ในชั้นมูลฝอย

องค์ประกอบมูลฝอยอินทรีย์	มูลฝอยย่อยสลายเร็ว	มูลฝอยย่อยสลายช้า
เศษอาหาร	/	
กระดาษหนังสือพิมพ์	/	
กระดาษสำนักงาน	/	
กระดาษแข็ง	/	
พลาสติก <sup>a</sup>		
สิ่งทอ		/
ยาง		/
หนัง		/
ของเสียจากปศุสัตว์	/ <sup>b</sup>	/ <sup>c</sup>
ไม้		/
ของเสียอินทรีย์อื่นๆ		/

<sup>a</sup> พลาสติกโดยทั่วไปไม่สามารถย่อยสลายได้

<sup>b</sup> เศษหญ้า ใบไม้ ร้อยละ 60 ของส่วน yard wastes ที่ย่อยสลายได้เร็ว

<sup>c</sup> ส่วนที่เป็นไม้หรือส่วนที่เป็นของแข็ง (Tchobanoglous *et al.*, 1993)

โดยที่มูลฝอยอินทรีย์ที่ย่อยสลายเร็ว คือ มูลฝอยที่สามารถย่อยสลายได้ภายในเวลา 1-5 ปี ส่วนมูลฝอยอินทรีย์ที่ย่อยสลายช้า คือ มูลฝอยที่สามารถย่อยสลายได้ภายในเวลา 6-50 ปี

2) อุณหภูมิ อุณหภูมิเป็นตัวแปรหนึ่งที่มีผลต่อการย่อยสลายมูลฝอยจะเห็นว่าประเทศไทยซึ่งเป็นเมืองร้อนอัตราการย่อยสลายมูลฝอยจะเกิดรวดเร็วกว่าประเทศที่มีอากาศหนาว ทั้งนี้ เนื่องจากอุณหภูมิเป็นตัวแปรสำคัญต่อกระบวนการย่อยสลายทางชีวภาพ กล่าวคือ จุลินทรีย์

แต่ละชนิดจะมีช่วงอุณหภูมิที่เหมาะสมสำหรับการเจริญเติบโตแตกต่างกัน จึงทำให้สารอินทรีย์ที่ถูกย่อยแตกต่างกัน อุณหภูมิเป็นปัจจัยที่สำคัญในการควบคุมกระบวนการผลิตก๊าซมีเทน โดยพบว่าอุณหภูมิที่เหมาะสมในช่วง mesophilic มีค่า 30-40 องศาเซลเซียส และในช่วง thermophilic มีค่า 55-65 องศาเซลเซียส นอกจากนี้พบว่า ถ้าอุณหภูมิสูงกว่า 40 องศาเซลเซียส ในช่วง mesophilic และ 55 องศาเซลเซียส ในช่วง thermophilic การแปรเปลี่ยนของอุณหภูมิมิผลเสียต่อกระบวนการผลิตก๊าซมีเทน ซึ่งช่วงอุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน อยู่ในช่วง 30-37 องศาเซลเซียส เป็นช่วงที่แบคทีเรียกลุ่ม methanogenic เจริญเติบโตได้ดี (Richard and Thomas, 1996)

3) ความชื้นในชั้นมูลฝอย สำหรับปริมาณน้ำในชั้นมูลฝอยเป็นตัวแปรหนึ่งที่สำคัญในการย่อยสลายในชั้นมูลฝอย และเป็นปัจจัยหลักในการเกิดก๊าซมีเทน โดยเฉพาะปริมาณน้ำในชั้นมูลฝอยที่มากกว่าร้อยละ 40 แบคทีเรียพวก methanogenic สามารถเจริญเติบโตได้ดีและทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพที่ระดับความชื้นที่พอเหมาะอยู่ในช่วงร้อยละ 60-70 ของน้ำหนักเปียก

4) พีเอช แบคทีเรียพวก methanogenic เป็นแบคทีเรียที่ต้องการสภาวะแวดล้อมที่พีเอชอยู่ในช่วง 6.7-7.4 เป็นช่วงแบคทีเรียพวก methanogenic สามารถเจริญเติบโตได้ดี

5) แร่ธาตุ (nutrient) แบคทีเรียกลุ่มที่ไม่ต้องการก๊าซออกซิเจน (anaerobic bacteria) มีความต้องการสารอาหารกลุ่มไนโตรเจน (N) คาร์บอน (C) ฟอสฟอรัส (P) และสารอาหารอื่นๆ ที่ช่วยในการเจริญเติบโต ฉะนั้นการควบคุมสภาวะให้เหมาะสม ก็คือการใส่อาหารเสริมลงไปให้เพียงพอแก่ความต้องการ เพราะของเสียที่จะเข้าสู่ระบบนั้นมีลักษณะสมบัติแตกต่างกันออกไป ซึ่งค่า C/N Ratio ที่ดีไม่ควรเกิน 30:1

6) การแปรรูปของมูลฝอย การแปรรูปของมูลฝอย หมายถึงการทำให้มูลฝอยมีขนาดเล็ก (shredding) เพื่อลดปริมาณมูลฝอยก่อนนำไปฝังกลบ เป็นผลทำให้เพิ่มมวลของมูลฝอยที่สัมผัสกับน้ำ เพิ่มความหนาแน่นของชั้นมูลฝอย ทำให้อัตราการอัดตัวได้มากกว่าเนื่องจากอนุภาคมีขนาดเล็กลง ลดความสามารถในการยอมให้น้ำซึมผ่านชั้นมูลฝอยได้ และเป็นการเร่งการย่อยสลายสารอินทรีย์ในชั้นมูลฝอย

7) อายุของมูลฝอย พื้นที่ฝังกลบมูลฝอยที่มีอายุการฝังกลบมูลฝอยน้อยจะมีอัตราการแพร่กระจายสูงกว่าพื้นที่ฝังกลบมูลฝอยที่มีอายุการฝังกลบมาก โดยทั่วไปพื้นที่ฝังกลบมูลฝอยผลิตก๊าซภายใน 1 ปี ถึง 3 ปี อัตราการผลิตก๊าซสูงสุดที่พบในพื้นที่ฝังกลบมูลฝอยที่มีอายุ 5 ปี ถึง 7 ปี หลังจากมูลฝอยถูกฝังกลบ ส่วนใหญ่ก๊าซเกือบทั้งหมดจะถูกผลิตภายใน 20 ปี หลังจากมูลฝอยถูกฝังกลบ และจะผลิตก๊าซปริมาณเล็กน้อยอย่างต่อเนื่องจนถึงหลุมฝังกลบมูลฝอยอายุมากกว่า 50 ปี

### 1.2.5 ก๊าซที่เกิดจากพื้นที่ฝังกลบมูลฝอย

พื้นที่ฝังกลบมูลฝอยเปรียบเสมือนถังปฏิกิริยาการย่อยสลายทางชีวภาพ ซึ่งมีมูลฝอยกับน้ำเป็นวัตถุดิบ และผลที่ได้จากปฏิกิริยาการย่อยสลายนี้คือก๊าซและน้ำชะมูลฝอย ก๊าซที่เกิดจากพื้นที่ฝังกลบมูลฝอยมีหลายชนิด บางชนิดเป็นอันตรายเมื่อออกสู่บรรยากาศควรมีระบบรวบรวมก๊าซเพื่อนำไปใช้เป็นพลังงานหรือเผาทิ้ง ก๊าซที่สำคัญที่พบภายในพื้นที่ฝังกลบมูลฝอยนั้น ได้แก่ ก๊าซมีเทน ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ก๊าซไนโตรเจน ก๊าซออกซิเจน ก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ ก๊าซแอมโมเนีย ก๊าซไฮโดรเจน และก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์

ก๊าซสำคัญที่พบจากพื้นที่ฝังกลบมูลฝอย ได้แก่ (กรมควบคุมมลพิษ, 2544)

ก. ก๊าซมีเทน เป็นสารประกอบไฮโดรคาร์บอน ที่มีโมเลกุลประกอบด้วย คาร์บอน 1 อะตอมและไฮโดรเจน 4 อะตอม มีน้ำหนักโมเลกุล 16.04 และความหนาแน่น 0.717 กรัมต่อลิตร มีจุดหลอมเหลว ที่ -182.5 องศาเซลเซียส มีจุดเดือดที่ -161.61 องศาเซลเซียส เป็นก๊าซไม่มีพิษ เบากว่าอากาศ เกิดจากกระบวนการย่อยสลายของอินทรีย์วัตถุในสภาพที่ไร้ออกซิเจน (anaerobic) โดยแบคทีเรียที่เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติและเกิดจากกิจกรรมของมนุษย์ เป็นส่วนประกอบทางเคมีอย่างหนึ่งในบรรยากาศของโลก โดยปกติจะไม่ส่งผลกระทบต่อสุขภาพของมนุษย์และสิ่งแวดล้อม แต่ส่งผลกระทบต่ออาการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ เป็นตัวดูดกักรังสีความร้อนช่วงคลื่นยาวที่สะท้อนออกไปจากพื้นผิวโลก ที่สามารถดูดแสงได้มากกว่าก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ประมาณ 21 เท่า มีช่วงชีวิต (life time) ในบรรยากาศ 12 ปี ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับปริมาณไฮดรอกซิล (OH) ในบรรยากาศชั้นโทรโพสเฟียร์ เนื่องจากก๊าซมีเทนเมื่อถูกปล่อยขึ้นสู่บรรยากาศในปริมาณที่สูง เกิดปฏิกิริยากับไฮดรอกซิล (OH) ในชั้นโทรโพสเฟียร์ แล้วเปลี่ยนเป็นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในที่สุด

ข. ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ เป็นก๊าซไม่มีพิษ หนักกว่าอากาศ การย่อยสลายทางชีวภาพในสภาพมีก๊าซออกซิเจนอาจพบก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สูงถึงร้อยละ 70 แต่ส่วนใหญ่จะพบอยู่ในช่วงร้อยละ 40-60 และพบอยู่ในบริเวณด้านล่างของพื้นที่ฝังกลบมูลฝอย เนื่องจากหนักกว่าอากาศ กล่าวคือ ความหนาแน่นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เท่ากับ 1.5 เท่าของความหนาแน่นอากาศ และเท่ากับ 2.8 เท่าของความหนาแน่นของก๊าซมีเทน และมีคุณสมบัติที่สามารถละลายน้ำ ส่งผลให้น้ำชะมูลฝอยมีฤทธิ์ค่อนข้างเป็นกรด

ค. ก๊าซไนโตรเจน เป็นก๊าซไม่มีพิษและเฉื่อยต่อการเกิดปฏิกิริยา พบในพื้นที่ฝังกลบมูลฝอยเนื่องจากการผสมตัวของอากาศจากบรรยากาศ และเกิดปฏิกิริยาดีไนตริฟิเคชันของการย่อยสลายทางชีวภาพ และพบอยู่ในช่วงร้อยละ 2-5

ง. ก๊าซออกซิเจน เป็นก๊าซไม่มีพิษ พบในพื้นที่ฝังกลบมูลฝอยช่วงระยะแรกของการย่อยสลายทางชีวภาพ เนื่องจากการผสมตัวของอากาศจากบรรยากาศและพบอยู่ในช่วงร้อยละ 0.1-1.0

จ. ก๊าซไฮโดรเจน เป็นก๊าซไม่มีพิษและเบากว่าอากาศ เกิดจากการย่อยสลายทางชีวภาพช่วงระยะแรกอาจมีสูงถึงร้อยละ 20 ของก๊าซที่เกิดจากการฝังกลบมูลฝอย โดยส่วนใหญ่พบอยู่ในช่วงร้อยละ 0-0.2

### 1.2.6 กระบวนการเกิดก๊าซชีวภาพจากการฝังกลบมูลฝอย

กระบวนการเกิดก๊าซชีวภาพจากการฝังกลบมูลฝอย แบ่งได้เป็น 5 ระยะ ดังนี้ (กรมควบคุมมลพิษ, 2544)

ระยะที่ 1 ระยะปรับตัวเริ่มแรก (initial adjustment phase) สารอินทรีย์ในมูลฝอยจะถูกย่อยสลายโดยจุลินทรีย์ในสภาพมีออกซิเจนภายใต้กระบวนการ aerobic metabolism เนื่องจากระยะนี้มีอากาศแทรกตัวในชั้นมูลฝอย ดังนั้นก๊าซที่พบจึงได้แก่ ก๊าซออกซิเจนและก๊าซไนโตรเจน ซึ่งเป็นองค์ประกอบหลักของก๊าซที่มีอยู่ในบรรยากาศ โดยมีปริมาณก๊าซออกซิเจนประมาณร้อยละ 21 และก๊าซไนโตรเจนร้อยละ 79 สำหรับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในระยะนี้มีปริมาณเพียงเล็กน้อยเท่านั้น จากปฏิกิริยาการย่อยสลายทางชีวภาพบางส่วน

ระยะที่ 2 ระยะการเปลี่ยนแปลง (transition phase) ในระยะนี้ก๊าซออกซิเจนจะค่อยๆ ลดลงเนื่องจากถูกจุลินทรีย์ใช้ก๊าซออกซิเจนเพื่อย่อยสลายสารอินทรีย์ จนกระทั่งก๊าซออกซิเจนหมดไป เข้าสู่สภาพไร้ออกซิเจนโดยจุลินทรีย์ที่ไม่ใช้ก๊าซออกซิเจนย่อยสลายสารอินทรีย์เพื่อการดำรงชีพภายใต้กระบวนการ denitrification sulfate reduction และ methanogenesis ทำให้ก๊าซไนโตรเจนเริ่มลดลงและเกิดก๊าซไฮโดรเจนขึ้น ในขณะที่ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เพิ่มขึ้นเรื่อยๆ ในระยะนี้พีเอชในน้ำชะมูลฝอยเริ่มลดลง เนื่องจากกระบวนการเปลี่ยนแปลงสารอินทรีย์เชิงซ้อนให้เป็นกรดอินทรีย์

ระยะที่ 3 ระยะความเป็นกรด (acid phase) การย่อยสลายโดยจุลินทรีย์ในระยะที่ 2 เกิดขึ้นอย่างรวดเร็ว ทำให้เกิดกรดอินทรีย์จำนวนมาก และปริมาณก๊าซไฮโดรเจนในระยะนี้จะเริ่มลดลงจนกระทั่งหมดไป ซึ่งระยะนี้แบ่งเป็น 2 ขั้นตอน ดังนี้

ขั้นแรก จุลินทรีย์จะปล่อยเอนไซม์ออกมาย่อยสลายสารประกอบอินทรีย์ที่มีโมเลกุลใหญ่ เช่น ไขมัน โพลีแซคคาไรด์ โปรตีน และกรดนิวคลีอิก ซึ่งจะถูกไฮโดรไลซ์ (hydrolysis) เป็นสารประกอบที่เหมาะสมสำหรับให้จุลินทรีย์นำไปใช้เป็นแหล่งพลังงานและสร้างเซลล์

ขั้นที่สอง จุลินทรีย์จำพวก acidogens หรือ acid formers จะเปลี่ยนแปลงสารประกอบอินทรีย์ต่างๆ ที่ได้จากขั้นแรกให้เป็นสารประกอบที่มีขนาดเล็กลง ซึ่งได้แก่ กรดอะซิติก ( $\text{CH}_3\text{COOH}$ ) ฟุลวิก (fulvic) กรดอินทรีย์เชิงซ้อน เมทานอล อะซิโตน คลาสติก และไฮโดรเจน ในระยะนี้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จะค่อยๆ เกิดขึ้นมากประมาณร้อยละ 90 และมีก๊าซไฮโดรเจนเกิดขึ้นเล็กน้อย และจะค่อยๆ ลดลง พิเศษของน้ำชะมูลฝอยลดลงเท่ากับ 5 หรือน้อยกว่า ทั้งนี้เนื่องจากการละลายของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ซึ่งมีน้ำหนักมากกว่าอากาศจะซึมลงสู่ด้านล่างของพื้นที่ฝังกลบ และละลายในน้ำชะมูลฝอยเป็น กรดคาร์บอนิก (carbonic acid) และมีการละลายสารอินทรีย์ เช่น โลหะหนักต่างๆ ในน้ำชะมูลฝอย ในขณะที่บีโอดี ซีโอดี และสภาพการนำไฟฟ้าของน้ำชะมูลฝอยมีค่าเพิ่มขึ้นทำให้ความเข้มข้นของมลสารในน้ำชะมูลฝอยมีค่าสูงมากในระยะนี้ โดยองค์ประกอบของก๊าซที่เกิดจากพื้นที่ฝังกลบมูลฝอยแสดงดังตารางที่ 1-2

ตารางที่ 1-2 องค์ประกอบของก๊าซที่เกิดจากพื้นที่ฝังกลบมูลฝอย

องค์ประกอบของก๊าซ	ร้อยละ *
มีเทน	45-60
คาร์บอนไดออกไซด์	40-60
ไนโตรเจน	2-5
ออกซิเจน	0.1-1.0
ซัลไฟด์ ไคซัลไฟด์ ฯลฯ	0.0-1.0
แอมโมเนีย	0.1-1.0
ไฮโดรเจน	0.0-0.2
คาร์บอนมอนอกไซด์	0.0-0.2
ก๊าซอื่นๆ	0.01-0.60
ลักษณะของก๊าซ	ค่า
อุณหภูมิ	100-120 องศาฟาเรนไฮต์
ความถ่วงจำเพาะ	1.02-1.06
ความชื้น	อิ่มตัว
ค่าความร้อนสูง	400-550 Btu/sft <sup>3</sup>

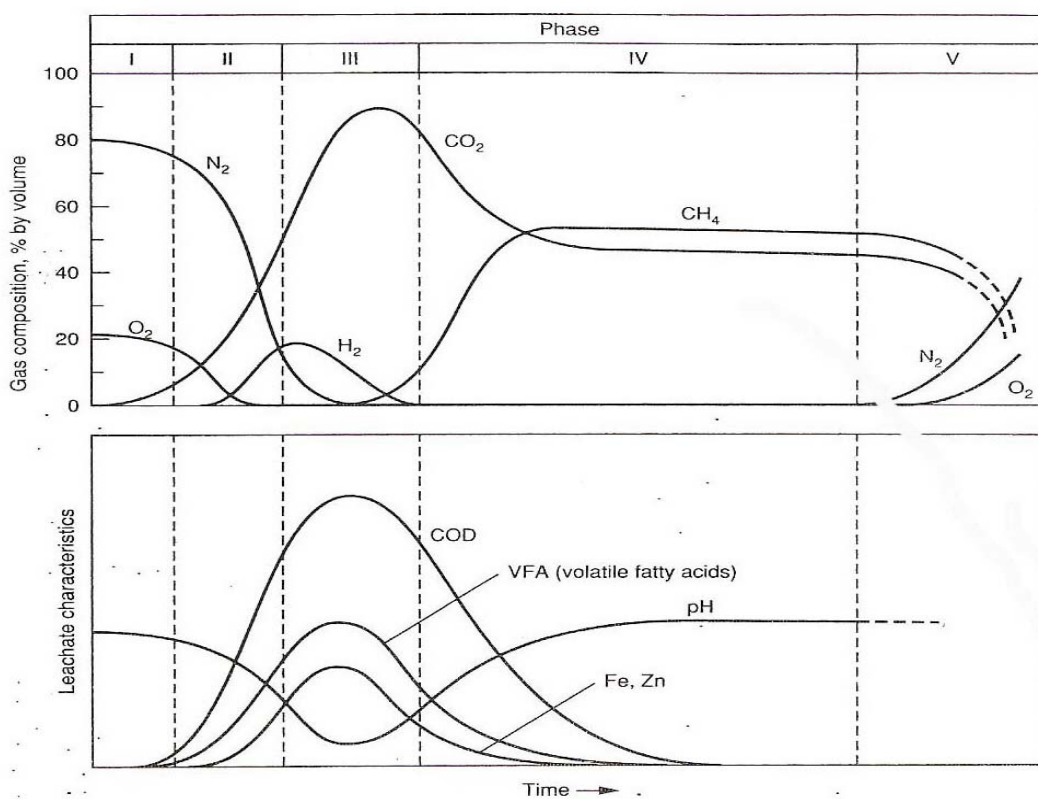
\* แปรผันตามอายุของพื้นที่ฝังกลบ (Tchobanoglous *et al.*, 1993)

ระยะที่ 4 ระยะการเกิดมีเทน (methane fermentation phase) จุลินทรีย์จำพวก methane-forming microorganisms จะเปลี่ยนกรดอะซิติกและก๊าซไฮโดรเจนเป็นก๊าซมีเทนและก๊าซ



คาร์บอนไดออกไซด์ ภายใต้สภาพไร้ออกซิเจน ความชื้นและอุณหภูมิที่เหมาะสมทำให้ค่าพีเอชเพิ่มขึ้นเข้าสู่ความเป็นกลางในช่วง 6.8 - 8.0 จากพีเอชสูงซึ่งทำให้สารอินทรีย์ละลายน้ำได้ลดลง ความเข้มข้นของโลหะหนักในน้ำชะมูลฝอยลดลงด้วย และจากกระบวนการย่อยสลายในระยนี้ทำให้ บีโอดี ซีโอดี และสภาพการนำไฟฟ้าของน้ำชะมูลฝอยลดลงอีกด้วย สำหรับปริมาณก๊าซในระยนี้จะมีก๊าซมีเทนและก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ประมาณอย่างละครึ่ง ส่วนก๊าซไฮโดรเจนและก๊าซไนโตรเจนจะหมดไป

ระยที่ 5 ระยสุดท้าย (methanogen phase) การย่อยจะเกิดขึ้นน้อยมาก แม้ว่าปริมาณน้ำในชั้นมูลฝอยยังคงอยู่ อัตราการเกิดก๊าซจะลดลง เพราะสารอาหารที่จำเป็นถูกกำจัดออกไปพร้อมกับน้ำชะมูลฝอย คงเหลือแต่ส่วนที่ย่อยสลายยากอันประกอบด้วยกรดฮิวมิกและฟุลวิกในน้ำชะมูลฝอย ส่วนพีเอชมีค่าเป็นกลาง ก๊าซมีเทนและก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เริ่มลดลง ในขณะที่เริ่มเกิดก๊าซไนโตรเจนและก๊าซออกซิเจนเพิ่มขึ้น สามารถแสดงคังภาพประกอบที่ 1-5



ภาพประกอบที่ 1-5 ระยการเกิดก๊าซมีเทน (ปี)

(Tchobanoglous *et al.*, 1993)

### 1.2.7 กลไกการแพร่ระบายก๊าซ

ก๊าซที่เกิดขึ้นจะเคลื่อนที่ผ่านชั้นของมวลสลายตัวของตัวสู่บรรยากาศโดย การแพร่ผ่านโมเลกุล (molecular effusion) การพา (convection) และการแทนที่ (displacement)

(New Jersey Department of Environment, 2005)

1) การแพร่ผ่าน โมเลกุล (molecular effusion) คือ กระบวนการที่ก๊าซเคลื่อนที่จากบริเวณหนึ่งผ่านช่องเล็กๆ ออกสู่บริเวณหนึ่ง และในระหว่างเคลื่อนที่ที่ไม่มีการชนกันระหว่างโมเลกุล ซึ่งเมื่ออุณหภูมิและความดันคงที่อัตราการแพร่จะแปรผกผันกับมวล โมเลกุลหรือความหนาแน่นของก๊าซ ซึ่งเกิดขึ้นบริเวณผิวหน้าของพื้นที่ฝังกลบมวลสลายที่สัมผัสกับอากาศ เมื่อบดอัดมวลสลายแล้วแต่ยังไม่กลบผิวหน้ามวลสลายก๊าซที่ผิวหน้ามวลสลายจะถูกแพร่ระบายสู่บรรยากาศ ส่วนการแพร่ของโมเลกุลผ่านชั้นดินที่ปกคลุมมวลสลาย เป็นกลไกการผลิตและกลไกด้านการถ่ายเทก๊าซ ที่เป็นผลมาจากหลายปัจจัย เช่น ความโปร่งของชั้นดิน อัตราการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของก๊าซ คุณสมบัติการแพร่ของสารนั้นๆ ความหนาของชั้นดินที่ปกคลุม ความเร็วลม และความดันก๊าซ

2) การแพร่ (molecular diffusion) คือ ปรากฏการณ์ที่โมเลกุลของก๊าซใดๆ สามารถเคลื่อนที่ท่ามกลางโมเลกุลของอากาศหรือก๊าซอื่นๆ จากบริเวณหนึ่งไปอีกริเวณหนึ่ง ซึ่งเกิดเมื่อความเข้มข้นของก๊าซในพื้นที่ฝังกลบมวลสลายมีความเข้มข้นแตกต่างกัน ก๊าซในพื้นที่ที่มีความเข้มข้นสูง (ในมวลสลายที่มีการบดอัดแล้ว) จะเคลื่อนที่ไปยังพื้นที่ที่มีความเข้มข้นของก๊าซต่ำกว่า (ในบรรยากาศ) อีกทั้งการเคลื่อนที่ของลมส่งเสริมให้ความเข้มข้นของก๊าซในพื้นที่ฝังกลบ และที่ผิวหน้ามีความแตกต่างมากขึ้น

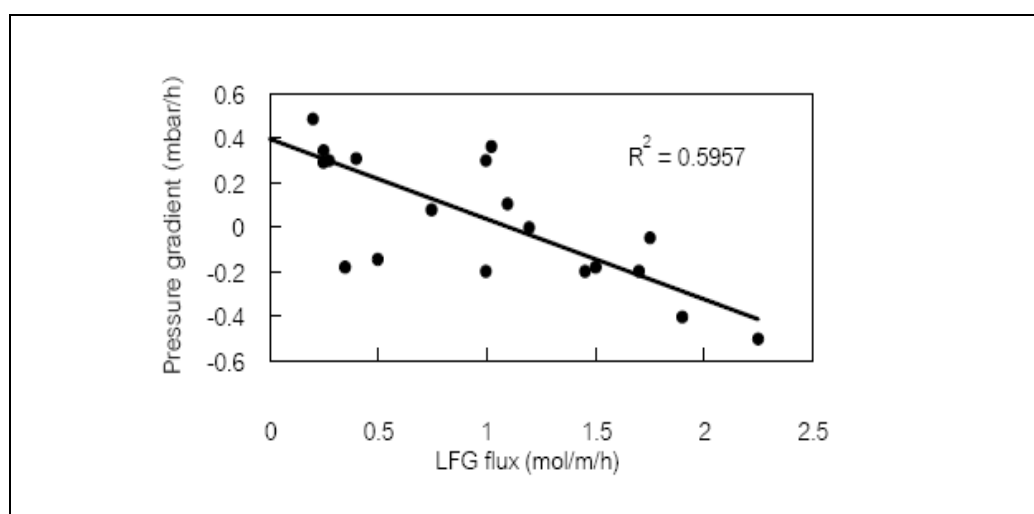
3) การพา (convection) เกิดขึ้นเมื่อความดันหรืออุณหภูมิอากาศในพื้นที่ฝังกลบมวลสลายและบรรยากาศแตกต่างกัน ก๊าซในพื้นที่ฝังกลบมวลสลายจะเคลื่อนที่จากพื้นที่ที่มีความดันสูงกว่าไปยังบริเวณที่มีความดันต่ำกว่า การพาของก๊าซเป็นผลที่มาจากการแพร่ผ่าน โมเลกุล (molecular effusion) และการแพร่ (molecular diffusion) รวมทั้งการพาที่มีความสัมพันธ์กับลักษณะของพื้นที่ฝังกลบมวลสลาย การย่อยสลายทางชีวภาพ การเกิดปฏิกิริยาทางเคมีในพื้นที่ฝังกลบมวลสลาย การบดอัดมวลสลาย หรือการเกิดก๊าซมีเทน ในช่วงกลางจะส่งผลให้เกิดการเคลื่อนที่ของก๊าซทั้งในแนวดิ่งและแนวราบ การเปลี่ยนแปลงความดันบรรยากาศมีผลต่อการพาของก๊าซ ซึ่งการเคลื่อนที่ของก๊าซโดยทั่วไปจะเกิดจากการพามากกว่าการแพร่ (diffusion)

### 1.2.8 ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการแพร่ระบายของก๊าซ (ATSDR, 2001)

1) อุณหภูมิ เนื่องจากอุณหภูมิที่สูงขึ้นจะกระตุ้นให้อุณหภูมิของก๊าซเกิดการเคลื่อนที่และการแพร่ระบายที่สูงขึ้น ดังนั้นก๊าซในพื้นที่ฝังกลบมวลสลายมีการแพร่ระบายมากในเขต

ที่มีสภาวะอบอุ่น และหน้าดินมีลักษณะร้อนชื้นซึ่งเป็นสภาวะที่เหมาะสมต่อการทำงานของจุลินทรีย์ อย่างไรก็ตาม หน้าดินที่มีลักษณะเย็นจัด มีหิมะปกคลุม สามารถเป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดรอยแตกของดิน ที่ทำให้เกิดการเคลื่อนที่ของก๊าซในพื้นที่ฝังกลบมูลฝอยทั้งในแนวดิ่งและแนวราบ ส่วนพื้นที่ฝังกลบมูลฝอยที่มีหน้าดินเย็นจัดและเกิดการแข็งตัวของหน้าดินทำให้เกิดอุปสรรคต่อการเคลื่อนที่ของก๊าซในแนวดิ่ง แต่การเคลื่อนที่ผ่านชั้นดินในแนวราบจะได้ระยะที่ไกลกว่า

2) ความดันบรรยากาศ ความดันบรรยากาศมีผลต่อการแพร่ระบายก๊าซ กล่าวคือ ความแตกต่างระหว่างความดันก๊าซในดินและความดันบรรยากาศเป็นตัวกำหนดให้ก๊าซเคลื่อนที่ทั้งแนวดิ่งและแนวราบ การเคลื่อนที่ดังกล่าวขึ้นอยู่กับระดับของความดันบรรยากาศที่มีอยู่ เมื่อความดันบรรยากาศลดลงก๊าซในพื้นที่ฝังกลบมูลฝอยจะเคลื่อนที่ออกสู่พื้นที่โดยรอบและเมื่อความดันบรรยากาศสูงขึ้นก๊าซในพื้นที่ฝังกลบมูลฝอยจะถูกกักไว้ชั่วคราวจนกระทั่งเกิดความสมดุลระหว่างความดันบรรยากาศและความดันก๊าซใหม่ โดยสามารถแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความดันบรรยากาศที่เปลี่ยนแปลงต่อเวลากับอัตราการแพร่ระบายของก๊าซภายในพื้นที่ฝังกลบมูลฝอย แสดงดังภาพประกอบที่ 1-6



ภาพประกอบที่ 1-6 ความดันบรรยากาศที่เปลี่ยนแปลงต่อเวลากับอัตราการแพร่ระบายของก๊าซ

(Christophersen *et al.*, 2001)

3) ประเภทของดินกลบทับ ดินกลบทับที่เป็นดินเนื้อละเอียดที่มีอัตราการซึมผ่านน้อย เช่น ดินเหนียวและโคลน เป็นต้น ทำให้ประสิทธิภาพในการป้องกันการแพร่ระบายของก๊าซสูงขึ้น ซึ่งมีผลในการลดการแพร่ระบายในแนวดิ่งของก๊าซในชั้นดินและเพิ่มความดันก๊าซในชั้น

มูลฝอย ส่วนดินกลบทับที่เป็นเนื้อหยาบที่มีอัตราการซึมผ่านสูงกว่าทำให้ก๊าซเกิดการเคลื่อนที่ผ่าน วัตถุกลบทับได้ดี เช่น ดินทรายและกรวดละเอียด เป็นต้น

4) ทิศทางและความเร็วลม โดยทั่วไปก๊าซภายในพื้นที่ฝังกลบจะเคลื่อนที่ผ่านชั้น ดินกลบทับโดยอาศัยแรงดันจากลม ลมจะทำการเจือจางก๊าซเมื่อเคลื่อนที่ผ่านหลุมฝังกลบมูลฝอย ร่วมกับอากาศในบรรยากาศ ซึ่งทิศทางและความเร็วลมจะเป็นตัวกำหนดความเข้มข้นของก๊าซใน อากาศวันต่อวัน ในช่วงเช้าตรู่ทิศทางและความเร็วลมมีแนวโน้มที่สงบทำให้ก๊าซเกิดการเจือจาง น้อยเนื่องจากมีการแพร่ระบายน้อยที่โดยรอบสูง

5) ระดับน้ำใต้ดิน การเคลื่อนที่ของก๊าซในพื้นที่ฝังกลบมูลฝอยส่วนหนึ่งจะได้รับ อิทธิพลจากระดับน้ำใต้ดิน กรณีที่ระดับน้ำใต้ดินในพื้นที่สูงจะดันให้ก๊าซในพื้นที่ฝังกลบมูลฝอย เคลื่อนที่สูงขึ้นด้วย

6) ความชื้น ดินฝังกลบมูลฝอยที่มีสภาพเปียกชื้นเป็นตัวป้องกันการแพร่ระบายน ก๊าซสู่บรรยากาศ ฝนและความชื้นจะไหลเข้าสู่ช่องว่างของดินกลบทับเพื่อปิดกั้นการแพร่ระบายน ก๊าซออกจากช่องว่างของดินกลบทับ

### 1.2.9 แบบจำลองทางคณิตศาสตร์

1) วิธี Default และ First order decay เป็นแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่พัฒนาขึ้น โดย intergovernmental panel on climate change (IPCC) โดยใช้หลักการกำเนิดก๊าซที่ได้จากการย่อย สลายมูลฝอย ดังนี้

1.1) วิธี default (Weite, 2006) ใช้เพื่อประเมินปริมาณก๊าซทั้งหมดที่เกิดขึ้นจากมูล ฝอยที่เข้าสู่พื้นที่ฝังกลบในปีนั้น โดยไม่คำนึงถึงระยะเวลาในการย่อยสลายมูลฝอยในพื้นที่ สามารถ แสดงดังสมการที่ 1-1

$$CH_4 \text{ emission } (Gg / yr) = [(MSW_T \cdot MSW_F \cdot L_o) - R] \cdot (1 - OX) \quad (1-1)$$

โดยข้อมูลที่ใช้ในการประเมินมีรายละเอียดดังนี้

$MSW_T$	= ปริมาณมูลฝอยที่เกิดขึ้นทั้งหมดในปี x (จิกะกรัมมูลฝอยต่อปี)
$MSW_F$	= สัดส่วนของมูลฝอยที่นำไปกำจัดที่หลุมฝังกลบ (เปอร์เซ็นต์)
$R$	= ปริมาณก๊าซมีเทนที่สามารถนำกลับมาใช้ประโยชน์ (จิกะกรัมมีเทนต่อปี)
$OX$	= สัดส่วนของก๊าซมีเทนที่ถูกเปลี่ยนรูปโดยปฏิกิริยาออกซิเดชัน
$L_o$	= ศักยภาพของการเกิดก๊าซมีเทน (จิกะกรัมมีเทนต่อจิกะกรัมมูลฝอย)

1.2) วิธีปฏิบัติลำดับที่ 1 (first order decay model: FOD) (UNFCCC, 2007) ใช้เพื่อคำนวณการแพร่กระจายก๊าซมีเทนจากการจำแนกสารประกอบอินทรีย์ที่เป็นองค์ประกอบของมูลฝอยตามการย่อยสลายทางชีวภาพที่ต่างกัน 3 ระดับ คือ รวดเร็ว ปานกลาง ช้า และใช้ค่าอัตราการย่อยสลาย (k) ของมูลฝอยอินทรีย์ 5 ประเภท ได้แก่ เศษอาหาร กระดาษ เศษไม้ สิ่งทอ และของเสียจากสวนสาธารณะ ซึ่งสัดส่วนของมูลฝอยดังกล่าวมีผลต่อปริมาณก๊าซ สามารถแสดงดังสมการที่ 1-2

$$BE_{CH_4, SWDS} = \phi(1-f)GWP_{CH_4} \cdot (1-ox) \cdot \frac{16}{12} \cdot F \cdot DOC_f \cdot MCF \sum_{x=1}^y \sum_j W_{j,x} \cdot DOC_j \cdot e^{-k_j(y-x)} \cdot (1-e^{-k_j}) \quad (1-2)$$

โดยข้อมูลที่ใช้ในการประเมินมีรายละเอียดดังนี้

$BE_{CH_4, SWDS, Y}$	= ปริมาณการแพร่กระจายก๊าซมีเทนจากพื้นที่ฝังกลบมูลฝอยในปี x
$\phi$	= ค่าการแก้ไข Model จากความไม่แน่นอน
F	= ปริมาณ ก๊าซมีเทนที่สามารถนำกลับมาใช้ประโยชน์ และถูกทำลาย โดยการเผาไหม้หรือวิธีอื่น (จิกะกรัมมีเทนต่อปี)
$GWP_{CH_4}$	= ศักยภาพทำให้โลกร้อนของก๊าซมีเทน (ตันคาร์บอนต่อตันมีเทน)
OX	= สัดส่วนของก๊าซมีเทนที่ถูกเปลี่ยนรูปโดยปฏิกิริยาออกซิเดชัน
F	= สัดส่วนของก๊าซมีเทนในก๊าซชีวภาพ
$DOC_f$	= สัดส่วนของคาร์บอนอินทรีย์ที่ย่อยสลายทางชีวภาพได้ซึ่งถูกเปลี่ยนไปเป็นก๊าซชีวภาพ
MCF	= ค่าปรับแก้สัดส่วนของมูลฝอยที่ก่อให้เกิดก๊าซมีเทน
$W_{j,x}$	= ปริมาณมูลฝอยอินทรีย์ประเภท j ในพื้นที่ฝังกลบมูลฝอยในปี x (ตัน)
$DOC_j$	= สัดส่วนของคาร์บอนอินทรีย์ที่ย่อยสลายทางชีวภาพได้
$k_j$	= อัตราการย่อยสลายสำหรับของเสียประเภท j
j	= ลำดับชนิดของเสีย
x	= ปีแรกที่รองรับมูลฝอย (x=1) จนถึงปีที่ใช้คำนวณการแพร่กระจายก๊าซมีเทน (x=y)
y	= ปีที่ใช้ในการคำนวณการแพร่กระจายก๊าซมีเทน

1.3) โปรแกรม landfill gas emission model (LandGEM) เป็นแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่พัฒนาขึ้นโดย U.S. environmental protection agency (U.S. EPA, 2005) โดยใช้หลักการกำเนิดก๊าซที่ได้จากการย่อยสลายมูลฝอยที่ค้ำทิ้งระยะเวลาการย่อยสลายของสารอินทรีย์ในมูลฝอยโดยใช้ปฏิบัติลำดับที่ 1 (first order decomposition rate) แสดงดังสมการที่ 1-3

$$Q_{CH_4} = \sum_{i=1}^n \sum_{j=0.1}^1 kL_0 \left( \frac{M_i}{10} \right) e^{-kt_{ij}} \quad (1-3)$$

โดยข้อมูลที่ใช้ในการประเมินมีรายละเอียดดังนี้

$Q_{CH_4}$	= ปริมาณการแพร่กระจายก๊าซมีเทนที่เกิดขึ้นในปี x (ลูกบาศก์เมตรต่อปี)
$i$	= เวลาที่เพิ่มขึ้น 1 ปี
$n$	= ปีที่ใช้ในการคำนวณ เริ่มจากปีแรกที่รับมูลฝอยเข้าสู่พื้นที่ฝังกลบ
$j$	= เวลาที่เพิ่มขึ้น 0.1 ปี
$k$	= อัตราการเกิดก๊าซมีเทน ( $\text{year}^{-1}$ )
$L_0$	= ศักยภาพของการเกิดก๊าซมีเทนจากมูลฝอย (ลูกบาศก์เมตรต่อเมกกะกรัม)
$M_i$	= ปริมาณมูลฝอยที่รองรับไว้ใน $i^{\text{th}}$ ปี (เมกกะกรัม)
$t_{ij}$	= อายุของปริมาณมูลฝอยที่รองรับใน $i^{\text{th}}$ ปี (ปี)

จากการศึกษาการประเมินการแพร่กระจายก๊าซมีเทนจากพื้นที่ฝังกลบมูลฝอย โดยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์วิธี default ของ IPCC มีค่าอยู่ในช่วง  $23.1 \times 10^3$ - $37.5 \times 10^3$  และ  $5.429 \times 10^3$ - $14.206 \times 10^3$  เมกกะกรัมต่อปี ซึ่งสูงกว่าการประเมินการแพร่กระจายก๊าซด้วยวิธีปฏิกิริยาลำดับที่ 1 ของ IPCC มีค่าอยู่ในช่วง  $24.6 \times 10^3$ - $41.6 \times 10^3$  และ  $0.06373 \times 10^3$ - $7.667 \times 10^3$  เมกกะกรัมต่อปี (Weitz, 2006; Kumar *et al.*, 2004) สำหรับโปรแกรม LandGEM ของ U.S. EPA ค่าอยู่ในช่วง  $0.002$ - $0.036$   $120.6 \times 10^3$ - $338.6 \times 10^3$  และ  $2 \times 10^6$ - $5 \times 10^6$  เมกกะกรัมต่อปี (Towprayoon *et al.*, 1997; Chiemchaisri *et al.*, 2007) ซึ่งการแพร่กระจายก๊าซดังกล่าวมีความแตกต่างกันแต่ละพื้นที่ แสดงดังตารางที่ 1-3 สรุปการประเมินการแพร่กระจายก๊าซจากพื้นที่ฝังกลบมูลฝอย โดยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์

**ตารางที่ 1-3** การประเมินการแพร่กระจายก๊าซมีเทนจากจากพื้นที่ฝังกลบมูลฝอยโดยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์

สถานที่	แบบจำลองทางคณิตศาสตร์	ปริมาณมูลฝอยในพื้นที่	ระยะเวลาในการคาดการณ์ (คริสต์ศักราช)	การแพร่กระจายก๊าซ มีเทน (เมกกะกรัมต่อปี)
<sup>1</sup> Bangkok landfill site, Thailand	default	ร้อยละ 60 จากการผลิตมูลฝอย 0.925 กิโลกรัมต่อเขตต่อวัน	1999-2004	$2.9 \times 10^6$ – $3.3 \times 10^6$
<sup>2</sup> Panama landfill, Panama	default	145 ตันต่อเมืองต่อปี	1990-2020	$23.1 \times 10^3$ – $37.5 \times 10^3$
<sup>3</sup> Okhla landfill, India	default	$3825.073 \times 10^3$ ตัน	1994 -2001	$5.429 \times 10^3$ – $14.206 \times 10^3$
<sup>4</sup> Jelekong landfill, Indonesia	default	0.83 กิโลกรัมต่อคนต่อวัน	1995 - 2005	$142 \times 10^3$
<sup>5</sup> Panama landfill, Panama	FOD	145 ตันต่อเมืองต่อปี	1990-2020	$24.6 \times 10^3$ – $41.6 \times 10^3$
<sup>6</sup> Okhla landfill, India	FOD	$3825.073 \times 10^3$ ตัน	1994 -2001	$0.06373 \times 10^3$ – $7.667 \times 10^3$
<sup>7</sup> Kofungaiyar landfill, India	FOD	$314 \times 10^3$ ตัน	1988 - 2003	$82.56 \times 10^3$
<sup>8</sup> Perungudi landfill, India	FOD	$379 \times 10^3$ ตัน	1988 - 2003	$99.51 \times 10^3$
<sup>4</sup> Jelekong landfill, Indonesia	FOD	0.83 กิโลกรัมต่อคนต่อวัน	1995 - 2005	$60 \times 10^3$
<sup>10</sup> Hanoi ,Vietnam				
- Yay Mo landfill	FOD		1992 - 2015	71
- Nam Son phase 1 landfill	FOD	537,177 ตันต่อปี (รวมทั้ง 3 พื้นที่)	2000 – 2016	774
- Nam Son landfill	FOD		2001 - 2019	2,000

ตารางที่ 1-3 (ต่อ) การประเมินการแพร่ระบายก๊าซจากจากพื้นที่ฝังกลบมูลฝอยโดยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์

สถานที่	แบบจำลองทางคณิตศาสตร์	ปริมาณมูลฝอยในพื้นที่	ระยะเวลาในการคาดการณ์ (คริสต์ศักราช)	การแพร่ระบายก๊าซ มีเทน (เมกกะกรัมต่อปี)
<sup>11</sup> Nakhonpathom landfill, Thailand	โปรแกรม LandGEM	5 ล้านตัน	1993-2008	0.002-0.036
<sup>12</sup> landfill 95site , Thailand	โปรแกรม LandGEM	12,177 ตัน	2005-2020	120.6 x 10 <sup>3</sup> – 338.6 x 10 <sup>3</sup>
<sup>13</sup> Nonthabur landfill , Thailand	โปรแกรม LandGEM	843 ตันต่อวัน	2004 - 2017	~ 2x10 <sup>6</sup> - 5x10 <sup>6</sup>

ที่มา: <sup>1</sup>(Towprayoon and Sukpinij, 1995), <sup>2,5</sup>(Weitz, 2006), <sup>3,6</sup>(Kumar *et al.*, 2004), <sup>4,9</sup>(Sembiring *et al.*, 2007), <sup>7,8</sup>(Arvind *et al.*, 2007), <sup>10</sup>(Ishigaki *et al.*, 2008), <sup>11</sup>(Towprayoon *et al.*, 1997), <sup>12</sup>(Chiemchaisri *et al.*, 2007), <sup>13</sup>(Chiemchaisri *et al.*, 2007)

### 1.2.10 การวัดปริมาณก๊าซชีวภาพจากพื้นที่ฝังกลบมูลฝอย

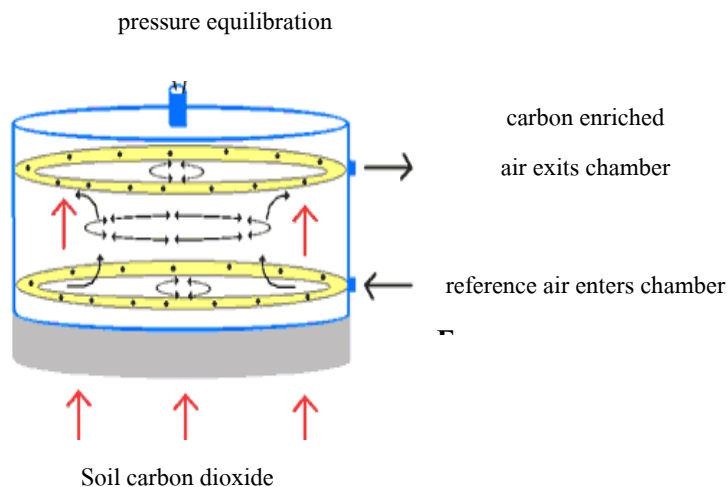
อัตราการแพร่ระบายก๊าซชีวภาพสามารถวัดได้หลายวิธี เช่น flux chamber method, tracer gas method และ micrometeorological method แต่วิธีที่นิยมใช้ในการวัดอัตราการแพร่ระบายก๊าซที่เกิดจากพื้นที่ฝังกลบมูลฝอย คือ วิธี flux chamber โดยวิธี flux chamber method ที่ใช้ในการวัดอัตราการแพร่ระบายของก๊าซสามารถแบ่ง 2 แบบ คือ open flux chamber และ close flux chamber (Hettiaratchi, 1996)

1) วิธี open flux chamber หรือ dynamic chamber เป็นวิธีการวัดอัตราการแพร่กระจายและความเข้มข้นของก๊าซ โดยที่ก๊าซที่อยู่ภายนอก chamber ไหลเข้าและไหลออกใน chamber ได้ การวัดอัตราการแพร่ระบายของก๊าซนี้ สภาพของอากาศมีอิทธิพลในการวัดความเข้มข้นของก๊าซ เพราะฉะนั้นการเก็บตัวอย่างก๊าซเพื่อนำมาวิเคราะห์จะต้องเป็นวิธีหรือมีเครื่องมือเฉพาะ และการวัดต้องอาศัยข้อมูลที่ได้จากห้องปฏิบัติการ

ข้อดี สามารถเก็บข้อมูลได้ต่อเนื่องและสามารถปรับสภาพภายใน chamber ให้มีสภาพใกล้เคียงภายนอกได้

ข้อเสีย มีความไวต่อความดันที่เปลี่ยนแปลงใน chamber ทำให้ค่าที่ได้มีค่ามากกว่าความเป็นจริงรวมทั้งค่าใช้จ่ายในการปฏิบัติงานมีราคาสูง





ภาพประกอบที่ 1-7 การวัดอัตราการแพร่ระบายแบบเปิด  
(united states department of agriculture: USDA, 2003)

2) วิธี close flux chamber หรือ static chamber เป็นการวัดอัตราการแพร่ระบายจากการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของก๊าซที่แพร่ออกมา ก๊าซที่อยู่ภายนอก chamber จะไม่สามารถถ่ายเทเข้ามาได้ก๊าซที่อยู่ใน chamber เกิดการผสมกันอย่างทั่วถึง ทำให้ความเข้มข้นของก๊าซใน chamber เพิ่มขึ้น ดังนั้นความเข้มข้นของก๊าซที่ได้จึงมีความสัมพันธ์กับเวลา

ข้อดี ไม่ต้องใช้พลังงานในการปฏิบัติการและสะดวกในการติดตั้งเคลื่อนย้ายอุปกรณ์

ข้อเสีย อาจเกิดการเปลี่ยนแปลงความดันในดินเนื่องจากการฝัง chamber ลงไปในดิน ส่งผลทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิในดินและก๊าซที่อยู่ใน chamber และอาจเกิดการปนเปื้อนของก๊าซตรงรอยต่อระหว่าง chamber กับชั้นดินได้ทั้งนี้ควรมีการอุดรอยต่อให้ดี

อัตราการแพร่ระบายของก๊าซจากพื้นที่ฝังกลบมูลฝอยสามารถหาได้โดยนำมาวิเคราะห์ความเข้มข้น แล้วนำค่ามาคำนวณการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นกับเวลา อัตราการแพร่ระบายของก๊าซสามารถหาได้จากสมการที่ 1-4 (Hettiaratchi, 1996)

$$F = \frac{\rho V \Delta C}{A \Delta t} \quad (1-4)$$

โดยที่

F = อัตราของก๊าซที่ระบายออกมาต่อพื้นที่เวลา  
(กิโลกรัมต่อตารางเมตรต่อวินาที)

$\rho$  = ความหนาแน่นของก๊าซ (กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร)

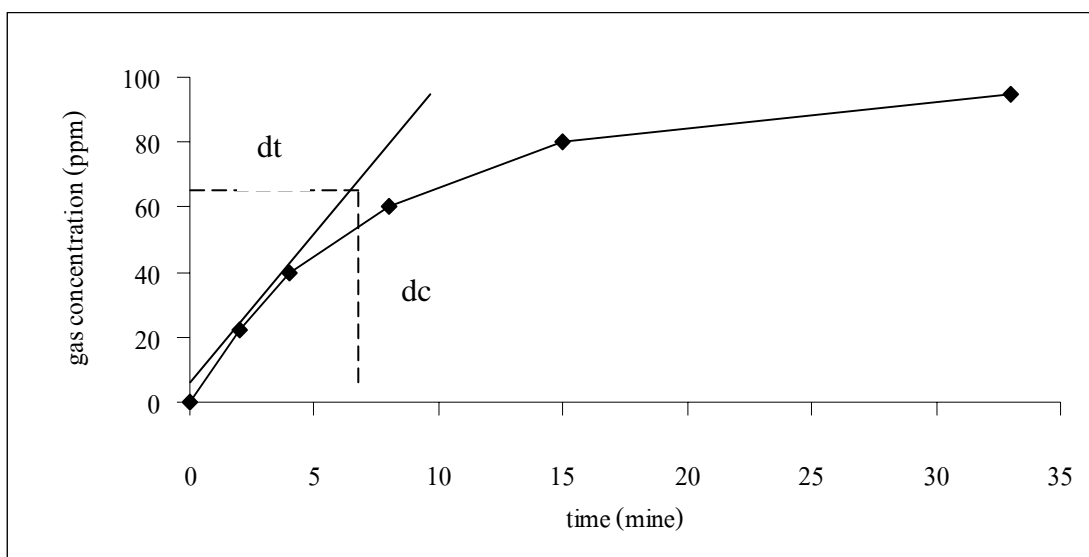
$V$  = ปริมาตรของ Chamber (ลูกบาศก์เมตร)

$A$  = พื้นที่หน้าตัดของ Chamber (เมตร)

$\Delta C$  = ความเข้มข้นของก๊าซที่เปลี่ยนแปลง (เปอร์เซ็นต์)

$\Delta t$  = ช่วงเวลาที่ใช้ในการเก็บตัวอย่างก๊าซ (วินาที)

ให้นำค่าที่ได้จากการคำนวณแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของก๊าซกับเวลา แสดงดังภาพประกอบที่ 1-8



ภาพประกอบที่ 1-8 ความเข้มข้นของก๊าซที่เพิ่มขึ้นใน Chamber

(Maurice and Lagerkvist, 1998)

จากการทดลองการตรวจวัดอัตราการแพร่ระบายก๊าซมีเทนจากพื้นที่ฝังกลบมูลฝอย โดยวิธี close flux chamber พบว่า ปริมาณก๊าซมีเทนที่แพร่ระบายจากพื้นที่ฝังกลบมูลฝอยมีค่าแตกต่างกันตามลักษณะของพื้นที่ สรุปผลการตรวจวัดก๊าซมีเทนในพื้นที่ต่างๆ ได้แสดงดังตารางที่

ตารางที่ 1-4 สรุปผลการแพร่กระจายก๊าซมีเทนในพื้นที่ฝังกลบมูลฝอยโดยวิธี close flux chamber

สถานที่	ขนาดพื้นที่ (ตารางเมตร)	ระยะเวลา ดำเนินงาน (ปีคริสต์ ศักราช)	ปริมาณ มูลฝอย (ตัน)	การแพร่กระจายก๊าซมีเทน (กรัมต่อตารางเมตรต่อวัน)	
				ค่าสูงสุด- ต่ำสุด	ค่าเฉลี่ย
<sup>1</sup> Okhla landfill, India	14.95 x10 <sup>4</sup>	1994-2001	461.33 x10 <sup>3</sup>	-	35.46
<sup>2</sup> Fu-Der-Kan landfill, Taiwan	32 x10 <sup>4</sup>	1985-1995	3,200	8.21x10 <sup>-11</sup> - 1.52x10 <sup>-9</sup>	-
<sup>3</sup> Nauern landfill, Netherland	68 x10 <sup>4</sup>	1985-2004	9.4 x10 <sup>6</sup>	-	13.17
<sup>3</sup> Braambergen landfill, Netherland	30 x10 <sup>4</sup>	1982-2004	2.2 x10 <sup>6</sup>	-	14.93
<sup>3</sup> Weasurement landfill, Netherland	32 x10 <sup>4</sup>	1985-2004	2.1 x10 <sup>6</sup>	-	6.53
<sup>4</sup> Nakhonpatthom landfill, Thailand	8,000	2 ปี	-	-	1.17 และ 23.95
<sup>5</sup> Shan-Chu-ku landfill, Taiwan	30 x10 <sup>4</sup>	1-2 ปี	1,400	-	0.32
		2-3 ปี			1.57
		5 ปี			0.02
<sup>6</sup> Pattya landfill, Thailand	22,400	2002-ปัจจุบัน	350 x10 <sup>3</sup> ตัน	0.38-697.8 (ฤดูฝน) 0-686.9 (ฤดูแล้ง)	129.7 (ฤดูฝน) 23.4 (ฤดูแล้ง)
<sup>6</sup> Cha Am landfill, Thailand	19,000	2002-ปัจจุบัน	50 x10 <sup>3</sup> ตัน	0.38-58.24( ฤดูฝน) 0-8.4 (ฤดูแล้ง)	5.4 (ฤดูฝน) 1.0 (ฤดูแล้ง)

ตารางที่ 1-4 (ต่อ) สรุปผลการแพร่กระจายก๊าซมีเทนในพื้นที่ฝังกลบมูลฝอยโดยวิธี Close flux chamber

สถานที่	ขนาดพื้นที่ (ตารางเมตร)	ระยะเวลา ดำเนินงาน (ปีคริสต ศักราช)	ปริมาณ มูลฝอย (ตัน)	การแพร่กระจายก๊าซมีเทน (กรัมต่อตารางเมตรต่อวัน)	
				ค่าสูงสุด- ต่ำสุด	ค่าเฉลี่ย
<sup>6</sup> Hua Hin landfill, Thailand	12,000	2002-ปัจจุบัน	65 x10 <sup>3</sup> ตัน	0-295.8 (ฤดูฝน) 0-117.0 (ฤดูแล้ง)	51.7 (ฤดูฝน) 10.3 (ฤดูแล้ง)
<sup>7</sup> Kofungaiyar landfill, India	263,046	1980-1986	314 x10 <sup>3</sup> ตัน	1.0 x10 <sup>-3</sup> - 23.5 x10 <sup>-3</sup>	-
<sup>7</sup> Perungudi landfill, Indai	220,000	1987 - 1993	379 x10 <sup>3</sup> ตัน	0.9 x10 <sup>-3</sup> - 433 x10 <sup>-3</sup>	
<sup>8</sup> Forida landfill, USA	4,096 3,697	1 ปี 7 ปี	- -	- -	22 54
<sup>9</sup> Aikkala landfill , Filland	39,000	1987-2001	20 x10 <sup>3</sup> ตัน	0.014-0.104	-
<sup>10</sup> Sodokwon landfill , South Korea	4,088,832	1989-1992	16,000 ตัน	-	0.104 (ฤดูหนาว) 0.197 (ฤดูใบไม้ร่วง) 0.5622 (ฤดูแล้ง)
<sup>11</sup> New Hampshire landfill , USA	60,000	1971 - ปัจจุบัน	1.1 x10 <sup>5</sup> - 2.3 x10 <sup>6</sup> ตัน ต่อปี	0.079-0.289	-

ตารางที่ 1-4 (ต่อ) สรุปผลการแพร่กระจายก๊าซมีเทนในพื้นที่ฝังกลบมูลฝอยโดยวิธี close flux chamber

สถานที่	ขนาดพื้นที่ (ตารางเมตร)	ระยะเวลา ดำเนินงาน (ปีคริสต์ ศักราช)	ปริมาณ มูลฝอย (ตัน)  ต่อปี	การแพร่กระจายก๊าซมีเทน (กรัมต่อตารางเมตรต่อวัน)	
				ค่าสูงสุด- ต่ำสุด	ค่าเฉลี่ย
<sup>12</sup> Yay Mo landfill, Hanoi	49,000	1997-2000		-	115.8
<sup>12</sup> Nam Son phase 1 landfill, Hanoi	13,000	2000-2001	537,177 ตัน ต่อปี	-	604.7
<sup>12</sup> Nam Son cell 1 landfill, Hanoi	50,000	2001-2004		-	3,225

ที่มา : <sup>1</sup>(Kumar *et al.*, 2004), <sup>2</sup>(I *et al.*, 2007), <sup>3</sup>(Scharff and Jacobs, 2006), <sup>4</sup>(Chiemchaisri *et al.*, 2007), <sup>5</sup>(Ullas *et al.*, 2003), <sup>6</sup>(Wang-Yao *et al.*, 2006) <sup>7</sup>(Arvind K.Jha *et al.*, 2007), <sup>8</sup>(Abechou *et al.*, 2006), <sup>9</sup>(Enola *et al.*, 2009); <sup>10</sup>(Park and Ho, 2001), <sup>11</sup>(Czepiel *et al.*, 2003), <sup>12</sup>(Ishigaki *et al.*, 2008)

#### 1.2.10 แนวทางการจัดการก๊าซมีเทนที่ได้จากพื้นที่ฝังกลบมูลฝอย

การจัดการก๊าซมีเทนที่ได้จากพื้นที่ฝังกลบมูลฝอย มีดังนี้

1) การนำก๊าซมีเทนไปใช้ประโยชน์ เป็นการเปลี่ยนก๊าซชีวภาพที่ได้ให้อยู่ในรูปพลังงานหรือวัตถุดิบที่สามารถนำไปใช้ได้ ในรูปของไฟฟ้าหรือความร้อน ทั้งนี้ ขึ้นอยู่กับปริมาณและคุณภาพของก๊าซที่นำไปใช้ ซึ่งแนวทางในการใช้ประโยชน์จากก๊าซมีเทนที่ได้จากพื้นที่ฝังกลบมูลฝอยสามารถแสดงดังตารางที่ 1-5 (U.S. EPA, 1996)

ตารางที่ 1-5 รูปแบบที่เป็นไปได้ในการใช้ประโยชน์ของก๊าซชีวภาพจากพื้นที่ฝังกลบมูลฝอย (U.S. EPA, 1996)

รูปแบบการใช้ประโยชน์	จำนวนมูลฝอยที่ควรมีในพื้นที่	สัดส่วนก๊าซมีเทนในก๊าซชีวภาพ (เปอร์เซ็นต์)
1. ผลิตกระแสไฟฟ้า		
- ร่วมกับเครื่องยนต์สันดาปภายใน	1.5 ล้านตัน	ร้อยละ 40
- ร่วมกับกังหันก๊าซ	2 ล้านตัน	ร้อยละ 40
2. ใช้เป็นเชื้อเพลิงโดยตรง เช่น หุงต้ม เเผาอิฐ จุดตะเกียง ใช้ในโรงงานอุตสาหกรรมและบ้านเรือนที่อยู่ในบริเวณใกล้เคียง	1 ล้านตัน	ร้อยละ 35
3. ใช้เป็นเชื้อเพลิงโดยการต่อเข้าสู่ระบบท่อส่งก๊าซ		
- ต่อเข้ากับท่อส่งก๊าซที่มีคุณภาพปานกลาง	1 ล้านตัน	ร้อยละ 30-50
- ต่อเข้ากับท่อส่งก๊าซที่มีคุณภาพสูง	1 ล้านตัน	ร้อยละ 95

เห็นได้ว่า ก๊าซชีวภาพจากพื้นที่ฝังกลบมูลฝอย สามารถนำไปประยุกต์ใช้ได้ในรูปแบบต่างๆ ดังได้กล่าวแล้วข้างต้น ซึ่งค่าความร้อนของก๊าซชีวภาพปริมาตร 1 ลูกบาศก์เมตร เมื่อเปรียบเทียบกับเชื้อเพลิงชนิดอื่นๆ พบว่าก๊าซชีวภาพจากมูลฝอยมีศักยภาพเพียงพอที่จะนำมาเป็นพลังงานทดแทนได้ในรูปแบบต่างๆ แสดงดังตารางที่ 1-6 และเมื่อเปรียบเทียบปริมาณความต้องการของก๊าซชีวภาพ พบว่าสามารถนำไปใช้ประโยชน์สำหรับวัตถุประสงค์ต่างๆ ได้แก่ หุงอาหาร จุดตะเกียงเพื่อแสงสว่าง ใช้กับเครื่องยนต์เบนซิน เครื่องยนต์ดีเซล และตู้เย็น เป็นต้น แสดงดังตารางที่ 1-7

ตารางที่ 1-6 การเปรียบเทียบค่าความร้อนของก๊าซชีวภาพจากมูลฝอยกับเชื้อเพลิงต่างๆ (ศูนย์ปฏิบัติการวิศวกรรมพลังงานและสิ่งแวดล้อม, 2536)

ชนิดของเชื้อเพลิง	หน่วย	ค่าความร้อน [MJ(Kcal)]
ก๊าซชีวภาพจากมูลฝอย	ลูกบาศก์เมตร	20 (4,800)
ไฟฟ้า	กิโลวัตต์-ชั่วโมง	3.6 (860)
น้ำมันก๊าด	กิโลกรัม	38 (9,100)
น้ำมันดีเซล	กิโลกรัม	43 (10,300)
ก๊าซบิวเทน	กิโลกรัม	46 (11,000)
ไม้ฟืน	กิโลกรัม	20 (4,800)
มูลสัตว์	กิโลกรัม	8.8 (2,100)

ตารางที่ 1-7 ปริมาณการใช้ก๊าซชีวภาพสำหรับวัตถุประสงค์ต่างๆ (ศูนย์ปฏิบัติการวิศวกรรมพลังงานและสิ่งแวดล้อม, 2536)

ใช้เป็นเชื้อเพลิง	ข้อกำหนด	จำนวนก๊าซชีวภาพ (ลูกบาศก์เมตร)
หุงอาหาร	จำนวนต่อคน	0.5 ต่อวัน
จุดตะเกียงเพื่อแสงสว่าง	200 แสงเทียน	0.10 ต่อชั่วโมง
	40 วัตต์	0.13 ต่อชั่วโมง
เครื่องยนต์เบนซิน	ต่อแรงม้า	0.45
เครื่องยนต์ดีเซล	ต่อแรงม้า	0.45
ตู้เย็น	ต่อลูกบาศก์เมตร	1.2

2) การเผาไหม้ก๊าซมีเทนทิ้ง เหมาะกับพื้นที่ที่มีสัดส่วนก๊าซมีเทนในก๊าซชีวภาพน้อยกว่าร้อยละ 20 (U.S. EPA, 1996) เนื่องจากการควบคุมการแพร่ระบาดของก๊าซมีเทนที่เกิดขึ้นจะส่งผลให้ลดศักยภาพที่ทำให้โลกร้อนและความเสี่ยงที่จะเกิดขึ้นในพื้นที่

จากการศึกษา พบว่า พื้นที่ฝังกลบมูลฝอยที่มีมูลฝอย 1 ล้านตัน สามารถผลิตก๊าซชีวภาพได้ 1,000 นิวตันลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง และสามารถผลิตไฟฟ้า 1 เมกกะวัตต์ (Couth, 2000) สรุปผลการนำไปใช้ประโยชน์ก๊าซมีเทนในพื้นที่ต่างๆ แสดงดังตารางที่ 1-8

ตารางที่ 1-8 การประเมินแนวทางในการจัดการก๊าซมีเทนที่เกิดขึ้นจากพื้นที่ฝังกลบมูลฝอย

สถานที่	ปริมาณก๊าซในพื้นที่	แนวทางในการนำไปใช้ประโยชน์
<sup>1</sup> พื้นที่ฝังกลบมูลฝอย ราชาเทวะ จังหวัด สมุทรปราการ	600 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง	เครื่องกำเนิดไฟฟ้าขนาด 1 เมกะวัตต์ จำนวน 1 เครื่อง
<sup>2</sup> พื้นที่ฝังกลบมูลฝอย ในเมือง HongKong	25,040–27,540 ลูกบาศก์เมตรต่อ ชั่วโมง หรือ $2.1 \times 10^8$ – $2.4 \times 10^8$ ลูกบาศก์เมตรต่อปี	<u>แนวทางที่ 1</u> ผลิตกระแสไฟฟ้าจาก เครื่องยนต์สันดาปภายใน (reciprocating internal combustion engine) ได้พลังงาน ไฟฟ้า $8.9 \times 10^8$ กิโลวัตต์-ชั่วโมงต่อปี และนำส่วนที่เหลือไปเผาทิ้ง <u>แนวทางที่ 2</u> ผลิตกระแสไฟฟ้าจาก เครื่องยนต์สันดาปภายใน (reciprocating internal combustion engine) ทั้งหมดได้ พลังงานไฟฟ้า $11.2 \times 10^8$ กิโลวัตต์- ชั่วโมงต่อปี <u>แนวทางที่ 3</u> ผลิตกระแสไฟฟ้าจาก เครื่องยนต์สันดาปภายใน (reciprocating internal combustion engine-base trigeneration system) ได้พลังงานไฟฟ้า $15.4 \times 10^8$ กิโลวัตต์-ชั่วโมงต่อปี
<sup>3</sup> พื้นที่ฝังกลบมูลฝอย ทม. นครราชสีมา	3,017,546.25 ลูกบาศก์เมตรต่อปี	เครื่องกำเนิดไฟฟ้าขนาด 435 กิโลวัตต์ จำนวน 1 เครื่อง
<sup>4</sup> พื้นที่ฝังกลบมูลฝอย อำเภอกำแพงแสน จ.นครปฐม	8,671,064.40 ลูกบาศก์เมตรต่อปี	เครื่องกำเนิดไฟฟ้าขนาด 435 กิโลวัตต์ จำนวน 2 เครื่อง
<sup>5</sup> พื้นที่ฝังกลบมูลฝอย Granada ประเทศ สเปน	250-550 นิวตันลูกบาศก์เมตรต่อ ชั่วโมง	ผลิตกระแสไฟฟ้าได้ 4,500,000 กิโลวัตต์-ชั่วโมงต่อปี
<sup>6</sup> พื้นที่ฝังกลบมูลฝอย Hellenic ประเทศกรีซ	10,512,000 ลูกบาศก์เมตรต่อปี	เครื่องกำเนิดไฟฟ้าขนาด 5 เมกะวัตต์



ตารางที่ 1-8 (ต่อ) การประเมินแนวทางในการจัดการก๊าซมีเทนที่เกิดขึ้นจากพื้นที่ฝังกลบมูลฝอย

สถานที่	ปริมาณก๊าซในพื้นที่	แนวทางในการนำไปใช้ประโยชน์
<sup>7</sup> พื้นที่ฝังกลบมูลฝอย ในเขตเมืองหลวง ประเทศอิตาลี	11,200,000 นิวตันลูกบาศก์เมตร ต่อปี	ผลิตกระแสไฟฟ้าได้ 49,000,000 กิโลวัตต์-ชั่วโมงต่อปี
<sup>8</sup> พื้นที่ฝังกลบ 425 แห่งทั่วโลก	230 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อวันหรือ 83950 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อปี	ผลิตกระแสไฟฟ้าได้ 10 ล้านกิโลวัตต์- ชั่วโมงต่อปี
<sup>9</sup> พื้นที่ฝังกลบมูลฝอย ในจังหวัดนนทบุรี	ปริมาณก๊าซสูงสุด 8.59 x10 <sup>6</sup> ลูกบาศก์เมตรต่อปี	เครื่องกำเนิดไฟฟ้าขนาด 100 กิโลวัตต์ จำนวน 2 เครื่อง และขนาด 435 กิโลวัตต์ จำนวน 1 เครื่อง

ที่มา: <sup>1</sup>(Gurung and Polprasert, 2007), <sup>2</sup>(Hao *et al.*, 2008), <sup>3,4</sup>(เกรียงไกร อายูวัฒน์, 2539),  
<sup>5</sup>(Zamorano, 2005), <sup>6</sup>(Karagiannidis *et al.*, 2007), <sup>7</sup>(Desideri *et al.*, 2002), <sup>8</sup>(U.S.EPA, 2007)  
<sup>9</sup>(Chiemchaisri *et al.*, 2007)

3) การเข้าร่วมโครงการกลไกการพัฒนาที่สะอาด (clean development mechanism: CDM) (กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, 2551) การเข้าร่วมโครงการกลไกการพัฒนาที่สะอาด เป็นกลไกหนึ่งในสามกลไกภายใต้พิธีสารเกียวโต (kyoto protocol) ซึ่งเป็นข้อผูกพันทางกฎหมายระดับนานาชาติซึ่งมีผลบังคับใช้อย่างเป็นทางการ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อลดการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่มนุษย์ผลิตขึ้น โดยพิธีสารเกียวโตได้กำหนดกลไกยืดหยุ่นขึ้น 3 กลไก คือ

(1) กลไกการทำโครงการร่วม (joint implementation: JI) กำหนดให้ประเทศที่พัฒนาแล้ว สามารถดำเนินโครงการลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกร่วมกันเองระหว่างประเทศในกลุ่มภาคผนวกที่ 1 ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ลดได้ เรียกว่า ERU (emission reduction units)

(2) กลไกการซื้อขายสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจก (emission trading: ET) กำหนดให้ประเทศภาคผนวกที่ 1 (annex I) ที่ไม่สามารถลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในประเทศตามที่กำหนดไว้ได้สามารถซื้อสิทธิ์การปล่อยจากประเทศในภาคผนวกที่ 1 ด้วยกันเอง ที่มีสิทธิปล่อยเหลือ (อาจเป็นเครดิตที่เหลือจากการทำโครงการ JI และ CDM หรือสิทธิ์การปล่อยที่เหลือ เนื่องจากระบบเศรษฐกิจทำให้ปริมาณการปล่อยในปัจจุบันน้อยกว่าปริมาณการปล่อยเมื่อปี

ค.ศ. 1990 จึงมีสิทธิการปล่อยเหลือพร้อมที่จะขายได้) เราเรียกสิทธิ์ที่จะปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่จะขายกันนี้ว่า AAUs (assigned amount units)

ทั้งนี้ จะเห็นได้ว่า สองกลไกแรกเป็นกลไกที่เกิดขึ้นระหว่างประเทศที่พัฒนาแล้วด้วยกันเท่านั้น

(3) กลไกการพัฒนาที่สะอาด (clean development mechanism: CDM) เป็นการดำเนินการร่วมกันระหว่างประเทศที่พัฒนาแล้วกับประเทศที่กำลังพัฒนา เพื่อช่วยให้ประเทศที่พัฒนาแล้วบรรลุเป้าหมายในการลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกให้ได้ตามพันธกรณีควบคู่ไปกับการช่วยให้ประเทศกำลังพัฒนาบรรลุการพัฒนาที่ยั่งยืนได้ โดยประเทศที่พัฒนาแล้วจะมาลงทุนดำเนินโครงการเพื่อลดการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกในประเทศที่กำลังพัฒนา แล้วนำปริมาณก๊าซที่ลดได้มาคำนวณเป็นปริมาณก๊าซที่สามารถลดลงได้ในประเทศของตนเอง ซึ่งผู้ดำเนินโครงการจะต้องผ่านการรับรอง certified emission reduction (CERs) จากหน่วยงานที่เรียกว่า CDM executive board (CDM EB) ส่วน CERs หรือ คาร์บอนเครดิต เมื่อผ่านการรับรองสามารถนำไปขายให้กับประเทศพัฒนาแล้วสามารถใช้ CERs ในการบรรลุถึงพันธกรณีตามพิธีสารเกียวโตได้

หลักการของโครงการกลไกการพัฒนาที่สะอาด (clean development mechanism: CDM) (กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, 2551)

- voluntary เป็นการดำเนินการด้วยความสมัครใจ โดยได้รับความเห็นชอบจากประเทศภาคีที่เกี่ยวข้อง ได้แก่ ประเทศผู้ลงทุน ประเทศที่โครงการตั้งอยู่

- additionality เป็นโครงการที่แสดงให้เห็นว่า มีการดำเนินการเพิ่มเติมจากการดำเนินงานตามปกติในด้านต่างๆ เช่น ด้านเทคโนโลยี สิ่งแวดล้อม การเงิน และการลงทุน และเป็นโครงการที่ลดปริมาณก๊าซเรือนกระจกลงได้มากกว่า มาตรฐานที่ประเทศโครงการตั้งอยู่กำหนดไว้

- sustainable development สอดคล้องกับนโยบายการพัฒนาอย่างยั่งยืนของประเทศที่โครงการตั้งอยู่

- transparency & accountable ต้องมีการดำเนินงานด้วยความโปร่งใสและตรวจสอบได้

- certify ปริมาณการปล่อยก๊าซที่ลดได้จากโครงการ CDM จะได้รับการรับรองจาก united nations framework convention on climate change (UNFCCC) CDM-executive board ซึ่งตั้งอยู่ ณ กรุงบอนน์ ประเทศเยอรมนี

คาร์บอนเครดิต (carbon credit หรือ emission reduction) คือ ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ลดได้จากการดำเนินโครงการลดโลกร้อนที่สะอาด โดยพิธีสารเกียวโตได้สร้างคาร์บอนเครดิต ขึ้นมาให้มีลักษณะ ดังนี้

- เป็นสินค้า (commodity) ชนิดหนึ่ง ที่สามารถมีการซื้อขายกันได้ในตลาดเฉพาะที่เรียกว่า ตลาดคาร์บอน (carbon market)

- เป็นสินค้าที่อยู่ในลักษณะเอกสารสิทธิของปริมาณก๊าซที่ลดได้

- สามารถนำไปคิดรวมในบัญชีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของแต่ละประเทศได้ทั้งประเทศผู้ขายคาร์บอนเครดิต และประเทศผู้ซื้อ

- carbon credit หรือ emission reduction ไม่ใช่สิ่งที่ขายแล้วหมดไปแต่เป็นสิ่งที่เกิดขึ้นได้ตลอดเวลาที่มีการดำเนินโครงการ

ประเภทของโครงการที่เข้าข่ายโครงการ CDM เพื่อให้การดำเนินโครงการ CDM เป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ จึงได้มีการแบ่งประเภทของโครงการออกเป็น 3 ประเภท ได้แก่

1. โครงการ CDM ทั่วไป
2. โครงการ CDM ป่าไม้
3. โครงการ CDM ขนาดเล็ก

โดยโครงการ CDM ขนาดเล็กเป็นการช่วยลดค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานและช่วยลดระยะเวลาการขึ้นทะเบียน เนื่องจากมีขั้นตอนที่ง่ายและกระชับ กิจกรรมที่สามารถเข้าร่วมโครงการ CDM ขนาดเล็ก สามารถแบ่งออกเป็น 4 กิจกรรม ได้แก่

ประเภทที่ 1 โครงการที่ไม่เปลี่ยนแปลงกระบวนการผลิต แต่มีการนำพลังงานทดแทนหรือพลังงานหมุนเวียนมาใช้ไม่เกิน 15 เมกะวัตต์หรือเทียบเท่า

ประเภทที่ 2 โครงการที่เพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงาน ที่สามารถลดการใช้พลังงานได้ไม่เกิน 15 จิกะวัตต์-ชั่วโมงต่อปี

ประเภทที่ 3 โครงการอื่นๆ ที่สามารถลดปริมาณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกิจกรรมของมนุษย์ โดยโครงการดังกล่าวมีการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกไม่เกิน 60 กิโลตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า

ประเภทที่ 4 โครงการปลูกป่าและฟื้นฟูสภาพป่าขนาดเล็ก ที่มีการดูดซับก๊าซเรือนกระจกไม่เกิน 8,000 ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อปี หากมีการดูดซับเกินกว่านี้ส่วนที่เกินไม่ถูกนับเป็นคาร์บอนเครดิต

ระยะเวลาของอายุโครงการและระยะเวลาการคิดคาร์บอนเครดิต (crediting period) การดำเนินโครงการ CDM ผู้ดำเนินโครงการต้องเสนอระยะเวลาของอายุโครงการจริงทั้งหมด และระยะเวลาการคิดคาร์บอนเครดิต ดังนี้

1. ช่วงเวลาแบบคงที่ (fixed crediting period) กำหนดเวลาสูงสุด 10 ปี และไม่สามารถต่ออายุได้

2. ช่วงเวลาแบบต่ออายุได้ (renewable crediting period) เป็นเวลาสูงสุด 7 ปี แต่สามารถต่ออายุได้ 2 ครั้ง หากกรณีฐานของโครงการยังคงใช้ได้อยู่หรือได้มีการปรับปรุงให้เข้ากับข้อมูลใหม่ รวมระยะเวลาสูงสุดในการคิดเครดิต 21 ปี

ภายใต้เงื่อนไขดังกล่าวสามารถรวมการดำเนินการโครงการขนาดเล็กหลายโครงการแล้วจดทะเบียนเป็น small scale CDM (SSC) โครงการเดียวได้ การดำเนินการดังกล่าวเรียก bounding of SSC โครงการอื่นๆ นอกเหนือจากข้างต้นจัดเป็นโครงการ CDM ขนาดใหญ่ (large scale activities) การดำเนินการกลไกการพัฒนาที่สะอาดนั้นมีความจำเป็นอย่างยิ่งที่จำแนกขนาดและประเภทของการดำเนินการให้ชัดเจนเพื่อเลือกใช้วิธีการดำเนินการที่ถูกต้องตามข้อกำหนดของ UNFCCC

จากการศึกษาการประเมินการลดปริมาณการแพร่กระจายก๊าซมีเทนเพื่อเข้าร่วมโครงการ CDM จากพื้นที่ฝังกลบมูลฝอย พบว่า ปริมาณก๊าซมีเทนที่เกิดขึ้นจากพื้นที่ฝังกลบมูลฝอยสามารถนำไปใช้ประโยชน์โดยการผลิตกระแสไฟฟ้าและเผาไหม้เพื่อลดปริมาณก๊าซที่แพร่กระจายสู่บรรยากาศ สรุปผลการประเมิน โครงการในพื้นที่ต่างๆ แสดงดังตารางที่ 1-9

ตารางที่ 1-9 ผลการประเมินโครงการกลไกการพัฒนาที่สะอาด (CDM)

พื้นที่ฝังกลบมูลฝอย (ระยะเวลาที่คาดการณ์, ปีคริสตศักราช)	รายละเอียดการศึกษา
<sup>1</sup> Jelekong landfill, Indonesia (ค.ศ. 1995–2005)	ประเมินปริมาณก๊าซที่ลดลงจากพื้นที่ฝังกลบมูลฝอย โดยประเมินปริมาณก๊าซที่เกิดขึ้นในพื้นที่เป็นระยะเวลา 10 ปี พบว่า ปริมาณการแพร่ระบายก๊าซในกรณีฐาน (baseline) รวมเท่ากับ 105,000 ตันคาร์บอนไดออกไซด์ที่อัตราการผลิตมูลฝอยในพื้นที่ประมาณ 0.83 กิโลกรัมต่อคนต่อวัน และเมื่อทำการเผาไหม้ทำให้ปริมาณก๊าซมีเทนลดลง (emission reduction) รวมเท่ากับ 32, 305 ตันคาร์บอนไดออกไซด์ โดยราคาคาร์บอนเครดิตอยู่ที่ 5 ดอลลาร์ต่อตันคาร์บอนไดออกไซด์ ทำให้ได้รายได้จากการขายคาร์เครดิต 2,881,415 บาท จากการลงทุน ได้แก่ เงินทุน ค่าใช้จ่ายประจำปี ค่าการจัดการรวมเท่ากับ 3,552,412 บาท และระยะเวลาคืนทุน 4 ปี
<sup>2</sup> Ratchathewah and Kampeang sean landfill, Thailand	ประเมินปริมาณก๊าซที่ลดลงจากพื้นที่ฝังกลบมูลฝอย 3 กรณี กรณีที่ 1 พื้นที่ฝังกลบมูลฝอยเข้าร่วมโครงการร้อยละ 0 ไม่สามารถลดปริมาณก๊าซที่เกิดขึ้น กรณีที่ 2 พื้นที่ฝังกลบมูลฝอยเข้าร่วมโครงการร้อยละ 50 โดยการนำก๊าซที่เกิดขึ้นไปผลิตกระแสไฟฟ้าและเผาทิ้ง ทำให้ลดการแพร่ระบายก๊าซเท่ากับ 94,783.5 และ 62,397.4 ตันคาร์บอนไดออกไซด์ตามลำดับ กรณีที่ 3 พื้นที่ฝังกลบมูลฝอยเข้าร่วมโครงการร้อยละ 100 โดยการนำก๊าซที่เกิดขึ้นไปผลิตกระแสไฟฟ้าและเผาทิ้ง ทำให้ลดการแพร่ระบายก๊าซเท่ากับ 189,450.0 และ 124,908.8 ตันคาร์บอนไดออกไซด์ โดยที่ราคาคาร์บอนเครดิตอยู่ที่ 5 ดอลลาร์ต่อตันคาร์บอนไดออกไซด์ตามลำดับ
<sup>3</sup> Durban landfill , Africa (ค.ศ. 2004–2024)	ประเมินปริมาณก๊าซที่ลดลงจากพื้นที่ฝังกลบมูลฝอย 3 พื้นที่ โดยพื้นที่ทั้ง 3 แห่งสามารถผลิตไฟฟ้ารวมเฉลี่ยเท่ากับ 5–6 เมกกะวัตต์และเผาทิ้ง ดังนี้ - พื้นที่ฝังกลบมูลฝอย bisasar road มีพื้นที่ 44,000 ตารางเมตร ปริมาณมูลฝอยที่เกิดในพื้นที่ 3,500 ตันต่อวัน ปริมาณก๊าซที่เกิดขึ้นเท่ากับ 21 ลูกบาศก์เมตรต่อปี เมื่อผลิตไฟฟ้าและเผาทิ้งทำให้ลดการแพร่ระบายก๊าซเท่ากับ 800,704 และ 5,295,296 ตันคาร์บอนไดออกไซด์ตามลำดับ - พื้นที่ฝังกลบมูลฝอย mariann hill มีพื้นที่ 18,000 ตารางเมตร ปริมาณมูลฝอยที่เกิดในพื้นที่ 3,500 ตันต่อวัน ปริมาณก๊าซที่เกิดขึ้นเท่ากับ 500 นิวตัน ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง เมื่อผลิตไฟฟ้าและเผาทิ้งทำให้ลดการแพร่ระบาย

ตารางที่ 1.9 (ต่อ) ผลการประเมินโครงการกลไกการพัฒนาที่สะอาด (CDM)

พื้นที่ฝังกลบมูลฝอย (ระยะเวลาที่คาดการณ์, ปีคริสต์ศักราช)	รายละเอียดการศึกษา
	<p>ก๊าซเท่ากับ 112,344 และ 1,112,568 ตันคาร์บอนไดออกไซด์ตามลำดับ</p> <p>- พื้นที่ฝังกลบมูลฝอย lamerul มีพื้นที่ 72,000 ตารางเมตร ปริมาณมูลฝอยที่เกิดขึ้นในพื้นที่ 300 ตันต่อวัน ปริมาณก๊าซที่เกิดขึ้นเท่ากับ 1.1 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อปี เมื่อผลิตไฟฟ้าและเผาทิ้งทำให้ลดการแพร่กระจายก๊าซเท่ากับ 24,511 และ 488,972 ตันคาร์บอนไดออกไซด์ตามลำดับ โดยที่ราคาคาร์บอนเครดิตอยู่ที่ 3.95 ดอลลาร์ต่อตันคาร์บอนไดออกไซด์ตามลำดับ</p>
<p><sup>4</sup>Suzhou landfill, China (ค.ศ. 2008–2014)</p>	<p>ประเมินปริมาณก๊าซที่ลดลงจากพื้นที่ฝังกลบมูลฝอย ขนาด 25,000 ตารางเมตร ผลิตมูลฝอยประมาณ 550–600 ตันต่อวัน โดยประเมินปริมาณก๊าซที่เกิดขึ้นเป็นระยะเวลา 7 ปี พบว่า ปริมาณการแพร่กระจายก๊าซในกรณีฐาน (baseline) รวมเท่ากับ 2,473,165 ตันคาร์บอนไดออกไซด์ สามารถผลิตไฟฟ้าได้ 3–6 กิโลวัตต์ ทำให้ปริมาณก๊าซมีเทนลดลง (emission reduction) รวมเท่ากับ 2,210,631 ตันคาร์บอนไดออกไซด์</p>
<p><sup>5</sup>Montalba landfill, Philippine (ค.ศ. 2007–2017)</p>	<p>ประเมินปริมาณก๊าซที่ลดลงจากพื้นที่ฝังกลบมูลฝอย ขนาด 14,000 ตารางเมตร ผลิตมูลฝอยประมาณ 3,000 ตันต่อวัน โดยประเมินปริมาณก๊าซที่เกิดขึ้นเป็นระยะเวลา 7 ปี พบว่า ปริมาณก๊าซชีวภาพรวมเท่ากับ 1,527,349,478 ลูกบาศก์เมตร เมื่อนำไปเผาไหม้ที่ประสิทธิภาพการรวบรวมก๊าซร้อยละ 50 ทำให้ปริมาณก๊าซมีเทนลดลง (emission reduction) รวมเท่ากับ 5,822,686 ตันคาร์บอนไดออกไซด์</p>
<p><sup>6</sup>Palembang landfill, Indonesia (ค.ศ. 2008–2028)</p>	<p>ประเมินปริมาณก๊าซที่ลดลงจากพื้นที่ฝังกลบมูลฝอย ขนาด 25,000 ตารางเมตร รองรับมูลฝอยประมาณ 342 ตันต่อวัน โดยประเมินปริมาณก๊าซที่เกิดขึ้นเป็นระยะเวลา 21 ปี พบว่า ปริมาณการแพร่กระจายก๊าซในกรณีฐาน (baseline) รวมเท่ากับ 3,190,878 ตันคาร์บอนไดออกไซด์ เมื่อนำไปเผาไหม้ที่ประสิทธิภาพการรวบรวมก๊าซร้อยละ 50 ทำให้ปริมาณก๊าซมีเทนลดลง (emission reduction) รวมเท่ากับ 2,215,136 ตันคาร์บอนไดออกไซด์</p>

ตารางที่ 1.9 (ต่อ) ผลการประเมินโครงการกลไกการพัฒนาที่สะอาด (CDM)

พื้นที่ฝังกลบมูลฝอย (ระยะเวลาที่คาดการณ์, ปีคริสต์ศักราช)	รายละเอียดการศึกษา
<sup>7</sup> Cerro Patacon landfill ,Panama (ค.ศ. 2009–2015)	ประเมินปริมาณก๊าซที่ลดลงจากพื้นที่ฝังกลบมูลฝอย ขนาด 80,000 ตาราง เมตร รองรับมูลฝอยประมาณ 1,200 ตันต่อวัน โดยประเมินปริมาณก๊าซที่ เกิดขึ้นเป็นระยะเวลา 7 ปี พบว่า ปริมาณการแพร่กระจายก๊าซในกรณีฐาน (baseline) รวมเท่ากับ 2,043,859 ตันคาร์บอนไดออกไซด์ และสามารถผลิต ไฟฟ้าที่ 5.3–6.3 เมกกะวัตต์และนำไปเผาไหม้เผาไหม้ ทำให้ปริมาณก๊าซ มีเทนลดลง (emission reduction) รวมเท่ากับ 2,039,578 และ 88,355 ตัน คาร์บอนไดออกไซด์
<sup>8</sup> Phanomskam landfill and Nakhonpathom landfill, Thailand (ค.ศ. 2005–2014)	ประเมินปริมาณก๊าซมีเทนเป็นระยะเวลา 10 ปี ได้ประเมินก๊าซ 3 กรณี ดังนี้ <u>กรณีที่ 1</u> ก๊าซมีเทนแพร่กระจายสู่บรรยากาศโดยตรงหรือกรณีฐานของพื้นที่ อ.พนมสารคามและ อ.กำแพงเท่ากับ 2.27 และ 5.11 ตัน คาร์บอนไดออกไซด์ <u>กรณีที่ 2</u> เมื่อมีการรวบรวมก๊าซเพื่อเผาทิ้งก่อนปล่อยสู่บรรยากาศสามารถ ลดการแพร่กระจายก๊าซมีเทนเท่ากับร้อยละ 65 จากกรณีฐานหรือเท่ากับ 0.80 และ 1.79 ตันคาร์บอนไดออกไซด์ตามลำดับ <u>กรณีที่ 3</u> เมื่อรวบรวมก๊าซเพื่อผลิตกระแสไฟฟ้าก่อนปล่อยสู่บรรยากาศ สามารถลดการแพร่กระจายก๊าซมีเทนเท่ากับร้อยละ 69 จากกรณีฐานหรือ เท่ากับ 0.71 และ 1.59 ตันคาร์บอนไดออกไซด์ตามลำดับ โดยที่ราคา คาร์บอนเครดิตอยู่ที่ 450–1,200 บาทต่อตันคาร์บอนไดออกไซด์ตามลำดับ

ที่มา: <sup>1</sup>(Sembiring *et al.*, 2007), <sup>2</sup>(Gurung and Polprasert, 2007), <sup>3</sup>(Strachan *et al.*, 2003), <sup>4</sup>(UNFCCC, 2006), <sup>5</sup>(UNFCCC, 2006), <sup>6</sup>(UNFCCC, 2006), <sup>7</sup>(UNFCCC, 2006), <sup>8</sup>(เบญจภา และ ชนาธิป, 2552)

### 1.3 วัตถุประสงค์ของโครงการ

1. เพื่อศึกษาการแพร่ระบาดของก๊าซมีเทนในพื้นที่ฝังกลบมูลฝอยแบบสุขาภิบาลด้วยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์
2. เพื่อศึกษาการแพร่ระบาดของก๊าซมีเทนในพื้นที่ฝังกลบมูลฝอยแบบสุขาภิบาลโดยเครื่องวัดอัตราการแพร่ระบาดของก๊าซแบบ close flux chamber ในพื้นที่จริง
3. เพื่อเปรียบเทียบการแพร่ระบาดของก๊าซมีเทนในพื้นที่ฝังกลบมูลฝอยแบบสุขาภิบาลที่ได้จากการประเมินด้วยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์และเครื่องวัดก๊าซแบบ close flux chamber
4. เพื่อเสนอแนะแนวทางการจัดการก๊าซมีเทนที่ได้จากพื้นที่ฝังกลบมูลฝอย

### 1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ได้มาซึ่งผลการประเมินปริมาณก๊าซมีเทนที่เกิดขึ้นจากหลุมฝังกลบมูลฝอยโดยใช้สมการทางคณิตศาสตร์เปรียบเทียบกับปริมาณก๊าซมีเทนที่ได้จากการตรวจวัดจริง
2. ได้แนวทางการจัดการก๊าซมีเทนที่เหมาะสมจากหลุมฝังกลบมูลฝอยในเขตพื้นที่ศึกษา

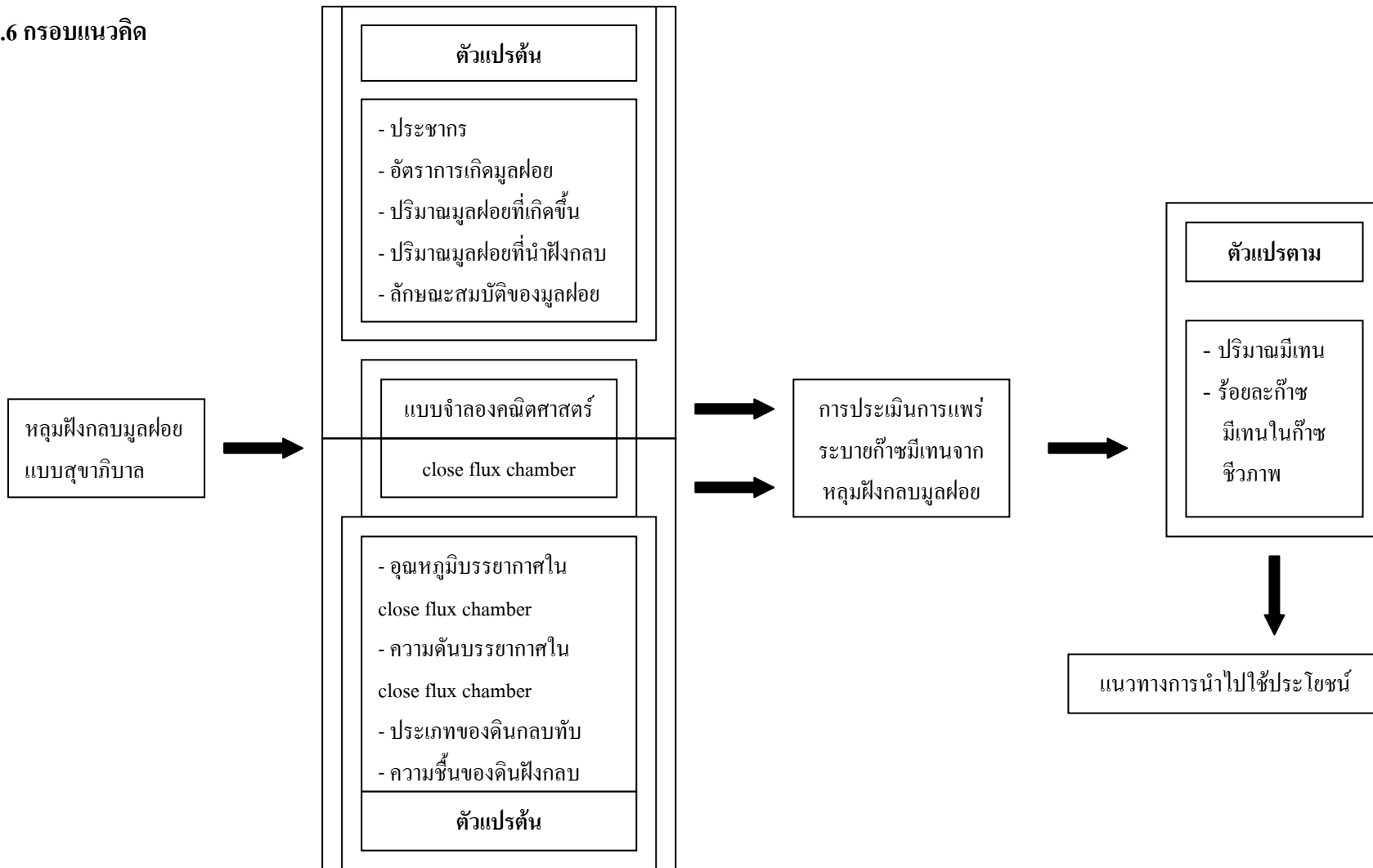
### 1.5 ขอบเขตของโครงการ

1. ศึกษาการแพร่ระบาดของก๊าซมีเทนจากพื้นที่ฝังกลบมูลฝอยแบบสุขาภิบาลในพื้นที่จังหวัดสงขลา คือ พื้นที่ฝังกลบมูลฝอยเทศบาลนครหาดใหญ่และพื้นที่ฝังกลบมูลฝอยเทศบาลเมืองบ้านพรุ
2. ศึกษาการแพร่ระบาดของก๊าซมีเทนในพื้นที่ฝังกลบมูลฝอยแบบสุขาภิบาลด้วยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์โดยการคำนวณด้วยวิธี default ของ Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC: 2006) วิธีปฏิกิริยาลำดับที่ 1 (first order decay model) ของ Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC: version 02: october 2007) และโปรแกรม landfill gas emission model (LandGEM : version 3.02 may 2005) ของ U.S. environmental protection agency (U.S. EPA)
3. ศึกษาวิเคราะห์ตัวอย่างก๊าซมีเทนที่เก็บจากพื้นที่ฝังกลบมูลฝอยด้วยวิธี flux chamber method แบบ close flux chamber หรือ static chamber โดยที่จะทำการเก็บตัวอย่างก๊าซมีเทน 2 จุด คือ ในช่วงฤดูฝน (เดือนธันวาคม พ.ศ. 2551-กุมภาพันธ์ พ.ศ.2551) และฤดูร้อน (เดือนมีนาคม - เมษายน พ.ศ. 2552) เพื่อวิเคราะห์ปริมาณก๊าซมีเทนที่เกิดขึ้นจริงในพื้นที่ฝังกลบมูลฝอย



4. เสนอแนะแนวทางการจัดการก๊าซมีเทนที่ได้จากพื้นที่ฝังกลบมูลฝอยตามวิธีการการ  
ดำเนินการกลไกการพัฒนาที่สะอาด

## 1.6 กรอบแนวคิด



## บทที่ 2

### วิธีการวิจัย

#### 2.1 สถานที่ศึกษา

สถานที่ที่ใช้ในการศึกษาค้นคว้าครั้งนี้ คือ พื้นที่ฝั่งกลบมูลฝอยเทศบาลนครหาดใหญ่ และเทศบาลเมืองบ้านพรุ ดังนี้

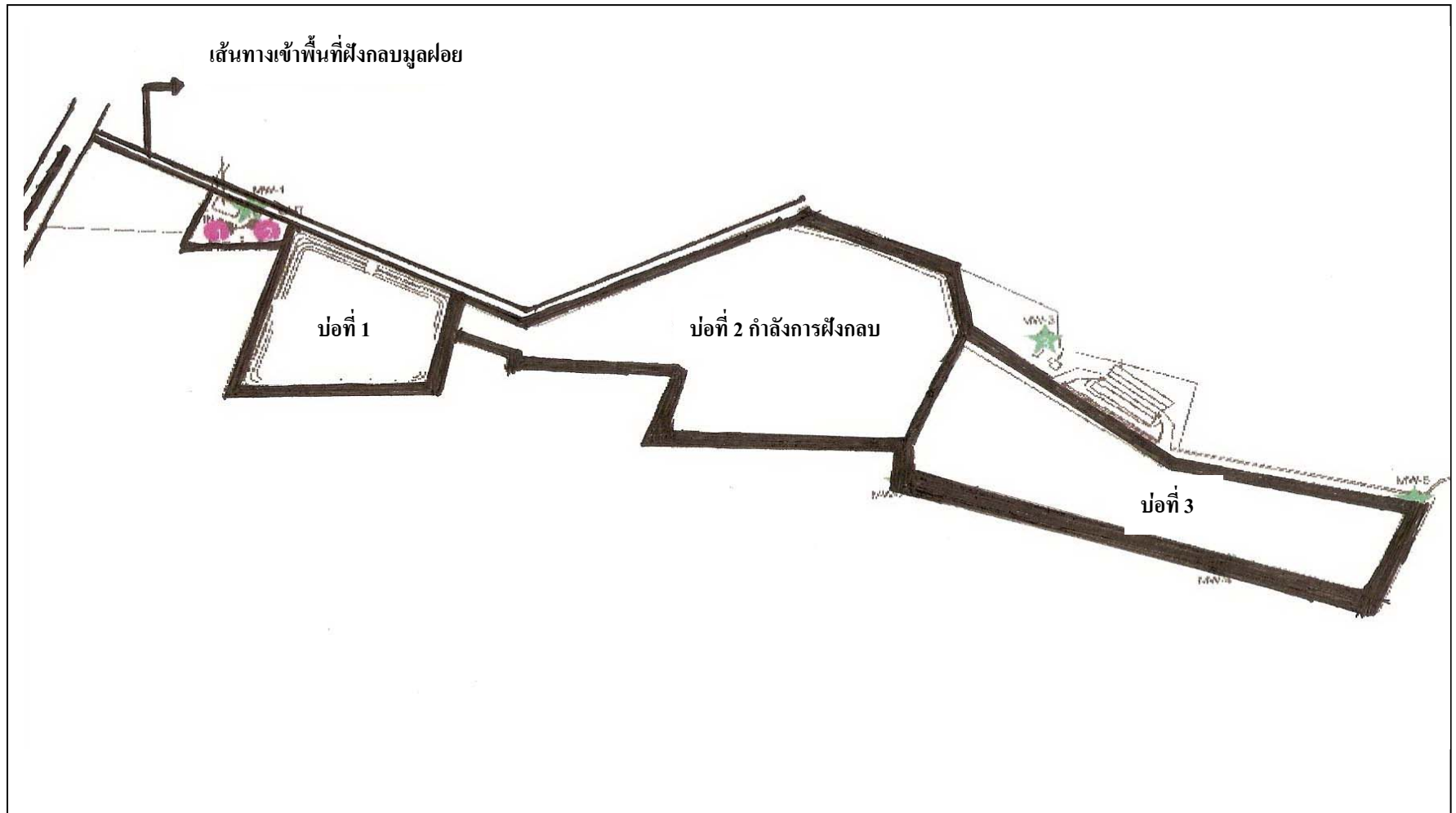
##### 2.1.1 พื้นที่ฝั่งกลบมูลฝอยเทศบาลนครหาดใหญ่

1. สถานที่ตั้ง พื้นที่ฝั่งกลบมูลฝอยเทศบาลนครหาดใหญ่ ตั้งอยู่ที่หมู่ที่ 3 ถนนทางไปสนามบิน ตำบลควนหลัง อำเภอหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา ห่างจากเขตเทศบาล 12 กิโลเมตร ติดถนนสายหลักขนาดพื้นที่รวม 135 ไร่ เทศบาลเป็นเจ้าของพื้นที่ ปัจจุบันรองรับมูลฝอยจากพื้นที่หลัก 4 แห่ง คือ องค์การบริหารส่วนตำบลลุง เทศบาลตำบลท่าช้าง เทศบาลเมืองคลองแห และเทศบาลนครหาดใหญ่ ประชากรส่วนใหญ่มีการกระจายตัวหนาแน่นในบริเวณด้านตะวันออกของสถานีรถไฟ ซึ่งเป็นแหล่งที่ประชากรประกอบอาชีพธุรกิจการค้า และการบริการ โดยแผนที่ประกอบพื้นที่เทศบาลนครหาดใหญ่ แสดงดังภาพประกอบที่ 2-1 และภาพประกอบที่ 2-2

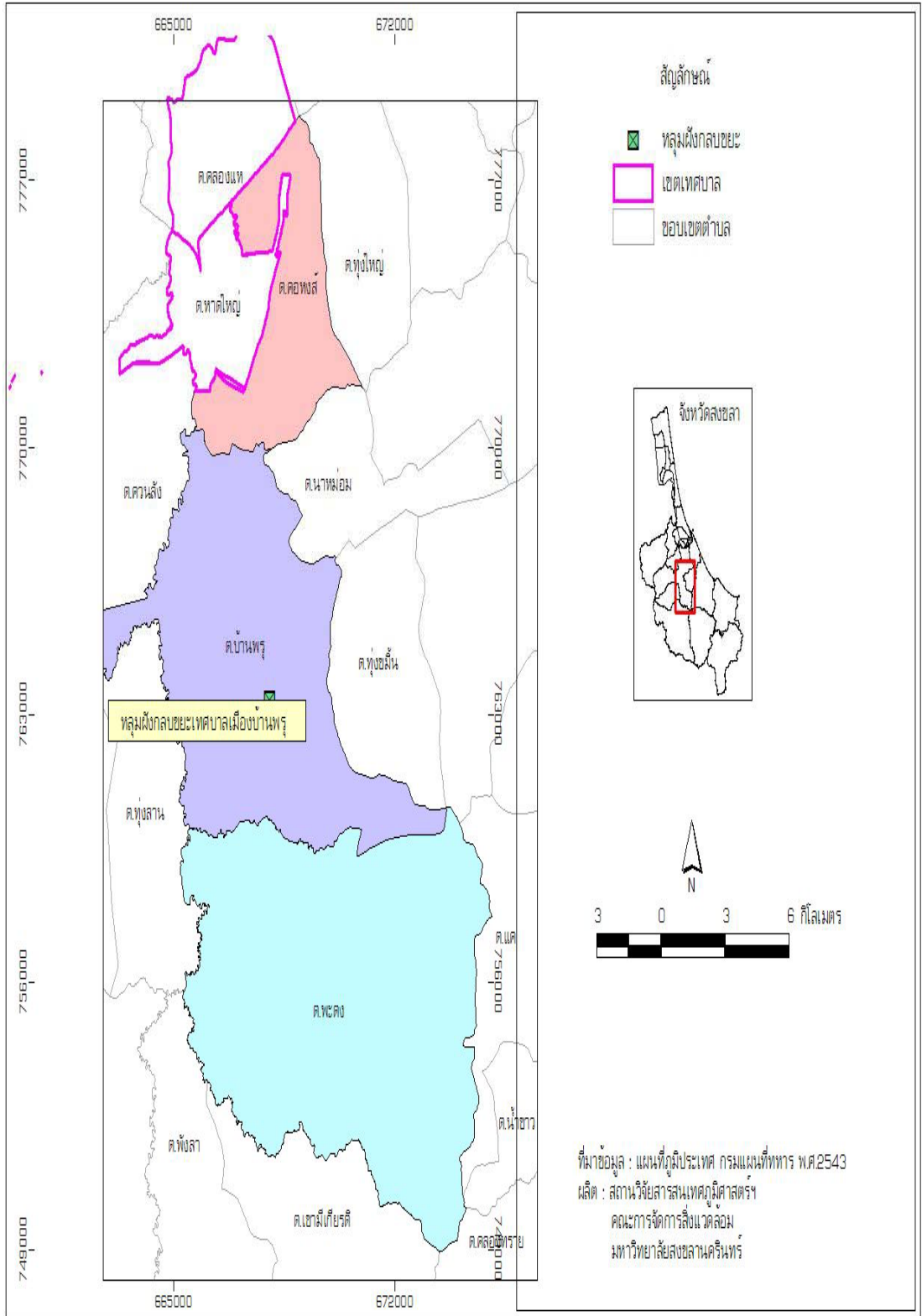
2. สภาพภูมิอากาศ อุณหภูมิเฉลี่ยสูงสุดตลอดปี 31.4 องศาเซลเซียส อุณหภูมิต่ำสุดตลอดปีเฉลี่ย 23.9 องศาเซลเซียส โดยอุณหภูมิเฉลี่ยตลอดปี 27.6 องศาเซลเซียส

3. สภาพพื้นที่ ระบบกำจัดมูลฝอยมีขนาดพื้นที่ฝั่งกลบมูลฝอย 100 ไร่ มีบ่อฝั่งกลบมูลฝอย 3 บ่อ คือ บ่อที่ 1 ขนาด 25 ไร่ (200 เมตร x 200 เมตร) บ่อที่ 2 ขนาด 45 ไร่ และบ่อที่ 3 ขนาด 30 ไร่ (290 เมตร x 130 เมตร) ปัจจุบันมีการดำเนินงานเฉพาะบ่อที่ 2 ในขณะที่พื้นที่บ่อที่ 1 และ บ่อที่ 3 เริ่มดำเนินการตั้งแต่ปี พ.ศ. 2526 - พ.ศ. 2548 โดยการจัดการมูลฝอยในพื้นที่เป็นแบบผสมผสานกันระหว่างแบบขุดในร่องมีความลึกประมาณ 4 เมตร และแบบฝั่งกลบบนพื้นที่ สามารถรองรับมูลฝอยประมาณวันละ 200-230 ตันต่อวัน สภาพปัจจุบันเป็นพื้นที่โล่ง มีต้นไม้ขึ้นกระจายเป็นหย่อมๆ แสดงตามภาคผนวก ก

ในการศึกษาค้นคว้าครั้งนี้ได้ทำการคาดการณ์การแพร่ระบาดของก๊าซมีเทน โดยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์และตรวจวัดจริงในพื้นที่บ่อที่ 1 และบ่อที่ 3



ภาพประกอบที่ 2-1 แผนที่พื้นที่ฝังกอบมูลฝอยเทศบาลนครหาดใหญ่บ่อที่ 1 และบ่อที่ 3 (สำนักงานสิ่งแวดล้อมภาค 16, 2547)



ภาพประกอบภาพประกอบที่ 2-2 แผนที่พื้นที่รับผิดชอบของพื้นที่ฝังกลบมูลฝอยเทศบาลนครหาดใหญ่

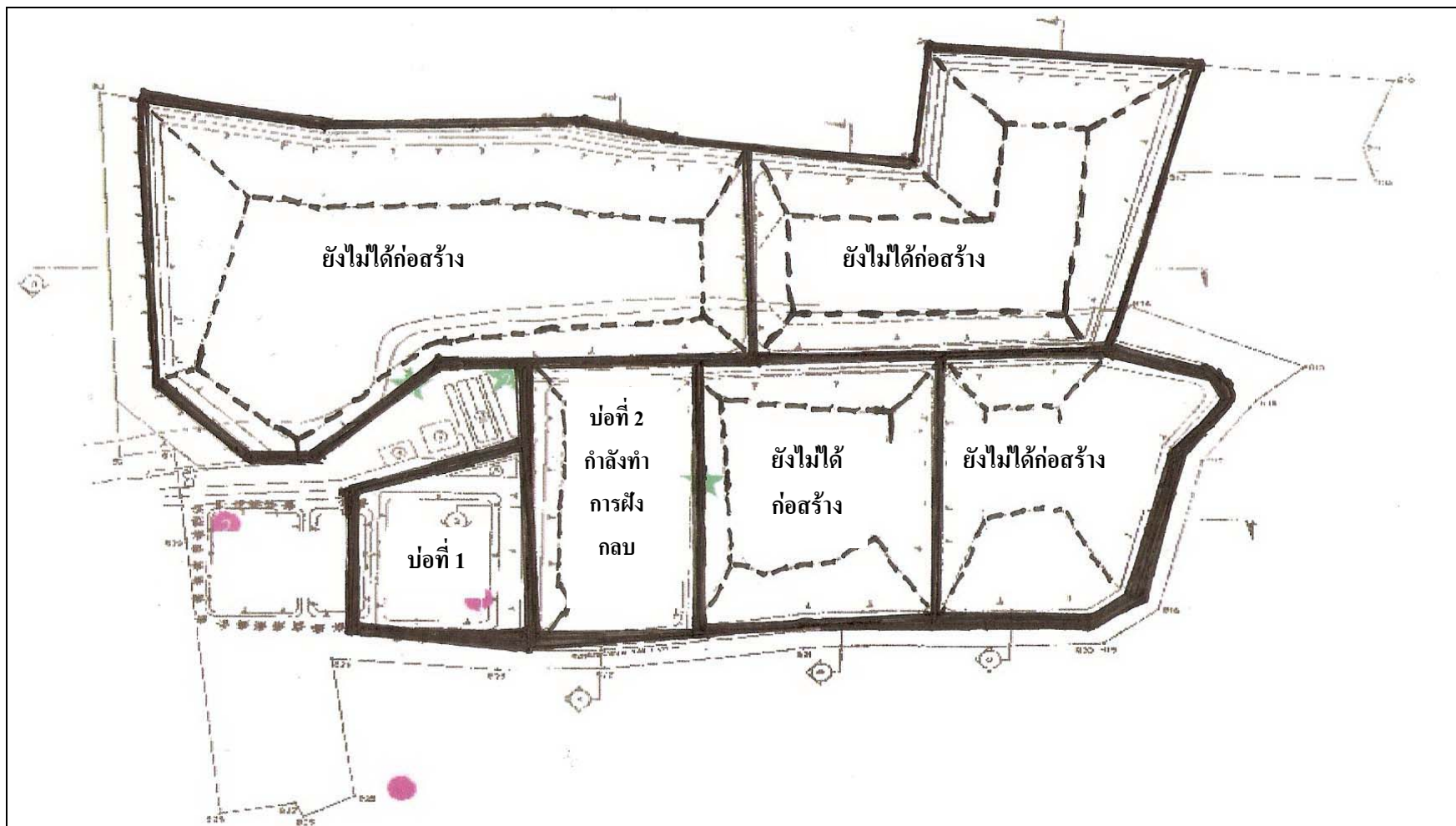
## 2.1.2 พื้นที่ฝังกลบมูลฝอยเทศบาลเมืองบ้านพรุ

1. สถานที่ตั้ง พื้นที่ฝังกลบมูลฝอยเทศบาลเมืองบ้านพรุ ตั้งอยู่ในเขตท้องที่ตำบลบ้านพรุ อำเภอหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา มีพื้นที่ 17.97 ตารางกิโลเมตร ปัจจุบันรองรับมูลฝอยจากพื้นที่ 4 แห่งคือ องค์การบริหารส่วนตำบลพะตง เทศบาลตำบลพะตง เทศบาลตำบลคอหงส์ เทศบาลเมืองบ้านพรุ โดยแผนที่ประกอบพื้นที่เทศบาลเมืองบ้านพรุ แสดงดังภาพประกอบที่ 2-3 และภาพประกอบที่ 2-4

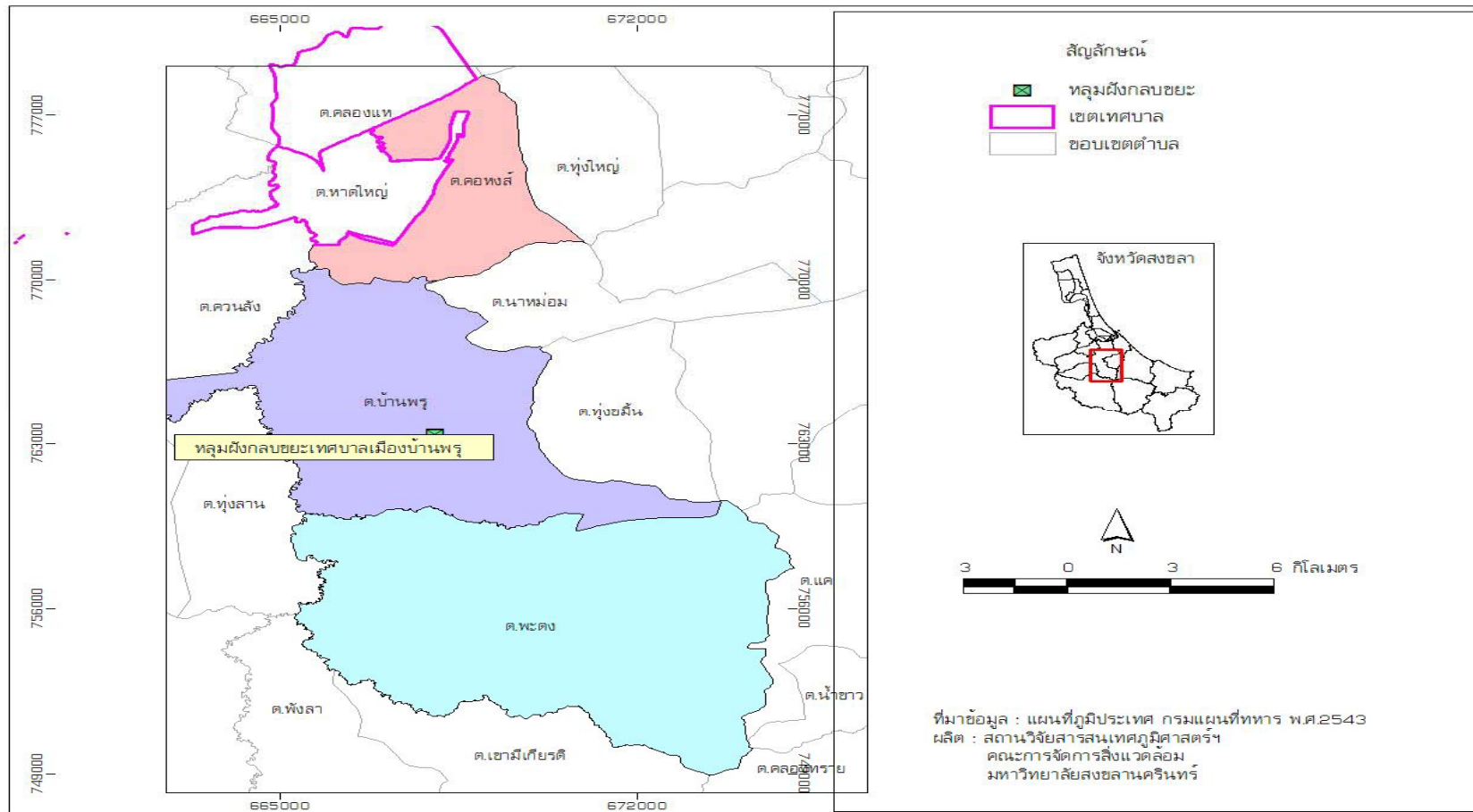
2. สภาพภูมิอากาศ อุณหภูมิเฉลี่ยสูงสุดตลอดปี 31.4 องศาเซลเซียส อุณหภูมิต่ำสุดตลอดปีเฉลี่ย 23.9 องศาเซลเซียส โดยอุณหภูมิเฉลี่ยตลอดปี 27.6 องศาเซลเซียส

3. สภาพพื้นที่ ระบบกำจัดมูลฝอยมีขนาดพื้นที่ฝังกลบมูลฝอยขนาดพื้นที่ฝังกลบมูลฝอย 100 ไร่ ปัจจุบันมีบ่อฝังกลบมูลฝอย 2 บ่อ คือ บ่อที่ 1 มีขนาดประมาณ 5.5 ไร่ (120 เมตร x 76 เมตร) เริ่มดำเนินการตั้งแต่ปี พ.ศ. 2542 - พ.ศ. 2548 สภาพปัจจุบันเป็นพื้นที่โล่ง มีต้นไม้ขึ้นกระจัดกระจายเป็นหย่อมๆ บ่อที่ 2 มีขนาดประมาณ 9 ไร่ (145 เมตร x 99 เมตร) เริ่มดำเนินการตั้งแต่ปี พ.ศ. 2549 - พ.ศ. 2554 โดยการจัดการมูลฝอยในพื้นที่เป็นแบบกลบในหุบเขา มีความลึกประมาณ 9 เมตร สามารถรองรับมูลฝอยประมาณวันละ 30-50 ตันต่อวัน สภาพปัจจุบันมีกองมูลฝอยเป็นหย่อมๆ เนื่องจากพื้นที่ปัจจุบันที่ดังกล่าวอยู่ในช่วงดำเนินการ แสดงตามภาคผนวก ก

ในการศึกษาครั้งนี้ได้ทำการคาดการณ์การแพร่กระจายก๊าซมีเทนโดยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์และตรวจวัดจริง ในพื้นที่บ่อที่ 1 และ บ่อที่ 2



ภาพประกอบที่ 2-3 แผนที่พื้นที่ฝังกลบมูลฝอยเทศบาลเมืองบ้านพรุ (สำนักงานสิ่งแวดล้อมภาค 16, 2547)

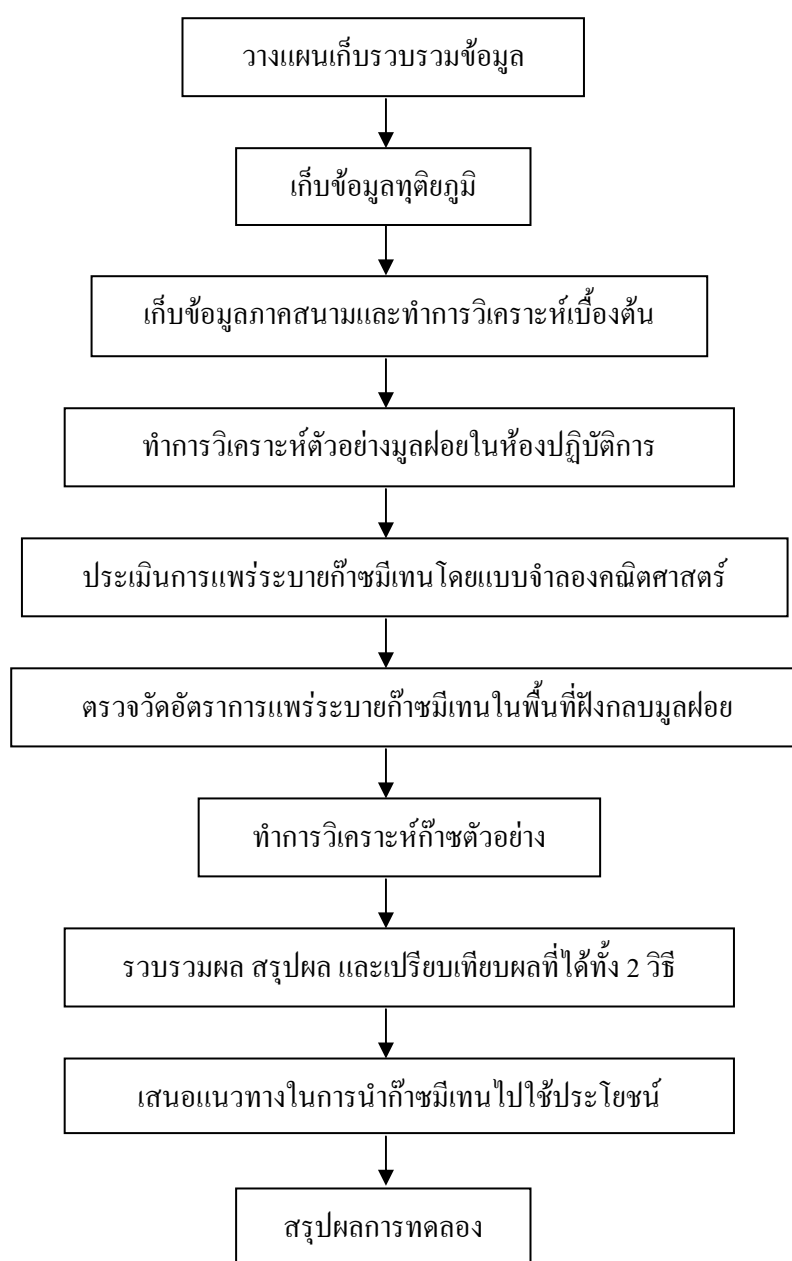


ภาพประกอบที่ 2-4 แผนที่พื้นที่ที่รับผิดชอบของพื้นที่ฝังกลบมูลฝอยเทศบาลเมืองบ้านพรุ



## 2.2 ขั้นตอนและวิธีการศึกษา

ขั้นตอนการดำเนินการประกอบด้วย การวางแผนในการเก็บรวบรวมข้อมูลทุติยภูมิ ข้อมูลภาคสนามเพื่อทำการวิเคราะห์เบื้องต้นในส่วนของตัวแปรของแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ และทำการวิเคราะห์ข้อมูลจากห้องปฏิบัติการเพื่อศึกษาลักษณะสมบัติมูลฝอยทางเคมี เพื่อประเมินการแพร่กระจายก๊าซมีเทนจากพื้นที่ฝังกลบมูลฝอยโดยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์และจากการวัดจริง พร้อมทั้งเปรียบเทียบผลที่ได้จากทั้ง 2 วิธี รวมทั้งประเมินแนวทางในการนำก๊าซมีเทนไปใช้ประโยชน์ ขั้นตอนการดำเนินการสามารถแสดงดังภาพประกอบที่ 2-5



ภาพประกอบที่ 2-5 ขั้นตอนการดำเนินการทดลอง

## 2.2.1 คาดการณ์ข้อมูลทุติยภูมิของพื้นที่ศึกษา มีขั้นตอนและวิธีการ ดังนี้

### 1. รวบรวมข้อมูลทุติยภูมิของพื้นที่ศึกษา ดังนี้

- พื้นที่ศึกษา ข้อมูลที่ศึกษา ได้แก่ ขนาดของพื้นที่ศึกษา อายุของพื้นที่ฝังกลบ รูปแบบและวิธีการฝังกลบ ชนิดวัสดุกลบทับ วิธีการจัดการก๊าซมีเทนในพื้นที่ ปีที่เริ่มดำเนินการ และสิ้นสุดโครงการ ใช้ข้อมูลจากการสอบถามผู้รับผิดชอบในพื้นที่

### 2. จำนวนประชากรในพื้นที่ศึกษา ได้ประเมินข้อมูลดังนี้

- พื้นที่เทศบาลนครหาดใหญ่ ใช้ข้อมูลจากกรมการปกครองกระทรวงมหาดไทย ที่ได้รวบรวมไว้ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2537 – พ.ศ. 2551 และคาดการณ์ข้อมูลประชากรจริงในอดีตด้วยการเปรียบเทียบเส้นแนวโน้มด้วยสมการตามวิธี linear วิธี logarithmic วิธี power และวิธี exponential ที่ค่า regression ( $R^2$ ) ใกล้เคียง 1 เพื่อคำนวณจำนวนประชากรในพื้นที่ และจำนวนประชากรแฝงคิดจาก 23% ของจำนวนประชากรจริงในพื้นที่ (โอเปอร์เรชั่น แมเนจเม้นท์ จำกัด, 2549) แสดงในภาคผนวก ก

- พื้นที่เทศบาลเมืองบ้านพรุ ใช้ข้อมูลจากกรมการปกครองกระทรวงมหาดไทย ที่ได้รวบรวมไว้ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2542 – พ.ศ. 2551 และคาดการณ์ข้อมูลประชากรจริงในอนาคตด้วยการเปรียบเทียบเส้นแนวโน้มด้วยสมการตามวิธี linear วิธี logarithmic วิธี power และวิธี exponential ที่ค่า regression ( $R^2$ ) ใกล้เคียง 1 เพื่อคำนวณจำนวนประชากรในพื้นที่ และจำนวนประชากรแฝงคิดจาก 23% ของจำนวนประชากรจริงในพื้นที่ (โอเปอร์เรชั่น แมเนจเม้นท์ จำกัด, 2549) แสดงในภาคผนวก ก

3. ปริมาณมูลฝอย ได้แก่ ปริมาณมูลฝอยที่เกิดขึ้น ปริมาณมูลฝอยที่ถูกกำจัด สัดส่วนปริมาณมูลฝอยที่ถูกกำจัด สัดส่วนองค์ประกอบมูลฝอยในอดีตของพื้นที่ศึกษา ประเมินจากอัตราการเกิดมูลฝอย 1.22 กิโลกรัมต่อคนต่อวัน (กรมควบคุมมลพิษ, 2548) แสดงการได้มาซึ่งข้อมูลดังตารางที่ 2-1

ตารางที่ 2-1 ข้อมูลทุติยภูมิของพื้นที่ศึกษาที่ใช้ในการคำนวณ

ข้อมูล	พื้นที่ฝั่งกลบเทศบาลนคร		พื้นที่ฝั่งกลบเทศบาลเมืองบ้านพรุ	
	หาดใหญ่	บ่อที่ 1	บ่อที่ 2	
1. ปีที่เริ่มดำเนินการและสิ้นสุดโครงการ	พ.ศ.2526 – พ.ศ.2548	พ.ศ.2542 – พ.ศ.2548	พ.ศ.2549 – พ.ศ.2554	
2. ปริมาณมูลฝอยที่เกิดขึ้น	คำนวณโดย 1. อัตราการเกิดมูลฝอย 1.22 (กิโลกรัมต่อคนต่อวัน) คูณกับ จำนวนประชากร (คน)	คำนวณโดย 1. อัตราการเกิดมูลฝอย 1.22 (กิโลกรัมต่อคนต่อวัน) คูณกับ จำนวนประชากร (คน)	คำนวณโดย 1. อัตราการเกิดมูลฝอย 1.22 (กิโลกรัมต่อคนต่อวัน) คูณกับ จำนวนประชากร (คน)	
3. ปริมาณมูลฝอยที่นำไปกำจัด	รวบรวมข้อมูล โดยการสอบถามจากเจ้าหน้าที่	รวบรวมข้อมูล โดยการสอบถามจากเจ้าหน้าที่	รวบรวมข้อมูลดังนี้ 1. ช่วงปี พ.ศ.2549 – พ.ศ.2551 โดยการสอบถามจากเจ้าหน้าที่ 2. ช่วงปี พ.ศ.2552 – พ.ศ.2554 คำนวณจาก (ค่าเฉลี่ยสัดส่วนมูลฝอยที่นำไปกำจัด ตั้งแต่ปี พ.ศ.2542 – พ.ศ.2552 คูณกับ ปริมาณมูลฝอยที่เกิดขึ้นจริง)หาร(100)	
4. สัดส่วนมูลฝอยที่นำไปกำจัด	คำนวณโดย 1. {(ปริมาณมูลฝอยที่นำไปฝั่งกลบ คูณ 100) หาร (ปริมาณมูลฝอยที่เกิดขึ้นทั้งหมด)}	คำนวณโดย 1. {(ปริมาณมูลฝอยที่นำไปฝั่งกลบ คูณ 100) หาร (ปริมาณมูลฝอยที่เกิดขึ้นทั้งหมด)}	คำนวณโดย 1. ช่วงปี พ.ศ.2549 – พ.ศ.2551 คำนวณจาก {(ปริมาณมูลฝอยที่นำไปฝั่งกลบ คูณ 100) หาร (ปริมาณมูลฝอยที่เกิดขึ้นทั้งหมด)} 2. ช่วงปี พ.ศ.2552 – พ.ศ.2554 รวบรวมข้อมูลจากการแทนด้วยค่าเฉลี่ยสัดส่วนมูลฝอยที่นำไปกำจัดตั้งแต่ ปี พ.ศ.2542 – พ.ศ.2551	

โดยข้อมูลดังกล่าวแทนค่าลงในแบบจำลองทางคณิตศาสตร์เพื่อคาดการณ์ปริมาณก๊าซที่เกิดขึ้นตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบันและอนาคต

### 2.2.2. การสุ่มตัวอย่างมูลฝอย

การสุ่มตัวอย่างมูลฝอยทำการศึกษา 2 ช่วง คือ ฤดูฝน (เดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2551- เดือนมกราคม พ.ศ.2552) และฤดูแล้ง (เดือนมีนาคม – เดือนเมษายน พ.ศ.2552) โดยทำการเก็บตัวอย่างมูลฝอยเดือนละครั้ง มีรายละเอียดดังนี้

1. การสุ่มตัวอย่างมูลฝอย เนื่องจากมูลฝอยประกอบด้วยสิ่งต่างๆ หลายชนิด ซึ่งไม่ได้ผสมเป็นเนื้อเดียวกัน ดังนั้นการสุ่มตัวอย่างต้องทำอย่างเป็นระบบเพื่อให้ลักษณะองค์ประกอบเหมือนกันทั้งหมด และสามารถเป็นตัวแทนมูลฝอยที่ใช้ในการวิเคราะห์ การสุ่มตัวอย่างของทั้ง 2 พื้นที่ มีวิธีการดังนี้

1.1) การสุ่มตัวอย่างมูลฝอยเทศบาลนครหาดใหญ่ เนื่องจากพื้นที่เทศบาลนครหาดใหญ่เป็นพื้นที่ย่านธุรกิจ การท่องเที่ยว มีอาคารและสถานประกอบการหนาแน่น เพื่อลดปัญหาการจราจรทางเทศบาลจึงมีการจัดเก็บมูลฝอยให้เหมาะสมกับสภาพพื้นที่และการจราจร จึงแบ่งการเก็บขน 3 ช่วง (โอเปอร์เรชั่น แมเนจเม้นท์ จำกัด, 2549) คือ

- ช่วงเวลา 4.00 น. – 13.00 น. ให้บริการเก็บขนตามอาคารบ้านเรือนซึ่งไม่อยู่ย่านธุรกิจการค้า การท่องเที่ยว หรือย่านที่ไม่มีการจราจรหนาแน่น

- ช่วงเวลา 7.00 – 17.00 น. เป็นการเก็บขนมูลฝอยตักข้างของช่วงแรก

- ช่วงเวลา 24.00 – 4.00 น. เป็นการเก็บขนในย่านธุรกิจ การค้า การท่องเที่ยว หรือย่านที่มีการจราจรหนาแน่น

ดังนั้นการสุ่มตัวอย่างมูลฝอยของเขตเทศบาลนครหาดใหญ่ คือ สุ่มตัวอย่างมูลฝอยจากจำนวนรถเก็บขนมูลฝอย 24 คัน ในจำนวนรถทั้งหมด 91 คัน โดยแบ่งจำนวนรถช่วงละ 6 คัน ใน 4 ช่วงเวลา ได้แก่ ช่วงเวลา 6.00 น. – 12.00 น. ช่วงเวลา 12.00 น. – 18.00 น. ช่วงเวลา 18.00 น. – 24.00 น. และ ช่วงเวลา 4.00 น. – 6.00 น. เพื่อครอบคลุมพื้นที่รับผิดชอบของทางเทศบาลนครหาดใหญ่

1.2) การสุ่มตัวอย่างมูลฝอยเทศบาลเมืองบ้านพรุ เนื่องจากพื้นที่เทศบาลเมืองบ้านพรุเป็นเขตชุมชนขนาดเล็ก ดังนั้นการเก็บขนมูลฝอยจึงมีเพียงช่วงเวลาเดียว คือ ช่วงเวลา 7.00 น. – 12.00 น. และมีจำนวนรถเก็บขนทั้งหมด 15 คัน

ดังนั้นการสุ่มตัวอย่างมูลฝอยของเขตเทศบาลเมืองบ้านพรุ คือ สุ่มตัวอย่างมูลฝอยจากรถเก็บขนมูลฝอยทุกคัน โดยมีขั้นตอนการดำเนินงานตามภาคผนวก ข

การสุ่มตัวอย่างมูลฝอยดังกล่าวเพื่อศึกษาลักษณะสมบัติมูลฝอยทางกายภาพ (physical characteristic) และคุณสมบัติมูลฝอยทางเคมี (chemical characteristic) เพื่อนำไปเปรียบเทียบกับองค์ประกอบมูลฝอยในอดีต และแทนค่าลงในแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ในส่วนของปริมาณมูลฝอยอินทรีย์ประเภท j ซึ่งจะอธิบายในส่วนถัดไป เพื่อคาดการณ์ปริมาณก๊าซที่เกิดขึ้นตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบันและอนาคต

### 2.2.3 การวิเคราะห์คุณสมบัติมูลฝอยทางกายภาพ (physical characteristic)

คุณสมบัติมูลฝอยทางกายภาพ (physical characteristic) ที่ใช้ในการศึกษาค้นคว้านี้ได้แก่ องค์ประกอบมูลฝอย ประกอบด้วย เศษอาหาร (garbage) กระดาษ (paper) พลาสติก (plastic) ยาง (rubber) ผ้า (textile) ไม้ (wood) แก้ว (glass) โลหะ (metal) หิน กระจก (stone and ceramic) และของเสียจากสวนสาธารณะ (yard waste) และความหนาแน่นมูลฝอย (ศูนย์ปฏิบัติการวิศวกรรมพลังงานและสิ่งแวดล้อม, 2536)

### 2.2.4 คุณสมบัติมูลฝอยทางเคมี (chemical characteristic)

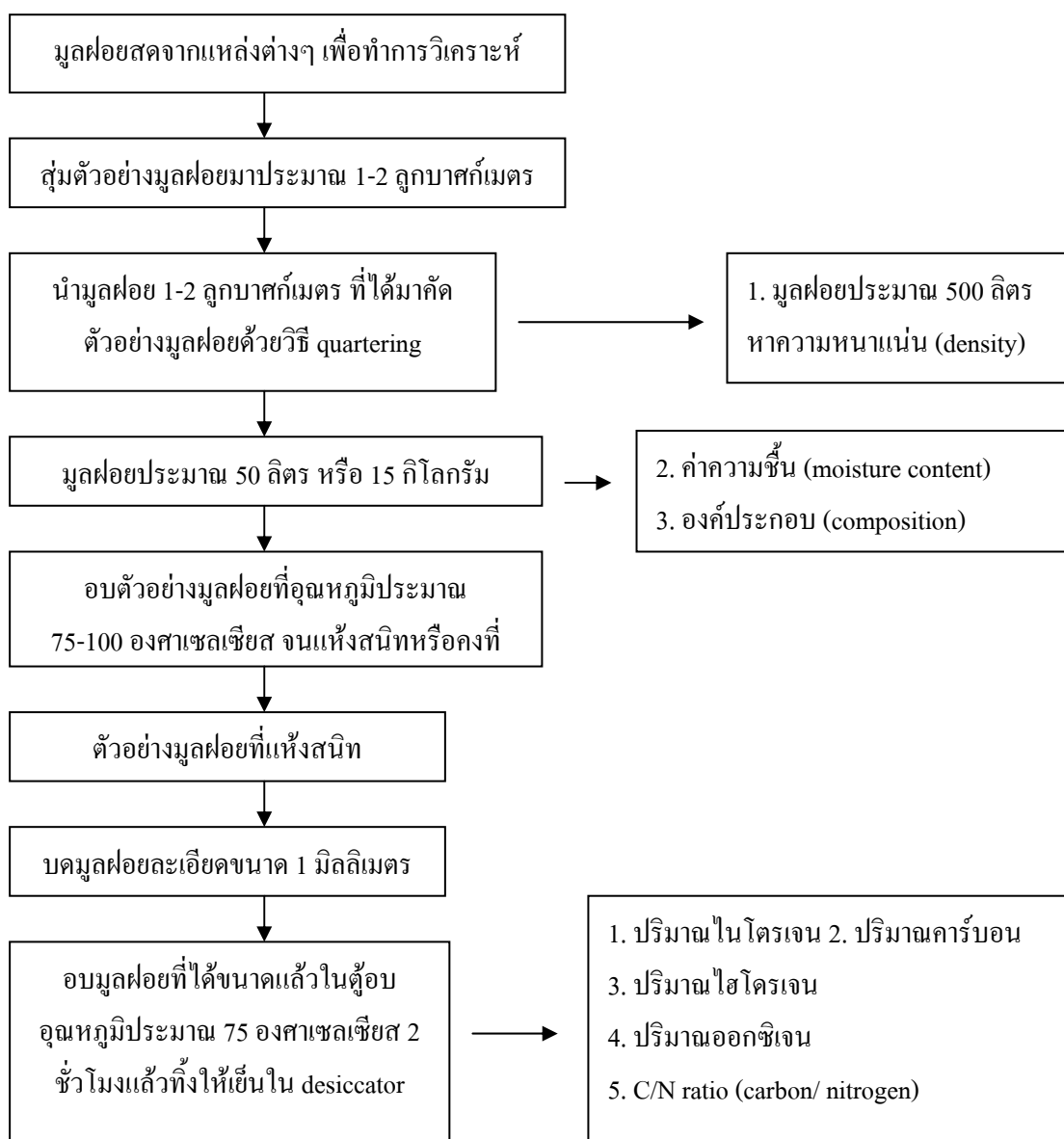
คุณสมบัติมูลฝอยทางเคมี (chemical characteristic) ที่ใช้ในการศึกษาค้นคว้านี้ได้แก่ ปริมาณไนโตรเจน คาร์บอน ไฮโดรเจน และออกซิเจน แสดงดังตารางที่ 2-2

ตารางที่ 2-2 วิธีการวิเคราะห์คุณสมบัติมูลฝอยทางเคมี (chemical characteristic)

การวิเคราะห์คุณสมบัติ มูลฝอยทางเคมี (chemical characteristic)	วิธีที่ใช้ในการศึกษา	อ้างอิง
1. ปริมาณไนโตรเจน	dynamic flash combustion	WI-RES-CHNS-O-001
2. ปริมาณคาร์บอน	dynamic flash combustion	WI-RES-CHNS-O-001
3. ปริมาณไฮโดรเจน	dynamic flash combustion	WI-RES-CHNS-O-001
4. ออกซิเจน	dynamic flash combustion	WI-RES-CHNS-O-001

พารามิเตอร์ดังกล่าวแสดงถึงค่าปริมาณสารอาหารที่มีอยู่ในพื้นที่ฝังกลบมูลฝอยที่ จุลินทรีย์ใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์ ซึ่งค่าที่เหมาะสมคือ ปริมาณ C/N ratio ไม่ควรเกิน 30 โดย วิเคราะห์จากมูลฝอยอินทรีย์ 6 ประเภท ได้แก่ เศษอาหาร กระดาษ พลาสติก ขางและหนัง สิ่งทอ และเศษไม้

ขั้นตอนการดำเนินการวิเคราะห์ลักษณะสมบัติมูลฝอยทางกายภาพ (physical characteristic) และคุณสมบัติมูลฝอยทางเคมี (chemical characteristic) แสดงดังภาพประกอบที่ 2-6



ภาพประกอบที่ 2-6 ขั้นตอนการดำเนินการวิเคราะห์ลักษณะสมบัติมูลฝอยทางกายภาพ (physical characteristic) และคุณสมบัติมูลฝอยทางเคมี (chemical characteristic)

### 2.2.5 การประเมินการแพร่กระจายก๊าซมีเทนด้วยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์

ประเมินปริมาณก๊าซที่เกิดขึ้นตั้งแต่เริ่มฝังกลบมูลฝอยจนกระทั่งสิ้นสุดการดำเนินงานและคาดการณ์อีก 15 ปี นับจากสิ้นสุดการดำเนินงาน เนื่องจากมูลฝอยในพื้นที่โดยส่วนใหญ่ถูกย่อยสลายจนหมดไปภายใน 15 ปี นับจากสิ้นสุดการดำเนินงาน (Tchobanoglous *at al* ,1993 ) ดังนี้

- พื้นที่ฝังกลบเทศบาลนครหาดใหญ่ บ่อที่ 1 และ บ่อที่ 3 ดำเนินการตั้งแต่ปี พ.ศ. 2526 – พ.ศ. 2548 ดังนั้น การประเมินปริมาณก๊าซที่เกิดขึ้นจากพื้นที่ฝังกลบมูลฝอยเทศบาลนครหาดใหญ่เริ่มตั้งแต่ปี พ.ศ. 2526 – พ.ศ. 2563
- พื้นที่ฝังกลบเทศบาลเมืองบ้านพรุ บ่อที่ 1 ดำเนินการตั้งแต่ปี พ.ศ. 2542 – พ.ศ. 2548 และบ่อที่ 2 ดำเนินการตั้งแต่ปี พ.ศ. 2549 – พ.ศ. 2554 ดังนั้น การประเมินปริมาณก๊าซที่เกิดขึ้นจากพื้นที่ฝังกลบมูลฝอยเทศบาลเมืองบ้านพรุบ่อที่ 1 เริ่มตั้งแต่ปี พ.ศ. 2542 – พ.ศ. 2563 และบ่อที่ 2 เริ่มตั้งแต่ปี พ.ศ. 2549 – พ.ศ. 2569 รายละเอียดต่างๆ มี ดังนี้

1. วิธี default ของ Intergovernmental Panel on Climate Chang (IPCC) (weite, 2006) สามารถแสดงดังสมการที่ 2-1

$$CH_4 \text{ emission } (Gg / yr) = [(MSW_T \cdot MSW_F \cdot L_O) - R] \cdot (1 - OX) \quad (2-1)$$

ตัวแปรต่างๆ มีรายละเอียด ดังนี้

$CH_4 \text{ emission}$  = อัตราการแพร่กระจายก๊าซมีเทนในปี y (จิกะกรัมต่อปี)

$MSW_T$  = ปริมาณมูลฝอยที่เกิดขึ้นทั้งหมดในปี x (จิกะกรัมของเสียต่อปี)

คำนวณโดย จำนวนประชากรในพื้นที่ (คน) x อัตราการผลิตมูลฝอย (กิโลกรัมต่อคนต่อวัน)

$MSW_F$  = สัดส่วนของมูลฝอยที่นำไปกำจัด

คำนวณโดย  $\{(\text{ปริมาณมูลฝอยที่นำไปฝังกลบ} \times 100) / (\text{ปริมาณมูลฝอยที่เกิดขึ้นทั้งหมด})\} / (100)$

$R$  = ปริมาณก๊าซมีเทนที่สามารถนำกลับมาใช้ประโยชน์ (จิกะกรัมมีเทนต่อปี)

ศึกษาจากปริมาณก๊าซมีเทนที่สามารถนำกลับมาใช้ประโยชน์จากพื้นที่ศึกษาจริง

$OX$  = สัดส่วนของก๊าซมีเทนที่ถูกเปลี่ยนรูปโดยปฏิกิริยาออกซิเดชันศึกษาจากลักษณะของวัสดุกลบทับมูลฝอย (สัดส่วน)

- โดย - มีค่า 0.1 สำหรับวัตถุกลบทับที่เป็นดินหรือปุ๋ยผสม  
 - มีค่า 0 สำหรับวัตถุกลบทับประเภทอื่น

ในการศึกษาครั้งนี้ใช้ค่า OX มีค่าเท่ากับ 0.1 สำหรับพื้นที่ฝังกลบมูลฝอยเทศบาลนครหาดใหญ่และเทศบาลเมืองบ้านพรุเนื่องพื้นที่ทั้งสองวัสดุกลบทับมีลักษณะเป็นดิน ซึ่งขุดมาจากหน้าดินของหุบเขา

$L_o$  = สักยภาพของการเกิดก๊าซมีเทน (จิกะกรัมมีเทนต่อจิกะกรัมมูลฝอย)

$$L_o = MCF * DOC_j * DOC_f * F * \frac{16}{12} \quad (2-2)$$

$MCF$  = ค่าปรับแก้สัดส่วนของมูลฝอยที่ก่อให้เกิดก๊าซมีเทน ขึ้นอยู่กับวิธีการจัดการมูลฝอยในพื้นที่

โดย - มีค่า 1 เมื่อพื้นที่จัดการมูลฝอยเป็นแบบไร้อากาศจะต้องมีการจัดการควบคุมของเสียพื้นที่ทับถมมูลฝอยต้องมีการควบคุมระดับของก๊าซ และการลุกไหม้ ซึ่งประกอบด้วย (1) วัตถุปกคลุม (2) กลไกการบดอัด (3) การปรับระดับของมูลฝอย

- มีค่า 0.5 เมื่อพื้นที่จัดการมูลฝอยเป็นแบบกึ่งไร้อากาศ มีการจัดการของเสียและโครงสร้าง ทั้งหมดสำหรับให้อากาศเข้าสู่ชั้นดิน (1) วัตถุปกคลุมที่ซึมผ่านได้ (2) ระบบระบายน้ำชะมูลฝอย (3) ควบคุมปริมาณน้ำในอ่างเก็บน้ำ (4) ระบบระบายก๊าซ

- มีค่า 0.8 เมื่อพื้นที่มูลฝอยขาดการจัดการและมีความลึก/ความสูงของน้ำใต้ดินลึก  $\geq 5$  เมตร

- มีค่า 0.4 เมื่อพื้นที่มูลฝอยขาดการจัดการ และมีระดับน้ำใต้ดินลึก  $< 5$  เมตร

ในการศึกษาครั้งนี้ใช้ค่า MCF มีค่าเท่ากับ 0.5 สำหรับพื้นที่ฝังกลบมูลฝอยเทศบาลนครหาดใหญ่และเทศบาลเมืองบ้านพรุ เนื่องจากพื้นที่ทั้งสองแห่งมีลักษณะการจัดการมูลฝอยที่ประกอบด้วยระบบระบายน้ำชะมูลฝอย ระบบควบคุมปริมาณน้ำในอ่างเก็บน้ำ และระบบรวบรวมก๊าซชีวภาพแต่ขาดการจัดการกับก๊าซที่เกิดขึ้น

$DOC_j$  = สัดส่วนของคาร์บอนอินทรีย์ที่ย่อยสลายทางชีวภาพได้ (จิกะกรัมคาร์บอนต่อจิกะกรัมมูลฝอย)



เมื่อ  $DOC_j = 0.4A + 0.17B + 0.15C + 0.3D$  โดยตัวแปรต่างแทนด้วย  
 สัดส่วนมูลฝอยเฉลี่ยประเภทต่างๆตั้งแต่อดีตถึงปัจจุบัน ดังนี้ A = กระดาษ  
 B = เศษไม้ ฟางข้าว หญ้า C = เศษอาหาร ผัก ผลไม้ D = ไม้ (Kumar *et al*, 2004)  
 $DOC_f$  = สัดส่วนของคาร์บอนอินทรีย์ที่ย่อยสลายทางชีวภาพได้ซึ่งถูกเปลี่ยนไปเป็นก๊าซ  
 มีเทน (สัดส่วน)  
 เมื่อ  $DOC_f = 0.014T + 0.28$  โดยที่ T = อุณหภูมิของมูลฝอย  
 F = สัดส่วนของก๊าซมีเทนในก๊าซชีวภาพ (สัดส่วน)  
 เมื่อ กำหนดโดย IPCC เท่ากับ 0.5  
 โดยรายละเอียดตัวแปรต่างๆ สามารถแสดงในภาคผนวก ง

2. วิธีปฏิบัติลำดับที่ 1 (first order decay model) ของ IPCC สามารถแสดงดัง  
 สมการที่ 2-3

$$BE_{CH_4,SWDS} = \phi(1-f) \cdot GWP_{CH_4} \cdot (1-ox) \cdot \frac{16}{12} \cdot F \cdot DOC_f \cdot MCF \cdot \sum_{x=i}^y \sum_j W_{j,x} \cdot DOC_j \cdot e^{-kj \cdot (y-x)} \cdot (1-e^{-kj}) \quad (2-3)$$

ตัวแปรต่างๆ มีรายละเอียด ดังนี้

$BE_{CH_4,SWDS}$  = อัตราการแพร่ระบายก๊าซมีเทนในปี y จากพื้นที่ฝังกลบมูลฝอย  
 (ตันคาร์บอนไดออกไซด์ต่อปี)

$\phi$  = ค่าการแก้ไข model จากความไม่แน่นอน  
 โดย กำหนดโดย IPCC เท่ากับ 0.9

$f$  = ปริมาณ ก๊าซมีเทนที่สามารถนำกลับมาใช้ประโยชน์ และถูกทำลายโดยการเผา  
 ไหม้หรือวิธีอื่น (จิกะกรัมมีเทนต่อปี)

$GWP_{CH_4}$  = ศักยภาพทำให้โลกร้อนของก๊าซมีเทน (ตันคาร์บอนไดออกไซด์ต่อตันมีเทน)  
 โดย กำหนดโดย IPCC เท่ากับ 21 ตันคาร์บอนไดออกไซด์ต่อตันมีเทน

F = สัดส่วนของก๊าซมีเทนในก๊าซชีวภาพ (สัดส่วน)  
 โดย กำหนดโดย IPCC เท่ากับ 0.5

$DOC_f$  = สัดส่วนของคาร์บอนอินทรีย์ที่ย่อยสลายทางชีวภาพได้ซึ่งถูกเปลี่ยนไปเป็นก๊าซ  
 ชีวภาพ (สัดส่วน)

โดย กำหนดโดย IPCC เท่ากับ 0.5  
 $DOC_j$  = สัดส่วนของคาร์บอนอินทรีย์ที่ย่อยสลายทางชีวภาพได้ (สัดส่วน)  
 เมื่อ ค่าที่นำมาคำนวณคือส่วน % wet waste กำหนดโดย IPCC แสดงดังตาราง  
 ที่ 2-3

ตารางที่ 2-3 สัดส่วนของคาร์บอนอินทรีย์ที่ย่อยสลายทางชีวภาพได้ (UNFCCC, 2007)

ประเภทของเสีย	$DOC_j$ (% wet waste)	$DOC_j$ (% dry waste)
- ไม้หรือผลิตภัณฑ์จากไม้	43	50
- เนื้อเยื่อ กระดาษ อื่นๆ	40	44
- เครื่องดื่ม ยาสูบ อาหาร เศษอาหาร อื่นๆ	15	38
- สิ่งทอ	24	30
- ของเสียจากสวนสาธารณะ	20	49
- แก้ว, พลาสติก, โลหะ อื่น	0	0

$W_{j,x}$  = ปริมาณมูลฝอยอินทรีย์ประเภท  $j$  ในพื้นที่ฝังกลบมูลฝอยในปี  $x$  (ตัน)  
 เมื่อ

$$W_{j,x} = W_x \cdot \frac{\sum_{n=1}^z p_{n,j,x}}{z} \quad (2-4)$$

โดยที่

$W_x$  = ปริมาณมูลฝอยอินทรีย์ประเภท  $j$  ทั้งหมดในพื้นที่ฝังกลบมูลฝอย (ตัน)

$p_{n,j,x}$  = สัดส่วนน้ำหนักมูลฝอยประเภท  $j$  ที่ถูกรวบรวมไว้  $n$  ตัวอย่างในปี  $x$   
 (สัดส่วน)

$z$  = จำนวนตัวอย่างที่ถูกรวบรวมไว้ในปี  $x$

$k_j$  = อัตราการย่อยสลายสำหรับของเสียประเภท  $j$

เมื่อ กำหนดโดย IPCC ดังนี้ ซึ่งค่าที่นำมาใช้คือ ช่องสุดท้าย ซึ่งมีลักษณะตรงกับพื้นที่ศึกษาที่สุด คือ พื้นที่ศึกษาอยู่ในพื้นที่เขตร้อนที่มีปริมาณอุณหภูมิมากกว่า 20 องศาเซลเซียส และปริมาณน้ำฝนมากกว่า 103 มิลลิเมตร โดยในประเทศไทยมีปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยตั้งแต่ปี พ.ศ. 2493 – พ.ศ. 2540 เท่ากับ 1,374 มิลลิเมตร ในขณะที่ปี พ.ศ. 2550 – พ.ศ. 2551 ปริมาณน้ำฝนสะสมอยู่ที่ 1,470 และ 1,543

มิลลิเมตร ตามลำดับ (สถาบันสารสนเทศทรัพยากรน้ำและการเกษตร, 2552)  
แสดงดังตารางที่ 2-4

ตารางที่ 2-4 อัตราการย่อยสลายสำหรับของเสียประเภท  $j$  (UNFCCC, 2007)

ของเสียประเภท $j$	boreal and temperate		tropical	
	MAT $\leq$ 20 องศา		MAT $>$ 20 องศา	
	dry	wet	dry	wet
	(MAT/PET $<$ 1)	(MAT/PET $>$ 1)	Map $<$ 103mm	Map $>$ 103mm
ย่อยสลาย เร็ว	เนื้อเยื่อ			
	กระดาษ	0.04	0.06	0.045
	สิ่งทอ			0.07
	ไม้หรือ ผลิตภัณฑ์ จากไม้ ฟาง			
	ผลิตภัณฑ์	0.02	0.03	0.025
ย่อยสลาย ปานกลาง	สารอินทรีย์ ย่อยสลายได้	0.05	0.10	0.065
	จากสวน			0.17
	ธารณะ			
ย่อยสลาย เร็ว	เครื่องคัม			
	ยาสูบ	0.06	0.185	0.085
	อาหาร			0.40

หมายเหตุ : MAT : อุณหภูมิเฉลี่ยประจำปี (mean annual temperature)

MAP : น้ำฝนเฉลี่ยประจำปี (mean annual precipitation)

PET : potential evapotranspiration

- $j$  = อัตราการย่อยสลายสำหรับของเสียประเภท  $j$   
โดย ขึ้นอยู่กับประเภทของมูลฝอยอินทรีย์ 5 ประเภท ได้แก่ เศษอาหาร  
กระดาษ เศษไม้ สิ่งทอ และของเสียจากสวนสาธารณะ
- $x$  = ปีแรกที่รองรับมูลฝอย ( $x=1$ ) จนถึงปีที่คำนวณการแพร่กระจายก๊าซมีเทน ( $x=y$ )
- $y$  = ปีที่ใช้ในการคำนวณการแพร่กระจายก๊าซมีเทน

โดยรายละเอียดตัวแปรต่างๆ สามารถแสดงในภาคผนวก ง

3. โปรแกรม landfill gas emission model (LandGEM) ของ U.S. EPA แสดงดัง  
สมการที่ 2-5

$$Q_{CH_4} = \sum_{i=1}^n \sum_{j=0.1}^1 kL_o \left( \frac{M_i}{10} \right) e^{-kt_{ij}} \quad (2-5)$$

ตัวแปรต่างๆ มีรายละเอียด ดังนี้

$Q_{CH_4}$  = การแพร่ระบายก๊าซมีเทนในปี y (ลูกบาศก์เมตรมีเทนต่อปี)

$k$  = อัตราการเกิดก๊าซมีเทน (ต่อปี)

โดย ใช้ค่าที่กำหนดโดยศูนย์ปฏิบัติการพลังงานและสิ่งแวดล้อม คณะ  
วิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ โดยที่ กรณีที่  $k = 0.2$  ต่อปี ซึ่งเหมาะ  
กับสภาพอากาศในภาคใต้ของประเทศไทย

$M_i$  = ปริมาณมูลฝอยที่เข้าสู่พื้นที่ทั้งหมดในปี x (จิกะกรัมมูลฝอยต่อปี)

$t_{ij}$  = อายุของปริมาณมูลฝอยที่รองรับ

$i$  = เวลาที่เพิ่มขึ้น 1 ปี

$j$  = เวลาที่เพิ่มขึ้น 0.1 ปี

$n$  = ปีที่ใช้ในการคำนวณ เริ่มจากปีแรกที่รับมูลฝอยเข้าสู่พื้นที่ฝังกลบ

ตัวอย่าง เช่น เมื่อประเมินการแพร่ระบายก๊าซในปีที่ 1 ดังนั้น  $t_{ij}$  เท่ากับ 0.1 ปี และ  
เมื่อประเมินการแพร่ระบายก๊าซในปีที่ 10 ดังนั้น  $t_{ij}$  เท่ากับ 1.0 ปี

โดยรายละเอียดตัวแปรต่างๆ สามารถแสดงในภาคผนวก ง

### 2.5.6 การประเมินการแพร่ระบายก๊าซมีเทนจากการตรวจวัดจริง

การตรวจวัดอัตราการแพร่ระบายของก๊าซมีเทนจากพื้นที่จริง โดยทำการตรวจวัดการแพร่ระบายก๊าซมีเทน 2 ช่วง คือ ในช่วงฤดูฝน (วันที่ 29-30 ธันวาคม พ.ศ. 2551 วันที่ 5-7 มกราคม และวันที่ 17-19 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2552) และฤดูแล้ง (วันที่ 25-27 มีนาคม และวันที่ 4-6 เมษายน พ.ศ. 2552) ด้วยวิธี flux chamber method แบบ close flux มีรายละเอียด ดังนี้

1. ทำการติดตั้ง chamber ที่จุดเก็บตัวอย่างก๊าซภายในเวลา 200 นาที (สุรัตน์ โกวานิชย์, 2545) เพื่อหาช่วงเวลาที่เหมาะสมในการทดลอง พร้อมทั้งทำการวัดอุณหภูมิของดิน อุณหภูมิและความดันก๊าซภายใน chamber

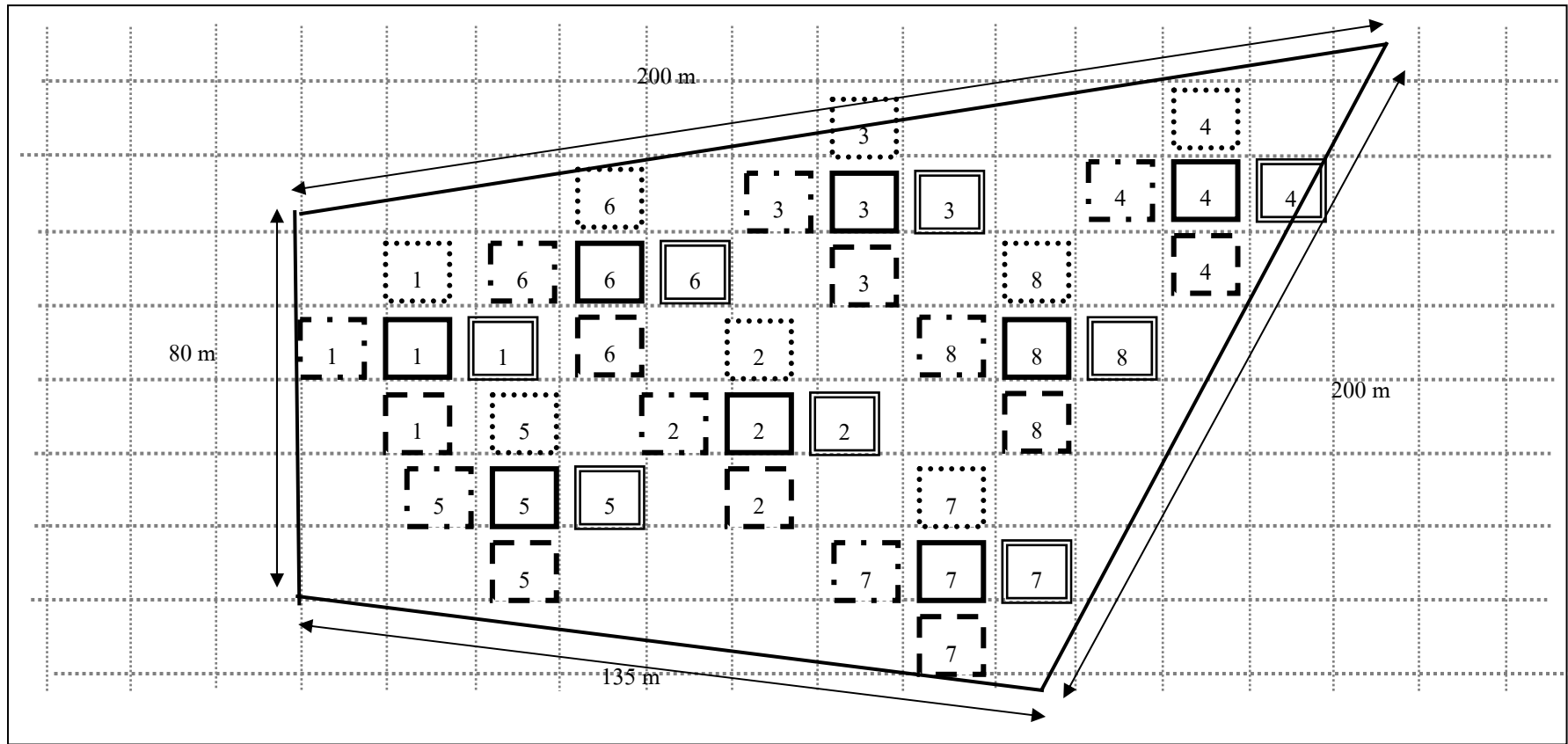
2. กำหนดตำแหน่งจุดเก็บตัวอย่างของพื้นที่ศึกษา และทำการสุ่มตัวอย่างแบบเจาะจงเพื่อเลือกตำแหน่งจุดเก็บตัวอย่าง ดังนี้

2.1) การเก็บตัวอย่างก๊าซบนพื้นที่ฝั่งกลบมูลฝอยเทศบาลนครหาดใหญ่ โดยวาง chamber เพื่อวัดอัตราการแพร่ระบายก๊าซบริเวณหน้าดินกลบทับมูลฝอย และทำการเก็บตัวอย่างก๊าซ 2 ช่วงเวลาใน 1 วัน คือ เช้า และบ่าย โดยพื้นที่บ่อที่ 1 และ 3 จำนวนบ่อละ 8 ตำแหน่ง รวมเป็น 16 ตำแหน่ง ให้แต่ละจุดห่างกัน 20-30 เมตร แสดงดังภาพประกอบที่ 2-7 และภาพประกอบที่ 2-8

2.2) การเก็บตัวอย่างก๊าซบนพื้นที่ฝั่งกลบมูลฝอยเทศบาลเมืองบ้านพรุ โดยวาง chamber เพื่อวัดอัตราการแพร่ระบายก๊าซบริเวณหน้าดินกลบทับมูลฝอย และทำการเก็บตัวอย่างก๊าซ 2 ช่วงเวลาใน 1 วัน คือ เช้า และบ่าย โดยพื้นที่บ่อที่ 1 จำนวน 4 ตำแหน่ง และพื้นที่บ่อที่ 2 จำนวน 6 ตำแหน่ง ให้แต่ละจุดห่างกัน 10-20 เมตร แสดงดังภาพประกอบที่ 2-9 และภาพประกอบที่ 2-10

3. วัดอัตราการแพร่ระบายก๊าซมีเทน โดยทำการติดตั้ง chamber แล้วเก็บตัวอย่างก๊าซมีเทน ดังนี้ 0, 5, 10, 15, 20, 30, 50, 70, 90, 110, 130 นาที โดยใช้เข็มเก็บตัวอย่างก๊าซปลายแหลม (gas tight syringe) ขนาด 10 มิลลิลิตรฉีดใส่ขวดเก็บก๊าซสุญญากาศขนาด 7 มิลลิลิตรเพื่อนำไปวิเคราะห์ตัวอย่างก๊าซมีเทน พร้อมทั้งทำการวัดอุณหภูมิของดิน อุณหภูมิและความดันก๊าซภายใน chamber

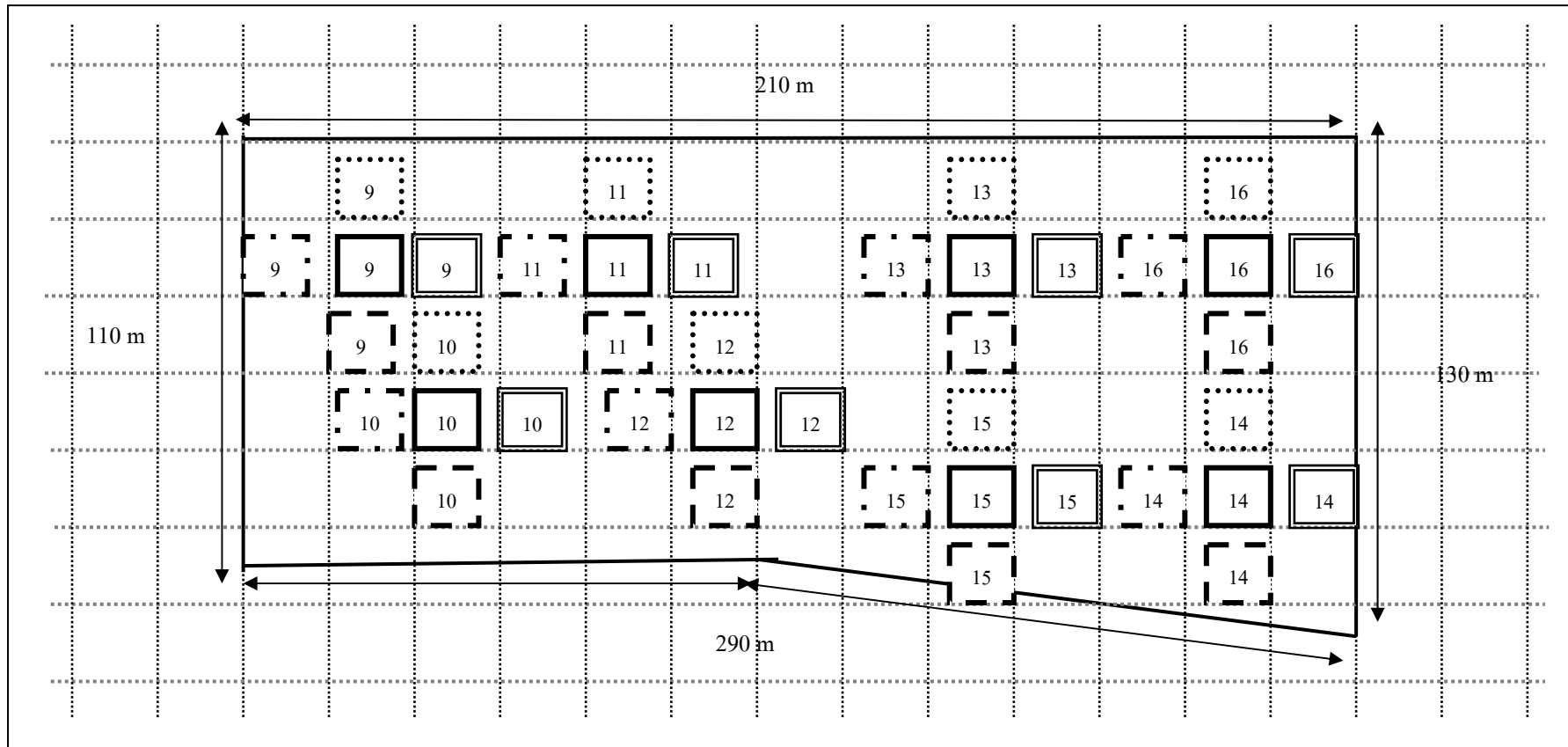
4. ทำการวิเคราะห์ก๊าซที่ได้โดยเครื่อง gas chromatography (GC) เพื่อนำค่าที่ได้เขียนกราฟความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นกับเวลาเพื่อหาอัตราการแพร่ระบายก๊าซ โดยค่า regression ( $R^2$ ) ไม่น้อยกว่า 0.9 โดยเมื่อตำแหน่งที่ไม่สามารถตรวจวัดได้ที่ระดับ ppm (ppm: parts per million) ให้แทนด้วย n.d. หมายถึง non detection



ภาพประกอบที่ 2-7 รูปจำลองจุดเก็บตัวอย่างก๊าซมีเทนจากพื้นที่ฝังกลบมูลฝอยเทศบาลนครหาดใหญ่บ่อที่ 1 (non-on scale)

หมายเหตุ : ระยะห่างของแต่ละจุดประมาณ 20 - 30 เมตร

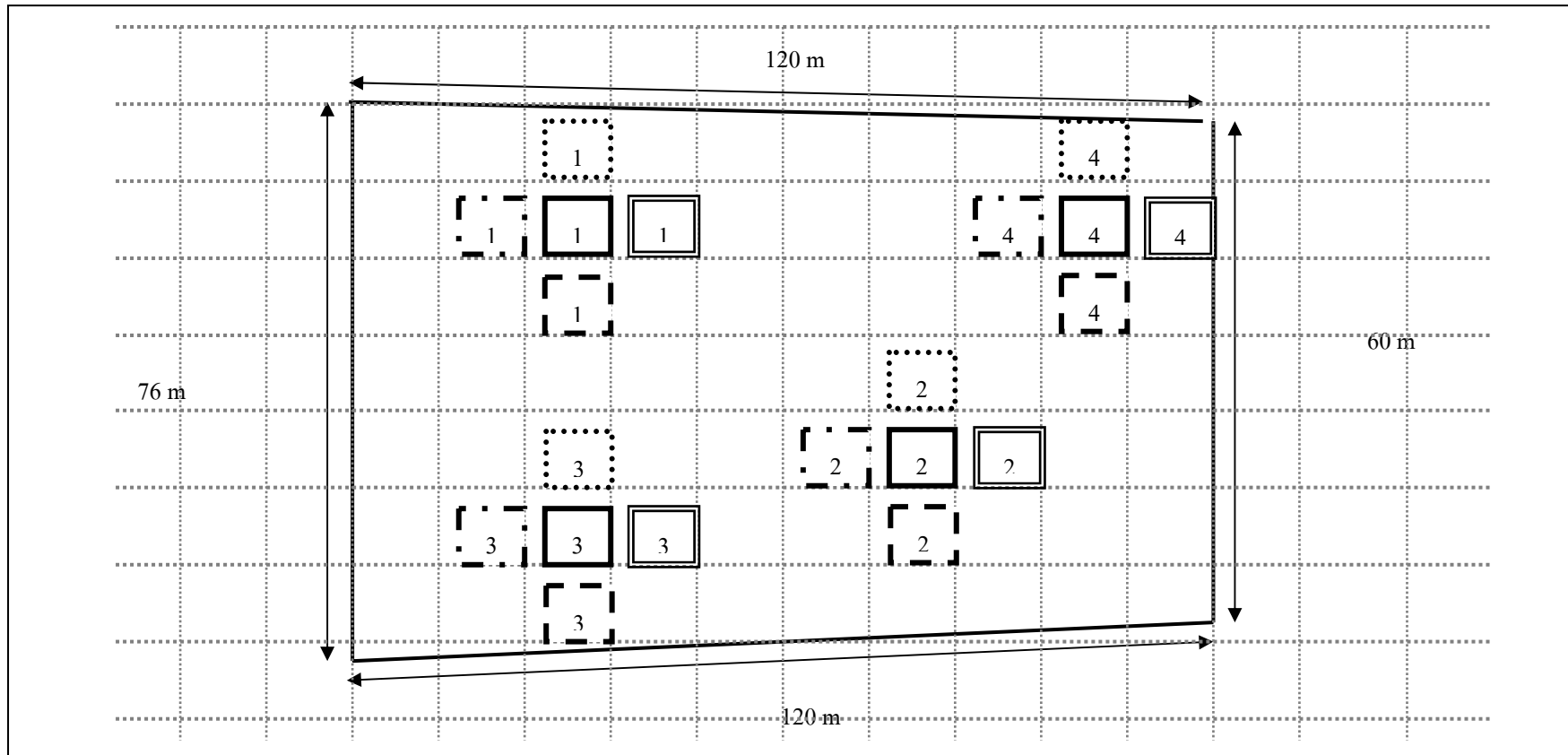
- |       |   |         |  |
|-------|---|---------|--|
| _____ | ครั้งที่ 1 (วันที่ 29 ธันวาคม พ.ศ.2551)     | .....   | ครั้งที่ 2 (วันที่ 5 มกราคม พ.ศ. 2552) |
| ===== | ครั้งที่ 3 (วันที่ 17 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2552) | - - - - | ครั้งที่ 4 (วันที่ 25 มีนาคม พ.ศ.2552) |
|       |   | - . - . | ครั้งที่ 5 (วันที่ 4 เมษายน พ.ศ. 2552) |



ภาพประกอบที่ 2-8 รูปจำลองจุดเก็บตัวอย่างก๊าซมีเทนจากพื้นที่ฝังกลบมูลฝอยเทศบาลนครหาดใหญ่บ่อที่ 3 (non-on scale)

หมายเหตุ : ระยะห่างของแต่ละจุดประมาณ 20 - 30 เมตร

- |       |  |         |  |
|-------|--|---------|--|
| ————— | ครั้งที่ 1 (วันที่ 30 ธันวาคม พ.ศ.2551)    | .....   | ครั้งที่ 2 (วันที่ 6 มกราคม พ.ศ.2552)  |
| ===== | ครั้งที่ 3 (วันที่ 18 กุมภาพันธ์ พ.ศ.2552) | - - - - | ครั้งที่ 4 (วันที่ 26 มีนาคม พ.ศ.2552) |
|       |  | - . - . | ครั้งที่ 5 (วันที่ 5 เมษายน พ.ศ.2552)  |

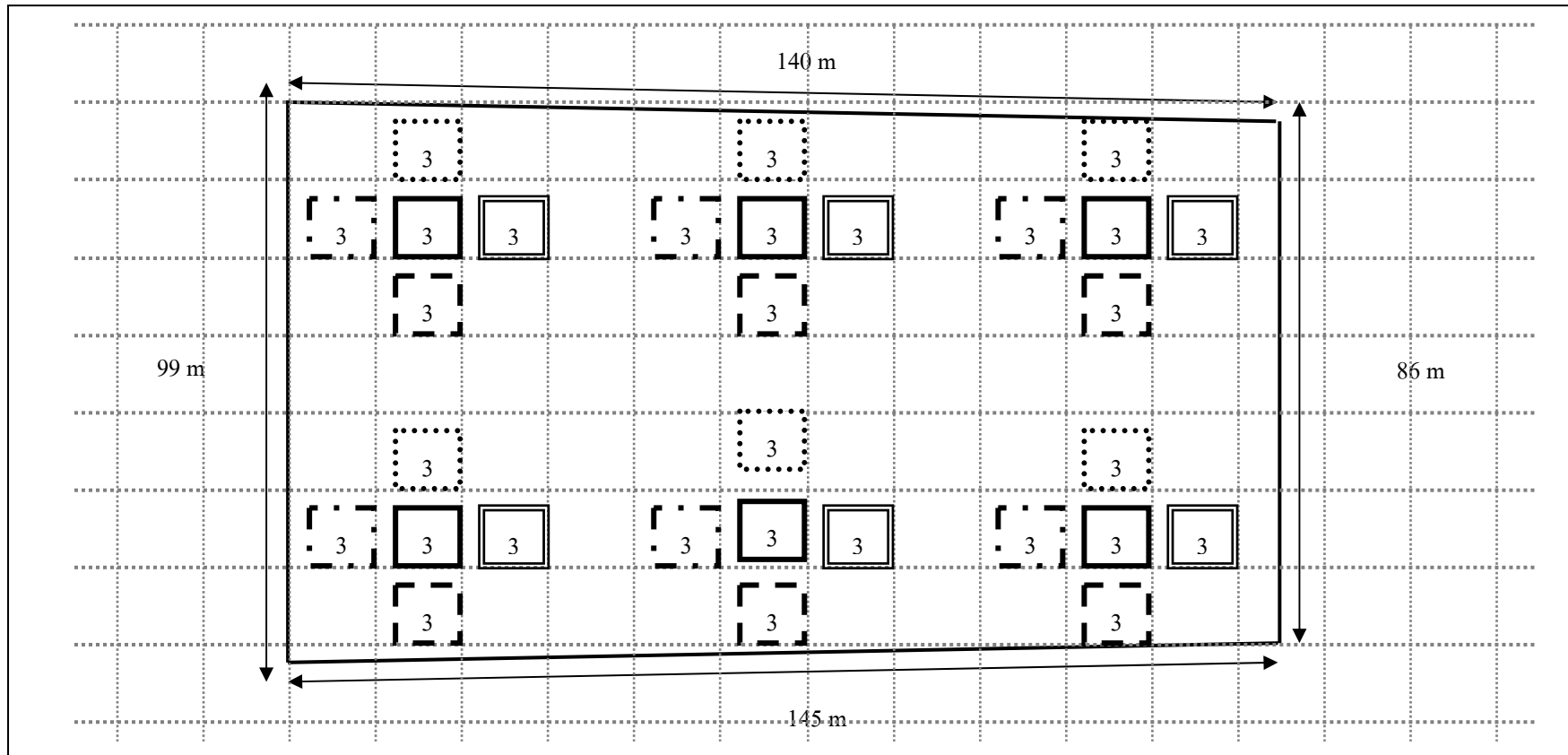


ภาพประกอบที่ 2-9 รูปจำลองจุดเก็บตัวอย่างก๊าซมีเทนจากพื้นที่ฝังกลบมูลฝอยเทศบาลเมืองบ้านพรุ ปอที่ 1 (non-on scale)

หมายเหตุ : ระยะห่างของแต่ละจุดประมาณ 10-20 เมตร

—————	ครั้งที่ 1 (วันที่ 31 ธันวาคม พ.ศ.2551)	.....	ครั้งที่ 2 (วันที่ 7 มกราคม พ.ศ.2552)
=====	ครั้งที่ 3 (วันที่ 19 กุมภาพันธ์ พ.ศ.2552)	- - - -	ครั้งที่ 4 (วันที่ 27 มีนาคม พ.ศ.2552)
		- . - .	ครั้งที่ 5 (วันที่ 6 เมษายน พ.ศ.2552)





ภาพประกอบที่ 2-10 รูปจำลองจุดเก็บตัวอย่างก๊าซมีเทนจากพื้นที่ฝังกลบมูลฝอยเทศบาลเมืองบ้านพรุ บ่อที่ 2 (non-on scale)

หมายเหตุ : ระยะห่างของแต่ละจุดประมาณ 10-20 เมตร

- |       |  |           |  |
|-------|--|-----------|--|
| ————— | ครั้งที่ 1 (วันที่ 31 ธันวาคม พ.ศ.2551)    | .....     | ครั้งที่ 2 (วันที่ 7 มกราคม พ.ศ.2552)  |
| ===== | ครั้งที่ 3 (วันที่ 19 กุมภาพันธ์ พ.ศ.2552) | - - - - - | ครั้งที่ 5 (วันที่ 6 เมษายน พ.ศ.2552)  |
|       | - - - - -                                  | - . - . - | ครั้งที่ 4 (วันที่ 27 มีนาคม พ.ศ.2552) |

### 2.2.7 แนวทางการจัดการก๊าซมีเทนที่ได้จากพื้นที่ฝังกลบมูลฝอย

การศึกษาในส่วนนี้ ศึกษาเฉพาะปริมาณก๊าซมีเทนที่ได้จากการคำนวณด้วยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ด้วยวิธีปฏิบัติลำดับที่ 1 ของ IPCC เท่านั้น เนื่องจากวิธีดังกล่าวใช้ข้อมูลจากพื้นที่จริงมากที่สุด และสามารถพิจารณาเพื่อเข้าร่วมการวิเคราะห์โครงการ CDM ระยะสั้น โดยกำหนดระยะเวลาในการวิเคราะห์โครงการ 10 ปี คือระหว่างปี พ.ศ. 2553 – พ.ศ. 2561 โดยศึกษาแนวทางการจัดการก๊าซมีเทนที่ได้จากพื้นที่ฝังกลบมูลฝอยมีดังนี้

1. การนำก๊าซมีเทนไปเผาไหม้ทั้งหมดและพิจารณาการเข้าร่วมโครงการ CDM
2. การนำก๊าซชีวภาพไปผลิตกระแสไฟฟ้าพร้อมกับการนำส่วนที่เหลือไปเผาทิ้งและพิจารณาการเข้าร่วมโครงการ CDM

ซึ่งมีรายละเอียดขั้นตอนการดำเนินการ ดังนี้

#### 1. ประเมินปริมาณก๊าซมีเทนที่เกิดขึ้นที่แพร่กระจายสู่บรรยากาศโดยตรง

ประเมินปริมาณก๊าซมีเทนที่เกิดขึ้นซึ่งถูกแพร่กระจายสู่บรรยากาศโดยตรงสามารถประเมินดังสมการที่ 2-3 ด้วยวิธีปฏิบัติลำดับที่ 1 (first order decay model) ในรูปต้นคาร์บอนไดออกไซด์

#### 2. เสนอแนวทางการจัดการก๊าซมีเทนที่เกิดขึ้นทั้งหมด

2.1) การนำก๊าซชีวภาพไปเผาไหม้โดยตรงทั้งหมดและพิจารณาการเข้าร่วมโครงการ CDM

##### การนำก๊าซชีวภาพไปเผาไหม้โดยตรงทั้งหมด

ประเมินปริมาณก๊าซมีเทนที่เกิดขึ้นและได้มีการรวบรวมเพื่อเผาทิ้งโดยระบบ flare ก่อนปล่อยสู่บรรยากาศ โดยในการศึกษาครั้งนี้ได้กำหนดให้ประสิทธิภาพการรวบรวมก๊าซที่ร้อยละ 70 ซึ่งในเกณฑ์ของ UNFCCC ได้กำหนดประสิทธิภาพการรวบรวมก๊าซที่ร้อยละ 60–80 และได้มีการพิจารณาประสิทธิภาพของ flare ที่ร้อยละ 50 (UNFCCC, 2006) สามารถประเมิน ดังสมการที่ 2-6

$$MD_y = LFG_{burnt,y} * w_{CH_4,y} * D_{CH_4} * FE * GWP_{CH_4} \quad (2-6)$$

ตัวแปรต่างๆ มีรายละเอียด ดังนี้

$MD_y$	= ปริมาณก๊าซมีเทนที่รวบรวม ทำลายและใช้ประโยชน์ที่ได้จากการดำเนินโครงการในปี $y$ (ตันคาร์บอนไดออกไซด์)
$LFG_{burnt,y}$	= การเผาไหม้ก๊าซชีวภาพหรือใช้เป็นเชื้อเพลิงในปี $y$ (ลูกบาศก์เมตร)
$w_{CH_4,y}$	= ค่าเฉลี่ยของสัดส่วนก๊าซมีเทนในก๊าซชีวภาพที่วัดได้ในปี $y$ (ลูกบาศก์เมตรมีเทนต่อลูกบาศก์เมตรก๊าซชีวภาพ) โดย กำหนดให้เท่ากับ 0.576 ลูกบาศก์เมตรมีเทนต่อลูกบาศก์เมตรก๊าซชีวภาพ
$D_{CH_4}$	= ความหนาแน่นของก๊าซมีเทน (ตันมีเทนต่อลูกบาศก์เมตรมีเทน) โดย กำหนดให้เท่ากับ 0.0007168 ตันมีเทนต่อลูกบาศก์เมตรมีเทน
$FE$	= ประสิทธิภาพการเผาไหม้ในปี $y$ (สัดส่วน) โดย ประสิทธิภาพการเผาไหม้เท่ากับร้อยละ 50
$GWP_{CH_4}$	= ศักยภาพทำให้โลกร้อนของก๊าซมีเทน (ตันคาร์บอนไดออกไซด์ต่อตันมีเทน) โดย กำหนดโดย IPCC เท่ากับ 21 ตันคาร์บอนไดออกไซด์ต่อตันมีเทน

**การพิจารณาเข้าร่วมโครงการกลไกการพัฒนาที่สะอาด (clean development mechanism : CDM) จากการนำก๊าซชีวภาพไปเผาไหม้โดยตรงทั้งหมด**

การประเมินศักยภาพการเข้าสู่กลไกพัฒนาที่สะอาดสำหรับพื้นที่ฝังกลบมูลฝอยแบบสุขาภิบาล ใช้วิธีการวิเคราะห์ของ clean development mechanism project design document form (CDM-SSC-PDD) ประเภท small scale (AMS) ในส่วน III.G. landfill methane recovery version 06 (UNFCCC, 2008) เป็นทางเลือกของผู้ดำเนินการในการพิจารณาคาร์บอนเครดิตที่ได้จากการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก 10 ปี จำนวน 1 ครั้ง และทำให้ได้รายได้จากการขายเครดิตซึ่งเป็นการส่งเสริมและสนับสนุนการดำเนินการลดก๊าซเรือนกระจกในประเทศไทยให้เกิดขึ้นอย่างมีประสิทธิภาพ กำหนดให้ราคาเครดิตที่ซื้อขายเมื่อวันที่ 4 มกราคม 2553 ที่ราคา 11.44 ปอนด์ต่อตันคาร์บอนไดออกไซด์ (องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก, 2553) โดยราคาจำหน่ายอยู่ที่ 54.02 บาทต่อปอนด์ (ธนาคารแห่งประเทศไทย, 2553) มีดังนี้

การประเมินปริมาณก๊าซมีเทนที่ลดลงจากการนำก๊าซชีวภาพไปเผาไหม้โดยตรงทั้งหมด โดยใช้สมการแบบจำลองทางคณิตศาสตร์จากสมการของ IPCC (AMS III.G.: version 06) สามารถแสดงดังสมการที่ 2-7 2-8 2-9 และ 2-10

$$ER_y = BE_y - PE_y - leakage \quad (2-7)$$

$$BE_y = BE_{CH_4, SWDS} \quad (2-8)$$

$$ER_y = (MD_y - MD_{reg,y}) - PE_y - leakage \quad (2-9)$$

ตัวแปรต่างๆ มีรายละเอียด ดังนี้

$ER_y$	= การคำนวณการแพร่กระจายก๊าซที่ลดลง (ตันคาร์บอนไดออกไซด์)
$BE_y$	= การแพร่กระจายก๊าซมีเทนกรณีฐานในปี y (ตันคาร์บอนไดออกไซด์)
$MD_y$	= ปริมาณก๊าซมีเทนที่รวบรวม ทำลายและใช้ประโยชน์ที่ได้จากการดำเนินโครงการในปี y (ตันคาร์บอนไดออกไซด์)

$$MD_y = LFG_{burnt,y} * w_{CH_4,y} * D_{CH_4} * FE * GWP_{CH_4} \quad (2-10)$$

$LFG_{burnt,y}$	= ปริมาณก๊าซชีวภาพที่ใช้เป็นเชื้อเพลิงในปี y (ลูกบาศก์เมตร)
$w_{CH_4,y}$	= ค่าเฉลี่ยของสัดส่วนก๊าซมีเทนในก๊าซชีวภาพที่วัดได้ในปี y (ลูกบาศก์เมตรก๊าซมีเทนต่อลูกบาศก์เมตรก๊าซชีวภาพ) โดย กำหนดให้เท่ากับ 0.5 ลูกบาศก์เมตรก๊าซมีเทนต่อลูกบาศก์เมตรก๊าซชีวภาพ
$D_{CH_4}$	= ความหนาแน่นของก๊าซมีเทน (ตันมีเทนต่อลูกบาศก์เมตรก๊าซมีเทน) โดย กำหนดให้เท่ากับ 0.0007168 ตันมีเทนต่อลูกบาศก์เมตรก๊าซมีเทน
$FE$	= ประสิทธิภาพการเผาไหม้ในปี y โดย กำหนดให้เท่ากับร้อยละ 0.5
$MD_{reg,y}$	= การแพร่กระจายก๊าซมีเทนที่ถูกรวบรวมและทำลายตามข้อกำหนดระดับชาติและท้องถิ่นในปี y (ตันคาร์บอนไดออกไซด์) โดย กำหนดให้เท่ากับ 0 ตันคาร์บอนไดออกไซด์
$PE_y$	= ปริมาณการแพร่กระจายก๊าซจากโครงการจากการใช้ไฟฟ้าในปี y (ตันคาร์บอนไดออกไซด์) โดย ค่า $PE_y = 0$ ตันคาร์บอนไดออกไซด์
$Leakage$	= ปริมาณการแพร่กระจายที่เกิดจากการรั่วไหลจากการใช้ไฟฟ้าหรือเชื้อเพลิงฟอสซิลปี y (ตันคาร์บอนไดออกไซด์) โดย กำหนดให้เท่ากับ 0 ตันคาร์บอนไดออกไซด์ (ไม่มีปริมาณก๊าซที่รั่วไหล)

## 2.2) การนำก๊าซชีวภาพไปผลิตกระแสไฟฟ้าร่วมกับการนำส่วนที่เหลือไปเผาทิ้ง และ พิจารณาการเข้าร่วมโครงการ CDM

### การนำก๊าซชีวภาพไปผลิตกระแสไฟฟ้าร่วมกับการนำส่วนที่เหลือไปเผาทิ้ง

1) การประเมินกำลังไฟฟ้า การประเมินกำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้ โครงการนี้เน้นเฉพาะการนำก๊าซไปใช้ในการเดินเครื่องยนต์ก๊าซนั้น เพื่อประเมินศักยภาพการผลิตกระแสไฟฟ้าที่ได้จากก๊าซชีวภาพ โดยใช้สมการของ Klaus Von Mitzlaff (1988) โดยกำหนดให้ปริมาณก๊าซที่นำไปผลิตกระแสไฟฟ้าต้องคงที่ตลอดระยะเวลาของโครงการ โดยสมการของ Klaus Von Mitzlaff (1988) แสดงดังสมการที่ 2-11

$$P_j = (Eff_{eng} \times H \times Tfc_j) / \left[ \left( \frac{h}{y} \right) \times 3600 \right] \quad (2-11)$$

ตัวแปรต่างๆ มีรายละเอียด ดังนี้

$P_j$	= กำลังไฟฟ้าที่สามารถผลิตได้ในปีที่ $j$ (กิโลวัตต์)
$Tfc_j$	= อัตราการผลิตก๊าซชีวภาพรวมในปีที่ $j$ (ลูกบาศก์เมตรต่อปี)
$Eff_{eng}$	= ประสิทธิภาพของเครื่องยนต์ก๊าซและเครื่องกำเนิดไฟฟ้า โดย กำหนดให้เท่ากับร้อยละ 25
$H$	= ค่าความร้อนต่ำของก๊าซชีวภาพ (กิโลจูลต่อลูกบาศก์เมตร) โดย กำหนดให้เท่ากับ 16.5 เมกกะจูลต่อลูกบาศก์เมตร
$\frac{h}{y}$	= ชั่วโมงต่อปี โดย กำหนดให้เท่ากับ 7,200 ชั่วโมงต่อปีหรือ 300 วัน

2) การประเมินปริมาณกระแสไฟฟ้าที่ผลิตได้ การคาดการณ์ปริมาณกระแสไฟฟ้าที่ผลิตได้ ส่วนนี้ นำกำลังไฟฟ้าที่ได้จากสมการที่ 2-7 แทนค่าลงไป ในสมการแบบจำลองทางคณิตศาสตร์จากสมการของ Klaus Von Mitzlaff (1988) แสดงดังสมการที่ 2-12

$$E_j = P_j \times \left( \frac{h}{y} \right) \quad (2-12)$$

ตัวแปรต่างๆ มีรายละเอียด ดังนี้

$E_j$  = ปริมาณกระแสไฟฟ้าที่ผลิตได้ในปีที่  $j$  (กิโลวัตต์ชั่วโมง)

$P_j$  = กำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้ในปีที่  $j$  (กิโลวัตต์)

$\left(\frac{h}{y}\right)$  = เวลาเดินเครื่อง (ชั่วโมงต่อปี)

โดย กำหนดให้เท่ากับ 7,200 ชั่วโมงต่อปี

$j$  = ปีที่ผลิตกระแสไฟฟ้า

**การพิจารณาเข้าร่วมโครงการกลไกการพัฒนาที่สะอาด (clean development mechanism : CDM) จากการนำก๊าซชีวภาพไปผลิตกระแสไฟฟ้าร่วมกับการนำส่วนที่เหลือไปเผา**  
**ทิ้ง**

การประเมินปริมาณก๊าซมีเทนที่ลดลงจากการนำก๊าซชีวภาพไปผลิตกระแสไฟฟ้าร่วมกับการนำส่วนที่เหลือไปเผาทิ้ง โดยใช้สมการแบบจำลองทางคณิตศาสตร์จากสมการของ IPCC ในส่วน AMS III.G.: version 06 (UNFCCC, 2008) สามารถแสดงดังสมการที่ 2-

13

$$ER_y = (MD_y - MD_{reg,y}) - PE_y - leakage \quad (2-13)$$

ตัวแปรต่างๆ มีรายละเอียด ดังนี้

$ER_y$  = การคำนวณการแพร่ระบายก๊าซที่ลดลง (ตันคาร์บอนไดออกไซด์)

$MD_y$  = ปริมาณก๊าซมีเทนที่รวบรวม ทำลายและใช้ประโยชน์ที่ได้จากการดำเนินโครงการในปี  $y$  (ตันคาร์บอนไดออกไซด์)

$PE_y$  = ปริมาณการแพร่ระบายก๊าซจากโครงการจากการใช้ไฟฟ้าในปี  $y$  (ตันคาร์บอนไดออกไซด์)

ดังนั้น ค่า  $PE_y = 0$  ตันคาร์บอนไดออกไซด์

$Leakage$  = ปริมาณการแพร่ระบายที่เกิดจากการรั่วไหลจากการใช้ไฟฟ้าหรือเชื้อเพลิงฟอสซิลปี  $y$  (ตันคาร์บอนไดออกไซด์)

โดย กำหนดให้เท่ากับ 0 ตันคาร์บอนไดออกไซด์ (ไม่มีปริมาณก๊าซที่รั่วไหล)

และการคำนวณปริมาณก๊าซที่ได้จากการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิล สามารถแสดงดังสมการที่ 2-14

$$PE_{electricity,y} = EL_{imp,y} * EF_{grid} \quad (2-14)$$

ตัวแปรต่างๆ มีรายละเอียด ดังนี้

- $PE_y$  = ปริมาณการแพร่กระจายก๊าซจากโครงการจากการใช้ไฟฟ้าในปี  $y$  (ตันคาร์บอนไดออกไซด์) หรือปริมาณก๊าซที่ได้จากการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิล โดย การศึกษาครั้งนี้กำหนดให้ปริมาณกระแสไฟฟ้าที่ผลิตได้ใช้วิธีการคำนวณตามสมการ Klaus Von Mitzlaff (1988)
- $EL_{imp,y}$  = ปริมาณกระแสไฟฟ้าที่ผลิตได้ (เมกกะวัตต์ชั่วโมง)
- $EF_{grid}$  = grid emission factor (ตันคาร์บอนไดออกไซด์ต่อเมกกะวัตต์ชั่วโมง) โดย ในประเทศไทยค่าเท่ากับ 0.5716 ตันคาร์บอนไดออกไซด์ต่อเมกกะวัตต์ชั่วโมง (Hinchiranan, 2009)

นอกจากนี้การไฟฟ้าส่วนภูมิภาคให้การสนับสนุนการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานหมุนเวียนของผู้ผลิตไฟฟ้าขนาดเล็กมาก ที่มีปริมาณไฟฟ้าเข้าสู่ระบบโครงข่ายไฟฟ้าของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคไม่เกิน 10 เมกกะวัตต์ โดยให้การสนับสนุนการรับซื้อไฟฟ้าเป็นระยะเวลา 7 ปี และกำหนดรายได้จากการขายไฟฟ้า 2 ส่วน คือ

ส่วนที่ 1 ค่าไฟฟ้าที่ได้รับ โดยราคาขายไฟฟ้าคิดในกรณีผู้ซื้ออัตราปกติ 1.6583 บาทต่อหน่วย และค่า  $F_t$  (fuel adjustment change at the give time) คือ การลดค่าต้นทุนการผลิตไฟฟ้าที่การไฟฟ้าไม่สามารถควบคุมได้ ได้แก่ ราคาเชื้อเพลิง และค่าซื้อไฟฟ้าจากผู้ผลิตเอกชนมีค่าเท่ากับ 0.9177 บาทต่อหน่วย (ราคาขายไฟฟ้าในและค่า  $F_t$  ของเดือนกรกฎาคม ปี 2552) และ 1 หน่วยเท่ากับ 1 กิโลวัตต์-ชั่วโมง (การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค, 2552)

ส่วนที่ 2 ส่วนเพิ่มราคาซื้อไฟฟ้าจากเชื้อเพลิงประเภทมูลฝอยในปี 2552 ที่ราคา 2.50 บาท ต่อกิโลวัตต์-ชั่วโมง (การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค, 2552)

## 2.3 การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูลมีรายละเอียด ดังนี้

2.3.1 การศึกษาข้อมูลทุติยภูมิของพื้นที่ โดยใช้สถิติเชิงพรรณนา (descriptive statistic) ในรูปแบบบรรยาย และข้อมูลคุณสมบัติของมูลฝอยทางกายภาพและเคมี ใช้สถิติเชิงพรรณนา (descriptive statistic) ได้แก่ ค่าเฉลี่ย ค่าสูงสุด-ค่าต่ำสุด โดยนำเสนอผลการนำเสนอในรูปแบบกราฟ ตาราง และการบรรยาย

2.3.2 การศึกษาและเปรียบเทียบผลการประเมินการแพร่กระจายก๊าซมีเทนที่ได้จากแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ทั้ง 3 วิธี ได้แก่ การคำนวณด้วยวิธี default ของ Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC: 2006) วิธีปฏิกิริยาลำดับที่ 1 (first order decay model) ของ Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC: version 02: October 2007) และโปรแกรม landfill gas emission model (LandGEM : version 3.02 May 2005) ของ U.S. Environmental Protection Agency (U.S. EPA) โดยใช้สถิติเชิงพรรณนา ในรูปการบรรยาย

2.3.3 วิเคราะห์ข้อมูลจากการตรวจวัดจริงของพื้นที่ฝังกลบมูลฝอยเทศบาลนครหาดใหญ่และพื้นที่ฝังกลบมูลฝอยเทศบาลเมืองบ้านพรุ โดยใช้สถิติเชิงพรรณนา (descriptive statistic) ได้แก่ ค่าเฉลี่ย ค่าสูงสุด-ค่าต่ำสุด โดยนำเสนอผลการนำเสนอในรูปกราฟ ตาราง และการบรรยาย

2.3.4 ผลการวิเคราะห์แนวทางการจัดการก๊าซที่ได้จากพื้นที่ฝังกลบมูลฝอย โดยใช้สถิติเชิงพรรณนา ในรูปการบรรยาย

## 2.4 วัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ในการศึกษา

### 2.4.1 อุปกรณ์สำหรับเก็บและวิเคราะห์ตัวอย่างก๊าซ มีดังนี้

1. close flux chamber ส่วนประกอบต่างๆและการติดตั้ง chamber ประกอบไปด้วย 2 ส่วน ส่วนแรก คือ chamber ทำจากโลหะ เส้นผ่านศูนย์กลาง 50 เซนติเมตร สูง 29.5 เซนติเมตร หนา 0.5 เซนติเมตร ด้านบนปิดด้วยแก้วหนา 1 เซนติเมตร มีช่องสำหรับเก็บก๊าซ 1 ช่อง อยู่ตรงกลาง เกจวัดอุณหภูมิและวัดความดัน และวาล์วสำหรับเปิดปิดก๊าซ ส่วนที่สองคือ ส่วนฐาน ทำจากโลหะสูง 15 เซนติเมตร ด้านขอบบนทำร่องตามแนวขอบนอกของเส้นรอบวง เพื่อวาง chamber ปิดล้อมพื้นที่ 0.159 ตารางเมตร แสดงภาพประกอบที่ 2-11 และภาพประกอบที่ 2-12

2. เข็มเก็บตัวอย่างก๊าซปลายแหลม (gas tight syringe) ขนาด 10 มิลลิลิตร

3. เทอร์โมมิเตอร์

4. หลอดสุญญากาศขนาด 7 มิลลิเมตร

5. เข็มฉีดตัวอย่างก๊าซแหลม (gas tight syringe) ขนาด 1 มิลลิลิตร

6. เครื่อง gas chromatography (GC) ยี่ห้อ HEWLETT PACKARD (HP) รุ่น 6890 ที่ใช้ thermal conductivity detector (TCD) ติดตั้งคอลัมน์ capillary column ยาว 2 เมตร เส้นผ่านศูนย์กลางภายในเท่ากับ 1/16 นิ้ว และเส้นผ่านศูนย์กลางภายนอกเท่ากับ 1 มิลลิเมตร ติดตั้งอุณหภูมิของ injector detector column เท่ากับ 100 200 และ 40-80 องศาเซลเซียส ตามลำดับ และตั้งอัตราการไหลของ He เท่ากับ 35 มิลลิลิตรต่อนาที



#### 2.4.2 อุปกรณ์สำหรับเก็บและวิเคราะห์มูลฝอย

1. อุปกรณ์สำหรับเก็บตัวอย่างมูลฝอย ได้แก่ พลับ จอบ เข็อกสำหรับแบ่งมูลฝอย ถึงดวงมูลฝอย เครื่องชั่งน้ำหนัก ถุงมือ ผ้าปิดจมูก ถุงดำ พ้ายางสำหรับรองพื้น ถาดอลูมิเนียม ปาก คีบ

2. ตู้อบ (hot air oven)

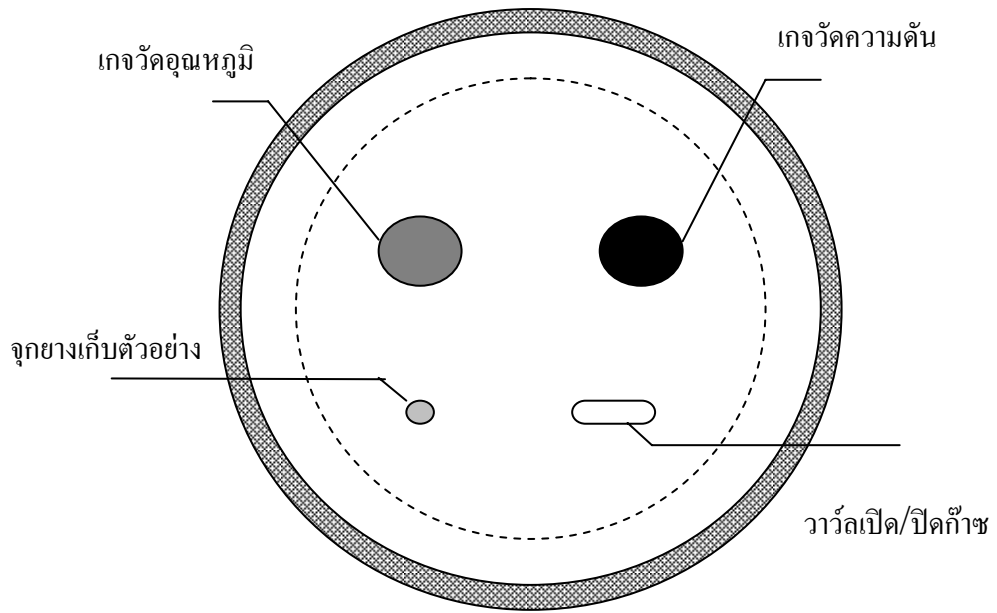
3. ตู้ดูดความชื้น (desiccators)

4. เตาเผา (furnace)

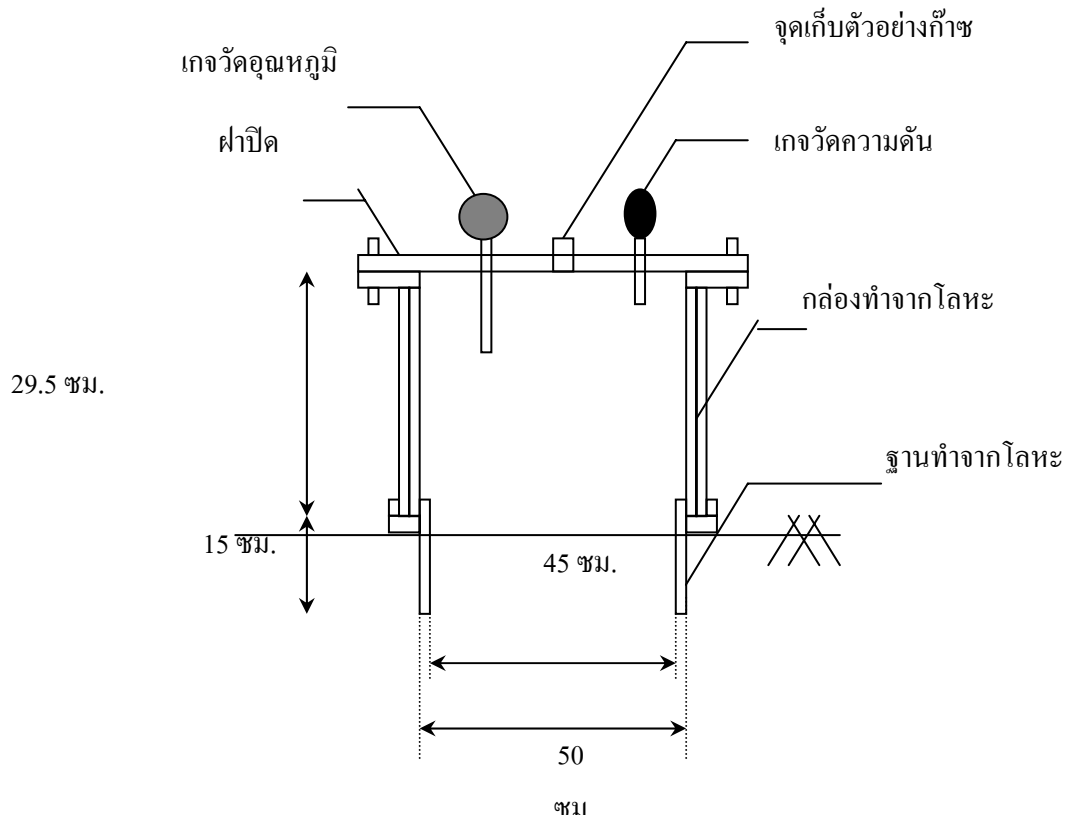
5. เครื่องบดมูลฝอย

6. การวิเคราะห์ คาร์บอน ไนโตรเจน และไฮโดรเจน ทำการวิเคราะห์โดยใช้เครื่อง วิเคราะห์ CE instruments flash 1112 series EA CHNS-O analyzer เทคนิคการวิเคราะห์ dynamic flash combustion ที่สภาวะการทดสอบ ดังนี้ อุณหภูมิของ furnace oven เท่ากับ 900 องศาเซลเซียส และ 65 องศาเซลเซียส ตามลำดับ และตั้งอัตราการไหลของ oxygen carrier และ reference เท่ากับ 250 130 และ 100 มิลลิลิตรต่อนาที

7. การวิเคราะห์ ออกซิเจน ทำการวิเคราะห์โดยใช้เครื่องวิเคราะห์ CE instruments flash 1112 series EA CHNS-O analyzer เทคนิคการวิเคราะห์ dynamic flash ombustion ที่สภาวะ การทดสอบ ดังนี้ อุณหภูมิของ furnace oven เท่ากับ 1,060 องศาเซลเซียส และ 65 องศาเซลเซียส ตามลำดับ และตั้งอัตราการไหลของ carrier และ reference เท่ากับ 130 และ 100 มิลลิลิตรต่อนาที



รูปด้านบน



รูปหน้าตัด

ภาพประกอบที่ 2-11 ภาพจำลอง close flux chamber



รูปด้านบน



รูปหน้าตัด

ภาพประกอบที่ 2-12 ภาพจริง close flux chamber

## 2.5 ระยะเวลาที่ใช้ในการศึกษา

ระยะเวลาที่ใช้ในการศึกษา 12 เดือน โดยแหล่งทุนที่ได้รับ คือ ทุนบัณฑิตวิทยาลัยปีการศึกษา ปี พ.ศ. 2551 และเงินอุดหนุนการวิจัยจากรายได้มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ปี พ.ศ. 2551

### บทที่ 3

#### ผลการศึกษา

ผลการศึกษาการแพร่กระจายก๊าซมีเทนจากพื้นที่ฝังกลบมูลฝอยโดยการเก็บข้อมูลทุติยภูมิ และเก็บข้อมูลภาคสนามที่ใช้เป็นตัวแปรเพื่อแทนค่าในแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ด้วยวิธี default ของ intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC: 2006) และวิธีปฏิกิริยาลำดับที่ 1 (first order decay model) ของ Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC: version 02: October 2007) และโปรแกรม landfill gas emission model (LandGEM : version 3.02 May 2005) ของ U.S. Environmental Protection Agency (U.S. EPA) เพื่อคาดการณ์การแพร่กระจายก๊าซมีเทนและเปรียบเทียบกับ การตรวจวัดจริงด้วยวิธี flux chamber method แบบ close flux chamber รวมทั้งเสนอแนวทางการจัดการก๊าซมีเทนที่ได้จากพื้นที่ฝังกลบมูลฝอย โดยใช้พื้นที่ฝังกลบมูลฝอยเทศบาลนครหาดใหญ่ และเทศบาลเมืองบ้านพรุ อำเภอหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา ซึ่งทำการเก็บตัวอย่างเพื่อวิเคราะห์ในช่วงเดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2551 - เดือนมิถุนายน พ.ศ. 2552 ผลการศึกษามีดังนี้

#### 3.1 ข้อมูลทุติยภูมิของพื้นที่ศึกษา

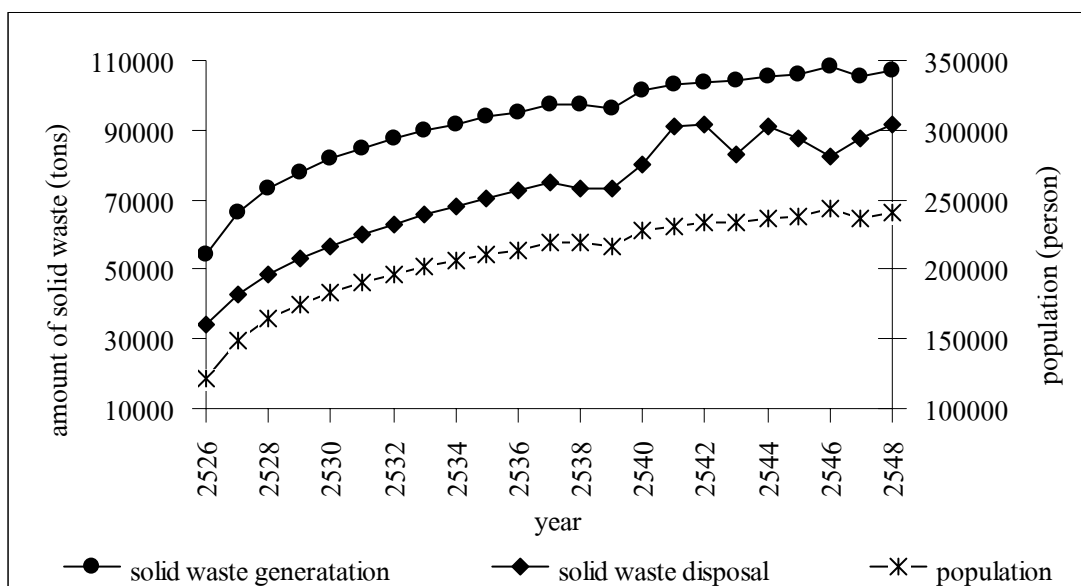
##### 3.1.1 การคาดการณ์ปริมาณมูลฝอย และประชากรในพื้นที่

###### 1) พื้นที่ฝังกลบมูลฝอยเทศบาลนครหาดใหญ่

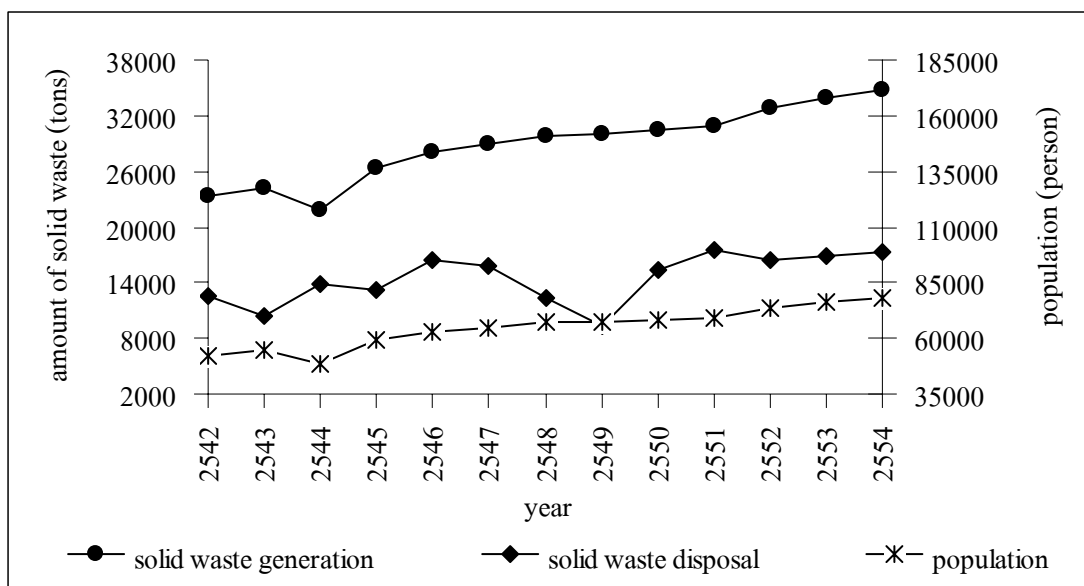
จากผลการศึกษาปริมาณมูลฝอยที่เกิดขึ้นและจำนวนประชากรรวมพื้นที่รับผิดชอบ 4 แห่ง ได้แก่ องค์การบริหารส่วนตำบลฉลุง เทศบาลตำบลท่าช้าง เทศบาลเมืองคลองแห และเทศบาลนครหาดใหญ่ พบว่า ปริมาณมูลฝอยเพิ่มขึ้นตามจำนวนประชากรที่อัตราการผลิตมูลฝอย 1.22 กิโลกรัมต่อคนต่อวัน (กรมควบคุมมลพิษ, 2548) โดยปริมาณมูลฝอยที่เกิดขึ้นและปริมาณมูลฝอยที่นำไปกำจัดทั้งหมดตั้งแต่ปี พ.ศ. 2526 - พ.ศ. 2548 เท่ากับ 2,131,755 และ 1,643,663 ตัน ตามลำดับ ซึ่งปริมาณมูลฝอยที่นำไปกำจัดคิดเป็นร้อยละ 77 ของปริมาณมูลฝอยที่เกิดขึ้นทั้งหมด ส่วนจำนวนประชากรที่คาดการณ์ด้วยวิธี logarithmic ที่  $R^2 = 0.9149$  โดยจำนวนประชากรเริ่มต้นในปี พ.ศ. 2526 เท่ากับ 122,268 คน และสิ้นสุดในปี พ.ศ. 2548 เท่ากับ 240,191 คน ทำให้จำนวนประชากรเฉลี่ยตั้งแต่ปี พ.ศ. 2526 - พ.ศ. 2548 เท่ากับ 208,141 คน แสดงดังภาพประกอบที่ 3-1 และตารางภาคผนวก ก-3 และ ก-5

## 2) พื้นที่ฝังกลบมูลฝอยเทศบาลเมืองบ้านพรุ

จากผลการศึกษาปริมาณมูลฝอยที่เกิดขึ้นและจำนวนประชากรในพื้นที่ พบว่า ปริมาณมูลฝอยเพิ่มขึ้นตามจำนวนประชากรที่อัตราการผลิตมูลฝอย 1.22 กิโลกรัมต่อคนต่อวัน (กรมควบคุมมลพิษ, 2548) โดยปริมาณมูลฝอยที่เกิดขึ้นและปริมาณมูลฝอยที่นำไปกำจัดทั้งหมด ตั้งแต่ปี พ.ศ.2542 - พ.ศ.2554 เท่ากับ 375,396 และ 187,998 ตัน ตามลำดับ ซึ่งปริมาณมูลฝอยที่นำไปกำจัดคิดเป็นร้อยละ 50 ของปริมาณมูลฝอยที่เกิดขึ้นทั้งหมด ส่วนจำนวนประชากรที่คาดการณ์ด้วยวิธี linear ที่  $R^2 = 0.8401$  โดยจำนวนประชากรเริ่มต้นในปี พ.ศ. 2542 เท่ากับ 52,338 คน และสิ้นสุดในปี พ.ศ.2554 เท่ากับ 78,170 คน ทำให้จำนวนประชากรเฉลี่ยตั้งแต่ปี พ.ศ. 2542 - พ.ศ. 2554 เท่ากับ 64,848 คน แสดงดังภาพประกอบที่ 3-2 และตารางภาคผนวก ก-4 และ ก-6



ภาพประกอบที่ 3-1 ปริมาณมูลฝอยที่เกิดขึ้น ปริมาณมูลฝอยที่นำไปกำจัด และจำนวนประชากรในพื้นที่ฝังกลบมูลฝอยเทศบาลนครหาดใหญ่



ภาพประกอบที่ 3-2 ปริมาณมูลฝอยที่เกิดขึ้น ปริมาณมูลฝอยที่นำไปกำจัด และจำนวนประชากรในพื้นที่ฝั่งกลบมูลฝอยเทศบาลเมืองบ้านพรุ

จากการศึกษาพบว่า จำนวนประชากรเพิ่มขึ้นเฉลี่ยร้อยละ 3 ของจำนวนประชากรในแต่ละปีทั้ง 2 พื้นที่ ส่วนปริมาณมูลฝอยที่เกิดขึ้นและปริมาณมูลฝอยที่นำไปกำจัด ตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบันแตกต่างกัน ทั้งนี้ เนื่องจากปริมาณมูลฝอยที่เกิดขึ้นทั้งหมดที่ได้จากการคาดการณ์มีปริมาณสูง ส่งผลให้ร้อยละของการเก็บขนมีปริมาณลดลง ในขณะที่อำเภอลาดใหญ่เป็นพื้นที่ที่มีความเจริญเติบโตทางธุรกิจ ทั้งการค้าขาย การศึกษา เป็นผลให้มีประชากรเข้ามาอาศัยในพื้นที่ทั้งชั่วคราวและถาวรส่งผลให้จำนวนประชากรสูงขึ้น ทำให้ปริมาณมูลฝอยที่เกิดขึ้นสูงขึ้น ในขณะที่ความสามารถในการเก็บขนในพื้นที่ยังไม่ทั่วถึงรวมทั้งยานพาหนะในการเก็บขนชำรุดและลดจำนวนลง ทำให้ปริมาณมูลฝอยที่นำไปกำจัดมีปริมาณน้อย

### 3.2 ลักษณะสมบัติมูลฝอยทางกายภาพ (physical characteristic) และลักษณะสมบัติมูลฝอยทางเคมี (chemical characteristic)

การศึกษาในส่วนนี้ทำการศึกษาถึงข้อมูลในอดีตที่ผ่านมาและจากมูลฝอยสดของพื้นที่ศึกษา ซึ่งทำการศึกษา 2 ช่วง คือ ฤดูฝน (เดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2551- เดือนมกราคม พ.ศ. 2552) และฤดูแล้ง (เดือนมีนาคม – เดือนเมษายน พ.ศ. 2552) มีขั้นตอนการดำเนินการตามภาคผนวก ข สามารถสรุปผลการศึกษาดังนี้

### 3.2.1 ลักษณะสมบัติมูลฝอยทางกายภาพ (physical characteristic)

#### 1) พื้นที่ฝังกลบมูลฝอยเทศบาลนครหาดใหญ่

ผลการศึกษาลักษณะสมบัติมูลฝอยทางกายภาพ พบว่า ค่าเฉลี่ยความหนาแน่นของมูลฝอยในช่วงฤดูฝนเท่ากับ 258 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร และในช่วงฤดูแล้งเท่ากับ 257 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ในส่วนขององค์ประกอบมูลฝอยประเภท j ได้แก่ เศษอาหาร เศษไม้ เศษกระดาษ สิ่งทอ และของเสียจากสวนสาธารณะ ในช่วงฤดูฝนมีค่าเฉลี่ยเท่ากับร้อยละ 38.7 15.6 9.8 6.7 และ 5.8 มีค่ารวมเท่ากับร้อยละ 76.6 ของน้ำหนักมูลฝอยสด และในช่วงฤดูแล้งมีค่าเฉลี่ยเท่ากับร้อยละ 30 17.3 13 6 และ 3.3 มีค่ารวมได้ร้อยละ 69.6 ของน้ำหนักมูลฝอยสด แสดงดังตารางที่ 3-1

#### 2) พื้นที่ฝังกลบมูลฝอยเทศบาลเมืองบ้านพรุ

ผลการศึกษาลักษณะสมบัติมูลฝอยทางกายภาพ พบว่า ค่าเฉลี่ยความหนาแน่นของมูลฝอยในช่วงฤดูฝนเท่ากับ 257.3 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร และในช่วงฤดูแล้งเท่ากับ 259 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ในส่วนขององค์ประกอบมูลฝอยประเภท j ได้แก่ เศษอาหาร เศษไม้ เศษกระดาษ สิ่งทอ และของเสียจากสวนสาธารณะ ในช่วงฤดูฝนมีค่าเฉลี่ยเท่ากับร้อยละ 34 14.9 12.2 7.6 และ 5.1 มีค่ารวมเท่ากับร้อยละ 73.8 ของน้ำหนักมูลฝอยสด และในช่วงฤดูแล้งมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 32.3 16.7 12.3 8.3 และ 5.3 มีค่ารวมเท่ากับร้อยละ 74.9 ของน้ำหนักมูลฝอยสด แสดงดังตารางที่ 3-2



ตารางที่ 3-1 ลักษณะสมบัติมูลฝอยทางกายภาพของพื้นที่ฝังกลบมูลฝอยเทศบาลนครหาดใหญ่

องค์ประกอบมูลฝอย (ร้อยละ)	ฤดูฝน				ฤดูแล้ง		
	5 พ.ย.	18 ธ.ค.	4 ม.ค.	เฉลี่ย	23 มี.ค.	3 เม.ย.	เฉลี่ย
	51	51	52		52	52	
1. เศษอาหาร ผัก	35.3	40.0	38.7	38	28.0	32.0	30.0
2. กระดาษ	10.0	9.3	10.0	9.8	12.7	13.3	13.0
3. พลาสติก	12.7	16.0	14.0	14.2	14.7	12.0	13.3
4. ยางและหนัง	6.7	3.3	2.7	4.2	8.0	9.3	8.7
5. สิ่งทอ	8.0	4.0	8.0	6.7	6.0	6.0	6.0
6. เศษไม้ ใบไม้	15.3	11.3	20.0	15.6	18.7	16.0	17.3
7. แก้ว	3.3	4.7	2.0	3.3	3.3	-	1.7
8. โลหะ	2.0	2.0	-	1.3	4.7	2.7	3.7
9. กระเบื้อง	-	-	3.3	1.1	1.3	4.7	3.0
10. ของเสียจาก สวนสาธารณะ	6.7	9.3	1.3	5.8	2.7	4.0	3.3
ความหนาแน่น (กิโลกรัมต่อลูกบาศก์ เมตร)	257	258	258	258	258	256	257

ตารางที่ 3-2 ลักษณะสมบัติมูลฝอยทางกายภาพของพื้นที่ฝังกลบมูลฝอยเทศบาลเมืองบ้านพรุ

องค์ประกอบมูลฝอย (ร้อยละ)	ฤดูฝน				ฤดูแล้ง		
	18 พ.ย.	19 ธ.ค.	7 ม.ค.	เฉลี่ย	27 มี.ค.	6 เม.ย.	เฉลี่ย
	51	51	52		52	52	
1. เศษอาหาร ผัก	30.0	38.7	33.3	34.0	34.7	30.0	32.3
2. กระดาษ	12.0	11.3	13.3	12.2	11.3	13.3	12.3
3. พลาสติก	13.3	14.0	12.0	13.1	13.3	14.0	13.7
4. ยางและหนัง	7.3	4.0	6.0	5.8	7.3	6.7	7.0
5. สิ่งทอ	12.7	6.0	4.0	7.6	8.0	8.7	8.3
6. เศษไม้ ใบไม้	14.0	16.7	14.0	14.9	17.3	16.0	16.7
7. แก้ว	5.3	-	5.3	3.6	-	6.0	3.0
8. โลหะ	-	-	2.7	0.9	2.7	-	1.3
9. กระเบื้อง	-	-	4.0	1.3	-	-	-
10. ของเสียจาก สวนสาธารณะ	5.3	4.7	5.3	5.1	5.3	5.3	5.3
ความหนาแน่น (กิโลกรัมต่อลูกบาศก์ เมตร)	259	257	257	258	259	259	259

จากตารางที่ 3-1 และตารางที่ 3-2 พบว่า ค่าความหนาแน่นมูลฝอยเฉลี่ยของพื้นที่ทั้งสองเท่ากับ 258.5 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร มีค่าสูงกว่าความหนาแน่นมูลฝอยเฉลี่ยในพื้นที่ภาคใต้และภาคตะวันออกเฉียงเหนือ โดยความหนาแน่นมูลฝอยของพื้นที่ภาคใต้และภาคตะวันออกเฉียงเหนือเท่ากับ 214.5 และ 198.0 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตรตามลำดับ และมีค่าใกล้เคียงกับความหนาแน่นมูลฝอยเฉลี่ยในพื้นที่ภาคเหนือและภาคกลาง โดยความหนาแน่นมูลฝอยของพื้นที่ภาคเหนือและภาคกลางเท่ากับ 256.3 และ 260.3 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตรตามลำดับ ความหนาแน่นของมูลฝอยแสดงถึงความสามารถในการเก็บขนมูลฝอยในพื้นที่ (กรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน, 2535)

ลักษณะสมบัติมูลฝอยทางกายภาพ สามารถสรุปได้ว่าองค์ประกอบมูลฝอยประเภท  $j$  ของพื้นที่ศึกษาพบสัดส่วนมูลฝอยประเภทเศษอาหารมากที่สุด รองลงมาคือ เศษไม้ เศษกระดาษ สิ่งทอ และของเสียจากสวนสาธารณะ ตามลำดับ เห็นได้ว่าลักษณะมูลฝอยประเภท  $j$  ทั้งสองพื้นที่มีลักษณะและปริมาณใกล้เคียงกัน ทั้งนี้เนื่องจากพื้นที่ฝังกลบมูลฝอยตั้งอยู่ในระยะที่ไม่

ห่างกันมาก การดำเนินชีวิตของประชาชนไม่แตกต่างกัน เช่น การบริโภคและอุปโภค ฤดูกาล และสภาพอากาศในพื้นที่ จากการศึกษาของ Chiemchaisri และคณะ (2007) ได้ศึกษาองค์ประกอบมูลฝอยทางกายภาพจากพื้นที่ฝังกลบมูลฝอยจังหวัดนนทบุรี พบว่า องค์ประกอบมูลฝอยประเภท j ได้แก่ เศษอาหาร เศษกระดาษ เศษไม้ เท่ากับร้อยละ 41.5 16.6 และ 13.3 ตามลำดับ และไม่พบองค์ประกอบของสิ่งทอและของเสียจากสวนสาธารณะ โดยมีค่ารวมเท่ากับร้อยละ 71.4 ของน้ำหนักมูลฝอยสด และ Liamsanguan and Gheewaha (2008) ได้ทำการศึกษาองค์ประกอบมูลฝอยทางกายภาพจากพื้นที่ฝังกลบมูลฝอยของจังหวัดภูเก็ต พบว่า องค์ประกอบมูลฝอยประเภท j ได้แก่ เศษอาหาร เศษกระดาษ ของเสียจากสวนสาธารณะและสิ่งทอ เท่ากับร้อยละ 44.1 14.7 5.3 และ 2.1 ตามลำดับ และไม่พบองค์ประกอบของไม้ โดยมีค่ารวมเท่ากับร้อยละ 66.2 ของน้ำหนักมูลฝอยสด ในขณะที่ Visvanathan และคณะ (2004) ได้ทำการศึกษาองค์ประกอบมูลฝอยทางกายภาพจากพื้นที่ฝังกลบมูลฝอยในประเทศไทย พบว่า องค์ประกอบมูลฝอยประเภท j ได้แก่ เศษอาหาร เศษกระดาษ ของเสียจากสวนสาธารณะและสิ่งทอ พบค่าอยู่ในช่วงร้อยละ 41-58 5.0-25.0 1.2-15.7 และ 0.2-7.2 ตามลำดับ และไม่แยกองค์ประกอบของไม้ไว้ในการศึกษา โดยองค์ประกอบมูลฝอยทางกายภาพของพื้นที่ต่างๆ สามารถแสดงดังตารางที่ 3-3

ทั้งนี้ องค์ประกอบมูลฝอยประเภท j แต่ละประเภทมีส่วนที่แตกต่างกันในแต่ละพื้นที่ เนื่องจากช่วงเวลาการเก็บมูลฝอย สภาพแวดล้อมในพื้นที่ต่างกัน ซึ่งองค์ประกอบมูลฝอยประเภท j เป็นมูลฝอยอินทรีย์ที่ย่อยสลายเร็วสามารถย่อยสลายได้ภายในเวลา 1-5 ปี โดย เศษไม้ เศษกระดาษ เศษอาหาร สิ่งทอ และของเสียจากสวนสาธารณะ ประกอบด้วยสัดส่วนของคาร์บอนอินทรีย์ที่ย่อยสลายได้ดังนี้ ร้อยละ 43 40 15 24 และ 20 ของน้ำหนักมูลฝอยสด ถ้าปริมาณมูลฝอยอินทรีย์ประเภท j สูงส่งผลทำให้ปริมาณก๊าซที่เกิดขึ้นสูงขึ้นด้วย อย่างไรก็ตาม ควรพิจารณาองค์ประกอบอื่นประกอบด้วย เช่น สภาพอากาศ ลักษณะพื้นที่ฝังกลบ เป็นต้น

ตารางที่ 3-3 ลักษณะมูลฝอยทางกายภาพของมูลฝอยในพื้นที่ฝังกลบมูลฝอยของประเทศไทย

พื้นที่ฝังกลบ มูลฝอย	ลักษณะมูลฝอยทางกายภาพ (ร้อยละ)											
	*เศษ อาหาร	*กระดาษ	พลาสติก	ยาง/ หนัง	*สิ่งทอ	*เศษไม้	แก้ว	โลหะ	กระเบื้อง	*ของเสียจาก สวนสาธารณะ	อื่น ๆ	ผลรวมร้อยละ มูลฝอยอินทรีย์ ประเภท j
<sup>1</sup> นนทบุรี	41.5	16.6	24.9	-	1.3	13.3	0.8	1.7	-	-	-	72.7
<sup>2</sup> ภูเก็ต	44.1	14.7	15.1	2.3	2.1	-	9.7	3.4	1.4	5.3	1.9	66.2
<sup>3</sup> กรุงเทพมหานคร	43.0	12.1	10.9	2.6	4.7	-	6.6	3.5	3.9	6.9	5.8	66.7
<sup>3</sup> กางฉนวนบุรี	50.0	17.7	19.7	0.3	0.9	-	2.4	2.0	1.4	4.6	0.9	73.2
<sup>3</sup> พัทยา	41.0	25.0	17.6	-	2.6	-	4.5	1.3	-	6.0	2.0	74.6
<sup>3</sup> เพชรบุรี	55.0	11.3	19.3	4.0	2.7	-	0.6	3.9	0.3	2.6	0.3	71.6
<sup>3</sup> เชียงใหม่	54.0	11.0	15.1	0.9	2.6	-	9.6	2.1	2.1	1.2	1.4	68.8
<sup>3</sup> เชียงราย	45.0	10.0	12.0	2.0	2.0	-	10.0	5.0	-	10.0	4.0	67
<sup>3</sup> พิษณุโลก	58.0	5.0	26.2	0.7	2.2	-	1.7	1.1	0.5	3.5	1.1	68.7
<sup>3</sup> นครสวรรค์	53.0	13.2	13.7	0.1	0.2	-	0.3	0.4	0.6	15.7	2.9	82.1
<sup>3</sup> อ่างทอง	42.0	13.5	12.4	4.1	7.2	-	4.0	3.5	1.9	9.8	1.6	72.5
<sup>3</sup> นครราชสีมา	44.0	20.1	21.0	0.5	2.3	-	6.4	2.6	0.9	1.6	0.6	68

หมายเหตุ: \* มูลฝอยอินทรีย์ประเภท j

ที่มา : <sup>1</sup>(ChiemChaisri *et al.*, 2007), <sup>2</sup>(Visvanathan *et al.*, 2004), <sup>3</sup>(Liamsanguan and Gheewala, 2004)

### 3.2.2 องค์ประกอบมูลฝอย

องค์ประกอบมูลฝอยในอดีต ข้อมูลในอดีต คือข้อมูลทุติยภูมิที่รวบรวมจากงานวิจัยที่ผ่านมา ข้อมูลที่ทางเทศบาลรวบรวมไว้ ข้อมูลปัจจุบัน คือ ข้อมูลที่ผู้วิจัยได้ทำการแยกองค์ประกอบมูลฝอยภาคสนามเพื่อใช้ในการศึกษาในครั้งนี้ จากการศึกษาลักษณะองค์ประกอบมูลฝอยที่มีอยู่ในพื้นที่ที่ได้ฝังกลบแล้วที่ได้มีการเก็บข้อมูลไว้มีความแตกต่างกับองค์ประกอบมูลฝอยในปัจจุบันหรือไม่ เพื่อหาค่าเฉลี่ยไปแทนในส่วนสัดส่วนน้ำหนักมูลฝอยประเภท  $j$  ( $\rho_{n,j,x}$ ) ในแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ ดังนี้

#### 1) พื้นที่ฝังกลบมูลฝอยเทศบาลนครหาดใหญ่

ผลการเปรียบเทียบสัดส่วนองค์ประกอบมูลฝอยประเภท  $j$  ในปัจจุบันและอดีตในพื้นที่ฝังกลบมูลฝอยเทศบาลนครหาดใหญ่ พบว่า ปัจจุบันมีสัดส่วนมูลฝอยสูงกว่าในอดีต ดังนี้ องค์ประกอบมูลฝอยประเภท  $j$  ในปัจจุบันมีค่ารวมเท่ากับร้อยละ 73.4 ของน้ำหนักมูลฝอยสด ส่วนในอดีตมีค่ารวมเฉลี่ยเท่ากับร้อยละ 66 ของน้ำหนักมูลฝอยสด แสดงดังตารางที่ 3-4

#### 2) พื้นที่ฝังกลบมูลฝอยเทศบาลเมืองบ้านพรุ

ผลการเปรียบเทียบสัดส่วนองค์ประกอบมูลฝอยประเภท  $j$  ในปัจจุบันและอดีตในพื้นที่ฝังกลบมูลฝอยเทศบาลเมืองบ้านพรุ พบว่าปัจจุบันมีสัดส่วนมูลฝอยสูงกว่าในอดีต ดังนี้ องค์ประกอบมูลฝอยประเภท  $j$  ในปัจจุบันมีค่ารวมเท่ากับร้อยละ 74.3 ของน้ำหนักมูลฝอยสด ส่วนในอดีตมีค่ารวมเฉลี่ยเท่ากับร้อยละ 50.7 ของน้ำหนักมูลฝอยสด แสดงดังตารางที่ 3-5

จากข้างต้น พบว่าองค์ประกอบมูลฝอยประเภท  $j$  ในปัจจุบันสูงกว่าในอดีต เนื่องจากสัดส่วนมูลฝอยขึ้นอยู่กับลักษณะการอุปโภค บริโภค ฤดูกาล การดำเนินชีวิต การจัดการมูลฝอยในพื้นที่ ได้แก่ การนำกลับมาใช้ใหม่ (recycle) การหมักเศษอาหารเพื่อทำปุ๋ย ซึ่งทำให้สัดส่วนมูลฝอยเปลี่ยนไป ในอดีตมูลฝอยที่เกิดขึ้นส่วนใหญ่เข้าสู่พื้นที่ฝังกลบโดยตรงทำให้สัดส่วนมูลฝอยบางประเภทสูงกว่าในปัจจุบัน ได้แก่ เศษอาหาร กระดาษ รวมทั้งมูลฝอยอินทรีย์ประเภท โลหะและแก้วที่สามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้ ในขณะที่ปัจจุบันมูลฝอยประเภทสิ่งทอ เศษไม้ และของเสียจากสวนสาธารณะสูงขึ้นส่งผลให้สัดส่วนมูลฝอยประเภท  $j$  ในปัจจุบันเพิ่มขึ้น ดังนั้น สัดส่วนมูลฝอยประเภท  $j$  ( $\rho_{n,j,x}$ ) ที่นำมาใช้ในการศึกษาคั้งนี้คือค่าเฉลี่ยขององค์ประกอบมูลฝอยประเภท  $j$  ตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบัน ผลที่ได้ คือ ปริมาณมูลฝอยอินทรีย์ประเภท  $j$  ในพื้นที่ฝังกลบ ( $W_{j,x}$ ) แสดงในภาคผนวก ก

ตารางที่ 3-4 สัดส่วนองค์ประกอบมูลฝอยในปัจจุบันและอดีตในพื้นที่ฝังกลบมูลฝอยเทศบาลนครหาดใหญ่

องค์ประกอบ มูลฝอย (ร้อยละ)	สัดส่วนองค์ประกอบมูลฝอยในอดีต - ปัจจุบัน									
	<sup>1</sup> พ.ศ.2538	<sup>1</sup> พ.ศ.2539	<sup>1</sup> พ.ศ.2543	<sup>2</sup> พ.ศ.2544	<sup>2</sup> พ.ศ.2545	<sup>3</sup> พ.ศ.2546	<sup>2</sup> พ.ศ.2548	<sup>4</sup> มปป.	ปัจจุบัน	เฉลี่ย
1. เศษอาหาร*	55.4	46.5	37.9	24	37.9	37.8	49.4	60.9	34.8	42.8
2. กระดาษ*	10.8	18.4	11.1	15.8	11.1	11.5	13.7	5.1	11.1	12.1
3. พลาสติก	18.9	10.8	16.0	10.6	16	14.0	19.2	23.4	13.9	15.9
4. ยางและหนัง	-	1.0	2.4	8.3	2.5	3.7	0.7	0.3	6.0	2.8
5. สิ่งทอ*	-	1.3	2.7	3.8	2.8	2.6	2.3	0.8	6.4	2.6
6. เศษไม้ ใบไม้*	-	4.8	1.9	8.5	2.0	6.1	5.6	0.3	16.3	5.1
7. แก้ว	5.4	5.0	10.6	13.8	10.6	10.0	5.5	5.2	2.7	7.7
8. โลหะ	5.7	2.4	11.7	6.5	11.5	3.9	1.3	0.4	1.9	5.1
9. กระเบื้อง	-	5.1	2.0	-	-	2.8	1.5	-	1.9	1.9
10. ของเสียจาก สวนสาธารณะ*	4.8	4.2	3.2	8.5	5.3	7.1	0.6	3.2	4.8	4.7
ผลรวมร้อยละมูล ฝอยอินทรีย์	71.0	75.2	56.8	60.6	59.1	65.1	71.6	70.3	73.4	67.3
ประเภท j										

หมายเหตุ: \* มูลฝอยอินทรีย์ประเภท j

ที่มา : <sup>1</sup>(โอเปอร์เรชั่น แมเนจเมนท์ จำกัด, 2549), <sup>2</sup>(อริศรา ร่มเย็น, 2548), <sup>3</sup>(กรมควบคุมมลพิษ, 2548), <sup>4</sup>(กรมควบคุมมลพิษ, มปป)

ตารางที่ 3-5 ผลการเปรียบเทียบสัดส่วนองค์ประกอบมูลฝอยในปัจจุบันและอดีตในพื้นที่ฝังกลบมูลฝอยเทศบาลเมืองบ้านพรุ

องค์ประกอบมูลฝอย (ร้อยละ)	สัดส่วนองค์ประกอบมูลฝอยในอดีต - ปัจจุบัน			
	<sup>1</sup> พ.ศ.2540	<sup>2</sup> มปป.	ปัจจุบัน	เฉลี่ย
1. เศษอาหาร*	24	24.5	33.3	27.3
2. กระดาษ*	15.8	5.5	12.3	11.2
3. พลาสติก	10.6	18.6	13.3	14.2
4. ยางและหนัง	13.8	24.4	6.3	5.2
5. สิ่งทอ*	6.5	3.2	7.9	3.9
6. เศษไม้ ใบไม้*	8.3	0.9	15.6	14.1
7. แก้ว	3.8	0.2	3.3	13.9
8. โลหะ	8.5	18.1	1.1	3.6
9. หิน กระเบื้อง	-	-	0.8	-
10. ของเสียจาก สวนสาธารณะ *	8.5	4.1	5.2	5.9
ผลรวมร้อยละมูลฝอย อินทรีย์ประเภท j	63.1	38.2	74.3	62.4

หมายเหตุ: \* มูลฝอยอินทรีย์ประเภท j

ที่มา : <sup>1</sup> (บริษัทซีเอ็มเอส, 2540), <sup>2</sup> (กรมควบคุมมลพิษ, มปป)

### 3.2.3 ลักษณะสมบัติมูลฝอยทางเคมี (chemical characteristic)

การศึกษาในส่วนนี้เลือกตัวแทนมูลฝอยสดจากพื้นที่ฝังกลบเทศบาลนครหาดใหญ่ วันที่ 5 เดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 25521 เนื่องจากปริมาณ ประเภทและสัดส่วนมูลฝอยแต่ละประเภทของทั้ง 2 พื้นที่ไม่ต่างกัน แสดงดังตารางที่ 3-1 และ 3-2 ข้างต้น

ผลการศึกษาลักษณะสมบัติมูลฝอยทางเคมี พบว่า ค่าเฉลี่ยความชื้นของมูลฝอยรวมเท่ากับร้อยละ 48.8 โดยน้ำหนักมูลฝอยสด และค่าสัดส่วนปริมาณสารอินทรีย์คาร์บอน (organic carbon) ปริมาณไนโตรเจน (total nitrogen) ปริมาณไฮโดรเจน (hydrogen) และออกซิเจน (oxygen) ทั้งหมดมีค่าเฉลี่ยเท่ากับร้อยละ 43.3 0.5 6.3 และ 40.8 ของน้ำหนักมูลฝอย และคิดเป็นสัดส่วนของสารอาหาร (C/N ratio) จากมูลฝอยสดรวมมีค่าเท่ากับ 81.7:1 และ พีเอชของดินเท่ากับ 6.2 ดังตารางที่ 3-6

ตารางที่ 3-6 ลักษณะสมบัติมูลฝอยทางเคมีในพื้นที่ฝังกลบมูลฝอยเทศบาลนครหาดใหญ่

มูลฝอยอินทรีย์	คุณสมบัติมูลฝอยทางเคมี (% by weight : dry weight)					
	moisture content	carbon	nitrogen	hydrogen	oxygen	C/N
เศษอาหาร	52.8	37.7	1.5	5.1	35.9	25.1
กระดาษ	46.7	38.0	-	5.4	41.0	38.0
ยาง หนังสืงทอ	30.0	56.8	1.5	8.1	16.0	37.9
พลาสติก	52.6	83.8	-	11.4	5.6	83.8
เศษไม้	60.9	47.2	1.6	7.4	34.3	29.5
*มูลฝอยรวม	48.8	43.3	0.5	6.3	40.8	86.6

หมายเหตุ: มูลฝอยรวมประกอบด้วย เศษอาหาร กระดาษ ยาง/หนัง สิ่งทอ และไม้ ยกเว้นพลาสติก

จากผลการศึกษาเห็นได้ว่า อัตราส่วนระหว่างอินทรีย์คาร์บอนกับไนโตรเจนทั้งหมดมีปริมาณสูงกว่า 30:1 และปริมาณความชื้นน้อยกว่าร้อยละ 60-70 ทำให้การย่อยสลายสารอินทรีย์ไม่มีประสิทธิภาพเนื่องจากปริมาณไนโตรเจนไม่เพียงพอต่อความต้องการของจุลินทรีย์ รวมทั้งความชื้นมีสภาวะไม่เอื้อต่อการทำงานของจุลินทรีย์ ส่งผลให้ก๊าซที่เกิดขึ้นมีปริมาณน้อย ทั้งนี้ เนื่องจากค่า C/N ratio ที่เหมาะสมอยู่ในช่วง 20-30 และปริมาณความชื้นที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของแบคทีเรียในการผลิตก๊าซมีเทนเท่ากับร้อยละ 60-70 (อธี อำพรายนต์, 2546)

### 3.3 ผลการประเมินการแพร่กระจายก๊าซมีเทนด้วยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์

การศึกษากการแพร่กระจายก๊าซมีเทนจากพื้นที่ฝังกลบมูลฝอยแบบสุขาภิบาล มีวิธีการศึกษา 3 วิธี คือ

3.3.1 คำนวณโดยใช้วิธี default ของ Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC)

3.3.2 คำนวณโดยใช้วิธีปฏิกิริยาลำดับที่ 1 first order decay ของ Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC)

3.3.3 การคำนวณโดยใช้โปรแกรม landfill gas emission model (LandGEM) หรือ first order Decay ซึ่งพัฒนาขึ้นโดย U.S. Environmental Protection Agency (U.S. EPA)

ซึ่งแบ่งรายละเอียดของแต่ละวิธีดังนี้



### 3.3.1 คำนวณโดยใช้วิธี default ของ IPCC

การคำนวณโดยวิธี default ของ IPCC เป็นการคำนวณที่ประกอบด้วย ปริมาณมูลฝอยที่เกิดขึ้น สัดส่วนของมูลฝอยที่นำไปกำจัดของพื้นที่ศึกษาปริมาณก๊าซมีเทนที่สามารถนำกลับมาใช้ประโยชน์ และศักยภาพการเกิดก๊าซมีเทน ผลการประเมินมีดังนี้

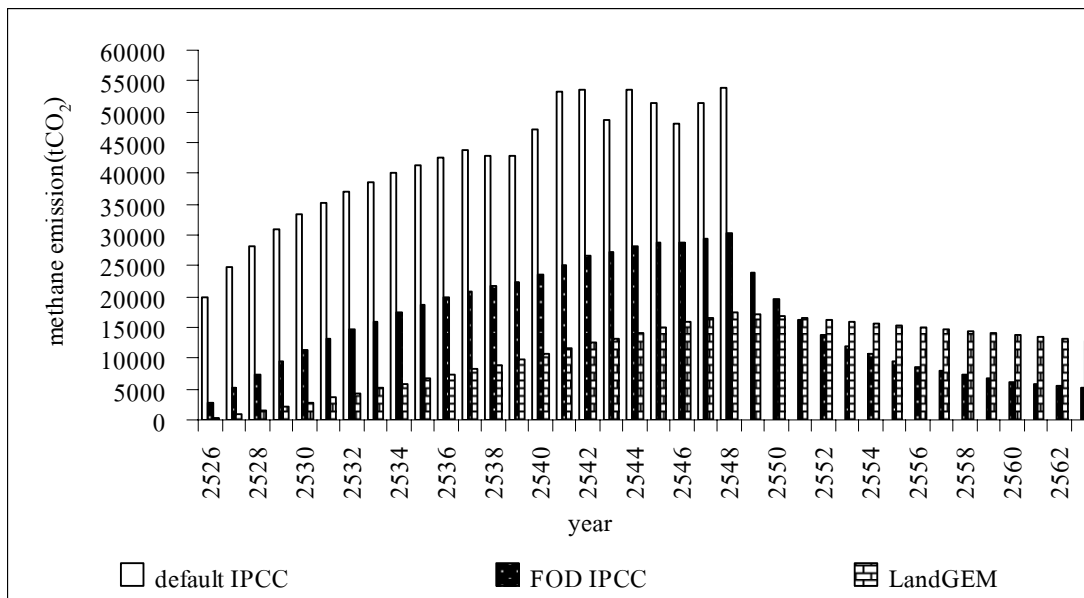
ผลการประเมินของเทศบาลนครหาดใหญ่ พบว่า ปริมาณก๊าซเพิ่มขึ้นตั้งแต่เริ่มฝังกลบมูลฝอยในปี พ.ศ. 2526 ถึงปี พ.ศ. 2548 และปริมาณก๊าซรวมทั้งหมดตั้งแต่ปี พ.ศ. 2526 ถึงปี พ.ศ. 2563 เท่ากับ 45,859 เมกกะกรัมมีเทนหรือ 963,039 ตันคาร์บอนไดออกไซด์ ปริมาณก๊าซแพร่ระบายสูงสุดในปี พ.ศ. 2548 เท่ากับ 2,562 เมกกะกรัมมีเทนหรือ 53,802 ตันคาร์บอนไดออกไซด์ หลังจากหยุดดำเนินงานปริมาณก๊าซที่เกิดขึ้นจะลดลงทันที 100% ในปี พ.ศ. 2549 เนื่องจากไม่มีมูลฝอยเข้าสู่พื้นที่ฝังกลบทำให้ไม่พบอัตราการแพร่ระบายก๊าซในพื้นที่ แสดงดังภาพประกอบที่ 3-3

ส่วนผลการประเมินของเทศบาลเมืองบ้านพรุบ่อที่ 1 มีลักษณะการแพร่ระบายเช่นเดียวกับเทศบาลนครหาดใหญ่ คือ ปริมาณก๊าซเพิ่มขึ้นตั้งแต่เริ่มฝังกลบมูลฝอยในปี พ.ศ. 2542 ถึงปี พ.ศ. 2548 และปริมาณก๊าซรวมทั้งหมดตั้งแต่ปี พ.ศ. 2542 ถึงปี พ.ศ. 2563 เท่ากับ 2,394 เมกกะกรัมมีเทนหรือ 50,274 ตันคาร์บอนไดออกไซด์ ปริมาณก๊าซแพร่ระบายสูงสุดในปี พ.ศ. 2546 เท่ากับ 416 เมกกะกรัมมีเทนหรือ 8,736 ตันคาร์บอนไดออกไซด์ และหลังจากหยุดดำเนินงานปริมาณก๊าซมีเทนลดลงทันทีในปี พ.ศ. 2549 โดยไม่พบอัตราการแพร่ระบายก๊าซในพื้นที่ แสดงดังภาพประกอบที่ 3-4

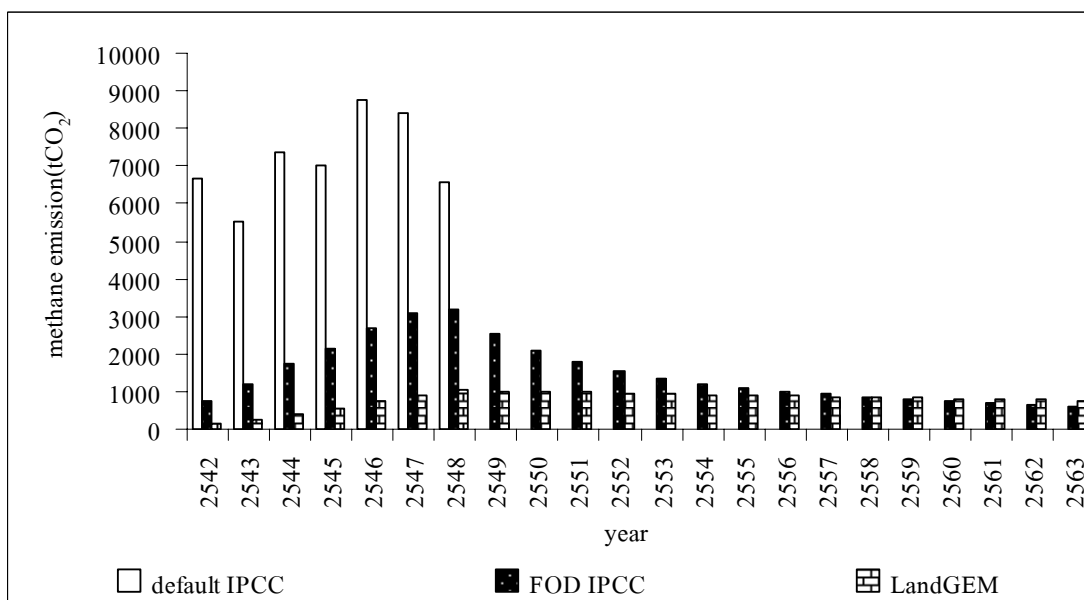
ในขณะที่ผลการประเมินของเทศบาลเมืองบ้านพรุบ่อที่ 2 มีลักษณะการแพร่ระบายเช่นเดียวกับเทศบาลนครหาดใหญ่และเทศบาลเมืองบ้านพรุบ่อที่ 1 คือ ปริมาณก๊าซเพิ่มขึ้นตั้งแต่เริ่มฝังกลบมูลฝอยในปี พ.ศ. 2549 ถึงปี พ.ศ. 2554 และปริมาณก๊าซรวมทั้งหมดตั้งแต่ปี พ.ศ. 2549 ถึงปี พ.ศ. 2569 เท่ากับ 2,346 เมกกะกรัมมีเทนหรือ 49,266 ตันคาร์บอนไดออกไซด์ ปริมาณก๊าซแพร่ระบายสูงสุดในปี พ.ศ. 2551 เท่ากับ 444 เมกกะกรัมมีเทนหรือ 8,324 ตันคาร์บอนไดออกไซด์ ส่วนการแพร่ระบายก๊าซมีเทนในปี พ.ศ. 2552 เท่ากับ 414 เมกกะกรัมมีเทนหรือ 8,694 ตันคาร์บอนไดออกไซด์ และหลังจากหยุดดำเนินงานปริมาณก๊าซมีเทนลดลงทันทีในปี พ.ศ. 2555 โดยไม่พบอัตราการแพร่ระบายก๊าซในพื้นที่ แสดงดังภาพประกอบที่ 3-5

วิธี default นี้ใช้เพื่อประเมินปริมาณก๊าซทั้งหมดที่เกิดขึ้นจากมูลฝอยที่เข้าสู่พื้นที่ฝังกลบในปีนั้น โดยไม่คำนึงถึงระยะเวลาในการย่อยสลาย ปริมาณก๊าซที่คำนวณได้ เป็นค่าต่อมูลฝอยในปีนั้นๆ ดังนั้น จึงไม่สามารถประเมินการใช้ประโยชน์จากก๊าซที่เกิดขึ้นได้ เนื่องจากในทางปฏิบัติปริมาณก๊าซทั้งหมดที่เกิดขึ้นคิดจากมูลฝอยที่เข้าสู่พื้นที่ฝังกลบและถูกสะสมภายในเวลา 15 ปี อย่างไรก็ตาม วิธี default สามารถประเมินปริมาณก๊าซที่เกิดขึ้นทั้งหมด โดยภาพรวมจาก

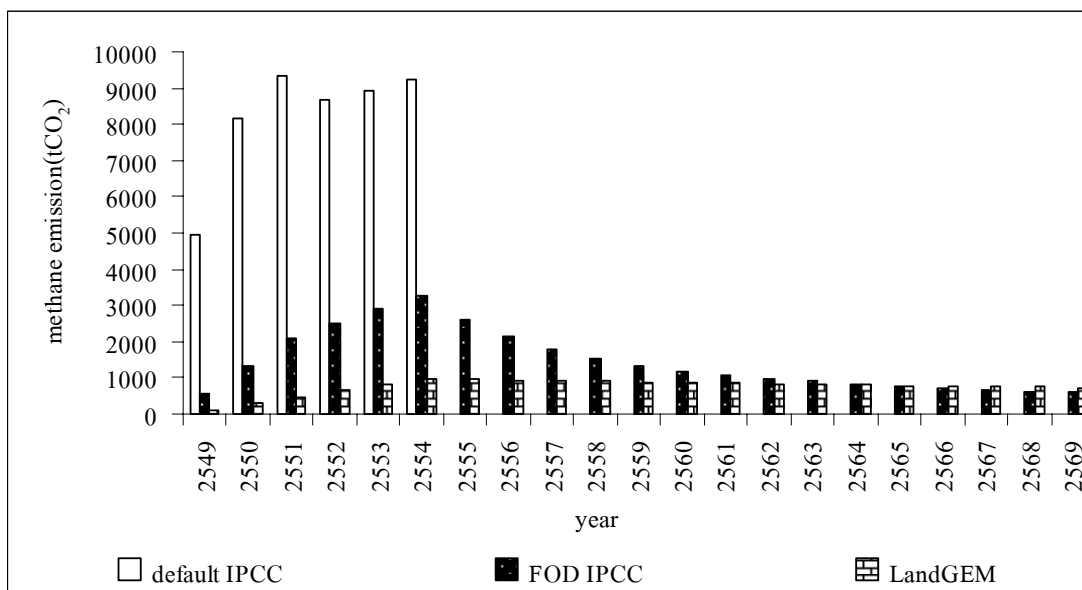
ปริมาณมูลฝอยหนึ่งก้อนที่เข้าสู่พื้นที่ฝังกลบดังกล่าวข้างต้น



ภาพประกอบที่ 3-3 การแพร่กระจายก๊าซมีเทนจากพื้นที่ฝังกลบมูลฝอยเทศบาลนครหาดใหญ่ตั้งแต่ พ.ศ.2526 – พ.ศ.2563



ภาพประกอบที่ 3-4 การแพร่กระจายก๊าซมีเทนจากพื้นที่ฝังกลบมูลฝอยเทศบาลเมืองบ้านพรุบ่อที่ 1 ตั้งแต่ พ.ศ.2542 – พ.ศ.2563



ภาพประกอบที่ 3-5 การแพร่กระจายก๊าซมีเทนจากพื้นที่ฝังกลบมูลฝอยเทศบาลเมืองบ้านพรุบ่อที่ 2 ตั้งแต่ พ.ศ.2549 – พ.ศ.2569

### 3.3.2 ผลการคำนวณโดยใช้วิธีปฏิกิริยาลำดับที่ 1 (first order decay) ของ IPCC

การคำนวณโดยใช้วิธีปฏิกิริยาลำดับที่ 1 (first order decay) ของ IPCC เป็นการคำนวณที่ประกอบด้วย ปริมาณมูลฝอยที่เกิดขึ้นโดยแยกตามสัดส่วนองค์ประกอบมูลฝอยอินทรีย์ 5 ประเภท ได้แก่ เศษอาหาร กระดาษ เศษไม้ สิ่งทอ และของเสียจากสวนสาธารณะ ผลการประเมินมีดังนี้

ผลการประเมินของเทศบาลนครหาดใหญ่ พบว่า ปริมาณก๊าซเพิ่มขึ้นตั้งแต่เริ่มฝังกลบมูลฝอยในปี พ.ศ. 2526 ถึงปี พ.ศ. 2548 และปริมาณก๊าซรวมทั้งหมดตั้งแต่ปี พ.ศ. 2526 ถึงปี พ.ศ. 2563 เท่ากับ 28,956 เมกกะกรัมมีเทนหรือ 608,076 ตันคาร์บอนไดออกไซด์ ปริมาณก๊าซมีเทนที่แพร่กระจายในปี พ.ศ.2552 เท่ากับ 659 เมกกะกรัมมีเทนหรือ 13,839 ตันคาร์บอนไดออกไซด์ และปริมาณก๊าซที่สามารถนำไปใช้ประโยชน์เมื่อเริ่มดำเนินการตั้งแต่ปี พ.ศ. 2553 เท่ากับ 4,071 เมกกะกรัมมีเทนหรือ 85,491 ตันคาร์บอนไดออกไซด์ แสดงดังภาพประกอบที่ 3-3

ส่วนผลการประเมินของเทศบาลเมืองบ้านพรุบ่อที่ 1 พบว่า ปริมาณก๊าซเพิ่มขึ้นตั้งแต่เริ่มฝังกลบมูลฝอยในปี พ.ศ. 2542 ถึงปี พ.ศ. 2548 และปริมาณก๊าซรวมทั้งหมดตั้งแต่ปี พ.ศ. 2542 ถึงปี พ.ศ. 2563 เท่ากับ 1,554 เมกกะกรัมมีเทนหรือ 32,634 ตันคาร์บอนไดออกไซด์ ปริมาณก๊าซมีเทนที่แพร่กระจายในปี พ.ศ.2552 เท่ากับ 73 เมกกะกรัมมีเทนหรือ 1,533 ตันคาร์บอนไดออกไซด์ และปริมาณก๊าซที่สามารถนำไปใช้ประโยชน์เมื่อเริ่มดำเนินการตั้งแต่ปี

พ.ศ. 2553 เท่ากับ 471 เมกกะกรัมมีเทนหรือ 9,891 ดันคาร์บอนไดออกไซด์ แสดงดังภาพประกอบที่ 3-4

ในขณะที่ผลการประเมินของเทศบาลเมืองบ้านพรุบ่อที่ 2 พบว่า ปริมาณก๊าซเพิ่มขึ้นตั้งแต่เริ่มฝังกลบมูลฝอยในปี พ.ศ. 2549 ถึงปี พ.ศ. 2554 และปริมาณก๊าซรวมทั้งหมดตั้งแต่ปี พ.ศ.2549 ถึงปี พ.ศ.2569 เท่ากับ 1,442 เมกกะกรัมมีเทนหรือ 30,282 ดันคาร์บอนไดออกไซด์ ปริมาณก๊าซมีเทนที่แพร่ระบายในปี พ.ศ.2552 เท่ากับ 120 เมกกะกรัมมีเทนหรือ 2,520 ดันคาร์บอนไดออกไซด์ และปริมาณก๊าซที่สามารถนำไปใช้ประโยชน์เมื่อเริ่มดำเนินการตั้งแต่ปี พ.ศ. 2553 เท่ากับ 1,132 เมกกะกรัมมีเทนหรือ 23,772 ดันคาร์บอนไดออกไซด์ แสดงดังภาพประกอบที่ 3-5

วิธีปฏิบัติลำดับที่ 1 นี้ใช้เพื่อประเมินปริมาณก๊าซที่เกิดขึ้นทั้งหมดจากปริมาณมูลฝอยที่มีการทับถมกัน โดยคำนึงถึงระยะเวลาในการย่อยสลายสารอินทรีย์ในมูลฝอยและใช้ค่าอัตราการย่อยสลาย (k) และสัดส่วนของมูลฝอยอินทรีย์ 5 ประเภทดังกล่าว ซึ่งมีผลต่อปริมาณก๊าซที่เกิดขึ้นทำให้ต้องมีการตรวจวัดองค์ประกอบมูลฝอยจริงเพื่อคำนวณค่าดังกล่าว วิธีนี้จึงใช้ข้อมูลจริงจากภาคสนามมาใช้ในการประเมินก๊าซมากที่สุด

### 3.3.3 ผลการคำนวณโดยใช้โปรแกรม LandGEM ของ U.S. EPA

โปรแกรม LandGEM ของ U.S. EPA กำหนดให้การย่อยสลายมูลฝอยและการเกิดก๊าซเป็นปฏิกริยาลำดับที่ 1 เป็นการคำนวณที่ประกอบด้วย ปริมาณมูลฝอยที่เกิดขึ้น แสดงดังภาพประกอบที่ 3-1 และภาพประกอบที่ 3-2 ส่วนอัตราการเกิดก๊าซมีเทนใช้ค่า  $k = 0.2$  ต่อปี กำหนดโดยศูนย์ปฏิบัติการพลังงานและสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ซึ่งเหมาะสมกับสภาพอากาศในภาคใต้ของประเทศไทย ผลการประเมินมีดังนี้

ผลการประเมินของเทศบาลนครหาดใหญ่ พบว่า ปริมาณก๊าซเพิ่มขึ้นตั้งแต่เริ่มฝังกลบมูลฝอยในปี พ.ศ. 2526 ถึงปี พ.ศ. 2548 และปริมาณก๊าซรวมทั้งหมดตั้งแต่ปี พ.ศ. 2526 ถึงปี พ.ศ. 2563 เท่ากับ 19,961 เมกกะกรัมมีเทนหรือ 419,188 ดันคาร์บอนไดออกไซด์ ปริมาณก๊าซมีเทนที่แพร่ระบายในปี พ.ศ. 2552 เท่ากับ 767 เมกกะกรัมมีเทนหรือ 16,107 ดันคาร์บอนไดออกไซด์ และปริมาณก๊าซที่สามารถนำไปใช้ประโยชน์เมื่อเริ่มดำเนินการตั้งแต่ปี พ.ศ. 2553 เท่ากับ 7,501 เมกกะกรัมมีเทนหรือ 157,522 ดันคาร์บอนไดออกไซด์ แสดงดังภาพประกอบที่ 3-3

ส่วนผลการประเมินของเทศบาลเมืองบ้านพรุบ่อที่ 1 พบว่า ปริมาณก๊าซเพิ่มขึ้นตั้งแต่เริ่มฝังกลบมูลฝอยในปี พ.ศ. 2542 ถึงปี พ.ศ. 2548 และปริมาณก๊าซรวมทั้งหมดตั้งแต่ปี พ.ศ. 2542 ถึงปี พ.ศ. 2563 เท่ากับ 826 เมกกะกรัมมีเทนหรือ 17,346 ดันคาร์บอนไดออกไซด์

ปริมาณก๊าซมีเทนที่แพร่กระจายในปี พ.ศ. 2552 เท่ากับ 45 เมกกะกรัมมีเทนหรือ 955 ดันคาร์บอนไดออกไซด์ และปริมาณก๊าซที่สามารถนำไปใช้ประโยชน์เมื่อเริ่มดำเนินการตั้งแต่ปี พ.ศ. 2553 เท่ากับ 445 เมกกะกรัมมีเทนหรือ 9,335 ดันคาร์บอนไดออกไซด์ แสดงดังภาพประกอบที่ 3-4

ในขณะที่ผลการประเมินของเทศบาลเมืองบ้านพรุบ่อที่ 2 พบว่า ปริมาณก๊าซเพิ่มขึ้นตั้งแต่เริ่มฝังกลบมูลฝอยในปี พ.ศ. 2549 ถึงปี พ.ศ. 2554 และปริมาณก๊าซรวมทั้งหมดตั้งแต่ปี พ.ศ. 2549 ถึงปี พ.ศ. 2569 เท่ากับ 757 เมกกะกรัมมีเทนหรือ 15,889 ดันคาร์บอนไดออกไซด์ ปริมาณก๊าซมีเทนที่แพร่กระจายในปี พ.ศ. 2552 เท่ากับ 31 เมกกะกรัม มีเทนหรือ 645 ดันคาร์บอนไดออกไซด์ และปริมาณก๊าซที่สามารถนำไปใช้ประโยชน์เมื่อเริ่มดำเนินการตั้งแต่ปี พ.ศ. 2553 เท่ากับ 627 เมกกะกรัมมีเทนหรือ 14,385 ดันคาร์บอนไดออกไซด์ แสดงดังภาพประกอบที่ 3-5

โปรแกรม LandGEM เป็นการคำนวณจากมูลฝอยที่มีการทับถมกันและคำนึงระยะเวลาในการย่อยสลาย และใช้อัตราการย่อยสลาย (k) ของมูลฝอยทุกประเภทรวมกัน ทำให้ปริมาณก๊าซที่เกิดขึ้นไม่ได้แปรผันตามองค์ประกอบและชนิดของมูลฝอยที่เข้าสู่พื้นที่ฝังกลบ

จากการประเมินศักยภาพและการแพร่กระจายก๊าซมีเทนจากพื้นที่ฝังกลบมูลฝอยทั้ง 2 พื้นที่พบว่า ค่าที่คำนวณตามวิธี default ของ IPCC มีค่าสูงสุด รองลงมาคือ วิธีปฏิกิริยาลำดับที่ 1 ของ IPCC และ โปรแกรม LandGEM ของ U.S. EPA เห็นได้ว่า วิธีคำนวณที่ควรเลือกใช้คาดการณ์ก๊าซที่เกิดขึ้น คือ วิธีปฏิกิริยาลำดับที่ 1 ของ IPCC และ โปรแกรม LandGEM ของ U.S. EPA เนื่องจากลักษณะของการเกิดก๊าซและการย่อยสลายสารอินทรีย์นั้น การย่อยสลายก๊าซมีเทนเป็นไปตามเวลาในช่วงแรกที่มีมูลฝอยเข้าสู่ระบบการย่อยสลายจะถูกย่อยสลายในเวลา 1-5 ปี สำหรับมูลฝอยที่ย่อยสลายเร็ว ส่วนมูลฝอยที่ย่อยสลายช้าจะใช้เวลาในการย่อยสลาย 15-20 ปี โดยส่วนใหญ่ มูลฝอยอินทรีย์ทั้งหมดใช้เวลาในการย่อยสลาย 15 ปี สอดคล้องกับทฤษฎีการแพร่กระจายก๊าซจากพื้นที่ฝังกลบมูลฝอยของ Tchobanoglous และคณะ (1993) นอกจากนี้การย่อยสลายมูลฝอยขึ้นอยู่กับปริมาณของมูลฝอยที่เข้าสู่พื้นที่ฝังกลบและอัตราการการย่อยสลาย (k) ผลการประเมินดังกล่าวสอดคล้องกับการประเมินการแพร่กระจายก๊าซมีเทนโดย Kumar และคณะ (2004) ประเมินการการแพร่กระจายก๊าซมีเทนจากพื้นที่ฝังกลบมูลฝอยในประเทศอินเดีย พบว่าการประเมินด้วยวิธี default ของ IPCC สูงกว่าวิธี first order decay ร่วมกับ triangular โดยวิธี default ของ IPCC มีอัตราการแพร่กระจายก๊าซเท่ากับ 263.02 จิกะกรัม ในปี 1980 ถึง 502.46 จิกะกรัม ในปี 1999 และวิธี first order decay ร่วมกับ triangular มีอัตราการแพร่กระจายก๊าซเท่ากับ 119.01 จิกะกรัม ในปี 1980

และ 400.66 จิกะกรัม ในปี 1999 ตามลำดับ และ weitz และคณะ (2006) ประเมินศักยภาพการแพร่ระบาดของก๊าซมีเทนในประเทศปานามา พบว่าการประเมินด้วยวิธี default ของ IPCC สูงกว่าวิธี first order decay โดยวิธี default ของ IPCC มีอัตราการแพร่ระบาดของก๊าซเท่ากับ 24.6 จิกะกรัม ในปี 1990 ถึง 41.6 จิกะกรัม ในปี 2020 และวิธี first order decay มีอัตราการแพร่ระบาดของก๊าซเท่ากับ 23.1 จิกะกรัม ในปี 1990 ถึง 41.6 จิกะกรัม ในปี 2020 ตามลำดับ ส่วน ซาดิ เจียมไชยศรี และคณะ(2545) ประเมินศักยภาพการแพร่ระบาดของก๊าซมีเทนจากพื้นที่ฝังกลบมูลฝอยและกองมูลฝอยกลางแจ้งในประเทศไทย จำนวน 142 แห่ง พบว่าการประเมินด้วยวิธี default ของ IPCC สูงกว่าโปรแกรม LandGEM ของ U.S. EPA เท่ากับ 138.9 และ 94.7 จิกะกรัมต่อปีตามลำดับ

จากการการศึกษาข้างต้น เมื่อพิจารณาโดยรวมที่อัตราการผลิตก๊าซเท่ากับศูนย์สามารถอธิบายได้ว่า โปรแกรม LandGEM ของ U.S. EPA มีอัตราการแพร่ระบาดรวมสูงสุดรองลงมาก็คือวิธี default ของ IPCC และวิธีปฏิบัติกรรณลำดับที่ 1 ของ IPCC โดยพื้นที่ฝังกลบมูลฝอยเทศบาลนครหาดใหญ่มีอัตราการแพร่ระบาดรวมเท่ากับ 1,053,108 963,018 และ 697,893 ตันคาร์บอนไดออกไซด์ ใช้ระยะเวลาในการย่อยสลายเท่ากับ 392 22 และ 179 ปี ตามลำดับ ส่วนพื้นที่ฝังกลบมูลฝอยเทศบาลเมืองบ้านพรุ บ่อที่ 1 มีอัตราการแพร่ระบาดของก๊าซรวมเท่ากับ 54,756 50,254 และ 45,169 ตันคาร์บอนไดออกไซด์ ใช้ระยะเวลาในการย่อยสลายเท่ากับ 235 6 และ 203 ปี ตามลำดับ และพื้นที่ฝังกลบมูลฝอยเทศบาลเมืองบ้านพรุ บ่อที่ 2 มีอัตราการแพร่ระบาดของก๊าซรวมเท่ากับ 51,324 49,234 และ 42,368 ตันคาร์บอนไดออกไซด์ ใช้ระยะเวลาในการย่อยสลายเท่ากับ 231 5 และ 201 ปี ตามลำดับ แสดงดังตารางภาคผนวก ง-12 ภาคผนวก ง-13 และ ภาคผนวก ง-14

เห็นได้ว่า การคำนวณยอดรวมการผลิตก๊าซทั้งหมดด้วย วิธี default ของ IPCC และโปรแกรม LandGEM ของ U.S. EPA มีค่าใกล้เคียงกันเนื่องจากค่าตัวแปรที่ใช้ในการคำนวณได้แก่ ศักยภาพการเกิดก๊าซมีเทน ( $L_0$ ) มีค่าเท่ากันเนื่องจากใช้วิธีการคำนวณเดียวกัน และคำนวณจากมูลฝอยทุกประเภทรวมกัน ในขณะที่วิธี วิธีปฏิบัติกรรณลำดับที่ 1 ของ IPCC คำนวณจากปริมาณสัดส่วนมูลฝอยอินทรีย์ประเภท j 5 ประเภท ได้แก่ เศษอาหาร กระดาษ ยาง/หนัง สิ่งทอ และไม้ เท่านั้น ทำให้อัตราการแพร่ระบาดของก๊าซรวมมีปริมาณต่ำกว่า 2 วิธีดังกล่าวข้างต้น การนำก๊าซที่เกิดขึ้นจากพื้นที่ฝังกลบมาใช้ประโยชน์ต้องดำเนินการทันที เนื่องจากปริมาณก๊าซมีการแพร่อย่างต่อเนื่อง และควรดำเนินการฝังกลบแบบถูกหลักสุขาภิบาล โดยเฉพาะการติดตั้งท่อระบายก๊าซที่มีประสิทธิภาพ

### 3.4 ผลการประเมินการแพร่ระบายก๊าซมีเทนจากการตรวจวัดจริง

การศึกษาอัตราการแพร่ระบายก๊าซมีเทนภาคสนามโดยวิธี close flux chamber ทำการศึกษาจากพื้นที่ฝังกลบมูลฝอยเทศบาลนครหาดใหญ่ และเทศบาลเมืองบ้านพรุ มีดังนี้

#### 3.4.1 สภาวะของพื้นที่ศึกษา

ข้อมูลสภาพอากาศของพื้นที่รวบรวมจากสำนักงานอุตุนิยมวิทยาของ จ.สงขลา ปี พ.ศ. 2552 ผลการศึกษามีดังนี้

1) วันที่ 29-31 ธันวาคม พ.ศ. 2551 สภาพอากาศในพื้นที่ที่มีความเร็วลม 9 นี้อด ทิศทางลมอยู่ที่ 80 องศา ปริมาณน้ำฝน 11.95 มิลลิเมตร ความชื้นเท่ากับร้อยละ 90.5 อุณหภูมิเฉลี่ยที่ 24.35 องศา

2) วันที่ 5-7 มกราคม พ.ศ. 2552 สภาพอากาศในพื้นที่ที่มีความเร็วลม 11 ทิศทางลมอยู่ที่ 57 องศา ปริมาณน้ำฝน 0 มิลลิเมตร ความชื้นเท่ากับร้อยละ 76.3 อุณหภูมิเฉลี่ยที่ 26.5 องศา

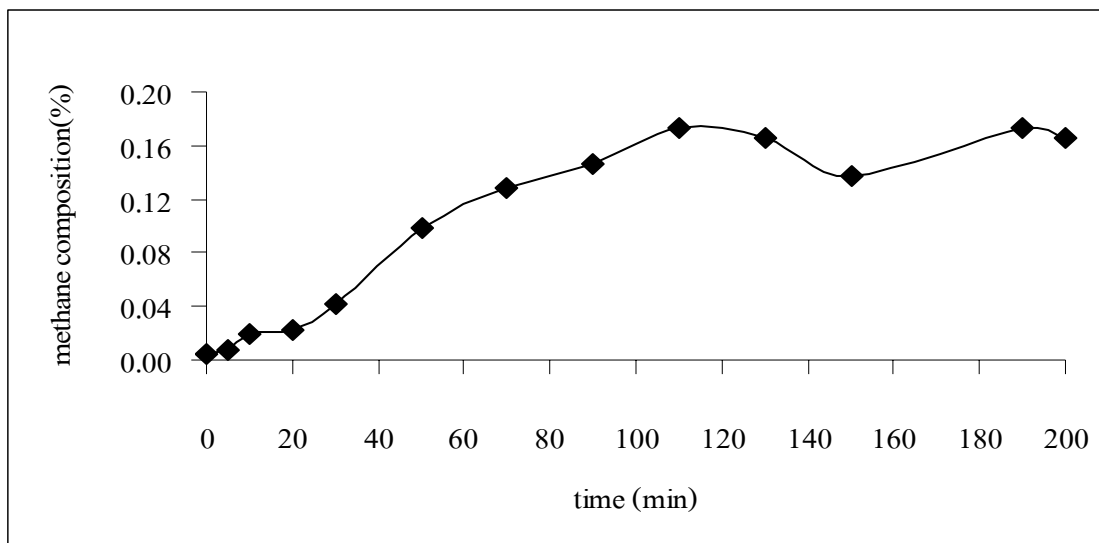
3) วันที่ 17-19 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2552 สภาพอากาศในพื้นที่ที่มีความเร็วลม 12 นี้อด ทิศทางลมอยู่ที่ 37 องศา ไม่พบปริมาณน้ำฝน ความชื้นเท่ากับร้อยละ 72.3 อุณหภูมิเฉลี่ยที่ 26.1 องศา

4) วันที่ 25-27 มีนาคม พ.ศ. 2552 สภาพอากาศในพื้นที่ที่มีความเร็วลม 10 นี้อด ทิศทางลมอยู่ที่ 220 องศา ปริมาณน้ำฝน 7.3 มิลลิเมตร ความชื้นเท่ากับร้อยละ 81.3 อุณหภูมิเฉลี่ยที่ 26.5 องศา

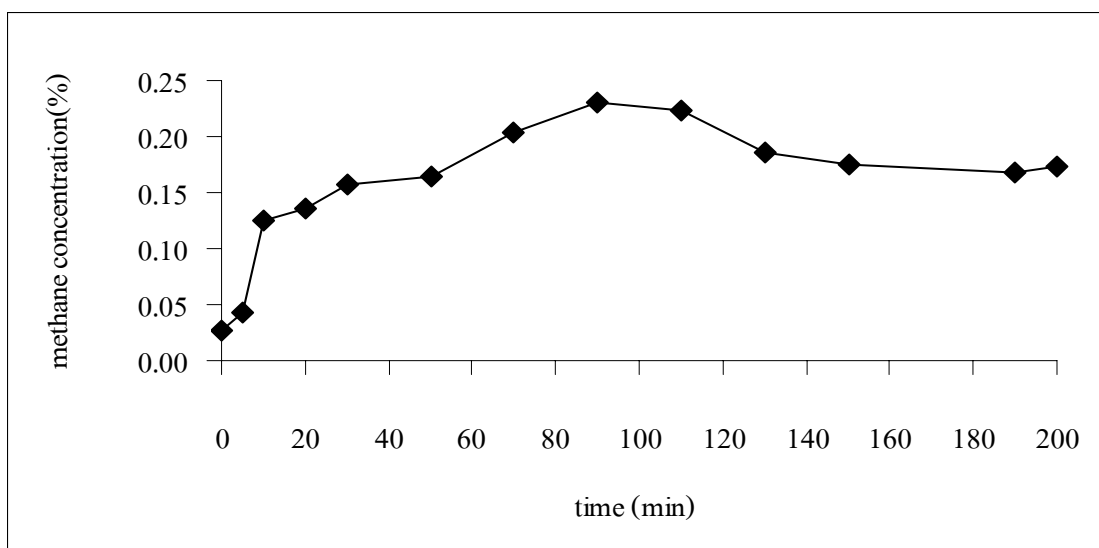
5) วันที่ 4-6 เมษายน พ.ศ. 2552 สภาพอากาศในพื้นที่ที่มีความเร็วลม 12 นี้อด ทิศทางลมอยู่ที่ 287 องศา ปริมาณน้ำฝน 0.8 มิลลิเมตร ความชื้นเท่ากับร้อยละ 73.3 อุณหภูมิเฉลี่ยที่ 28.2 องศา

#### 3.4.2 การหาช่วงเวลาที่เหมาะสมในการเก็บตัวอย่างก๊าซ

การหาช่วงเวลาที่เหมาะสมในการเก็บตัวอย่างก๊าซเพื่อทำการวัดการแพร่ระบายก๊าซมีเทน โดยวิธี close flux chamber ทำการสุ่มพื้นที่การเก็บตัวอย่างก๊าซ 3 ตำแหน่งบนพื้นที่ฝังกลบมูลฝอยเทศบาลนครหาดใหญ่และเทศบาลเมืองบ้านพรุ โดยใช้เวลาในการทดลอง 200 นาที พบว่า ร้อยละของความเข้มข้นก๊าซมีเทนจะเพิ่มขึ้นและคงที่ที่เวลา 110-130 นาที แสดงดังภาพประกอบที่ 3-6 และภาพประกอบที่ 3-7 และภาคผนวก จ ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ สุรัตน์ โกวานิชย์ (2546) และอนุชิต สวัสดิ์ (2547) ได้ติดตั้ง chamber เก็บตัวอย่างก๊าซ 300 นาที พบว่า ร้อยละความเข้มข้นก๊าซเพิ่มขึ้นตามเวลาและคงที่ที่เวลา 60-100 นาที ดังนั้นการศึกษารุ่นนี้ ได้ทำการเก็บตัวอย่างก๊าซมีเทนเพื่อศึกษาอัตราการแพร่ระบายก๊าซที่เวลา 5, 10, 20, 30, 50, 70, 90, 110, 130 นาที วิธีการคำนวณการแพร่ระบายก๊าซแสดงในภาคผนวก จ



ภาพประกอบที่ 3-6 ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของก๊าซมีเทนกับเวลาบนพื้นที่ฝังกลบมูลฝอยเทศบาลนครหาดใหญ่



ภาพประกอบที่ 3-7 ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของก๊าซมีเทนกับเวลาบนพื้นที่ฝังกลบมูลฝอยเทศบาลเมืองบ้านพรุ

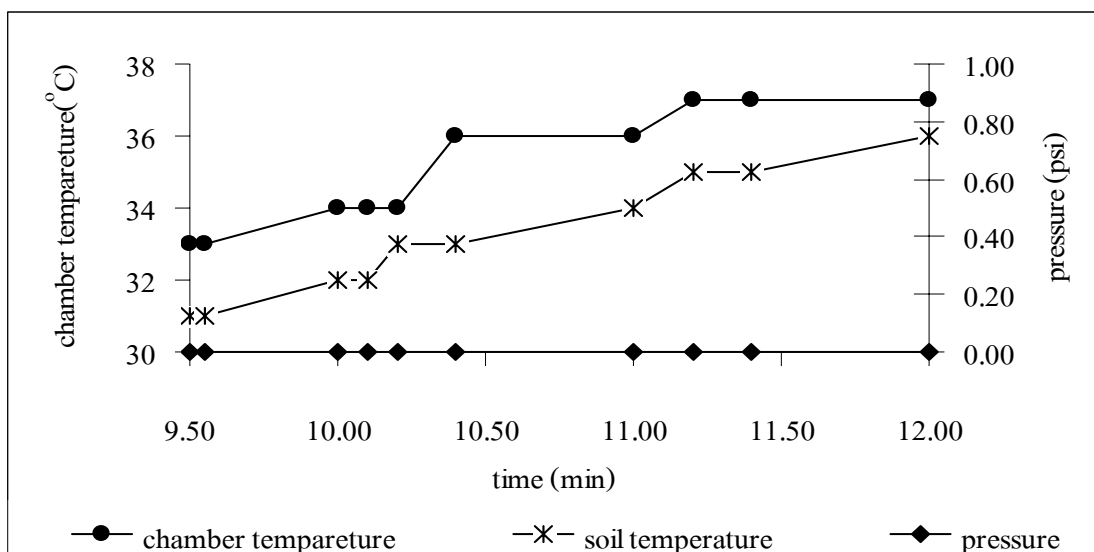


### 3.4.3 อุณหภูมิและความดันภายใน chamber

การศึกษาพบว่าอัตราการแพร่ระบายก๊าซแปรผัน โดยตรงกับอุณหภูมิและความดัน ดังนั้นจึงได้ทำการตรวจวัดอุณหภูมิของดิน อุณหภูมิและความดันภายใน chamber ในช่วงเดือนธันวาคม เวลา 9.50 น. - 12.00 น. ของพื้นที่ฝั่งกลบเทศบาลนครหาดใหญ่ พบว่า อุณหภูมิใน chamber สูงกว่าอุณหภูมิหน้าดินเล็กน้อยประมาณ 1-2 องศาเซลเซียส อุณหภูมิหน้าดินจึงไม่เป็นปัจจัยสำคัญต่อการวัด โดยวิธี close flux chamber ทั้งนี้ เนื่องจากอุณหภูมิใน chamber เปลี่ยนแปลงตามเวลาในรอบวันช่วงเช้าอุณหภูมิต่ำกว่าช่วงสายหรือเที่ยงวันเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นความชื้นของก๊าซใน chamber สูงขึ้นด้วย ส่วนความดันใน chamber พบว่า คงที่ที่ระดับ 0 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว ทั้งนี้ เนื่องจากปริมาณก๊าซที่แพร่ออกมามีปริมาณน้อยมาก แสดงดังตารางที่ 3-7 และภาพประกอบที่ 3-8

ตารางที่ 3-7 อุณหภูมิ ความดัน และองค์ประกอบของก๊าซมีเทนตามช่วงเวลา

เวลา (นาท)	อุณหภูมิใน chamber (องศาเซลเซียส)	อุณหภูมิของ ดิน (องศาเซลเซียส)	ความดันใน chamber (ปอนด์ต่อตารางนิ้ว)	องค์ประกอบของ ก๊าซมีเทน (เปอร์เซ็นต์)
9.50 น.	33	31	0	0.003
9.55 น.	33	31	0	0.004
10.00 น.	34	32	0	0.005
10.10 น.	34	32	0	0.006
10.20 น.	34	33	0	0.006
10.40 น.	36	33	0	0.009
11.00 น.	36	34	0	0.009
11.20 น.	37	35	0	0.011
11.40 น.	37	35	0	0.025
12.00 น.	37	36	0	0.198



ภาพประกอบที่ 3-8 อุณหภูมิของดิน อุณหภูมิและความดันภายใน chamber บนพื้นที่ฝั่งกลบเทศบาลนครหาดใหญ่

### 3.4.4 ผลการประเมินการแพร่ระบายก๊าซมีเทนโดยวิธี close flux chamber

#### 1) ผลการแพร่ระบายก๊าซมีเทนจากพื้นที่ฝั่งกลบมูลฝอยเทศบาลนครหาดใหญ่

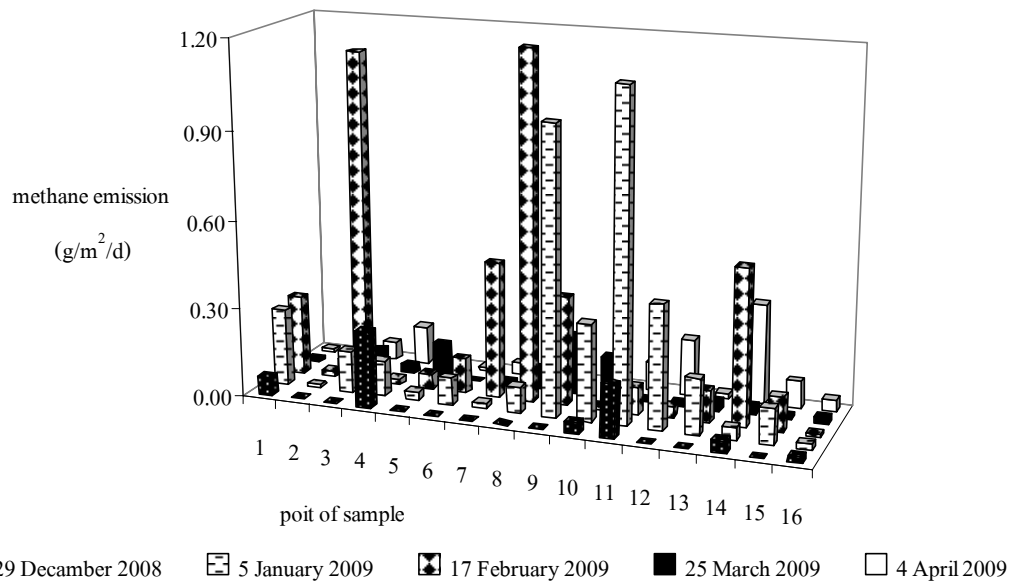
ผลการตรวจวัดอัตราการแพร่ระบายก๊าซมีเทนบนพื้นที่ฝั่งกลบมูลฝอยเทศบาลนครหาดใหญ่ ทั้งหมด 16 ตำแหน่ง พบว่า อัตราการแพร่ระบายก๊าซทั้ง 16 ตำแหน่ง ไม่สม่ำเสมอตลอดพื้นที่ฝั่งกลบมูลฝอย ดังนี้ ในฤดูฝนอัตราการแพร่ระบายก๊าซสูงสุดอยู่ที่ 1.18 กรัมต่อตารางเมตรต่อวัน และอัตราการแพร่ระบายก๊าซต่ำสุดอยู่ที่ 0.01 กรัมต่อตารางเมตรต่อวัน และในฤดูแล้งอัตราการแพร่ระบายก๊าซสูงสุดอยู่ที่ 0.34 กรัมต่อตารางเมตรต่อวัน และอัตราการแพร่ระบายก๊าซต่ำสุดอยู่ที่ 0.01 กรัมต่อตารางเมตรต่อวัน ส่วนอัตราการแพร่ระบายเฉลี่ยรวมเท่ากับ 0.45 กรัมต่อตารางเมตรต่อวันหรือเท่ากับ 0.04 เมกกะกรัมต่อวัน แสดงดังตารางที่ 3-8 และภาพประกอบที่ 3-9

จากผลการศึกษาดังกล่าวเห็นได้ว่าอัตราการแพร่ระบายก๊าซโดยเฉลี่ยต่ำมาก ทั้งนี้เนื่องจากเมื่อทำการตรวจวัดในช่วงฤดูฝน สภาพดินมีความชื้นสูงจึงทำให้บางตำแหน่งไม่สามารถตรวจวัดการแพร่ระบายก๊าซได้ ส่งผลให้ปริมาณก๊าซที่ได้ไม่ครอบคลุมพื้นที่ทั้งหมด ทั้งนี้บริเวณที่มีปริมาณความชื้นสูงทำให้มีการป้องกันการเคลื่อนที่ของก๊าซในแนวตั้ง ทำให้ก๊าซที่เกิดขึ้นไหลออกทางด้านข้างของกองมูลฝอย ซึ่งระดับของกองมูลฝอยสูงจากพื้นดินประมาณ 4 เมตร ในขณะที่ฤดูแล้งสภาพดินมีความชื้นลดลงส่งผลให้ตรวจพบการแพร่ระบายของก๊าซจากหน้าดินครอบคลุมทั่วทั้งพื้นที่ แสดงดังภาพประกอบที่ 3-10

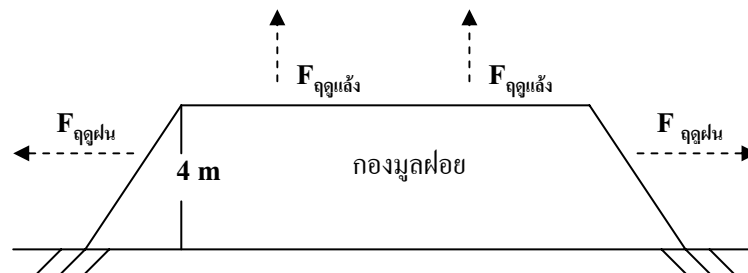
ตารางที่ 3-8 อัตราการแพร่ระบาดของก๊าซมีเทนจากพื้นที่ฝังกลบมูลฝอยเทศบาลนครหาดใหญ่

จุดเก็บ ตัวอย่าง	อัตราการแพร่ระบาดของก๊าซมีเทน (กรัมต่อตารางเมตรต่อวัน)					ผลรวม (ช่วง)
	ฤดูฝน		ฤดูแล้ง			
	29-30 ธ.ค. 51	5-6 ม.ค. 52	17-18 ก.พ. 52	25-26 มี.ค. 52	5-6 เม.ย. 52	
1	0.06	0.26	0.27	0.01	0.01	0.01 - 0.27
2	n.d.	0.01	0.02	0.02	0.01	0.01 - 0.02
3	n.d.	0.14	1.13	0.07	0.06	0.06 - 1.13
4	0.26	0.12	0.02	0.03	0.13	0.02 - 0.26
5	n.d.	0.03	0.05	0.12	0.01	0.01 - 0.12
6	n.d.	0.09	0.12	n.d.	0.01	0.01 - 0.12
7	n.d.	0.02	0.46	0.01	0.04	0.01 - 0.46
8	n.d.	0.09	1.18	0.07	0.09	0.07 - 1.18
9	n.d.	0.97	0.37	0.20	0.03	0.03 - 0.97
10	0.04	0.33	0.01	0.14	0.04	0.01 - 0.33
11	0.18	1.11	0.09	0.01	0.10	0.01 - 1.11
12	n.d.	0.42	0.04	0.01	0.19	0.01 - 0.42
13	n.d.	0.19	0.11	0.03	0.02	0.02 - 0.19
14	0.04	0.04	0.53	0.03	0.34	0.03 - 0.53
15	n.d.	0.12	0.12	0.01	0.09	0.01 - 0.12
16	0.02	0.02	0.01	0.02	0.04	0.01 - 0.04
ค่าเฉลี่ย						0.45

หมายเหตุ : n.d. หมายถึง ไม่สามารถตรวจพบที่ระดับ ppm (ppm : parts per million) และ 0.01 คือ ค่าต่ำสุดที่สามารถตรวจวัดได้



ภาพประกอบที่ 3-9 อัตราการแพร่ระบายก๊าซจากพื้นที่ฝังกลบมูลฝอยเทศบาลนครหาดใหญ่



ภาพประกอบที่ 3-10 ทิศทางการแพร่ระบายก๊าซมีเทนจากพื้นที่ฝังกลบมูลฝอย

หมายเหตุ: F คืออัตราการแพร่ระบายก๊าซต่อพื้นที่เวลา ดังสมการที่ 1-4

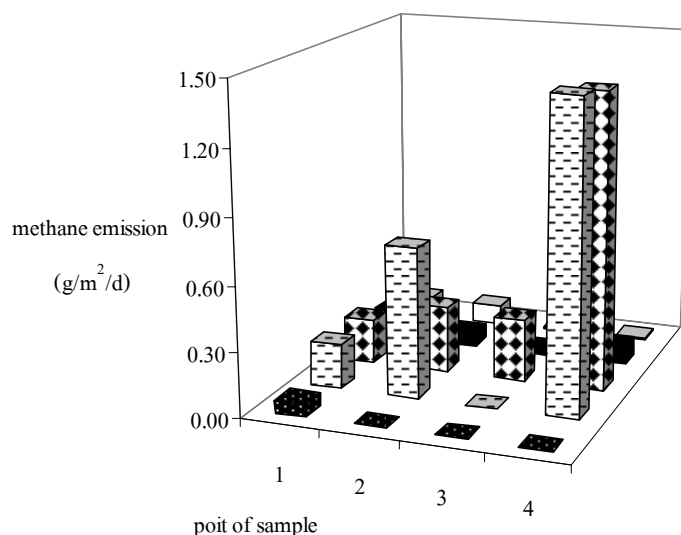
2) ผลการแพร่ระบายก๊าซมีเทนจากพื้นที่ฝังกลบมูลฝอยเทศบาลเมืองบ้านพรุ บ่อที่ 1

ผลการตรวจวัดอัตราการแพร่ระบายก๊าซมีเทนเฉลี่ยจากพื้นที่ฝังกลบมูลฝอยเทศบาลเมืองบ้านพรุบ่อที่ 1 ทั้งหมด 4 ตำแหน่ง พบว่า ในฤดูฝนอัตราการแพร่ระบายก๊าซสูงสุดอยู่ที่ 1.43 กรัมต่อตารางเมตรต่อวัน และอัตราการแพร่ระบายก๊าซต่ำสุดอยู่ที่ 0.06 กรัมต่อตารางเมตรต่อวัน และในฤดูแล้งอัตราการแพร่ระบายก๊าซสูงสุดอยู่ที่ 0.14 กรัมต่อตารางเมตรต่อวัน และอัตราการแพร่ระบายก๊าซต่ำสุดอยู่ที่ 0.01 กรัมต่อตารางเมตรต่อวัน ส่วนอัตราการแพร่ระบายเฉลี่ยรวมเท่ากับ 0.66 กรัมต่อตารางเมตรต่อวันหรือเท่ากับ 0.006 เมกกะกรัมต่อวัน แสดงดังตารางที่ 3-9 และภาพประกอบที่ 3-11

ตารางที่ 3-9 อัตราการแพร่ระบายก๊าซมีเทนจากพื้นที่ฝังกลบมูลฝอยเทศบาลเมืองบ้านพรุบ่อที่ 1

จุดเก็บ ตัวอย่าง	อัตราการแพร่ระบายก๊าซมีเทน (กรัมต่อตารางเมตรต่อวัน)					ผลรวม (ช่วง)
	ฤดูฝน		ฤดูแล้ง			
	31 ธ.ค. 51	7 ม.ค. 52	19 ก.พ. 52	27 มี.ค. 52	7 เม.ย. 52	
1	0.06	0.21	0.21	0.14	0.09	0.06 - 0.21
2	n.d.	0.70	0.31	0.07	0.09	0.07 - 0.70
3	n.d.	n.d.	0.29	0.03	0.01	0.01 - 0.29
4	n.d.	1.43	1.38	0.09	0.01	0.01 - 1.43
ค่าเฉลี่ย						0.66

หมายเหตุ : n.d. หมายถึง ไม่สามารถตรวจพบที่ระดับ ppm (ppm : parts per million) และ 0.01 คือ ค่าต่ำสุดที่สามารถตรวจวัดได้



■ 30 December 2008    ▨ 6 January 2009    ▩ 18 February 2009    ■ 26 March 2009    □ 5 April 2009

ภาพประกอบที่ 3-11 อัตราการแพร่ระบายก๊าซจากพื้นที่ฝังกลบมูลฝอยเทศบาลเมืองบ้านพรุ บ่อที่ 1

### 3) ผลการแพร่ระบายก๊าซมีเทนจากพื้นที่ฝังกลบมูลฝอยเทศบาลเมืองบ้านพรุบ่อที่ 2

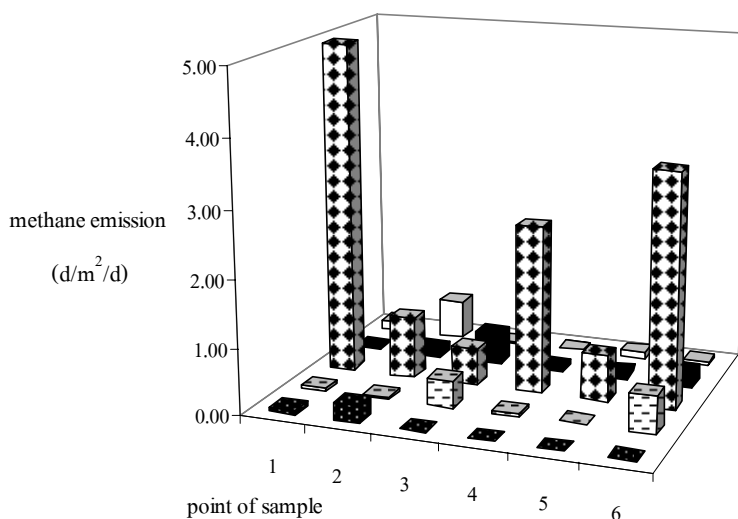
ผลการตรวจวัดอัตราการแพร่ระบายก๊าซมีเทนเฉลี่ยจากพื้นที่ฝังกลบมูลฝอยเทศบาลเมืองบ้านพรุบ่อที่ 2 ทั้งหมด 6 ตำแหน่ง พบว่า ในฤดูฝนอัตราการแพร่ระบายก๊าซสูงสุดอยู่ที่ 4.97 กรัมต่อตารางเมตรต่อวัน และอัตราการแพร่ระบายก๊าซต่ำสุดอยู่ที่ 0.02 กรัมต่อตารางเมตรต่อวัน และในฤดูแล้งอัตราการแพร่ระบายก๊าซสูงสุดอยู่ที่ 0.59 กรัมต่อตารางเมตรต่อวัน และอัตราการแพร่ระบายก๊าซต่ำสุดอยู่ที่ 0.02 กรัมต่อตารางเมตรต่อวัน ส่วนอัตราการแพร่ระบายเฉลี่ยรวม

เท่ากับ 2.19 กรัมต่อตารางเมตรต่อวันหรือเท่ากับ 0.03 เมกกะกรัมต่อวัน แสดงดังตารางที่ 3-10 และภาพประกอบที่ 3-12

ตารางที่ 3-10 อัตราการแพร่ระบายก๊าซมีเทนจากพื้นที่ฝังกลบมูลฝอยเทศบาลเมืองบ้านพรุ บ่อที่ 2

จุดเก็บ ตัวอย่าง	อัตราการแพร่ระบายก๊าซมีเทน (กรัมต่อตารางเมตรต่อวัน)					ผลรวม (ช่วง)
	ฤดูฝน			ฤดูแล้ง		
	31 ธ.ค. 51	7 ม.ค. 52	19 ก.พ. 52	27 มี.ค. 52	7 เม.ย. 52	
1	0.06	0.05	4.97	0.04	0.13	0.04 – 4.97
2	0.26	0.04	0.92	0.13	0.59	0.04 – 0.92
3	n.d.	0.41	0.56	0.48	0.02	0.02 - 0.56
4	n.d.	0.04	2.51	0.08	0.02	0.02 – 2.51
5	n.d.	0.02	0.70	0.10	0.09	0.02 – 0.70
6	n.d.	0.57	3.49	0.24	0.06	0.06 – 3.49
	เฉลี่ย					2.19

หมายเหตุ : n.d. หมายถึง ไม่สามารถตรวจพบที่ระดับ ppm (ppm : parts per million) และ 0.01 คือ ค่าต่ำสุดที่สามารถตรวจวัดได้

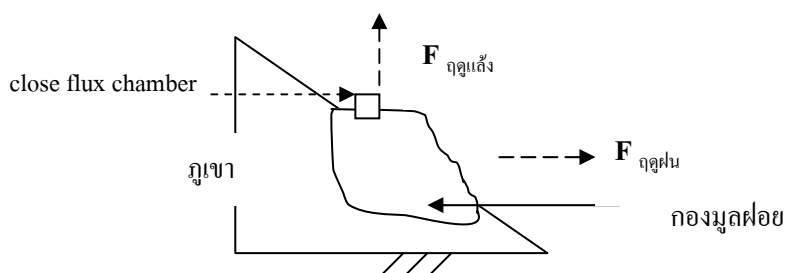


31 December 2008
  7 January 2009
  19 February 2009
  27 March 2009
  6 April 2009

ภาพประกอบที่ 3-12 อัตราการแพร่ระบายก๊าซจากพื้นที่ฝังกลบมูลฝอยเทศบาลเมืองบ้านพรุ บ่อที่ 2

จากผลการศึกษาของพื้นที่ฝึกลบเทศบาลเมืองบ้านพรุทั้ง 2 บ่อ พบว่า อัตราการเทศบาลเมืองบ้านพรุบ่อที่ 2 สูงกว่าบ่อที่ 1 เนื่องจากพื้นที่บ่อที่ 1 ได้หยุดเนินการตั้งแต่ปี พ.ศ. 2548 ทำให้ระดับชั้นดินกลบทับมูลฝอยมีความสูงประมาณ 40-60 เซนติเมตร ส่วนพื้นที่บ่อที่ 2 อยู่ระหว่างดำเนินการทำให้ชั้นดินกลบทับมูลฝอยมีความสูงที่ระดับ 15-20 เซนติเมตร

ในขณะที่อัตราการแพร่ระบายก๊าซรวมของทั้ง 2 บ่อ โดยเฉลี่ยต่ำมาก ทั้งนี้เนื่องจากเวลาที่ทำการตรวจวัดในช่วงฤดูฝน สภาพดินมีความชื้นสูงจึงป้องกันการเคลื่อนที่ของก๊าซในแนวตั้งได้ ทำให้บางตำแหน่งไม่สามารถทำการตรวจวัดได้ส่งผลให้ปริมาณก๊าซที่ได้ไม่ครอบคลุมพื้นที่ทั้งหมด และพื้นที่ดังกล่าวเป็นการฝึกลบแบบในหุบเขาทำให้ก๊าซที่เกิดขึ้นอาจแพร่ระบายออกสู่บริเวณด้านข้างของพื้นที่ที่ไม่ติดกับผนังหุบเขา ในขณะเดียวกันกระแสลมรุนแรงทำให้มีความดันก๊าซข้างนอกหลุมฝึกลบมูลฝอยสูงกว่าภายในหลุมฝึกลบ ส่งผลให้ก๊าซไม่สามารถแพร่ผ่านออกสู่ภายนอกได้ ซึ่งจะเห็นว่าบางช่วงเวลาไม่สามารถวัดการแพร่ระบายของก๊าซได้ ในขณะที่ฤดูแล้งสภาพดินมีความชื้นลดลงส่งผลทำให้ตรวจพบการแพร่ระบายก๊าซจากหน้าดินครอบคลุมทั่วทั้งพื้นที่ แสดงดังภาพประกอบที่ 3-13



ภาพประกอบที่ 3-13 ทิศทางการแพร่ระบายก๊าซมีเทนจากพื้นที่ฝึกลบมูลฝอย

หมายเหตุ: F คืออัตราการแพร่ระบายก๊าซต่อพื้นที่เวลา ดังสมการที่ 1-4

ผลการศึกษาข้างต้นสอดคล้องกับการศึกษาของ Borjesson and Svensson (1997) พบว่า อัตราการแพร่ระบายมีเทนสูงสุดในฤดูฝน เท่ากับ 23.47 กรัมต่อตารางเมตรต่อวัน และอัตราการแพร่ระบายก๊าซมีเทนเฉลี่ยในฤดูแล้งสูงสุด เท่ากับ 0.42 กรัมต่อตารางเมตรต่อวัน ในขณะที่ผลการศึกษาของ ChiemChaisri และคณะ (2007) พบว่า อัตราการแพร่ระบายเฉลี่ยของพื้นที่ฝึกลบมูลฝอยที่มีอายุการฝึกลบ 2 ปี ในฤดูฝน เท่ากับ 1.17 กรัมต่อตารางเมตรต่อวัน และอัตราการแพร่ระบายก๊าซในฤดูแล้ง เท่ากับ 23.95 กรัมต่อตารางเมตรต่อวัน ทั้งนี้พื้นที่แต่ละแห่งมีความแตกต่างกันทั้ง โครงสร้าง สภาพแวดล้อม ลักษณะดิน ปริมาณก๊าซที่เกิดขึ้นจึงไม่สามารถนำมาเปรียบเทียบกันได้

จากการศึกษาการแพร่ระบาดของก๊าซทั้ง 2 พื้นที่ พบว่า อัตราการแพร่ระบาดของก๊าซมีเทน ในช่วงเดือนกุมภาพันธ์มีอัตราการแพร่ขยายสูงสุดเนื่องจากอยู่ในช่วงฤดูฝนแต่ปริมาณน้ำฝนในพื้นที่ลดลงส่งผลให้มีระดับความชื้นที่เหมาะสมต่อการย่อยสลายก๊าซชีวภาพ ในขณะที่บางตำแหน่งไม่สามารถตรวจวัดได้ จากการศึกษาพบว่า การหมუნเวียนน้ำชะมูลฝอย 1 ครั้งต่อสัปดาห์ในแบบจำลองฝังกลบมูลฝอยที่ระดับร้อยละ 50 ของความชื้นชั้นมูลฝอยสามารถรักษาระดับความชื้นในมูลฝอยด้านบนของการฝังกลบให้คงที่ (Chiemchaisri *et al.*, 2007) และการหมუნเวียนน้ำชะมูลฝอยที่อัตรา 0.14 ลิตรต่อกิโลกรัมมูลฝอยแห้งเป็นเวลา 290 วัน สามารถรักษาระดับความชื้นซึ่งเป็นการเร่งปฏิกิริยาการย่อยสลายของการหมักก๊าซมีเทน (Sanphothi *et al.*, 2006) ส่วนตำแหน่งการแพร่ระบาดของก๊าซ พบว่า ทั้งสองพื้นที่ที่มีความไม่สม่ำเสมอกันสอดคล้องกับการศึกษาของ ซาดิ เจียมไชยศรี และคณะ (2545) ซึ่งได้วัดอัตราการแพร่ขยายจากพื้นที่ฝังกลบมูลฝอยเทศบาลนครปฐม จ. นครปฐม พบว่าอัตราการแพร่ขยายเท่ากับ 0-10.7, 0-1.5, 0-2.3, 0-3.8, 0.5-83.1, 0-1.5, 0-2.3, 2.7-94.0, 0-69.8, 0-0.2, 0-0.75, และ 0-4.5 กรัมต่อตารางเมตรต่อวัน และอัตราการแพร่ขยายก๊าซมีเทน ความแปรปรวนตามช่วงเวลาที่แตกต่างกัน ดังนั้น ผลการศึกษาดังกล่าวสามารถสรุปปัจจัยที่มีผลต่อการวัดจริง ได้แก่ ความชื้น ทิศทางและความเร็วลม ความดันก๊าซภายในหลุมฝังกลบ และระดับและประเภทดินกลบทับ

### 3.5 เปรียบเทียบอัตราการแพร่ระบาดของก๊าซมีเทนจากแบบจำลองทางคณิตศาสตร์กับค่าที่ได้จากการวัดจริงด้วยวิธี close flux chamber

การศึกษาเปรียบเทียบอัตราการแพร่ระบาดของก๊าซมีเทนจากแบบจำลองทางคณิตศาสตร์กับค่าที่ได้จากการวัดจริงด้วยวิธี close flux chamber ในปี พ.ศ. 2552 มีดังนี้

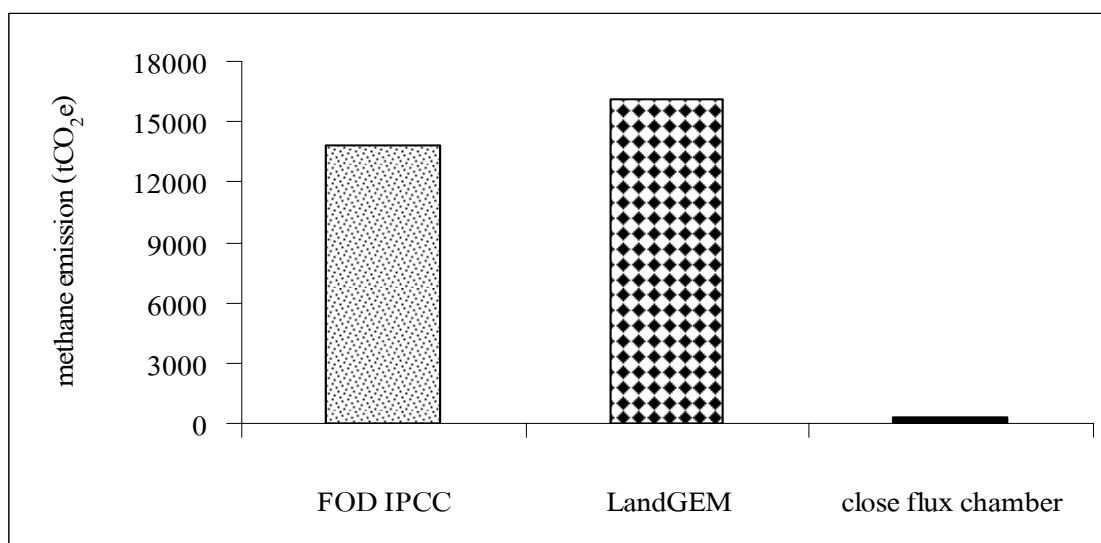
#### 1) พื้นที่ฝังกลบมูลฝอยเทศบาลนครหาดใหญ่

ผลการศึกษา พบว่าอัตราการแพร่ขยายก๊าซที่ได้จากการวัดจริงมีค่าเท่ากับ 0.04 เมกกะกรัมต่อวัน หรือ 15 เมกกะกรัมต่อปี และเมื่อเปรียบเทียบกับอัตราการแพร่ขยายจากการคำนวณด้วย วิธีปฏิกิริยาลำดับที่ 1 ของ IPCC และ โปรแกรม LandGEM ของ U.S. EPA พบว่า ค่าที่ได้จากแบบจำลองทางคณิตศาสตร์เท่ากับ 644 และ 767 เมกกะกรัมหรือ 13,524 และ 16,107 ตัน ซึ่งมากกว่าค่าที่ได้จากการวัดจริงอยู่ 4,293 และ 5,013 เท่า ตามลำดับ แสดงดังตารางที่ 3-11 และภาพประกอบที่ 3-14



ตารางที่ 3-11 การเปรียบเทียบผลการแพร่ระบายก๊าซมีเทนจากพื้นที่ฝังกลบเทศบาลนครหาดใหญ่

ชุดข้อมูล	อัตราการแพร่ระบายก๊าซมีเทนในปี พ.ศ. 2552	
	(เมกกะกรัม)	(ตันคาร์บอนไดออกไซด์)
FOD IPCC	659	13,839
LandGEM	767	16,107
close flux chamber	15	315



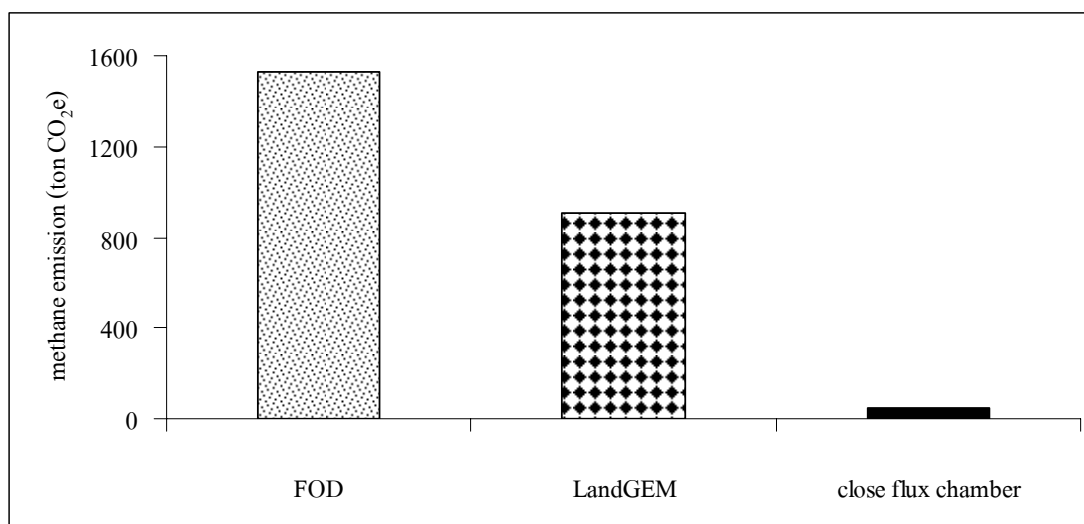
ภาพประกอบที่ 3-14 การเปรียบเทียบผลการแพร่ระบายก๊าซมีเทนจากพื้นที่ฝังกลบเทศบาลนครหาดใหญ่

## 2) พื้นที่ฝังกลบเทศบาลเมืองบ้านพรุบ่อที่ 1

ผลการศึกษา พบว่าอัตราการแพร่ระบายก๊าซที่ได้จากการวัดจริงมีค่าเท่ากับ 0.006 เมกกะกรัมต่อวัน หรือ 2.2 เมกกะกรัมต่อปี และเมื่อเปรียบเทียบกับอัตราการแพร่ระบายก๊าซจากการคำนวณด้วย วิธีปฏิกิริยาลำดับที่ 1 ของ IPCC และ โปรแกรม LandGEM ของ U.S. EPA พบว่าค่าที่ได้จากแบบจำลองทางคณิตศาสตร์เท่ากับ 71 และ 45 เมกกะกรัมหรือ 1,487 และ 945 ตันคาร์บอนไดออกไซด์ ซึ่งมากกว่าค่าที่ได้จากการวัดจริงอยู่ 3,232 และ 1,954 เท่า ตามลำดับ แสดงดังตารางที่ 3-12 และภาพประกอบที่ 3-15

ตารางที่ 3-12 การเปรียบเทียบผลการแพร่ระบายก๊าซมีเทนจากพื้นที่ฝังกลบเทศบาลเมืองบ้านพรุบ่อที่ 1

ชุดข้อมูล	อัตราการแพร่ระบายก๊าซมีเทนในปี พ.ศ. 2552	
	(เมกกะกรัม)	(ตันคาร์บอนไดออกไซด์)
FOD IPCC	73	1,533
LandGEM	45	945
close flux chamber	2.2	46



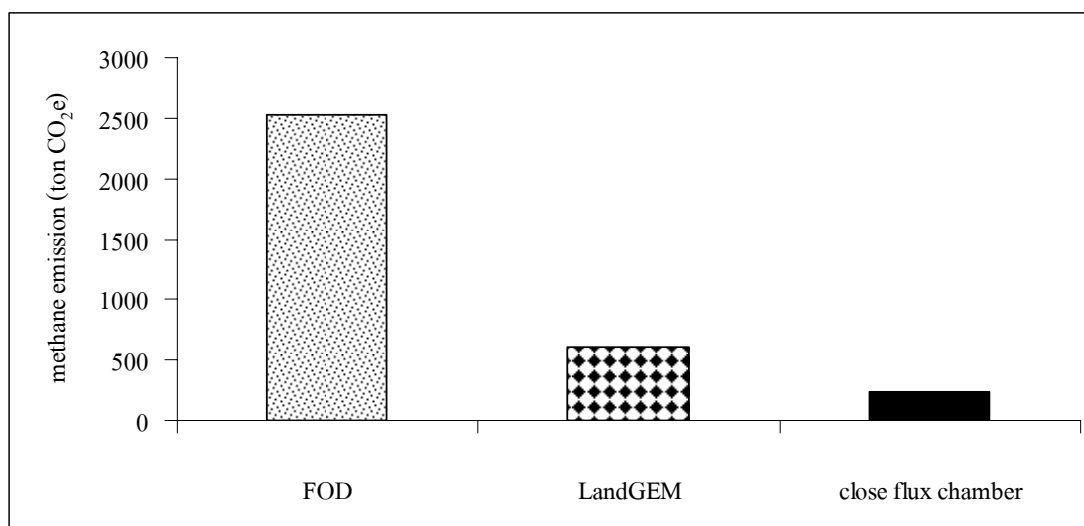
ภาพประกอบที่ 3-15 การเปรียบเทียบผลการแพร่ระบายก๊าซมีเทนจากพื้นที่ฝังกลบเทศบาลเมืองบ้านพรุบ่อที่ 1

### 3) พื้นที่ฝังกลบเทศบาลเมืองบ้านพรุบ่อที่ 2

ผลการศึกษา พบว่าอัตราการแพร่ระบายก๊าซที่ได้จากการวัดจริงมีค่าเท่ากับ 0.03 เมกกะกรัมต่อวัน หรือ 11 เมกกะกรัมต่อปี และเมื่อเปรียบเทียบกับอัตราการแพร่ระบายก๊าซจากการคำนวณด้วยวิธีปฏิกริยาลำดับที่ 1 ของ IPCC และ โปรแกรม LandGEM ของ U.S. EPA พบว่า ค่าที่ได้จากแบบจำลองทางคณิตศาสตร์เท่ากับ 109 และ 31 เมกกะกรัมหรือ 2,289 และ 651 ตันคาร์บอนไดออกไซด์ ซึ่งมากกว่าค่าที่ได้จากการวัดจริงอยู่ 990 และ 181 เท่า ตามลำดับ แสดงดังตารางที่ 3-13 และภาพประกอบที่ 3-16

ตารางที่ 3-13 การเปรียบเทียบผลการแพร่กระจายก๊าซมีเทนจากพื้นที่ฝังกลบเทศบาลเมืองบ้านพรุบ่อที่ 2

ชุดข้อมูล	อัตราการแพร่กระจายก๊าซมีเทนในปี พ.ศ. 2552	
	(เมกกะกรัม)	(ตันคาร์บอนไดออกไซด์)
FOD IPCC	120	2,520
LandGEM	31	651
close flux chamber	11	231



ภาพประกอบที่ 3-16 การเปรียบเทียบผลการแพร่กระจายก๊าซมีเทนจากพื้นที่ฝังกลบเทศบาลเมืองบ้านพรุบ่อที่ 2

จากการศึกษา สำหรับพื้นที่ฝังกลบมูลฝอยเทศบาลนครหาดใหญ่ พบว่า โปรแกรม LandGEM มีอัตราการแพร่กระจายสูงกว่าวิธีปฏิบัติลำดับที่ 1 ของ IPCC ซึ่งแตกต่างจากพื้นที่ฝังกลบมูลฝอยเทศบาลเมืองบ้านพรุ เนื่องจากสัดส่วนมูลฝอยประเภทเศษไม้ของพื้นที่เทศบาลนครหาดใหญ่น้อยกว่าเทศบาลเมืองบ้านพรุ ในขณะที่มูลฝอยอินทรีย์ประเภท  $j$  อื่นมีสัดส่วนใกล้เคียงกัน ดังตารางที่ 3-4 และ 3-5 เมื่อเปรียบเทียบระยะเวลาในการย่อยสลายโดยกำหนดให้สัดส่วนมูลฝอยที่เข้าสู่พื้นที่ฝังกลบเท่ากันพบว่า เศษไม้ใช้ระยะเวลาในการย่อยสลายนานที่สุดรองลงมา เศษกระดาษ สิ่งทอ ของเสียจากส่วนสาธารณสุข และเศษอาหาร เนื่องจากมูลฝอยประเภทไม้มีปริมาณสัดส่วนคาร์บอนอินทรีย์ที่ย่อยสลายทางชีวภาพ (DOC<sub>j</sub>) สูงกว่ามูลฝอยอินทรีย์ประเภท  $j$  ประเภทอื่นๆ ในขณะที่อัตราการย่อยสลายมูลฝอย ( $k$ ) ต่ำที่สุด ดังตารางที่ 2-3 และ 2-4 ส่งผลให้อัตราการย่อยสลายมูลฝอยตามวิธีปฏิบัติลำดับที่ 1 ของ IPCC ของพื้นที่เทศบาลนครหาดใหญ่ลดลงเร็วกว่า

พื้นที่เทศบาลเมืองบ้านพรุ ในขณะที่โปรแกรม LandGEM ของ U.S. EPA อัตราการแพร่ระบาย ค่อยๆ เพิ่มขึ้นและลดลงอย่างช้าๆ แสดงดังภาพประกอบที่ 3-3 3-4 และ 3-5 และสำหรับพื้นที่ฝั่ง กลบมูลฝอยเทศบาลเมืองบ้านพรุ บ่อที่ 2 พบว่าวิธีปฏิบัติกริยาลำดับที่ 1 ของ IPCC มีค่าสูงกว่า โปรแกรม LandGEM ของ U.S. EPA มาก ซึ่งการเปรียบเทียบในปี พ.ศ. 2552 อยู่ในช่วงดำเนินการ ของพื้นที่ฝั่งกลบมูลฝอยทำให้ก๊าซที่เกิดจากวิธีปฏิบัติกริยาลำดับที่ 1 ของ IPCC มีปริมาณสูงขึ้นใน ขณะที่โปรแกรม LandGEM ของ U.S. EPA ค่อยๆ เพิ่มขึ้นทำให้ปริมาณก๊าซสะสมมีปริมาณน้อย แสดงดังภาพประกอบที่ 3-5 จากผลการศึกษาสามารถสรุปได้ว่าวิธีปฏิบัติกริยาลำดับที่ 1 ของ IPCC พบอัตราการแพร่ระบายก๊าซสะสมสูงในช่วงดำเนินการของพื้นที่ฝั่งกลบมูลฝอยในขณะที่ โปรแกรม LandGEM ของ U.S. EPA พบอัตราการแพร่ระบายก๊าซสะสมยังคงอยู่ในระดับสูงในช่วง พื้นที่ฝั่งกลบมูลฝอยหยุดดำเนินการเนื่องจากก๊าซลดปริมาณการแพร่ระบายอย่างช้า ๆ

จากผลการศึกษาข้างต้น แสดงให้เห็นว่า ผลที่ได้จากการคำนวณด้วยแบบจำลอง ทางคณิตศาสตร์มีค่าสูงกว่าค่าตรวจวัดจริง การคำนวณทางคณิตศาสตร์ส่วนใหญ่อาศัยข้อมูลทุติย ภูมิ การวิเคราะห์ห้องค์ประกอบมูลฝอยภาคสนาม และมาจาวิธีกริยาคำนวณ เพื่อใช้แทนค่าตัวแปรบาง ตัว ในขณะที่การตรวจวัดจริงจากพื้นที่ ขึ้นอยู่กับ ระดับของดินกลบทับมูลฝอย การรั่วไหลของก๊าซ ตำแหน่งการเก็บตัวอย่างก๊าซไม่ครอบคลุมพื้นที่ศึกษาทั้งหมด รวมทั้งการเก็บตัวอย่างจากพื้นที่จริง มีปัจจัยภายนอกส่งผลต่อการดำเนินงาน เช่น ปริมาณน้ำฝน กระแสลม เป็นต้น

ดังนั้น การศึกษาครั้งนี้ได้สรุปข้อเด่นและข้อด้อยของตัวแปรแต่ละตัวเพื่อประเมิน การแพร่ระบายก๊าซโดยใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ทั้ง 3 วิธี ดังนี้

#### 1. วิธี Default ของ IPCC ได้แก่

##### ข้อเด่น

- ปริมาณมูลฝอย คำนวณปริมาณการเกิดก๊าซที่เกิดขึ้นทั้งหมดจากมูลฝอยที่เข้าสู่ พื้นที่ในปีนั้นๆ จึงไม่สามารถนำมาเปรียบเทียบกับการตรวจวัดจริง

- ค่าศักยภาพการเกิดก๊าซมีเทน ( $L_0$ ) ที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ได้จากการเก็บข้อมูล ภาคสนามเมื่อเปรียบกับในพื้นที่การศึกษาในประเทศไทยพบว่ามีค่าต่ำกว่าพื้นที่ในเขตจังหวัดอื่นๆ และมีค่าใกล้เคียงกับจังหวัดระยอง แสดงดังตารางที่ 3-14 โดยค่า  $L_0$  มีผลต่ออัตราการแพร่ระบาย ก๊าซ คือ ค่า  $L_0$  เพิ่ม ส่งผลให้อัตราการแพร่ระบายก๊าซสูงขึ้นด้วย ทั้งนี้ ค่า  $L_0$  เป็นค่าที่ประมาณได้ จากการคำนวณจากสัดส่วนของคาร์บอนอินทรีย์ที่ย่อยสลายทางชีวภาพได้ ( $DOC_p$ ) สัดส่วนของ คาร์บอนอินทรีย์ที่ย่อยสลายทางชีวภาพถูกเปลี่ยนไปเป็นก๊าซชีวภาพ ( $DOC_p$ ) ค่าปรับแก้จากความ ไม่แน่นอน (MCF) และสัดส่วนของก๊าซมีเทนและก๊าซชีวภาพ (F)

ข้อค้อย

- ไม่สามารถแสดงปริมาณก๊าซที่เกิดขึ้นจากมูลฝอยที่เข้าสู่พื้นที่ต่อปีตามกระบวนการเกิดก๊าซชีวภาพจากการฝังกลบมูลฝอย
- ไม่สามารถแสดงระยะเวลาในการย่อยสลายก๊าซทั้งหมดได้
- ตัวแปรที่ใช้ในการคำนวณส่วนใหญ่เป็นข้อมูลทศนิยม ได้แก่ จำนวนประชากรในพื้นที่ อัตราผลิตมูลฝอยต่อคนต่อวัน เพื่อหาสัดส่วนมูลฝอยที่นำไปกำจัด และปริมาณมูลฝอยที่นำไปกำจัดได้

2. วิธีปฏิกิริยาลำดับที่ 1 (first order decay method) ของ IPCC ได้แก่ข้อเด่น

- คำนวณปริมาณก๊าซที่เกิดขึ้นจากมูลฝอย 5 ประเภท ได้แก่ เศษอาหาร เศษกระดาษ เศษไม้ สิ่งทอ และของเสียจากสวนสาธารณะ
- สามารถแสดงปริมาณก๊าซที่เกิดขึ้นจากการย่อยสลายมูลฝอยอินทรีย์ 5 ประเภทได้ต่อปีตามกระบวนการเกิดก๊าซชีวภาพจากการฝังกลบมูลฝอย
- สามารถแสดงระยะเวลาของก๊าซที่เกิดขึ้นจากการย่อยสลายมูลฝอยอินทรีย์ 5 ประเภท ตามกระบวนการเกิดก๊าซชีวภาพจากการฝังกลบมูลฝอย
- ใช้วางแผนแนวทางการนำก๊าซมาใช้ประโยชน์จากพื้นที่ฝังกลบมูลฝอย และเข้าร่วมโครงการ CDM
- ตัวแปรบางตัวได้จากการศึกษาและเก็บตัวอย่างจากพื้นที่จริง ได้แก่องค์ประกอบมูลฝอยเพื่อคำนวณค่าสัดส่วนปริมาณมูลฝอยแต่ละประเภทที่เข้าสู่พื้นที่ฝังกลบมูลฝอย

ข้อค้อย

- การย่อยสลายมูลฝอยโดยปริมาณก๊าซที่เกิดลดลงทันทีหลังหยุดทำการฝังกลบมูลฝอยซึ่งในความเป็นจริงปริมาณก๊าซยังคงสูงในระดับใกล้เคียงกับปีสุดท้ายที่ทำการฝังกลบมูลฝอย
- ค่าสัดส่วนของคาร์บอนอินทรีย์ที่ย่อยสลายทางชีวภาพได้ ( $DOC_p$ ) และค่าอัตราการเกิดก๊าซมีเทน ( $k$ ) คำนวณจากมูลฝอย 5 ประเภทถูกกำหนดโดย IPCC เป็นค่าที่เหมาะสมกับสภาพพื้นที่เขตเอเชียตะวันออกเฉียงใต้มีผลต่ออัตราการแพร่กระจายก๊าซ โดย  $DOC_p$  และ  $k$  เพิ่มขึ้นส่งผลให้อัตราการแพร่กระจายก๊าซสูงขึ้นตาม จากการศึกษาพบว่าค่า  $DOC_p$  มีค่าไม่แตกต่างกันในเขตพื้นที่ในประเทศไทยแสดงดังในตารางที่ 3-14
- ค่าสัดส่วนมูลฝอยในก๊าซชีวภาพ ( $F$ ) กำหนดให้เท่ากับร้อยละ 50 ซึ่งในความเป็นจริงมีความแตกต่างกันในแต่ละพื้นที่ โดยค่า  $F$  มีผลต่ออัตราการแพร่กระจายก๊าซ โดยค่า  $F$  เพิ่มขึ้นส่งผลให้อัตราการแพร่กระจายก๊าซสูงขึ้นด้วย ทั้งนี้ค่า  $F$  ควรทำการวัดอัตราการแพร่กระจายก๊าซจาก

พื้นที่จริงด้วยเครื่องมือที่มีประสิทธิภาพและคุณภาพสูงที่สามารถวัดก๊าซจากพื้นที่ฝังกลบอย่างต่อเนื่องเพื่อให้ได้ค่าสัดส่วนมีเทนในพื้นที่จริง

### 3. โปรแกรม LandGEM ของ U.S. EPA ได้แก่

#### ข้อเด่น

- สามารถแสดงปริมาณก๊าซที่เกิดขึ้นจากการย่อยสลายมูลฝอยในพื้นที่ต่อปีได้ตามกระบวนการเกิดก๊าซชีวภาพจากการฝังกลบมูลฝอย
- สามารถแสดงระยะเวลาของก๊าซที่เกิดขึ้นจากการย่อยสลายมูลฝอยในพื้นที่ตามกระบวนการเกิดก๊าซชีวภาพจากการฝังกลบมูลฝอย
- หลังจากหยุดทำการฝังกลบมูลฝอยปริมาณก๊าซที่เกิดขึ้นอยู่ในระดับที่ใกล้เคียงกับช่วงของการฝังกลบปีสุดท้ายและลดลงอย่างช้า ๆ
- ค่าสัดส่วนของคาร์บอนอินทรีย์ที่ย่อยสลายทางชีวภาพได้ ( $L_0$ ) ที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ได้จากการเก็บข้อมูลภาคสนามเมื่อเปรียบเทียบกับในพื้นที่การศึกษาในประเทศไทยพบว่ามีค่าต่ำกว่าพื้นที่ในเขตจังหวัดอื่นๆ และมีค่าใกล้เคียงกับจังหวัดระยอง แสดงดังตารางที่ 3-14
- ค่าอัตราการเกิดก๊าซมีเทน ( $k$ ) ใช้ค่าที่กำหนดโดยศูนย์ปฏิบัติการพลังงานและสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ที่  $k = 0.2$  ต่อปี โดยค่า  $k$  มีผลต่ออัตราการแพร่กระจายก๊าซ คือ ค่า  $k$  เพิ่ม ส่งผลให้อัตราการแพร่กระจายก๊าซสูงขึ้นด้วย แสดงดังตารางที่ 3-14

#### จุดด้อย

- ไม่สามารถแสดงระยะเวลาและปริมาณก๊าซที่เกิดขึ้นจากมูลฝอยอินทรีย์แต่ละประเภทได้

ตารางที่ 3-14 ค่าตัว  $L_0$ ,  $DOC_j$  และ  $k$  ของพื้นที่ในประเทศไทย

พื้นที่	ค่า $DOC_j$	ค่า $L_0$ (ลูกบาศก์เมตรมีเทนต่อ ตันมูลฝอย)	$k$ (ต่อปี)	methane emission (กรัมต่อตารางเมตรต่อวัน)
พัทธยา	0.15	106.96	0.07	75.92
หัวหิน	0.21	153.59	0.06	34.02
แหลมฉบัง	0.21	148.64	0.21	79.84
มาบตาพุด	0.17	124	0.02	61.45
ราชาเทวะ	-	107.3	0.16	-
ชะอำ	0.17	120.99	0.02	3.22
นครปฐม	0.19	109.31	0.003	5.98
นนทบุรี	0.15	88.64	0.002	2.57
สมุทรปราการ	0.21	122.85	0.01	7.91
คลองสน	0.18	50.63	n.d.	-
ระยอง	0.16	45.11	0.01	1.61
*หาดใหญ่	0.12	48.06	0.2	0.45
*บ้านพรุ บ่อ 1	0.11	43.41	0.2	0.66
*บ้านพรุ บ่อ 2	0.11	43.41	0.2	2.19

ที่มา: (Towprayoon, 2007); \*ผลการศึกษาในครั้งนี้

จากการศึกษาพบว่า จำนวนประชากร ปริมาณมูลฝอยที่เกิดขึ้นทั้งหมด ละอองระคายเคืองจากการผลิตมูลฝอย มีผลต่อการคำนวณการแพร่กระจายก๊าซทั้ง 3 วิธีไม่สูงมาก เนื่องจากการคำนวณดังกล่าวคำนวณจากปริมาณมูลฝอยที่นำไปกำจัด ซึ่งเป็นค่าที่ได้จากการรวบรวมข้อมูลจากเจ้าหน้าที่ในพื้นที่และวิธีการเปรียบเทียบเส้นแนวโน้มดังอธิบายข้างต้นในตารางที่ 2-1

ดังนั้น การวิเคราะห์ความอ่อนไหวของแบบจำลองทางคณิตศาสตร์เพื่อทดสอบการเปลี่ยนแปลงการแพร่กระจายก๊าซในพื้นที่ โดยเลือกศึกษาเฉพาะวิธีปฏิกิริยาลำดับที่ 1 (first order decay method) ของ IPCC และ โปรแกรม LandGEM ของ U.S. EPA ดังนี้

### การวิเคราะห์ความอ่อนไหว (sensitivity analysis)

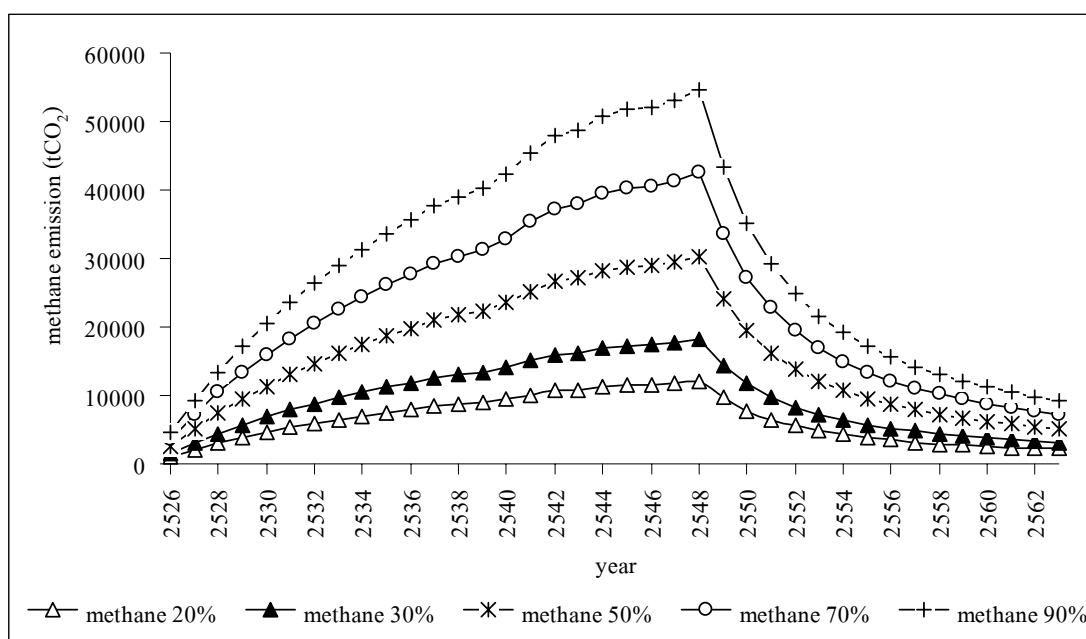
#### 1. วิธีปฏิบัติลำดับที่ 1 (first order decay method) ของ IPCC

จากการศึกษา พบว่า ตัวแปรที่ควรทำการปรับปรุงเพื่อทดสอบการเปลี่ยนแปลงการแพร่กระจายก๊าซได้แก่ ค่าสัดส่วนก๊าซมีเทนในก๊าซชีวภาพ (F) ดังนี้

- ค่าสัดส่วนมีเทนในก๊าซชีวภาพ (F)

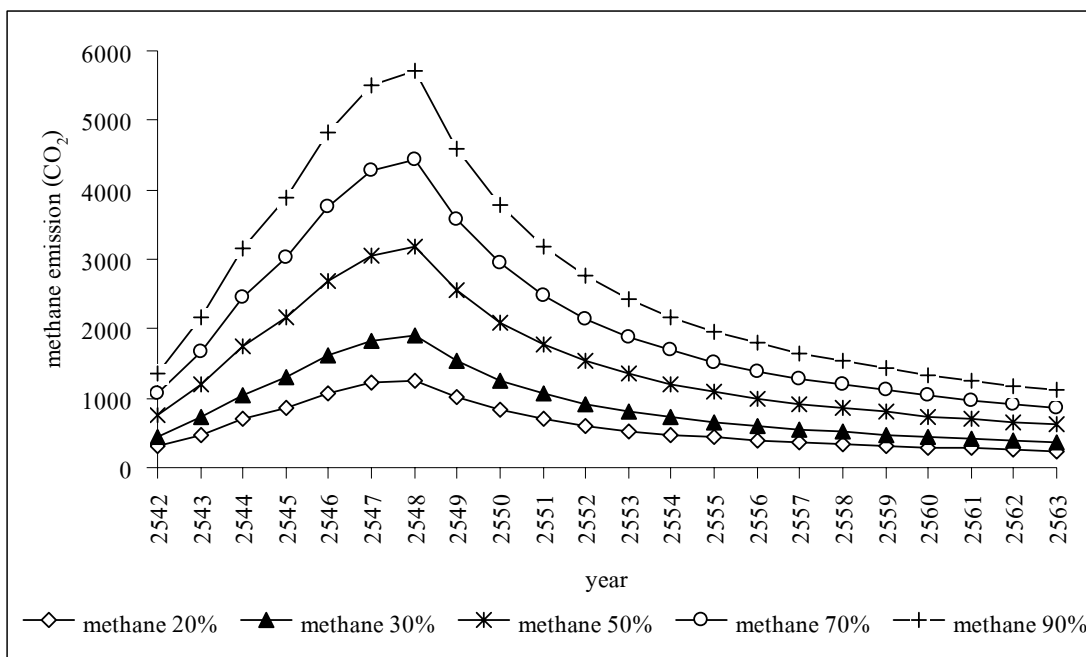
จากการศึกษาค่าสัดส่วนมีเทนในก๊าซชีวภาพ (F) อยู่ในช่วงร้อยละ 20 - 90 ส่วนผลการแพร่กระจายก๊าซจากพื้นที่จริงพบว่า มีอัตราการแพร่กระจายต่ำมาก ดังนั้นการศึกษากำหนดให้ค่า F เท่ากับร้อยละ 20 30 50 70 และ 90

ผลการศึกษาพบว่าอัตราการแพร่กระจายก๊าซสูงขึ้นตามสัดส่วนมีเทนในก๊าซชีวภาพที่เพิ่มขึ้นที่ร้อยละ 20 30 50 70 และ 90 โดยพื้นที่ฝั่งกลบมูลฝอยเทศบาลนครหาดใหญ่พบอัตราการแพร่กระจายเฉลี่ยตั้งแต่ปี พ.ศ. 2526 – พ.ศ.2563 เท่ากับ 6,428 9,600 16,001 22,401 และ 28,785 ตันคาร์บอนไดออกไซด์ ตามลำดับ ส่วนพื้นที่ฝั่งกลบเทศบาลเมืองบ้านพรุ บ่อที่ 1 พบอัตราการแพร่กระจายเฉลี่ยตั้งแต่ปี พ.ศ. 2542 – พ.ศ.2563 เท่ากับ 589 890 1,483 2,077 และ 2,670 ตันคาร์บอนไดออกไซด์ ตามลำดับ และพื้นที่ฝั่งกลบเทศบาลเมืองบ้านพรุ บ่อที่ 2 พบอัตราการแพร่กระจายเฉลี่ยตั้งแต่ปี พ.ศ. 2549 – พ.ศ. 2569 เท่ากับ 577 866 1,442 2,021 และ 2,599 ตันคาร์บอนไดออกไซด์ ตามลำดับ แสดงดังภาพประกอบที่ 3-17 3-18 และ 3-19

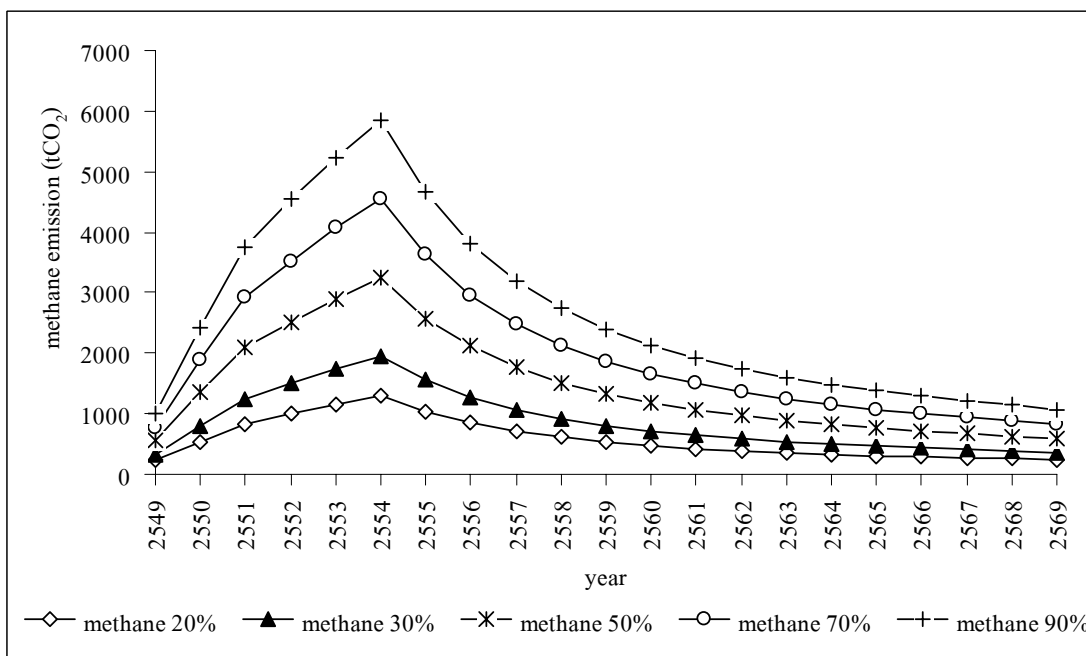


ภาพประกอบที่ 3-17 การเปลี่ยนแปลงการแพร่กระจายก๊าซมีเทนจากสัดส่วนก๊าซมีเทนในก๊าซชีวภาพจากพื้นที่ฝั่งกลบเทศบาลนครหาดใหญ่





ภาพประกอบที่ 3-18 การเปลี่ยนแปลงการแพร่ระบาดของก๊าซมีเทนจากสัดส่วนก๊าซมีเทนในก๊าซชีวภาพจากพื้นที่ฝั่งกลบเทศบาลเมืองบ้านพรุบ่อที่ 1



ภาพประกอบที่ 3-19 การเปลี่ยนแปลงการแพร่ระบาดของก๊าซมีเทนจากสัดส่วนก๊าซมีเทนในก๊าซชีวภาพจากพื้นที่ฝั่งกลบเทศบาลเมืองบ้านพรุบ่อที่ 2

จากผลการศึกษาดังกล่าวเห็นได้ว่า การเปลี่ยนแปลงค่าสัดส่วนมีเทนในก๊าซชีวภาพ (F) อยู่ในช่วงร้อยละ 20 - 90 พบว่า ค่า F เพิ่มขึ้น ส่งผลให้อัตราการแพร่ระบาดของก๊าซสูงขึ้นด้วย โดยที่ผลการเปลี่ยนแปลงค่า F ที่นำมาศึกษามีค่าสูงกว่าค่าที่ได้จากการวัดจริง ดังนั้น ค่า F ควรทำการวัดอัตราการแพร่ระบาดของก๊าซจากพื้นที่จริงด้วยเครื่องมือที่มีประสิทธิภาพเพื่อให้ผลที่ได้มีค่าใกล้เคียงกับการตรวจวัดจริง

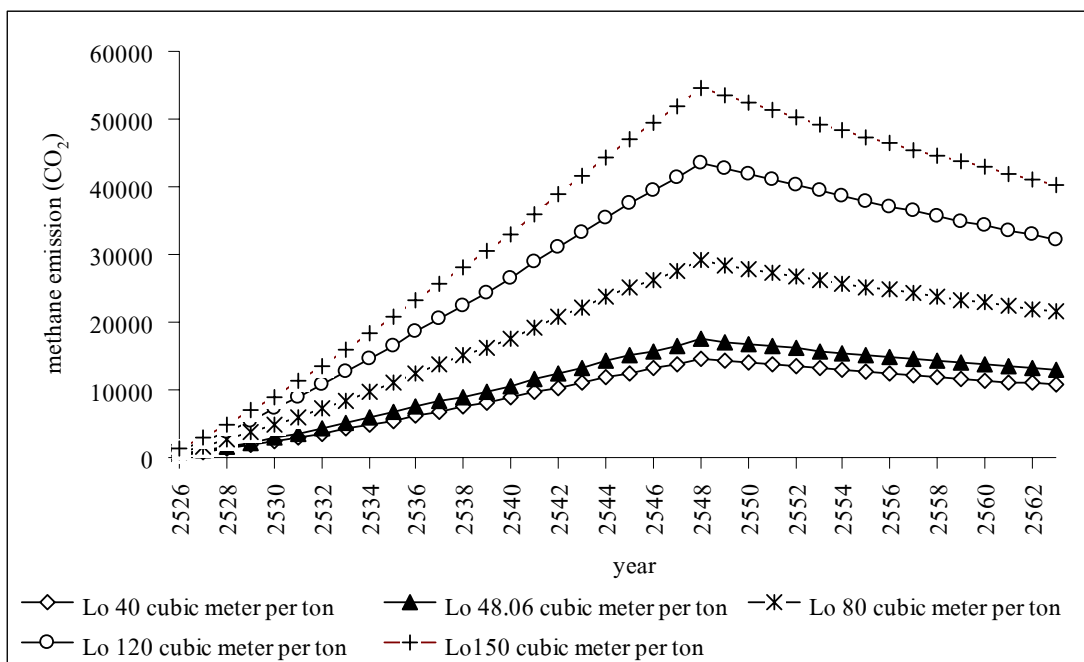
## 2. โปรแกรม LandGEM ของ U.S. EPA

จากการศึกษา พบว่า ตัวแปรที่ควรทำการปรับปรุงเพื่อทดสอบการเปลี่ยนแปลงการแพร่ระบาดของก๊าซได้แก่ ค่า  $L_0$  และ  $k$  ดังนี้

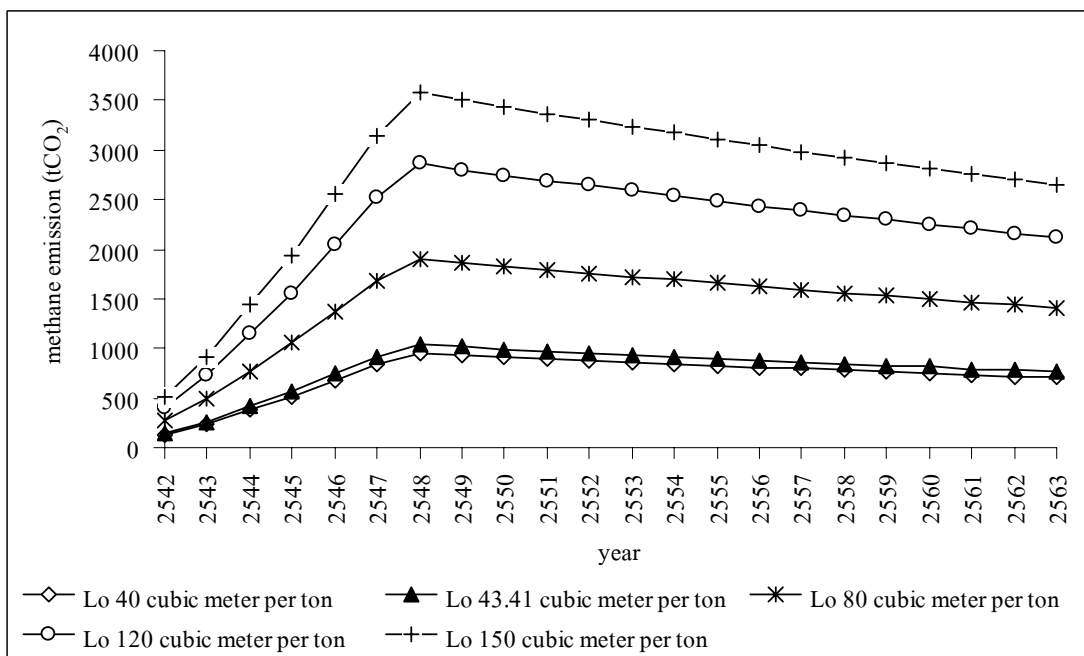
- ค่าศักยภาพการเกิดก๊าซมีเทน ( $L_0$ )

จากการศึกษาค่าศักยภาพการเกิดก๊าซมีเทน ( $L_0$ ) อยู่ในช่วง 45.11 – 153.59 ลูกบาศก์เมตรต่อตัน ส่วนผลการแพร่ระบาดของก๊าซจากพื้นที่จริงพบว่า มีอัตราการแพร่ระบาดต่ำมาก ดังนั้น การศึกษากำหนดให้ค่า  $L_0$  เท่ากับ 40 80 120 150 ลูกบาศก์เมตรต่อตัน

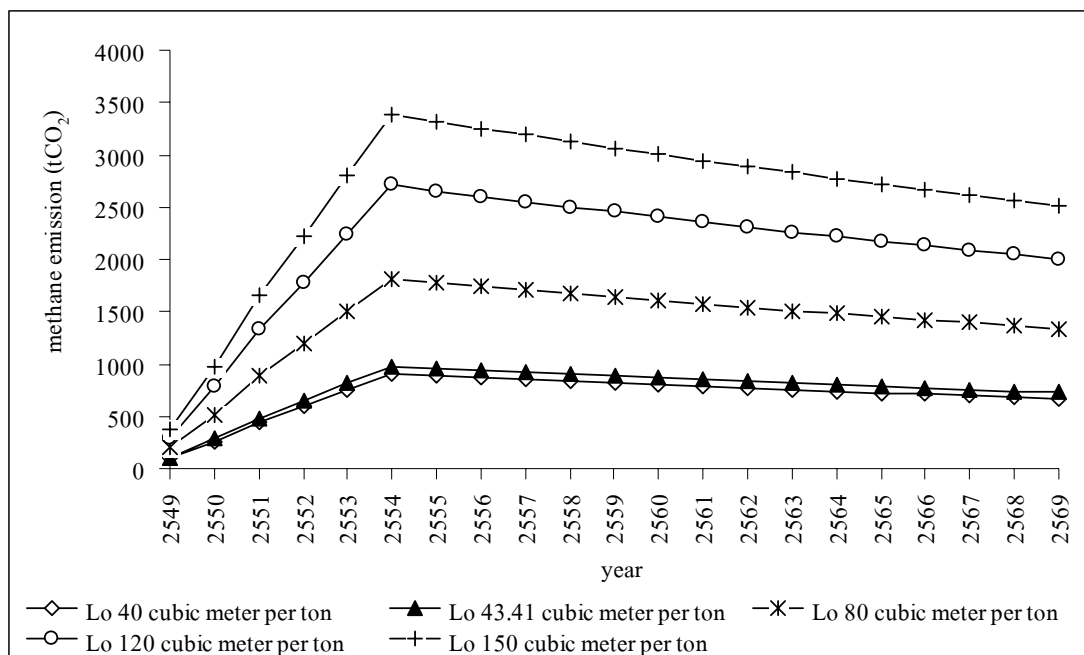
ผลการศึกษาพบว่าอัตราการแพร่ระบาดของก๊าซสูงขึ้นตามศักยภาพการเกิดก๊าซมีเทน ( $L_0$ ) ที่เพิ่มขึ้นดังนี้ 40 48.06 80 120 150 ลูกบาศก์เมตรต่อตัน สำหรับเทศบาลนครหาดใหญ่ และ 40 43.41 80 120 150 ลูกบาศก์เมตรต่อตัน สำหรับเทศบาลเมืองบ้านพรุ โดยพื้นที่ฝังกลบมูลฝอยเทศบาลนครหาดใหญ่พบอัตราการแพร่ระบาดเฉลี่ยตั้งแต่ปี พ.ศ. 2526 – พ.ศ. 2563 เท่ากับ 9,181 11,031 18,362 27,543 และ 34,429 ตันคาร์บอนไดออกไซด์ ตามลำดับ ส่วนพื้นที่ฝังกลบเทศบาลเมืองบ้านพรุ บ่อที่ 1 พบอัตราการแพร่ระบาดเฉลี่ยตั้งแต่ปี พ.ศ. 2542 – พ.ศ. 2563 เท่ากับ 726 788 1,454 2,179 และ 2,724 ตันคาร์บอนไดออกไซด์ ตามลำดับ และพื้นที่ฝังกลบเทศบาลเมืองบ้านพรุ บ่อที่ 2 พบอัตราการแพร่ระบาดเฉลี่ยตั้งแต่ปี พ.ศ. 2549 – พ.ศ. 2569 เท่ากับ 697 756 1,394 2,091 และ 2,614 ตันคาร์บอนไดออกไซด์ ตามลำดับ แสดงดังภาพประกอบที่ 3-20 3-21 และ 3-22



ภาพประกอบที่ 3-20 การเปลี่ยนแปลงการแพร่ระบายก๊าซมีเทนจากศักยภาพการเกิดก๊าซมีเทนจากพื้นที่ฝังกลบเทศบาลนครหาดใหญ่



ภาพประกอบที่ 3-21 การเปลี่ยนแปลงการแพร่ระบายก๊าซมีเทนจากศักยภาพการเกิดก๊าซมีเทนจากพื้นที่ฝังกลบเทศบาลเมืองบ้านพรุ บ่อที่ 1



ภาพประกอบที่ 3-22 การเปลี่ยนแปลงการแพร่กระจายก๊าซมีเทนจากศักยภาพการเกิดก๊าซมีเทนจากพื้นที่ฝังกลบเทศบาลเมืองบ้านพรุ บ่อที่ 2

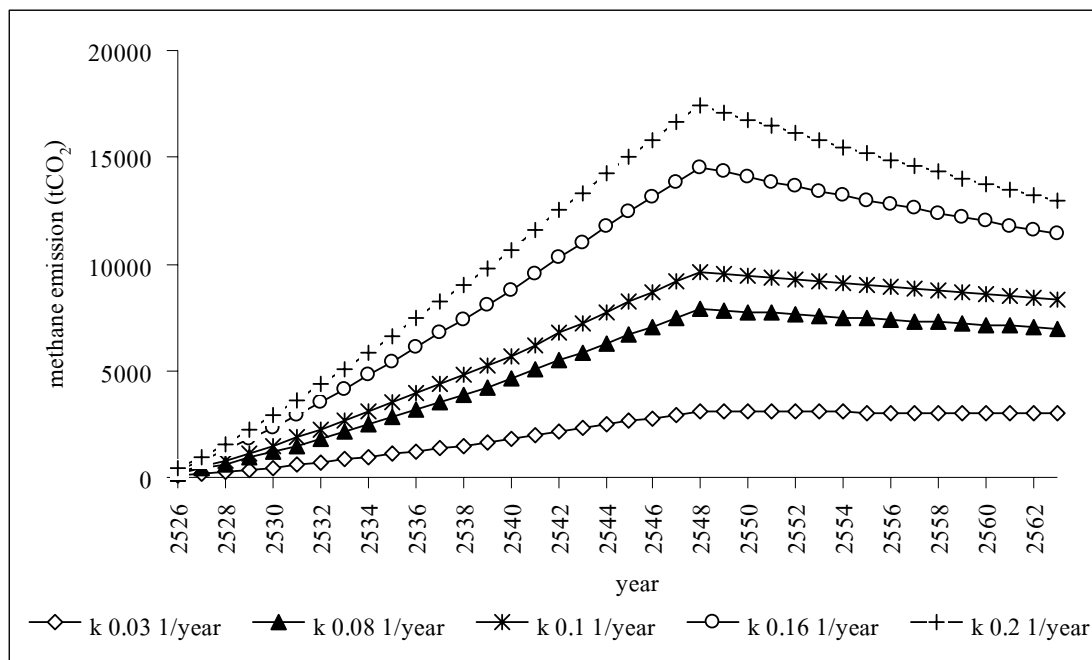
จากผลการศึกษาดังกล่าวเห็นได้ว่าการเปลี่ยนแปลงค่าศักยภาพการเกิดก๊าซมีเทน ( $L_0$ ) อยู่ในช่วง 45.11 – 153.59 ลูกบาศก์เมตรต่อตัน พบว่าค่า  $L_0$  เพิ่มขึ้นส่งผลให้อัตราการแพร่กระจายก๊าซสูงขึ้นด้วย ทั้งนี้ ค่า  $L_0$  เป็นค่าที่ประมาณได้จากการคำนวณจากสัดส่วนของคาร์บอนอินทรีย์ที่ย่อยสลายทางชีวภาพได้ (DOC<sub>p</sub>) สัดส่วนของคาร์บอนอินทรีย์ที่ย่อยสลายทางชีวภาพถูกเปลี่ยนไปเป็นก๊าซชีวภาพ (DOC<sub>p</sub>) ค่าปรับแก้จากความไม่แน่นอน (MCF) และสัดส่วนของก๊าซมีเทนและก๊าซชีวภาพ (F) ดังกล่าวข้างต้น

- ค่า อัตราการเกิดก๊าซมีเทน (k)

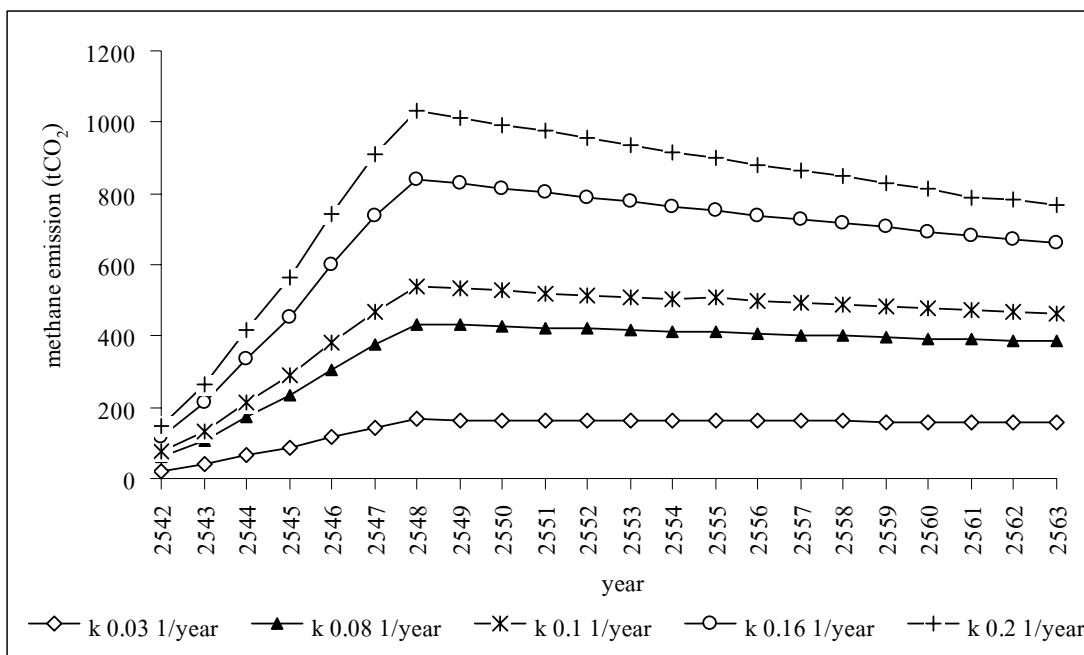
จากการศึกษาอัตราการเกิดก๊าซมีเทน (k) อยู่ในช่วง 0.034 – 0.21 ต่อปี ส่วนผลการแพร่กระจายก๊าซจากพื้นที่จริงพบว่ามีอัตราการแพร่กระจายต่ำมาก ดังนั้นการศึกษากำหนดให้ค่า k เท่ากับ 0.03 0.08 0.1 0.16 และ 0.2 ต่อปี

ผลการศึกษาพบว่าอัตราการแพร่กระจายก๊าซสูงขึ้นตามอัตราการเกิดก๊าซมีเทน (k) ที่เพิ่มขึ้นดังนี้ 0.003 0.030 0.08 0.1 0.16 และ 2.0 ต่อปี โดยพื้นที่ฝังกลบมูลฝอยเทศบาลนครหาดใหญ่พบอัตราการแพร่กระจายเฉลี่ยตั้งแต่ปี พ.ศ. 2526 – พ.ศ. 2563 เท่ากับ 2,072 5,160 6,280 9,287 และ 11,031 ตันคาร์บอนไดออกไซด์ ตามลำดับ ส่วนพื้นที่ฝังกลบเทศบาลเมืองบ้านพรุ บ่อที่ 1 พบอัตราการแพร่กระจายเฉลี่ยตั้งแต่ปี พ.ศ. 2542 – พ.ศ. 2563 เท่ากับ 139 353 433 655 และ 788 ตันคาร์บอนไดออกไซด์ ตามลำดับ ส่วนพื้นที่ฝังกลบเทศบาลเมืองบ้านพรุ บ่อที่ 2 พบอัตราการแพร่

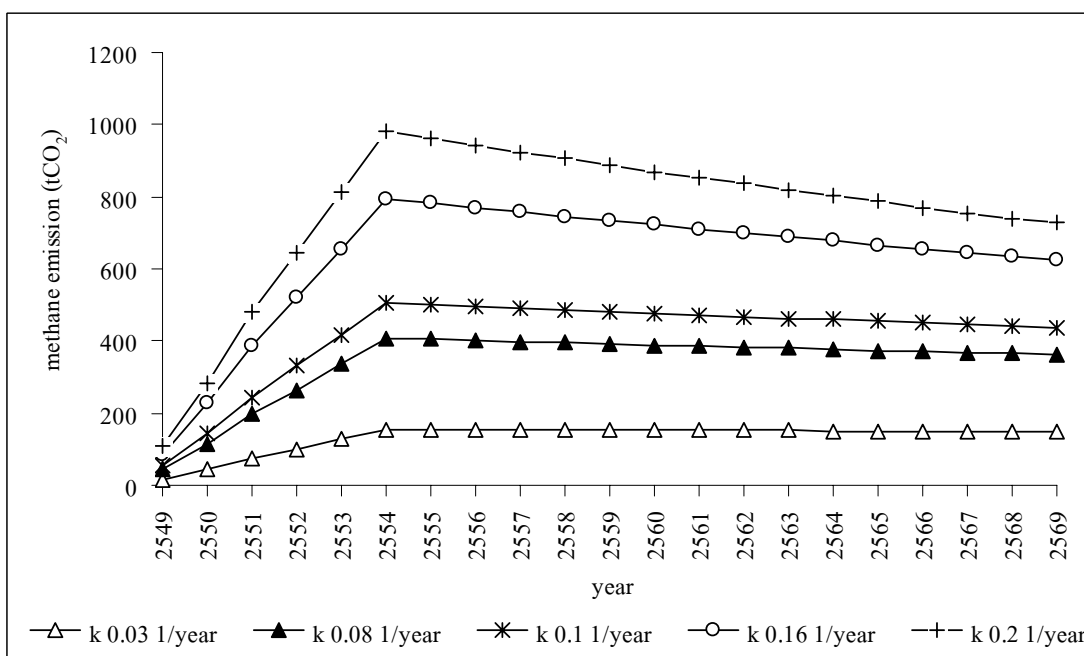
ระบายเฉลี่ยตั้งแต่ปี พ.ศ. 2549 – พ.ศ.2569 เท่ากับ 133 338 415 628 และ 756 ตันคาร์บอนไดออกไซด์ ตามลำดับ แสดงดังภาพประกอบที่ 3-23 3-24 และ 3-25



ภาพประกอบที่ 3-23 การเปลี่ยนแปลงการแพร่ระบายก๊าซมีเทนจากอัตราการเกิดก๊าซมีเทนจากพื้นที่ฝังกลบเทศบาลนครหาดใหญ่



ภาพประกอบที่ 3-24 การเปลี่ยนแปลงการแพร่ระบายก๊าซมีเทนจากอัตราการเกิดก๊าซมีเทนจากพื้นที่ฝังกลบเทศบาลเมืองบ้านพรุ บ่อที่ 1



ภาพประกอบที่ 3-25 การเปลี่ยนแปลงการแพร่ระบายก๊าซมีเทนจากอัตราการเกิดก๊าซมีเทนจากพื้นที่ฝังกลบเทศบาลเมืองบ้านพรุ บ่อที่ 2

จากผลการศึกษาดังกล่าวเห็นได้ว่า เมื่อเปลี่ยนแปลงค่าอัตราการเกิดก๊าซมีเทน ( $k$ ) อยู่ในช่วง 0.03 0.08 0.1 0.16 และ 0.2 ต่อปี พบว่าค่า  $k$  เพิ่ม ส่งผลให้อัตราการแพร่ระบายนี้ออกสูงขึ้นด้วย โดยค่า  $k=0.2$  เหมาะกับพื้นที่ที่มีปริมาณน้ำฝนสูงๆ ดังนี้ พื้นที่ที่มีปริมาณน้ำฝนสูง คือ พื้นที่ที่มีปริมาณน้ำฝนในพื้นที่ที่ระดับมากกว่า 103 มิลลิเมตรต่อปี ซึ่งประเทศไทยมีปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยเท่ากับ 1,470 และ 1,543 ในปี พ.ศ. 2550 และ พ.ศ. 2551 (สถาบันสารสนเทศทรัพยากรน้ำและการเกษตร, 2552) ตามลำดับ

ส่วนการประเมินการแพร่ระบายนี้ออกโดยวิธี close flux chamber ข้างต้นพบว่า การแพร่ระบายนี้ออกโดยรวมทั้งสองพื้นที่ที่มีปริมาณไม่เพียงพอที่จะนำมาใช้ประโยชน์ได้ เนื่องจากการจัดการมูลฝอยในพื้นที่ไม่มีประสิทธิภาพ ทั้งนี้ ในความเป็นจริงการนำก๊าซมาใช้ประโยชน์ควรมีการดูดก๊าซจากพื้นที่จริงด้วยเครื่องมือที่มีประสิทธิภาพถ้าต้องการนำก๊าซมาใช้ประโยชน์ควรมีการตรวจวัดจริงด้วยเครื่องเก็บก๊าซเฉพาะซึ่งปริมาณและคุณภาพก๊าซที่นิยมตรวจวัดโดยเครื่องวัดความเร็วชนิด thermal probe (hot wire) และ LANDTEC gas meter ตามลำดับ พื้นที่ฝังกลบมูลฝอยที่มีศักยภาพในการนำก๊าซมีเทนไปใช้ประโยชน์ควรผลิตก๊าซมากกว่า 100,000 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน ที่ระยะเวลาอย่างน้อยที่สุด 10 ปี (Kessler, K, 1991) ในขณะที่ผลการตรวจวัดจริงในพื้นที่ฝังกลบมูลฝอยเทศบาลนครหาดใหญ่ เทศบาลเมืองบ้านพรุบ่อที่ 1 และ 2 เท่ากับ 315 46 และ 231 คันคาร์บอนไดออกไซด์ต่อปีหรือ 23,226 3,411 และ 17,054 ลูกบาศก์เมตรต่อปีตามลำดับ ดังนั้น เมื่อพิจารณาในส่วนของการนำไปใช้ประโยชน์ในรูปแบบต่างๆ เช่น การนำไปใช้เป็นเชื้อเพลิงในพื้นที่โดยตรง การผลิตกระแสไฟฟ้า เป็นต้น ทางเทศบาลควรมีการวางแผนที่ดี รวมทั้งออกแบบและติดตั้งระบบเก็บรวบรวมก๊าซที่มีประสิทธิภาพตั้งแต่เริ่มต้น จึงจะทำให้ปริมาณก๊าซมีเทนที่เกิดขึ้นจริงและตรวจวัดได้ มีปริมาณเพิ่มขึ้นและนำไปใช้ประโยชน์ได้สูงสุด ดังต่อไปนี้

1. ติดตั้งท่อรวบรวมก๊าซที่แนวราบและแนวตั้งให้ก๊าซเคลื่อนที่ตามทิศทางที่กำหนด
2. ติดตั้งรางรวบรวมก๊าซ ประกอบด้วย ท่อพลาสติกที่มีรูพรุน เช่น PVC และ PE ในแนวราบและฝังอยู่ในรางกรวด เพื่อรับก๊าซที่เคลื่อนที่ในแนวราบ และเชื่อมต่อกับท่อแนวตั้ง เพื่อส่งผ่านก๊าซออกสู่บรรยากาศหรือต่อกับระบบเผาไหม้ก๊าซ
3. ก๊าซภายในพื้นที่ฝังกลบมีความดันมากกว่าที่จะระบายออกมาได้ ดังนั้น ควรต่อท่อระบายอากาศบนชั้นวัสดุกลบทับชั้นสุดท้ายและให้ด้านปลายท่อต่อลึกลงถึงมวลมูลฝอย ถ้าก๊าซมีปริมาณมากควรติดตั้งท่อที่มีรูพรุนหลายๆท่อต่อรวมกันเป็นเครือข่ายและเชื่อมกับเครื่องเผาไหม้ก๊าซ

4. สร้างผนังกันก๊าซรอบสถานที่ฝังกลบมูลฝอยทำจากวัสดุที่น้ำซึมผ่านได้ยาก เช่น ดินเหนียว ทำหน้าที่เหมือนผนังในแนวตั้งใต้ดินคอยกั้นก๊าซที่เกิดจากพื้นที่ฝังกลบ และก๊าซที่เก็บกักอยู่บริเวณรอบผนังด้านในจะถูกรวบรวมโดยรางรวบรวมก๊าซ

5. ติดตั้งบ่อดูดก๊าซในแนวราบ หลังจากได้ทำการฝังกลบไปได้ 2 ชั้นหรือมากกว่า โดยต่อเชื่อมกับบ่อก๊าซแนวตั้ง และติดตั้งบ่อดูดก๊าซในแนวตั้ง เพื่อนำพลังงานกลับมาใช้ และเป็น การควบคุมการไหลก๊าซไปยังบริเวณใกล้เคียง

6. ติดตั้งระบบจัดการการควบคุมแน่นของก๊าซในพื้นที่ฝังกลบที่มีอุณหภูมิสูง เมื่อเย็นตัวลงเกิดการกลั่นตัวเป็นไอ เพื่อรวบรวมไปตามท่อรวบรวมน้ำชะมูลฝอย ทั้งนี้ ก๊าซมีเทนในพื้นที่ฝังกลบมูลฝอยควรมีค่าไม่เกินจุดระเบิดขั้นต่ำ (ร้อยละ 5 ของก๊าซมีเทน) ในบริเวณทั้งภายในและภายนอกพื้นที่ฝังกลบมูลฝอย และมีค่าไม่เกินร้อยละ 25 ของจุดระเบิดขั้นต่ำ (ร้อยละ 1.25 ของก๊าซมีเทน) ภายในอาคารทั้งในและนอกสถานที่ฝังกลบมูลฝอย (พระราชบัญญัติโรงงาน, 2535)

ดังนั้น งานวิจัยนี้ทำการศึกษาเฉพาะแนวทางการจัดการก๊าซมีเทนที่ได้จากการประเมินการแพร่ระบาดของก๊าซมีเทนด้วยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ เนื่องจากปริมาณก๊าซที่เกิดขึ้นสอดคล้องกับทฤษฎีการแพร่ระบาดของก๊าซจากหลุมฝังกลบมูลฝอยของ Tchobanoglous และคณะ (1993) โดยเลือกวิธีการคำนวณด้วยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ด้วยวิธีปฏิบัติลำดับที่ 1 ของ IPCC เท่านั้น ซึ่งวิธีดังกล่าวใช้ข้อมูลจากพื้นที่จริงมากที่สุด และเป็นวิธีมาตรฐานที่ใช้เข้าร่วมโครงการ CDM

### 3.6 แนวทางการจัดการก๊าซมีเทนที่ได้จากพื้นที่ฝังกลบมูลฝอย

ในการศึกษาส่วนนี้คาดการณ์จากปริมาณก๊าซมีเทนที่เกิดจากการคำนวณด้วยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ด้วยวิธีปฏิบัติลำดับที่ 1 ของ IPCC เท่านั้น โดยแนวทางการจัดการก๊าซมีเทนที่เกิดขึ้นจากพื้นที่ฝังกลบมูลฝอยที่นิยมนำมาใช้ในพื้นที่ ได้แก่ วิธีการเผาก๊าซทิ้ง และวิธีการผลิตกระแสไฟฟ้า ซึ่งการดำเนินงานทั้ง 2 วิธีสามารถพิจารณาเพื่อเข้าร่วมโครงการ CDM โดยการขายสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกให้กับประเทศพัฒนาแล้วในรูปคาร์บอนเครดิตได้ ในหน่วยตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า ซึ่งการดำเนินการดังกล่าวเป็นการสนับสนุนทางการเงินสำหรับกิจกรรมที่สามารถลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม นอกจากนี้ ไฟฟ้าที่ผลิตได้สามารถจำหน่ายให้แก่การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค ในส่วนของผู้ผลิตไฟฟ้าจากพลังงานหมุนเวียน ประเภทมูลฝอย โดยการเชื่อมต่อระบบเครื่องกำเนิดไฟฟ้าของผู้ผลิตกับระบบโครงข่ายไฟฟ้าของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค เห็นได้ว่า การดำเนินการทั้ง 2 ส่วนเป็นการเพิ่มรายได้ให้กับทางเทศบาลทั้งสิ้น นอกจากนี้เป็นการใช้ประโยชน์จากของเสียที่เกิดขึ้นและลดการใช้พลังงานจากธรรมชาติในพื้นที่ ซึ่งเป็นแนวทางหนึ่ง



ในการรักษาสภาพแวดล้อมในพื้นที่อย่างยั่งยืน โดยศึกษาแนวทางการจัดการก๊าซมีเทนที่ได้จากพื้นที่ฝังกลบมูลฝอยมีดังนี้

1. การนำก๊าซมีเทนไปเผาไหม้ทั้งหมดและพิจารณาเข้าร่วมโครงการ CDM
  2. การนำก๊าซชีวภาพไปผลิตกระแสไฟฟ้าร่วมกับการนำส่วนที่เหลือไปเผาทิ้งและพิจารณาเข้าร่วมโครงการ CDM
- ซึ่งมีรายละเอียดขั้นตอนการดำเนินการ ดังนี้

### 1. ประเมินปริมาณก๊าซมีเทนที่เกิดขึ้นซึ่งถูกแพร่ระบายสู่บรรยากาศโดยตรง

ประเมินโดยใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ด้วยวิธีปฏิบัติการลำดับที่ 1 ของ IPCC ในรูปตันคาร์บอนไดออกไซด์ ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2553 – พ.ศ. 2562 มีดังนี้

- 1) พื้นที่ฝังกลบเทศบาลนครหาดใหญ่  
ผลการศึกษา พบว่า ปริมาณก๊าซมีเทนที่เกิดขึ้นทั้งหมดเท่ากับ 3,828 ตันมีเทนหรือเท่ากับ 80,388 ตันคาร์บอนไดออกไซด์ แสดงดังตารางที่ 3-15
- 2) พื้นที่ฝังกลบเทศบาลเมืองบ้านพรุ บ่อที่ 1  
ผลการศึกษา พบว่า ปริมาณก๊าซมีเทนที่เกิดขึ้นทั้งหมดเท่ากับ 422 ตันมีเทนหรือเท่ากับ 9,282 ตันคาร์บอนไดออกไซด์ แสดงดังตารางที่ 3-15
- 3) พื้นที่ฝังกลบเทศบาลเมืองบ้านพรุ บ่อที่ 2  
ผลการศึกษา พบว่า ปริมาณก๊าซมีเทนที่เกิดขึ้นทั้งหมดเท่ากับ 889 ตันมีเทนหรือเท่ากับ 18,669 ตันคาร์บอนไดออกไซด์ แสดงดังตารางที่ 3-15

จากการศึกษาดังกล่าว สามารถประเมินการลดการแพร่ระบายก๊าซมีเทน โดยประเมินจากผลต่างระหว่างการแพร่ระบายก๊าซมีเทนในสถานะปัจจุบันหรือกรณีฐาน (baseline emission) กับการแพร่ระบายก๊าซมีเทนจากการดำเนินโครงการ ได้แก่ การเผาทิ้งและผลิตกระแสไฟฟ้าทั้งหมดตั้งแต่ปี พ.ศ. 2553 – พ.ศ. 2562 เพื่อนำไปคำนวณปริมาณคาร์บอนเครดิตต่อไป

ตารางที่ 3-15 ปริมาณก๊าซมีเทนที่แพร่กระจายสู่บรรยากาศโดยตรงของพื้นที่ฝั่งกลบเทศบาลนครหาดใหญ่ เทศบาลเมืองบ้านพรุบ่อที่ 1 และบ่อที่ 2

ปี (พ.ศ.)	ประเมินปริมาณก๊าซมีเทนที่เกิดขึ้นซึ่งถูกแพร่กระจายสู่บรรยากาศโดยตรง (BE <sub>CH4,SWDS,y</sub> )					
	เทศบาลนครหาดใหญ่		เทศบาลเมืองบ้านพรุบ่อที่ 1		เทศบาลเมืองบ้านพรุบ่อที่ 2	
	ตันมีเทน	*ตันคาร์บอนไดออกไซด์	ตันมีเทน	*ตันคาร์บอนไดออกไซด์	ตันมีเทน	*ตันคาร์บอนไดออกไซด์
2553	573	12,033	64	1,344	138	2,898
2554	507	10,647	57	1,197	155	3,255
2555	455	9,555	52	1,092	123	2,583
2556	412	8,652	47	987	101	2,121
2557	377	7,917	44	924	84	1,764
2558	347	7,287	41	861	72	1,512
2559	321	6,741	38	798	63	1,323
2560	298	6,258	35	735	56	1,176
2561	278	5,838	33	693	51	1,071
2562	260	5,460	31	651	46	966
รวม	3,828	80,388	442	9,282	889	18,669

หมายเหตุ : \* ตันคาร์บอนไดออกไซด์คำนวณจากตันมีเทนคูณ 21 (ก๊าซมีเทนมีศักยภาพทำให้โลกร้อนมากกว่าคาร์บอนไดออกไซด์ 21 เท่า (IPCC, 1996))

## 2. เสนอแนวทางการจัดการก๊าซมีเทนที่เกิดขึ้นทั้งหมด ดังนี้

### 2.1) การนำก๊าซชีวภาพไปเผาไหม้โดยตรงทั้งหมดและพิจารณาการเข้าร่วมโครงการ

#### CDM

#### การนำก๊าซชีวภาพไปเผาไหม้โดยตรงทั้งหมด

อัตราการเกิดก๊าซมีเทน (methane emission) คือ อัตราการเกิดก๊าซมีเทนเป็นจำนวนลูกบาศก์เมตรต่อปี โดยงานวิจัยนี้กำหนดให้ก๊าซชีวภาพจากพื้นที่ฝังกลบมูลฝอยมีองค์ประกอบของมีเทนร้อยละ 50 ซึ่งเป็นองค์ประกอบโดยเฉลี่ยของก๊าซมีเทนในก๊าซชีวภาพทั่วไป (USEPA,1996) ดังนั้น การคำนวณอัตราการเกิดก๊าซชีวภาพจากพื้นที่ฝังกลบมูลฝอยของเทศบาลนครหาดใหญ่ และเทศบาลเมืองบ้านพรุบ่อที่ 1 และบ่อที่ 2 ในระยะเวลาทั้งหมด 10 ปี ซึ่งเป็นการคิดคาร์บอนเครดิตระยะสั้นของโครงการ โดยเริ่มจากปี พ.ศ. 2553 - พ.ศ. 2562 จำนวนจากการเปลี่ยนหน่วยในรูปตันมีเทนให้อยู่ในหน่วยลูกบาศก์เมตรมีเทนต่อปี โดยการหารด้วยความหนาแน่นของก๊าซมีเทนซึ่งมีค่าเท่ากับ 0.645 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร (คำนวณจากความหนาแน่นของอากาศในพื้นที่ที่อุณหภูมิ 28 องศาเซลเซียส เท่ากับ 1.17236 คูณกับความถ่วงจำเพาะของก๊าซมีเทนเท่ากับ 0.55) จากนั้นจะได้ปริมาณก๊าซชีวภาพ (G) จากการประเมินดังสมการที่ 3-1

$$G = \frac{(BE_{CH_4,SWDS,y} \cdot 100)}{50} \quad (3-1)$$

เมื่อ

G = ปริมาณก๊าซชีวภาพที่มีองค์ประกอบของก๊าซมีเทนเป็นองค์ประกอบร้อยละ 50 (ลูกบาศก์เมตรต่อปี)

โดยที่ปริมาณก๊าซมีเทนที่เกิดตามหลักเกณฑ์ของ UNFCCC ได้กำหนดประสิทธิภาพการรวบรวมก๊าซที่ร้อยละ 70 และประสิทธิภาพการเผาไหม้ที่ร้อยละ 50 (UNFCCC, 2006) สามารถประเมินดังสมการที่ 2-6 รายละเอียดมีดังนี้

$$MD_y = LFG_{burnt,y} * w_{CH_4,y} * D_{CH_4} * FE * GWP_{CH_4} \quad (2-6)$$

#### 1) พื้นที่ฝังกลบเทศบาลนครหาดใหญ่

ผลการศึกษา พบว่า ปริมาณก๊าซชีวภาพรวมที่เกิดขึ้นทั้งหมดเท่ากับ 11,869,714 ลูกบาศก์เมตร และปริมาณก๊าซชีวภาพทั้งหมดที่รวบรวมได้และถูกเผาไหม้เท่ากับ 8,308,799 ลูก

บาศก์เมตร ส่งผลให้ปริมาณก๊าซมีเทนลดลงทั้งหมดเท่ากับ 36,020 ตันคาร์บอนไดออกไซด์ หรือสามารถลดการแพร่กระจายก๊าซมีเทนลงจากกรณีฐานได้ร้อยละ 44.81 แสดงดังตารางที่ 3-16

โดยที่ LFG : ปริมาณก๊าซชีวภาพที่เกิดขึ้นจากพื้นที่ฝังกลบมูลฝอยทั้งหมด

LFG flared or LFG burnt : ปริมาณก๊าซชีวภาพที่ถูกเผาไหม้ทั้งหมด

LFG collection ปริมาณก๊าซที่รวบรวมได้ที่ร้อยละ 70 ของปริมาณก๊าซชีวภาพทั้งหมด

LFG flared or LFG burnt เท่ากับ LFG collection

MD<sub>y</sub> : ปริมาณก๊าซมีเทนที่ถูกเผาไหม้ทั้งหมดในรูปตันคาร์บอนไดออกไซด์ จำนวนดังสมการที่ 2-6

ตารางที่ 3-16 ปริมาณก๊าซที่ได้จากการเผาไหม้ทั้งหมดจากพื้นที่ฝังกลบมูลฝอยเทศบาลนครหาดใหญ่

ข้อมูลการคาดการณ์ปริมาณก๊าซที่ลดลง					
เทศบาลนครหาดใหญ่					
ปี (พ.ศ.)	ปริมาณ มีเทน (ตัน)	ปริมาณมีเทน (ลูกบาศก์เมตร)	LFG (ลูกบาศก์เมตร)	LFG flared (ลูกบาศก์เมตร)	MD <sub>y</sub> (ตันคาร์บอน ไดออกไซด์)
2553	573	888,372	1,776,744	1,243,721	5,392
2554	507	786,047	1,572,094	1,100,466	4,771
2555	455	705,426	1,410,852	987,596	4,281
2556	412	638,760	1,277,520	894,264	3,877
2557	377	584,496	1,168,992	818,294	3,547
2558	347	537,984	1,075,968	753,178	3,265
2559	321	497,674	995,294	696,706	3,020
2560	298	462,016	924,032	646,822	2,804
2561	278	431,008	862,016	603,411	2,616
2562	260	403,101	806,202	564,341	2,447
รวม	3,828	5,934,884	11,869,714	8,308,799	36,020

## 2) พื้นที่ฝังกลบเทศบาลเมืองบ้านพรุ

ในส่วนของพื้นที่ฝังกลบมูลฝอยเทศบาลเมืองบ้านพรุได้ทำการรวมพื้นที่ทั้ง 2 บ่อไว้เพื่อให้ปริมาณก๊าซชีวภาพที่เข้าสู่ระบบการผลิตกระแสไฟฟ้ามีปริมาณสูงขึ้น ผลการศึกษา พบว่าปริมาณก๊าซชีวภาพที่เกิดขึ้นทั้งหมดเท่ากับ 4,127,132 ลูกบาศก์เมตร และปริมาณก๊าซชีวภาพทั้งหมดที่รวบรวมได้และถูกเผาไหม้เท่ากับ 2,888,993 ลูกบาศก์เมตร ส่งผลทำให้ปริมาณก๊าซมีเทนลดลงรวมเท่ากับ 12,524 ตันคาร์บอนไดออกไซด์ หรือสามารถลดการแพร่กระจายก๊าซมีเทนลงจากกรณีฐานได้ร้อยละ 44.81 แสดงดังตารางที่ 3-17

โดยที่ LFG : ปริมาณก๊าซชีวภาพที่เกิดขึ้นจากพื้นที่ฝังกลบมูลฝอยทั้งหมด

LFG flared or LFG burnt : ปริมาณก๊าซชีวภาพที่ถูกเผาไหม้ทั้งหมด

LFG collection ปริมาณก๊าซที่รวบรวมได้ที่ร้อยละ 70 ของปริมาณก๊าซชีวภาพทั้งหมด

LFG flared or LFG burnt เท่ากับ LFG collection

$MD_y$  : ปริมาณก๊าซมีเทนที่ถูกเผาไหม้ทั้งหมดในรูปตันคาร์บอนไดออกไซด์ จำนวนดังสมการที่ 2-6

**ตารางที่ 3-17 ปริมาณก๊าซที่ได้จากการเผาไหม้ทั้งหมดจากพื้นที่ฝังกลบมูลฝอยเทศบาลเมืองบ้านพรุ**

ข้อมูลการคาดการณ์ปริมาณก๊าซที่ลดลง					
เทศบาลนครหาดใหญ่					
ปี (พ.ศ.)	ปริมาณ มีเทน (ตัน)	ปริมาณมีเทน (ลูกบาศก์เมตร)	LFG (ลูกบาศก์เมตร)	LFG flared (ลูกบาศก์เมตร)	MD <sub>y</sub> (ตันคาร์บอน ไดออกไซด์)
2553	202	313,178	626,356	438,449	1,901
2554	212	328,682	657,364	460,155	1,995
2555	175	271,318	542,636	379,845	1,647
2556	148	229,457	458,914	321,240	1,393
2557	128	198,450	396,900	277,830	1,204
2558	113	175,194	350,388	245,272	1,063
2559	101	156,589	313,178	219,225	950
2560	91	141,085	282,170	197,519	856
2561	84	130,233	260,466	182,326	790
2562	77	119,380	238,760	167,132	725
รวม	1,331	2,063,566	4,127,132	2,888,993	12,524

**การพิจารณาเข้าร่วมโครงการกลไกการพัฒนาที่สะอาด (clean development mechanism : CDM) จากการนำก๊าซชีวภาพไปเผาไหม้โดยตรงทั้งหมด**

การประเมินศักยภาพการเข้าสู่กลไกพัฒนาที่สะอาดสำหรับพื้นที่ฝังกลบมูลฝอยแบบสุขาภิบาล ใช้วิธีการวิเคราะห์ของ clean development mechanism project design document form (CDM-SSC-PDD) ประเภท small scale (AMS) ในส่วน III.G. landfill methane recovery version 06 (UNFCCC, 2008) เป็นทางเลือกของผู้ดำเนินการในการพิจารณาเพื่อเข้าร่วมโครงการ CDM โดยประเมินปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ลดลงจากเดิมตามหลักเกณฑ์การประเมินของ UNFCCC ในระยะเวลาตามเงื่อนไขการดำเนินโครงการ CDM ถือเป็นคาร์บอนเครดิตที่สามารถนำไปขายให้กับประเทศที่ต้องการ และจากราคาเครดิตที่ซื้อขายเมื่อวันที่ 4 มกราคม 2553 ที่ราคา 11.44 ปอนด์ต่อตันคาร์บอนไดออกไซด์ (องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก, 2553) โดยราคาค่าเงินบาทอยู่ที่ 54.02 บาทต่อปอนด์ (ธนาคารแห่งประเทศไทย, 2553) สามารถประเมินผลได้ดังนี้

1) พื้นที่ฝั่งกลบมูลฝอยเทศบาลนครหาดใหญ่

ผลการศึกษา พบว่า ปริมาณการแพร่ระบาดของก๊าซมีเทนกรณีฐานทั้งหมดเท่ากับ 80,388 ตันคาร์บอนไดออกไซด์ และปริมาณก๊าซมีเทนที่ลดลงได้เท่ากับ 36,020 ตันคาร์บอนไดออกไซด์ ทำให้รายได้ที่เกิดจากการขายคาร์บอนตลอดโครงการเท่ากับ 22,260,360 บาท แสดงดังตารางที่ 3-18

2) พื้นที่ฝั่งกลบมูลฝอยเทศบาลเมืองบ้านพรุ

ผลการศึกษา พบว่า ปริมาณการแพร่ระบาดของก๊าซมีเทนกรณีฐานทั้งหมดเท่ากับ 27,951 ตันคาร์บอนไดออกไซด์ และปริมาณก๊าซมีเทนที่ลดลงได้เท่ากับ 12,524 ตันคาร์บอนไดออกไซด์ ทำให้รายได้ที่เกิดจากการขายคาร์บอนตลอดโครงการเท่ากับ 7,739,832 บาท แสดงดังตารางที่ 3-18

**ตารางที่ 3-18** การลดแพร่ระบายก๊าซมีเทน (emission reduction) รายได้จากการขายคาร์บอนเครดิต (certified emission reduction) จากการนำก๊าซเผาไหม้ โดยตรงทั้งหมด

ปี (พ.ศ.)	baseline emission		emission reduction		รายได้คาร์บอนเครดิต	
	(ตันคาร์บอนไดออกไซด์)		(ตันคาร์บอนไดออกไซด์)		(บาท : 618 บาทต่อตันคาร์บอนไดออกไซด์)	
	เทศบาลนครหาดใหญ่	เทศบาลเมืองบ้านพรุ	เทศบาลนครหาดใหญ่	เทศบาลเมืองบ้านพรุ	เทศบาลนครหาดใหญ่	เทศบาลเมืองบ้านพรุ
2553	12,033	4,242	5,392	1,901	3,332,256	1,174,818
2554	10,647	4,452	4,771	1,995	2,948,478	1,232,910
2555	9,555	3,675	4,281	1,647	2,645,658	1,017,846
2556	8,652	3,108	3,877	1,393	2,395,986	860,874
2557	7,917	2,688	3,547	1,204	2,192,046	744,072
2558	7,287	2,373	3,265	1,063	2,017,770	656,934
2559	6,741	2,121	3,020	950	1,866,360	587,100
2560	6,258	1,911	2,804	856	1,732,872	529,008
2561	5,838	1,764	2,616	790	1,616,688	488,220
2562	5,460	1,617	2,447	725	1,512,246	448,050
รวม	80,388	27,951	36,020	12,524	22,260,360	7,739,832



## 2. การนำก๊าซมีเทนผลิตไฟฟ้าร่วมกับการนำส่วนที่เหลือไปเผาทั้ง มีรายละเอียด ดังนี้

ก๊าซชีวภาพที่เกิดขึ้นในพื้นที่ฝังกลบมูลฝอยสามารถรวบรวมที่ร้อยละ 70 ของปริมาณก๊าซที่เกิดขึ้นทั้งหมด โดยก๊าซชีวภาพที่เกิดขึ้นเพื่อนำไปผลิตกระแสไฟฟ้าคิดจากปริมาณก๊าซที่รวบรวมได้ในปีที่มีปริมาณก๊าซเกิดขึ้นน้อยที่สุด คือ ปี พ.ศ. 2562 มาวิเคราะห์การผลิตกระแสไฟฟ้า และกำหนดให้ปริมาณก๊าซที่นำไปผลิตกระแสไฟฟ้าสามารถใช้กับขนาดเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่มีจำหน่ายตามท้องตลาด (ที่มา: T.H.A POWER group) ผลการศึกษามีดังนี้

### 1) พื้นที่ฝังกลบมูลฝอยเทศบาลนครหาดใหญ่

ผลการศึกษา พบว่า ปริมาณก๊าซชีวภาพที่สามารถรวบรวมในปีสุดท้ายเท่ากับ 564,341 ลูกบาศก์เมตร และเพื่อการลงทุนที่เหมาะสมจึงกำหนดให้ปริมาณก๊าซดังกล่าวนำไปใช้ผลิตกระแสไฟฟ้าได้ร้อยละ 89 หรือเท่ากับ 505,000 ลูกบาศก์เมตรหรือ 4,379 ต้นคาร์บอนไดออกไซด์ต่อปี โดยกำลังไฟฟ้าที่สามารถผลิตได้คงที่เท่ากับ 80 กิโลวัตต์ ที่ปริมาณกระแสไฟฟ้าคงที่เท่ากับ 576,000 กิโลวัตต์-ชั่วโมง ทำให้ลดการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิลในพื้นที่เท่ากับ 329 ต้นคาร์บอนไดออกไซด์ต่อปี ส่วนปริมาณก๊าซชีวภาพที่เหลือถูกเผาไหม้ทั้งหมดเท่ากับ 3,258,799 ลูกบาศก์เมตรหรือปริมาณก๊าซมีเทนลดลงทั้งหมดเท่ากับ 14,128 ต้นคาร์บอนไดออกไซด์ การดำเนินการตามแนวทางนี้สามารถลดการแพร่กระจายก๊าซมีเทนลงจากกรณีฐานได้เท่ากับ 61,208 ต้นคาร์บอนไดออกไซด์ หรือร้อยละ 76.14 โดยแสดงผลการคำนวณดังตารางที่ 3-19

โดยที่

LFG emission : ปริมาณก๊าซชีวภาพที่แพร่กระจายสู่บรรยากาศก๊าซโดยตรง

LFG collected : ปริมาณก๊าซชีวภาพที่สามารถรวบรวมได้ร้อยละ 70

LFG used by the plant : ปริมาณก๊าซชีวภาพที่รวบรวมได้เพื่อผลิตกระแสไฟฟ้า

$PE_{electricity,y}$  : ปริมาณที่ได้จากการลดการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิลสามารถประเมินดังสมการที่ 2-14

$$PE_{electricity,y} = EL_{imp,y} * EF_{grid} \quad (2-14)$$

LFG flared : ปริมาณก๊าซชีวภาพที่ถูกเผาไหม้ทั้งหมด

ซึ่งได้จาก LFG collected – LFG used by the plant

$MD_y$  : ปริมาณก๊าซมีเทนที่ถูกเผาไหม้ทั้งหมดในรูปต้นคาร์บอนไดออกไซด์

คำนวณดังสมการที่ 2-6 และวิธีการคำนวณแสดงในภาคผนวก จ

ตารางที่ 3-19 ปริมาณก๊าซที่ได้จากการผลิตกระแสไฟฟ้าของพื้นที่ฝังกลบมูลฝอยเทศบาลนครหาดใหญ่

ปี (พ.ศ.)	LFG emission (ลูกบาศก์ เมตร)	LFG collected (ลูกบาศก์ เมตร)	LFG used by the plant					LFG flared (ลูกบาศก์เมตร)	MD <sub>y</sub> (ตันคาร์บอน ไดออกไซด์)
			(ลูกบาศก์ เมตร)	(ตันคาร์บอน ไดออกไซด์)	กำลังไฟฟ้า ที่ผลิตได้ (กิโลวัตต์)	กระแสไฟฟ้า ที่ผลิตได้ (กิโลวัตต์- ชั่วโมง)	ลดการใช้เชื้อเพลิง ฟอสซิล (ตันคาร์บอน ไดออกไซด์)		
2553	1,776,744	1,243,721	505,000	4,379	80	576,000	329	738,721	3,203
2554	1,572,094	1,100,466	505,000	4,379	80	576,000	329	595,466	2,581
2555	1,410,852	987,596	505,000	4,379	80	576,000	329	482,596	2,092
2556	1,277,520	894,264	505,000	4,379	80	576,000	329	389,264	1,688
2557	1,168,992	818,294	505,000	4,379	80	576,000	329	313,294	1,358
2558	1,075,968	753,178	505,000	4,379	80	576,000	329	248,178	1,076
2559	995,294	696,706	505,000	4,379	80	576,000	329	191,706	831
2560	924,032	646,822	505,000	4,379	80	576,000	329	141,822	615
2561	862,016	603,411	505,000	4,379	80	576,000	329	98,411	427
2562	806,202	564,341	505,000	4,379	80	576,000	329	59,341	257
รวม	11,869,714	8,308,799	5,050,000	43,790	800	5,760,000	3,290	3,258,799	14,128

2) พื้นที่ฝังกลบมูลฝอยเทศบาลเมืองบ้านพรุ บ่อที่ 1 และบ่อที่ 2

ผลการศึกษา พบว่า ปริมาณก๊าซชีวภาพที่สามารถรวบรวมในปีสุดท้ายเท่ากับ 167,132 ลูกบาศก์เมตรและเพื่อการลงทุนที่เหมาะสมจึงกำหนดให้ปริมาณก๊าซดังกล่าวนำไปใช้ผลิตกระแสไฟฟ้าได้ร้อยละ 94 หรือเท่ากับ 157,100 ลูกบาศก์เมตรหรือ 1,362 ตันคาร์บอนไดออกไซด์ต่อปี โดยกำลังไฟฟ้าที่สามารถผลิตได้คงที่เท่ากับ 25 กิโลวัตต์ ที่ปริมาณกระแสไฟฟ้าคงที่เท่ากับ 180,000 กิโลวัตต์-ชั่วโมง ทำให้ลดการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิลในพื้นที่เท่ากับ 103 ตันคาร์บอนไดออกไซด์ต่อปี ส่วนปริมาณก๊าซชีวภาพที่เหลือถูกเผาไหม้ทั้งหมดเท่ากับ 1,317,993 ลูกบาศก์เมตรหรือปริมาณก๊าซมีเทนลดลงทั้งหมดเท่ากับ 5,713 ตันคาร์บอนไดออกไซด์ การดำเนินการตามแนวทางนี้สามารถลดการแพร่กระจายก๊าซมีเทนลงจากกรณีฐานได้เท่ากับ 20,363 ตันคาร์บอนไดออกไซด์ หรือร้อยละ 72.85 โดยแสดงผลการคำนวณดังตารางที่ 3-20

โดยที่ LFG emission : ปริมาณก๊าซชีวภาพที่แพร่กระจายสู่บรรยากาศก๊าซโดยตรง  
 LFG collected : ปริมาณก๊าซชีวภาพที่สามารถรวบรวมได้ร้อยละ 70  
 LFG used by the plant : ปริมาณก๊าซชีวภาพที่รวบรวมได้เพื่อผลิตกระแสไฟฟ้า  
 $PE_{electricity,y}$  : ปริมาณที่ได้จากการลดการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิลสามารถประเมินดังสมการที่ 2-14

$$PE_{electricity,y} = EL_{imp,y} * EF_{grid} \quad (2-14)$$

LFG flared : ปริมาณก๊าซชีวภาพที่ถูกเผาไหม้ทั้งหมด

ซึ่งได้จาก LFG collected – LFG used by the plant

$MD_y$  : ปริมาณก๊าซมีเทนที่ถูกเผาไหม้ทั้งหมดในรูปตันคาร์บอนไดออกไซด์  
 คำนวณดังสมการที่ 2-6 และวิธีการคำนวณแสดงในภาคผนวก ก

ตารางที่ 3-20 ปริมาณก๊าซที่ได้จากการผลิตกระแสไฟฟ้าของพื้นที่ฝังกลบมูลฝอยเมืองบ้านพรุบ่อที่ 1 และ 2

ปี (พ.ศ.)	LFG emission (ลูกบาศก์ เมตร)	LFG collected (ลูกบาศก์ เมตร)	LFG used by the plant					LFG flared (ลูกบาศก์เมตร)	MD <sub>y</sub> (ตันคาร์บอน ไดออกไซด์)
			(ลูกบาศก์ เมตร)	(ตันคาร์บอน ไดออกไซด์)	กำลังไฟฟ้า ที่ผลิตได้ (กิโลวัตต์)	กระแสไฟฟ้า ที่ผลิตได้ (กิโลวัตต์- ชั่วโมง)	ลดการใช้เชื้อเพลิง ฟอสซิล (ตันคาร์บอน ไดออกไซด์)		
2553	626,356	438,449	157,100	1,362	25	180,000	103	281,349	1,220
2554	657,364	460,155	157,100	1,362	25	180,000	103	303,055	1,314
2555	542,636	379,845	157,100	1,362	25	180,000	103	222,745	966
2556	458,914	321,240	157,100	1,362	25	180,000	103	164,140	712
2557	396,900	277,830	157,100	1,362	25	180,000	103	120,730	523
2558	350,388	245,272	157,100	1,362	25	180,000	103	88,172	382
2559	313,178	219,225	157,100	1,362	25	180,000	103	62,125	269
2560	282,170	197,519	157,100	1,362	25	180,000	103	40,419	175
2561	260,466	182,326	157,100	1,362	25	180,000	103	25,226	109
2562	238,760	167,132	157,100	1,362	25	180,000	103	10,032	43
รวม	4,127,132	2,888,993	1,571,000	13,620	250	1,800,000	1,030	1,317,993	5,713

**การพิจารณาเข้าร่วมโครงการกลไกการพัฒนาที่สะอาด (clean development mechanism : CDM) การนำก๊าซมีเทนผลิตไฟฟ้าร่วมกับการนำส่วนที่เหลือไปเผาทิ้ง**

การประเมินศักยภาพการเข้าสู่กลไกพัฒนาที่สะอาดสำหรับพื้นที่ฝังกลบมูลฝอยแบบสุขาภิบาล ใช้วิธีการวิเคราะห์ของ clean development mechanism project design document form (CDM-SSC-PDD) ประเภท small scale (AMS) ในส่วน III.G. landfill methane recovery version 06 (UNFCCC, 2008) ดังกล่าวข้างต้น กำหนดให้ราคาเครดิตที่ซื้อขายเมื่อวันที่ 4 มกราคม 2553 ที่ราคา 11.44 ปอนด์ต่อตันคาร์บอนไดออกไซด์ (องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก, 2553) โดยราคาค่าเงินบาทอยู่ที่ 54.02 บาทต่อปอนด์ (ธนาคารแห่งประเทศไทย, 2553) นอกจากนี้การไฟฟ้าส่วนภูมิภาคให้การสนับสนุนการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานหมุนเวียนของผู้ผลิตไฟฟ้าขนาดเล็กมาก ที่มีปริมาณไฟฟ้าเข้าสู่ระบบโครงข่ายไฟฟ้าของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคไม่เกิน 10 เมกกะวัตต์ โดยให้การสนับสนุนการรับซื้อไฟฟ้าเป็นระยะเวลา 7 ปี และกำหนดรายได้จากการขายไฟฟ้า 2 ส่วน คือ

ส่วนที่ 1 ค่าไฟฟ้าที่ได้รับ คำนวณจาก (หน่วยของไฟฟ้าที่ทางเทศบาลขายให้การไฟฟ้าคูณด้วยราคาขายไฟฟ้า) รวมกับ (หน่วยของไฟฟ้าที่ทางเทศบาลขายให้การไฟฟ้าคูณด้วยค่า  $F_f$ ) โดยราคาขายไฟฟ้าคิดในกรณีผู้ใช้อัตราปกติ 1.6583 บาทต่อหน่วย และค่า  $F_f$  (fuel adjustment change at the give time) คือ การลดค่าต้นทุนการผลิตไฟฟ้าที่การไฟฟ้าไม่สามารถควบคุมได้ ได้แก่ ราคาเชื้อเพลิง และค่าซื้อไฟฟ้าจากผู้ผลิตเอกชนมีค่าเท่ากับ 0.9177 บาทต่อหน่วย (ราคาขายไฟฟ้าในและค่า  $F_f$  ของปี 2552) และ 1 หน่วยเท่ากับ 1 กิโลวัตต์-ชั่วโมง (การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค, 2552)

ส่วนที่ 2 ส่วนเพิ่มราคารับซื้อไฟฟ้าจากเชื้อเพลิงประเภทมูลฝอยในปี 2552 ที่ราคา 2.50 บาทต่อกิโลวัตต์-ชั่วโมง คำนวณจาก (หน่วยของไฟฟ้าที่ทางเทศบาลขายให้การไฟฟ้าคูณด้วยราคาขายไฟฟ้าส่วนเพิ่ม) (การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค, 2552) ผลการประเมินมีดังนี้

1) พื้นที่ฝังกลบมูลฝอยเทศบาลนครหาดใหญ่

ผลการศึกษา พบว่า ปริมาณการแพร่กระจายก๊าซมีเทนกรณีฐานทั้งหมดเท่ากับ 80,388 ตันคาร์บอนไดออกไซด์ และปริมาณก๊าซมีเทนที่ลดลงได้เท่ากับ 61,208 ตันคาร์บอนไดออกไซด์ ทำให้รายได้ที่เกิดจากการขายคาร์บอนตลอดโครงการเท่ากับ 37,826,544 บาท ในขณะที่ปริมาณกระแสไฟฟ้าที่เกิดขึ้นตลอดโครงการ (300 วันต่อปี) เท่ากับ 5,760,000 กิโลวัตต์-ชั่วโมง ทำให้รายได้จากการขายไฟฟ้าในโครงการ เท่ากับ 21,899,080 บาท รวมรายได้ทั้งสิ้นเท่ากับ 59,725,624 บาท แสดงดังตารางที่ 3-21

## 2) พื้นที่ฝั่งกลบมูลฝอยเทศบาลเมืองบ้านพรุ

ผลการศึกษา พบว่า ปริมาณการแพร่ระบายก๊าซมีเทนกรณีฐานทั้งหมดเท่ากับ 27,951 ตันคาร์บอนไดออกไซด์ และปริมาณก๊าซมีเทนที่ลดลงได้เท่ากับ 20,363 ตันคาร์บอนไดออกไซด์ ทำให้รายได้ที่เกิดจากการขายคาร์บอนตลอดโครงการเท่ากับ 12,584,334 บาท ในขณะที่ปริมาณกระแสไฟฟ้าที่เกิดขึ้นตลอดโครงการ (300 วันต่อปี) เท่ากับ 1,800,000 กิโลวัตต์-ชั่วโมง ทำให้รายได้จากการขายไฟฟ้าตลอดโครงการเท่ากับ 6,843,466 บาท รวมรายได้ทั้งสิ้นเท่ากับ 19,427,800 บาท แสดงดังตารางที่ 3-22

**ตารางที่ 3-21** การลดแพร่ระบายก๊าซมีเทน (emission reduction) รายได้จากการขายคาร์บอนเครดิต (certified emission reduction) และรายได้จากการขายไฟฟ้าจากพื้นที่ฝังกลบมูลฝอยเทศบาลนครหาดใหญ่

ปี (พ.ศ.)	baseline emission (ตันคาร์บอน ไดออกไซด์)	emission reduction (ตันคาร์บอน ไดออกไซด์)	รายได้คาร์บอนเครดิต (บาท : 618 บาท ต่อตัน คาร์บอนไดออกไซด์)	รายได้จากการขายไฟฟ้า (บาท)			
				ปริมาณ กระแสไฟฟ้า (กิโลวัตต์- ชั่วโมง)	ค่าไฟฟ้า (บาทต่อหน่วย)	รายได้ส่วนเพิ่ม (บาท : 2.50 บาทต่อ กิโลวัตต์ชั่วโมง)	*รวม (เพิ่มค่าภาษี ร้อยละ 7 )
2553	12,033	7,911	4,888,998	576,000	1,483,776	1,440,000	3,128,440
2554	10,647	7,289	4,504,602	576,000	1,483,776	1,440,000	3,128,440
2555	9,555	6,800	4,202,400	576,000	1,483,776	1,440,000	3,128,440
2556	8,652	6,396	3,952,728	576,000	1,483,776	1,440,000	3,128,440
2557	7,917	6,066	3,748,788	576,000	1,483,776	1,440,000	3,128,440
2558	7,287	5,784	3,574,512	576,000	1,483,776	1,440,000	3,128,440
2559	6,741	5,539	3,423,102	576,000	1,483,776	1,440,000	3,128,440
2560	6,258	5,323	3,289,614	576,000	-	-	-
2561	5,838	5,135	3,173,430	576,000	-	-	-
2562	5,460	4,965	3,068,370	576,000	-	-	-
รวม	80,388	61,208	37,826,544	5,760,000	10,386,432	10,080,000	21,899,080

หมายเหตุ : \* เพิ่มค่าภาษีร้อยละ 7 ของรายได้จากการไฟฟ้าทั้งหมด ได้แก่ ค่าไฟฟ้าและรายได้ส่วนเพิ่ม (การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค, 2552)

**ตารางที่ 3-22** การลดแพร่ระบายก๊าซมีเทน (emission reduction) รายได้จากการขายคาร์บอนเครดิต (certified emission reduction) และรายได้จากการขายไฟฟ้าจากพื้นที่ฝังกลบมูลฝอยเทศบาลเมืองบ้านพรุ

ปี (พ.ศ.)	baseline emission (ตันคาร์บอน ไดออกไซด์)	emission reduction (ตันคาร์บอน ไดออกไซด์)	รายได้คาร์บอนเครดิต (บาท : 618 บาท ต่อตัน คาร์บอนไดออกไซด์)	รายได้จากการขายไฟฟ้า (บาท)			
				ปริมาณ กระแสไฟฟ้า (กิโลวัตต์- ชั่วโมง)	ค่าไฟฟ้า (บาทต่อหน่วย)	รายได้ส่วนเพิ่ม (บาท : 2.50 บาทต่อ กิโลวัตต์ชั่วโมง)	*รวม (เพิ่มค่าภาษี ร้อยละ 7 )
2553	4,242	2,685	1,659,330	180,000	463,680	450,000	977,638
2554	4,452	2,779	1,717,422	180,000	463,680	450,000	977,638
2555	3,675	2,431	1,502,358	180,000	463,680	450,000	977,638
2556	3,108	2,177	1,345,386	180,000	463,680	450,000	977,638
2557	2,688	1,988	1,228,584	180,000	463,680	450,000	977,638
2558	2,373	1,847	1,141,446	180,000	463,680	450,000	977,638
2559	2,121	1,734	1,071,612	180,000	463,680	450,000	977,638
2560	1,911	1,640	1,013,520	180,000	-	-	-
2561	1,764	1,574	972,732	180,000	-	-	-
2562	1,617	1,508	931,944	180,000	-	-	-
รวม	27,951	20,363	12,584,334	1,800,000	3,245,760	3,150,000	6,843,466

หมายเหตุ : \* เพิ่มค่าภาษีร้อยละ 7 ของรายได้จากการไฟฟ้าทั้งหมด ได้แก่ ค่าไฟฟ้าและรายได้ส่วนเพิ่ม (การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค, 2552)



การประเมินข้างต้นถือเป็นสิทธิประโยชน์ที่จะได้รับจากโครงการ ดังนั้น ควรมีการพิจารณาค่าใช้จ่ายในการลงทุนทั้งในส่วนของการลงทุนสร้างระบบกำจัดมูลฝอย และค่าดำเนินโครงการ CDM เพื่อพิจารณาความคุ้มค่าในการลงทุน ดังนี้

### 3. การพิจารณาค่าลงทุน

การพิจารณาการลงทุนสามารถรวบรวมค่าค่าใช้จ่ายในการดำเนินการแบ่งออกเป็น 2 ส่วน

#### 1) ค่าดำเนินงาน

1.1) การก่อสร้างระบบกำจัดมูลฝอยประกอบด้วย ระบบรวบรวมก๊าซ โดยวางท่อที่มีความยาว 1 เมตร วางเป็นระยะทางทุก 25 เมตร โดย ท่อ 1 เมตรรวมกับค่าแรงในการติดตั้งราคา 3,000 บาทต่อเมตร แสดงดังภาพประกอบที่ 3-26 ทั้งนี้ ขึ้นอยู่กับความกว้างและความสูงของพื้นที่ฝังกลบมูลฝอยแต่ละพื้นที่ ดังนี้

##### 1.1.1) พื้นที่เทศบาลนครหาดใหญ่ ประกอบด้วย

- พื้นที่บ่อที่ 1 มีพื้นที่ 25 ไร่ โดยมีความกว้างความยาวและความลึกเท่ากับ 200x200x6 โดยติดตั้งท่อรวบรวมก๊าซได้ทั้งหมด คือ ที่ความกว้างและความยาว 200 เมตร สามารถติดตั้งท่อรวบรวมก๊าซได้ด้านละ 1,400 ท่อ และที่ความลึก 6 เมตร สามารถติดตั้งท่อรวบรวมก๊าซได้ 294 ท่อ รวมทั้งหมด 3,094 ท่อ

- พื้นที่บ่อที่ 2 มีพื้นที่ 30 ไร่ โดยมีความกว้างความยาวและความลึกเท่ากับ 290x130x6 ทำให้ติดตั้งท่อรวบรวมก๊าซได้ทั้งหมด คือ ที่ความกว้าง 290 เมตร สามารถติดตั้งท่อรวบรวมก๊าซได้ 1,100 ที่ความยาว 130 เมตร สามารถติดตั้งท่อรวบรวมก๊าซได้ 1,250 ท่อ และที่ความลึก 6 เมตร สามารถติดตั้งท่อรวบรวมก๊าซได้ 240 ท่อ รวมทั้งหมด 2,590 ท่อ

ดังนั้น พื้นที่เทศบาลนครหาดใหญ่สามารถติดตั้งท่อรวบรวมก๊าซทั้งหมดได้ 5,684 ท่อ รวมเป็นเงินทั้งหมด 17,052,000 บาท

##### 1.1.2) พื้นที่เทศบาลเมืองบ้านพรุ ประกอบด้วย

- พื้นที่บ่อที่ 1 มีพื้นที่ 5.5 ไร่ โดยมีความกว้างความยาวและความลึกเท่ากับ 120x76x6 โดยติดตั้งท่อรวบรวมก๊าซได้ทั้งหมด คือ ที่ความกว้าง 120 เมตร สามารถติดตั้งท่อรวบรวมก๊าซได้ด้านละ 240 ท่อ ที่ความยาว 76 เมตร สามารถติดตั้งท่อรวบรวมก๊าซได้ 300 ท่อ และที่ความลึก 6 เมตร สามารถติดตั้งท่อรวบรวมก๊าซได้ 48 ท่อ รวมทั้งหมด 588 ท่อ

- พื้นที่บ่อที่ 2 มีพื้นที่ 9 ไร่ โดยมีความกว้างความยาวและความลึกเท่ากับ 145x99x6 ทำให้ติดตั้งท่อรวบรวมก๊าซได้ทั้งหมด คือ ที่ความกว้าง 145 เมตร สามารถติดตั้ง

ท่อรวบรวมก๊าซได้ 435 และที่ความยาว 99 เมตร สามารถติดตั้งท่อรวบรวมก๊าซได้ 495 ท่อ ที่ความลึก 6 เมตร สามารถติดตั้งท่อรวบรวมก๊าซได้ 90 ท่อ รวมทั้งหมด 1,020 ท่อ

ดังนั้น พื้นที่เทศบาลเมืองบ้านพรุสามารถติดตั้งท่อรวบรวมก๊าซทั้งหมดได้ 1,608 ท่อ รวมเป็นเงินทั้งหมด 4,824,000 บาท

## 1.2 เครื่องกำเนิดไฟฟ้า (บริษัท T.H.A. Paworgroup)

1.2.1) พื้นที่เทศบาลนครหาดใหญ่สามารถติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าขนาด 80 กิโลวัตต์ ราคา 800,000 บาท

1.2.2) พื้นที่เทศบาลเมืองบ้านพรุสามารถติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าขนาด 25 กิโลวัตต์ราคา 250,000 บาท

1.3 การติดตั้งเชื่อมโยงระบบไฟฟ้าระหว่างเทศบาลกับระบบโครงข่ายไฟฟ้าของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค ค่าใช้จ่ายในการเชื่อมโยงระบบประกอบด้วย

- ค่าก่อสร้างเชื่อมโยงระหว่างเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากับระบบโครงข่ายไฟฟ้าของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคราคา 1,200,000 บาทต่อกิโลเมตร

- ค่าใช้ลงทะเบียนการทำงานราคา 6,000 บาท

- ค่าตรวจสอบเพื่อการขนานเครื่องราคา 15,000 บาท

- ค่าตรวจสอบอุปกรณ์ป้องกันราคา 50,000 บาท

- ค่าติดตั้งมิเตอร์เพิ่มเติมราคา 25,000 บาท

1.3.1) พื้นที่เทศบาลนครหาดใหญ่ ค่าใช้จ่ายในการเชื่อมโยงระบบไฟฟ้ารวมเท่ากับ 2,496,000 บาท โดยระยะทางที่ใช้ในการเชื่อมโยงระหว่างเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากับระบบโครงข่ายไฟฟ้าของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคเท่ากับ 2 กิโลเมตร

1.3.2) พื้นที่เทศบาลเมืองบ้านพรุ ค่าใช้จ่ายในการเชื่อมโยงระบบไฟฟ้ารวมเท่ากับ 6,096,000 บาท โดยระยะทางที่ใช้ในการเชื่อมโยงระหว่างเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากับระบบโครงข่ายไฟฟ้าของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคเท่ากับ 5 กิโลเมตร



## 2) ค่าดำเนินการโครงการกลไกการพัฒนาที่สะอาด (CDM)

- ขั้นตอนการเตรียมเอกสารประกอบโครงการ (PDD) 1.5-2 ล้านบาท
  - การตรวจเอกสารประกอบโครงการ (validation) 1 ล้านบาท
  - ค่าธรรมเนียมในการวิเคราะห์ ตรวจสอบ และติดตามผลโครงการ  
ค่าใช้จ่าย 75,000 บาท
  - ค่าขึ้นทะเบียนโครงการ (registration fee)
    - 15,000 ต้นแรก คิดในอัตรา 10 cent หรือ 3.32 บาท
    - มากกว่า 15,000 คิดในอัตรา 20 cent หรือ 6.64 บาท
  - ค่าการติดตามการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก (monitoring)  
ค่าใช้จ่าย 150,000–300,000 บาท
  - ค่าตรวจยืนยัน/รับรองการลดก๊าซเรือนกระจก (verification/certification)  
ค่าใช้จ่าย 1-2 ล้านบาท
  - ค่าออกหนังสือรับรองการลดก๊าซเรือนกระจก (issuance fee) คิดในอัตรา  
เดียวกับ registration fee
  - เงินเข้ากองทุน adaptation fund หักเป็นจำนวนเงินร้อยละ 2 ของคาร์บอน  
เครดิตที่ได้รับการรับรอง
- รวมค่าดำเนินการโครงการกลไกการพัฒนาที่สะอาด (CDM) 4 – 8 ล้านบาท  
ดังนั้น ค่าดำเนินโครงการ CDM คิดราคาสูงสุด โดยพื้นที่เทศบาลนครหาดใหญ่  
และเทศบาลเมืองบ้านพรุเสียค่าใช้จ่ายทั้งหมด ประมาณ 8 ล้านบาท
- สรุปค่าลงทุนการดำเนินงานของพื้นที่ฝั่งกลบเทศบาลนครหาดใหญ่และเทศบาล  
เมืองบ้านพรุในกรณีจากการนำก๊าซเผาไหม้โดยตรงทั้งหมดและการนำก๊าซมีเทนผลิตไฟฟ้าร่วมกับการ  
นำส่วนที่เหลือไปเผาทิ้ง แสดงดังตารางที่ 3-23 และ 3-24 ตามลำดับ

ตารางที่ 3-23 ค่าใช้จ่ายในการลงทุนและการดำเนินโครงการ CDM ในพื้นที่ฝั่งกลบเทศบาลนครหาดใหญ่

การดำเนินงาน		สิทธิประโยชน์	
รายละเอียด (ที่มา)	ค่าใช้จ่าย (บาท)	รายละเอียด (ที่มา)	รายได้ (บาท)
กรณีที่ 1 เสาใหม่โดยตรง		กรณีที่ 1 เสาใหม่โดยตรง	
1) ค่าดำเนินการ		- ค่าคาร์บอนเครดิต	22,260,360
1.1) ค่าก่อสร้างระบบ	17,052,000		
2) ค่าดำเนินโครงการ CDM	8,000,000	รายได้เฉลี่ยต่อปี *(10 ปี)	2,226,036
รวม	25,052,000	ระยะเวลาในการคืนทุน	11 ปี
กรณีที่ 2 ผลิตไฟฟ้าร่วมกับการเผาไหม้		กรณีที่ 2 ผลิตไฟฟ้าร่วมกับการเผาไหม้	
1) ค่าดำเนินการ		- ค่าคาร์บอนเครดิต	37,826,544
1.1) ค่าก่อสร้างระบบ	17,052,000	- รายได้จากการขายไฟฟ้า	21,899,080
1.2) ค่าเครื่องกำเนิดไฟฟ้า	80,000		
1.3) ค่าเชื่อมโยงระบบ	2,496,000		
2) ค่าดำเนินโครงการ CDM	8,000,000	รายได้เฉลี่ยต่อปี *(10 ปี)	5,972,562
รวม	27,628,000	ระยะเวลาในการคืนทุน	5 ปี

หมายเหตุ : \*ระยะเวลาในการดำเนินโครงการ

ตารางที่ 3-24 ค่าใช้จ่ายในการลงทุนและการดำเนินโครงการ CDM ในพื้นที่ฝึงคลบมูลฝอยเทศบาลเมืองบ้านพรุ

การดำเนินงาน		สิทธิประโยชน์	
รายละเอียด (ที่มา)	ค่าใช้จ่าย (บาท)	รายละเอียด (ที่มา)	รายได้ (บาท)
กรณีที่ 1 เสาใหม่โดยตรง		กรณีที่ 1 เสาใหม่โดยตรง	
1) ค่าดำเนินการ		- ค่าคาร์บอนเครดิต	7,739,832
1.1) ค่าก่อสร้างระบบ	4,824,000		
2) ค่าดำเนินโครงการ CDM	8,000,000	รายได้เฉลี่ยต่อปี *(10 ปี)	773,983
รวม	12,824,000	ระยะเวลาในการคืนทุน	17 ปี
กรณีที่ 2 ผลิตไฟฟ้าร่วมกับการเผาไหม้		กรณีที่ 2 ผลิตไฟฟ้าร่วมกับการเผาไหม้	
1) ค่าดำเนินการ		- ค่าคาร์บอนเครดิต	12,584,334
1.1) ค่าก่อสร้างระบบ	4,824,000	- รายได้จากการขายไฟฟ้า	6,843,466
1.2) ค่าเครื่องกำเนิดไฟฟ้า	25,000		
1.3) ค่าเชื่อมโยงระบบ	6,096,000		
2) ค่าดำเนินโครงการ CDM	8,000,000	รายได้เฉลี่ยต่อปี *(10 ปี)	1,942,780
รวม	18,945,000	ระยะเวลาในการคืนทุน	10 ปี

หมายเหตุ : \*ระยะเวลาในการดำเนินโครงการ

จากการศึกษา พบว่า ผลการประเมินค่าใช้จ่ายพบว่า พื้นที่ฝึงคลบมูลฝอยเทศบาลนครหาดใหญ่เมื่อนำก๊าซชีวภาพไปเผาไหม้ทั้งหมดมีค่าใช้จ่ายในการลงทุนที่ประกอบด้วย ค่าก่อสร้างระบบและค่าดำเนินโครงการ CDM ประมาณ 25,052,000 บาท จากผลตอบแทนที่จะได้รับ 2,226,036 บาทต่อปี ที่ระยะเวลาในการคืนทุน 11 ปี และเมื่อนำก๊าซชีวภาพไปผลิตกระแสไฟฟ้า ร่วมกับการเผาทิ้งมีค่าใช้จ่ายในการลงทุนประกอบด้วย ค่าก่อสร้างระบบ ค่าเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ค่าใช้จ่ายในการเชื่อมโยงได้แก่ ค่าก่อสร้างเชื่อมโยงระบบ ค่าตรวจสอบแบบเพื่อการขนานเครื่อง ค่าทดสอบอุปกรณ์ และค่าติดตั้งมิเตอร์ เป็นต้น และค่าดำเนินโครงการ CDM ประมาณ 27,628,000 บาทต่อปี จากผลตอบแทนที่จะได้รับ 5,972,562 บาทต่อปี ที่ระยะเวลาในการคืนทุน 5 ปี แสดงดังตารางที่ 3-23

ในขณะที่พื้นที่ฝึงคลบมูลฝอยเทศบาลเมืองบ้านพรุเมื่อนำก๊าซชีวภาพไปเผาไหม้ทั้งหมด มีค่าใช้จ่ายในการลงทุนที่ประกอบด้วย ค่าก่อสร้างระบบและค่าดำเนินโครงการ CDM อยู่ที่ 12,824,000 บาท จากผลตอบแทนที่จะได้รับ 773,983 บาทต่อปี ที่ระยะเวลาคืนทุน 17 ปี และเมื่อนำก๊าซชีวภาพไปผลิตกระแสไฟฟ้า ร่วมกับการเผาทิ้ง มีค่าใช้จ่ายในการลงทุนประกอบด้วย ค่าก่อสร้างระบบ ค่าเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ค่าใช้จ่ายในการเชื่อมโยงได้แก่ ค่าก่อสร้างเชื่อมโยงระบบ ค่าตรวจสอบแบบเพื่อการขนานเครื่อง ค่าทดสอบอุปกรณ์ และค่าติดตั้งมิเตอร์ เป็นต้น และค่าดำเนินโครงการ CDM อยู่ที่ 18,945,000 บาท จากผลตอบแทนที่จะได้รับ 1,942,780 บาทต่อปี ที่ระยะเวลาคืนทุน 10 ปี แสดงดังตารางที่ 3-24

จะเห็นได้ว่า เมื่อพิจารณาถึงความเป็นไปได้ในการดำเนินโครงการ พบว่า พื้นที่ฝึงคลบเทศบาลนครหาดใหญ่ มีศักยภาพเพียงพอในการเข้าร่วมโครงการ CDM ในส่วนการนำก๊าซชีวภาพไปผลิตกระแสไฟฟ้า ร่วมกับการเผาทิ้งเท่านั้น ส่วนพื้นที่ฝึงคลบเทศบาลเมืองบ้านพรุไม่มีศักยภาพเพียงพอในการดำเนินโครงการทั้งสองส่วน เนื่องจากค่าลงทุนสูงกว่ารายได้ที่ได้รับส่งผลให้ใช้ระยะเวลาในการคืนทุนมากกว่าระยะเวลาที่โครงการดำเนินการ

ทั้งนี้ พื้นที่ฝึงคลบเทศบาลนครหาดใหญ่ในส่วนการนำก๊าซชีวภาพไปผลิตกระแสไฟฟ้า ร่วมกับการเผาทิ้งสามารถคำนวณอัตราผลตอบแทนจากโครงการ (internal rate of return : IRR) เพื่อให้เกิดความเชื่อมั่นต่อการลงทุนของโครงการ โดยอัตราผลตอบแทนจากโครงการ (internal rate of return : IRR) คือ อัตราผลตอบแทนที่ทำให้มูลค่าปัจจุบันของเงินสดรับสุทธิตลอดอายุโครงการมีค่าเท่ากับเงินสดจ่ายสุทธิลงทุนเริ่มแรก ซึ่งผลการตอบแทนจากโครงการ (IRR) เท่ากับร้อยละ 17.20 แสดงการคำนวณในภาคผนวก ฉ นับว่าเป็นโครงการที่ตีเหมาะสมต่อการตัดสินใจในการลงทุนเนื่องจากเป็นโครงการของภาครัฐ โครงการดังกล่าวสามารถช่วยลดการแพร่ระบาดของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ 2 ส่วน คือ ส่วนแรกเป็นการลดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จาก

เดิมที่เคยแพร่ขยายตามปกติ (การนำก๊าซไปเผาไหม้) ส่วนที่ 2 เป็นการลดปริมาณการผลิตกระแสไฟฟ้าโดยใช้เชื้อเพลิงในภาคปกติของการไฟฟ้าฝ่ายผลิต

การศึกษาดังกล่าวเป็นแนวทางเพื่อให้ทางเทศบาล และหน่วยงานต่างๆที่ต้องการดำเนินการในลักษณะดังกล่าวพิจารณาวิเคราะห์ความคุ้มค่าที่จะได้รับการลงทุนรวมทั้งสิทธิประโยชน์ที่จะได้รับ เพื่อผลประโยชน์ของหน่วยงานนั้นๆ รวมทั้งเป็นการรักษาสภาพแวดล้อมที่มีอยู่ในพื้นที่ให้ดียิ่งขึ้น สำหรับพื้นที่ฝังกลบมูลฝอยเทศบาลนครหาดใหญ่ พบว่า ปัจจุบันได้ปิดพื้นที่ฝังกลบชั้นสุดท้ายและอยู่ระหว่างการหาพื้นที่ใหม่สำหรับการฝังกลบดังนั้น ผลการศึกษาดังกล่าวสามารถใช้เป็นแนวทางเพื่อศึกษาและพิจารณาให้กับหน่วยงานระดับเทศบาลนครหรือหน่วยงานอื่นๆ ที่มีลักษณะการจัดการมูลฝอย จำนวนประชากร ปริมาณเก็บขนมูลฝอยในพื้นที่เช่นเดียวกับเทศบาลนครหาดใหญ่ต่อไป ในขณะที่สำหรับเทศบาลเมืองบ้านพรุ พบว่า มีความเป็นไปได้ในการดำเนินการต่อไปในอนาคตเนื่องจากทางหน่วยงานมีพื้นที่สำหรับก่อสร้างระบบกำจัดมูลฝอยเพิ่มเติม ดังนั้น เพื่อให้การดำเนินการเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพทางเทศบาลทั้ง 2 แห่งหรือเทศบาลที่มีความสนใจในการดำเนินโครงการ CDM ควรดำเนินการ ดังต่อไปนี้

1) ทางเทศบาลควรวางแผนการดำเนินการก่อสร้างระบบกำจัดมูลฝอยที่มีประสิทธิภาพตั้งแต่เริ่มต้นดำเนินการ ตลอดจนการเก็บขนมูลฝอยในพื้นที่ รวมทั้งความพร้อมของอุปกรณ์ต่างๆ เช่น พาหนะในการเก็บขนและบดอัดมูลฝอย ที่นำมาใช้ในการดำเนินการ

2) ทางเทศบาลควรมีการเก็บข้อมูลทุติยภูมิที่จำเป็น ได้แก่ ปริมาณมูลฝอยที่สามารถกำจัดได้ องค์กรประกอบมูลฝอยในพื้นที่ควรเก็บข้อมูลอย่างน้อย 4 ครั้งต่อปี ซึ่งจำเป็นต้องใช้ในการคำนวณตามวิธีปฏิบัติลำดับที่ 1 ของ IPCC

3) การดำเนินโครงการ CDM ขนาดเล็กสามารถรวบรวมโครงการขนาดเล็กเข้าด้วยกันกับพื้นที่อื่นเพื่อให้เกิดความคุ้มค่าต่อการลงทุน ภายใต้หลักเกณฑ์ ดังนี้

- โครงการที่ควรรวมกันแล้วไม่สามารถแยกออกจากกันทุกระยะการดำเนินการ
- ต้องมีช่วงเวลาในการคิดเครดิตเหมือนกัน
- เป็นโครงการเดียวกัน ลักษณะกิจกรรมเหมือนกัน โดยอาจมีเทคโนโลยีเหมือนกันหรือต่างกันได้

ดังนั้นทางเทศบาลอาจรวมโครงการที่เกิดขึ้นกับหน่วยงานอื่นตามที่ได้กล่าวข้างต้นหรือดำเนินการเป็นโครงการเดี่ยว ทั้งนี้ ต้องพิจารณาถึงความคุ้มค่าที่จะได้รับการดำเนินงาน



## บทที่ 4

### บทสรุปและข้อเสนอแนะ

#### 4.1 สรุปผลการศึกษา

ผลการศึกษาลักษณะมูลฝอยทางกายภายในพื้นที่ฝังกลบมูลฝอยเทศบาลนครหาดใหญ่ พบว่า ปริมาณมูลฝอยที่นำไปกำจัดเฉลี่ยเท่ากับ 71,464 ตันคิดเป็นร้อยละ 77 ของปริมาณมูลฝอยที่เกิดขึ้นทั้งหมด ส่วนมูลฝอยประเภท j พบว่า เศษอาหารมีปริมาณสูงสุดรองลงมา เศษไม้ เศษกระดาษ เท่ากับร้อยละ 34.8 16.3 และ 11.1 ตามลำดับ ส่วนเทศบาลเมืองบ้านพรุ พบว่า ปริมาณมูลฝอยที่นำไปกำจัดเฉลี่ยเท่ากับ 14,461 ตันคิดเป็นร้อยละ 50 ของปริมาณมูลฝอยที่เกิดขึ้นทั้งหมด ส่วนมูลฝอยประเภท j พบว่า เศษอาหารมีปริมาณสูงสุดรองลงมา เศษไม้ เศษกระดาษ เท่ากับร้อยละ 33.4 15.6 และ 12.2 ตามลำดับ ในขณะที่ลักษณะสมบัติมูลฝอยทางเคมีของพื้นที่ศึกษาพบว่า ปริมาณความชื้น และสัดส่วนสารอาหาร (C/N ratio) เท่ากับร้อยละ 48.8 และ 88.6 ตามลำดับ

ผลการศึกษาการแพร่ระบายก๊าซมีเทนโดยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ พบว่า ค่าที่คำนวณตามวิธี default ของ IPCC มีค่าสูงสุด รองลงมาคือ วิธีปฏิบัติการลำดับที่ 1 ของ IPCC และโปรแกรม LandGEM ของ U.S. EPA ทั้ง 2 พื้นที่ ดังนี้ การแพร่ระบายก๊าซจากพื้นที่ฝังกลบมูลฝอยเทศบาลนครหาดใหญ่ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2526 – พ.ศ. 2563 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 25,343 16,002 และ 11,031 ตันคาร์บอนไดออกไซด์ต่อปี ตามลำดับ ส่วนพื้นที่ฝังกลบมูลฝอยเทศบาลเมืองบ้านพรุบ่อที่ 1 ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2542 – พ.ศ. 2563 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2,284 1,483 และ 788 ตันคาร์บอนไดออกไซด์ต่อปี ตามลำดับ และพื้นที่ฝังกลบมูลฝอยเทศบาลเมืองบ้านพรุบ่อที่ 2 ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2549 – พ.ศ. 2569 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2,344 1,442 และ 757 ตันคาร์บอนไดออกไซด์ต่อปี ตามลำดับ สำหรับการตรวจวัดจริงจากพื้นที่ทั้ง 2 ในปี พ.ศ. 2552 พบว่าการแพร่ระบายก๊าซจากพื้นที่ฝังกลบมูลฝอยเทศบาลนครหาดใหญ่ เทศบาลเมืองบ้านพรุบ่อที่ 1 และ 2 เท่ากับ 315 46 และ 231 ตันคาร์บอนไดออกไซด์ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับการคำนวณในปี พ.ศ. 2552 จากพื้นที่ฝังกลบมูลฝอยเทศบาลนครหาดใหญ่ เทศบาลเมืองบ้านพรุบ่อที่ 1 และบ่อที่ 2 พบว่า วิธีปฏิบัติการลำดับที่ 1 ของ IPCC มีค่ามากกว่าค่าจากการวัดจริงเท่ากับ 4,293 3,232 และ 990 เท่า ตามลำดับ และโปรแกรม LandGEM ของ U.S. EPA มีค่ามากกว่าค่าจากการวัดจริงเท่ากับ 5,013 1,954 และ 181 เท่า ตามลำดับ ทั้งนี้พื้นที่แต่ละแห่งมีความแตกต่างกันทั้งโครงสร้าง สภาพแวดล้อม ลักษณะดิน ปริมาณก๊าซที่เกิดขึ้นจึงแตกต่างกัน

ผลการประเมินแนวทางการนำก๊าซมีเทนไปใช้ประโยชน์จากวิธีปฏิบัติการลำดับที่ 1 ของ IPCC ตามการดำเนินการกลไกการพัฒนาที่สะอาด (CDM) ตั้งแต่ปี พ.ศ.2553 – พ.ศ.2562

พบว่า ก๊าซมีเทนที่เกิดขึ้นจากกรณีฐานของพื้นที่ฝังกลบมูลฝอยเทศบาลนครหาดใหญ่และเทศบาลเมืองบ้านพรุมีค่าเท่ากับ 80,388 และ 27,951 ตันคาร์บอนไดออกไซด์ เมื่อมีการรวบรวมก๊าซเพื่อเผาทิ้งทำให้การแพร่กระจายก๊าซลดลงจากกรณีฐานเท่ากับ 36,020 และ 12,524 ตันคาร์บอนไดออกไซด์หรือร้อยละ 44.81 ของทั้ง 2 พื้นที่ และเมื่อนำก๊าซมีเทนที่เกิดขึ้นไปผลิตกระแสไฟฟ้าและเผาทิ้งทำให้การแพร่กระจายก๊าซลดลงจากกรณีฐานเท่ากับ 57,918 และ 19,333 ตันคาร์บอนไดออกไซด์ หรือร้อยละ 76.14 และ 72.85 ตามลำดับ โดยพื้นที่ฝังกลบเทศบาลนครหาดใหญ่มีศักยภาพเพียงพอในการเข้าร่วมโครงการ CDM ในส่วนการนำก๊าซชีวภาพไปผลิตกระแสไฟฟ้าร่วมกับการเผาทิ้งเท่านั้น โดยผลตอบแทนที่จะได้รับ 5,972,562 บาทต่อปี ที่ระยะเวลาในการคืนทุน 5 ปี และอัตราผลตอบแทนจากโครงการ (internal rate of return : IRR) เท่ากับร้อยละ 17.20 ในขณะที่เทศบาลเมืองบ้านพรุมีศักยภาพไม่เพียงพอในการดำเนินการ เพื่อให้การดำเนินการเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพทางเทศบาลทั้ง 2 แห่งสามารถรวบรวมโครงการเป็นโครงการเดียวกันได้ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับประโยชน์และความคุ้มค่าที่จะได้รับจากโครงการ

#### 4.2 ข้อเสนอแนะในการศึกษา

4.2.1 ทางหน่วยงานควรมีการเก็บข้อมูลทุกัญมิให้ควบคุมในส่วนขององค์ประกอบมูลฝอย อัตราการผลิตมูลฝอยในแต่ละปี ปริมาณที่รองรับได้ รวมทั้งข้อมูลประชากรในพื้นที่และประชากรแฝง เพื่อใช้เป็นข้อมูลในการศึกษาในอนาคต เช่น การจัดการมูลฝอยในพื้นที่ การใช้ประโยชน์จากมูลฝอยในพื้นที่ที่มีประสิทธิภาพ และผลที่ได้มีความถูกต้องยิ่งขึ้น

4.2.2 ปริมาณก๊าซชีวภาพที่ได้จากการคำนวณทางคณิตศาสตร์ได้กำหนดให้ก๊าซมีเทนมีองค์ประกอบร้อยละ 50 ในความเป็นจริงมีความแตกต่างกันแต่ละพื้นที่ ซึ่งขึ้นอยู่กับลักษณะสภาพภูมิอากาศ องค์ประกอบมูลฝอย ซึ่งจะส่งผลกระทบต่อการใช้งานไปใช้ประโยชน์ในพื้นที่ ดังนั้น หากมีการดำเนินงานจริงควรมีการวัดปริมาณ องค์ประกอบของก๊าซของพื้นที่ฝังกลบนั้นอีกครั้ง เพื่อทำนายปริมาณก๊าซที่เกิดขึ้นจริงได้อย่างถูกต้อง

4.2.3 ควรมีการตรวจวัดอัตราการแพร่กระจายก๊าซต่อเนื่องตลอดทั้งวัน เพื่อหาการเปลี่ยนแปลง รวมทั้งปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อการแพร่กระจายในช่วงเวลาต่างๆ

## บรรณานุกรม

- กรมควบคุมมลพิษ. 2544. รายงานฉบับสมบูรณ์การศึกษาแนวทางการใช้ประโยชน์ก๊าซชีวภาพจาก  
การ ฝังกลบมูลฝอย. กรุงเทพฯ: ม.ป.ท.
- กรมควบคุมมลพิษ. 2548. ปริมาณมูลฝอยชุมชนที่เกิดขึ้นในประเทศไทย ปี 2547-2548(ออนไลน์).  
เข้าถึงได้ที่: [http://www.pcd.go.th/infoserv/waste\\_wastethai47\\_48.html](http://www.pcd.go.th/infoserv/waste_wastethai47_48.html) (25 พฤษภาคม  
2551)
- กรมควบคุมมลพิษ. 2548. รายงานหลัก โครงการเพิ่มประสิทธิภาพของท้องถิ่นในการลดและใช้  
ประโยชน์ของเสีย (ลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลา). กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและ  
สิ่งแวดล้อม.ISBN 974 – 9879 -27 – 9
- กรมควบคุมมลพิษ. 2551. สรุปสถานการณ์มลพิษของประเทศไทยปี 2550. กรุงเทพฯ: กชกร พิมพ์  
ชิง.
- กรมควบคุมมลพิษ. มปป. ข้อมูลการลดและการใช้ประโยชน์ขยะมูลฝอยชุมชนและเทศบาล  
(ออนไลน์). เข้าถึงได้ที่: [http://infofile.pcd.go.th/waste/waste\\_volumn.xls?CFID=1253425  
&CFTOKEN=70841742](http://infofile.pcd.go.th/waste/waste_volumn.xls?CFID=1253425&CFTOKEN=70841742) (25 กันยายน 2551)
- กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน. 2551. คู่มือการดำเนินการโครงการไกลดการ  
พัฒนาที่สะอาด (CDM). กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์ศรีสยามการพิมพ์.
- กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน. 2548. การศึกษากำหนดกรอบและหลักเกณฑ์การ  
ดำเนินงานด้านกลไกการพัฒนาที่สะอาด (CDM) สำหรับภาคพลังงานของประเทศ  
(ออนไลน์). เข้าถึงได้ที่: <http://www2.dede.go.th/cdm/expense.htm> (2 กันยายน 2551)
- กรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน. 2535. การเก็บข้อมูลเพื่อสนับสนุนการจัดตั้งโครงการกำจัดขยะนำ  
ร่อง (ออนไลน์).เข้าถึงได้ที่: <http://www.dede.go.th/dede/index.php?id=302> (25 กันยายน  
2551)
- กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม. 2548. โครงการพัฒนาศักยภาพบุคลากร. กรุงเทพฯ: บริษัท แอร์  
เซฟ จำกัด.
- การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค, 2552. ระเบียบการรับซื้อไฟฟ้าจากผู้ผลิตไฟฟ้าพลังงานหมุนเวียนขนาดเล็ก  
มาก (ออนไลน์). เข้าถึงได้ที่: <http://www.pea.co.th/vspp/vspp.htm> (10 ตุลาคม 2552)
- เกียรติไกร อายูวัฒน์. 2538. การศึกษาความเหมาะสมการผลิตก๊าซมีเทนจากขยะชุมชนเพื่อเป็น  
เชื้อเพลิงพลังงาน (ออนไลน์). เข้าถึงได้ที่: [http:// pindex.ku.ac.th/file\\_research/re7\\_01.pdf](http://pindex.ku.ac.th/file_research/re7_01.pdf)  
(1 July 2008)

ชาติ เจียมไชยศรี, วิไล เจียมไชยศรี, อุบลวรรณ นนทพันธุ์, อรุณฯ เสารส, และนภาพรช  
 ลักษณ์านุรักษ์. 2545. “ศึกษาการประเมินศักยภาพและอัตราการแพร่ระบาดของก๊าซมีเทน  
 จากพื้นที่ฝังกลบมูลฝอยและกองมูลฝอยกลางแจ้งในประเทศไทย”. *วารสารสิ่งแวดล้อมไทย*.  
 18, 2(กันยายน – ธันวาคม).

ธนาคารแห่งประเทศไทย. 2553. อัตราแลกเปลี่ยนเงินตราต่างประเทศ ประจำวันที่ 4 มกราคม  
 2553(ออนไลน์). เข้าถึงได้ที่: [http://www.bot.or.th/Thai/Statistics/FinancialMarkets/ExchangeRate/\\_layouts/application/exchangerate/ExchangeRate.aspx](http://www.bot.or.th/Thai/Statistics/FinancialMarkets/ExchangeRate/_layouts/application/exchangerate/ExchangeRate.aspx) (4 มกราคม 2553)

บริษัท ซีเอ็มเอส เอ็นจิเนียริงแอนด์ แมเนจเม้นท์. 2540. *รายงานฉบับสมบูรณ์ การจัดทำแผนและ  
 มาตรการเพื่อลดและขจัดมลพิษด้วยระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (GIS) โครงการสำรวจ  
 แหล่งกำเนิดมลพิษ ในเขตเทศบาลตำบลบ้านพรุ และพื้นที่ต่อเนื่อง*. กรุงเทพฯ: ม.ป.ท.

บริษัท โอเปอร์เรชั่น แมเนจเม้นท์ จำกัด. 2549. *รายงานฉบับสมบูรณ์ โครงการศึกษาออกแบบ  
 ระบบกำจัดมูลฝอยที่ตำบลควนลัง อำเภอ หาดใหญ่ จังหวัดสงขลา*. กรุงเทพฯ: ม.ป.ท.

เบญจจภา จรณศักดิ์สกุล และ ชนาธิป พาริโน. 2552. การประเมินศักยภาพในการผลิตคาร์บอน  
 เครดิตจากหลุมฝังกลบขยะภายใต้กลไกการพัฒนาที่สะอาด: กรณีศึกษา  
 กรุงเทพมหานคร. *เอกสารการประชุมวิชาการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติครั้งที่ 8, 25 -27 มีนาคม,*  
 นครราชสีมา.

พระราชบัญญัติโรงงาน. 2535. เรื่องหลักเกณฑ์การฝังกลบสิ่งปฏิกูลหรือวัสดุที่ไม่ใช้แล้ว ประกาศ  
 กระทรวงอุตสาหกรรม ฉบับที่ 1 (2541) (ออนไลน์). เข้าถึงได้ที่: <http://www2.diw.go.th> (3 สิงหาคม  
 2551)

ศูนย์ปฏิบัติการวิศวกรรมพลังงานและสิ่งแวดล้อม. 2536. *การศึกษาก๊าซชีวภาพจากขยะเพื่อ  
 ใช้ผลิตกระแสไฟฟ้าเป็นพลังงาน*. กรุงเทพฯ: ม.ป.ท.

สถาบันสารสนเทศทรัพยากรน้ำและการเกษตร (องค์การมหาชน). 2552. *สรุปลานการณัประเทศไทย  
 ไทย ปีพุทธศักราช 2551* (ออนไลน์). เข้าถึงได้ที่: [www.haii.or.th/haiiweb/index.php?option=com\\_remository&Itemid=85&func=fileinfo&id=84&Jang=en](http://www.haii.or.th/haiiweb/index.php?option=com_remository&Itemid=85&func=fileinfo&id=84&Jang=en) (10 ธันวาคม 2552)

สิ่งแวดล้อมภาค 16. 2547. *ขยะและกากของเสีย* (ออนไลน์). เข้าถึงได้ที่: <http://www.reo16.mmre.go.th>  
 (10 มกราคม 2552)

สุรัตน์ โกวานิชย์. 2546. การศึกษาก๊าซมีเทนจากชั้นดินฝังกลบมูลฝอยชุมชน.  
 วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะ  
 วิศวกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก. 2553. *ตลาดคาร์บอนรายสัปดาห์* (4-8 มกราคม 2553)

(ออนไลน์). เข้าถึงได้ที่: [http://www.tgo.or.th/index.php?option=com\\_content&task=category&sectionid=9&id=32&Itemid=56](http://www.tgo.or.th/index.php?option=com_content&task=category&sectionid=9&id=32&Itemid=56) (4 มกราคม 2553)

อธิ อำพรายนัน. 2546. การศึกษาสมรรถนะของการหมักแบบไร้ออกซิเจนโดยวิธีลิชเบคของส่วนที่สารอินทรีย์จากมูลฝอยชุมชนที่อุณหภูมิมีโซฟิลิก เทอร์โมฟิลิก และอุณหภูมิมีโอฟิลิก, วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

อนุชิต สวัสดิ์. 2547. การลดการแพร่ระบาดของก๊าซมีเทนจากพื้นที่กำจัดมูลฝอยโดยใช้หน้าดินที่มีการปลูกพืช. วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

อริศรา ร่มเย็น, 2548. การประเมินทางเศรษฐศาสตร์สิ่งแวดล้อมในการนำซากมูลฝอยเก่าจากบ่อฝังกลบแบบถูกหลักสุขาภิบาลมาผลิตเป็นพลังงานมูลฝอยในพื้นที่จังหวัดสงขลาและจังหวัดพัทลุง. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาการจัดการสิ่งแวดล้อม คณะการจัดการสิ่งแวดล้อม, มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่.

Arvind K. Jha, C.Sharma, N. Singh, R. Ramesh, R. Purvaja and Prabhat K. Gupta. 2007. Greenhouse gas emission from municipal solid waste management in Indian mega-cities: A case study of Chennai landfill sites. *Chemosphere* 71: 750-758.

ATSDR. 2001. Landfill gas primer an Overview for environmental health professional. agency for toxic substances and disease registry (Online). Available: [http://www.atsdr.cdc.gov/HAC/landfill/PDFs/Landfill\\_2001\\_ch2mod.pdf](http://www.atsdr.cdc.gov/HAC/landfill/PDFs/Landfill_2001_ch2mod.pdf) (1 July 2008)

Borjesson, G. B.H. svensson. 1997. Seasonal and diurnal methane emission from a landfill and their regulation by methane oxidation. *Waste Management&Research* 15(1): 33-54.

Chiemchaisri, C., Chiemchaisri, W., Sittichoktum, S., Tantichanthakarun. T. and Tangsri, S. 2007. In-Situ leachate management in a tropical landfill by storage and recirculation operation techniques. *The Proceedings of International Conference on Sustainable solid waste management*. September, India.

Chiemchaisri, C., Juanga, J.P. and Visvanathan, C. 2007. Municipal solid waste management in Thailand and disposal emission inventory. *Environ Monit* 135: 13 – 20.

- Chiemchaisri, C., Chiemchaisri, W., Kumar, S. and Hettiaratchi, J.P.A. 2007. Solid waste characteristics and their relationship to gas production in tropical landfill. *Environ Monit* 135: 41 – 48.
- Christophersen, M., P. Kjeldsen, H. Holst. and J. Chanton. 2001. Lateral gas transport in soil adjacent to an old landfill: factors governing emissions and methane oxidation. *Waste Management & Research* 19 (6): 595- 612.
- Couth, B. 2000. Landfill gas generation and modeling. *The Proceeding of International training seminar on control, Management and treatment of landfill emission*. University of Natal, Durban, South African.
- Czepiel, P.M., Shorter, J.H., Mosher, B., Allwine, E., McManus, J.B., Harriss, R.C., Kolb, C.E. and Lamb, B.K. 2003. The influence of atmospheric pressure on landfill methane emissions. *Waste Management* 23: 593 – 598.
- Desideri, U., Di Maria, F.,Leonardi, D. and Proietti, S. 2002. Sanitary landfill energetic potential analysis: a real case study. *Energy Conversion and Management* 44: 1969 – 1981.
- Enola, J., Sormunen, K. Lensu, A. Leiskallio, A. Ettala, M. and Rintala, J. 2009. Methane oxidation at a surface-sealed boreal landfill. *Waste Management* 29:2105 – 2120.
- European Climate Exchange, 2010. Ecx eua futures contract - 05 january 2010 (Online). Available: <http://www.ecx.eu/CERemindx> (4 January 2553)
- Gurung, I. and Polprasert, C. 2007. Application of Clean Development Mechanism (CDM) for solid waste management in developing countries: A case study for Bangkok, Thailand. *The Proceedings of International on Sustainable solid waste management*. September 2007, India.
- Hao, X., Yang, H. and Zhang, G. 2008. Trigeration: A new way for landfill gas utilization and its feasibility in Hong Kong. *Energy Policy* 36: 3662 – 3673.
- Hettiaratchi, J.P.A. and C. Hansen. 1996. *Evaluation of a closed flux chamber method to measure landfill gas*. Calgary, Canada.
- I, C., Ullas, H., Cheng, H. and Shang, S. 2007. Methane and carbon dioxide emission from closed landfill in Taiwan. *Chemosphere* 70: 1484 – 1491.
- IPCC. 1996. IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventions: *Reference Manual*. National Physical Laboratory. New Delhi India.

- Ishigaki, T., Chu, C., Nguyen, N., Ike, M., Otsuka, K., Yamada, M. and Yuzo, I. 2008. Estimation and field measurement of methane from waste landfills in Hanoi, Vietnam. *J Mater Cycle Waste Manag* 10: 165 – 172.
- Karagiannidis, A., Tsatsarelis, T. and Moussiopoulos, N. 2007. Estimation of methane potential from Landfill gas of the new Hellenic sanitary landfill. *The Proceeding Sadinia, Eleventh International Waste Management and Landfill Symposium, Environmental Sanitary Engineering Centre*. Italy October 2007.
- Kessler, K.1991. Brazilian trends in landfill gas exploitation. *Landfill gas energy and environment Harwell Laboratory, Oxfordshire*.
- Kumar, S., S.A. Gaikwad, A.V. Shekdar, P.S. Kshirsagar and R.N. Singh. 2004. Estimation method for national methane emission from solid waste landfill. *Atmospheric Environment* 38 : 4921 – 4929.
- Kumar, S., A.N. Mondal, S.A. Gaikwad, Devotta, S. and R.N. Singh. 2004. Qualitative assessment of methane emission inventory from municipal solid waste disposal sites: a case study. *Atmospheric Environment* 38: 3481 – 3487.
- Liamsanguan, C. and Gheewaha, S.H. 2008. The holistic impact of integrated solid waste management on greenhouse gas emission in Phuket. *Journal of Cleaner Production* 16: 1865 – 1871.
- MitZlaff, K.V.1988. *Enginess for biogas*. Wiesbaden, Friedr. Vieweg & Sohn Verlagsgesellschaft mbH.
- Murine C. and A.Lagerkvist. 1998. *Landfill gas properties and effects on green plants division of landfill science and technology*. Department of environmental engineering Lulea.
- New Jersey Department of Environment. 2005. Field sampling procedures manual (Online). Available: <http://www.state.nj.us/dep/srp/guidance/fspm/pdf/chapter09.pdf> (30 May 2008)
- Park, J. and Ho, C. 2001. Surface emission of landfill gas from solid waste landfill. *Atmospheric Environment* 35: 3445 – 3451.
- Richard and Thomas.1996. Methanotrophic bacteria. microbiological reviews (Online).Available : [http:// mibr.asm.org/gireprint602439.pdf](http://mibr.asm.org/gireprint602439.pdf) ( 30 July 2008)
- Sanphoti, N., Towprayoon, S., Chaiprasert, P. and Nopharatana, A. 2006. The effect of leachate recirculation with supplemental water addition on methane production and waste

- decomposition in a simulated tropical landfill. *Journal of Environmental Management* 81: 27-35.
- Scharff, H. and Jacobs, J. 2006. Applying guidance for emission estimate for landfills. *Waste Management* 26: 417 – 429.
- Sembiring, E, Yogyantiningtya S. and Driejana. 2007. Economic analysis of methane for jelekong landfill site, Bandung, Indonesia. *PSU-UNS International Conference on Engineering and Environment*. ICEE2007096-324.
- Strachan, L.J., Rampersad, R., Wienand, R., Moroka, K.S., Couth, B., BEG, N. and Chronowski, R. 2003. Viable landfill gas to electricity generation project through A CDM – A First for Africa (Online). Available: [http://resource-india.net/LFG\\_to\\_Energy\\_CDM\\_South\\_Africa\\_RCouth-Sardinia\\_2003.pdf](http://resource-india.net/LFG_to_Energy_CDM_South_Africa_RCouth-Sardinia_2003.pdf) (27 September 2008)
- Hinchiranan, S. 2009. The estimation of emission for an electricity system in Thailand. bureau of energy research . department of alternative energy department and efficiency ministry of energy (Online). Available: [http://www.2ded.go.th/cdm/52016\\_GrudEmission2007.pdf](http://www.2ded.go.th/cdm/52016_GrudEmission2007.pdf) (27 September 2009)
- Tchobanoglous, G., Theisen, H. and Vigil, S. 1993. *Intergraded solid waste management engineering principle and management issue. engineering principal and management issue*. New York. McGraw Hill, Inc.
- Towpratoon, S. 2007. Country report of Thailand: Evaluation of solid waste disposal site methane emission estimate (Online). Available: <http://www-gio.nies.go.jp/wgia/wg4/pdf>. (12 July 2009)
- Towprayoon, S. and Sukpinij, J. 1995. Methane emission in Thailand and the utilization of methane emission from sanitary landfill as energy sources. *The 4<sup>th</sup> national chemical engineering conference*. August 1996.
- Towprayoon, S. 1997. Prospects of the landfill gas in Thailand. *The 2<sup>nd</sup> asean renewable energy conference*. November 1997.
- U.S. EPA. 1996. A guide for methane mitigation Project (Online). Available: <http://www.epa.gov/coalbed/Docs/inf001.pdf> (January10, 2008)
- U.S. EPA. 1996. Turning a liability into an asset: a landfill gas-to-energy project development handbook (Online). Available: <http://www.epa.gov/lmop>.



(1 January 2008)

- U.S. EPA. 1999. Methane emission 1999-2020: Inventory projection and opportunities for reduction (online). Available: [http://yosemite.epa.gov/OAR/globalwarming.Nsf/UniqueKeyLookup/SHSU5BUT5X/\\$ File/methane\\_emissions.pdf](http://yosemite.epa.gov/OAR/globalwarming.Nsf/UniqueKeyLookup/SHSU5BUT5X/$ File/methane_emissions.pdf) (January 15, 2008)
- U.S. EPA. 2005. Landfill Gas Emission Model (LandGEM : version 3.02 May 2005) (Online). Available: <http://www.epa.gov/ttn/catcl/dir1/landgem-v302-guide.pdf> (25 January 2008)
- U.S. EPA. 2007. LFG outreach programe energy project and candidate landfills (Online). Available: <http://www.epa.gov/Imop/proj/index.htm#1> (31 January 2008)
- U.S. EPA. 2009. U.S. Greenhouse gas inventory report (online). Available: <http://www.epa.gov/climatechange/emissions/usinventoryreport.html> (21 June 2009)
- Ullas, H., Tsan, C., Yang. S. 2003. Methane and carbon dioxide emission from han-Chu-Ku landfill site in northern Taiwan. *Chemosphere* 52: 1275 – 1285.
- UNFCCC 2006. Clean development mechanism project design document from (CDM-SSC-PDD) version03 (Online). Available: <http://cdm.unfccc.int/methodologies> (25 September 2009)
- UNFCCC 2008. Indicative simplified baseline and monitoring methodologies for selected small-scale CDM project activity categories. AMS-III.G. landfill methane recovery (Online). Available: <http://cdm.unfccc.int/methodologies> (23 September, 2009)
- UNFCCC. 2006. Cerro patacon landfill gas utilization project, clean development mechanism Project design document from (CDM-SSS-PDD) (Online). Available: [http://www.anam.gob.pa/joomla/images/stories/documentos\\_CC/pdds/Cerro%20Patacon%20Landfill%20Gas%20Utilization%20Project.pdf](http://www.anam.gob.pa/joomla/images/stories/documentos_CC/pdds/Cerro%20Patacon%20Landfill%20Gas%20Utilization%20Project.pdf) (2 September 2009)
- UNFCCC. 2006. Gikoko Palembang – LFG flaring project, Clean development mechanism Project design document from (CDM-SSS-PDD) (Online). Available: [http://dnacdm.menlh.go.id/Downloads/PT\\_GIKOKO/GIKOKO%20Palembang\\_Ver7-01-03%20CDM\\_PDD\\_Ver03%20ACM0001%20Ver%206.pdf](http://dnacdm.menlh.go.id/Downloads/PT_GIKOKO/GIKOKO%20Palembang_Ver7-01-03%20CDM_PDD_Ver03%20ACM0001%20Ver%206.pdf) (2 September 2009)
- UNFCCC. 2006. Montalban landfill methane recovery and power generation project, Clean development mechanism project design document from (CDM-SSC-PDD) (Online). Available: <http://www.sgsqualitynetwork.com/tradeassurance/ccp/projects/323/Montalban%20PDD.pdf> (2 September 2009)

- UNFCCC. 2006. Suzhou landfill in Anhui province gas utilization project, Clean development mechanism project design document from (CDM-SSC-PDD) (online). Available: <http://cdm.unfccc.int/Projects/Validation/DB/W0AMOLMMTE2F74SD6X3YLYK3DWRQDK/view.html> (2 September 2009)
- UNFCCC. 2007. Tool to determine methane emission avoided from dumping waste at solid waste disposal site (Online). Available: [http://cdm.unfccc.int/EB/035/eb35\\_repan10pdf](http://cdm.unfccc.int/EB/035/eb35_repan10pdf). (10 January 2008)
- USDA. 2003. The automatic carbon efflux system (A.C.E.S.) (Online). Available: <http://srs.fs.usda.gov/sifg/soil/aces.thm>. (21 July 2008)
- Visvanathan, C., Thankler, J., Joseph, K., Chiemchaisri, C., Basnayake, B.F.A. and Gongming, Z. 2004. *Municipal solid waste management in Asia. Asian Regional Research Program on Environmental Technology (ARRPET)*. Asian Institute of Technology publication. ISBN: 974 – 417 – 258 -1.
- Wang – Yao, K., Towprayoon, S., Chiemchaisri, C., Gheewala, S. and Nopharatana, N. 2006. Seasonal variation of landfill methane emission from seven solid waste disposal sites in central Thailand. *The 2<sup>nd</sup> Joint International Conference on Sustainable Energy and Environment (SEE)*. November Bangkok, Thailand.
- Weite, M. 2006. Estimating national landfill methane emission : application of the 2006 IPCC waste model in Panama (Online). Available: <http://www.epa.gov/ttn/chief/conference/ei16/session3/weitz.pdf> (24 March 2008)
- Zamorano, M., Perez, J.I., Paves, I. A and Ridao, A.R. 2005. Study of the energy potential of the biogas produced by an urban waste landfill in Southern Spain. *Renewable & sustainable energy reviews* 11: 909 -922.

ภาคผนวก ก

ข้อมูลทุติยภูมิของพื้นที่ศึกษา

ภาพเครื่องมือ อุปกรณ์และสถานที่ศึกษา

## การคาดการณ์ปริมาณประชากร

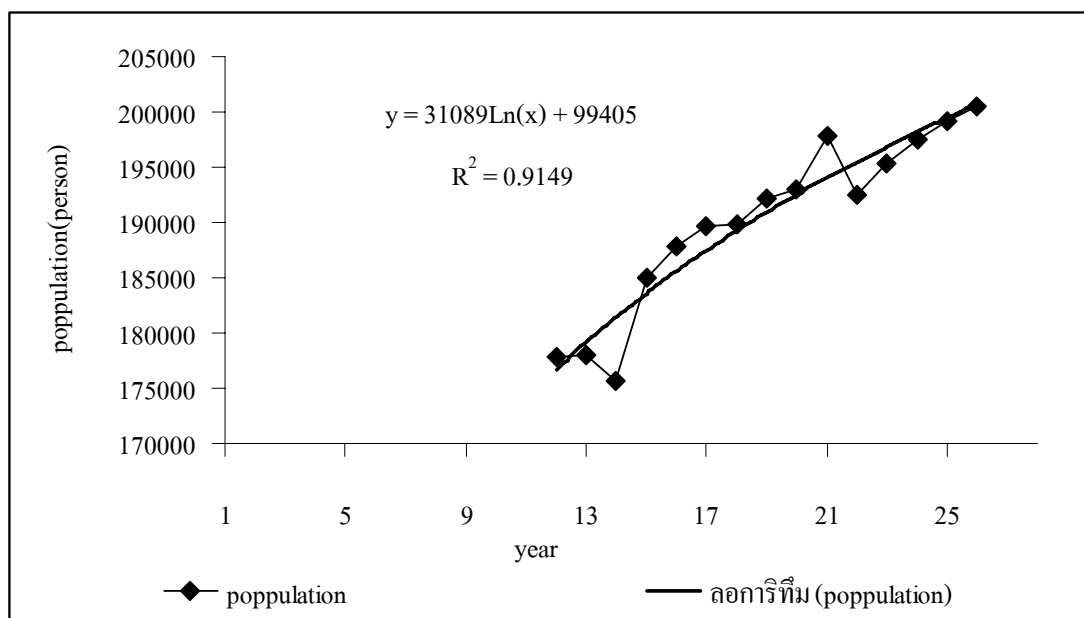
### พื้นที่ฝั่งกลบมูลฝอยเทศบาลนครหาดใหญ่

การคาดการณ์ปริมาณประชากรในพื้นที่ที่สามารถคาดการณ์ด้วยวิธีต่างๆ แสดงดังตารางภาคผนวก ก-1

ตารางภาคผนวก ก-1 การคาดการณ์ปริมาณประชากรในพื้นที่ที่สามารถคาดการณ์ด้วยวิธีต่างๆ

วิธี	สมการ	ค่า Regression ( $R^2$ )
1. linear	$y = 1674.8x + 158278$	0.8882
2. logarithmic	$y = 31089\ln(x) + 99405$	0.9149
3. power	$y = 117297x^{0.1652}$	0.9101
4. exponential	$y = 160434 e^{0.0089x}$	0.8806

การคาดการณ์ปริมาณประชากรด้วยวิธี logarithmic ที่  $R^2 = 0.9149$  แสดงดังภาพประกอบภาคผนวก ก-1



ภาพประกอบภาคผนวก ก-1 การคาดการณ์ปริมาณประชากรด้วยวิธี logarithmic ของพื้นที่ฝั่งกลบมูลฝอยเทศบาลนครหาดใหญ่

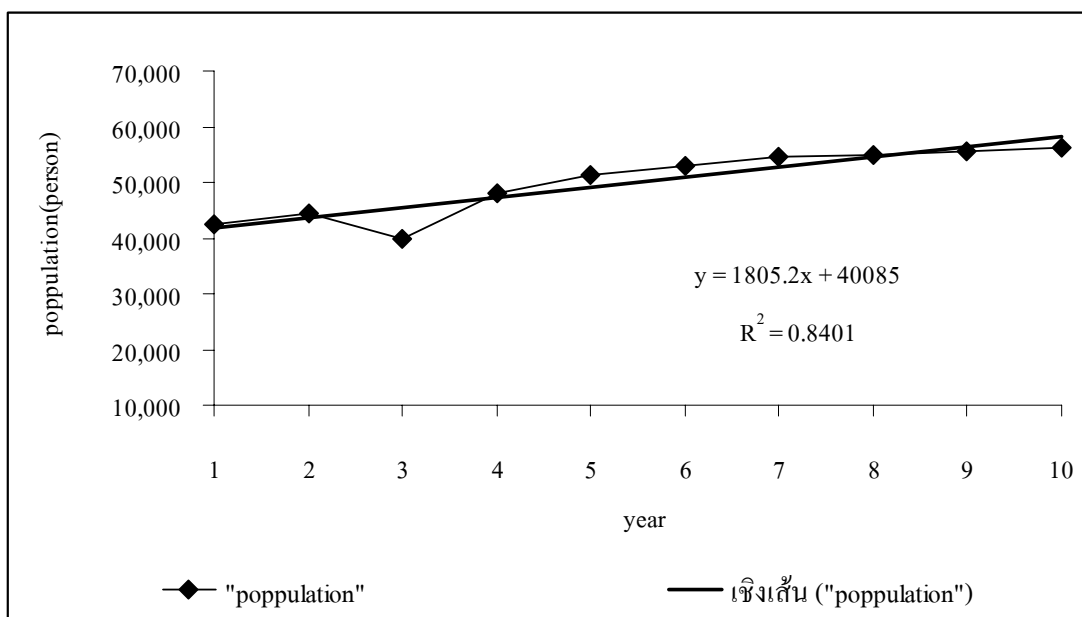
## พื้นที่ฝั่งกลบมูลฝอยเทศบาลเมืองบ้านพรุ

การคาดการณ์ปริมาณประชากรในพื้นที่ที่สามารถคาดการณ์ด้วยวิธีต่างๆ แสดง  
 ดังตารางภาคผนวก ก-2

ตารางภาคผนวก ก-2 การคาดการณ์ปริมาณประชากรในพื้นที่ที่สามารถคาดการณ์ด้วยวิธีต่างๆ

วิธี	สมการ	ค่า Regression ( $R^2$ )
1. linear	$y = 1805.2x + 40085$	0.8401
2. logarithmic	$y = 7186.8\text{Ln}(x) + 39159$	0.7805
3. power	$y = 39731x^{0.1479}$	0.7610
4. exponential	$y = 40535 e^{0.037x}$	0.8115

การคาดการณ์ปริมาณประชากรด้วยวิธี linear ที่  $R^2 = 0.8401$  แสดงดังภาพประกอบ  
 ภาคผนวก ก ที่ 2



ภาพประกอบภาคผนวก ก-2 การคาดการณ์ปริมาณประชากรด้วยวิธี linear ของพื้นที่ฝั่งกลบมูลฝอย  
 เทศบาลเมืองบ้านพรุ

ตารางผนวก ก-3 ปริมาณประชากรในพื้นที่บริการกำจัดมูลฝอยเทศบาลนครหาดใหญ่

ปีที่	ปี (พ.ศ.)	* อบต. ฉลุง	* ทม.คลอง แห	* ทต.ท่า ช้าง	* ทศ.นคร หาดใหญ่	รวม	$y=31089\ln(x)+99405$ $R^2 = 0.9149$ (วิธีล็อกการิทึม)	ประชากรแฝง (ร้อยละ 23 ของ ประชากรทั้งหมด)	ประชากรรวม ทั้งหมด
1	2526	-	-	-	-	-	99405	22,863	122,268
2	2527	-	-	-	-	-	120954	27,819	148,773
3	2528	-	-	-	-	-	133560	30,719	164,278
4	2529	-	-	-	-	-	142504	32,776	175,279
5	2530	-	-	-	-	-	149441	34,371	183,812
6	2531	-	-	-	-	-	155109	35,675	190,784
7	2532	-	-	-	-	-	159901	36,777	196,678
8	2533	-	-	-	-	-	164053	37,732	201,785
9	2534	-	-	-	-	-	167715	38,574	206,289
10	2535	-	-	-	-	-	170990	39,328	210,318
11	2536	-	-	-	-	-	173953	40,009	213,962
12	2537	5097	13013	7255	152438	177803	177803	40,895	218,698
13	2538	5243	14035	7455	151248	177981	177981	40,936	218,917
14	2539	5444	14797	7640	147842	175723	175723	40,416	216,139

ตารางผนวก ก-3 (ต่อ) ปริมาณประชากรในพื้นที่บริการกำจัดมูลฝอยเทศบาลนครหาดใหญ่

ปีที่	ปี (พ.ศ.)	* อบต. ฉลุง	* ทม.คลอง แห	* ทต.ท่า ช้าง	* ทศ.นคร หาดใหญ่	รวม	$y=31089\ln(x)+99405$ $R^2 = 0.9149$ (วิธีลอการิทึม)	ประชากรแฝง (ร้อยละ 23 ของ ประชากรทั้งหมด)	ประชากรรวม ทั้งหมด
15	2540	5560	16313	7789	155260	184922	184922	42,532	227,454
16	2541	5683	17227	8081	156812	187803	187803	43,195	230,998
17	2542	5802	18019	8172	157622	189615	189615	43,611	233,226
18	2543	5893	18658	8243	157022	189816	189816	43,658	233,474
19	2544	6042	20091	8305	157806	192244	192244	44,216	236,460
20	2545	6172	21011	8497	157316	192996	192996	44,389	237,385
21	2546	6315	22083	8689	160715	197802	197802	45,494	243,296
22	2547	6432	23082	8890	154091	192495	192495	44,274	236,769
23	2548	6548	24042	9102	155585	195277	195277	44,914	240,191
24	2549	6644	24875	9213	156724	197456	197456	45,415	242,871
25	2550	6670	25777	9324	157354	199125	199125	45,799	244,924
26	2551	6750	26569	9324	157782	200425	200425	46,098	246,523
27	2552	-	-	-	-	-	201,869	46,430	248,299
28	2553	-	-	-	-	-	203,000	46,690	249,690

หมายเหตุ: อบต. หมายถึง องค์การบริหารส่วนตำบล ทม. หมายถึง เทศบาลเมือง ทต. หมายถึง เทศบาลตำบล ทน. หมายถึง เทศบาลนคร \* (ที่มา : ทะเบียนราษฎร)

ตารางผนวก ก-4 ปริมาณประชากรในพื้นที่บริการกำจัดมูลฝอยเทศบาลเมืองบ้านพรุ

ปีที่	ปี (พ.ศ.)	ทม.บ้านพรุ	อบต./ทต.พะ ดง	ตำบลคอหงษ์	รวม	$y = 1805.2x +$ 40085 $R^2 = 0.8401$ (วิธีสมการเชิงเส้น)	ประชากรแฝง (ร้อยละ 23 ของประชากร ทั้งหมด)	ประชากรรวม ทั้งหมด
1	2542	4127	12,320	26,104	42,551	42,551	9,787	52,338
2	2543	4175	12,086	28,082	44,343	44,343	10,199	54,542
3	2544	4338	5,437	29,967	39,742	39,742	9,141	48,883
4	2545	4540	5,500	38,094	48,134	48,134	11,071	59,205
5	2546	4817	5,675	40,800	51,292	51,292	11,797	63,089
6	2547	5072	5,609	42,226	52,907	52,907	12,169	65,076
7	2548	5293	5,747	43,499	54,539	54,539	12,544	67,083
8	2549	5587	5,750	43,580	54,917	54,917	12,631	67,548
9	2550	5764	5,740	43,951	55,455	55,455	12,755	68,210
10	2551	5895	5,747	44,616	56,258	56,258	12,939	69,197
11	2552	-	-	-	-	59,942	13,787	73,729
12	2553	-	-	-	-	61,747	14,202	75,949
13	2554	-	-	-	-	63,553	14,617	78,170



ตารางผนวก ก-5 ปริมาณมูลฝอยในพื้นที่ฝังกลบมูลฝอยเทศบาลนครหาดใหญ่

ปีที่	ปี (พ.ศ.)	จำนวนประชากร (คน)	ปริมาณมูลฝอยที่เกิดขึ้น		ข้อมูลจากเจ้าหน้าที่	ปริมาณมูลฝอยที่นำไปกำจัด		สัดส่วนที่นำไป กำจัด (%)
			อัตราการเกิดมูล ฝอย (กิโลกรัม/คน/วัน)	ปริมาณมูลฝอยที่เกิดขึ้น (ตัน/ปี)		$y = 34179x^{0.3152}$ $R^2 = 0.3865$ (วิธียกกำลัง)		
1	2526	122268	1.22	54,446	-	34179	63	
2	2527	148773	1.22	66,249	-	42525	64	
3	2528	164278	1.22	73,153	-	48322	66	
4	2529	175279	1.22	78,052	-	52909	68	
5	2530	183812	1.22	81,852	-	56764	69	
6	2531	190784	1.22	84,956	-	60122	71	
7	2532	196678	1.22	87,581	-	63115	72	
8	2533	201785	1.22	89,855	-	65828	73	
9	2534	206289	1.22	91,860	-	68318	74	
10	2535	210318	1.22	93,654	-	70625	75	
11	2536	213962	1.22	95,277	-	72779	76	
12	2537	218698	1.22	97,386	-	74803	77	

ตารางผนวก ก-5 (ต่อ) ปริมาณมูลฝอยในพื้นที่ฝังกลบมูลฝอยเทศบาลนครหาดใหญ่

ปีที่	ปี (พ.ศ.)	จำนวนประชากร (คน)	ปริมาณมูลฝอยที่เกิดขึ้น		ปริมาณมูลฝอยที่นำไปกำจัด		สัดส่วนที่นำไป กำจัด (%)
			อัตราการเกิดมูล ฝอย (กิโลกรัม/คน/วัน)	ปริมาณมูลฝอยที่เกิดขึ้น (ตัน/ปี)	ข้อมูลจากเจ้าหน้าที่ (ตัน/ปี)	$y = 34179x^{0.3152}$ $R^2 = 0.3865$ (วิธียกกำลัง)	
13	2538	218917	1.22	97,484	73,000	73000	75
14	2539	216139	1.22	96,247	73,339	73339	76
15	2540	227454	1.22	101,285	-	80253	79
16	2541	230998	1.22	102,863	91,005	91005	88
17	2542	233226	1.22	103,856	91,476	91476	88
18	2543	233474	1.22	103,966	83,191	83191	80
19	2544	236460	1.22	105,296	91,313	91313	87
20	2545	237385	1.22	105,708	-	87871	83
21	2546	243296	1.22	108,340	82,245	82245	76
22	2547	236769	1.22	105,433	87,852	87852	83
23	2548	240191	1.22	106,957	-	91828	86

หมายเหตุ : ประชากรจริง (ที่มา: กรมปกครอง) และปริมาณมูลฝอยที่นำไปกำจัด (ที่มา: ข้อมูลจากเจ้าหน้าที่)

ตารางผนวก ก-6 ปริมาณมูลฝอยในพื้นที่ฝังกลบมูลฝอยเทศบาลเมืองบ้านพรุ

ปีที่	ปี (พ.ศ.)	ปริมาณมูลฝอยที่เกิดขึ้น			ปริมาณมูลฝอยที่นำไปกำจัด (ข้อมูลจากเจ้าหน้าที่) (ตัน/ปี)	สัดส่วนที่นำไป กำจัด (%)
		จำนวนประชากร (คน)	อัตราการเกิดมูลฝอย (กิโลกรัม/คน/วัน)	ปริมาณมูลฝอยที่ เกิดขึ้น (ตัน/ปี)		
1	2542	52,338	1.22	23,306	12607	54
2	2543	54,542	1.22	24,288	10464	43
3	2544	48,883	1.22	21,767	13894	64
4	2545	59,205	1.22	26,364	13242	50
5	2546	63,089	1.22	28,094	16518	59
6	2547	65,076	1.22	28,978	15863	55
7	2548	67,083	1.22	29,872	12375	41
8	2549	67,548	1.22	30,079	9315	31
9	2550	68,210	1.22	30,374	15379	51
10	2551	69,197	1.22	30,814	17611	57
11	2552	73,729	1.22	32,831	*16416	**50
12	2553	75,949	1.22	33,820	*16910	**50
13	2554	78,170	1.22	34,809	*17404	**50

หมายเหตุ : \*ค่าที่ได้จากการคำนวณ ดังนี้ (สัดส่วนมูลฝอยที่นำไปกำจัดในปีที่ต้องการxปริมาณมูลฝอยที่เกิดขึ้นทั้งหมดในปีที่ต้องการ)/100

\*\*ค่าที่ได้จากค่าเฉลี่ยสัดส่วนมูลฝอยที่นำไปกำจัดตั้งแต่ปี พ.ศ.2542 – พ.ศ.2551

ตารางภาคผนวก ก-7 ปริมาณมูลฝอยอินทรีย์ 5 ประเภทของพื้นที่ฝังกลบมูลฝอยเทศบาลนครหาดใหญ่

ปีที่	ปี (พ.ศ.)	ปริมาณมูลฝอยที่ นำไปกำจัด (ตัน/ปี)	ปริมาณมูลฝอยตามสัดส่วนมูลฝอย 5 ประเภท ( $W_{j,x}$ )				
			ไม้หรือผลิตภัณฑ์ จากไม้ (5.08%)	เนื้อเยื่อ กระดาษ อื่นๆ (12.11%)	อาหาร เศษอาหาร อื่นๆ (42.76%)	สิ่งทอ (2.55%)	ของเสียจาก สวนสาธารณะ (4.65%)
1	2526	34179	1737	4138	14614	871	1589
2	2527	42525	2162	5149	18182	1083	1977
3	2528	48322	2456	5850	20661	1231	2247
4	2529	52909	2689	6406	22622	1348	2460
5	2530	56764	2885	6872	24270	1446	2640
6	2531	60122	3056	7279	25706	1531	2796
7	2532	63115	3208	7641	26985	1608	2935
8	2533	65828	3346	7970	28145	1677	3061
9	2534	68318	3473	8271	29210	1740	3177
10	2535	70625	3590	8551	30196	1799	3284
11	2536	72779	3699	8811	31117	1854	3384
12	2537	74803	3802	9056	31983	1905	3478

ตารางภาคผนวก ก-7 (ต่อ) ปริมาณมูลฝอยอินทรีย์ 5 ประเภทของพื้นที่ฝังกลบมูลฝอยเทศบาลนครหาดใหญ่

ปีที่	ปี (พ.ศ.)	ปริมาณมูลฝอยที่ นำไปกำจัด (ตัน/ปี)	ปริมาณมูลฝอยตามสัดส่วนมูลฝอย 5 ประเภท ( $W_{j,x}$ )				
			ไม้หรือผลิตภัณฑ์ จากไม้	เนื้อเยื่อ กระดาษ อื่นๆ	อาหาร เศษอาหาร อื่นๆ	สิ่งทอ (2.547%)	ของเสียจาก สวนสาธารณะ (4.650%)
			(5.083%)	(12.107%)	(42.756%)		
13	2538	73000	3711	8838	31212	1859	3395
14	2539	73339	3728	8879	31357	1868	3410
15	2540	80253	4079	9716	34313	2044	3732
16	2541	91005	4626	11018	38910	2318	4232
17	2542	91476	4650	11075	39111	2330	4254
18	2543	83191	4229	10072	35569	2119	3868
19	2544	91313	4641	11055	39042	2326	4246
20	2545	87871	4466	10639	37570	2238	4086
21	2546	82245	4181	9957	35165	2095	3824
22	2547	87852	4466	10636	37562	2238	4085
23	2548	91828	4668	11118	39262	2339	4270

ตารางภาคผนวก ก-8 ปริมาณมูลฝอยอินทรีย์ 5 ประเภทของพื้นที่ฝังกลบมูลฝอยเทศบาลเมืองบ้านพรุ

ปีที่	ปี (พ.ศ.)	ปริมาณมูลฝอยที่ นำไปกำจัด (ตัน/ปี)	ปริมาณมูลฝอยตามสัดส่วนมูลฝอย 5 ประเภท ( $W_{j,x}$ )				
			ไม้หรือผลิตภัณฑ์ จากไม้ (14.10%)	เนื้อเยื่อ กระดาษ อื่นๆ (11.21%)	อาหาร เศษอาหาร อื่นๆ (27.3%)	สิ่งทอ (3.98%)	ของเสียจาก สวนสาธารณะ (5.93%)
1	2542	12607	1778	1413	3442	502	748
2	2543	10464	1475	1173	2857	416	621
3	2544	13894	1959	1558	3793	553	824
4	2545	13242	1867	1484	3615	527	785
5	2546	16518	2329	1852	4509	657	980
6	2547	15863	2237	1778	4331	631	941
7	2548	12375	1745	1387	3378	493	734
8	2549	9315	1313	1044	2543	371	552
9	2550	15379	2168	1724	4198	612	912
10	2551	17611	2483	1974	4808	701	1044
11	2552	16416	2134	1697	4132	602	897
12	2553	16910	2198	1748	4256	620	924
13	2554	17404	2262	1799	4381	639	952



ภาพประกอบภาคผนวก ก-3 พื้นที่ฝังกลบมูลฝอยเทศบาลนครหาดใหญ่บ่อที่ 1 และบ่อที่ 3





ภาพประกอบภาคผนวก ก-4 พื้นที่ฝังกลบมูลฝอยเทศบาลเมืองบ้านพรุบ่อที่ 1 และบ่อที่ 2



ภาพเครื่องมือ อุปกรณ์



ภาพประกอบภาคผนวก ก-5 close flux chamber



ภาพประกอบภาคผนวก ก-6 เข็มฉีดตัวอย่างก๊าซແຫລມ (gas tight syringe) ขนาด 1 มิลลิลิตร

ภาคผนวก ข  
การวิเคราะห์คุณสมบัติมูลฝอย

## 1.การสุ่มตัวอย่าง

เนื่องจากมูลฝอยประกอบด้วยสิ่งต่างๆ หลายชนิด ซึ่งไม่ได้ผสมเป็นเนื้อเดียวกัน ดังนั้นการสุ่มตัวอย่างต้องทำอย่างเป็นระบบเพื่อให้ลักษณะองค์ประกอบเหมือนกันทั้งหมด และสามารถเป็นตัวแทนมูลฝอยที่ใช้ในการวิเคราะห์ เพื่อให้ลักษณะขององค์ประกอบมูลฝอยเหมือนกันทุกส่วน

### อุปกรณ์ในการวิเคราะห์

- อุปกรณ์ในการคลุกเคล้ามูลฝอย เช่น พลั่ว จอบ เป็นต้น
- เชือกสำหรับแบ่งมูลฝอย
- เครื่องชั่งน้ำหนัก
- ผ้าปิดจมูก
- ผ้ายางสำหรับรองพื้น
- ถังตวงมูลฝอย
- ถุงมือ
- ถุงดำ

### ขั้นตอนการวิเคราะห์

1) การเก็บตัวอย่างมูลฝอยทำได้โดย สุ่มตัวอย่างมูลฝอยจากแหล่งกำเนิดต่างๆ หรือจากรถเก็บขนมูลฝอยทุกคัน ทำการเก็บตัวอย่างจากหลายๆ จุดของแหล่งกำเนิด หรือจากรถเก็บขนจนแน่ใจว่ามูลฝอยที่ได้เป็นตัวแทนที่เหมาะสมจากกองมูลฝอยเหล่านั้น สุ่มตัวอย่างมูลฝอยประมาณ 1 ลบ.ม.

2) นำมูลฝอยทั้งหมดที่ได้ประมาณ 1 ลบ.ม. เทกองรวมกันบนอุปกรณ์ปูพื้นที่ได้เตรียมไว้ ทำการคลุกเคล้าให้องค์ประกอบต่างๆ กระจายกันอย่างทั่วถึง นำมูลฝอยมากองรวมกันแล้วคลุกเคล้าให้เข้ากันมากที่สุด

3) กองมูลฝอยในลักษณะสมมาตรรูปกรวย แบ่งมูลฝอยออกเป็น 4 ส่วน (quartering) เลือก 2 ส่วนที่กองอยู่ตรงกันข้ามกันมารวมกัน ส่วนที่เหลือแยกทิ้งไป แล้วคลุกเคล้าให้เข้ากันอีกครั้ง ให้องค์ประกอบต่างๆ กระจายอย่างสม่ำเสมอ ส่วนที่เหลือให้แยกออกและนำกลับไปทิ้ง

4) ทำการ quartering ไปเรื่อยๆ จนกระทั่งได้ตัวอย่างมูลฝอยในปริมาณที่ต้องการ โดยปกติจะเหลือตัวอย่างมูลฝอยไว้ประมาณ 5 ลิตร หรือ 15 กิโลกรัม แต่ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับความเหมาะสมของปริมาณตุ้บหรืออุปกรณ์ต่างๆ ที่มีอยู่ แล้วจึงนำตัวอย่างมูลฝอยที่ได้ไปวิเคราะห์องค์ประกอบหรือลักษณะอื่นๆ ต่อไป

### วิธีการสุ่มตัวอย่างมูลฝอย

- 1) สุ่มตัวอย่างมูลฝอยจากรถเก็บขน แสดงดังภาพประกอบภาคผนวก ข-1



ภาพประกอบภาคผนวก ข-1 การสุมตัวอย่างมูลฝอย

2) นำมูลฝอยทั้งหมดที่ได้ เทกองรวมกัน ทำการ quartering จนได้ปริมาณมูลฝอยที่ต้องการเพื่อแยกองค์ประกอบแสดงดังภาพประกอบภาคผนวก ข-2



ภาพประกอบภาคผนวก ข-2 การ Quartering มูลฝอย

## 2. ความหนาแน่น (density)

ค่าความหนาแน่นของมูลฝอย คือ สัดส่วนของน้ำหนักของมูลฝอยต่อปริมาตรที่มูลฝอยนั้นบรรจุอยู่ แบ่งได้เป็น 2 ลักษณะ คือ ความหนาแน่นปกติ (bulk density) และความหนาแน่นขณะขนส่ง (transported density) ความหนาแน่นปกติ หมายถึง ค่าความหนาแน่นของมูลฝอยในขณะเก็บรวบรวมมูลฝอยซึ่งตามปกติจะมีการอัดให้แน่นเพียงเล็กน้อยเท่านั้น ส่วนความหนาแน่นขณะขนส่ง หมายถึง ความหนาแน่นของมูลฝอยในรถยนต์เก็บขนมูลฝอยในขณะขนส่งมูลฝอยซึ่งตามปกติจะถูกทำให้แน่นจากการสั่นสะเทือนและจากการกระทำของเจ้าหน้าที่เก็บขน ซึ่งการศึกษาครั้งทำการวัดความหนาแน่นปกติเท่านั้น

### อุปกรณ์ในการวิเคราะห์การหาความหนาแน่นปกติ

- ภาชนะตวงมูลฝอยความจุ 50-100 ลิตร
- เครื่องชั่งน้ำหนัก
- อุปกรณ์สำหรับคลุกเคล้ามูลฝอย เช่น พลั่ว
- ถุงมือ หน้ากาก

### ขั้นตอนการวิเคราะห์

- 1) ชั่งน้ำหนักถังตวงเปล่า ( $W_1$ )
- 2) นำมูลฝอยที่ได้จากการ quartering และผ่านการคลุกเคล้าให้เป็นเนื้อเดียวกัน จนเหลือประมาณ 50 ลิตร ใส่ภาชนะตวงมูลฝอย
- 3) ยกภาชนะมูลฝอยสูงจากพื้น 30 เซนติเมตร แล้วปล่อยให้กระแทกพื้น 3 ครั้ง หากปริมาณมูลฝอยในภาชนะตกลงต่ำกว่าระดับที่กำหนดให้เติมมูลฝอยลงไปจนได้ระดับโดยไม่มีการอัดเพิ่ม
- 4) ชั่งภาชนะตวงที่มีมูลฝอย ( $W_2$ )
- 5) ทดลองหาค่าความหนาแน่นตามวิธีการข้อ 1-4 หลายๆ ครั้ง เพื่อหาค่าเฉลี่ย

### การคำนวณค่าความหนาแน่นปกติ

$$D = \frac{W_2 - W_1}{V} \quad (\text{ก-1})$$

โดยที่

- $D$  = ความหนาแน่น (กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร)
- $W_1$  = น้ำหนักภาชนะมูลฝอยเปล่า (กิโลกรัม)
- $W_2$  = น้ำหนักมูลฝอยที่มีมูลฝอย (กิโลกรัม)
- $V$  = ปริมาตรภาชนะมูลฝอย (ลูกบาศก์เมตร)

### วิธีการสุ่มตัวอย่างมูลฝอย

- 1) ชั่งน้ำหนักถังเปล่า ( $W_1$ ) และ ชั่งน้ำหนักถังที่มีมูลฝอย ( $W_2$ ) เพื่อคำนวณค่าความหนาแน่น แสดงดังภาพประกอบภาคผนวก ข-3



ภาพประกอบภาคผนวก ข-3 การชั่งน้ำหนัก

### 3. องค์ประกอบมูลฝอย (composition)

องค์ประกอบของมูลฝอย หมายถึง ประเภทของมูลฝอยแต่ละอย่างที่มีรวมอยู่ในกองมูลฝอย สามารถแบ่งประเภทได้ ดังนี้

- |                                      |                        |
|--------------------------------------|------------------------|
| - เศษอาหาร เศษผัก ผลไม้ (garbage)    | - กระดาษ (paper)       |
| - พลาสติก และ โฟม (plastic and fome) | - ยาง (rubber)         |
| - ผ้า (textile)                      | - ไม้ (wood)           |
| - แก้ว (glass)                       | - โลหะ (metal)         |
| - หิน กระจกเบือง (stone and ceramic) | - ของเสียจากสวนสาธารณะ |

#### อุปกรณ์ในการวิเคราะห์

- ฝ้ายาง พลาสติกปูโต๊ะ หรือพื้น สำหรับแยกประเภทมูลฝอย
- ถังมือยาง
- ถาดอลูมิเนียม หรือถาดพลาสติก
- ปากคีบ
- หน้ากากกันฝุ่น และก๊วน
- เครื่องชั่งน้ำหนัก

#### ขั้นตอนการวิเคราะห์

- 1) นำตัวอย่างมูลฝอยที่ได้จากการ quartering สุ่มตัวอย่างมูลฝอยมาประมาณ 50-100 ลิตร ชั่งน้ำหนักมูลฝอยทั้งหมด
- 2) คัดเลือกมูลฝอยแต่ละประเภท และชั่งน้ำหนัก



3) หรือจะวิเคราะห์องค์ประกอบแห้ง หลังจากอบมูลฝอยที่อุณหภูมิ 75 – 100 องศาเซลเซียส เวลา 4-5 วัน จนน้ำหนักมูลฝอยคงที่แล้วแยกองค์ประกอบออกตามประเภทต่างๆ ที่ได้กำหนดไว้ แล้วชั่งน้ำหนักมูลฝอยในแต่ละประเภทนั้นๆ

#### การคำนวณ

$$C = \frac{W_i}{W} \times 100 \quad (\text{ก-2})$$

โดยที่

$C$  = ร้อยละขององค์ประกอบมูลฝอยแต่ละประเภท

$W_i$  = น้ำหนักมูลฝอยแต่ละประเภท

$W$  = น้ำหนักมูลฝอยรวม

หน่วยขององค์ประกอบมูลฝอยแต่ละประเภท เป็นร้อยละโดยน้ำหนักของมูลฝอยรวม

#### 4. ความชื้น (moisture/water content)

ความชื้น หมายถึง ปริมาณน้ำที่มีอยู่ในมูลฝอย โดยทั่วไปน้ำที่มีอยู่ในมูลฝอยจะเป็นน้ำภายในตัวของมูลฝอยเอง (inherent water) เช่น น้ำที่อยู่ในพืช ผัก เศษอาหาร ซึ่งมีประมาณ 1/2 ถึง 2/3 ของปริมาณน้ำทั้งหมด และน้ำที่ติดอยู่ภายนอก (attached water) เช่น น้ำฝน น้ำที่ออกจากเศษอาหาร จะมีประมาณ 1/3 ถึง 1/2 ของปริมาณน้ำทั้งหมด

#### อุปกรณ์ในการวิเคราะห์

- ตู้อบ (hot air oven)

- ถาดอลูมิเนียม

- เครื่องชั่งน้ำหนัก

#### ขั้นตอนการวิเคราะห์

- 1) ชั่งน้ำหนักถาดอลูมิเนียมเปล่า
- 2) สุ่มตัวอย่างมูลฝอย ประมาณ 50 ลิตร ใส่ถาดอลูมิเนียมแล้วชั่งน้ำหนัก
- 3) อบมูลฝอยในตู้อบที่อุณหภูมิ 75-100 องศาเซลเซียส ประมาณ 3-4 วัน (จนกระทั่งมูลฝอยแห้งสนิท หรือน้ำหนักมูลฝอยคงที่)
- 4) ชั่งน้ำหนักมูลฝอยที่อบแล้ว

## การคำนวณ

$$W = \frac{W_1 - W_2}{W_1} \times 100 \quad (\text{ก-3})$$

โดยที่

 $W$  = ค่าความชื้น (เปอร์เซ็นต์) $W_1$  = น้ำหนักมูลฝอยก่อนอบ $W_2$  = น้ำหนักมูลฝอยหลังจากอบแห้ง



ภาคผนวก ค  
ผลการวิเคราะห์ข้อมูลฟอย

ตารางภาคผนวก ค-1 ผลการวิเคราะห์ลักษณะสมบัติมูลฝอยทางกายภาพของพื้นที่ฝังกลบมูลฝอย  
เทศบาลนครหาดใหญ่ในฤดูฝน

คุณสมบัติมูลฝอย ทางกายภาพ	องค์ประกอบมูลฝอย (wet weight : %)			
	5 พ.ย. 51	18 ธ.ค.52	4 ม.ค. 52	เฉลี่ย
1. เศษอาหาร พัก	35.3	40.0	38.7	38
2. กระดาษ	10.0	9.3	10.0	9.8
3. พลาสติก	12.7	16.0	14.0	14.2
4. ยางและหนัง	6.7	3.3	2.7	4.2
5. สิ่งทอ	8.0	4.0	8.0	6.7
6. เศษไม้ ใบไม้	15.3	11.3	20.0	15.6
7. แก้ว	3.3	4.7	2.0	3.3
8. โลหะ	2.0	2.0	-	1.3
9. กระเบื้อง	-	-	3.3	1.1
10. ของเสียจาก สวนสาธารณะ	6.7	9.3	1.3	5.8
ความหนาแน่น (กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร)	257	258	258	258

ตารางภาคผนวก ค-2 ผลการวิเคราะห์ลักษณะสมบัติมูลฝอยทางกายภาพของพื้นที่ฝังกลบมูลฝอย  
เทศบาลเมืองบ้านพรุในฤดูฝน

คุณสมบัติมูลฝอย ทางกายภาพ	องค์ประกอบมูลฝอย (wet weight : %)			
	18 พ.ย. 51	19 ธ.ค.52	7 ม.ค. 52	เฉลี่ย
1. เศษอาหาร ผัก	30.0	38.7	33.3	34.0
2. กระดาษ	12.0	11.3	13.3	12.2
3. พลาสติก	13.3	14.0	12.0	13.1
4. ยางและหนัง	7.3	4.0	6.0	5.8
5. สิ่งทอ	12.7	6.0	4.0	7.6
6. เศษไม้ ใบไม้	14.0	16.7	14.0	14.9
7. แก้ว	5.3	-	5.3	3.6
8. โลหะ	-	-	2.7	0.9
9. กระเบื้อง	-	-	4.0	1.3
10. ของเสียจาก สวนสาธารณะ	5.3	4.7	5.3	5.1
ความหนาแน่น (กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร)	259	257	257	258

ตารางภาคผนวก ค-3 ผลการวิเคราะห์ลักษณะสมบัติมูลฝอยทางกายภาพของพื้นที่ฝังกลบมูลฝอย  
เทศบาลนครหาดใหญ่ในฤดูแล้ง

คุณสมบัติมูลฝอย ทางกายภาพ	องค์ประกอบมูลฝอย (wet weight : %)		
	23 มี.ค. 52	3 เม.ย. 52	เฉลี่ย
1. เศษอาหาร พัก	28.0	32.0	30.0
2. กระดาษ	12.7	13.3	13.0
3. พลาสติก	14.7	12.0	13.3
4. ยางและหนัง	8.0	9.3	8.7
5. สิ่งทอ	6.0	6.0	6.0
6. เศษไม้ ใบไม้	18.7	16.0	17.3
7. แก้ว	3.3	-	1.7
8. โลหะ	4.7	2.7	3.7
9. กระเบื้อง	1.3	4.7	3.0
10. ของเสียจาก สวนสาธารณะ	2.7	4.0	3.3
ความหนาแน่น (กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร)	258	256	257

ตารางภาคผนวก ค-4 ผลการวิเคราะห์ลักษณะสมบัติมูลฝอยทางกายภาพของพื้นที่ฝังกลบมูลฝอย  
เทศบาลเมืองบ้านพรุในฤดูแล้ง

คุณสมบัติมูลฝอย ทางกายภาพ	องค์ประกอบมูลฝอย (wet weight : %)		
	27 มี.ค. 52	6 เม.ย. 52	เฉลี่ย
1. เศษอาหาร ผัก	34.7	30.0	32.3
2. กระดาษ	11.3	13.3	12.3
3. พลาสติก	13.3	14.0	13.7
4. ยางและหนัง	7.3	6.7	7.0
5. สิ่งทอ	8.0	8.7	8.3
6. เศษไม้ ใบไม้	17.3	16.0	16.7
7. แก้ว	-	6.0	3.0
8. โลหะ	2.7	-	1.3
9. กระเบื้อง	-	-	-
10. ของเสียจาก สวนสาธารณะ	5.3	5.3	5.3
ความหนาแน่น (กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร)	259	259	259

ตารางภาคผนวก ค-5 ผลการวิเคราะห์ลักษณะสมบัติมูลฝอยทางเคมีเลือกตัวแทนจากมูลฝอยเดือนพฤศจิกายน

ตัวอย่าง	สัดส่วนธาตุ			
	ไนโตรเจน	คาร์บอน	ไฮโดรเจน	ออกซิเจน
อาหาร	1.52	38.34	5.08	36.03
	1.43	37.88	5.13	35.28
	1.46	37.01	4.98	36.60
เฉลี่ย	1.47	37.74	5.06	35.97
เศษไม้	1.67	46.29	7.28	36.84
	1.53	45.77	7.18	32.03
	1.60	49.63	7.87	34.09
เฉลี่ย	1.60	47.23	7.44	34.32
พลาสติก	0.00	82.01	13.93	8.23
	0.00	83.83	10.96	4.28
	0.00	85.67	9.45	4.40
เฉลี่ย	0.00	83.84	11.45	5.64
กระดาษ	0.00	36.92	5.42	38.60
	0.00	37.68	5.33	40.85
	0.00	39.46	5.54	43.63
เฉลี่ย	0.00	38.02	5.43	41.03
ยาง	1.44	57.12	8.21	16.74
	1.57	57.67	8.25	15.39
	1.57	55.57	7.96	15.98
เฉลี่ย	1.53	56.79	8.14	16.04
สิ่งทอ	0.09	43.52	5.48	45.04
	0.06	42.56	5.78	44.73
	0.12	41.75	5.61	43.84
เฉลี่ย	0.09	42.61	5.62	44.54

ตารางภาคผนวก ค-5 (ต่อ) ผลการวิเคราะห์ลักษณะสมบัติมูลฝอยทางเคมีเลือกตัวแทนจากมูลฝอย  
เดือน พฤศจิกายน

ตัวอย่าง	สัดส่วนธาตุ			
	ไนโตรเจน	คาร์บอน	ไฮโดรเจน	ออกซิเจน
ขยะรวม	0.48	43.65	6.07	42.61
	0.64	40.74	6.03	41.44
	0.46	45.55	6.88	38.22
เฉลี่ย	0.53	43.31	6.33	40.76

ภาคผนวก ง  
ผลการประเมินโดยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์



## ตัวอย่างและผลการประเมินโดยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์

### 1. วิธี default ของ IPCC แสดงดังสมการที่ 1

จากสูตร

$$CH_4 \text{ emission } (Gg / yr) = [(MSW_T \cdot MSW_F \cdot L_o) - R] \cdot (1 - OX) \quad (ง-1)$$

โดยที่

$$L_o = MCF * DOC_i * DOC_j * F * \frac{16}{12}$$

แสดงรายละเอียดดังตารางภาคผนวก ง-1 และผลการประเมินการแพร่ระบายก๊าซด้วย วิธี default ของ IPCC ในพื้นที่ฝังกลบมูลฝอยเทศบาลนครหาดใหญ่และเทศบาลเมืองบ้านบ่อน้ำพร้าวที่ 1 และบ่อที่ 2 แสดงดังตารางภาคผนวก ง-2 ตารางภาคผนวก ง-3 และตารางภาคผนวก ง-4

ตารางภาคผนวก ง-1 การแทนค่าศักยภาพการเกิดมีเทน ( $L_o$ )

รายละเอียดตัวแปรย่อย (หน่วย)	ที่มา	เทศบาลนครหาดใหญ่	เทศบาลเมืองบ้านพรุ
<p><math>DOC_j</math> สัดส่วนของคาร์บอนอินทรีย์ที่ย่อยสลายทางชีวภาพได้</p> <p>คำนวณจาก (จิกะกรัมคาร์บอนต่อจิกะกรัมของเสี้ยว)</p> <p><math>0.4A+0.17B+0.15C+0.3D</math></p> <p>A = paper + rags B = leaves + hay + straw</p> <p>C = fruits and vegetables D = wood</p>	<p>(ที่มา : Sunil Kumar et al, 2004)</p>	<p><math>DOC_j = 0.12</math></p> <p>A =12.11 B =5.08 C = 42.76</p> <p>D = 0</p> <p><math>DOC_j = (0.4 \times 12.11) + (0.17 \times 5.08) + (0.15 \times 42.76)</math></p>	<p><math>DOC_j = 0.11</math></p> <p>A=11.21 B=14.10 C=27.30</p> <p>D = 0</p> <p><math>DOC_j = (0.4 \times 11.21) + (0.17 \times 14.10) + (0.15 \times 27.30)</math></p>
<p><math>DOC_f</math> สัดส่วนของคาร์บอนอินทรีย์ที่ย่อยสลายทางชีวภาพได้ซึ่งถูกเปลี่ยนไปเป็นก๊าซชีวภาพ (สัดส่วน)</p> <p><math>0.014T + 0.28</math> โดย T = อุณหภูมิของมูลฝอย</p>	<p>(ที่มา : Sunil Kumar et al, 2004)</p>	<p><math>DOC_f = 0.77</math></p> <p>โดยที่ T = 35 °C</p> <p><math>= (0.014 \times 35) + 0.28</math></p>	<p><math>DOC_f = 0.77</math></p> <p>โดยที่ T = 35 °C</p> <p><math>= (0.014 \times 35) + 0.28</math></p>
<p><math>L_o</math> ศักยภาพของการเกิดก๊าซมีเทน (จิกะกรัมมีเทนต่อจิกะกรัมของเสี้ยว)</p>	<p>(IPCC 2006)</p>	<p><math>L_o = 0.031</math> จิกะกรัมมีเทนต่อจิกะกรัมของเสี้ยว</p> <p><math>= (0.5 \times 0.12 \times 0.77 \times 0.5 \times 16) / (12)</math></p> <p><math>L_o = 48.06</math> ลูกบาศก์เมตรต่อเมกกะกรัม</p>	<p><math>L_o = 0.028</math> จิกะกรัมมีเทนต่อจิกะกรัมของเสี้ยว</p> <p><math>= (0.5 \times 0.11 \times 0.77 \times 0.5 \times 16) / (12)</math></p> <p><math>L_o = 43.41</math> ลูกบาศก์เมตรต่อเมกกะกรัม</p>

ตารางภาคผนวก ง-2 ผลการประเมินการแพร่กระจายก๊าซมีเทนโดยวิธี default ของ IPCC ในพื้นที่ฝังกลบมูลฝอยเทศบาลนครหาดใหญ่

ปี (พ.ศ.)	ปริมาณ มูลฝอยที่เกิดขึ้น (เมกกะกรัมต่อปี)	ปริมาณมูลฝอย ที่นำไปกำจัด (เมกกะกรัม ต่อปี)	สัดส่วนปริมาณ มูลฝอยที่นำไป กำจัด (ร้อยละ)	ปริมาณก๊าซมีเทนที่ นำไปใช้ประโยชน์ (เมกกะกรัมมีเทนต่อปี)	สัดส่วนก๊าซมีเทนที่ เปลี่ยนรูปโดยการ ออกซิเดชัน	ศักยภาพการเกิดก๊าซ มีเทน (เมกกะกรัมมีเทนต่อ เมกกะกรัมของเสีย)	อัตราการแพร่ กระจายก๊าซมีเทน (เมกกะกรัมต่อปี)
2526	54,446	34,179	63	0	0.1	0.031	954
2527	66,249	42,525	64	0	0.1	0.031	1,186
2528	73,153	48,322	66	0	0.1	0.031	1,348
2529	78,052	52,909	68	0	0.1	0.031	1,476
2530	81,852	56,764	69	0	0.1	0.031	1,584
2531	84,956	60,122	71	0	0.1	0.031	1,67
2532	87,581	63,115	72	0	0.1	0.031	1,761
2533	89,855	65,828	73	0	0.1	0.031	1,837
2534	91,860	68,318	74	0	0.1	0.031	1,906
2535	93,654	70,625	75	0	0.1	0.031	1,970
2536	95,277	72,779	76	0	0.1	0.031	2,030
2537	97,386	74,803	77	0	0.1	0.031	2,087
2538	97,484	73,000	75	0	0.1	0.031	2,037
2539	96,247	73,339	76	0	0.1	0.031	2,046

ตารางภาคผนวก ง-2 (ต่อ) ผลการประเมินการแพร่กระจายก๊าซมีเทนโดยวิธี default ของ IPCC ในพื้นที่ฝังกลบมูลฝอยเทศบาลนครหาดใหญ่

ปี (พ.ศ.)	ปริมาณ มูลฝอยที่เกิดขึ้น (เมกกะกรัม ต่อปี)	ปริมาณมูลฝอยที่ นำไปกำจัด (เมกกะกรัม ต่อปี)	สัดส่วนปริมาณ มูลฝอยที่นำไป กำจัด (ร้อยละ)	ปริมาณก๊าซมีเทนที่ นำไปใช้ประโยชน์ (เมกกะกรัมมีเทน ต่อปี)	สัดส่วนก๊าซมีเทนที่เปลี่ยน รูปโดยการออกซิเดชั่น	ศักยภาพการเกิด ก๊าซมีเทน (เมกกะกรัมมีเทน ต่อเมกกะกรัมของ เสีย)	อัตราการแพร่ กระจายก๊าซมีเทน (เมกกะกรัม ต่อปี)
2540	101,285	80,253	79	0	0.1	0.031	2,239
2541	102,863	91,005	88	0	0.1	0.031	2,539
2542	103,856	91,476	88	0	0.1	0.031	2,552
2543	103,966	83,191	80	0	0.1	0.031	2,321
2544	105,296	91,313	87	0	0.1	0.031	2,548
2545	105,708	87,871	83	0	0.1	0.031	2,452
2546	108,340	82,245	76	0	0.1	0.031	2,295
2547	105,433	87,852	83	0	0.1	0.031	2,451
2548	106,957	91,828	86	0	0.1	0.031	2,562
2549	ปิดหลุม	ปิดหลุม	ปิดหลุม	0	0.1	0.031	0
2550	ปิดหลุม	ปิดหลุม	ปิดหลุม	0	0.1	0.031	0
2551	ปิดหลุม	ปิดหลุม	ปิดหลุม	0	0.1	0.031	0
2552	ปิดหลุม	ปิดหลุม	ปิดหลุม	0	0.1	0.031	0

ตารางภาคผนวก ง-2 (ต่อ) ผลการประเมินการแพร่กระจายก๊าซมีเทนโดยวิธี default ของ IPCC ในพื้นที่ฝังกลบมูลฝอยเทศบาลนครหาดใหญ่

ปี (พ.ศ.)	ปริมาณ มูลฝอยที่เกิดขึ้น (เมกกะกรัม ต่อปี)	ปริมาณมูลฝอยที่ นำไปกำจัด (เมกกะกรัม ต่อปี)	สัดส่วนปริมาณ มูลฝอยที่นำไป กำจัด (ร้อยละ)	ปริมาณก๊าซมีเทนที่ นำไปใช้ประโยชน์ (เมกกะกรัมมีเทน ต่อปี)	สัดส่วนก๊าซมีเทนที่เปลี่ยน รูปโดยการออกซิเดชั่น	ศักยภาพการเกิด ก๊าซมีเทน (เมกกะกรัมมีเทน ต่อเมกกะกรัมของ เสี้ยว)	อัตราการแพร่ กระจายก๊าซมีเทน (เมกกะกรัม ต่อปี)
2553	ปิดหลุม	ปิดหลุม	ปิดหลุม	0	0.1	0.031	0
2554	ปิดหลุม	ปิดหลุม	ปิดหลุม	0	0.1	0.031	0
2555	ปิดหลุม	ปิดหลุม	ปิดหลุม	0	0.1	0.031	0
2556	ปิดหลุม	ปิดหลุม	ปิดหลุม	0	0.1	0.031	0
2557	ปิดหลุม	ปิดหลุม	ปิดหลุม	0	0.1	0.031	0
2558	ปิดหลุม	ปิดหลุม	ปิดหลุม	0	0.1	0.031	0
2559	ปิดหลุม	ปิดหลุม	ปิดหลุม	0	0.1	0.031	0
2560	ปิดหลุม	ปิดหลุม	ปิดหลุม	0	0.1	0.031	0
2561	ปิดหลุม	ปิดหลุม	ปิดหลุม	0	0.1	0.031	0
2562	ปิดหลุม	ปิดหลุม	ปิดหลุม	0	0.1	0.031	0
2563	ปิดหลุม	ปิดหลุม	ปิดหลุม	0	0.1	0.031	0

ตารางภาคผนวก ง-3 ผลการประเมินการแพร่กระจายก๊าซมีเทนโดยวิธี default ของ IPCC ในพื้นที่ฝังกลบมูลฝอยเทศบาลเมืองบ้านพรุ บ่อที่ 1

ปี (พ.ศ.)	ปริมาณ มูลฝอยที่เกิดขึ้น (เมกกะกรัม ต่อปี)	ปริมาณมูลฝอยที่ นำไปกำจัด (เมกกะกรัม ต่อปี)	สัดส่วนปริมาณ มูลฝอยที่นำไป กำจัด (ร้อยละ)	ปริมาณก๊าซมีเทนที่ นำไปใช้ประโยชน์ (เมกกะกรัมมีเทน ต่อปี)	สัดส่วนก๊าซมีเทนที่เปลี่ยน รูปโดยการออกซิเดชั่น	ศักยภาพการเกิด ก๊าซมีเทน (เมกกะกรัมมีเทน ต่อเมกกะกรัมของ เสี้ยว)	อัตราการแพร่ กระจายก๊าซมีเทน (เมกกะกรัม ต่อปี)
2542	23,306	12,607	54	0	0.1	0.028	318
2543	24,288	10,464	43	0	0.1	0.028	264
2544	21,767	13,894	64	0	0.1	0.028	350
2545	26,364	13,242	50	0	0.1	0.028	334
2546	28,094	16,518	59	0	0.1	0.028	416
2547	28,978	15,863	55	0	0.1	0.028	400
2548	29,872	12,375	41	0	0.1	0.028	312
2549	ปิดหลุม	ปิดหลุม	ปิดหลุม	0	0.1	0.028	0
2550	ปิดหลุม	ปิดหลุม	ปิดหลุม	0	0.1	0.028	0
2551	ปิดหลุม	ปิดหลุม	ปิดหลุม	0	0.1	0.028	0
2552	ปิดหลุม	ปิดหลุม	ปิดหลุม	0	0.1	0.028	0
2553	ปิดหลุม	ปิดหลุม	ปิดหลุม	0	0.1	0.028	0
2554	ปิดหลุม	ปิดหลุม	ปิดหลุม	0	0.1	0.028	0

ตารางภาคผนวก ง-3 (ต่อ) ผลการประเมินการแพร่กระจายก๊าซมีเทนโดยวิธี default ของ IPCC ในพื้นที่ฝังกลบมูลฝอยเทศบาลเมืองบ้านพรุ ปอที่ 1

ปี (พ.ศ.)	ปริมาณ มูลฝอยที่เกิดขึ้น (เมกกะกรัม ต่อปี)	ปริมาณมูลฝอยที่ นำไปกำจัด (เมกกะกรัม ต่อปี)	สัดส่วนปริมาณ มูลฝอยที่นำไป กำจัด (ร้อยละ)	ปริมาณก๊าซมีเทนที่ นำไปใช้ประโยชน์ (เมกกะกรัมมีเทน ต่อปี)	สัดส่วนก๊าซมีเทนที่เปลี่ยน รูปโดยการออกซิเดชัน	ศักยภาพการเกิด ก๊าซมีเทน (เมกกะกรัมมีเทน ต่อเมกกะกรัมของ เสี้ยว)	อัตราการแพร่ กระจายก๊าซมีเทน (เมกกะกรัม ต่อปี)
2555	ปิดหลุม	ปิดหลุม	ปิดหลุม	0	0.1	0.028	0
2556	ปิดหลุม	ปิดหลุม	ปิดหลุม	0	0.1	0.028	0
2557	ปิดหลุม	ปิดหลุม	ปิดหลุม	0	0.1	0.028	0
2558	ปิดหลุม	ปิดหลุม	ปิดหลุม	0	0.1	0.028	0
2559	ปิดหลุม	ปิดหลุม	ปิดหลุม	0	0.1	0.028	0
2560	ปิดหลุม	ปิดหลุม	ปิดหลุม	0	0.1	0.028	0
2561	ปิดหลุม	ปิดหลุม	ปิดหลุม	0	0.1	0.028	0
2562	ปิดหลุม	ปิดหลุม	ปิดหลุม	0	0.1	0.028	0
2563	ปิดหลุม	ปิดหลุม	ปิดหลุม	0	0.1	0.028	0

ตารางภาคผนวก ง-4 ผลการประเมินการแพร่กระจายก๊าซมีเทนโดยวิธี default ของ IPCC ในพื้นที่ฝังกลบมูลฝอยเทศบาลเมืองบ้านพรุ บ่อที่ 2

ปี (พ.ศ.)	ปริมาณ มูลฝอยที่เกิดขึ้น (เมกกะกรัม ต่อปี)	ปริมาณมูลฝอยที่ นำไปกำจัด (เมกกะกรัม ต่อปี)	สัดส่วนปริมาณ มูลฝอยที่นำไป กำจัด (ร้อยละ)	ปริมาณก๊าซมีเทนที่ นำไปใช้ประโยชน์ (เมกกะกรัมมีเทน ต่อปี)	สัดส่วนก๊าซมีเทนที่เปลี่ยน รูปโดยการออกซิเดชั่น	ศักยภาพการเกิด ก๊าซมีเทน (เมกกะกรัมมีเทน ต่อเมกกะกรัมของ เสี้ยว)	อัตราการแพร่ กระจายก๊าซมีเทน (เมกกะกรัม ต่อปี)
2549	30,079	9,315	31	0	0.1	0.028	235
2550	30,374	15,379	51	0	0.1	0.028	388
2551	30,814	17,611	57	0	0.1	0.028	444
2552	32,831	16,416	50	0	0.1	0.028	414
2553	33,820	16,910	50	0	0.1	0.028	426
2554	34,809	17,404	50	0	0.1	0.028	439
2555	ปิดหลุม	ปิดหลุม	ปิดหลุม	0	0.1	0.028	0
2556	ปิดหลุม	ปิดหลุม	ปิดหลุม	0	0.1	0.028	0
2557	ปิดหลุม	ปิดหลุม	ปิดหลุม	0	0.1	0.028	0
2558	ปิดหลุม	ปิดหลุม	ปิดหลุม	0	0.1	0.028	0
2559	ปิดหลุม	ปิดหลุม	ปิดหลุม	0	0.1	0.028	0
2560	ปิดหลุม	ปิดหลุม	ปิดหลุม	0	0.1	0.028	0
2561	ปิดหลุม	ปิดหลุม	ปิดหลุม	0	0.1	0.028	0



ตารางภาคผนวก ง-4 (ต่อ) ผลการประเมินการแพร่กระจายก๊าซมีเทนโดยวิธี default ของ IPCC ในพื้นที่ฝังกลบมูลฝอยเทศบาลเมืองบ้านพรุ ปอที่ 2

ปี (พ.ศ.)	ปริมาณ มูลฝอยที่เกิดขึ้น (เมกกะกรัม ต่อปี)	ปริมาณมูลฝอยที่ นำไปกำจัด (เมกกะกรัม ต่อปี)	สัดส่วนปริมาณ มูลฝอยที่นำไป กำจัด (ร้อยละ)	ปริมาณก๊าซมีเทนที่ นำไปใช้ประโยชน์ (เมกกะกรัมมีเทน ต่อปี)	สัดส่วนก๊าซมีเทนที่เปลี่ยน รูปโดยการ ออกซิเดชัน	ศักยภาพการเกิด ก๊าซมีเทน (เมกกะกรัมมีเทน ต่อเมกกะกรัมของ เสี้ยว)	อัตราการแพร่ กระจายก๊าซมีเทน (เมกกะกรัม ต่อปี)
2562	ปิดหลุม	ปิดหลุม	ปิดหลุม	0	0.1	0.028	0
2563	ปิดหลุม	ปิดหลุม	ปิดหลุม	0	0.1	0.028	0
2564	ปิดหลุม	ปิดหลุม	ปิดหลุม	0	0.1	0.028	0
2565	ปิดหลุม	ปิดหลุม	ปิดหลุม	0	0.1	0.028	0
2566	ปิดหลุม	ปิดหลุม	ปิดหลุม	0	0.1	0.028	0
2567	ปิดหลุม	ปิดหลุม	ปิดหลุม	0	0.1	0.028	0
2568	ปิดหลุม	ปิดหลุม	ปิดหลุม	0	0.1	0.028	0
2569	ปิดหลุม	ปิดหลุม	ปิดหลุม	0	0.1	0.028	0

## 2. วิธีปฏิกิริยาลำดับที่ 1 (first order decay model) ของ IPCC แสดงดังสมการที่ 2

จากสูตร

$$BE_{CH_4, SWDS} = \phi(1-f)GWP_{CH_4} \cdot (1-ox) \cdot \frac{16}{12} \cdot F \cdot DOC_f \cdot MCF \sum_{x=i}^y \sum_j W_{j,x} \cdot DOC_j \cdot e^{-kj \cdot (y-x)} \cdot (1-e^{-kj}) \quad (ง-2)$$

ตัวอย่างการคำนวณการแพร่กระจายก๊าซมีเทนจากพื้นที่ฝังกลบมูลฝอยเทศบาลนครหาดใหญ่

การแพร่กระจายก๊าซมีเทน โดยวิธี first order decay ของ IPCC จากพื้นที่ฝังกลบมูลฝอยเทศบาลนครหาดใหญ่

### 1. การแพร่กระจายก๊าซมีเทนของมูลฝอยประเภทไม้หรือผลิตภัณฑ์จากไม้ มีดังนี้

ตารางภาคผนวก ง-5 พารามิเตอร์ที่ใช้ในการคำนวณ

$\phi$	f	$GWP_{CH_4}$	OX	F	$DOC_f$	MCF	$DOC_j$	$k_j$
0.9	0	21	0.1	0.5	0.5	0.5	0.043	0.035

#### 1.1 ตัวอย่างการคำนวณปริมาณมูลฝอยประเภทไม้

โดยสัดส่วนไม้มีค่าเท่ากับ 5.038 ของปริมาณมูลฝอยทั้งหมดในปี 2526 ที่มีอยู่ 34,179 ตัน ดังนั้นปริมาณมูลฝอยประเภทไม้ เท่ากับ 1,737 ตัน

$$W_{2526} = \frac{(34,179 \times 5.038)}{100} = 1,737 \text{ ตัน}$$

#### 1.2 ตัวอย่างการคำนวณการแพร่กระจายก๊าซจากมูลฝอยประเภทไม้

x คือ ปริมาณมูลฝอยที่นำมาฝังกลบในปี x

y คือ ปริมาณการแพร่กระจายก๊าซมีเทนในปี y มีดังนี้

1) อัตราการแพร่กระจายในปี 2526 คัดจากมูลฝอยก้อนที่ 1 (1,737 ตัน) ในปีที่ 1 (พ.ศ. 2526) (x=1 ; y=1) ดังนี้

$$emission_{CH_4, SWDS, 2526} = (0.9) \times (1-0) \times (21) \times (1-0.1) \times \left(\frac{16}{12}\right) \times (0.5) \times (0.5) \times (0.5) \times (1,737) \times (0.43) \times (\exp(-0.035 \times (1-1))) \times (1 - \exp(-0.035))$$

$$= 72.84 \text{ ตันคาร์บอนไดออกไซด์}$$

2.) อัตราการแพร่ระบายในปี 2527 คัดจากผลรวมของปริมาณมูลฝอยก้อนที่ 1 (1,737 ตัน) ในปีที่ 2 (พ.ศ. 2526) ( $x=1$  ;  $y=2$ ) และมูลฝอยก้อนที่ 2 (1,737 ตัน) ในปีที่ 1 (พ.ศ. 2527) ( $x=2$  ;  $y=2$ )

2.1) มูลฝอยก้อนที่ 1 (1,737 ตัน) ในปีที่ 2 (พ.ศ. 2526) ( $x=1$  ;  $y=2$ )

$$\begin{aligned} emission_{CH_4, SWDS, 2526} &= (0.9)x(1-0)x(21)x(1-0.1)x\left(\frac{16}{12}\right)x(0.5)x(0.5)x(0.5)x(1,737)x(0.43) \\ &\quad x(\exp(-0.035x(2-1)))x(1-\exp(-0.035)) \\ &= 70.34 \text{ ตันคาร์บอนไดออกไซด์} \end{aligned}$$

2.2) มูลฝอยก้อนที่ 2 (1,737 ตัน) ในปีที่ 2 (พ.ศ. 2527) ( $x=2$  ;  $y=2$ )

$$\begin{aligned} emission_{CH_4, SWDS, 2526} &= (0.9)x(1-0)x(21)x(1-0.1)x\left(\frac{16}{12}\right)x(0.5)x(0.5)x(0.5)x(1,737)x(0.43) \\ &\quad x(\exp(-0.035x(2-2)))x(1-\exp(-0.035)) \\ &= 90.63 \text{ ตันคาร์บอนไดออกไซด์} \end{aligned}$$

ดังนั้นอัตราการแพร่ระบายก๊าซในปี 2527 ของมูลฝอยประเภทนี้เท่ากับ 160.97 ตันคาร์บอนไดออกไซด์

**1.3 ตัวอย่างการคำนวณการแพร่ระบายก๊าซของมูลฝอยรวม 5 ประเภท ในปีที่ 1 (พ.ศ.2526) ดังนี้**

$$\begin{aligned} emission_{CH_4, SWDS, sum} &= 72.84 + 317.25 + 2,048.77 + 40.01 + 140.88 \\ &= 2,619.78 \text{ ตันคาร์บอนไดออกไซด์} \end{aligned}$$

**1.4 ตัวอย่างการคำนวณการแพร่ระบายก๊าซกรณีฐานของมูลฝอยรวม 5 ประเภท ในปีที่ 1 (พ.ศ.2526)**

$$BE_{CH_4, SWDS, 2526} = \frac{2619.78}{21} = 124.75 \text{ ตันมีเทนหรือเมกกะกรัมมีเทน}$$

โดยอธิบายลักษณะมูลฝอย 5 ประเภทที่เข้าสู่พื้นที่ฝังกลบมูลฝอยสามารถแสดงดังภาพประกอบภาคผนวก ง-1 และอัตราการแพร่กระจายก๊าซมีเทนโดยวิธี first order decay ของ IPCC จากพื้นที่ฝังกลบมูลฝอยเทศบาลนครหาดใหญ่ พื้นที่ฝังกลบเทศบาลเมืองบ้านพรุ บ่อที่ 1 และบ่อที่ 2 แสดงดังตารางภาคผนวก ง-6 ตารางภาคผนวก ง-7 และ ตารางภาคผนวก ง-8

ปริมาณมูลฝอยเข้าสู่พื้นที่



ปีสุดท้ายของการดำเนินการ (ปิดหลุม)



ปริมาณมูลฝอยคงที่ ปริมาณเริ่มก๊าซลดลง



					$x = n, y = 1$	$x = n, y = 2$	$x = n, y = 3$	$x = n, y = 4$	$x = n, y = 5$	$x = n, y = n$
				$x = 5, y = 1$	$x = 5, y = 2$	$x = 5, y = 3$	$x = 5, y = 4$	$x = 5, y = 5$	$x = 5, y = 6$	$x = 5, y = n$
		$x = 4, y = 1$	$x = 4, y = 2$	$x = 4, y = 3$	$x = 4, y = 4$	$x = 4, y = 5$	$x = 4, y = 6$	$x = 4, y = 7$	$x = 4, y = 8$	$x = 4, y = n$
	$x = 3, y = 1$	$x = 3, y = 2$	$x = 3, y = 3$	$x = 3, y = 4$	$x = 3, y = 5$	$x = 3, y = 6$	$x = 3, y = 7$	$x = 3, y = 8$	$x = 3, y = 9$	$x = 3, y = n$
$x = 2, y = 1$	$x = 2, y = 2$	$x = 2, y = 3$	$x = 2, y = 4$	$x = 2, y = 5$	$x = 2, y = 6$	$x = 2, y = 7$	$x = 2, y = 8$	$x = 2, y = 9$	$x = 2, y = 10$	$x = 2, y = n$
$x = 1, y = 1$	$x = 1, y = 2$	$x = 1, y = 3$	$x = 1, y = 4$	$x = 1, y = 5$	$x = 1, y = 6$	$x = 1, y = 7$	$x = 1, y = 8$	$x = 1, y = 9$	$x = 1, y = 10$	$x = 1, y = n$

$x$  คือ ปริมาณมูลฝอยที่นำมาฝังกลบในปี  $x$

$y$  คือ ปริมาณการแพร่ระบายก๊าซมีเทนในปี  $y$  มีดังนี้

$n$  คือ ปีสุดท้ายที่ใช้ในการคาดการณ์

ภาพประกอบภาคผนวก ง-1 ลักษณะการคาดการณ์ปริมาณมูลฝอยและปริมาณการแพร่ระบายก๊าซที่เกิดขึ้นโดยวิธี first order decay ของ IPCC

ตารางภาคผนวก ง-6 ผลการประเมินการแพร่กระจายก๊าซมีเทนโดยวิธี first order decay ของ IPCCจากพื้นที่ฝังกลบมูลฝอยเทศบาลนครหาดใหญ่

ปี (พ.ศ.)	อัตราการแพร่กระจายก๊าซมีเทนแยกตามสัดส่วนมูลฝอย 5 ประเภท(เมกกะกรัมต่อปี)					อัตราการแพร่กระจาย ก๊าซมีเทน (เมกกะกรัมต่อปี)
	ไม้หรือผลิตภัณฑ์จาก	เนื้อเยื่อ กระดาษ	อาหาร เศษอาหาร	สิ่งทอ	ของเสียจาก	
	ไม้ (5.083%)	อื่นๆ (12.107%)	อื่นๆ (42.756%)	(2.547%)	สวนสาธารณะ (4.650%)	
2526	3	15	98	2	7	125
2527	8	33	187	4	14	245
2528	12	52	263	7	21	355
2529	17	72	327	9	28	454
2530	22	92	381	12	35	543
2531	28	112	427	14	41	623
2532	33	133	467	17	47	697
2533	39	153	501	19	53	764
2534	44	173	531	22	58	827
2535	50	192	557	24	63	887
2536	56	211	581	27	67	942
2537	61	230	603	29	71	995
2538	67	247	613	31	75	1,032

ตารางภาคผนวก ง-6 (ต่อ) ผลการประเมินการแพร่กระจายก๊าซมีเทนโดยวิธี first order decay ของ IPCC จากพื้นที่ฝังกลบมูลฝอยเทศบาลนครหาดใหญ่

ปี (พ.ศ.)	อัตราการแพร่กระจายก๊าซมีเทนแยกตามสัดส่วนมูลฝอย 5 ประเภท(เมกกะกรัมต่อปี)					อัตราการแพร่กระจาย ก๊าซมีเทน (เมกกะกรัมต่อปี)
	ไม้หรือผลิตภัณฑ์จาก	เนื้อเยื่อ กระจก	อาหาร เศษอาหาร	สิ่งทอ	ของเสียจาก	
	ไม้ (5.083%)	อื่นๆ (12.107%)	อื่นๆ (42.756%)	(2.547%)	สวนสาธารณะ (4.650%)	
2539	72	263	620	33	77	1065
2540	77	280	645	35	81	1119
2541	84	302	692	38	86	1202
2542	90	322	725	41	91	1268
2543	96	337	723	42	93	1291
2544	102	354	746	45	96	1343
2545	107	369	751	47	98	1372
2546	112	381	738	48	99	1377
2547	117	394	745	50	101	1407
2548	122	408	762	51	103	1446
2549	118	380	511	48	87	1144
2550	114	354	342	45	73	929

ตารางภาคผนวก ง-6 (ต่อ) ผลการประเมินการแพร่กระจายก๊าซมีเทนโดยวิธี first order decay ของ IPCC จากพื้นที่ฝังกลบมูลฝอยเทศบาลนครหาดใหญ่

ปี (พ.ศ.)	อัตราการแพร่กระจายก๊าซมีเทนแยกตามสัดส่วนมูลฝอย 5 ประเภท(เมกกะกรัมต่อปี)					อัตราการแพร่กระจาย ก๊าซมีเทน (เมกกะกรัมต่อปี)
	ไม้หรือผลิตภัณฑ์จาก	เนื้อเยื่อ กระดาษ	อาหาร เศษอาหาร	สิ่งทอ	ของเสียจาก	
	ไม้ (5.083%)	อื่นๆ (12.107%)	อื่นๆ (42.756%)	(2.547%)	สวนสาธารณะ (4.650%)	
2551	110	330	229	42	62	774
2552	106	308	154	39	52	659
2553	103	287	103	36	44	573
2554	99	268	69	34	37	507
2555	96	250	46	32	31	455
2556	92	233	31	29	26	412
2557	89	217	21	27	22	377
2558	86	202	14	26	19	347
2559	83	189	9	24	16	321
2560	80	176	6	22	13	298
2561	78	164	4	21	11	278
2562	75	153	3	19	10	260
2563	72	143	2	18	8	243



ตารางภาคผนวก ง-7 ผลการประเมินการแพร่กระจายก๊าซมีเทนโดยวิธี first order decay ของ IPCC จากพื้นที่ฝังกลบมูลฝอยเทศบาลเมืองบ้านพรุ บ่อที่ 1

ปี (พ.ศ.)	อัตราการแพร่กระจายก๊าซมีเทนแยกตามสัดส่วนมูลฝอย 5 ประเภท(เมกกะกรัมต่อปี)					อัตราการแพร่กระจาย ก๊าซมีเทน (เมกกะกรัมต่อปี)
	ไม้หรือผลิตภัณฑ์จาก	เนื้อเยื่อ กระดาษ	อาหาร เศษอาหาร	สิ่งทอ	ของเสียจาก	
	ไม้ (5.083%)	อื่นๆ (12.107%)	อื่นๆ (42.756%)	(2.547%)	สวนสาธารณะ (4.650%)	
2542	4	5	23	1	3	36
2543	6	9	34	2	5	57
2544	10	14	48	3	8	84
2545	13	19	57	4	10	103
2546	18	24	68	5	13	128
2547	21	29	75	6	15	146
2548	24	32	73	7	15	151
2549	23	30	49	6	13	121
2550	23	28	33	6	11	100
2551	22	26	22	6	9	84
2552	21	24	15	5	8	73

ตารางภาคผนวก ง-7 (ต่อ) ผลการประเมินการแพร่ระบาดของก๊าซมีเทนโดยวิธี first order decay ของ IPCC จากพื้นที่ฝังกลบมูลฝอยเทศบาลเมืองบ้านพรุ ปอที่ 1 ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2526 ถึงปี พ.ศ. 2563

ปี (พ.ศ.)	อัตราการแพร่ระบาดของก๊าซมีเทนแยกตามสัดส่วนมูลฝอย 5 ประเภท(เมกกะกรัมต่อปี)					อัตราการแพร่ระบาดของก๊าซมีเทน (เมกกะกรัมต่อปี)
	ไม้หรือผลิตภัณฑ์จาก	เนื้อเยื่อ กระดาษ	อาหาร เศษอาหาร	สิ่งทอ	ของเสียจาก	
	ไม้ (5.083%)	อื่นๆ (12.107%)	อื่นๆ (42.756%)	(2.547%)	สวนสาธารณะ (4.650%)	
2553	20	23	10	5	7	64
2554	20	21	7	4	6	57
2555	19	20	4	4	5	52
2556	18	18	3	4	4	47
2557	18	17	2	4	3	44
2558	17	16	1	3	3	41
2559	16	15	1	3	2	38
2560	16	14	1	3	2	35
2561	15	13	0	3	2	33
2562	15	12	0	3	1	31
2563	14	11	0	2	1	29

ตารางภาคผนวก ง-8 ผลการประเมินการแพร่กระจายก๊าซมีเทนโดยวิธี first order decay ของ IPCC จากพื้นที่ฝังกลบมูลฝอยเทศบาลเมืองบ้านพรุ บ่อที่ 2

ปี (พ.ศ.)	อัตราการแพร่กระจายก๊าซมีเทนแยกตามสัดส่วนมูลฝอย 5 ประเภท(เมกกะกรัมต่อปี)					อัตราการแพร่กระจาย ก๊าซมีเทน (เมกกะกรัมต่อปี)
	ไม้หรือผลิตภัณฑ์จาก	เนื้อเยื่อ กระดาษ	อาหาร เศษอาหาร	สิ่งทอ	ของเสียจาก	
	ไม้ (5.083%)	อื่นๆ (12.107%)	อื่นๆ (42.756%)	(2.547%)	สวนสาธารณะ (4.650%)	
2549	3	4	17	1	2	27
2550	7	10	39	2	6	64
2551	12	16	59	3	9	99
2552	15	21	67	5	12	120
2553	19	26	73	6	14	138
2554	23	31	78	7	16	155
2555	22	29	52	6	13	123
2556	22	27	35	6	11	101
2557	21	25	24	5	9	84
2558	20	24	16	5	8	72
2559	19	22	11	5	7	63

ตารางภาคผนวก ง-8 (ต่อ) ผลการประเมินการแพร่กระจายก๊าซมีเทนโดยวิธี first order decay ของ IPCC จากพื้นที่ฝังกลบมูลฝอยเทศบาลเมืองบ้านพรุ ปอที่ 2 ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2549 ถึงปี พ.ศ. 2569

ปี (พ.ศ.)	อัตราการแพร่กระจายก๊าซมีเทนแยกตามสัดส่วนมูลฝอย 5 ประเภท(เมกกะกรัมต่อปี)					อัตราการแพร่กระจาย ก๊าซมีเทน (เมกกะกรัมต่อปี)
	ไม้หรือผลิตภัณฑ์จาก	เนื้อเยื่อ กระดาษ	อาหาร เศษอาหาร	สิ่งทอ	ของเสียจาก	
	ไม้ (5.083%)	อื่นๆ (12.107%)	อื่นๆ (42.756%)	(2.547%)	สวนสาธารณะ (4.650%)	
2560	19	20	7	4	6	56
2561	18	19	5	4	5	51
2562	18	18	3	4	4	46
2563	17	17	2	4	3	43
2564	16	15	1	3	3	39
2565	16	14	1	3	2	37
2566	15	13	1	3	2	34
2567	15	13	0	3	2	32
2568	14	12	0	2	1	30
2569	14	11	0	2	1	28

### 3. โปรแกรม LandGEM ของ U.S. EPA แสดงดังสมการที่ 3

จากสูตร

$$Q_{CH_4} = \sum_{i=1}^n \sum_{j=0.1}^1 kL_0 \left( \frac{M_i}{10} \right) e^{-kt_{ij}} \quad (ง-3)$$

โดยตัวอย่างการคำนวณ

การแพร่ระบายก๊าซมีเทนโดย โปรแกรม LandGEM ของ U.S. EPA จากพื้นที่ฝังกลบมูลฝอยเทศบาลนครหาดใหญ่ของปี พ.ศ. 2526 และ ปี พ.ศ. 2527

- ปี พ.ศ. 2526 คำนวณจากปริมาณมูลฝอยที่เข้าสู่พื้นที่ฝังกลบในปี พ.ศ. 2526 (มูลฝอยก้อนที่ 1)

มูลฝอยก้อนที่ 1 ปีที่ 1 (t = 0.1)

$$\begin{aligned} Q_{CH_4, 2526} &= (0.2) \times (48.06) \times \left( \frac{34179}{10} \right) \times (\exp(-0.2 \times 0.1)) \\ &= 32,202.32 \times (0.645) = 20,770.50 \text{ กิโลกรัม} \\ &= 21 \text{ ตันมีเทนหรือเมกกะกรัมมีเทน} \end{aligned}$$

- ปี พ.ศ. 2527 คำนวณจากปริมาณมูลฝอยที่เข้าสู่พื้นที่ฝังกลบที่มีอยู่เดิมในปี พ.ศ. 2526 (มูลฝอยก้อนที่ 1) และเข้าสู่พื้นที่ฝังกลบในปี พ.ศ. 2527 (มูลฝอยก้อนที่ 2)

มูลฝอยก้อนที่ 1 ปีที่ 2 (t = 0.2)

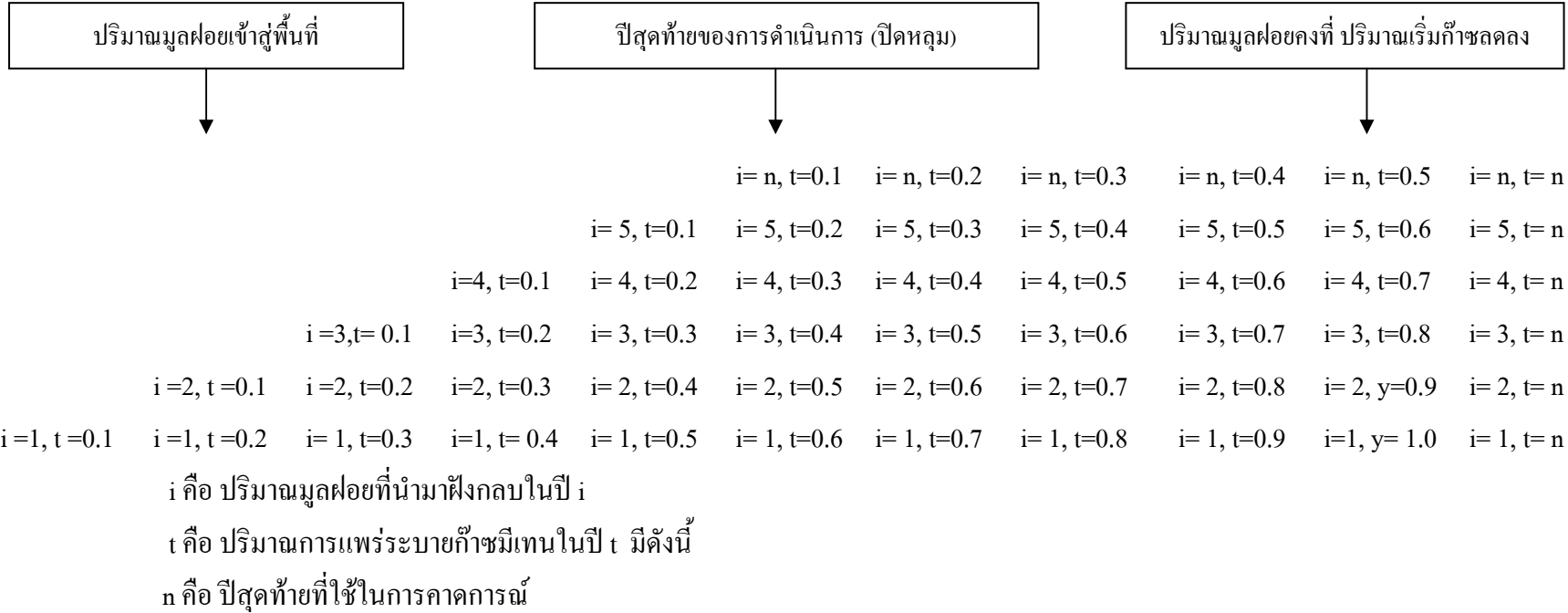
$$\begin{aligned} Q_{CH_4, 2526} &= (0.2) \times (48.06) \times \left( \frac{34179}{10} \right) \times (\exp(-0.2 \times 0.1)) \\ &= 31,565 \times (0.645) = 20,359 \text{ กิโลกรัม} \\ &= 20 \text{ ตันมีเทนหรือเมกกะกรัมมีเทน} \end{aligned}$$

มูลฝอยก้อนที่ 2 ปีที่ 1 (t = 0.1)

$$\begin{aligned} Q_{CH_4, 2527} &= (0.2) \times (48.06) \times \left( \frac{42,525}{10} \right) \times (\exp(-0.2 \times 0.1)) \\ &= 40,066 \times 0.645 = 25,842 \text{ กิโลกรัม} \\ &= 26 \text{ ตันมีเทนหรือเมกกะกรัมมีเทน} \end{aligned}$$

ดังนั้นปริมาณการแพร่ระบายก๊าซในปี พ.ศ. 2527 เท่ากับ  $20+26 = 46$  ตันมีเทนหรือเมกกะกรัมมีเทน โดยลักษณะการฝังกลบแสดงดังภาพประกอบภาคผนวก ง-2

โดยที่ผลการประเมินการแพร่ระบายก๊าซด้วย โปรแกรม LandGEM ของ U.S. EPA ในพื้นที่ฝังกลบมูลฝอยเทศบาลนครหาดใหญ่และเทศบาลเมืองบ้านพรุบ่อที่ 1 และบ่อที่ 2 แสดงดังตารางภาคผนวก ง-9 ตารางภาคผนวก ง-10 และตารางภาคผนวก ง-11



ภาพประกอบภาคผนวก ง-2 ลักษณะการคาดการณ์ปริมาณมูลฝอยและปริมาณการแพร่ระบายก๊าซที่เกิดขึ้นโดยโปรแกรม LandGEM ของ U.S. EPA

ตารางภาคผนวก ง-9 ผลการประเมินการแพร่ระบาดของก๊าซมีเทนโดยโปรแกรม LandGEM ของ U.S. EPA ในพื้นที่ฝังกลบมูลฝอยเทศบาลนครหาดใหญ่

ปี (พ.ศ.)	ปริมาณมูลฝอยที่ถูก ฝังกลบ (ตัน)	ศักยภาพการเกิดก๊าซ มีเทน (ลูกบาศก์เมตร ต่อเมกะกรัม)	อัตราการเกิดก๊าซ มีเทน (ต่อปี)	อัตราการแพร่ ระบาย ก๊าซมีเทน (เมกะกรัมต่อปี)
2526	34,179	48.06	0.2	21
2527	42,525	48.06	0.2	46
2528	48,322	48.06	0.2	75
2529	52,909	48.06	0.2	105
2530	56,764	48.06	0.2	138
2531	60,122	48.06	0.2	172
2532	63,115	48.06	0.2	207
2533	65,828	48.06	0.2	242
2534	68,318	48.06	0.2	279
2535	70,625	48.06	0.2	317
2536	72,779	48.06	0.2	354
2537	74,803	48.06	0.2	393
2538	73,000	48.06	0.2	430
2539	73,339	48.06	0.2	466
2540	80,253	48.06	0.2	505
2541	91,005	48.06	0.2	550
2542	91,476	48.06	0.2	595
2543	83,191	48.06	0.2	634
2544	91,313	48.06	0.2	677
2545	87,871	48.06	0.2	717
2546	82,245	48.06	0.2	753
2547	87,852	48.06	0.2	791
2548	91,828	48.06	0.2	831

ตารางภาคผนวก ง-9 (ต่อ) ผลการประเมินการแพร่กระจายก๊าซมีเทนโดยโปรแกรม LandGEM ของ U.S. EPA ในพื้นที่ฝังกลบมูลฝอยเทศบาลนครหาดใหญ่

ปี (พ.ศ.)	ปริมาณมูลฝอยที่ถูก ฝังกลบ (ตัน)	ศักยภาพการเกิดก๊าซ มีเทน (ลูกบาศก์เมตร ต่อเมกะกรัม)	อัตราการเกิดก๊าซ มีเทน (ต่อปี)	อัตราการแพร่ กระจาย ก๊าซมีเทน (เมกะกรัมต่อปี)
2549	ปิดหลุม	48.06	0.2	815
2550	ปิดหลุม	48.06	0.2	799
2551	ปิดหลุม	48.06	0.2	783
2552	ปิดหลุม	48.06	0.2	767
2553	ปิดหลุม	48.06	0.2	752
2554	ปิดหลุม	48.06	0.2	737
2555	ปิดหลุม	48.06	0.2	723
2556	ปิดหลุม	48.06	0.2	708
2557	ปิดหลุม	48.06	0.2	694
2558	ปิดหลุม	48.06	0.2	681
2559	ปิดหลุม	48.06	0.2	667
2560	ปิดหลุม	48.06	0.2	654
2561	ปิดหลุม	48.06	0.2	641
2562	ปิดหลุม	48.06	0.2	628
2563	ปิดหลุม	48.06	0.2	616



ตารางภาคผนวก ง-10 ผลการประเมินการแพร่ระบาดของก๊าซมีเทน โดยโปรแกรม LandGEM ของ U.S. EPA ในพื้นที่ฝังกลบมูลฝอยเทศบาลเมืองบ้านพรุบ่อที่ 1

ปี (พ.ศ.)	ปริมาณมูลฝอยที่ถูก ฝังกลบ (ตัน)	ศักยภาพการเกิดก๊าซ มีเทน (ลูกบาศก์เมตร ต่อเมกะกรัม)	อัตราการเกิดก๊าซ มีเทน (ต่อปี)	อัตราการแพร่ ระบาย ก๊าซมีเทน (เมกะกรัมต่อปี)
2542	12,607	43.41	0.2	7
2543	10,464	43.41	0.2	13
2544	13,894	43.41	0.2	20
2545	13,242	43.41	0.2	27
2546	16,518	43.41	0.2	35
2547	15,863	43.41	0.2	43
2548	12,375	43.41	0.2	49
2549	ปิดหลุม	43.41	0.2	48
2550	ปิดหลุม	43.41	0.2	47
2551	ปิดหลุม	43.41	0.2	46
2552	ปิดหลุม	43.41	0.2	45
2553	ปิดหลุม	43.41	0.2	45
2554	ปิดหลุม	43.41	0.2	44
2555	ปิดหลุม	43.41	0.2	43
2556	ปิดหลุม	43.41	0.2	42
2557	ปิดหลุม	43.41	0.2	41
2558	ปิดหลุม	43.41	0.2	40
2559	ปิดหลุม	43.41	0.2	40
2560	ปิดหลุม	43.41	0.2	39
2561	ปิดหลุม	43.41	0.2	38
2562	ปิดหลุม	43.41	0.2	37
2563	ปิดหลุม	43.41	0.2	36

ตารางภาคผนวก ง-11 ผลการประเมินการแพร่ระบาดของก๊าซมีเทนโดยโปรแกรม LandGEM ของ U.S. EPA ในพื้นที่ฝังกลบมูลฝอยเทศบาลเมืองบ้านพรุบ่อที่ 2

ปี (พ.ศ.)	ปริมาณมูลฝอยที่ถูก ฝังกลบ (ตัน)	ศักยภาพการเกิดก๊าซ มีเทน (ลูกบาศก์เมตร ต่อเมกะกรัม)	อัตราการเกิดก๊าซ มีเทน (ต่อปี)	อัตราการแพร่ ระบาดของ ก๊าซมีเทน (เมกะกรัมต่อปี)
2549	9,315	43.41	0.2	5
2550	15,379	43.41	0.2	13
2551	17,611	43.41	0.2	23
2552	16,416	43.41	0.2	31
2553	16,910	43.41	0.2	39
2554	17,404	43.41	0.2	47
2555	ปิดหลุม	43.41	0.2	46
2556	ปิดหลุม	43.41	0.2	45
2557	ปิดหลุม	43.41	0.2	44
2558	ปิดหลุม	43.41	0.2	43
2559	ปิดหลุม	43.41	0.2	42
2560	ปิดหลุม	43.41	0.2	41
2561	ปิดหลุม	43.41	0.2	41
2562	ปิดหลุม	43.41	0.2	40
2563	ปิดหลุม	43.41	0.2	39
2564	ปิดหลุม	43.41	0.2	38
2565	ปิดหลุม	43.41	0.2	37
2566	ปิดหลุม	43.41	0.2	37
2567	ปิดหลุม	43.41	0.2	36
2568	ปิดหลุม	43.41	0.2	35
2569	ปิดหลุม	43.41	0.2	35

**การพิจารณาขอรวมที่อัตราการผลิตก๊าซเท่ากับศูนย์**

**1. พื้นที่ฝังกลบมูลฝอยเทศบาลนครหาดใหญ่**

**ตารางที่ ง-12 การแพร่ระบายก๊าซของปริมาณมูลฝอยที่นำไปกำจัดของพื้นที่ฝังกลบมูลฝอยเทศบาลนครหาดใหญ่ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2526 – พ.ศ. 2548**

ปี	ปริมาณมูลฝอย ที่นำไปกำจัด	วิธีการคำนวณการแพร่ระบายก๊าซมีเทน (ตันคาร์บอนไดออกไซด์)		
		(ระยะเวลาในการย่อยสลาย)		
		วิธี default (พ.ศ. 2526 – พ.ศ. 2548)	วิธีปฏิกิริยาลำดับที่ 1 (พ.ศ. 2526 – พ.ศ. 2705)	โปรแกรม LandGEM (พ.ศ. 2526 – พ.ศ. 2918)
2526	1589	954	691	1049
2527	1977	1186	860	1305
2528	2247	1348	977	1482
2529	2460	1476	1070	1623
2530	2640	1584	1148	1741
2531	2796	1677	1216	1844
2532	2935	1761	1276	1936
2533	3061	1837	1331	2019
2534	3177	1906	1381	2096
2535	3284	1970	1428	2166
2536	3384	2031	1472	2233
2537	3478	2087	1512	2295
2538	3395	2037	1476	2239
2539	3410	2046	1483	2250
2540	3732	2239	1623	2462
2541	4232	2539	1840	2791
2542	4254	2552	1849	2806
2543	3868	2321	1682	2552
2544	4246	2548	1846	2801
2545	4086	2452	1776	2695
2546	3824	2295	1663	2523
2547	4085	2451	1776	2695
2548	4270	2562	1856	2816
รวม		45858	33233	50418

## 2. พื้นที่ฝังกลบมูลฝอยเทศบาลเมืองบ้านพรุบ่อ 1

ตารางที่ ง-13 การแพร่ระบายก๊าซของปริมาณมูลฝอยที่นำไปกำจัดของพื้นที่ฝังกลบมูลฝอยเทศบาลเมืองบ้านพรุ บ่อที่ 1 ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2542 – พ.ศ. 2548

ปี	ปริมาณมูลฝอย ที่นำไปกำจัด	วิธีการคำนวณการแพร่ระบายก๊าซมีเทน (ตันคาร์บอนไดออกไซด์)		
		(ระยะเวลาในการย่อยสลาย)		
		วิธี default (พ.ศ. 2542 – พ.ศ. 2548)	วิธีปฏิบัติลำดับที่ 1 (พ.ศ. 2542 – พ.ศ. 2745)	โปรแกรม LandGEM (พ.ศ. 2542 – พ.ศ. 2777)
2549	9315	235	211	256
2550	15379	388	348	422
2551	17611	444	399	483
2552	15134	414	343	415
2553	15590	426	353	428
2554	16046	439	363	440
	รวม	2344	2018	2444

## 2. พื้นที่ฝังกลบมูลฝอยเทศบาลเมืองบ้านพรุบ่อ 2

ตารางที่ ง-14 การแพร่ระบายก๊าซของปริมาณมูลฝอยที่นำไปกำจัดของพื้นที่ฝังกลบมูลฝอยเทศบาลเมืองบ้านพรุ บ่อที่ 2 ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2549 – พ.ศ. 2554

ปี	ปริมาณมูลฝอย ที่นำไปกำจัด	วิธีการคำนวณการแพร่ระบายก๊าซมีเทน (ตันคาร์บอนไดออกไซด์)		
		(ระยะเวลาในการย่อยสลาย)		
		วิธี default (พ.ศ. 2549 – พ.ศ. 2554)	วิธีปฏิบัติลำดับที่ 1 (พ.ศ. 2549 – พ.ศ. 2750)	โปรแกรม LandGEM (พ.ศ. 2549 – พ.ศ. 2780)
2549	9315	235	211	256
2550	15379	388	348	422
2551	17611	444	399	483
2552	15134	414	343	415
2553	15590	426	353	428
2554	16046	439	363	440
	รวม	2344	2018	2444

**ภาคผนวก จ**

**ผลการศึกษาอัตราการแพร่ระบายก๊าซด้วยวิธี close flux chamber**

**การคำนวณอัตราการแพร่ระบายก๊าซมีเทน**

ตารางภาคผนวก จ-1 ผลการตรวจวัดก๊าซมีเทนใน close flux chamber เพื่อหาช่วงเวลาที่เหมาะสมของพื้นที่ฝังกลบมูลฝอยเทศบาลนครหาดใหญ่

จุดเก็บตัวอย่าง	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	เวลา (นาที)	องค์ประกอบก๊าซ มีเทน (เปอร์เซ็นต์)
1	36	0	0.005
		5	0.008
		10	0.019
		20	0.022
		30	0.042
		50	0.098
		70	0.128
		90	0.147
		110	0.173
		130	0.165
		150	0.138
		190	0.173
		200	0.165
		2	35
5	0.032		
10	0.033		
20	0.141		
30	0.169		
50	0.300		
70	0.316		
90	0.352		
110	0.377		
130	0.291		
150	0.216		
190	0.270		
200	0.239		

ตารางภาคผนวก จ-1 (ต่อ) ผลการตรวจวัดก๊าซมีเทนใน close flux chamber เพื่อหาช่วงเวลาที่เหมาะสม ของพื้นที่ฝังกลบมูลฝอยเทศบาลนครหาดใหญ่

จุดเก็บตัวอย่าง	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	เวลา (นาทึ)	องค์ประกอบก๊าซ มีเทน (เปอร์เซ็นต์)
3	35	0	0.007
		5	0.009
		10	0.009
		20	0.012
		30	0.015
		50	0.017
		70	0.028
		90	0.023
		110	0.058
		130	0.099
		150	0.087
		190	0.082
		200	0.023

ตารางภาคผนวก จ-2 ผลการตรวจวัดก๊าซมีเทนใน close flux chamber เพื่อหาช่วงเวลาที่เหมาะสมของพื้นที่ฝังกลบมูลฝอยเทศบาลเมืองบ้านพรุ

จุดเก็บตัวอย่าง	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	เวลา (นาที)	องค์ประกอบก๊าซ มีเทน (เปอร์เซ็นต์)
1	36	0	0.016
		5	0.047
		10	0.105
		20	0.105
		30	0.122
		50	0.119
		70	0.133
		90	0.157
		110	0.206
		130	0.157
		150	0.137
		190	0.153
		200	0.135
		2	35
5	0.043		
10	0.125		
20	0.135		
30	0.157		
50	0.164		
70	0.204		
90	0.230		
110	0.224		
130	0.186		
150	0.175		
190	0.168		
200	0.174		



ตารางภาคผนวก จ-2 (ต่อ) ผลการตรวจวัดก๊าซมีเทนใน close flux chamber เพื่อหาช่วงเวลาที่เหมาะสม ของพื้นที่ฝังกลบมูลฝอยเทศบาลเมืองบ้านพรุ

จุดเก็บตัวอย่าง	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	เวลา (นาที)	องค์ประกอบก๊าซ มีเทน (เปอร์เซ็นต์)
3	37	0	0.005
		5	0.007
		10	0.018
		20	0.019
		30	0.131
		50	0.169
		70	0.169
		90	0.160
		110	0.251
		130	0.215
		150	0.199
		190	0.187
		200	0.213

ตารางภาคผนวก จ-3 ผลการตรวจวัดก๊าซมีเทนใน close flux chamber ของพื้นที่ฝังกลบมูลฝอยเทศบาลนครหาดใหญ่

เวลา (นาทึ)	อุณหภูมิเฉลี่ย (องศาเซลเซียส)	องค์ประกอบก๊าซมีเทน (เปอร์เซ็นต์)							
		วันที่ 29 ธันวาคม พ.ศ. 2551							
		*จุดเก็บ ตัวอย่างที่ 1	*จุดเก็บ ตัวอย่างที่ 2	*จุดเก็บ ตัวอย่างที่ 3	*จุดเก็บ ตัวอย่างที่ 4	**จุดเก็บ ตัวอย่างที่ 5	**จุดเก็บ ตัวอย่างที่ 6	**จุดเก็บ ตัวอย่างที่ 7	**จุดเก็บ ตัวอย่างที่ 8
0	36	0.003	0.000	0.000	0.005	0.000	0.001	0.000	0.000
5		0.004	0.000	0.000	0.005	0.000	0.000	0.000	0.000
10		0.005	0.000	0.000	0.006	0.000	0.000	0.000	0.000
20		0.006	0.000	0.000	0.008	0.000	0.000	0.000	0.000
30		0.006	0.000	0.000	0.009	0.000	0.002	0.000	0.000
50		0.009	0.002	0.000	0.014	0.001	0.002	0.001	0.000
70		0.009	0.003	0.001	0.048	0.002	0.002	0.001	0.000
90		0.011	0.003	0.001	0.103	0.003	0.003	0.003	0.001
110		0.025	0.004	0.003	0.163	0.004	0.003	0.002	0.001
130		0.198	0.003	0.002	0.875	0.005	0.003	0.003	0.003

หมายเหตุ : \* วัดก๊าซมีเทนใน close flux chamber ในช่วงเช้า

\*\* วัดก๊าซมีเทนใน close flux chamber ในช่วงบ่าย

**ตารางภาคผนวก จ-3 (ต่อ) ผลการตรวจวัดก๊าซมีเทนใน close flux chamber ของพื้นที่ฝังกลบมูลฝอยเทศบาลนครหาดใหญ่**

เวลา (นาทีก)	อุณหภูมิเฉลี่ย (องศาเซลเซียส)	องค์ประกอบก๊าซมีเทน (เปอร์เซ็นต์)							
		วันที่ 30 ธันวาคม พ.ศ. 2551							
		*จุดเก็บ ตัวอย่างที่ 9	*จุดเก็บ ตัวอย่างที่ 10	*จุดเก็บ ตัวอย่างที่ 11	*จุดเก็บ ตัวอย่างที่ 12	**จุดเก็บ ตัวอย่างที่ 13	**จุดเก็บ ตัวอย่างที่ 14	**จุดเก็บ ตัวอย่างที่ 15	**จุดเก็บ ตัวอย่างที่ 16
0	36	0.000	0.005	0.002	0.000	0.001	0.003	0.000	0.002
5		0.000	0.007	0.003	0.000	0.000	0.004	0.000	0.002
10		0.001	0.017	0.004	0.000	0.001	0.007	0.001	0.003
20		0.001	0.024	0.005	0.001	0.001	0.013	0.001	0.004
30		0.001	0.026	0.005	0.001	0.001	0.015	0.002	0.004
50		0.002	0.031	0.006	0.001	0.001	0.015	0.003	0.004
70		0.001	0.041	0.008	0.002	0.001	0.083	0.003	0.004
90		0.002	0.052	0.011	0.002	0.002	0.118	0.003	0.005
110		0.002	0.083	0.028	0.002	0.002	0.088	0.005	0.006
130		0.001	0.084	0.710	0.004	0.004	0.046	0.004	0.110

หมายเหตุ : \* วัดก๊าซมีเทนใน close flux chamber ในช่วงเช้า

\*\* วัดก๊าซมีเทนใน close flux chamber ในช่วงบ่าย

**ตารางภาคผนวก จ-3 (ต่อ) ผลการตรวจวัดก๊าซมีเทนใน close flux chamber ของพื้นที่ฝังกลบมูลฝอยเทศบาลนครหาดใหญ่**

เวลา (นาทึ)	อุณหภูมิเฉลี่ย (องศาเซลเซียส)	องค์ประกอบก๊าซมีเทน (เปอร์เซ็นต์)							
		วันที่ 5 มกราคม พ.ศ. 2552							
		*จุดเก็บ ตัวอย่างที่ 1	*จุดเก็บ ตัวอย่างที่ 2	*จุดเก็บ ตัวอย่างที่ 3	*จุดเก็บ ตัวอย่างที่ 4	**จุดเก็บ ตัวอย่างที่ 5	**จุดเก็บ ตัวอย่างที่ 6	**จุดเก็บ ตัวอย่างที่ 7	**จุดเก็บ ตัวอย่างที่ 8
0	35	0.086	0.012	0.121	0.097	0.013	0.005	0.020	0.128
5		0.232	0.012	0.122	0.131	0.013	0.005	0.023	0.138
10		0.368	0.014	0.150	0.141	0.014	0.010	0.028	0.163
20		0.407	0.015	0.177	0.159	0.015	0.019	0.028	0.186
30		0.444	0.015	0.230	0.192	0.016	0.050	0.034	0.193
50		0.504	0.016	0.244	0.233	0.016	0.080	0.035	0.216
70		0.533	0.018	0.270	0.234	0.017	0.099	0.057	0.222
90		0.636	0.021	0.272	0.258	0.018	0.084	0.061	0.232
110		0.670	0.021	0.350	0.288	0.072	0.181	0.062	0.308
130		0.762	0.024	0.450	0.404	0.085	0.207	0.064	0.350

หมายเหตุ : \* วัดก๊าซมีเทนใน close flux chamber ในช่วงเช้า

\*\* วัดก๊าซมีเทนใน close flux chamber ในช่วงบ่าย

**ตารางภาคผนวก จ-3 (ต่อ) ผลการตรวจวัดก๊าซมีเทนใน close flux chamber ของพื้นที่ฝังกลบมูลฝอยเทศบาลนครหาดใหญ่**

เวลา (นาทึ)	อุณหภูมิเฉลี่ย (องศาเซลเซียส)	องค์ประกอบก๊าซมีเทน (เปอร์เซ็นต์)							
		วันที่ 6 มกราคม พ.ศ. 2552							
		*จุดเก็บ ตัวอย่างที่ 9	*จุดเก็บ ตัวอย่างที่ 10	*จุดเก็บ ตัวอย่างที่ 11	*จุดเก็บ ตัวอย่างที่ 12	**จุดเก็บ ตัวอย่างที่ 13	**จุดเก็บ ตัวอย่างที่ 14	**จุดเก็บ ตัวอย่างที่ 15	**จุดเก็บ ตัวอย่างที่ 16
0	35	0.018	0.845	0.837	0.200	0.006	0.063	0.095	0.023
5		0.028	0.905	0.840	0.253	0.017	0.111	0.100	0.047
10		0.034	1.105	1.047	0.219	0.017	0.111	0.103	0.054
20		0.037	1.117	1.212	0.414	0.042	0.111	0.108	0.064
30		0.052	1.117	1.602	0.407	0.056	0.148	0.119	0.056
50		0.055	1.130	2.472	0.460	0.069	0.152	0.137	0.071
70		1.082	1.293	2.457	0.480	0.262	0.156	0.126	0.075
90		1.540	1.539	2.986	0.643	0.174	0.158	0.233	0.087
110		1.754	1.455	2.642	1.093	0.350	0.158	0.314	0.098
130		1.583	1.584	2.986	1.093	0.380	0.173	0.373	0.081

หมายเหตุ : \* วัดก๊าซมีเทนใน close flux chamber ในช่วงเช้า

\*\* วัดก๊าซมีเทนใน close flux chamber ในช่วงบ่าย

**ตารางภาคผนวก จ-3 (ต่อ) ผลการตรวจวัดก๊าซมีเทนใน close flux chamber ของพื้นที่ฝังกลบมูลฝอยเทศบาลนครหาดใหญ่**

เวลา (นาทึ)	อุณหภูมิเฉลี่ย (องศาเซลเซียส)	องค์ประกอบก๊าซมีเทน (เปอร์เซ็นต์)							
		วันที่ 17 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2552							
		*จุดเก็บ ตัวอย่างที่ 1	*จุดเก็บ ตัวอย่างที่ 2	*จุดเก็บ ตัวอย่างที่ 3	*จุดเก็บ ตัวอย่างที่ 4	**จุดเก็บ ตัวอย่างที่ 5	**จุดเก็บ ตัวอย่างที่ 6	**จุดเก็บ ตัวอย่างที่ 7	**จุดเก็บ ตัวอย่างที่ 8
0	36	0.881	0.042	0.161	0.070	0.146	0.043	0.028	0.009
5		0.909	0.053	0.182	0.090	0.187	0.092	0.313	0.013
10		0.946	0.056	0.192	0.101	0.193	0.095	0.748	0.014
20		1.011	0.057	0.486	0.101	0.220	0.100	0.911	0.016
30		1.011	0.062	0.518	0.102	0.229	0.233	0.954	0.030
50		1.040	0.065	1.048	0.109	0.231	0.253	0.971	0.061
70		1.160	0.062	1.608	0.112	0.256	0.275	1.081	1.087
90		1.207	0.088	1.779	0.109	0.255	0.257	1.123	1.331
110		1.343	0.088	1.920	0.112	0.256	0.313	1.174	2.117
130		1.535	0.091	2.455	0.162	0.288	0.275	1.415	2.280

หมายเหตุ : \* วัดก๊าซมีเทนใน close flux chamber ในช่วงเช้า

\*\* วัดก๊าซมีเทนใน close flux chamber ในช่วงบ่าย

**ตารางภาคผนวก จ-3 (ต่อ) ผลการตรวจวัดก๊าซมีเทนใน close flux chamber ของพื้นที่ฝังกลบมูลฝอยเทศบาลนครหาดใหญ่**

เวลา (นาทีก)	อุณหภูมิเฉลี่ย (องศาเซลเซียส)	องค์ประกอบก๊าซมีเทน (เปอร์เซ็นต์)							
		วันที่ 18 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2552							
		*จุดเก็บ ตัวอย่างที่ 9	*จุดเก็บ ตัวอย่างที่ 10	*จุดเก็บ ตัวอย่างที่ 11	*จุดเก็บ ตัวอย่างที่ 12	**จุดเก็บ ตัวอย่างที่ 13	**จุดเก็บ ตัวอย่างที่ 14	**จุดเก็บ ตัวอย่างที่ 15	**จุดเก็บ ตัวอย่างที่ 16
0	36	0.023	0.009	0.027	0.004	0.237	0.045	0.042	0.007
5		0.367	0.010	0.047	0.061	0.241	0.185	0.078	0.010
10		0.437	0.010	0.066	0.068	0.283	0.243	0.093	0.012
20		0.599	0.014	0.144	0.077	0.287	0.259	0.105	0.013
30		0.836	0.014	0.147	0.088	0.294	0.451	0.114	0.015
50		0.705	0.017	0.167	0.092	0.309	0.617	0.123	0.015
70		0.809	0.021	0.187	0.109	0.321	0.628	0.132	0.017
90		1.023	0.021	0.202	0.105	0.390	0.957	0.134	0.018
110		1.000	0.028	0.215	0.117	0.467	1.233	0.140	0.024
130		1.000	0.036	0.228	0.121	0.473	1.102	0.477	0.025

หมายเหตุ : \* วัดก๊าซมีเทนใน close flux chamber ในช่วงเช้า

\*\* วัดก๊าซมีเทนใน close flux chamber ในช่วงบ่าย

**ตารางภาคผนวก จ-3 (ต่อ) ผลการตรวจวัดก๊าซมีเทนใน close flux chamber ของพื้นที่ฝังกลบมูลฝอยเทศบาลนครหาดใหญ่**

เวลา (นาท)	อุณหภูมิเฉลี่ย (องศาเซลเซียส)	องค์ประกอบก๊าซมีเทน (เปอร์เซ็นต์)							
		วันที่ 25 มีนาคม พ.ศ. 2552							
		*จุดเก็บ ตัวอย่างที่ 1	*จุดเก็บ ตัวอย่างที่ 2	*จุดเก็บ ตัวอย่างที่ 3	*จุดเก็บ ตัวอย่างที่ 4	**จุดเก็บ ตัวอย่างที่ 5	**จุดเก็บ ตัวอย่างที่ 6	**จุดเก็บ ตัวอย่างที่ 7	**จุดเก็บ ตัวอย่างที่ 8
0	38	0.019	0.010	0.011	0.011	0.016	0.000	0.006	0.259
5		0.019	0.030	0.036	0.012	0.019	0.000	0.006	0.260
10		0.020	0.039	0.057	0.016	0.046	0.000	0.007	0.261
20		0.022	0.041	0.061	0.021	0.132	0.000	0.008	0.269
30		0.023	0.048	0.065	0.021	0.150	0.000	0.010	0.286
50		0.024	0.056	0.081	0.023	0.177	0.000	0.013	0.287
70		0.024	0.058	0.082	0.024	0.187	0.002	0.013	0.342
90		0.026	0.059	0.100	0.033	0.218	0.002	0.016	0.404
110		0.027	0.076	0.167	0.073	0.347	0.002	0.019	0.347
130		0.069	0.063	0.182	0.094	0.237	0.004	0.022	0.404

หมายเหตุ : \* วัดก๊าซมีเทนใน close flux chamber ในช่วงเช้า

\*\* วัดก๊าซมีเทนใน close flux chamber ในช่วงบ่าย



**ตารางภาคผนวก จ-3 (ต่อ) ผลการตรวจวัดก๊าซมีเทนใน close flux chamber ของพื้นที่ฝังกลบมูลฝอยเทศบาลนครหาดใหญ่**

เวลา (นาทึ)	อุณหภูมิเฉลี่ย (องศาเซลเซียส)	องค์ประกอบก๊าซมีเทน (เปอร์เซ็นต์)							
		วันที่ 26 มีนาคม พ.ศ. 2552							
		*จุดเก็บ ตัวอย่างที่ 9	*จุดเก็บ ตัวอย่างที่ 10	*จุดเก็บ ตัวอย่างที่ 11	*จุดเก็บ ตัวอย่างที่ 12	**จุดเก็บ ตัวอย่างที่ 13	**จุดเก็บ ตัวอย่างที่ 14	**จุดเก็บ ตัวอย่างที่ 15	**จุดเก็บ ตัวอย่างที่ 16
0	37	0.005	0.004	0.005	0.008	0.011	0.011	0.005	0.006
5		0.005	0.008	0.008	0.010	0.050	0.058	0.009	0.015
10		0.007	0.020	0.009	0.010	0.058	0.060	0.010	0.016
20		0.021	0.153	0.010	0.012	0.058	0.093	0.010	0.020
30		0.023	0.172	0.011	0.014	0.063	0.093	0.013	0.022
50		0.093	0.175	0.013	0.022	0.064	0.096	0.015	0.033
70		0.192	0.212	0.013	0.021	0.070	0.102	0.020	0.035
90		0.225	0.265	0.015	0.027	0.085	0.104	0.021	0.043
110		0.258	0.257	0.016	0.031	0.090	0.105	0.035	0.050
130		0.474	0.283	0.028	0.032	0.100	0.118	0.037	0.062

หมายเหตุ : \* วัดก๊าซมีเทนใน close flux chamber ในช่วงเช้า

\*\* วัดก๊าซมีเทนใน close flux chamber ในช่วงบ่าย

**ตารางภาคผนวก จ-3 (ต่อ) ผลการตรวจวัดก๊าซมีเทนใน close flux chamber ของพื้นที่ฝังกลบมูลฝอยเทศบาลนครหาดใหญ่**

เวลา (นาที)	อุณหภูมิเฉลี่ย (องศาเซลเซียส)	องค์ประกอบก๊าซมีเทน (เปอร์เซ็นต์)							
		วันที่ 4 เมษายน พ.ศ. 2552							
		*จุดเก็บ ตัวอย่างที่ 1	*จุดเก็บ ตัวอย่างที่ 2	*จุดเก็บ ตัวอย่างที่ 3	*จุดเก็บ ตัวอย่างที่ 4	**จุดเก็บ ตัวอย่างที่ 5	**จุดเก็บ ตัวอย่างที่ 6	**จุดเก็บ ตัวอย่างที่ 7	**จุดเก็บ ตัวอย่างที่ 8
0	39	0.006	0.004	0.016	0.006	0.005	0.005	0.009	0.010
5		0.012	0.006	0.044	0.013	0.005	0.007	0.015	0.012
10		0.014	0.007	0.044	0.029	0.006	0.008	0.019	0.023
20		0.015	0.008	0.071	0.032	0.007	0.008	0.025	0.028
30		0.023	0.013	0.076	0.064	0.008	0.009	0.031	0.036
50		0.024	0.013	0.112	0.074	0.009	0.013	0.043	0.037
70		0.032	0.014	0.090	0.130	0.010	0.018	0.047	0.052
90		0.034	0.016	0.098	0.213	0.019	0.018	0.052	0.074
110		0.035	0.026	0.090	0.221	0.035	0.020	0.096	0.098
130		0.038	0.019	0.192	0.270	0.038	0.021	0.096	0.274

หมายเหตุ : \* วัดก๊าซมีเทนใน close flux chamber ในช่วงเช้า

\*\* วัดก๊าซมีเทนใน close flux chamber ในช่วงบ่าย

**ตารางภาคผนวก จ-3 (ต่อ) ผลการตรวจวัดก๊าซมีเทนใน close flux chamber ของพื้นที่ฝังกลบมูลฝอยเทศบาลนครหาดใหญ่**

เวลา (นาท)	อุณหภูมิเฉลี่ย (องศาเซลเซียส)	องค์ประกอบก๊าซมีเทน (เปอร์เซ็นต์)							
		วันที่ 5 เมษายน พ.ศ. 2552							
		*จุดเก็บ ตัวอย่างที่ 9	*จุดเก็บ ตัวอย่างที่ 10	*จุดเก็บ ตัวอย่างที่ 11	*จุดเก็บ ตัวอย่างที่ 12	**จุดเก็บ ตัวอย่างที่ 13	**จุดเก็บ ตัวอย่างที่ 14	**จุดเก็บ ตัวอย่างที่ 15	**จุดเก็บ ตัวอย่างที่ 16
0	38	0.057	0.016	0.036	0.016	0.016	0.016	0.026	0.007
5		0.061	0.048	0.054	0.032	0.017	0.044	0.043	0.009
10		0.069	0.060	0.054	0.033	0.019	0.101	0.125	0.009
20		0.086	0.076	0.128	0.141	0.017	0.209	0.135	0.012
30		0.078	0.085	0.141	0.169	0.018	0.321	0.157	0.015
50		0.085	0.086	0.142	0.300	0.021	0.324	0.168	0.017
70		0.101	0.099	0.142	0.316	0.021	0.347	0.175	0.028
90		0.109	0.101	0.151	0.352	0.028	0.576	0.186	0.058
110		0.115	0.104	0.160	0.377	0.055	0.605	0.224	0.087
130		0.116	0.152	0.277	0.383	0.055	0.815	0.289	0.099

หมายเหตุ : \* วัดก๊าซมีเทนใน close flux chamber ในช่วงเช้า

\*\* วัดก๊าซมีเทนใน close flux chamber ในช่วงบ่าย

ตารางภาคผนวก จ-4 ผลการตรวจวัดก๊าซมีเทนใน close flux chamber ของพื้นที่ฝังกลบมูลฝอยเทศบาลเมืองบ้านพรุ บ่อที่ 1

เวลา (นาทึ)	อุณหภูมิเฉลี่ย (องศา เซลเซียส)	องค์ประกอบก๊าซมีเทน (เปอร์เซ็นต์) วันที่ 31 ธันวาคม พ.ศ. 2551				อุณหภูมิเฉลี่ย (องศา เซลเซียส)	องค์ประกอบก๊าซมีเทน (เปอร์เซ็นต์) วันที่ 7 มกราคม พ.ศ. 2552			
		*จุดเก็บ	*จุดเก็บ	**จุดเก็บ	**จุดเก็บ		*จุดเก็บ	*จุดเก็บ	**จุดเก็บ	**จุดเก็บ
		ตัวอย่างที่ 1	ตัวอย่างที่ 2	ตัวอย่างที่ 3	ตัวอย่างที่ 4		ตัวอย่างที่ 1	ตัวอย่างที่ 2	ตัวอย่างที่ 3	ตัวอย่างที่ 4
0	35	0.004	0.000	0.000	0.000	35	0.007	0.004	0.003	0.003
5		0.005	0.000	0.000	0.000		0.007	0.008	0.003	0.010
10		0.006	0.000	0.001	0.000		0.007	0.134	0.003	0.018
20		0.007	0.003	0.001	0.000		0.007	0.325	0.004	0.050
30		0.007	0.003	0.001	0.000		0.011	0.347	0.004	0.076
50		0.010	0.004	0.002	0.002		0.013	0.502	0.004	0.131
70		0.011	0.004	0.003	0.002		0.013	0.851	0.005	0.185
90		0.013	0.004	0.003	0.003		0.029	0.289	0.005	0.287
110		0.026	0.006	0.004	0.004		0.042	0.991	0.009	0.246
130		0.196	0.005	0.005	0.007		0.818	2.021	0.013	0.255

หมายเหตุ : \* วัดก๊าซมีเทนใน close flux chamber ในช่วงเช้า

\*\* วัดก๊าซมีเทนใน close flux chamber ในช่วงบ่าย

**ตารางภาคผนวก จ-4 (ต่อ) ผลการตรวจวัดก๊าซมีเทนใน close flux chamber ของพื้นที่ฝังกลบมูลฝอยเทศบาลเมืองบ้านพรุ บ่อที่ 1**

เวลา (นาทึ)	อุณหภูมิเฉลี่ย (องศา เซลเซียส)	องค์ประกอบก๊าซมีเทน (เปอร์เซ็นต์) วันที่ 31 ธันวาคม พ.ศ. 2552				อุณหภูมิเฉลี่ย (องศา เซลเซียส)	องค์ประกอบก๊าซมีเทน (เปอร์เซ็นต์) วันที่ 7 มกราคม พ.ศ. 2552			
		*จุดเก็บ	*จุดเก็บ	**จุดเก็บ	**จุดเก็บ		*จุดเก็บ	*จุดเก็บ	**จุดเก็บ	**จุดเก็บ
		ตัวอย่างที่ 1	ตัวอย่างที่ 2	ตัวอย่างที่ 3	ตัวอย่างที่ 4		ตัวอย่างที่ 1	ตัวอย่างที่ 2	ตัวอย่างที่ 3	ตัวอย่างที่ 4
0	36	0.139	0.689	0.377	0.024	37	0.278	0.185	0.000	0.177
5		0.145	0.702	0.380	1.609		0.286	0.190	0.000	0.183
10		0.149	0.723	0.476	1.728		0.291	0.203	0.000	0.183
20		0.270	0.744	0.509	1.777		0.353	0.210	0.001	0.183
30		0.263	1.034	0.653	1.782		0.329	0.233	0.002	0.211
50		0.282	1.038	0.805	1.840		0.477	0.268	0.001	0.214
70		0.343	1.033	0.806	1.962		0.462	0.278	0.001	0.231
90		0.382	1.066	0.803	2.015		0.462	0.280	0.002	0.301
110		0.401	1.430	0.803	2.656		0.507	0.295	0.004	0.302
130		0.693	1.258	1.068	5.235		0.577	0.338	0.002	0.370

หมายเหตุ : \* วัดก๊าซมีเทนใน close flux chamber ในช่วงเช้า

\*\* วัดก๊าซมีเทนใน close flux chamber ในช่วงบ่าย

ตารางภาคผนวก จ-4 (ต่อ) ผลการตรวจวัดก๊าซมีเทนใน close flux chamber ของพื้นที่ฝังกลบมูลฝอยเทศบาลเมืองบ้านพรุ บ่อที่ 1

อุณหภูมิเฉลี่ย (องศาเซลเซียส)	เวลา (นาที)	องค์ประกอบก๊าซมีเทน (เปอร์เซ็นต์)			
		วันที่ 6 เมษายน พ.ศ. 2552			
		*จุดเก็บตัวอย่างที่ 1	*จุดเก็บตัวอย่างที่ 2	**จุดเก็บตัวอย่างที่ 3	**จุดเก็บตัวอย่างที่ 4
38	0	0.016	0.005	0.005	0.008
	5	0.047	0.008	0.009	0.013
	10	0.105	0.019	0.009	0.016
	20	0.105	0.022	0.010	0.016
	30	0.122	0.042	0.010	0.018
	50	0.119	0.098	0.011	0.020
	70	0.133	0.128	0.015	0.025
	90	0.157	0.147	0.016	0.026
	110	0.206	0.183	0.020	0.026
	130	0.270	0.173	0.023	0.029

หมายเหตุ : \* วัดก๊าซมีเทนใน close flux chamber ในช่วงเช้า

\*\* วัดก๊าซมีเทนใน close flux chamber ในช่วงบ่าย

ตารางภาคผนวก จ-5 ผลการตรวจวัดก๊าซใน close flux chamber ของพื้นที่ฝังกลบมูลฝอยเทศบาลเมืองบ้านพรุ บ่อที่ 2

อุณหภูมิเฉลี่ย (องศาเซลเซียส)	เวลา (นาที)	องค์ประกอบก๊าซมีเทน (เปอร์เซ็นต์)					
		วันที่ 31 ธันวาคม พ.ศ. 2551					
		*จุดเก็บตัวอย่างที่ 1	*จุดเก็บตัวอย่างที่ 2	*จุดเก็บตัวอย่างที่ 3	**จุดเก็บตัวอย่าง ที่ 4	**จุดเก็บตัวอย่าง ที่ 5	**จุดเก็บตัวอย่าง ที่ 6
35	0	0.005	0.006	0.000	0.000	0.000	0.000
	5	0.006	0.006	0.000	0.000	0.000	0.000
	10	0.007	0.007	0.000	0.001	0.000	0.000
	20	0.007	0.009	0.000	0.001	0.001	0.000
	30	0.008	0.010	0.000	0.001	0.003	0.004
	50	0.010	0.030	0.000	0.002	0.001	0.000
	70	0.011	0.113	0.002	0.002	0.001	0.002
	90	0.014	0.144	0.003	0.003	0.002	0.003
	110	0.059	0.333	0.003	0.003	0.002	0.005
	130	0.208	0.675	0.004	0.002	0.003	0.006

หมายเหตุ : \* วัดก๊าซมีเทนใน close flux chamber ในช่วงเช้า

\*\* วัดก๊าซมีเทนใน close flux chamber ในช่วงบ่าย

**ตารางภาคผนวก จ-5 (ต่อ) ผลการตรวจวัดก๊าซใน close flux chamber ของพื้นที่ฝังกลบมูลฝอยเทศบาลเมืองบ้านพรุ บ่อที่ 2**

อุณหภูมิเฉลี่ย (องศาเซลเซียส)	เวลา (นาที)	องค์ประกอบก๊าซมีเทน (เปอร์เซ็นต์)					
		วันที่ 7 มกราคม พ.ศ. 2551					
		*จุดเก็บตัวอย่างที่ 1	*จุดเก็บตัวอย่างที่ 2	*จุดเก็บตัวอย่างที่ 3	**จุดเก็บตัวอย่าง ที่ 4	**จุดเก็บตัวอย่าง ที่ 5	**จุดเก็บตัวอย่าง ที่ 6
35	0	0.066	0.030	0.071	0.015	0.010	0.029
	5	0.047	0.035	0.101	0.013	0.020	0.051
	10	0.053	0.043	0.133	0.032	0.012	0.079
	20	0.073	0.035	0.191	0.024	0.018	0.117
	30	0.062	0.060	0.293	0.053	0.017	0.204
	50	0.103	0.091	0.459	0.058	0.039	0.263
	70	0.104	0.105	0.651	0.066	0.029	0.554
	90	0.112	0.113	0.734	0.081	0.053	0.720
	110	0.147	0.096	0.913	0.069	0.051	0.967
	130	0.153	0.120	0.776	0.090	0.040	1.274

หมายเหตุ : \* วัดก๊าซมีเทนใน close flux chamber ในช่วงเช้า

\*\* วัดก๊าซมีเทนใน close flux chamber ในช่วงบ่าย



ตารางภาคผนวก จ-5 (ต่อ) ผลการตรวจวัดก๊าซใน close flux chamber ของพื้นที่ฝังกลบมูลฝอยเทศบาลเมืองบ้านพรุ บ่อที่ 2

อุณหภูมิเฉลี่ย (องศาเซลเซียส)	เวลา (นาที)	องค์ประกอบก๊าซมีเทน (เปอร์เซ็นต์)					
		วันที่ 19 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2552					
		*จุดเก็บตัวอย่างที่ 1	*จุดเก็บตัวอย่างที่ 2	*จุดเก็บตัวอย่างที่ 3	**จุดเก็บตัวอย่าง ที่ 4	**จุดเก็บตัวอย่าง ที่ 5	**จุดเก็บตัวอย่าง ที่ 6
37	0	1.501	0.025	0.112	0.034	0.933	2.242
	5	4.900	0.032	0.148	0.139	1.161	4.016
	10	5.355	0.049	0.285	0.194	1.380	4.256
	20	5.500	0.075	0.350	0.497	1.363	5.382
	30	6.288	0.106	0.401	1.102	1.399	6.006
	50	6.309	0.736	0.663	1.451	1.399	6.681
	70	6.717	0.763	0.694	2.248	1.455	7.543
	90	6.903	0.897	1.078	2.452	1.640	7.982
	110	11.329	1.816	0.852	4.835	2.045	8.426
	130	17.277	1.822	1.506	5.450	3.117	12.018

หมายเหตุ : \* วัดก๊าซมีเทนใน close flux chamber ในช่วงเช้า

\*\* วัดก๊าซมีเทนใน close flux chamber ในช่วงบ่าย

ตารางภาคผนวก จ-5 (ต่อ) ผลการตรวจวัดก๊าซใน close flux chamber ของพื้นที่ฝังกลบมูลฝอยเทศบาลเมืองบ้านพรุ บ่อที่ 2

อุณหภูมิเฉลี่ย (องศาเซลเซียส)	เวลา (นาที)	องค์ประกอบก๊าซมีเทน (เปอร์เซ็นต์)					
		วันที่ 27 มีนาคม พ.ศ. 2552					
		*จุดเก็บตัวอย่างที่ 1	*จุดเก็บตัวอย่างที่ 2	*จุดเก็บตัวอย่างที่ 3	**จุดเก็บตัวอย่าง ที่ 4	**จุดเก็บตัวอย่าง ที่ 5	**จุดเก็บตัวอย่าง ที่ 6
37	0	0.012	0.334	0.139	0.007	0.195	1.105
	5	0.019	0.350	0.203	0.011	0.236	1.222
	10	0.028	0.373	0.334	0.019	0.281	1.270
	20	0.030	0.447	0.359	0.025	0.286	1.310
	30	0.034	0.425	0.561	0.036	0.313	1.411
	50	0.047	0.500	0.626	0.041	0.376	1.465
	70	0.050	0.500	0.429	0.114	0.344	1.448
	90	0.057	0.506	1.207	0.139	0.409	1.533
	110	0.094	0.598	0.961	0.158	0.428	1.728
	130	0.102	0.637	1.201	0.142	0.424	1.639

หมายเหตุ : \* วัดก๊าซมีเทนใน close flux chamber ในช่วงเช้า

\*\* วัดก๊าซมีเทนใน close flux chamber ในช่วงบ่าย

ตารางภาคผนวก จ-5 (ต่อ) ผลการตรวจวัดก๊าซใน close flux chamber ของพื้นที่ฝังกลบมูลฝอยเทศบาลเมืองบ้านพรุ บ่อที่ 2

อุณหภูมิเฉลี่ย (องศาเซลเซียส)	เวลา (นาที)	องค์ประกอบก๊าซมีเทน (เปอร์เซ็นต์)					
		วันที่ 6 เมษายน พ.ศ. 2552					
		*จุดเก็บตัวอย่างที่ 1	*จุดเก็บตัวอย่างที่ 2	*จุดเก็บตัวอย่างที่ 3	**จุดเก็บตัวอย่าง ที่ 4	**จุดเก็บตัวอย่าง ที่ 5	**จุดเก็บตัวอย่าง ที่ 6
38	0	0.005	0.015	0.007	0.005	0.014	0.015
	5	0.007	0.218	0.008	0.009	0.037	0.020
	10	0.018	0.346	0.012	0.009	0.084	0.021
	20	0.019	0.343	0.013	0.010	0.099	0.024
	30	0.131	0.399	0.016	0.010	0.107	0.036
	50	0.169	0.392	0.019	0.015	0.152	0.039
	70	0.169	0.400	0.028	0.019	0.161	0.042
	90	0.160	1.134	0.032	0.030	0.187	0.049
	110	0.251	1.261	0.037	0.036	0.184	0.129
	130	0.269	3.050	0.037	0.036	0.225	0.144

หมายเหตุ : \* วัดก๊าซมีเทนใน close flux chamber ในช่วงเช้า

\*\* วัดก๊าซมีเทนใน close flux chamber ในช่วงบ่าย

ตารางภาคผนวก จ-6 แสดงผลอัตราการแพร่ระบาดของก๊าซมีเทนจากพื้นที่ฝังกลบมูลฝอยเทศบาลนคร  
หาดใหญ่

จุดเก็บ ตัวอย่าง	อัตราการแพร่ระบาดของก๊าซมีเทน (กรัมต่อตารางเมตรต่อวัน)				
	ฤดูฝน			ฤดูแล้ง	
	ธ.ค. 2551	ม.ค. 2552	ก.พ. 2552	มี.ค. 2552	เม.ย. 2552
1	0.06	0.26	0.27	0.01	0.01
2	n.d.	0.01	0.02	0.02	0.01
3	n.d.	0.14	1.13	0.07	0.06
4	0.26	0.12	0.02	0.03	0.13
5	n.d.	0.03	0.05	0.12	0.01
6	n.d.	0.09	0.12	n.d.	0.01
7	n.d.	0.02	0.46	0.01	0.04
8	n.d.	0.09	1.18	0.07	0.09
9	n.d.	0.97	0.37	0.20	0.03
10	0.04	0.33	0.01	0.14	0.04
11	0.18	1.11	0.09	0.01	0.10
12	n.d.	0.42	0.04	0.01	0.19
13	n.d.	0.19	0.11	0.03	0.02
14	0.04	0.04	0.53	0.03	0.34
15	n.d.	0.12	0.12	0.01	0.09
16	0.02	0.02	0.01	0.02	0.04

หมายเหตุ : n.d. : ไม่สามารถตรวจพบที่ระดับ ppm (ppm : parts per million)

ตารางภาคผนวก จ-7 แสดงผลอัตราการแพร่ระบาดของก๊าซมีเทนจากพื้นที่ฝังกลบมูลฝอยเทศบาลเมืองบ้านพรุ บ่อที่ 1

จุดเก็บ ตัวอย่าง	อัตราการแพร่ระบาดของก๊าซมีเทน (กรัมต่อตารางเมตรต่อวัน)				
	ฤดูฝน			ฤดูแล้ง	
	ธ.ค. 2551	ม.ค. 2552	ก.พ. 2552	มี.ค. 2552	เม.ย. 2552
1	0.06	0.21	0.21	0.14	0.09
2	n.d.	0.70	0.31	0.07	0.09
3	n.d.	n.d.	0.29	0.03	0.01
4	n.d.	1.43	1.38	0.09	0.01

หมายเหตุ : n.d. : ไม่สามารถตรวจพบที่ระดับ ppm (ppm : parts per million)

ตารางภาคผนวก จ-8 แสดงผลอัตราการแพร่ระบาดของก๊าซมีเทนจากพื้นที่ฝังกลบมูลฝอยเทศบาลเมืองบ้านพรุ บ่อที่ 2

จุดเก็บ ตัวอย่าง	อัตราการแพร่ระบาดของก๊าซมีเทน (กรัมต่อตารางเมตรต่อวัน)				
	ฤดูฝน			ฤดูแล้ง	
	ธ.ค. 2551	ม.ค. 2552	ก.พ. 2552	มี.ค. 2552	เม.ย. 2552
1	0.06	0.05	4.97	0.04	0.13
2	0.26	0.04	0.92	0.13	0.59
3	n.d.	0.41	0.56	0.48	0.02
4	n.d.	0.04	2.51	0.08	0.02
5	n.d.	0.02	0.70	0.10	0.09
6	n.d.	0.57	3.49	0.24	0.06

หมายเหตุ : n.d. : ไม่สามารถตรวจพบที่ระดับ ppm (ppm : parts per million)

**การวัดอัตราการแพร่ระบายก๊าซมีเทนจากพื้นที่ฝังกลบมูลฝอย  
ด้วยวิธี close flux chamber**

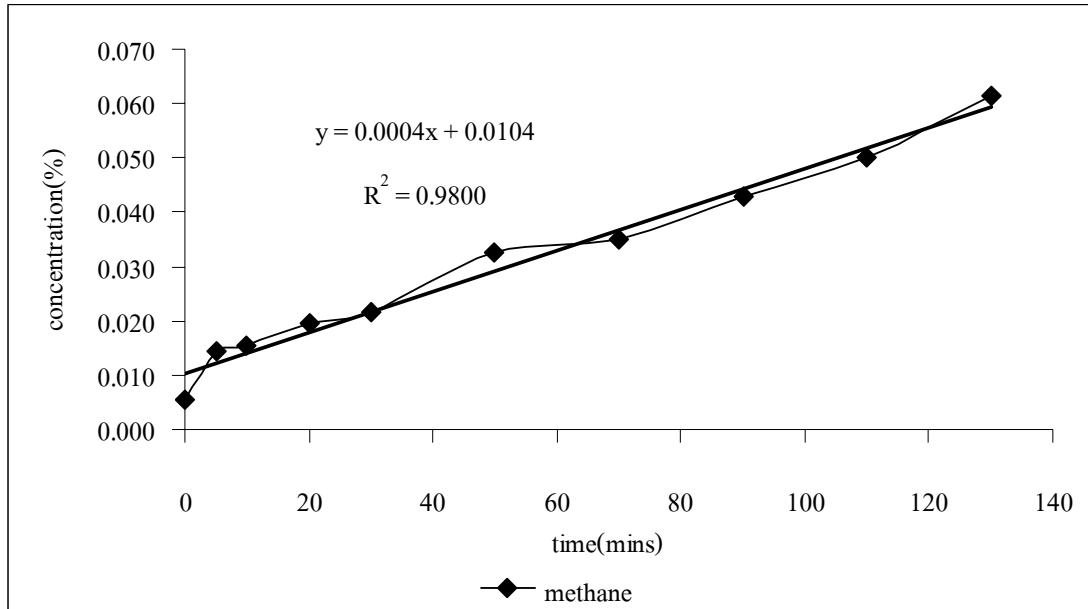
การวัดอัตราการแพร่ระบายก๊าซมีเทนจากพื้นที่ฝังกลบมูลฝอยด้วยวิธี close flux chamber โดยใช้สมการที่ (2) และเส้น Regression แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นกับเวลา แสดงได้ดังนี้

**ตารางภาคผนวก จ-9** ผลการตรวจวัดก๊าซมีเทนใน close flux chamber ของพื้นที่ฝังกลบมูลฝอยเทศบาลเมืองบ้านพรุ บ่อที่ 2 วันที่ 7 มกราคม พ.ศ. 2551

จุดเก็บตัวอย่าง	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	เวลา (นาที)	องค์ประกอบก๊าซมีเทน (เปอร์เซ็นต์)
6	36	0	0.029
		5	0.051
		10	0.079
		20	0.117
		30	0.204
		50	0.263
		70	0.554
		90	0.720
		110	0.967
		130	1.274

โดยกราฟความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นก๊าซกับเวลาสามารถแสดงดังภาพประกอบภาคผนวก

จ-1



ภาพประกอบภาคผนวก จ-1 เส้น regression แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นก๊าซกับเวลา

อัตราการแพร่ระบายของก๊าซสามารถหาได้จากสมการดังต่อไปนี้

$$F = \frac{\rho V \Delta C}{A \Delta t}$$

โดยที่

อุณหภูมิใน chamber เท่ากับ 36 °C

ความหนาแน่นของอากาศ (air density) ที่อุณหภูมิ 36 °C

= 1.133 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร

ความถ่วงจำเพาะของก๊าซมีเทน (specific gravity) = 0.55

$\rho_{CH_4}$  = 0.55 x 1.133 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร

= 0.623 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร

ปริมาตรของ chamber (V) = 0.0659 ลูกบาศก์เมตร

พื้นที่ที่ chamber ปิดล้อม (A) = 0.159 ตารางเมตร

ความเข้มข้นของก๊าซที่เปลี่ยนแปลง ( $\Delta C$  :%(v/v))

ช่วงเวลาที่ใช้ในการเก็บตัวอย่างก๊าซ ( $\Delta t$  : day)

ความชันของเส้นตรงของความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของก๊าซกับเวลา

$$\left(\frac{\Delta C}{\Delta t}\right)$$

ดังนั้น

$$\begin{aligned} F_{CH_4} &= (0.623 \times 0.0659 \times 0.0092 \times \frac{1000}{100}) / (0.159) \\ &= 0.024 \text{ กรัมต่อตารางเมตรต่อชั่วโมง} \\ &= 0.570 \text{ กรัมต่อตารางเมตรต่อวัน} \end{aligned}$$



**ภาคผนวก ฉ**

**การคำนวณ กำลังไฟฟ้า ปริมาณกระแสไฟฟ้า  
ปริมาณก๊าซมีเทนที่ลดลง และค่าใช้จ่ายในการดำเนินงาน**

ตัวอย่างการคำนวณการจัดการมีเทนจากพื้นที่ฝังกลบมูลฝอยเทศบาลนครหาดใหญ่ พ.ศ. 2553

### 1. การคำนวณการคาดการณ์กำลังไฟฟ้า

โดยอัตราการผลิตก๊าซอยู่ที่ 505,000 ลูกบาศก์เมตรต่อปี หาค่ากำลังไฟฟ้าในปี พ.ศ. 2526

จากสูตร

$$P_j = (Eff_{eng} \times H \times Tfc_j) / [(\frac{h}{y}) \times 3600]$$

$$P_j = \frac{(0.25 \times 16,500 \times 505,000)}{(7,200 \times 3,600)}$$

$$= 80 \text{ กิโลวัตต์}$$

### 2. การคำนวณการคาดการณ์ปริมาณกระแสไฟฟ้า

จากสูตร

$$E_j = P_j \times (\frac{h}{y})$$

$$E_j = 80 \times 7,200$$

$$= 576,000 \text{ กิโลวัตต์-ชั่วโมง}$$

### 3. การคำนวณปริมาณก๊าซมีเทนที่ไปเผาไหม้ทั้งหมด

จากสูตร

$$MD_y = LFG_{burnt,y} * w_{CH_4,y} * D_{CH_4} * FE * GWP_{CH_4}$$

$$MD_y = 1,243,721 * 0.576 * 0.0007168 * 0.5 * 21$$

$$= 5,392 \text{ ตันคาร์บอนไดออกไซด์}$$

### 4. การคำนวณปริมาณก๊าซมีเทนที่ผลิตไฟฟ้าในหน่วยตันคาร์บอนไดออกไซด์

จากสูตร

$$MD_y = LFG_{burnt,y} * w_{CH_4,y} * D_{CH_4} * GWP_{CH_4}$$

$$MD_y = 505,000 * 0.576 * 0.0007168 * 21$$

$$= 4,379 \text{ ตันคาร์บอนไดออกไซด์}$$

## 5. การคำนวณปริมาณก๊าซมีเทนที่เหลือจากการผลิตไฟฟ้า

จากสูตร

$$MD_y = LFG_{burnt,y} * w_{CH_4,y} * D_{CH_4} * FE * GWP_{CH_4}$$

$$MD_y = 738,721 * 0.576 * 0.0007168 * 0.5 * 21$$

$$= 3,203 \text{ ตันคาร์บอนไดออกไซด์}$$

## 6. ปริมาณที่ได้จากการลดการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิล

จากสูตร

$$PE_{electricity,y} = EL_{imp,y} * EF_{grid}$$

$$PE_{electricity,y} = 576 * 0.5716$$

$$= 329 \text{ ตันคาร์บอนไดออกไซด์}$$

## 7. การคำนวณปริมาณก๊าซชีวภาพที่ลดลง

### 7.1 การคำนวณปริมาณก๊าซที่ลดลงจากการเผาไม้ทั้งหมด

จากสูตร

$$ER_y = BE_y - PE_y - leakage$$

$$ER_y = (MD_y - MD_{reg,y}) - PE_y - leakage$$

$$ER_y = MD_y = 5,392 \text{ ตันคาร์บอนไดออกไซด์}$$

### 7.2 การคำนวณปริมาณก๊าซที่ลดลงจากการผลิตกระแสไฟฟ้าและส่วนที่เหลือไปเผาทิ้ง

$$ER_y = MD_y = 4,379 + 329 + 3,203 = 7,918 \text{ ตันคาร์บอนไดออกไซด์}$$

ตัวอย่างการคำนวณการจัดการมีเทนจากพื้นที่ฝังกลบมูลฝอยเทศบาลเมืองบ้านพรุบ่อที่ 1 และบ่อที่

2 พ.ศ. 2553

### 1. การคำนวณการคาดการณ์กำลังไฟฟ้า

โดยอัตราการผลิตก๊าซอยู่ที่ 157,100 ลูกบาศก์เมตรต่อปี หากำลังไฟฟ้าในปี พ.ศ. 2552

จากสูตร

$$P_j = (Eff_{eng} * H * Tfc_j) / [(\frac{h}{y}) * 3600]$$

$$P_j = \frac{(0.25 * 16,500 * 157,100)}{(7,200 * 3,600)}$$

$$= 25 \text{ กิโลวัตต์}$$

## 2. การคำนวณการคาดการณ์ปริมาณกระแสไฟฟ้า

จากสูตร

$$E_j = P_j x \left( \frac{h}{y} \right)$$

$$E_j = 25 x 7,200$$

$$= 180,000 \text{ กิโลวัตต์-ชั่วโมง}$$

## 3. การคำนวณปริมาณก๊าซมีเทนที่ไปเผาไหม้ทั้งหมด

จากสูตร

$$MD_y = LFG_{burnt,y} * w_{CH_4,y} * D_{CH_4} * FE * GWP_{CH_4}$$

$$MD_y = 438,449 * 0.576 * 0.0007168 * 0.5 * 21$$

$$= 1,901 \text{ ตันคาร์บอนไดออกไซด์}$$

## 4. การคำนวณปริมาณก๊าซมีเทนที่ผลิตไฟฟ้าในหน่วยตันคาร์บอนไดออกไซด์

จากสูตร

$$MD_y = LFG_{burnt,y} * w_{CH_4,y} * D_{CH_4} * GWP_{CH_4}$$

$$MD_y = 157,100 * 0.576 * 0.0007168 * 21$$

$$= 1,362 \text{ ตันคาร์บอนไดออกไซด์}$$

## 5. การคำนวณปริมาณก๊าซมีเทนที่เหลือเพื่อเผาทิ้ง

จากสูตร

$$MD_y = LFG_{burnt,y} * w_{CH_4,y} * D_{CH_4} * FE * GWP_{CH_4}$$

$$MD_y = 281,349 * 0.576 * 0.0007168 * 0.5 * 21$$

$$= 1,220 \text{ ตันคาร์บอนไดออกไซด์}$$

## 6. ปริมาณที่ได้จากการลดการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิล

จากสูตร

$$PE_{electricity,y} = EL_{imp,y} * EF_{grid}$$

$$PE_{electricity,y} = 108.01 * 0.5716$$

$$= 103 \text{ ตันคาร์บอนไดออกไซด์}$$

## 7. การคำนวณปริมาณก๊าซชีวภาพที่ลดลง

### 7.1 การคำนวณปริมาณก๊าซที่ลดลงจากการเผาไม้ทั้งหมด

จากสูตร

$$ER_y = BE_y - PE_y - leakage$$

$$ER_y = (MD_y - MD_{reg,y}) - PE_y - leakage$$

$$ER_y = MD_y = 1,901 \text{ ตันคาร์บอนไดออกไซด์}$$

### 7.2 การคำนวณปริมาณก๊าซที่ลดลงจากการผลิตกระแสไฟฟ้าและส่วนที่เหลือไปเผาทิ้ง

$$ER_y = MD_y = 1,362 + 103 + 1,134 = 2,599 \text{ ตันคาร์บอนไดออกไซด์}$$

## 8. วิธีคำนวณ IRR

เทศบาลนครหาดใหญ่ กรณีการนำปริมาณก๊าซที่ลดลงจากการผลิตกระแสไฟฟ้าและส่วนที่เหลือไปเผาทิ้ง โดย

1. เงินลงทุนเท่ากับ 25,052,000 บาท
2. อายุโครงการ 10 ปี
3. กระแสเงินสดรับสุทธิเท่ากับ 5,972,562 บาท

ทำให้ระยะเวลาในการคืนทุนเท่ากับ  $(25,052,000/5,972,562) = 4.6258$

เปิดตาราง PVIFA ได้เท่ากับ  $n = 10$  และอยู่ระหว่าง  $i = 17 (4.6586)$   $i = 18 (4.4941)$

โดยที่  $n =$  อายุโครงการ  $i =$  ร้อยละรายได้ที่ได้รับ

เมื่อ  $4.6586 - 4.4941 = 0.1645$

$$4.6586 - 4.6258 = 0.0328 \text{ และ } (0.0328 \times 1)/(0.1645) = 0.1994$$

ดังนั้นอัตราผลตอบแทนเท่ากับ  $17 + 0.1994$  หรือเท่ากับร้อยละ 17.20

