



การศึกษามลพิษจากการเผาขยะมูลฝอยชุมชนเป็นพลังงาน

นางสาวณัฐธิดา ตันติสังวรานุรักษ์

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการจัดการพลังงาน
คณะพลังงานสิ่งแวดล้อมและวัสดุ
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

พ.ศ. 2555

การศึกษามลพิษจากการเผาขยะมูลฝอยชุมชนเป็นพลังงาน

นางสาวณัฐธิดา ตันติสังวรานุ วศ.บ. (วิศวกรรมเคมี)

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการจัดการพลังงาน
คณะพลังงานสิ่งแวดล้อมและวัสดุ
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
พ.ศ. 2555

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์
(ดร.เชวณัน นกอยู่)

..... กรรมการและอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์
(ศ. ดร. จุลละพงษ์ จุลละโพธิ)

..... กรรมการและอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์
(ผศ. ดร. ศศิธร พุทธวงษ์)

..... กรรมการ
(ผศ. ดร. สุภารัตน์ ตรีเพชรกุล)

..... กรรมการ
(รศ. ดร. พงษ์ ขุมมงคล)

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การศึกษามลพิษจากการเผาขยะมูลฝอยชุมชนเป็นพลังงาน
หน่วยกิต	12
ผู้เขียน	นางสาวณัฐธิดา ดันติสังวรารุณ
อาจารย์ที่ปรึกษา	ศ. ดร. จุลละพงษ์ จุลละโพธิ ผศ. ดร. ศศิธร พุทธวงษ์
หลักสูตร	วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา	การจัดการพลังงาน
สายวิชา	เทคโนโลยีการจัดการพลังงาน
คณะ	พลังงานสิ่งแวดล้อมและวัสดุ
พ.ศ.	2555

บทคัดย่อ

งานวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาสถานภาพของเตาเผาขยะมูลฝอยในประเทศไทย และเพื่อศึกษาเทคโนโลยี แนวทางการกำหนดนโยบายและมาตรการที่เหมาะสม เพื่อลดการปลดปล่อยไดออกซินและฟิวเรนจากเตาเผาขยะมูลฝอยที่ใช้ผลิตพลังงาน โดยประมวลภาพรวม ทบทวน และศึกษาข้อมูลต่างๆ ทั้งในประเทศและต่างประเทศ จากแหล่งข้อมูลทุติยภูมิจากฐานข้อมูลต่างๆ เพื่อรวบรวมเนื้อหาสาระสำคัญออกมาวิเคราะห์ และใช้เป็นข้อมูลสำหรับการอ้างอิงในการศึกษาตามวัตถุประสงค์ ทั้งนี้ แหล่งข้อมูลในประเทศที่เลือกศึกษาคือ โครงการเตาเผาขยะเทศบาลนครภูเก็ต เนื่องจากเป็นโครงการแห่งเดียวในประเทศไทยที่ใช้เทคโนโลยีเตาเผาขยะมูลฝอยผลิตพลังงาน โดยจากการศึกษาพบว่าควรบริหารจัดการขยะตั้งแต่ต้นทาง เน้นการคัดแยกขยะจากแหล่งกำเนิด เพื่อไม่ให้ขยะมีความชื้นสูงและไม่ให้มีวัสดุที่มีสารประกอบของอินทรีย์คาร์บอนและคลอไรด์เข้าไปเผาไหม้ ทั้งนี้ควรเผาทิ้งอุณหภูมิมากกว่า 850 องศาเซลเซียส ใช้เวลาไม่น้อยกว่า 2 วินาที และมีระบบบำบัดอากาศเสียแบบแห้งที่ใช้ผงปูนขาวและผงถ่านกัมมันต์ร่วมกับระบบกำจัดฝุ่นแบบถุงกรอง ซึ่งเป็นแนวทางและเทคโนโลยีพื้นฐานที่นิยมในหลายประเทศ รวมทั้งที่โครงการฯ ของภูเก็ตด้วย นอกจากนี้ควรใช้แนวทางและเทคโนโลยีอื่นๆ ตามที่ได้ศึกษามาประยุกต์ใช้กับประเทศไทย เพื่อให้ประสิทธิภาพดียิ่งขึ้น ค่าไดออกซินที่ปล่อยออกจะได้้อยู่ภายใต้มาตรฐานที่เข้มงวดเหมือนกับประเทศที่พัฒนาแล้วคือไม่เกิน 0.1 นาโนกรัม (I-TEQ)/ลูกบาศก์เมตรของปริมาตรอากาศ ทั้งนี้หากมีการดำเนินการที่ถูกหลักตั้งแต่ต้น และมีมาตรฐานการควบคุมที่เข้มงวดจะส่งผลให้โครงการฯ ประสบความสำเร็จและเป็นผลดีทั้งทางด้านเศรษฐกิจ สังคม และสิ่งแวดล้อม ถือเป็นการพัฒนาประเทศที่ยั่งยืนต่อไป

คำสำคัญ: ขยะมูลฝอยชุมชน/เทคโนโลยีเตาเผาขยะมูลฝอย/สารไดออกซินและฟิวเรน

Thesis Title	Study on Pollutants from Burning Municipal Solid Waste as Energy
Thesis Credits	12
Candidate	Miss Nattida Tantisangwarakul
Thesis Advisors	Prof. Dr. Chullapong Chullabodhi Asst. Prof. Dr. Sasidhorn Buddhawong
Program	Master of Engineering
Field of Study	Energy Management
Department	Energy Management Technology
Faculty	School of Energy, Environment and Materials
B.E.	2555

Abstract

The objective of this research is to examine the status of municipal waste incinerators in Thailand. Study on mechanism, and guidelines to formulate suitable policy and measures to reduce emissions of dioxins and furans from municipal solid waste incinerators producing energy, has been undertaken. Information on the subject from both local and abroad, have been collected and analyzed to gain an insight into technology development and practices in several countries. As for the local experience, the case of Phuket incinerator has been studied. For good practices, proper waste management should be carried out from the beginning, stressing on sorting out waste type and reducing moisture. The combustion temperature should be above 850 °C, combustion residence time should be longer than 2 seconds. The use of dry air pollution control devices which employ hydrated lime and activated carbon, together with bag filter are found to be used in many countries, including Phuket. However, other methods and technologies can be adapted for Thailand to make the system work more efficiently. The standard value of released Dioxin should be on the same level as other developed countries which is 0.1 ng (I-TEQ)/Nm³ on the upon limit. If appropriated processes are carried out from the beginning and strict standard is set, it will result in project economy. The society and environment will benefit which will lead to sustainable future.

Keywords: Dioxins and Furans/Incineration/Municipal Solid Waste

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยครั้งนี้สำเร็จลุล่วงลงได้ด้วยดี ผู้วิจัยขอขอบพระคุณ ศ. ดร. จุลละพงษ์ จุลละโพธิ์ ซึ่งเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาที่กรุณาให้คำแนะนำ แนวทางในการทำงานและการเขียนวิทยานิพนธ์ รวมทั้งช่วยเหลือและแก้ไขปัญหาต่างๆ อันเป็นประโยชน์อย่างยิ่งต่อการศึกษา ขอบพระคุณโครงการเตาเผาขยะมูลฝอยชุมชนและผลิตพลังงานของเทศบาลนครภูเก็ต ที่เอื้ออำนวยสถานที่และข้อมูลเพื่อประกอบการวิจัย รวมถึงคณะกรรมการทุกท่าน ที่สละเวลาและให้คำแนะนำแก่งานศึกษาวิจัย และท้ายที่สุดขอขอบคุณครอบครัวและเพื่อนๆ ที่คอยให้กำลังใจและให้คำปรึกษามาตลอดจนจบการศึกษา

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย	ข
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ค
กิตติกรรมประกาศ	ง
สารบัญ	จ
รายการตาราง	ญ
รายการรูปประกอบ	ฉ
รายการสัญลักษณ์	ต

บทที่

1. บทนำ	1
1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย	2
1.3 ขอบเขตของงานวิจัย	2
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
1.5 นิยามศัพท์	3
2. แนวคิดเกี่ยวกับขยะมูลฝอยชุมชน	6
2.1 นิยามของขยะ	6
2.2 แหล่งกำเนิดและองค์ประกอบของขยะมูลฝอย	7
2.3 สถานการณ์การบริหารจัดการขยะในประเทศไทย	18
3. เทคโนโลยีการผลิตพลังงานจากขยะ	36
3.1 ทฤษฎีเกี่ยวกับการผลิตพลังงานจากขยะ	36
3.1.1 เทคโนโลยีการผลิตแก๊สชีวภาพโดยกระบวนการย่อยสลาย แบบไร้ออกซิเจน (Biogas Production by Anaerobic Digestion)	36
3.1.2 เทคโนโลยีการผลิตแท่งเชื้อเพลิงขยะ (RDF)	38
3.1.3 เทคโนโลยีการแปรรูปขยะมูลฝอยประเภทพลาสติกเป็นน้ำมันเชื้อเพลิง	40

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

3.1.4 เทคโนโลยี Gasification และ Pyrolysis	41
3.1.5 เทคโนโลยีพลาสมาอาร์ค (Plasma Arc)	42
3.1.6 การแปรรูปขยะมูลฝอยไปเป็นพลังงานความร้อนโดยใช้เตาเผา (Incineration)	42
3.2 สถานภาพการผลิตพลังงานจากขยะในประเทศไทย	42
3.2.1 โครงการผลิตพลังงานจากขยะมูลฝอยชุมชนในประเทศไทย	44
3.2.1.1 โครงการผลิตปุ๋ยอินทรีย์และพลังงาน ของเทศบาลนครระยอง จังหวัดระยอง	44
3.2.1.2 ศูนย์กำจัดมูลฝอยรวมขององค์การบริหารส่วนจังหวัดชลบุรี	45
3.2.1.3 โครงการผลิตไฟฟ้าโดยใช้แก๊สชีวภาพจากระบบฝังกลบขยะชุมชนแบบ ถูกหลักสุขาภิบาล ของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน	46
3.2.1.4 โครงการผลิตกระแสไฟฟ้าจากเตา Gasifier และเครื่องยนต์ ของจังหวัดสมุทรสาคร	46
3.2.1.5 โครงการผลิตไฟฟ้าราชاتهเวะ ตำบลราชاتهเวะ อำเภอบางพลี จังหวัดสมุทรปราการ	46
3.2.1.6 โครงการกำจัดขยะเกาะช้าง จังหวัดตราด ขององค์การบริหาร การพัฒนาพื้นที่พิเศษ เพื่อการท่องเที่ยวอย่างยั่งยืน	47
3.2.1.7 โรงไฟฟ้าเตาเผาขยะมูลฝอยเทศบาลนครภูเก็ต จ. ภูเก็ต	47
3.3 การสนับสนุนการแปรรูปขยะมูลฝอยเป็นพลังงานจากภาครัฐ	57
3.4 การศึกษาเศรษฐศาสตร์การเงินจากการแปรรูปขยะมูลฝอยเป็นพลังงาน	66
4. ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	74
4.1 ทฤษฎีเกี่ยวกับการกำจัดขยะโดยการเผาไหม้	74
4.1.1 นิยามของการเผาขยะในเตาเผา (Incineration)	74
4.1.2 รูปแบบการเผาไหม้ขยะมูลฝอย	75
4.1.3 หลักการทำงานของเตาเผา	76
4.1.4 ประเภทของเตาเผาขยะมูลฝอยชุมชน	76
4.1.4.1 เตาเผาแบบห้องเดี่ยว (Single Chamber Incinerators)	76
4.1.4.2 เตาเผาแบบหลายห้องเผา (Multiple Chamber Incinerator)	77
4.1.4.3 เตาเผาขนาดใหญ่	78
4.1.5 ลักษณะของขยะมูลฝอยที่สามารถเผาได้โดยใช้เตาเผา	86

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

4.1.6	การออกแบบเบื้องต้นและหลักพิจารณาของการกำจัดขยะมูลฝอยโดยเตาเผา	86
4.1.7	ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมจากโรงเผาขยะ (Environmental Impact Due to Refuse Incinerator)	87
4.1.8	ผลกระทบจากมลพิษที่เกิดจากการเผาขยะ ต่อสุขภาพมนุษย์	89
4.2	ทฤษฎีเกี่ยวกับ ไดออกซินและฟิวแรน	92
4.2.1	สมบัติของสารไดออกซินและฟิวแรน	94
4.2.2	แหล่งกำเนิดของสารไดออกซินและฟิวแรน	94
4.2.3	ความเป็นพิษของสารไดออกซินและฟิวแรน	97
4.2.4	การกระจายตัวของสารไดออกซินและฟิวแรนสู่สิ่งแวดล้อม	98
4.2.4.1	การปลดปล่อยสู่แหล่งน้ำ	98
4.2.4.2	การปลดปล่อยลงดิน	98
4.2.4.3	การปลดปล่อยสู่อากาศ	99
4.2.4.4	การแพร่กระจายจากสัตว์น้ำ	99
4.2.4.5	การปนเปื้อนไดออกซินและฟิวแรนในผลิตภัณฑ์ที่เป็นสารประกอบประเภท ออร์แกนโนคลอรีนโดยตรง และผลิตภัณฑ์ที่ใช้คลอรีนในกระบวนการ	99
4.2.4.6	การปลดปล่อยสารไดออกซินและฟิวแรนจากเตาเผาต่างๆ	99
4.2.5	ทำเนียบ (inventory) การปลดปล่อยสารไดออกซินและฟิวแรนในประเทศต่างๆ	100
4.2.6	การตรวจวัดสารไดออกซินและฟิวแรน	103
4.2.7	การจัดการกากของเสียประเภทไดออกซินและฟิวแรน	103
4.3	ผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	104
5.	ระเบียบข้อบังคับ กฎหมาย และหน่วยงานต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง	117
5.1	กฎหมายต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับการจัดการขยะมูลฝอย	117
5.2	ระเบียบข้อบังคับเกี่ยวกับสถานที่กำจัดขยะมูลฝอยชุมชนโดยใช้เตาเผา	118
5.3	มาตรฐานควบคุมการปล่อยทิ้งอากาศเสียจากเตาเผาขยะมูลฝอย	120
5.4	กลไกทางกฎหมายควบคุมสารไดออกซินและฟิวแรน	128

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

6. วิธีการดำเนินงานวิจัย	135
6.1 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย	135
6.1.1 ศึกษาและค้นคว้าข้อมูลทั่วไป	135
6.1.2 ศึกษารายละเอียดและจำแนกสาระสำคัญออกเป็นแต่ละด้าน	136
6.1.3 ศึกษาและรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับกฎหมาย ระเบียบข้อบังคับ และหน่วยงานต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง	136
6.1.4 ศึกษาและรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับเตาเผาขยะมูลฝอยชุมชนในประเทศไทย	136
6.1.5 ศึกษาและรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับการควบคุมการเกิดและการลดสารไดออกซิน และฟิวแรนที่เกิดขึ้นจากเตาเผาขยะมูลฝอยชุมชน	137
6.1.6 สรุปผลการศึกษาและจัดทำรูปเล่มรายงานฉบับสมบูรณ์	137
6.2 แหล่งข้อมูลที่ใช้ในการศึกษา	137
7. ผลการศึกษาและการวิเคราะห์	138
7.1 เตาเผาขยะมูลฝอยชุมชนเพื่อผลิตพลังงานในประเทศไทย	138
7.1.1 ภาพรวมของเตาเผาขยะมูลฝอย	138
7.1.2 ประสบการณ์จากโครงการเตาเผาขยะมูลฝอยชุมชนและผลิตพลังงาน ของเทศบาลนครภูเก็ต	147
7.1.2.1 การบริหารจัดการขยะของจังหวัดภูเก็ต	147
7.1.2.2 โรงเผาขยะแห่งที่ 1	152
7.1.2.3 โรงเผาขยะแห่งที่ 2	161
7.1.2.4 การประเมินโครงการทางด้านเศรษฐศาสตร์	167
7.1.2.5 บทเรียนที่ได้รับจากโครงการเตาเผาขยะมูลฝอยชุมชนและผลิตพลังงาน ของเทศบาลนครภูเก็ต	170
7.2 มลพิษที่เกิดขึ้นจากเทคโนโลยีเตาเผาขยะมูลฝอยชุมชนเพื่อผลิตพลังงาน	181
7.2.1 สถานภาพการจัดการสารไดออกซินและฟิวแรนในประเทศไทย	183
7.2.2 มาตรฐานการควบคุมสารไดออกซินและฟิวแรน	187

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

7.2.3 แนวทางควบคุมการเกิดและลดการปลดปล่อยสารไดออกซินและฟิวแรน จากเตาเผาขยะมูลฝอยชุมชน	192
7.2.3.1 ก่อนเข้าเตาเผา	192
7.2.3.2 การควบคุมระบบการเผาไหม้ในเตาเผา	194
7.2.3.3 การเกิดไดออกซินและฟิวแรนหลังการเผาไหม้	196
7.2.3.4 เทคโนโลยีและเทคนิคในการกำจัดสารไดออกซินและฟิวแรน	196
7.2.3.5 แนวทางการจัดการอื่นๆ	197
8. สรุปผลการศึกษา และข้อเสนอแนะ	201
8.1 สรุปผลการศึกษา	201
8.2 ข้อเสนอแนะ	201
เอกสารอ้างอิง	203
ภาคผนวก	209
ภาคผนวก ก ข้อมูลองค์ประกอบขยะมูลฝอยชุมชน	210
ภาคผนวก ข การสนับสนุนการแปรรูปขยะมูลฝอยเป็นพลังงานจากภาครัฐ	214
ภาคผนวก ค กฎหมายและหน่วยงานที่เกี่ยวข้องกับการจัดการขยะมูลฝอย	223
ภาคผนวก ง ข้อมูลประกอบของโครงการเตาเผาขยะมูลฝอยชุมชนและผลิตพลังงาน ของเทศบาลนครภูเก็ต	231
ประวัติผู้วิจัย	239

รายการตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 องค์ประกอบทางกายภาพของขยะมูลฝอยชุมชน	9
2.2 สรุปองค์ประกอบทางเคมีของขยะมูลฝอยชุมชนจากแหล่งกำเนิดต่างๆ ของ 8 เทศบาลในประเทศไทย	12
2.3 ปริมาณขยะมูลฝอยจำแนกตามภูมิภาคของโลกในปัจจุบัน และจากการคาดการณ์ในปี พ.ศ. 2568	16
2.4 ปริมาณขยะมูลฝอยที่เกิดขึ้นในปี พ.ศ. 2553–2554	19
2.5 ข้อมูลสถานภาพของระบบกำจัดขยะมูลฝอยที่ได้รับการออกแบบ และก่อสร้างอย่างถูกต้องหลักวิชาการ	25
3.1 ลักษณะของ RDF แต่ละชนิดและระบบการเผาไหม้	39
3.2 ประเภทวัตถุดิบและผลผลิตน้ำมันที่ได้	41
3.3 สรุปจำนวนโครงการและปริมาณไฟฟ้าจากขยะ จากการสืบค้นข้อมูล เมื่อวันที่ 1 มิถุนายน พ.ศ. 2555	48
3.4 สรุปจำนวนโครงการและปริมาณไฟฟ้าจากขยะ จากการสืบค้นข้อมูล เมื่อวันที่ 12 ธันวาคม พ.ศ. 2555	50
3.5 รายชื่อเทศบาลที่มีปริมาณขยะมูลฝอยมากกว่า 100 ตัน/วัน ในปี พ.ศ. 2546	52
3.6 เปรียบเทียบต้นทุนการผลิตจริงกับมาตรการส่งเสริมของรัฐ	59
3.7 ข้อมูลของเทคโนโลยีผลิตพลังงานจากขยะสำหรับเทศบาลที่มีปริมาณขยะ 100 ตัน/วัน	71
3.8 สรุปผลการวิเคราะห์ทางการเงิน	73
4.1 ลักษณะของเครื่องดักจับฝุ่นแต่ละประเภท	88
4.2 สมบัติทางเคมีและฟิสิกส์ของไดออกซินและฟิวแรน	94
4.3 แหล่งกำเนิดสารกลุ่มไดออกซิน และฟิวแรนที่ปลดปล่อยสู่สิ่งแวดล้อม จากการศึกษาของประเทศเนเธอร์แลนด์ ปี พ.ศ. 2538	97
4.4 ปริมาณการปลดปล่อยสารไดออกซินและฟิวแรนสู่บรรยากาศของประเทศเยอรมนี ในปี พ.ศ. 2538	101
4.5 ปริมาณการปลดปล่อยสารไดออกซินและฟิวแรนสู่บรรยากาศของ ประเทศสหรัฐอเมริกา ในปี พ.ศ. 2538	102

รายการตาราง (ต่อ)

ตารางที่	หน้า
4.6 แนวทางต่างๆ สำหรับการป้องกันสารไดออกซินและฟิวแรนในประเทศญี่ปุ่น	105
4.7 ข้อบัญญัติในการเดินเครื่องทำงานของเตาเผาชนิดต่างๆ	108
4.8 การทดลองกำจัดสารไดออกซินและฟิวแรนในเตาเผาขยะโดยใช้มาตรการต่างๆ	109
4.9 เทคโนโลยีการจัดการขยะมูลฝอย เพื่อลดการปลดปล่อยสารไดออกซินและฟิวแรนจากเตาเผาขยะในประเทศจีน	111
4.10 รายชื่อและคำย่อของอุปกรณ์ควบคุมมลพิษทางอากาศ	113
4.11 ค่าการปลดปล่อยสารไดออกซินจากเตาเผาขยะมูลฝอยชุมชนที่ติดตั้งอุปกรณ์ควบคุมมลพิษทางอากาศที่แตกต่างกัน	113
4.12 ค่าความเข้มข้นของสารไดออกซินและฟิวแรนในตัวอย่างดินที่อยู่ใกล้เตาเผาขยะ	114
4.13 ระดับสารไดออกซินในเถ้าลอย (พิจารณาจาก HRGC-HRMS และ HRGC-IT LRMS/MS)	115
4.14 ค่ามาตรฐานการปลดปล่อยไดออกซินและอนุภาคฝุ่นรวมทั้งหมดจากเตาเผาของ Resolution 0886	115
5.1 มาตรฐานควบคุมการปล่อยทิ้งอากาศเสียจากเตาเผามูลฝอยเก่า	124
5.2 มาตรฐานควบคุมการปล่อยทิ้งอากาศเสียจากเตาเผามูลฝอยใหม่	125
5.3 ค่าเปรียบเทียบความเป็นพิษ (TEF) ซึ่งกำหนดโดย NATO/CCMS และ WHO	129
5.4 เปรียบเทียบค่ามาตรฐานการปลดปล่อยสารไดออกซินและฟิวแรนจากเตาเผาอุณหภูมิสูงของประเทศต่างๆ	130
5.5 ค่ามาตรฐานของสารไดออกซินจากตัวกลางสิ่งแวดล้อมที่กำหนดโดยประเทศแคนาดา	130
7.1 สรุปข้อมูลปริมาณ การเก็บรวบรวม และขนส่งขยะมูลฝอยขององค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น	149
7.2 องค์ประกอบทางกายภาพ และเคมีของขยะมูลฝอยที่เกาะภูเก็ต	150
7.3 รายรับของเตาเผาจังหวัดภูเก็ตระหว่างปี พ.ศ. 2546-2551	168
7.4 ต้นทุนดำเนินการต่อหน่วย (บาท/ตัน) ของโครงการ	169
7.5 การทำงานของเตาเผาเทศบาลนครภูเก็ต	171
7.6 การเปลี่ยนแปลงสัดส่วนของขยะอินทรีย์ในพื้นที่จังหวัดภูเก็ต	172

รายการตาราง (ต่อ)

ตารางที่	หน้า
7.7 ผลการตรวจวัดคุณภาพอากาศที่ระบายออกจากปล่องเตาเผาจังหวัดภูเก็ต ปี พ.ศ. 2553	175
7.8 ผลการตรวจวัดคุณภาพอากาศที่ระบายออกจากปล่องเตาเผาจังหวัดภูเก็ต ปี พ.ศ. 2554	175
7.9 ค่าไอเสียจากปล่องของเตาเผาของบริษัทเสริมทรัพย์ไพศาล กรู๊ป 1999 จำกัด	177
7.10 ค่ามาตรฐานการปลดปล่อยสารไดออกซินและฟิวเรนจากเตาเผาขยะของต่างประเทศ	187
7.11 ข้อกำหนดด้านกฎระเบียบสำหรับการปลดปล่อยมลพิษจากเตาเผาขยะ	190
7.12 การเปรียบเทียบวิธีการเก็บตัวอย่างตามกฎข้อบังคับ	192
7.13 แนวปฏิบัติที่ดีในการดำเนินงานจากตัวแปรต่างๆ ในเตาเผาขนาดเล็ก	195

รายการรูปประกอบ

รูปที่	หน้า
2.1 แหล่งกำเนิดและประเภทของขยะมูลฝอยจากกิจกรรมต่างๆ	7
2.2 ปริมาณขยะมูลฝอยชุมชนในต่างประเทศ เมื่อปี พ.ศ. 2543	14
2.3 สัดส่วนปริมาณขยะมูลฝอยของแต่ละภูมิภาค เทียบกับปริมาณรวมของทั่วโลก	17
2.4 ปริมาณขยะมูลฝอยที่เกิดขึ้นเทียบกับปริมาณที่ได้รับการกำจัดอย่างถูกต้องตามหลักวิชาการในปี พ.ศ. 2550 - 2554	18
2.5 สัดส่วนของปริมาณขยะมูลฝอย ปี พ.ศ. 2554 จำแนกตามเขตการปกครอง	20
2.6 ปริมาณขยะมูลฝอยปี พ.ศ. 2554 จำแนกตามภูมิภาค	21
2.7 ปริมาณขยะมูลฝอยทั่วประเทศและการนำกลับมาใช้ประโยชน์ ปี พ.ศ. 2550-2554	22
2.8 สัดส่วนวิธีการนำมูลฝอยชุมชนกลับมาใช้ประโยชน์ ในปี พ.ศ. 2554	22
2.9 การจัดการขยะมูลฝอยของกรุงเทพมหานคร ปี พ.ศ. 2554	23
3.1 ระบบรวบรวมแก๊สชีวภาพจากหลุมฝังกลบขยะมูลฝอย	37
3.2 การผลิตแก๊สชีวภาพแบบไร้ออกซิเจนจากขยะอินทรีย์	38
3.3 กระบวนการผลิต RDF	39
3.4 ปริมาณไฟฟ้าเสนอขายจากโครงการพลังงานขยะ ปี พ.ศ. 2549-2553	61
4.1 เตาเผาแบบห้องเดียว	76
4.2 เตาเผาแบบหลายห้องเผา	77
4.3 ขั้นตอนการทำงานของเตาเผามูลฝอยขนาดใหญ่	78
4.4 ตะกรับแบบต่างๆ ภายในห้องเผาและการเคลื่อนที่	80
4.5 เตาเผาแบบ Rotary Kiln	81
4.6 เตาเผาแบบ Pyrolysis	82
4.7 เตาเผาแบบ Rotary Kiln ร่วมกับ Stoker	82
4.8 เตาเผาแบบ Fluidized Bed	83
4.9 โครงสร้างพื้นฐานของไดออกซิน (PCDDs) และฟิวแรน (PCDFs)	93
4.10 สมการการเกิดสารไดออกซินและฟิวแรน	95
4.11 วงจรการผลิตสารไดออกซินและฟิวแรน	96
4.12 ปริมาณการปลดปล่อยสารไดออกซินและฟิวแรนสู่บรรยากาศในประเทศพัฒนาแล้ว	100
4.13 การปลดปล่อยไดออกซินจากเตาเผา ขณะเริ่มเดินและดับเครื่องในประเทศญี่ปุ่น	110

รายการรูปประกอบ (ต่อ)

รูปที่	หน้า
5.1 แผนภูมิเขม่าควันของโรงเกิดมานัน	127
7.1 เปรียบเทียบปริมาณสารมลพิษที่ปล่อยออกมาจากการเผาชนิดต่างๆ	146
7.2 ภาพรวมของศูนย์กำจัดขยะรวมของเทศบาลนครภูเก็ต	148
7.3 ห้องควบคุมการปฏิบัติงาน	153
7.4 ระบบเตาเผาของเทศบาลนครภูเก็ต	154
7.5 ภาพตัดโรงเผาขยะมูลฝอย	155
7.6 อาคารซึ่งน้ำหนักและบ่อรับมูลฝอย	156
7.7 ปั่นจั่นเก็บมูลฝอย	156
7.8 กระบวนการเผาไหม้ในเตาเผา	157
7.9 ตะกรับในเตาเผาขยะ	157
7.10 ตะกรับในห้องเผาไหม้และตำแหน่งของหัวเผา	158
7.11 หม้อไอน้ำ	158
7.12 เทอร์ไบน์-เจนเนอเรเตอร์	159
7.13 ระบบควบคุมมลพิษทางอากาศของโรงเผา	160
7.14 ระบบควบคุมมลพิษอากาศแบบ Bag Filter Pulse Jet	160
7.15 พัดลมดูดอากาศและเครื่องกรองแบบถ่วงกรอง	161
7.16 ระบบเตาเผาหัวที่ 2 ของเทศบาลนครภูเก็ต	165
7.17 สัดส่วนของแก๊วในขณะกับการเปลี่ยนแปลงของค่าความร้อนและเถ้า	173
7.18 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณสารไดออกซินและฟิวแรนกับปริมาณสารคลอรีน	193
7.19 ปริมาณสารไดออกซินและฟิวแรนที่เกิดจากการเผาไหม้หนังสือพิมพ์ประเภทต่างๆ	194
7.20 การจัดเรียงตัวของตัวเร่งปฏิกิริยาในระบบ SCR	197
7.21 ปริมาณสารไดออกซินจากการใช้อุปกรณ์ควบคุมมลพิษทางอากาศต่างๆ ของสหภาพยุโรป	199

รายการสัญลักษณ์

AC	(Ash Content)	=	ปริมาณเถ้า
AD	(Anaerobic Digestion)	=	ระบบย่อยสลายแบบไม่ใช้ออกซิเจน
AEDP	(Alternative Energy Development Plan)	=	แผนการพัฒนางานทดแทนและพลังงานทางเลือก 25% ใน 10 ปี (พ.ศ.2555-2564)
APCDs	(Air Pollution Control Devices)	=	อุปกรณ์กำจัดมลพิษทางอากาศ
BOD	(Biochemical Oxygen Demand)	=	ค่าบีโอดี
C	(Carbon)	=	ธาตุคาร์บอน
CDM	(Clean Development Mechanisms)	=	กลไกการพัฒนาที่สะอาด
Cl	(Chloride)	=	ธาตุคลอรีน/สารประกอบคลอไรด์
CO	(Carbon Monoxide)	=	แก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์
COD	(Chemical Oxygen Demand)	=	ค่าซีโอดี
CH ₄	(Methane)	=	แก๊สมีเทน
CO ₂	(Carbon Dioxide)	=	แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์
DSCV	(Dry Solid Calorific Value)	=	ค่าความร้อนของของแข็ง (แบบแห้ง)
ESP	(Electrostatic Precipitators)	=	เครื่องดักจับฝุ่นด้วยไฟฟ้าสถิต
FIRR	(Financial Internal Rate of Return)	=	อัตราผลตอบแทนทางการเงินภายใน
Ft	(Fuel Adjustment Charge (at the given time))	=	ค่าไฟฟ้าผันแปร
H	(Hydrogen)	=	ธาตุไฮโดรเจน
HC	(Hydrocarbon)	=	ไฮโดรคาร์บอน
HCl	(Hydrochloride)	=	แก๊สไฮโดรเจนคลอไรด์
HF	(Hydrogen Fluoride)	=	แก๊สไฮโดรเจนฟลูออไรด์
HRGC	(High Resolution Gas Chromatography)	=	เครื่องวิเคราะห์ตัวอย่างแบบ HRGC
HRMS	(High Resolution Mass Spectrometer)	=	เครื่องวิเคราะห์ตัวอย่างแบบ HRMS
HSCV	(Higher Solid Calorific Value)	=	ค่าความร้อนสูงของของแข็ง
H ₂	(Hydrogen)	=	แก๊สไฮโดรเจน
H ₂ O	(Dihydrogen Oxide)	=	ไอน้ำ
H ₂ S	(Hydrogen Sulfide)	=	แก๊สไฮโดรเจนซัลไฟด์
IRR	(Internal Rate of Return)	=	อัตราผลตอบแทนภายใน

รายการสัญลักษณ์ (ต่อ)

I-TEF	(International Toxicity Equivalent Factor)	=	ตัวประกอบความเป็นพิษเทียบเท่าสากล
I-TEQ	(International -Toxicity Equivalent by Weight of 2,3,7,8-TCDD)	=	ค่าความเป็นพิษเทียบเท่าเชิงมวลสากล
K	(Potassium)	=	ธาตุโพแทสเซียม
LSCV	(Lower Solid Calorific Value)	=	ค่าความร้อนต่ำของของแข็ง
MC	(Moisture Content)	=	ปริมาณความชื้น
MSW	(Municipal Solid Waste)	=	ขยะมูลฝอยชุมชน
N	(Nitrogen)	=	ธาตุไนโตรเจน
NH ₃	(Ammonia)	=	แก๊สแอมโมเนีย
NO _x	(Oxides of Nitrogen)	=	แก๊สออกไซด์ของไนโตรเจน
O	(Oxygen)	=	ธาตุออกซิเจน
OECD	(Organization for Economic Co-operation and Development)	=	องค์การความร่วมมือด้านเศรษฐกิจและการพัฒนา
O ₂	(Oxygen)	=	แก๊สออกซิเจน
O ₃	(Ozone)	=	แก๊สโอโซน
P	(Phosphorus)	=	ธาตุฟอสฟอรัส
PCDDs	(Polychlorinated Dibenzo-para Dioxins)	=	สารกลุ่มไดออกซิน
PCDFs	(Polychlorinated Dibenzo Furans)	=	สารกลุ่มฟิวแรน
POPs	(Persistent Organic Pollutants)	=	สารพิษที่ตกค้างยาวนานในอนุสัญญาสตอกโฮล์ม
PV	(Photo Voltaic)	=	การผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์
PVC	(Polyvinyl Chloride)	=	พลาสติกประเภทโพลีไวนิลคลอไรด์
RDF	(Refuse Derived Fuel)	=	แท่งเชื้อเพลิงขยะ
ROI	(Return on Investment)	=	อัตราผลตอบแทนจากการลงทุน
ROE	(Return on Equity)	=	อัตราผลตอบแทนของผู้ถือหุ้น
S	(Sulfur)	=	ธาตุกำมะถัน

รายการสัญลักษณ์ (ต่อ)

SPP	(Small Power Producer)	=	โรงไฟฟ้าขนาดเล็ก
SO ₂	(Sulfur Dioxide Gas)	=	แก๊สซัลเฟอร์ไดออกไซด์
SO _x	(Oxides of Sulfur)	=	แก๊สออกไซด์ของกำมะถัน
TS	(Total Solids)	=	ปริมาณของแข็งทั้งหมด
TSP	(Total Solid Particulate)	=	อนุภาคฝุ่นทั้งหมด
US EPA	(United States Environmental Protection Agency)	=	สำนักงานป้องกันสิ่งแวดล้อมของสหรัฐอเมริกา
VOCs	(Volatile Organic Compounds)	=	สารประกอบอินทรีย์ระเหยง่าย
VS	(Volatile Solids)	=	ปริมาณของแข็งระเหยทั้งหมด
VSPP	(Very Small Power Producer)	=	โรงไฟฟ้าขนาดเล็กมาก
WHO	(World Health Organization)	=	องค์การอนามัยโลก

บทที่ 1 บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา

ในปัจจุบันอัตราการเพิ่มปริมาณขยะมูลฝอยมีค่าสูงขึ้นตามการเพิ่มของประชากร แหล่งชุมชน และการผลิตต่างๆ ที่มีการเติบโตอย่างต่อเนื่อง โดยทั่วไปสังคมที่เจริญขึ้น ปริมาณขยะก็มากขึ้นด้วย จึงต้องมีการกำจัดที่เพิ่มขึ้นควบคู่กันไป เพื่อลดปัญหาต่างๆ ที่เกิดจากขยะมูลฝอย ทั้งนี้การกำจัดจะต้องมีการปรับปรุงและพัฒนา เพื่อให้เหมาะสม มีประสิทธิภาพ และส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมน้อยที่สุด [1] ขยะมูลฝอยถือเป็นมลพิษต่อสิ่งแวดล้อมที่สำคัญอย่างหนึ่งที่ทุกเมืองกำลังเผชิญอยู่ โดยจัดเป็นมลพิษขั้นที่หนึ่ง (Primary Pollution) การกำจัดขยะมูลฝอยมีอยู่หลายวิธี เช่น การหมักทำปุ๋ยอินทรีย์ การฝังกลบ และการเผา เป็นต้น โดยแต่ละวิธีมีข้อจำกัดแตกต่างกันไป เช่น การหมักทำปุ๋ยอินทรีย์เหมาะสำหรับขยะมูลฝอยที่เป็นสารอินทรีย์เท่านั้น การฝังกลบต้องใช้พื้นที่มาก ซึ่งทุกวันนี้ราคาที่ดินสูงขึ้นเรื่อยๆ จึงเกิดปัญหาการขาดแคลนที่ดินที่ใช้ฝังกลบ สำหรับการเผานั้น ถ้าเป็นการเผาด้วยระบบเตาเผาที่ไม่มีอุปกรณ์กำจัดแก๊สพิษ จะก่อให้เกิดมลพิษทางอากาศ ซึ่งเป็นมลพิษขั้นที่สอง (Secondary Pollution) ส่วนเตาเผาที่มีอุปกรณ์กำจัดแก๊สพิษจะมีราคาแพงมาก แต่ถึงอย่างไรก็ตามการกำจัดขยะโดยเตาเผาถือเป็นทางเลือกหนึ่งที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลายในประเทศที่พัฒนาแล้ว ซึ่งผลพลอยได้จากการกำจัดขยะเหล่านี้คือ สามารถนำขยะมาผลิตพลังงานได้ หากมีเทคโนโลยีที่เหมาะสม ถือเป็นอีกหนึ่งวิธีที่ช่วยกำจัดปัญหาในเรื่องของขยะ และก่อให้เกิดประโยชน์สูงสุดอีกด้วย ทั้งนี้ขยะจัดเป็นพลังงานหมุนเวียนที่สามารถทดแทนพลังงานจากฟอสซิล ที่นับวันยังมีปริมาณน้อยลง และมีราคาสูงขึ้นเรื่อยๆ ขยะจึงเป็นทางเลือกหนึ่งด้านการผลิตพลังงานที่น่าสนใจ เนื่องจากมีศักยภาพที่สามารถนำมาใช้ผลิตพลังงานได้ มีปริมาณมาก ไม่ต้องซื้อหา ช่วยลดปัญหาในเรื่องของขยะที่มีปริมาณมาก และที่สำคัญทำให้ประเทศมีแหล่งพลังงานสำรองเพิ่มมากขึ้น โดยการกำจัดขยะจากการเผาไหม้ของเตาเผานั้น ทำให้ได้พลังงานคืนกลับมาในรูปของความร้อน สามารถนำไปผลิตกระแสไฟฟ้าได้มากกว่าการกำจัดขยะแบบอื่นๆ ดังนั้นการกำจัดขยะด้วยเตาเผาจึงเป็นวิธีที่ควรศึกษา และลงทุน [2] แต่หากระบบเตาเผาขยะนี้ไม่มีการควบคุมกระบวนการเผาไหม้ให้มีประสิทธิภาพ ก็อาจเกิดปัญหาล้างสิ่งแวดล้อมมาอย่างใหญ่หลวงได้ เตาเผานับเป็นแหล่งกำเนิดที่สำคัญอย่างหนึ่งในการปลดปล่อยมลพิษหลายชนิดสู่สิ่งแวดล้อม อาทิ กลิ่น ฝุ่นละออง เขม่าควัน แก๊สพิษต่างๆ เช่น CO , NO_x , SO_2 รวมทั้งสารไดออกซินและฟิวแรน ซึ่งเป็นผลผลิตทางเคมีที่เกิดขึ้นมาโดยมิได้ตั้งใจ (Unintentional Products) สามารถก่อมะเร็งในมนุษย์ ก่อให้เกิดความผิดปกติของระบบประสาท ระบบภูมิคุ้มกัน ระบบสืบพันธุ์ และเป็นสารตกค้างยาวนานในสิ่งแวดล้อม โดยสะสมได้ดีในไขมันสิ่งมีชีวิต และ

สามารถเข้าสู่ร่างกายมนุษย์ได้ทั้งทางตรงและทางอ้อม ด้วยเหตุนี้จึงควรเล็งเห็นความสำคัญของการศึกษาผลกระทบข้างเคียง และวิธีการป้องกันอย่างรอบคอบ โดยเฉพาะอย่างยิ่งปัญหาที่อาจเกิดขึ้นได้จากสารไดออกซินและฟิวแรน ดังนั้นการออกกฎเกณฑ์การป้องกันไดออกซินและฟิวแรนที่เกิดจากการเผาไหม้ของเตาเผาขยะจึงเป็นเรื่องที่จำเป็นและต้องเข้มงวด ควบคู่ไปกับการพัฒนาเทคโนโลยีการหาเทคนิค วิธีการที่เหมาะสม หรือแนวปฏิบัติ เพื่อควบคุมมลพิษทางอากาศให้อยู่ในระดับที่เหมาะสม รวมทั้งการออกนโยบาย และกฎหมายรองรับ เพื่อควบคุม กำกับ และปรับลดการปลดปล่อยสารไดออกซินและฟิวแรนให้อยู่ในระดับที่ไม่เป็นอันตราย โดยต้องมีการติดตาม ตรวจสอบ และควบคุมการปลดปล่อยอย่างต่อเนื่อง เพื่อให้มั่นใจได้ว่าการกำจัดขยะโดยการเผาไหม้ของเตาเผาไม่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม และสุขภาพของมนุษย์ จึงจะถือว่าวิธีนี้เป็นทางออกที่ดีสำหรับเรื่องของปัญหาขยะ และเป็นทางเลือกด้านพลังงานที่ยั่งยืนต่อไปในอนาคต [3, 4]

1.2 วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาสถานภาพของเตาเผาขยะมูลฝอยในไทย
2. เพื่อศึกษาระเบียบข้อบังคับและกฎหมายที่เกี่ยวข้องกับเตาเผาขยะมูลฝอย
3. เพื่อศึกษาเทคโนโลยี สร้างแนวทาง นโยบาย และมาตรการที่เหมาะสม เพื่อลดการปลดปล่อยไดออกซินและฟิวแรนจากเตาเผาขยะมูลฝอย โดยเน้นที่เตาเผาขยะมูลฝอยที่ใช้ผลิตพลังงาน

1.3 ขอบเขตของงานวิจัย

1. ทำการศึกษามลพิษที่ปล่อยจากเตาเผาขยะผลิตพลังงาน โดยมุ่งเน้นที่ไดออกซินและฟิวแรน
2. ทำการศึกษาเฉพาะเตาเผาขยะมูลฝอยชุมชน ไม่รวมถึงเตาเผาขยะอันตรายและเตาเผาขยะติดเชื้อ
3. งานวิจัยนี้พิจารณาเฉพาะข้อมูลที่ได้มีการสำรวจ ตรวจสอบแล้วจากหน่วยงานที่รับผิดชอบ
4. งานวิจัยนี้ใช้เตาเผาขยะของเทศบาลนครภูเก็ตเป็นสถานที่ที่ใช้เป็นแหล่งข้อมูลภายในประเทศ

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ได้แนวทางในการพัฒนานโยบายเพื่อลดการปลดปล่อยไดออกซินและฟิวแรนสำหรับเตาเผาขยะมูลฝอยในประเทศไทยต่อไป
2. ได้แนวทางในการสนับสนุนการลงทุนสำหรับจัดสร้างหรือพัฒนาคุณภาพเตาเผาขยะมูลฝอย

1.5 นิยามศัพท์

การกำหนดอัตราซื้อไฟฟ้าที่จูงใจผู้ผลิต (Feed-in Tariffs) หมายถึง มาตรการส่งเสริมที่อัตราค่าไฟฟ้ารวมต่อหน่วยที่สอดคล้องกับต้นทุนการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานหมุนเวียนในแต่ละเทคโนโลยี และเป็นการกำหนดเงินสนับสนุนไว้ในโครงสร้างค่าไฟฟ้าฐานที่จะคงที่ตลอดอายุโครงการ

การขายคาร์บอนเครดิต (Carbon Credit) หมายถึง การซื้อขายกรรมสิทธิ์ความเป็นเจ้าของแก๊สเรือนกระจกที่ลดได้ โดยประเทศที่พัฒนาแล้วจะเป็นผู้ซื้อสิทธิ ส่วนประเทศกำลังพัฒนาจะเป็นผู้ขายสิทธิ ตามหลักของกลไกการพัฒนาที่สะอาด (CDM) ซึ่งเป็นกลไกหรือเครื่องมือทางเศรษฐศาสตร์ที่กำหนดขึ้นภายใต้พิธีสารเกียวโต เพื่อช่วยให้ประเทศอุตสาหกรรมที่มีพันธกรณีในการลดแก๊สเรือนกระจกสามารถบรรลุพันธกรณีได้ และเพื่อส่งเสริมการพัฒนาที่ยั่งยืนของประเทศกำลังพัฒนา

การบริหารจัดการขยะมูลฝอย (Solid Waste Management) หมายถึง การวางแผน การจัดการ การจัดการมูลฝอย งบประมาณ และเทคโนโลยี โดยใช้หลักการ กระบวนการ วิธีการเก็บรวบรวมขยะมูลฝอย การเก็บขนขยะมูลฝอย การเปลี่ยนแปลงสภาพขยะมูลฝอย การนำกลับมาใช้ประโยชน์ใหม่ และการกำจัดขยะมูลฝอยที่มีประสิทธิภาพ

การแปรรูปขยะมูลฝอยให้เป็นพลังงาน (Waste-to-Energy) หมายถึง การนำขยะมูลฝอยมาผ่านกระบวนการแปรรูปให้เกิดประโยชน์ในด้านการผลิตพลังงาน

การเผาในเตาเผา (Incineration) หมายถึง การใช้วิธีการเผาไหม้ (Combustion) เพื่อทำลายหรือเปลี่ยนสภาพขยะมูลฝอยที่อยู่ในรูปของแข็งให้กลายเป็นแก๊ส เช่น CO_2 , H_2O รวมทั้งของแข็งที่ไม่มีการติดไฟอีกต่อไป เช่น เถ้าหนัก เถ้าลอย เป็นต้น พร้อมการควบคุมมลพิษทางอากาศและสามารถนำพลังงานความร้อนที่ได้ไปใช้ประโยชน์ในรูปแบบต่างๆ อาทิ น้ำร้อน ไอน้ำ และกระแสไฟฟ้า เป็นต้น

การเผาไหม้แบบแก๊สซิฟิเคชัน (Gasification) หมายถึง กระบวนการการเปลี่ยนสารที่มีคาร์บอนเป็นองค์ประกอบ เช่น ถ่านหิน พีโตรเลียม เชื้อเพลิงชีวภาพ หรือชีวมวล เป็นเชื้อเพลิงแก๊ส ซึ่งโดยทั่วไปประกอบด้วย CO , H_2 และ CH_4 โดยการเผาไหม้วัตถุดิบที่อุณหภูมิสูง และควบคุมปริมาณของ O_2

การเผาไหม้แบบไพโรไลซิส (Pyrolysis) หมายถึง กระบวนการสลายตัวด้วยความร้อนและเคมีของสารอินทรีย์ที่อุณหภูมิที่สูง และในสถานะไม่มี O_2 ไพโรไลซิสมักจะเกิดขึ้นภายใต้ความดัน และการดำเนินงานในอุณหภูมิที่สูงกว่า 430 องศาเซลเซียส

การฝังกลบอย่างถูกหลักสุขาภิบาล (Sanitary Landfill) หมายถึง การทำลายขยะมูลฝอยในหลุมหรือพื้นที่ที่เตรียมไว้โดยการบดอัดขยะมูลฝอยด้วยเครื่องจักรกล เพื่อให้ขยะมูลฝอยยุบตัวและมีความหนาแน่นมากขึ้น แล้วปิดทับด้วยวัสดุคลุมกลบ เช่น ดินที่อยู่ในบริเวณใกล้เคียง หรือใช้พลาสติกปิดคลุม มีระบบกันซึมที่กันหลุม เพื่อป้องกันน้ำชะขยะมูลฝอยไหลออกไปสู่ลำน้ำได้ดิน มีระบบรวบรวม

น้ำชะขยะมูลฝอยไปบำบัด มีระบบระบายแก๊สที่เกิดจากการย่อยสลายของสารอินทรีย์ มีการตรวจสอบการรั่วซึมของหลุมฝังกลบ และมีระบบการติดตามตรวจสอบสิ่งแวดล้อม เป็นต้น

การมีส่วนร่วมของประชาชน (Public Participation) หมายถึง การที่ประชาชนเข้าไปร่วมในการจัดการขยะมูลฝอยเพื่อผลประโยชน์ของประชาชนโดยส่วนรวมอย่างแท้จริง ทั้งนี้ต้องอยู่บนพื้นฐานของการที่ประชาชนต้องมีส่วนร่วมทางความคิด มีความรู้ความสามารถในการกระทำ และมีความเต็มใจที่จะเข้าร่วมจัดการขยะมูลฝอยโดยที่การมีส่วนร่วมของประชาชนต้องมีลักษณะการเข้าร่วมอย่างครบวงจรตั้งแต่ต้นจนถึงสิ้นสุด กล่าวคือ เริ่มตั้งแต่การเกิดจิตสำนึกในตนเองและถือเป็นภาระหน้าที่ของตน ร่วมคิด ร่วมกันวางแผน ร่วมดำเนินงาน ร่วมกันติดตามประเมินผล และร่วมกันรับผลประโยชน์

ขยะมูลฝอยชุมชน (Municipal Solid Waste) หมายถึง ขยะมูลฝอยที่เกิดจากกิจกรรมต่างๆ ในชุมชน เช่น บ้านพักอาศัย ธุรกิจร้านค้า สถานประกอบการ สถานบริการ ตลาดสด สถาบันต่างๆ รวมทั้งเศษวัสดุก่อสร้าง ทั้งนี้ไม่รวมของเสียอันตราย และขยะติดเชื้อ

ความเป็นหุ้นส่วนของรัฐ-เอกชน (Public Private Partnership) หมายถึง การที่ภาครัฐเปิดโอกาสให้ภาคเอกชนเข้าร่วมดำเนินการในโครงการและบริการต่างๆ ร่วมกับหน่วยงานภาครัฐ ซึ่งโดยปกติแล้วโครงการและบริการเหล่านั้นเป็นหน้าที่โดยตรงของหน่วยงานภาครัฐ

ค่ากำจัดขยะ (Tipping Fee) หมายถึง อัตราค่าธรรมเนียมค่าบริการเก็บขนส่งขยะรวมกับค่าดำเนินการกำจัดขยะ โดยสอดคล้องกับที่เทศบาลต้องลงทุนหรือจ่ายไปให้กับเอกชน

ค่าไฟฟ้าผันแปร (Ft) หมายถึง ค่าไฟฟ้าที่ปรับเปลี่ยนเพิ่มขึ้นหรือลดลงตามการเปลี่ยนแปลงของต้นทุนค่าใช้จ่ายด้านเชื้อเพลิง และค่าซื้อไฟฟ้าที่อยู่นอกเหนือการควบคุมของการไฟฟ้า เช่น ราคาเชื้อเพลิง อัตราเงินเฟ้อ อัตราแลกเปลี่ยนเงินตราต่างประเทศ เป็นต้น ตามช่วงเวลาต่างๆ ที่ใช้เป็นกรอบในการคำนวณ

เตาเผามูลฝอยใหม่ (ของประเทศไทย) หมายถึง เตาเผามูลฝอยที่ได้รับใบอนุญาตประกอบกิจการโรงงาน หรือใบอนุญาตขยายโรงงานตามกฎหมายว่าด้วยโรงงาน หรือเตาเผามูลฝอยตามกฎหมายอื่นที่ได้รับอนุมัติให้ก่อสร้างภายหลังวันที่ประกาศนี้ประกาศในราชกิจจานุเบกษา หรือเตาเผามูลฝอยที่ดำเนินการหลังจากวันที่ประกาศนี้มีผลบังคับใช้ เมื่อวันที่ 16 กรกฎาคม พ.ศ. 2553

ถ่านกัมมันต์ (Activated Carbon) หมายถึง ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการนำวัตถุดิบธรรมชาติหรืออินทรีย์วัตถุ ซึ่งมี C และ H เป็นองค์ประกอบหลัก มาผ่านกรรมวิธีก่อกัมมันต์ (Activation Process) จนได้เป็นผลิตภัณฑ์สีดำ มีโครงสร้างที่มีลักษณะเป็นรูพรุน มีพื้นที่ผิวสูง มีสมบัติในการดูดซับสารต่างๆ ได้ดี

แท่งเชื้อเพลิงขยะ (RDF) หมายถึง การแปลงสภาพของขยะมูลฝอยให้เป็นเชื้อเพลิงแข็งที่มีสมบัติในด้านความชื้น ขนาด ค่าความร้อน และความหนาแน่น เหมาะสมในการใช้เป็นเชื้อเพลิงเพื่อผลิตความร้อนหรือไฟฟ้า และมีองค์ประกอบทั้งทางเคมีและกายภาพสม่ำเสมอ

แผงท่อน้ำป้อน (Economizer) หมายถึง อุปกรณ์ที่ทำงานโดยรับความร้อนจากแก๊สทิ้งจากกระบวนการผลิตหรือหม้อไอน้ำ และถ่ายเทความร้อนให้กับน้ำที่ต้องใช้ในอุปกรณ์ต่างๆ หรือกระบวนการผลิต

ผู้ผลิตไฟฟ้าขนาดเล็กมาก (VSPP) หมายถึง ผู้ผลิตไฟฟ้า ทั้งภาคเอกชน รัฐบาล รัฐวิสาหกิจ และประชาชนทั่วไป ที่ผลิตไฟฟ้าจากเชื้อเพลิงและพลังงานหมุนเวียนตามระเบียบการรับซื้อไฟฟ้าจากผู้ผลิตไฟฟ้าขนาดเล็กมาก และจำหน่ายไฟฟ้าให้การไฟฟ้าฝ่ายจำหน่าย โดยมีปริมาณพลังไฟฟ้าขายเข้าระบบไม่เกิน 10 เมกะวัตต์

เครื่องดูดซับแบบเปียก (Wet Scrubbers) หมายถึง อุปกรณ์ที่ใช้กำจัดแก๊สไอเสีย ตลอดจนอนุภาคที่มีขนาดเล็ก โดยใช้ของเหลว เช่น น้ำ เป็นตัวดักจับ โดยการฉีดพ่นของเหลวให้เป็นละอองฝอยขนาดเล็กให้กระจายไปปะทะกับแก๊สไอเสีย

สถานที่กำจัดขยะมูลฝอย (Solid Waste Disposal Site) หมายถึง สถานที่ทำลายขยะมูลฝอยที่เก็บรวบรวมได้จากชุมชน อันประกอบด้วยบริเวณที่กำจัดขยะมูลฝอย หมู่อาคารต่างๆ ระบบสิ่งอำนวยความสะดวก และระบบสาธารณูปโภคสาธารณูปการภายในสถานที่ด้วย

องค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น (Local Administrative Organization) หมายถึง ราชการส่วนท้องถิ่นที่ได้รับการเลือกตั้งจากประชาชนในท้องถิ่นนั้นๆ มีอำนาจหน้าที่ในการบริหารจัดการบริการสาธารณะตามกฎหมาย เพื่อประโยชน์สุขของชุมชนในท้องถิ่นนั้น ปัจจุบัน ราชการส่วนท้องถิ่น มีอยู่ 5 แบบคือ กรุงเทพมหานคร เมืองพัทยา เทศบาล องค์การบริหารส่วนจังหวัด (อบจ.) และองค์การบริหารส่วนตำบล (อบต.)

ส่วนเพิ่มราคารับซื้อไฟฟ้า (Adder) หมายถึง ส่วนเพิ่มราคารับซื้อไฟฟ้าที่การไฟฟ้าฝ่ายผลิตรับซื้อจากผู้ผลิต โดย Adder จะเปลี่ยนแปลงตามค่าไฟฟ้าฐาน และค่า Ft ที่เปลี่ยนแปลงไป

บทที่ 2 แนวคิดเกี่ยวกับขยะมูลฝอยชุมชน

2.1 นิยามของขยะ

กรมควบคุมมลพิษ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม ซึ่งเป็นหน่วยงานที่มีหน้าที่ควบคุมดูแลปัญหาสิ่งแวดล้อมในประเทศไทย ได้ให้ความหมายของ “ขยะมูลฝอยชุมชน” หรือ “ขยะมูลฝอย” หมายถึง ขยะที่เกิดจากกิจกรรมต่างๆ ในชุมชน เช่น บ้านพักอาศัย ธุรกิจร้านค้า สถานประกอบการ สถานบริการ ตลาดสด สถาบันต่างๆ รวมทั้งเศษวัสดุก่อสร้าง ทั้งนี้ไม่รวมของเสียอันตราย และมูลฝอยติดเชื้อ [5]

Tchobanoglous และคณะ [6] ได้ให้ความหมายของ “Solid Waste” และ “Municipal Solid Waste” แตกต่างกันเล็กน้อยดังนี้ Solid Waste หมายถึง ของเสียทุกชนิดที่เกิดขึ้นจากกิจกรรมของมนุษย์และสัตว์ ซึ่งโดยปกติเป็นของแข็งหรือกึ่งแข็ง และถูกทิ้งให้เป็นสิ่งที่ไม่มีความจำเป็น หรือเป็นสิ่งที่ไม่ต้องการ ส่วน Municipal Solid Waste หมายถึง ของเสียทุกชนิดที่เกิดขึ้นในชุมชน แต่ไม่รวมของเสียที่เกิดจากกระบวนการอุตสาหกรรมและเกษตรกรรม

ความหมายของขยะในเชิงวิชาการ

ขยะหรือขยะมูลฝอย (Refuse or Solid Waste) หมายถึง ของเสียทุกชนิดที่เกิดขึ้นจากกิจกรรมของมนุษย์และสัตว์ ซึ่งโดยปกติเป็นของแข็งหรือกึ่งแข็ง และถูกทิ้งให้เป็นสิ่งที่ไม่มีความจำเป็น หรือเป็นสิ่งที่ไม่ต้องการ [6]

ขยะมูลฝอยชุมชน (Municipal Solid Waste) หมายถึง ขยะมูลฝอยที่เกิดจากกิจกรรมต่างๆ ในชุมชน เช่น บ้านพักอาศัย ธุรกิจร้านค้า สถานประกอบการ สถานบริการ ตลาดสด สถาบันต่างๆ รวมทั้งเศษวัสดุก่อสร้าง ทั้งนี้ไม่รวมของเสียอันตรายและขยะมูลฝอยติดเชื้อ [7]

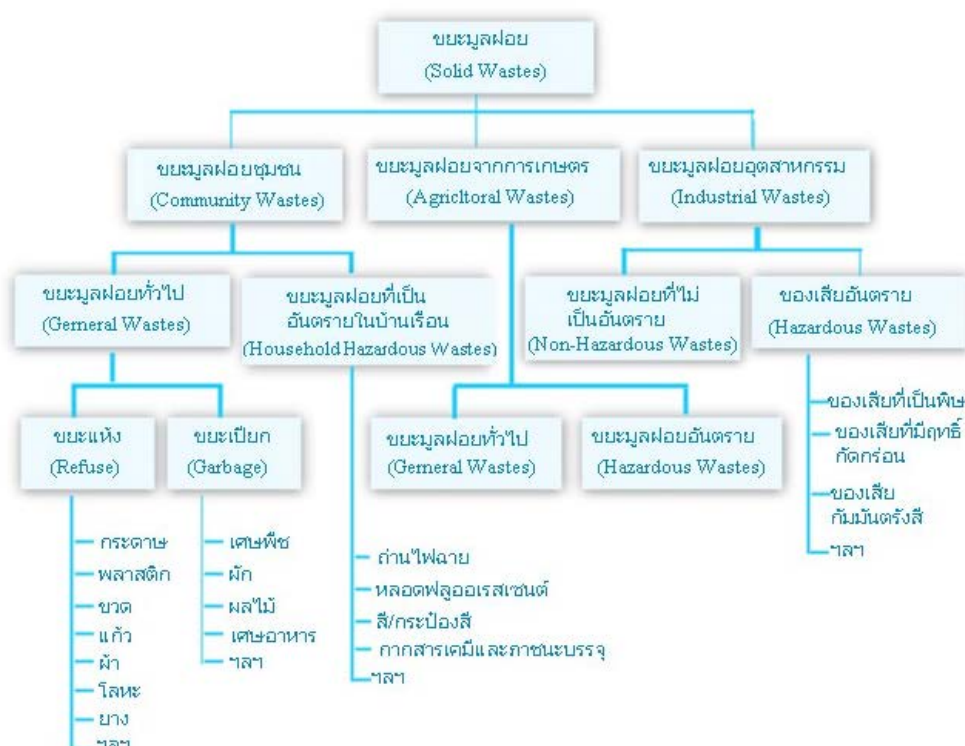
ของเสียอันตราย (Hazardous Waste) หมายถึง ขยะที่มีองค์ประกอบหรือปนเปื้อนวัตถุอันตรายชนิดต่างๆ ได้แก่ วัตถุระเบิดได้ วัตถุไวไฟ วัตถุมีพิษ วัตถุที่ทำให้เกิดโรค วัตถุที่มีอันตรายสูง วัตถุที่ก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางพันธุกรรม วัตถุกัดกร่อน วัตถุที่ก่อให้เกิดการระคายเคือง วัตถุอย่างอื่นไม่ว่าจะเป็นเคมีภัณฑ์ หรือสิ่งอื่นใดที่อาจทำให้เกิดอันตรายแก่บุคคล สัตว์ พืช ทรัพย์สินหรือสิ่งแวดล้อม เช่น ถ่านไฟฉาย หลอดฟลูออเรสเซนต์ แบตเตอรี่ กระป๋องสเปรย์บรรจุสีหรือสารเคมี เป็นต้น [7]

มูลฝอยติดเชื้อ (Infectious Waste) หมายถึง ขยะมูลฝอยที่เป็นผลมาจากกระบวนการรักษาพยาบาล การตรวจวินิจฉัย การให้ภูมิคุ้มกันโรค การศึกษาวิจัยที่ดำเนินการทั้งในคนและสัตว์ ซึ่งมีเหตุอันควรสงสัยว่า หรืออาจมีเชื้อโรค อันได้แก่

- ซากหรือชิ้นส่วนของคนหรือสัตว์ที่เป็นผลมาจากการผ่าตัด การตรวจ ชันสูตรศพ การใช้สัตว์ทดลอง ที่ทดลองเกี่ยวกับโรคติดต่อ
- วัสดุของมีคม หรือวัสดุที่ใช้ในการให้บริการทางการแพทย์ การวิจัยในห้องปฏิบัติการ เช่น เข็ม ไขมีด กระบอกฉีดยา สำลี ผ้าก๊อซ ผ้าต่างๆ ท่อยาง และอื่นๆ ซึ่งสัมผัสหรือสงสัยว่าจะสัมผัสกับเลือด ส่วนประกอบของเลือดหรือผลิตภัณฑ์ที่ได้จากเลือด หรือสารคัดหลั่งจากร่างกาย หรือวัคซีนที่ทำจากเชื้อโรคที่มีชีวิต ขยะมูลฝอยอื่นๆ ทุกประเภทที่มาจากห้องติดเชื้อร้ายแรง ห้องปฏิบัติการเชื้ออันตราย สูง [7]

2.2 แหล่งกำเนิดและองค์ประกอบของขยะมูลฝอย

แหล่งกำเนิดขยะมูลฝอยที่สำคัญ ได้แก่ ที่อยู่อาศัย ธุรกิจ ร้านค้า สถานที่ราชการ สถานที่ก่อสร้าง สวนสาธารณะ สถานที่ตั้งระบบสาธารณูปโภคต่างๆ โรงงานอุตสาหกรรม และเกษตรกรรม เป็นต้น ซึ่งลักษณะและปริมาณขยะมูลฝอยจากแหล่งต่างๆ เหล่านี้จะมีความแตกต่างกันไปตามลักษณะประเภทกิจกรรม [8, 9] โดยภาพรวมของแหล่งกำเนิด และประเภทของขยะมูลฝอยจากกิจกรรมต่างๆ สามารถดูได้ดังรูปที่ 2.1



รูปที่ 2.1 แหล่งกำเนิดและประเภทของขยะมูลฝอยจากกิจกรรมต่างๆ [9]

โดยในแต่ละพื้นที่หรือแต่ละชุมชนมีปริมาณและองค์ประกอบมูลฝอยที่แตกต่างกัน ซึ่งส่วนใหญ่แล้ว ขึ้นกับ ที่ตั้งทางภูมิศาสตร์ ฤดูกาล รายได้ของประชาชน สภาพเศรษฐกิจ ลักษณะกิจกรรมทางสังคม วัฒนธรรม วิถีชีวิตของประชาชนในแต่ละพื้นที่ โครงสร้างของครอบครัว และกฎหมายข้อบังคับ เป็นต้น ซึ่งลักษณะองค์ประกอบของขยะมูลฝอยนี้ สามารถนำไปใช้เป็นข้อมูลประกอบในการวางแผนการจัดการขยะมูลฝอยให้มีประสิทธิภาพ ตั้งแต่ขั้นตอนการรวบรวม เก็บขน ขนส่ง และกำจัด รวมถึงการลดปริมาณขยะมูลฝอยโดยการนำกลับมาใช้ประโยชน์ใหม่ [4, 10]

จากข้อมูลของโครงการสำรวจและวิเคราะห์องค์ประกอบขยะมูลฝอยชุมชนของเทศบาลทั่วประเทศ โดยแสดงข้อมูลเชิงปริมาณเป็นร้อยละโดยน้ำหนักเปียก จาก 16 เขตพื้นที่สำรวจ จำนวนรวม 121 เทศบาล และในเขตพื้นที่ของกรุงเทพมหานครอีก 3 แห่งคือ โรงงานกำจัดมูลฝอยอ่อนนุช สถานีขนถ่ายมูลฝอยหนองแขม และสถานีขนถ่ายมูลฝอยท่าแร่ [10] สามารถสรุปผลออกมาได้ดังตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 องค์ประกอบทางกายภาพของขยะมูลฝอยชุมชน [8, 10]

	องค์ประกอบของขยะมูลฝอย (ร้อยละโดยน้ำหนักเปียก)								
	เศษอาหาร	กระดาษ	พลาสติก	แก้ว	โลหะ	ไม้	ยาง/หนัง	ผ้า	อื่นๆ
เฉลี่ยทั่วประเทศ	63.57	8.19	16.83	3.47	2.10	0.74	0.50	1.37	3.23
	แบ่งตามรายภูมิภาค								
ภาคเหนือ	63.81	7.18	18.52	3.11	1.59	0.85	0.32	1.22	3.40
ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ	69.55	6.01	15.26	3.19	1.81	0.44	0.49	1.00	2.28
ภาคกลาง	64.49	7.31	17.62	19.0	1.54	1.30	0.36	1.51	3.99
ภาคตะวันออก	59.34	8.40	18.58	3.31	2.60	0.91	0.57	1.89	4.43
ภาคใต้	59.10	10.24	18.14	4.37	2.27	0.43	0.63	1.40	3.44
	แบ่งตามขนาดของชุมชน								
เทศบาลนคร	65.17	7.21	17.00	3.46	1.75	0.45	0.45	1.36	3.17
เทศบาลเมือง	64.09	7.66	17.48	2.69	1.80	0.89	0.47	1.39	3.58
เทศบาลตำบล	64.36	7.58	17.26	3.30	1.94	0.88	0.93	1.18	2.69

*หมายเหตุ: น้ำหนักเปียก คือ น้ำหนักของขยะที่ไม่ได้อ่าน้ำออกหรือทำให้แห้ง

ตารางที่ 2.1 องค์ประกอบทางกายภาพของขยะมูลฝอยชุมชน (ต่อ)

	องค์ประกอบของขยะมูลฝอย (ร้อยละโดยน้ำหนักเปียก)								
	เศษอาหาร	กระดาษ	พลาสติก	แก้ว	โลหะ	ไม้	ยาง/หนัง	ผ้า	อื่นๆ
	แบ่งตามลักษณะเมือง								
เมืองการศึกษา	67.18	6.23	18.16	2.28	1.23	0.10	0.63	0.80	3.42
เมืองท่องเที่ยว	61.52	8.88	17.60	3.59	2.07	0.86	0.53	1.40	3.22
เมืองอุตสาหกรรม	65.03	6.32	16.93	3.15	1.95	1.01	0.45	1.48	3.69
เมืองคมนาคม	69.59	6.11	16.69	1.70	1.33	0.45	0.35	1.17	2.63
เมืองเกษตรกรรม	66.21	7.15	17.06	2.09	1.67	0.95	1.05	0.81	3.04
เมืองชายแดน	61.89	9.13	16.94	4.66	1.93	0.64	0.47	1.14	3.22
	แบ่งตามแหล่งกำเนิด								
บ้านเรือน	66.30	6.66	16.23	2.45	3.44	0.84	0.71	0.70	2.70
ร้านค้า	47.64	17.05	15.80	12.66	3.80	0.06	0.22	0.62	1.80
ร้านอาหาร	69.79	5.31	9.66	7.17	1.36	0.29	0.06	0.47	5.91
โรงแรม	41.76	9.60	16.40	6.65	4.32	0.11	0.00	1.34	19.62
ตลาดสด	71.45	8.66	12.56	3.16	1.89	0.28	0.00	0.33	1.40
สถานที่ราชการ	34.95	30.35	21.85	2.78	5.50	0.22	0.20	0.31	3.86
สถานศึกษา	33.24	25.83	28.72	1.26	7.50	0.26	0.14	0.21	3.53

*หมายเหตุ: น้ำหนักเปียก คือ น้ำหนักของขยะที่ไม่ได้อ่าน้ำออกหรือทำให้แห้ง

และจากการสุ่มเก็บตัวอย่างในพื้นที่สำรวจเขตละ 1 ตัวอย่าง รวม 17 ตัวอย่าง ดังนี้ [10]

- | | |
|----------------------|------------------------|
| - เขต 1 ทน.เชียงใหม่ | - เขต 10 ทน.ขอนแก่น |
| - เขต 2 ทน.ลำปาง | - เขต 11 ทน.ศรีสะเกษ |
| - เขต 3 ทน.พิจิตร | - เขต 12 ทด.วารินชำราบ |
| - เขต 4 ทน.นครสวรรค์ | - เขต 13 ทน.ตราด |
| - เขต 5 ทน.สมุทรสาคร | - เขต 14 ทด.เกาะสมุย |
| - เขต 6 ทน.ปทุมธานี | - เขต 15 ทน.ตรัง |
| - เขต 7 ทน.ลพบุรี | - เขต 16 ทด.สุโขทัย |
| - เขต 8 ทน.เพชรบุรี | - เขต 17 กรุงเทพมหานคร |
| - เขต 9 ทน.อุดรธานี | |

พบว่าผลการสำรวจและวิเคราะห์สมบัติทางเคมีของขยะมูลฝอย เป็นดังนี้ (รายละเอียดสามารถดูได้ในภาคผนวก ก)

- (1) %MC มีค่าระหว่าง 56.83% - 75.18% ซึ่งมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 63.47% (% ความชื้น)
- (2) %TS มีค่าระหว่าง 24.83% - 47.47% ซึ่งมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 33.69% (% ของแข็งทั้งหมด)
- (3) %VS มีค่าระหว่าง 82.24% - 94.45% ซึ่งมีค่าเฉลี่ยที่ 87.62% (% ของแข็งระเหยทั้งหมด)
- (4) %C มีค่าระหว่าง 45.82% - 52.47% ซึ่งมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 48.68% (% ธาตุคาร์บอน)
- (5) %H มีค่าระหว่าง 5.14% - 5.90% ซึ่งเฉลี่ยแล้วเท่ากับ 5.48% (% ธาตุไฮโดรเจน)
- (6) %O มีค่าระหว่าง 29.56% - 34.93% ซึ่งเฉลี่ยแล้วเท่ากับ 32.45% (% ธาตุออกซิเจน)
- (7) %N มีค่าระหว่าง 0.19% - 2.32% ซึ่งเฉลี่ยแล้วเท่ากับ 0.78% (% ธาตุไนโตรเจน)
- (8) %P มีค่าระหว่าง 0.16% - 0.79% ซึ่งมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 0.32% (% ธาตุฟอสฟอรัส)
- (9) %S มีค่าระหว่าง 0.000% - 0.064% ซึ่งมีค่าเฉลี่ย 0.018% (% ธาตุกำมะถัน)
- (10) ค่าปริมาณความร้อน (Heat of Combustion by Bomb Calorimeter) มีค่าระหว่าง 3,181.10-8,856.60 กิโลแคลอรี/กิโลกรัม ซึ่งเฉลี่ยแล้วเท่ากับ 6,465.88 กิโลแคลอรี/กิโลกรัม
- (11) ค่าความหนาแน่น ครั้งที่ 1 มีค่าอยู่ระหว่าง 124.76 - 296.00 กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร โดยมีค่าเฉลี่ยของความหนาแน่นอยู่ที่ 180.55 กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร ส่วนครั้งที่ 2 พบว่า มีค่าระหว่าง 146.66-289.52 กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร เฉลี่ยแล้วอยู่ที่ 181.26 กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร

นอกจากนี้ยังมีผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของมูลฝอยชุมชนจากรายงานโครงการศึกษาความเหมาะสมของค่าบริการและองค์กรบริหารของท้องถิ่นที่จัดให้มีระบบบำบัดน้ำเสียและระบบกำจัดขยะมูลฝอย พ.ศ. 2542 ดังตารางที่ 2.2 [4]

ตารางที่ 2.2 สรุปองค์ประกอบทางเคมีของขยะมูลฝอยชุมชนจากแหล่งกำเนิดต่างๆ ของ 8 เทศบาลในประเทศไทย [4]

องค์ประกอบทางเคมี	ที่พักอาศัย	ตลาด	ร้านอาหาร	โรงแรม	ร้านค้าพาณิชย์	สำนักงาน	โรงเรียน	สถานที่ราชการ	สถานที่กำจัดมูลฝอย
%MC	34.16-68.90	43.98-75.28	39.89-69.74	25.03-70.74	26.79-69.30	27.89	15.23-42.83	33.00-57.71	41.00-62.15
%TS	31.10-65.84	24.72-46.30	25.27	29.27-74.97	30.70-73.21	72.11	63.48-84.77	42.29-46.70	38.40-54.80
%VS	20.72-85.69	16.71-88.57	13.42	13.77-56.00	16.83-85.26	22.47	21.45-88.63	20.72-77.27	16.85-89.49
%C	9.29-47.61	9.28-43.11	43.11	31.11-42.19	9.35-47.37	NA	30.38-49.24	11.51-40.43	9.36-49.72
%H	5.71	5.90	NA	NA	5.68	NA	5.90	4.85	3.00-5.97
%O	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	9.10
%N	1.30-2.38	0.84-1.13	1.15	0.41-11.00	0.41-1.10	NA	0.24-1.23	0.69-4.08	0.50-1.44
%P	0.20-7.84	0.03-2.35	0.09	0.02-0.07	0.05-1.19	NA	0.02-0.12	0.21-4.58	0.03-5.69
%S	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	0.00
%K	NA	0.21-0.25	1.09	0.14-0.52	NA	NA	0.18-0.78	NA	0.40-5.67
%AC	14.31-21.34	7.26-29.59	16.85-26.94	12.78-23.69	13.87-29.90	49.64	11.37-63.32	25.98-27.33	9.40-22.74

*หมายเหตุ: AC หมายถึง ปริมาณเถ้า

ตารางที่ 2.2 สรุปองค์ประกอบทางเคมีของขยะมูลฝอยชุมชนจากแหล่งกำเนิดต่างๆ ของ 8 เทศบาลในประเทศไทย (ต่อ)

องค์ประกอบทางเคมี	ที่พักอาศัย	ตลาด	ร้านอาหาร	โรงแรม	ร้านค้าพาณิชย์	สำนักงาน	โรงเรียน	สถานที่ราชการ	สถานที่กำจัดมูลฝอย
C : N	3.91	10.90-48.20	39.73	38.01-75.9	8.50-33.00	NA	35.22-126.60	16.68-18.00	10.27-45.00
DSCV (kcal/kg)	4,416.72	3,962.37-4,640.00	NA	5,451.00	3,559.35	NA	5,623.00	4,207.34	4,368.36-5,497.00
HSCV (kcal/kg)	1,373.60	1,834.58	NA	NA	1,092.72	NA	NA	1,964.83	1,728.01-3,665.00
LSCV (kcal/kg)	899.99-1,923.70	850.00-2,164.00	915.61	849.10-3,361	247.2-1,853.04	2,666.62	1,829.10-4,019.14	505.25-1,570.51	1,215.50-2,035.00

หมายเหตุ: 1) NA หมายถึง ไม่มีข้อมูล 2) %MC + %TS = 100 3) %TS = %VS + %AC
 4) HSCV = (DSCV × TS)/100 5) LSCV = HSCV – 6 × (9%H + %MC)
 6) DSCV หมายถึง ค่าความร้อนที่ได้จากการเผาไหม้อย่างสมบูรณ์ โดยสันดาปกับออกซิเจนบริสุทธิ์ที่เกิดขึ้นได้เฉพาะในห้องทดลองเท่านั้น

ข้อมูลองค์ประกอบทางเคมีของขยะมูลฝอยเหล่านี้เป็นสิ่งจำเป็นต่อการออกแบบระบบทางวิศวกรรม เช่น การเผาในเตาเผา การคำนวณหาปริมาณแก๊สที่เกิดจากหลุมฝังกลบ หรือแม้แต่การทำปุ๋ยหมักจากมูลฝอย องค์ประกอบหลักที่ต้องวิเคราะห์คือ C, H, O, N และ S นอกจากนั้นค่าความร้อนของมูลฝอยจำเป็นอย่างมากต่อการออกแบบเตาเผา อาจกล่าวได้ว่าการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของมูลฝอยมีความจำเป็นอย่างมากในการจัดการมูลฝอย [4]

ปริมาณและองค์ประกอบของขยะมูลฝอยชุมชนในต่างประเทศ

ข้อมูลปริมาณขยะในประเทศต่างๆ ทั่วโลกเมื่อปี พ.ศ. 2543 ชี้ให้เห็นว่า ประเทศสหรัฐอเมริกาเป็นประเทศที่ผลิตขยะเฉลี่ยแล้วมากที่สุดในโลกคือ 760 กิโลกรัม/คน รองลงมาคือ ประเทศออสเตรเลีย 690 กิโลกรัม/คน และประเทศเดนมาร์ก 660 กิโลกรัม/คน ดังแสดงในรูปที่ 2.2 [7]



SOURCE: OECD Environmental Data Compendium: 2002

รูปที่ 2.2 ปริมาณขยะมูลฝอยชุมชนในต่างประเทศ เมื่อปี พ.ศ. 2543 [7]

และจากข้อมูลสามารถสรุปได้ว่ามีสัดส่วนขององค์ประกอบขยะเป็นประเภทอาหารมากที่สุด รองลงมาเป็นกระดาษและไม้ โดยที่ประเทศกำลังพัฒนามักมีขยะประเภทอาหารสูงกว่าประเภท กระดาษหรือไม้ และประเทศที่พัฒนาแล้วมีขยะประเภทกระดาษและไม้สูงกว่า ตัวอย่างจากกลุ่ม ประเทศ OECD 7 ประเทศ ได้แก่ ประเทศเม็กซิโก กรีซ ญี่ปุ่น นอร์เวย์ ฝรั่งเศส อเมริกา และเบลเยียม พบว่า ประเทศสหรัฐอเมริกา มีสัดส่วนของขยะที่เป็นโลหะและกระดาษมากที่สุด ประเทศฝรั่งเศสมี สัดส่วนของขยะจำพวกแก้วมากที่สุด ประเทศญี่ปุ่นมีสัดส่วนของขยะจำพวกพลาสติกมากที่สุด และ ประเทศเม็กซิโกมีสัดส่วนของขยะจำพวกสารอินทรีย์มากที่สุด เป็นต้น โดยรายละเอียดของสัดส่วน องค์ประกอบขยะมูลฝอยชุมชนในประเทศต่างๆ สามารถดูได้ในภาคผนวก ก [7]

ทั้งนี้ขยะมูลฝอยมีปริมาณเพิ่มขึ้นอย่างมากในช่วงสองทศวรรษข้างหน้า เนื่องจากการขยายตัวอย่าง รวดเร็วของชุมชนเมืองในประเทศกำลังพัฒนา หากย้อนมองกลับไปเมื่อ 10 ปีก่อน มีประชากรอาศัย อยู่ในเขตเมืองเพียง 2,900 ล้านคน และโดยเฉลี่ยพบว่ามีขยะ 0.64 กิโลกรัม/คน/วัน รวมแล้วทำให้เกิด ขยะ 680 ล้านตัน/ปี แต่ในปัจจุบันมีประชากรอยู่ประมาณ 3,000 ล้านคนทั่วโลก สร้างขยะประมาณ 1.2 กิโลกรัม/คน/วัน ดังนั้นเมื่อรวมแล้วจะสร้างขยะประมาณ 1,300 ล้านตัน/ปี ทั้งนี้ธนาคารโลก ประเมินว่าในปี พ.ศ. 2568 จำนวนประชากรเมืองน่าจะเพิ่มขึ้นเป็น 4,300 ล้านคน และแต่ละคนจะ สร้างขยะประมาณวันละ 1.42 กิโลกรัม หรือประมาณ 2,200 ล้านตัน/ปี พร้อมคาดว่าต้นทุนการจัดการ ขยะเหล่านี้จะเพิ่มจากปีละ 205,000 ล้านดอลลาร์สหรัฐ เป็น 375,000 ล้านดอลลาร์สหรัฐ โดยประเทศ ยากจนจะใช้จ่ายเงินเพิ่มขึ้นอย่างมาก เพื่อใช้กำจัดขยะในชุมชนเมือง และกล่าวไว้ว่า การบริหารจัดการ ขยะมูลฝอยในเขตเทศบาลเป็นบริการสำคัญที่สุด ที่ฝ่ายบริหารเมืองต้องจัดดำเนินการให้ประชาชนใน ทุกประเทศ ทั้งในประเทศรายได้ต่ำและปานกลาง เพราะหากจัดการปัญหาขยะไม่ดีจะส่งผลกระทบ อย่างหนักต่อสุขภาพคน สิ่งแวดล้อมของเมือง โลก และระบบเศรษฐกิจด้วย

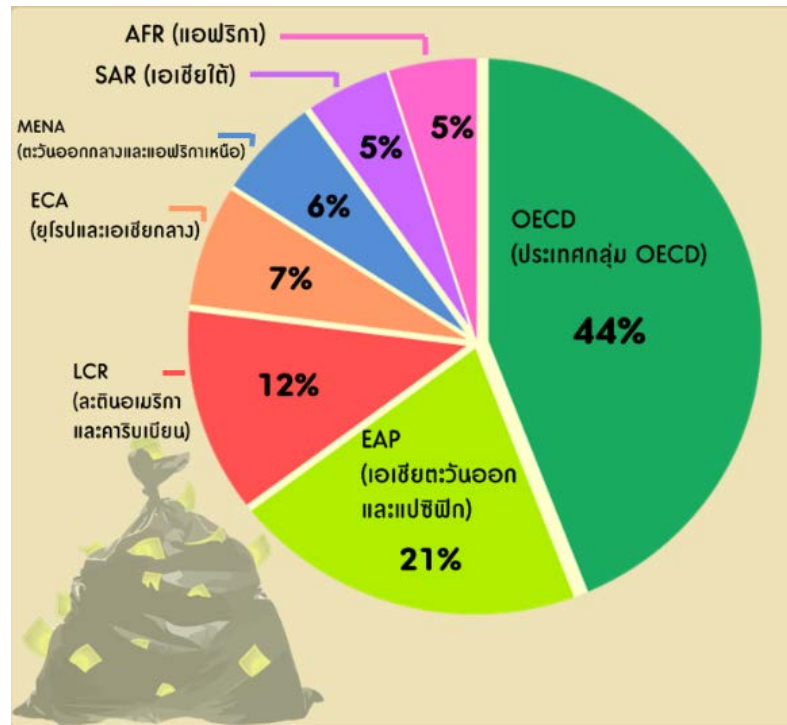
จากผลการศึกษาพบว่า ประเทศจีนมีปริมาณขยะมูลฝอยในเขตเทศบาลเพิ่มขึ้นมากที่สุด ซึ่งมากกว่า สหรัฐอเมริกาที่เคยเป็นประเทศที่ผลิตขยะมากที่สุดของโลกตั้งแต่ปี พ.ศ. 2547 นอกจากนี้ปริมาณขยะ ในแถบเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ รวมถึงบางประเทศในยุโรปตะวันออกเฉียงใต้ และภูมิภาคตะวันออกเฉียงใต้ก็เพิ่มขึ้น อย่างรวดเร็วด้วย ซึ่งอัตราการเพิ่มขึ้นของปริมาณขยะในพื้นที่เหล่านี้ สอดคล้องกับการขยายตัวของ เขตเมือง และผลิตภัณฑ์มวลรวมภายในประเทศ หรือจีดีพีที่เพิ่มขึ้น

โดยทั่วไปแล้วปริมาณขยะมูลฝอยในเขตเทศบาลจะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับหลายปัจจัย เช่น การพัฒนา ของเศรษฐกิจ ระดับของความเป็นเมืองอุตสาหกรรม พฤติกรรมของคนในเมืองนั้นๆ และสภาพแวด- ล้อมของเมือง ทั้งนี้ยังส่งคมมีการพัฒนาทางเศรษฐกิจ และมีความเป็นเมืองมากขึ้นเท่าไร ปริมาณ ขยะมูลฝอยก็จะเพิ่มมากขึ้น ขณะเดียวกันระดับของรายได้ และความเป็นชุมชนเมืองเป็นปัจจัยที่มี ความสัมพันธ์กัน โดยคนที่มียาได้สุทธิ และชีวิตความเป็นอยู่ที่ดีขึ้น ก็จะมีการกิน การใช้สินค้าและ

บริการเพิ่มขึ้น ซึ่งทำให้สร้างขยะเพิ่มขึ้นด้วยเช่นกัน โดยคนเมืองจะสร้างขยะมากกว่าคนในชนบท ประมาณ 2 เท่า หากมองในระดับภูมิภาค โดยเฉพาะในแถบเอเชีย รายงานระบุว่า เอเชียตะวันออกและแปซิฟิกสร้างขยะประมาณ 270 ล้านตัน/ปี ซึ่งส่วนใหญ่เป็นขยะที่มาจากประเทศจีน คิดเป็นประมาณร้อยละ 70 ของปริมาณขยะมูลฝอยทั้งหมดในภูมิภาค และพบว่าชาวเอเชียสร้างขยะเฉลี่ยประมาณคนละ 0.95 กิโลกรัม/วัน ส่วนเอเชียกลางสร้างขยะประมาณ 93 ล้านตัน/ปี โดยสามารถดูรายละเอียดต่างๆ ได้ในตารางที่ 2.3 สำหรับสัดส่วนปริมาณขยะมูลฝอยของแต่ละภูมิภาค เทียบกับปริมาณรวมของทั่วโลกแสดงไว้ในรูปที่ 2.3 [11]

ตารางที่ 2.3 ปริมาณขยะมูลฝอยจำแนกตามภูมิภาคของโลกในปัจจุบัน และจากการคาดการณ์ในปี พ.ศ. 2568 [11]

ภูมิภาค	ข้อมูลปัจจุบัน			คาดการณ์ในปี 2025			
	จำนวนประชากรเมือง (ล้านคน)	การผลิตขยะของชุมชนเมือง		คาดการณ์จำนวนประชากร		คาดการณ์ปริมาณขยะในเมือง	
		ปริมาณขยะต่อคน (กก./คน/วัน)	รวม (ตัน/วัน)	จำนวนประชากรรวม (ล้านคน)	จำนวนประชากรเมือง (ล้านคน)	ปริมาณขยะต่อคน (กก./คน/วัน)	รวม (ตัน/วัน)
แอฟริกา	260	0.65	169,119	1,152	518	0.85	441,840
เอเชียตะวันออกและแปซิฟิก	777	0.95	738,958	2,124	1,229	1.5	1,865,379
ยุโรปและเอเชียกลาง	227	1.1	254,389	339	239	1.5	354,810
ละตินอเมริกาและแคริบเบียน	399	1.1	437,545	681	466	1.6	728,392
ตะวันออกกลางและแอฟริกาเหนือ	162	1.1	173,545	379	257	1.43	369,320
กลุ่มประเทศ OECD	729	2.2	1,566,286	1,031	842	2.1	1,742,417
เอเชียใต้	426	0.45	192,410	1,938	734	0.77	567,545
รวม	2,980	1.2	3,532,252	7,644	4,285	1.4	6,069,703

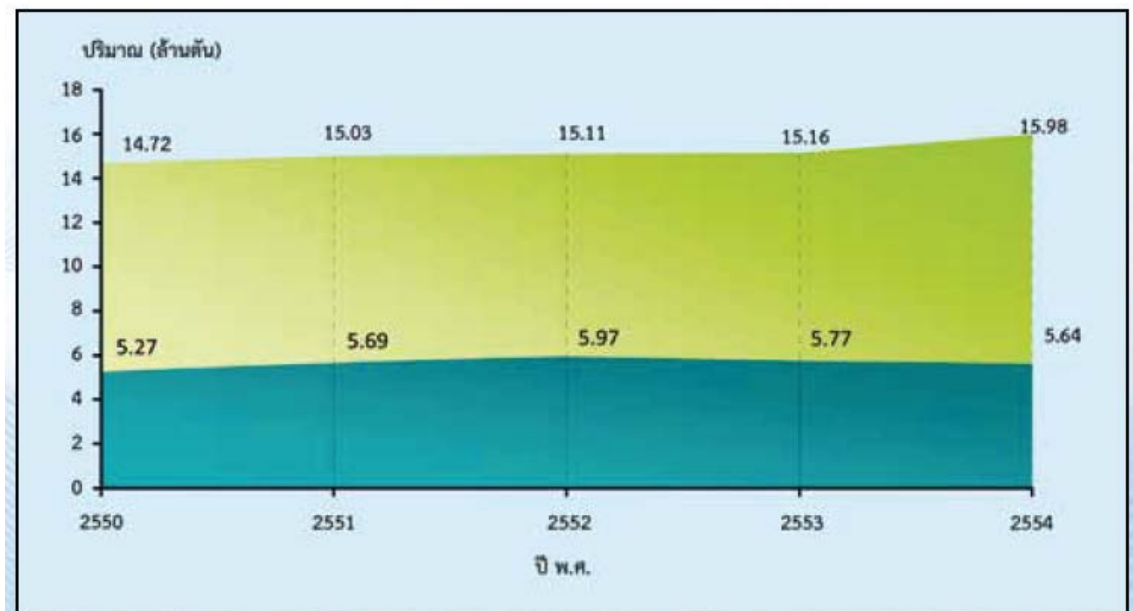


รูปที่ 2.3 สัดส่วนปริมาณขยะมูลฝอยของแต่ละภูมิภาค เทียบกับปริมาณรวมของทั่วโลก [11]

สำหรับประสิทธิภาพการเก็บขยะของชุมชนเมืองนั้นพบว่า แต่ละเมืองมีวิธีเก็บขยะต่างกัน เช่น มีคนเก็บขยะไปตามเก็บขยะถึงบ้าน หรือบางแห่งก็ให้แต่ละบ้านนำขยะมาทิ้งที่ถังขยะของชุมชน บางเมืองให้คนเอาขยะมาทิ้งไว้หน้าบ้านตามเวลาที่ทางการกำหนดไว้ ก่อนที่รถขยะจะมาเก็บขยะไป หรือบางแห่งประชาชนเอาขยะไปทิ้งถึงศูนย์กำจัดขยะ และเทศบาลบางแห่งจ้างเอกชนให้มาเก็บขยะและเรียกเก็บค่าบริการจากคนในชุมชน ทั้งนี้จากการศึกษาพบว่า ประเทศที่มีรายได้สูงมีความสามารถในการเก็บขยะเฉลี่ยร้อยละ 98 ของขยะทั้งหมดที่มี แต่ประเทศที่มีรายได้ต่ำเก็บขยะได้เฉลี่ยร้อยละ 41 เท่านั้น และหากเทียบกันเป็นภูมิภาคพบว่า กลุ่มประเทศ OECD มีความสามารถในการเก็บขยะมากที่สุด คิดเป็นประมาณร้อยละ 98 ส่วนแถบแอฟริกาเป็นภูมิภาคที่เก็บขยะได้น้อยที่สุด คิดเป็นร้อยละ 46 ของขยะทั้งหมดที่มีอยู่ในภูมิภาค ส่วนการกำจัดขยะหลังจากเก็บขยะนั้นพบว่า ประเทศที่ร่ำรวยมักเลือกใช้วิธีการฝังกลบ (Landfill) และการกำจัดขยะด้วยกระบวนการทางความร้อน (Thermal Treatment) มากที่สุด ส่วนประเทศที่รายได้ต่ำและปานกลางนิยมเลือกใช้วิธีนำขยะไปเทกองกลางแจ้ง หรือทิ้งไว้ตามธรรมชาติ (Open Dump) ซึ่งเป็นวิธีที่ไม่ถูกต้องตามสุขลักษณะ [11]

2.3 สถานการณ์การบริหารจัดการขยะในประเทศไทย

การกำจัดขยะชุมชนยังคงเป็นปัญหายั่งยืน ชับซ้อนและมีแนวโน้มรุนแรงขึ้น ไม่ว่าจะเป็นกรณีการจัดหาที่ดินสำหรับการก่อสร้างสถานที่กำจัด การเลือกใช้เทคโนโลยีที่เหมาะสม และการยอมรับของประชาชน ด้วยแรงกดดันที่เกิดจากปริมาณขยะชุมชนที่เพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง และผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมที่เกิดจากการจัดการที่ไม่มีประสิทธิภาพของท้องถิ่น [12] จากการทบทวนสถานการณ์ขยะมูลฝอยของประเทศไทยพบว่า ในช่วง 10 ปีที่ผ่านมาปริมาณขยะเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง โดยในปี พ.ศ. 2554 มีปริมาณขยะมูลฝอยเกิดขึ้นทั่วประเทศสูงถึง 15.98 ล้านตัน/ปี เฉลี่ยแล้วเท่ากับ 43,781 ตัน/วัน เมื่อเทียบกับปี 2553 ที่ผ่านมามีปริมาณขยะเพิ่มขึ้นถึงประมาณร้อยละ 5.4 เนื่องจากในช่วงเดือนตุลาคม-ธันวาคม 2554 เกิดภาวะอุทกภัย จึงส่งผลให้ปริมาณขยะในภาพรวมของประเทศเพิ่มขึ้นเป็นอย่างมาก รวมทั้งส่งผลต่อการเก็บรวบรวม และการนำไปกำจัดอีกด้วย โดยขยะได้รับการกำจัดอย่างถูกต้องเพียง 5.64 ล้านตัน/ปี ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 35.3 ของปริมาณขยะมูลฝอยทั้งหมดที่เกิดขึ้นทั่วประเทศ ซึ่งถือว่าประสิทธิภาพการกำจัดขยะน้อยลงจากปีที่ผ่านมา และน้อยกว่าในช่วง 3 ปีที่ผ่านมาอีกด้วย แต่ถึงอย่างไรก็ตามหากไม่เกิดเหตุอุทกภัยครั้งนี้ขึ้น ปริมาณขยะมูลฝอยที่ถูกกำจัดอย่างถูกต้องตามหลักวิชาการก็ไม่เพียงพอเสมอมา ซึ่งจากการคำนวณปริมาณขยะที่กำจัดได้ในทุกปีที่ผ่านมาไม่มีไม่ถึงร้อยละ 50 ของปริมาณขยะทั้งหมดที่เกิดขึ้น [13-15] ดังแสดงในรูปที่ 2.4



รูปที่ 2.4 ปริมาณขยะมูลฝอยที่เกิดขึ้นเทียบกับปริมาณที่ได้รับการกำจัดอย่างถูกต้องตามหลักวิชาการ ในปี พ.ศ. 2550 - 2554 [15]

โดยปริมาณขยะมูลฝอยที่เกิดขึ้นในปี พ.ศ. 2554 ในช่วงปกติเดือนมกราคม-กันยายน มีประมาณ 41,881 ตัน/วัน ส่วนในช่วงที่เกิดอุทกภัยเมื่อเดือนตุลาคม-ธันวาคม มีประมาณ 53,240 ตัน/วัน ซึ่งเฉลี่ยรวมแล้วเท่ากับ 43,781 ตัน/วัน ทั้งนี้ขยะมูลฝอยส่วนใหญ่ที่เพิ่มขึ้นมาเป็นขยะประเภทเฟอร์นิเจอร์ อุปกรณ์ประดับบ้าน หนังสือ และเสื้อผ้า โดยจากปริมาณมูลฝอยเฉลี่ยทั้งปีนั้นเกิดจากกรุงเทพฯ 9,237 ตัน/วัน คิดเป็นร้อยละ 21 จากเมืองพัทยา 352 ตัน/วัน คิดเป็นร้อยละ 1 จากเขตเทศบาล 17,475 ตัน/วัน คิดเป็นร้อยละ 40 และจากนอกเขตเทศบาลหรือในเขตองค์การบริหารส่วนตำบล 16,715 ตัน/วัน คิดเป็นร้อยละ 38 ของปริมาณขยะทั้งหมด [15] ดังตารางที่ 2.4 และรูปที่ 2.5

ตารางที่ 2.4 ปริมาณขยะมูลฝอยที่เกิดขึ้นในปี พ.ศ. 2553–2554 [15]

พื้นที่	ปริมาณขยะมูลฝอย (ตันต่อวัน)				
	ปี 2553	ปี 2554			เพิ่มขึ้น/ลดลง (ร้อยละ)
		ช่วงปกติ	ช่วงอุทกภัย	เฉลี่ยรวม	
กรุงเทพมหานคร ¹⁾	8,766	9,126	9,790	9,237	+5.73
เมืองพัทยา ³⁾	324	350	360	352	+8.64
เขตเทศบาล ²⁾ (2,010 แห่ง)	16,620	16,360	23,034	17,475	+5.14
เขตองค์การบริหารส่วนตำบล ²⁾ (5,765 แห่ง)	16,146	16,045	20,056	16,715	+3.52
รวม	41,532	41,881	53,240	43,781	+5.42

หมายเหตุ: ตัวเลขในวงเล็บหมายถึง จำนวนเทศบาลและองค์การบริหารส่วนตำบลในปี 2554

(กรมส่งเสริมการปกครองท้องถิ่น, 2554)

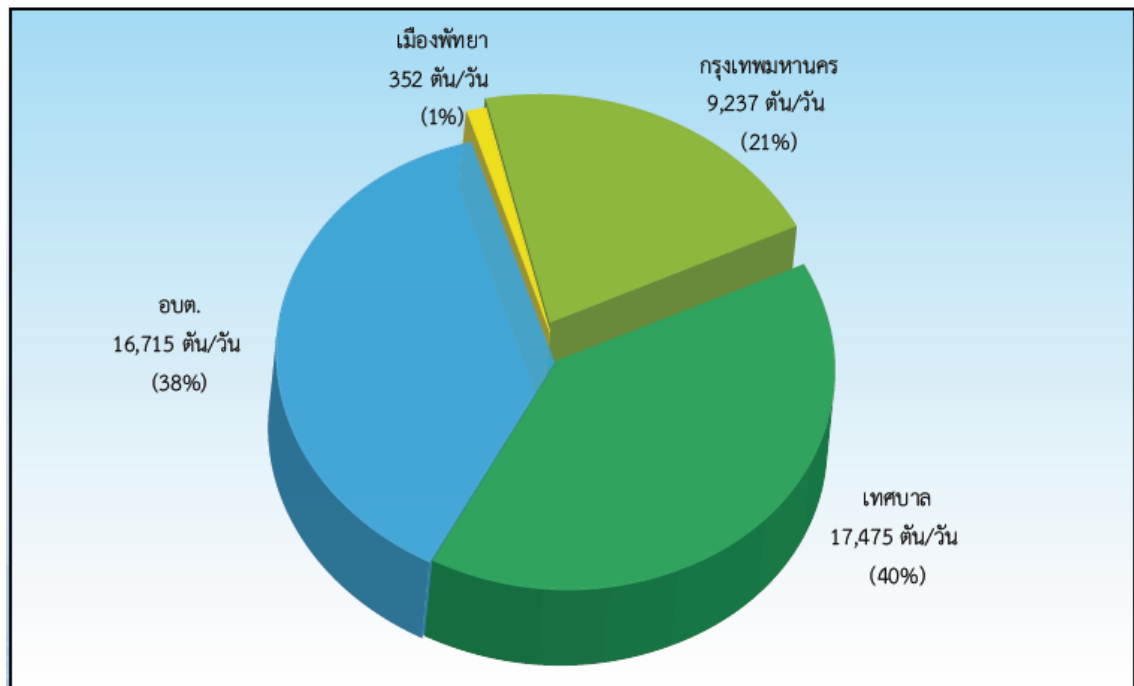
ที่มา: 1) ข้อมูลการเก็บขนมูลฝอยของกรุงเทพมหานครเดือนมกราคม-ธันวาคม 2554 โดยสำนักสิ่งแวดล้อม

กรุงเทพมหานคร

2) ข้อมูลปริมาณมูลฝอยของเทศบาล และองค์การบริหารส่วนตำบล ประเมินจากการเก็บขน ปี 2554

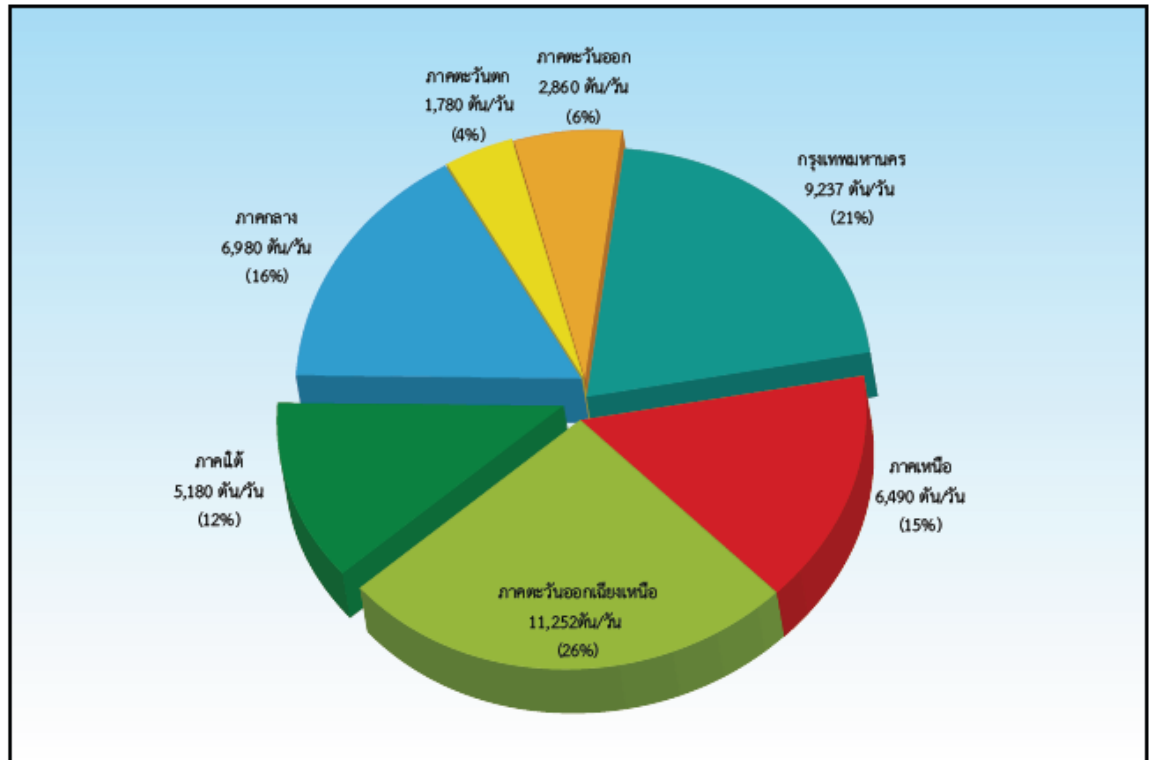
โดยกรมควบคุมมลพิษ

3) ข้อมูลปริมาณมูลฝอยของเมืองพัทยา กุมภาพันธ์ 2555



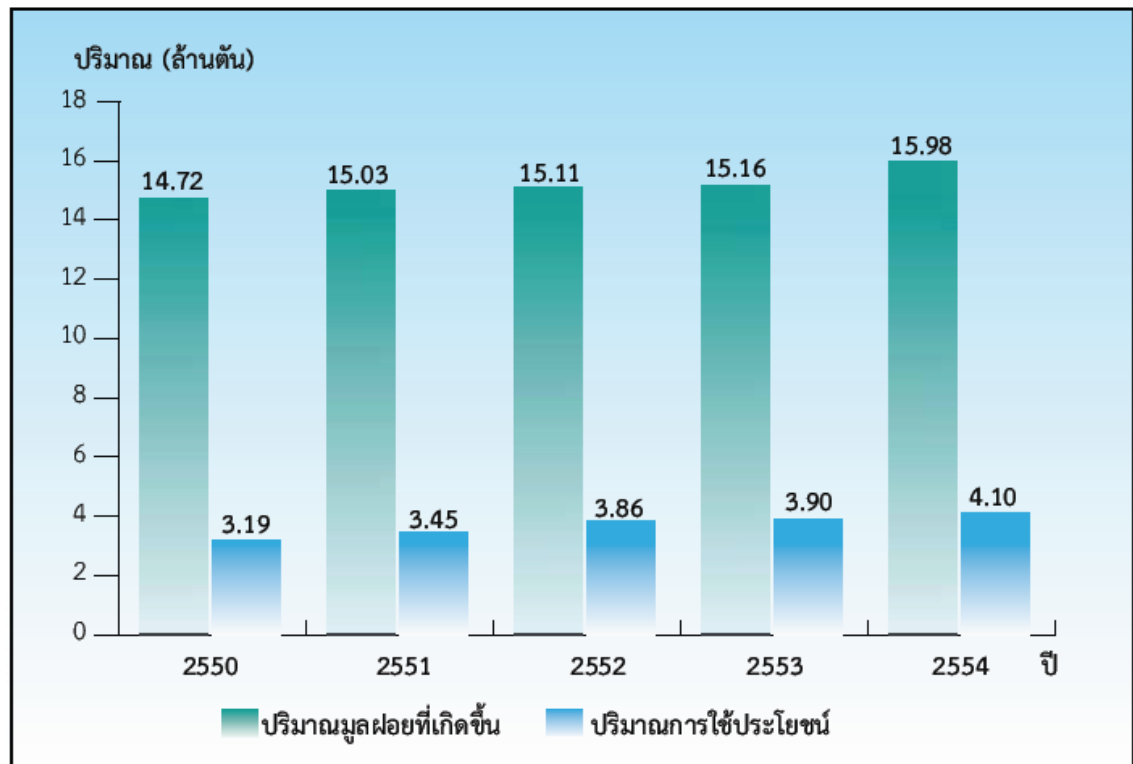
รูปที่ 2.5 สัดส่วนของปริมาณขยะมูลฝอย ปี พ.ศ. 2554 จำแนกตามเขตการปกครอง [15]

และเมื่อแยกสัดส่วนปริมาณขยะมูลฝอยตามแต่ละภูมิภาคพบว่า ภาคตะวันออกเฉียงเหนือยังคงมีปริมาณขยะมากที่สุดคือ 11,252 ตัน/วัน คิดเป็นร้อยละ 26 ของปริมาณขยะทั่วประเทศ รองมาคือ กรุงเทพมหานคร 9,237 ตัน/วัน คิดเป็นร้อยละ 21 รองลงมา ได้แก่ ภาคกลาง ภาคเหนือ ภาคใต้ ภาคตะวันออก และภาคตะวันตก ตามลำดับ [15] ดังข้อมูลในรูปที่ 2.6

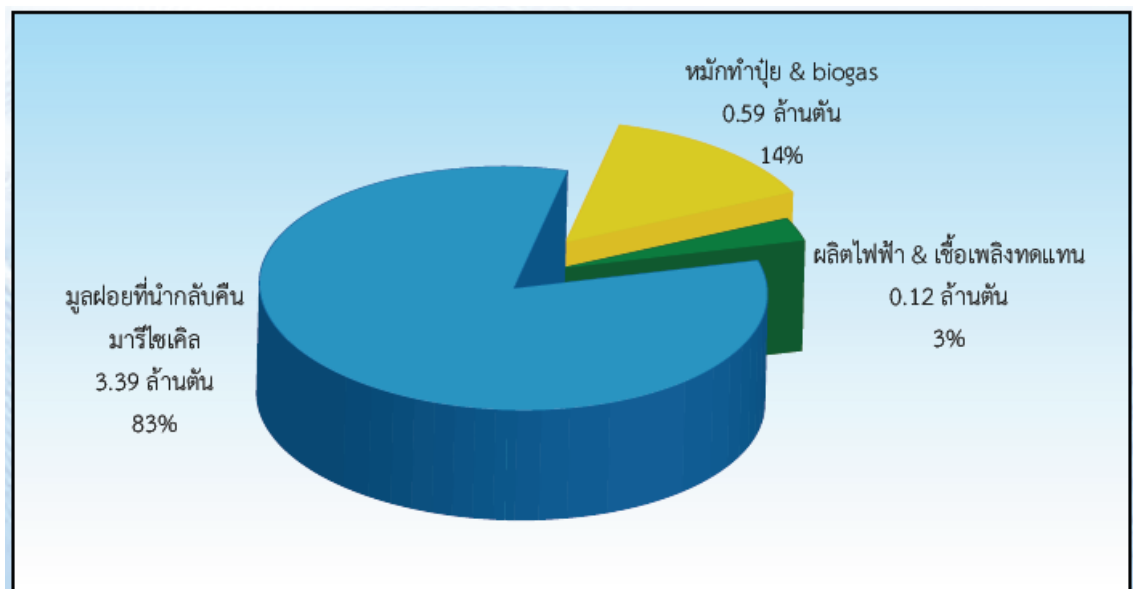


รูปที่ 2.6 ปริมาณขยะมูลฝอยปี พ.ศ. 2554 จำแนกตามภูมิภาค [15]

และจากปริมาณขยะมูลฝอยชุมชนทั้งหมดนี้มีการนำกลับมาใช้ประโยชน์เพียงประมาณ 4.10 ล้านตัน ซึ่งคิดเป็นเพียงร้อยละ 26 โดยส่วนใหญ่มาจากการคัดแยกและนำมูลฝอยกลับมารีไซเคิล ได้แก่ ขยะจำพวกเศษแก้ว กระดาษ พลาสติก เหล็ก และอะลูมิเนียม โดยผ่านกิจกรรมต่างๆ อาทิ การซื้อขายวัสดุรีไซเคิล โดยร้านรับซื้อของเก่า ศูนย์วัสดุรีไซเคิลชุมชน ธนาคารขยะรีไซเคิล และการเรียกคืนบรรจุภัณฑ์โดยผู้ประกอบการ รวมทั้งสิ้นประมาณ 3.39 ล้านตัน คิดเป็นร้อยละ 83 ที่เหลือเป็นการนำมูลฝอยอินทรีย์มาหมักทำปุ๋ยอินทรีย์ ปุ๋ยชีวภาพ และการหมักเพื่อผลิตแก๊สชีวภาพ (Biogas) ประมาณ 0.59 ล้านตัน คิดเป็นร้อยละ 14 และการนำมูลฝอยมาผลิตพลังงานไฟฟ้า และเชื้อเพลิงทดแทนประมาณ 0.12 ล้านตัน คิดเป็นเพียงร้อยละ 3 เท่านั้น ดังรูปที่ 2.7 และรูปที่ 2.8 ซึ่งทั้งหมดนี้ถือเป็นการบริหารจัดการที่ไม่มีประสิทธิภาพ เมื่อเทียบกับปริมาณและองค์ประกอบของขยะมูลฝอยเฉลี่ยทั่วประเทศที่มีจำนวนมาก และส่วนใหญ่เป็นขยะจำพวกเศษอาหารมากที่สุด คิดเป็นประมาณร้อยละ 64 รองลงมาคือ ขยะประเภทพลาสติกคิดเป็นร้อยละ 8 และประเภทแก้วคิดเป็นร้อยละ 4 ซึ่งจากข้อมูลเหล่านี้ขยะที่นำกลับมาใช้ประโยชน์ในด้านต่างๆ ควรมีมากกว่าร้อยละ 40 จากการคัดแยกวัสดุรีไซเคิล การหมักทำปุ๋ยอินทรีย์ ปุ๋ยชีวภาพ และการผลิตแก๊สชีวภาพ รวมถึงการผลิตไฟฟ้าจากขยะมูลฝอยด้วย แต่จากการวิเคราะห์ข้อมูลตั้งแต่ปี พ.ศ. 2550-2554 นั้นพบว่า มีการนำขยะมูลฝอยกลับมาใช้ประโยชน์มากที่สุดเพียงร้อยละ 26 ในปี พ.ศ. 2554 [15]



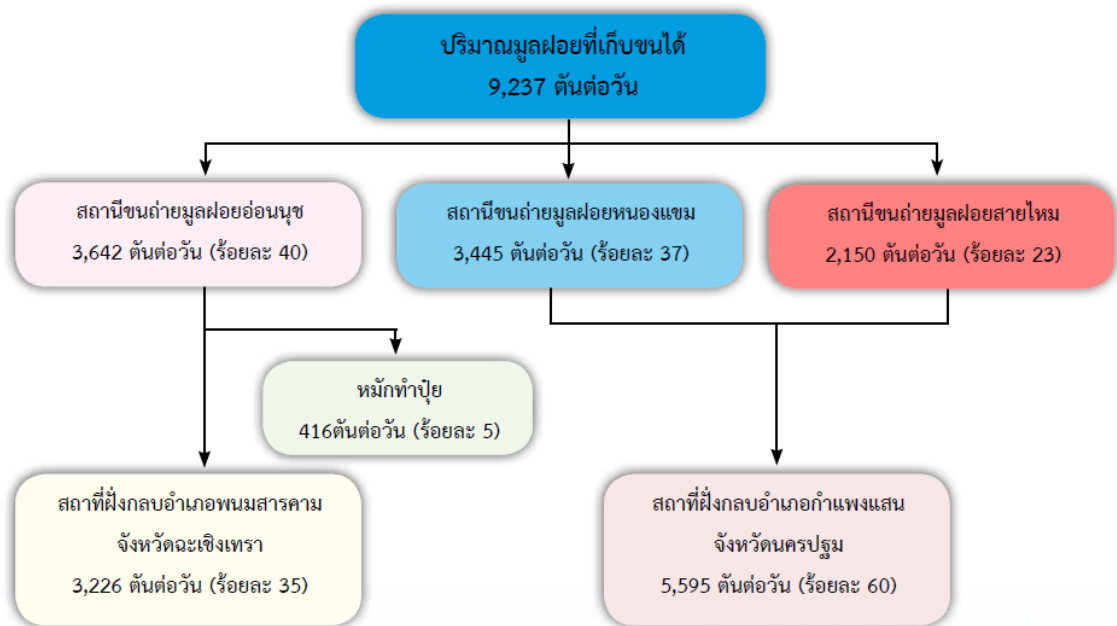
รูปที่ 2.7 ปริมาณขยะมูลฝอยทั่วประเทศและการนำกลับมาใช้ประโยชน์ ปี พ.ศ. 2550–2554 [15]



รูปที่ 2.8 สัดส่วนวิธีการนำมูลฝอยชุมชนกลับมาใช้ประโยชน์ ในปี พ.ศ. 2554 [15]

การจัดการขยะมูลฝอยในเขตกรุงเทพมหานคร [15]

กรุงเทพมหานครสามารถเก็บขนขยะมูลฝอยในพื้นที่รับผิดชอบได้ทั้งหมด 9,237 ตัน/วันและว่าจ้างบริษัทเอกชนเป็นผู้ดำเนินการกำจัดขยะมูลฝอยที่เก็บขนได้ โดยนำไปกำจัด ณ สถานที่ฝังกลบอำเภอกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม ประมาณ 5,595 ตัน/วัน คิดเป็นร้อยละ 60 ส่วนที่เหลือถูกส่งไปยังสถานียขนถ่ายอ่อนนุช ซึ่งมีการหมักทำปุ๋ยที่สถานีขนถ่ายร้อยละ 5 และอีกร้อยละ 35 ถูกส่งไปกำจัดยังสถานที่ฝังกลบอำเภอนวมสารคาม จังหวัดฉะเชิงเทรา ดังรูปที่ 2.9 ซึ่งสามารถเก็บขนมูลฝอยและนำไปกำจัดอย่างถูกต้องได้ทั้งหมด



รูปที่ 2.9 การจัดการขยะมูลฝอยของกรุงเทพมหานคร ปี พ.ศ. 2554 [15]

การจัดการขยะมูลฝอยของเมืองพัทยา [15]

เมืองพัทยาวางจ้างเอกชนเก็บขน และกำจัดมูลฝอยในพื้นที่ ซึ่งดำเนินการได้ทั้งหมด 352 ตัน/วันและนำไปกำจัดอย่างถูกต้องหลักวิชาการ ณ สถานที่ฝังกลบเขาไม้แก้ว อำเภอบางละมุง จังหวัดชลบุรี ซึ่งสามารถเก็บขนมูลฝอยและนำไปกำจัดอย่างถูกต้องได้ทั้งหมด

การจัดการขยะมูลฝอยของเทศบาล [14, 15]

เขตเทศบาลนำขยะมูลฝอยที่มีอยู่ประมาณ 17,475 ตัน/วัน ไปกำจัดยังระบบกำจัดขยะมูลฝอยของเทศบาลที่ได้รับการออกแบบก่อสร้างอย่างถูกต้องหลักวิชาการ และสามารถเดินระบบได้แล้วเป็นจำนวน 107 แห่งทั่วประเทศ จากที่ก่อสร้างแล้วเสร็จจำนวน 127 แห่ง ดังตารางที่ 2.5 โดยเทศบาลสามารถ

ขนส่งมูลฝอยไปกำจัดได้เพียง 4,102 ตัน/วัน ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 24 ของปริมาณมูลฝอยที่เกิดขึ้นเท่านั้น ทั้งนี้มีสถานที่กำจัดมูลฝอยบางแห่งดำเนินการกำจัดอย่างไม่ถูกต้องตามหลักวิชาการ ส่งผลให้ปริมาณมูลฝอยที่ได้รับการกำจัดอย่างถูกต้องหลักวิชาการมีปริมาณลดลง ซึ่งสถานภาพของระบบกำจัดขยะทั้ง 127 แห่ง สรุปได้ดังนี้

- ระบบฝังกลบแบบถูกหลักวิชาการ (Landfill System) ที่ก่อสร้างแล้วเสร็จจำนวน 112 แห่ง สามารถเดินระบบได้ 94 แห่ง ส่วนใหญ่ประสบปัญหาการปฏิบัติงานเดินระบบ และการบำรุงรักษาที่ไม่ถูกต้อง ขาดบุคลากรที่มีความรู้ความเชี่ยวชาญในการเดินระบบ ตลอดจนขาดงบประมาณในการควบคุมและดูแลระบบ ส่งผลให้ระบบฝังกลบขยะมูลฝอยที่ได้รับการออกแบบขาดประสิทธิภาพในการกำจัดขยะมูลฝอย และไม่สามารถดำเนินการได้ถูกต้องตามหลักวิชาการในบางพื้นที่ สถานที่ฝังกลบ 10 แห่งไม่สามารถเดินระบบได้ เนื่องจากประสบปัญหาขยะมูลฝอยเต็มพื้นที่ หรือเกิดข้อร้องเรียน และอีก 8 แห่ง ก่อสร้างแล้วเสร็จ แต่ไม่สามารถเดินระบบได้ เนื่องจากองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นขาดความพร้อม หรือเกิดการต่อต้านจากประชาชน

- ระบบผสมผสาน (Integrated System) เดินระบบอยู่ 11 แห่ง จาก 12 แห่ง ได้แก่ (1) องค์การบริหารส่วนจังหวัดระยอง จังหวัดระยอง (2) เทศบาลเมืองหนองไผ่ จังหวัดเพชรบูรณ์ (3) องค์การบริหารส่วนจังหวัดศรีสะเกษ จังหวัดศรีสะเกษ (4) องค์การบริหารส่วนจังหวัดเชียงใหม่ จังหวัดเชียงใหม่ (5) เทศบาลตำบลศรีประจันต์ จังหวัดสุพรรณบุรี (6) เทศบาลเมืองสิงห์บุรี จังหวัดสิงห์บุรี (7) เทศบาลตำบลศรีเชียงใหม่ จังหวัดหนองคาย และ (8) เทศบาลนครนครราชสีมา จังหวัดนครราชสีมา (9) เทศบาลตำบลเวียงฝาง จังหวัดเชียงใหม่ (10) เทศบาลนครระยอง จังหวัดระยอง และ (11) เทศบาลตำบลแม่สาย จังหวัดเชียงราย ส่วน (12) ระบบขององค์การบริหารส่วนจังหวัดชลบุรี ยังคงหยุดเดินระบบอยู่ เนื่องจากการต่อต้านของประชาชน ทั้งนี้ส่วนใหญ่ประสบปัญหาการเดินระบบ และบำรุงรักษาที่ไม่ถูกต้อง เนื่องจากขาดบุคลากรที่มีความรู้และความเชี่ยวชาญ

- ระบบเตาเผา (Incinerator System) มีเดินระบบอยู่ 2 แห่งจาก 3 แห่ง ได้แก่ เตาเผาของเทศบาลนครภูเก็ต จังหวัดภูเก็ต และเตาเผาขององค์การบริหารส่วนตำบลเกาะเต่า จังหวัดสุราษฎร์ธานี ส่วนเตาเผาของเทศบาลเมืองเกาะสมุย จังหวัดสุราษฎร์ธานี หยุดเดินระบบชั่วคราว เพื่อซ่อมแซม และไม่ได้นับรวมถึงเตาเผาของเทศบาลเมืองลำพูน จังหวัดลำพูน ที่ปิดดำเนินการแล้ว เนื่องจากอุปกรณ์หมดอายุการใช้งาน

ตารางที่ 2.5 ข้อมูลสถานภาพของระบบกำจัดขยะมูลฝอยที่ได้รับการออกแบบ และก่อสร้างอย่าง
ถูกต้องหลักวิชาการ [15]

ประเภทสถานที่กำจัด มูลฝอย	สถานภาพการเดินระบบของสถานที่กำจัดที่ก่อสร้างแล้วเสร็จ (แห่ง)			
	เดินระบบ	หยุดเดินระบบ	ไม่เคยเดินระบบ	รวม
สถานที่ฝังกลบหลักวิชาการ	94	10	8	112
ระบบผสมผสาน	11	1 (อบจ.ชลบุรี)	-	12
ระบบเตาเผา	2 (ทน.ภูเก็ต จ.ภูเก็ต และอบต. เกษเต่า จ.สุราษฎร์ธานี)	1 (ทม.เกาะสมุย จ.สุราษฎร์ธานี)	-	3
รวม	107	12	8	127

*หมายเหตุ: ไม่นับรวมสถานที่กำจัดขยะมูลฝอยของกรุงเทพมหานครทั้ง 3 แห่ง สถานที่กำจัดของเทศบาลนครลำปาง ซึ่งดำเนินการโดยเอกชน เตาเผาขยะมูลฝอยของเกาะพีพี ตำบลอ่าวนาง อำเภอมะนัง จังหวัดกระบี่ เนื่องจากระบบเสียหายทั้งหมดโดยเหตุธรณีพิบัติภัย และเตาเผาของเทศบาลเมืองลำพูน ซึ่งปิดดำเนินการ เนื่องจากอุปกรณ์หมดอายุการใช้งาน (จากกรมควบคุมมลพิษ, 2555)

การจัดการขยะมูลฝอยขององค์การบริหารส่วนตำบล [15]

เขตองค์การบริหารส่วนตำบลมีขยะมูลฝอยเกิดขึ้น 16,715 ตัน/วัน โดยมีองค์การบริหารส่วนจังหวัดและองค์การบริหารส่วนตำบลเป็นผู้รับผิดชอบเก็บรวบรวม และนำไปกำจัด ส่วนใหญ่ยังไม่มีระบบเก็บรวบรวมและสถานที่กำจัดมูลฝอยที่ถูกหลักวิชาการ จึงกำจัดด้วยวิธีการเผากลางแจ้ง หรือนำไปทิ้งในบ่อดินเก่าหรือบนพื้นที่ว่างต่างๆ ซึ่งเป็นการกำจัดอย่างไม่ถูกต้องตามหลักวิชาการ มีขยะมูลฝอยที่ถูกนำไปกำจัดร่วมกับเทศบาลที่มีสถานที่กำจัดอย่างถูกต้องตามหลักวิชาการเพียงปริมาณ 1,757 ตัน/วัน คิดเป็นร้อยละ 11 ของปริมาณมูลฝอยที่เกิดขึ้นเท่านั้น โดยการดำเนินงานที่ผ่านมามีองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นมีข้อจำกัดด้านงบประมาณ การจัดหาเครื่องจักรอุปกรณ์ และบุคลากรที่มีความรู้ความชำนาญในการดูแลรักษาระบบ

จากการทบทวนสถานการณ์ของข้อมูลทั้งหมดนี้ทำให้เห็นว่า การบริหารจัดการขยะมูลฝอยทั้งในด้านการจัดเก็บ การทำลาย การนำกลับมาใช้ประโยชน์ใหม่ และจำนวนของระบบกำจัดขยะที่มีอยู่นั้นยังไม่มีประสิทธิภาพเพียงพอต่อการรองรับปริมาณขยะมูลฝอยที่เกิดขึ้น จึงทำให้มีขยะตกค้างไม่ได้รับการจัดเก็บ และถูกกำจัดอย่างไม่ถูกลักษณะ และจากการคาดการณ์ว่าจะมีปริมาณขยะเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ ในอนาคต ส่งผลให้สิ้นเปลืองงบประมาณค่าใช้จ่ายในการจัดเก็บขยะมูลฝอยเป็นจำนวนเงินที่สูงขึ้นเนื่องจากระบบที่มีอยู่ประสบปัญหาในการเดินระบบและการบำรุงรักษาที่ไม่ถูกต้อง ขาดบุคลากรที่มี

ความรู้ความเชี่ยวชาญในการเดินระบบ ตลอดจนขาดงบประมาณในการดูแลและเดินระบบ เกิดการต่อต้านจากประชาชน และมีบางแห่งตั้งอยู่ห่างไกลจากชุมชนจึงไม่คุ้มทุนในการขนส่งขยะมูลฝอยเข้ากำจัด ส่วนการสร้างสถานที่กำจัดมูลฝอยแห่งใหม่นั้น มักมีปัญหาเรื่องของการขาดแคลนสถานที่ข้อจำกัดในการสนับสนุนทางด้านงบประมาณการจัดสร้างระบบกำจัดขยะมูลฝอย กฎหมายที่เกี่ยวข้องไม่เอื้ออำนวยต่อการจัดการ ประชาชนที่อยู่ในเขตพื้นที่ใกล้เคียงต่อต้านการก่อสร้างสถานที่กำจัดขยะ และขาดแผนบริหารจัดการจัดการขยะมูลฝอยที่ดี จึงทำให้ต้องเพิ่มงบประมาณ บุคลากร วัสดุ อุปกรณ์ เครื่องมือเครื่องใช้ในการจัดการขยะมูลฝอย ด้วยเหตุนี้จึงควรหาแนวทางแก้ปัญหาที่ต้นเหตุก่อนที่จะนำขยะมูลฝอยมากำจัดในขั้นสุดท้าย โดยหน่วยงานที่เกี่ยวข้องควรเร่งส่งเสริมสร้างสมรรถนะในการบริหารจัดการขยะมูลฝอยให้กับองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นตั้งแต่การคัดแยกขยะจากแหล่งกำเนิด และการรับซื้อวัสดุรีไซเคิล เป็นต้น ทั้งนี้การเพิ่มประสิทธิภาพในการบริหารจัดการขยะมูลฝอยชุมชนนั้น ควรเริ่มต้นตั้งแต่ผู้บริหารเล็งเห็นความสำคัญ ส่งเสริมให้มีนโยบายการจัดการขยะมูลฝอยของท้องถิ่นที่ดีก่อน เพื่อมอบหมายให้หน่วยงานที่รับผิดชอบ เช่น กองสาธารณสุขและสิ่งแวดล้อม กองช่างสุขาภิบาล หรือหน่วยงานอื่นๆ นำนโยบายเหล่านั้นไปจัดทำเป็นแผนงานของหน่วยงานตนเองให้สอดคล้องกับนโยบายที่ได้กำหนดไว้ และให้หน่วยงานเหล่านั้นถูกนำไปใช้ปฏิบัติได้จริงอย่างเข้มงวด โดยการกำหนดนโยบายในด้านการจัดการขยะมูลฝอยจะแตกต่างกันออกไปขึ้นอยู่กับลักษณะของเมือง การให้ความสำคัญของผู้บริหารและขององค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น หรือปัญหาที่เกิดขึ้นเกี่ยวกับการจัดการขยะนั้นๆ ซึ่งจำเป็นต้องพิจารณาถึงประเด็นเฉพาะของแต่ละพื้นที่หรือชุมชนในแง่ของความจำเป็นและความเหมาะสม รวมทั้งบริบทของแต่ละแห่ง โดยวิธีการจัดการที่ได้ผลดีในพื้นที่หนึ่งไม่จำเป็นต้องได้ผลในพื้นที่หนึ่ง สภาพแวดล้อมในแต่ละพื้นที่จะเป็นปัจจัยที่สำคัญในการเลือกวิธีการจัดการที่เหมาะสม อย่างไรก็ตามมาตรการบริหารจัดการที่เหมาะสมทั่วไปที่สามารถประยุกต์ใช้ได้เหมือนกันทุกแห่งมีแนวทางที่สำคัญดังนี้ เน้นการสนับสนุนและส่งเสริมการดำเนินการที่แหล่งกำเนิด โดยเริ่มต้นตั้งแต่การลดและควบคุมการผลิตขยะ (Reduction) ซึ่งเป็นวิธีที่ดูเหมือนจะง่ายและให้ประสิทธิผลมากที่สุด แต่ในทางปฏิบัติแล้วกลับเป็นวิธีที่ทำได้ยาก แม้ในประเทศที่พัฒนาแล้วซึ่งพบว่า บางประเทศ เช่น สหรัฐอเมริกา มีการผลิตขยะมากกว่าประเทศอื่นๆ เมื่อเทียบกับประเทศในยุโรปหรือเอเชีย โดยชุมชนที่มีฐานะเศรษฐกิจดีจะผลิตขยะปริมาณมากกว่าชุมชนที่ยากจน 3-5 เท่า เนื่องจากชุมชนที่ยากจนมีรายได้เพียงพอสำหรับใช้จ่ายในสิ่งที่จำเป็นเท่านั้น จึงใช้ของฟุ่มเฟือยน้อยกว่า และมีแนวโน้มที่จะใช้สิ่งของซ้ำหรือนำเอากลับมาใช้ใหม่มากกว่า เป็นผลให้ลดปริมาณขยะลงไปในตัว รวมทั้งการที่ประเทศต่างๆ มีการพัฒนาไปเป็นประเทศอุตสาหกรรมและมีรายได้ต่อหัวประชากรเพิ่มขึ้น ทำให้แนวโน้มการผลิตขยะต่อคนเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ นอกจากนี้การที่ภาคอุตสาหกรรมเน้นการผลิตในปริมาณมากๆ และราคาถูกเพื่อลดต้นทุน จึงทำให้สินค้ามีคุณภาพด้อยลง และอายุการใช้งานสั้นลง เมื่อสินค้าชำรุดผู้บริโภคก็มักเลือกวิธีโยนทิ้งแทนที่จะหาวิธีซ่อมหรือเปลี่ยนชิ้นส่วนแทน ค่านิยมเหล่านี้จึงทำให้แรงจูงใจที่จะปฏิบัติตามมาตรการลดและควบคุม

การผลิตขยะมีน้อยลง ดังนั้นวิธีต่อมาที่ช่วยให้การจัดการขยะมีประสิทธิภาพก็คือ การคัดแยกขยะ (Sorting) เพื่อนำกลับมาใช้ซ้ำ (Reuse) ในรูปแบบ เดิม นำมาซ่อมแซมใช้ใหม่ หรือนำมาใช้ประโยชน์ อย่างอื่น เช่น การใช้กระดาษทั้ง 2 หน้า การนำขวดน้ำไปบรรจุของเหลวประเภทอื่นแทน เป็นต้น จากนั้นคัดแยกวัสดุที่ไม่สามารถใช้ซ้ำได้แล้ว แต่สามารถหมุนเวียนกลับมาผลิตใหม่ (Recycle) ใน รูปแบบต่างๆ เพื่อใช้ประโยชน์ได้อีกครั้ง เช่น พลาสติก และขวดแก้ว เป็นต้น การส่งเสริมให้ ประชาชนมีพฤติกรรมในการจัดการขยะมูลฝอยที่ดีโดยการคัดแยกขยะเหล่านี้ ทำให้ลดปริมาณขยะที่ ต้องกำจัดลงได้มาก แบ่งเบาภารกิจของภาครัฐ และช่วยลดการใช้ทรัพยากรและพลังงานในการผลิต สินค้าอีกด้วย ทั้งนี้การคัดแยกขยะมูลฝอยก่อนนำไปกำจัดในขั้นสุดท้ายจึงเป็นขั้นตอนที่สำคัญ และ ช่วยลดค่าใช้จ่ายในการกำจัดขยะลง นอกจากนี้ยังส่งผลให้ท้องถิ่นเกิดรายได้จากการขายขยะรีไซเคิล อีกด้วย ซึ่งวิธีการคัดแยกขยะที่มีประสิทธิภาพมากที่สุดควรเริ่มตั้งแต่ในระดับครัวเรือน เพราะทำได้ ง่าย ค่าใช้จ่ายน้อย และช่วยป้องกันวัสดุที่สามารถนำกลับมาใช้ซ้ำได้ใหม่ถูกทำลายหรือปนเปื้อนจากขยะ อื่นๆ เพียงให้แต่ละบ้านจัดภาชนะรองรับขยะแยกกันไว้แต่ละส่วน ซึ่งนอกจากเป็นการกำจัดขยะ โดยตรงแล้ว ยังเป็นการฝึกหรือเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมทางขยะของประชาชนให้เป็นที่เป็นทางอีก ด้วย แต่ในทางปฏิบัตินั้นพบว่า มีเพียงกลุ่มบุคคลบางกลุ่มเท่านั้นที่ดำเนินการคัดแยกขยะคือ (1) พนักงาน ของเทศบาล ซึ่งส่วนใหญ่เป็นพนักงานเก็บขนขยะประจำรถ (2) กลุ่มรถรับซื้อของเก่า ที่คัดแยก ขยะตามถัง และที่รองรับขยะตามหน้าบ้าน (3) กลุ่มคนคัดแยกที่สถานกำจัดขยะรวม และ (4) แม่บ้าน/ เจ้าของที่รวบรวมขยะประเภทต่างๆ ที่มีผู้รับซื้อ เช่น กระดาษ พลาสติก ขวดแก้ว ไม้จำหน่าย ด้วยเหตุ นี้จึงทำให้ไม่สามารถนำขยะกลับมาใช้ประโยชน์ได้เต็มประสิทธิภาพเท่าที่ควร โดยมีไม่ถึงร้อยละ 30 จากปริมาณขยะทั้งหมดที่เกิดขึ้น นอกจากนี้การนำวัสดุใช้แล้วมาผลิตสินค้ายังทำได้น้อยมาก เนื่องจากประเทศไทยยังขาดแคลนเทคโนโลยีการรีไซเคิลอยู่ค่อนข้างมาก ซึ่งมีความจำเป็นต้องใช้ งบประมาณเพื่อการวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีทางด้านนี้เพิ่ม รวมทั้งตลาดในการรองรับสินค้า ประเภทนี้ก็ยังมีน้อย [16]

ส่วนในด้านของการกำจัดขยะนั้น ท้องถิ่นส่วนใหญ่ใช้วิธีการทิ้งไว้ให้เน่าเปื่อยผุพังไปเองตาม ธรรมชาติ มีการจุดไฟเผาบ้างเป็นครั้งคราวสำหรับขยะที่เผาไหม้ได้ ซึ่งทำให้เกิดปัญหามลพิษต่อ สภาพแวดล้อมอย่างมากมาย เช่น การปนเปื้อนของดิน การปนเปื้อนของแหล่งน้ำ และการปนเปื้อน ของอากาศ ซึ่งพบเห็นได้ทั่วไปเกือบทุกชุมชนทั่วประเทศ ทำให้พบเห็นความสกปรก และความไม่ เป็นระเบียบเรียบร้อยของบ้านเมืองอยู่ทั่วไป สำหรับชุมชนในระดับหมู่บ้านปรากฏว่า หลายแห่งได้ พยายามปรับปรุงในด้านการรักษาความสะอาด ทำให้หมู่บ้านสะอาด และความเป็นระเบียบเรียบร้อย ดีขึ้น แต่มักทำกันเป็นครั้งคราว โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อมีการประกวดเพื่อชิงรางวัลจากทางราชการ ท้องถิ่นบางแห่งได้พยายามนำขยะไปหมักทำปุ๋ย ซึ่งบางทีก็ใช้มูลสัตว์หมักรวมเข้าไปด้วย แต่มักทำ แบบกองรวมกันไว้โดยไม่มีการพลิกกลับ จึงทำให้กองปุ๋ยหมักหลายแห่งกลายเป็นแหล่งเพาะพันธุ์ สัตว์พาหะนำโรค สรุปคือ การบริหารจัดการขยะมูลฝอยในประเทศไทยนั้นยังมีปัญหาอยู่ค่อนข้างมาก

ทั้งในด้านปัญหามลพิษจากขยะที่เพิ่มมากขึ้น การขาดความร่วมมือและไม่เป็นระเบียบเรียบร้อยของชุมชน การกำจัดที่ไม่ถูกต้องตามสุขลักษณะ ระบบกำจัดขยะที่ไม่เพียงพอ และแนวทางในการแก้ไขปัญหายังยืดยาว เป็นต้น จึงจำเป็นต้องเร่งหาวิธีแก้ไขต่อไปในอนาคต

ปัญหาและอุปสรรคของการบริหารจัดการขยะชุมชนของท้องถิ่น สามารถสรุปได้ 6 ด้าน ดังนี้ [17]

- 1) ด้านจิตสำนึก และการมีส่วนร่วมของประชาชน ซึ่งส่งผลกระทบในการจัดการมูลฝอยตามแผนแห่งชาติในหลายขั้นตอน เช่น ขั้นตอนการคัดแยก ขั้นตอนการนำกลับมาใช้ใหม่ เป็นต้น ปัญหาที่พบได้แก่ ประชาชนมีส่วนร่วมในการลดและนำขยะมูลฝอยกลับมาใช้ประโยชน์น้อย บางส่วนบริโภคสินค้าที่ไม่สามารถนำมาใช้ซ้ำหรือนำกลับมาใช้ใหม่ และไม่นิยมซื้อสินค้ารีไซเคิล เนื่องจากไม่มั่นใจในคุณภาพของสินค้านั้นๆ นอกจากนี้ ยังไม่ให้ความสำคัญในการคัดแยกขยะมูลฝอยเท่าที่ควร มีการทิ้งขยะมูลฝอยอันตรายรวมกับขยะมูลฝอยทั่วไป โดยไม่คำนึงถึงผลกระทบและอันตรายที่เกิดขึ้นสาเหตุเนื่องจากประชาชนส่วนใหญ่ยังไม่มีความรู้ความเข้าใจและขาดการรณรงค์
- 2) ด้านระบบ และรูปแบบการจัดการมูลฝอย ปัจจุบันส่วนใหญ่ขาดระบบการจัดการขยะมูลฝอยที่ครบวงจรและมีประสิทธิภาพ ระบบการเก็บขนขยะมูลฝอยยังมีประสิทธิภาพไม่เพียงพอ ยังคงมีขยะมูลฝอยตกค้างบางพื้นที่ ระบบการจัดการขยะมูลฝอยที่ผ่านการคัดแยกแล้วแต่ยังไม่สมบูรณ์ ทำให้ไม่ได้รับความร่วมมือจากประชาชน เนื่องจากไม่เห็นถึงประโยชน์ของการคัดแยกขยะมูลฝอยเหล่านั้น นอกจากนี้ยังขาดความพร้อมในระบบการจัดเก็บขยะมูลฝอย เช่น การขาดการวางแผนเส้นทางการเก็บขนที่ดี การขาดวัสดุ อุปกรณ์ เครื่องมือ รถเก็บขนขยะมูลฝอยที่ทันสมัย รถเก็บขนขยะมูลฝอยที่มีอยู่นั้นเก่า ชำรุด ทำให้ในบางพื้นที่เกิดปัญหาไม่สามารถดำเนินการได้ตามแผนที่วางไว้ อีกทั้งจำนวนบุคลากรไม่เพียงพอ ทำให้เกิดปัญหาขยะมูลฝอยตกค้างบริเวณทางเท้า และที่ว่างต่างๆ
- 3) ด้านการจัดการ ประสพปัญหาเรื่องของการขาดการบริหารจัดการขยะมูลฝอยที่มีประสิทธิภาพรวมทั้งบุคลากรและเจ้าหน้าที่ที่มีความเข้าใจ และมีความรู้ทางด้านเทคนิคในการปฏิบัติงาน และการควบคุมระบบการกำจัดขยะมูลฝอยมีน้อย และไม่เพียงพอ การแบ่งพื้นที่การเก็บขนขยะมูลฝอยไม่เหมาะสม และไม่สอดคล้องกับจำนวนบุคลากรและประสิทธิภาพของรถเก็บขนมูลฝอย ขาดบุคลากรที่ทำหน้าที่ในการจัดเก็บค่าธรรมเนียมโดยตรง ขาดการติดตามผลการดำเนินงาน
- 4) ด้านนโยบาย ปัญหานี้เป็นปัญหาที่สำคัญและส่งผลไปถึงการดำเนินงานตามแผนแห่งชาติด้วย ปัญหาในปัจจุบันที่พบได้แก่ นโยบายและแนวทางการปฏิบัติที่ชัดเจนและต่อเนื่องยังไม่ได้รับการตอบสนองเท่าที่ควร โดยเฉพาะนโยบายการวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีที่เหมาะสมกับสภาพปัญหาเพื่อใช้ในการลดปริมาณขยะมูลฝอย นำขยะมูลฝอยกลับมาใช้ประโยชน์ใหม่ และนำสิ่งที่เหลือจากการกำจัดขยะมูลฝอยไปใช้ประโยชน์

- 5) ด้านโครงสร้าง และกฎหมาย มีปัญหาในด้านการประสานงานของทุกภาคส่วน ทั้งภาครัฐ ภาคเอกชน และภาคประชาชน ขาดความต่อเนื่องและการเอาใจจริงเอาใจในการดำเนินงานของหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง การสนับสนุนจากภาครัฐทั้งด้านการดำเนินงานและงบประมาณมีไม่เพียงพอ ทำให้เกิดการขาดแคลนวัสดุ อุปกรณ์ และพาหนะเก็บขนขยะมูลฝอย ที่มีความทันสมัยและจำเป็นในการปฏิบัติงาน ซึ่งทำให้เกิดปัญหาขยะมูลฝอยตกค้างตามมา อีกทั้งงบประมาณในการนำเทคโนโลยีเข้ามาใช้นั้นมีจำกัด ขาดการนำมาตรการทางกฎหมายมาบังคับใช้อย่างจริงจังและต่อเนื่อง ขาดมาตรการทางกฎหมายข้อบังคับให้ผู้ประกอบการเป็นผู้รับผิดชอบในผลิตภัณฑ์และบรรจุภัณฑ์ของตนเอง
- 6) ด้านเศรษฐศาสตร์ และสิ่งจูงใจ ประสบปัญหาเนื่องจากสินค้าที่มีส่วนประกอบจากวัสดุรีไซเคิลยังไม่ได้รับความนิยมอย่างแพร่หลาย อีกทั้งยังมีตลาดรองรับน้อย ขาดแรงจูงใจให้โรงงานหรือผู้ผลิตสินค้าร่วมรับผิดชอบในผลิตภัณฑ์และบรรจุภัณฑ์ของตน ทั้งที่เป็นอันตรายและไม่อันตราย

แนวทางและมาตรการแก้ไขในการบริหารจัดการขยะมูลฝอยชุมชน [17]

- 1) สนับสนุนและส่งเสริมการใช้ซ้ำ (Reuse) และการหมุนเวียนกลับมาใช้ใหม่ (Recycle) ในรูปแบบต่างๆ ให้มากขึ้น ดังนี้
 - ปรับรูปแบบและพฤติกรรมการบริโภคของประชาชนโดยให้มีความพอดี ประหยัด ไม่ฟุ่มเฟือย และใช้สินค้าและบริการอย่างคุ้มค่าและเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม รวมไปถึงด้านการท่องเที่ยว ที่เป็นอีกภาคส่วนหลักที่ผลิตขยะเป็นจำนวนมาก จึงควรดำเนิน โครงการลดปริมาณขยะมูลฝอยโดยเร่งด่วน ภายใต้นโยบายการจัดการทรัพยากรอย่างยั่งยืน และเป็นมิตรกับระบบนิเวศในแหล่งท่องเที่ยวชั้นนำของประเทศไทย เพื่อลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมด้วย
 - การออกแบบบรรจุภัณฑ์ใหม่ที่เน้นการใช้วัสดุสิ้นเปลืองให้น้อยลง หรือเปลี่ยนมาใช้วัสดุทดแทนให้เหมาะสม เพื่อให้มีความปลอดภัยและสะดวกสบายเหมือนเดิม ทั้งนี้รัฐบาลควรสนับสนุนให้เกิดธุรกิจรีไซเคิล หรือการแปรรูปใช้ใหม่ที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม โดยสนับสนุนให้ผู้ประกอบการผลิตสินค้าที่มีส่วนประกอบจากวัสดุรีไซเคิลเพิ่มมากขึ้น รวมทั้งสร้างตลาดสำหรับสินค้าประเภทนี้ ซึ่งอาจทำในรูปของการปล่อยกู้ หรือใช้กลไกทางการตลาด มาตรการทางภาษี เพิ่มแรงจูงใจทางเศรษฐศาสตร์ เพื่อให้ราคาสินค้าใกล้เคียงกับสินค้าทั่วไป ทำให้ธุรกิจสามารถดำรงอยู่ได้ และเป็นการช่วยเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมการบริโภคของคนในสังคมให้ใช้สินค้าประเภทนี้มากขึ้น
 - รมรณรงค์ให้ผู้บริโภคมีความตระหนักในการให้ความร่วมมือในการลดปริมาณขยะ เพื่อป้องกันและแก้ไขปัญหามลพิษ โดยมีเป้าหมายเพื่อให้มีคุณภาพสิ่งแวดล้อมที่ดีต่อชีวิต และรักษาสมดุลระบบนิเวศทางธรรมชาติ เนื่องจากขยะมูลฝอยนอกจากทำให้เกิดความรำคาญ และเป็นแหล่งเพาะพันธุ์เชื้อโรคแล้ว ยังเป็นแหล่งสำคัญของการปล่อยแก๊สเรือนกระจก ซึ่งปริมาณแก๊สเรือนกระจกจากของเหลือทิ้งหลังการบริโภคคิดเป็นเกือบร้อยละ 5 ของปริมาณการปล่อยแก๊สเรือนกระจกทั้งหมดของโลก ซึ่งการส่งเสริมการมีส่วนร่วมและการกระตุ้นจิตสำนึกของประชาชนนั้น ควรเริ่มจากการให้เทศบาล

พัฒนาความรู้ ความเข้าใจ และศักยภาพ เน้นการดำเนินงานในเชิงปฏิบัติเพื่อเป็นต้นแบบ และเพิ่มการมีส่วนร่วมกับชุมชนมากกว่าการให้ความรู้ในเชิงทฤษฎีอย่างเดียว

- ส่งเสริมให้ผู้ผลิตมีความรับผิดชอบต่อปริมาณขยะที่เกิดขึ้นภายหลังการผลิต เช่น ใช้หลักการผู้ก่อมลพิษเป็นผู้รับผิดชอบค่าใช้จ่าย (Polluter Pays Principle) หรือการบวกค่ากำจัดขยะเพิ่มเข้าไปกับราคาสินค้า เพื่อลดการสร้างขยะลง และจูงใจให้คนหันมาใช้ของรีไซเคิลมากขึ้น

- รณรงค์ให้มีการคัดแยก และเก็บรวบรวมขยะตั้งแต่ในครัวเรือน โดยเฉพาะการคัดแยกของเสียอันตรายชุมชนออกจากขยะมูลฝอยทั่วไป

2) สนับสนุนให้องค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นมีระบบการจัดการขยะมูลฝอยแบบผสมผสาน และให้มีการรวมกลุ่มขององค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นในการจัดการมูลฝอยชุมชน และมูลฝอยติดเชื้อแบบศูนย์รวม เช่น จัดทำแผนแม่บทในการจัดการมูลฝอยชุมชนให้ภาคเอกชนเข้ามาร่วมลงทุนในการบริหารจัดการ โดยใช้เทคโนโลยีที่เหมาะสมในการดำเนินงาน เพื่อป้องกันมลพิษ

3) เพิ่มสมรรถนะในการบริหารจัดการขยะมูลฝอย โดยเฉพาะองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น เทศบาลนคร และเทศบาลเมือง

- คัดแยกและเก็บรวบรวมของเสียอันตรายชุมชนออกจากขยะมูลฝอยทั่วไป การเพิ่มประสิทธิภาพในการเก็บรวบรวมขยะมูลฝอย การกำจัดขยะมูลฝอยในลักษณะรวมศูนย์ พิจารณาตามศักยภาพและความสมัครใจขององค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นนั้นๆ และเพิ่มรายได้จากการจัดการขยะมูลฝอยทำให้ขยะที่เกิดขึ้นได้รับการจัดการอย่างถูกหลักสุขาภิบาลเพิ่มขึ้น

- ดำเนินการเสริมสร้างสมรรถนะในการบริหารจัดการมูลฝอย และของเสียอันตรายจากชุมชนให้กับองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นอย่างต่อเนื่องและให้ครอบคลุมทั่วประเทศ

4) ส่งเสริมการลงทุนร่วมจากภาคเอกชนในการกำจัดขยะมูลฝอยชุมชน และการนำมูลฝอยนั้นมาใช้ประโยชน์

- สนับสนุนนโยบายการแปรรูปขยะมูลฝอยเป็นพลังงาน โดยจัดตั้งคณะทำงานภายใต้คณะอนุกรรมการประสานกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม และกระทรวงพลังงาน โดยมีการจัดทำทำเนียบการจัดการขยะมูลฝอยเป็นพลังงาน แผนการจัดการขยะมูลฝอยเป็นพลังงาน และโครงการนำร่องการจัดการขยะมูลฝอยเป็นพลังงานทดแทน

- สนับสนุนภาคเอกชนดำเนินธุรกิจการจัดการขยะมูลฝอย โดยต้องมีการติดตามตรวจสอบ และใช้หลักการผู้ก่อมลพิษเป็นผู้จ่ายอย่างยุติธรรมและเสมอภาค

5) ปรับปรุงกฎหมาย ระเบียบข้อบังคับ ให้มีการบังคับใช้ที่เข้มงวดขึ้น เช่น ควบคุมใบอนุญาต ให้หยุดกิจการชั่วคราว ย้ายหรือห้ามใช้สถานที่ก่อเหตุ การให้ออกค่าใช้จ่ายชดเชย การดำเนินคดีในชั้นศาล การเจรจาไกล่เกลี่ยหรือดัดเตือน และการประสานงานกับหน่วยงานที่มีอำนาจดำเนินการ

- ผลักดันการออกกฎหมาย เพื่อส่งเสริมการลด และนำของเสียกลับมาใช้ประโยชน์ในทุกภาคส่วน และแก้ไขพระราชบัญญัติการสาธารณสุข พ.ศ. 2535 เพื่อให้ประชาชนมีการคัดแยกขยะมูลฝอย

- ออกข้อบังคับที่เกี่ยวข้องกับอัตราค่าธรรมเนียมค่าบริการเก็บขนส่งและกำจัดให้สอดคล้องกับค่าดำเนินการ
 - กำหนดนโยบายและมาตรฐานการบริการของโครงการให้เป็นไปตามอนุสัญญาว่าด้วยการคุ้มครองสุขภาพและสิ่งแวดล้อมด้านสารมลพิษที่ประเทศไทยได้ให้สัตยาบันไว้ ได้แก่ อนุสัญญาบาเซล (Basel Convention) ว่าด้วยการควบคุมการเคลื่อนย้ายข้ามแดนของของเสียและการกำจัด อนุสัญญาสตอกโฮล์ม (Stockholm Convention) ว่าด้วยสารพิษที่ตกค้างยาวนาน (POPs) อนุสัญญารอตเตอร์ดัม (Rotterdam Convention) ว่าด้วยกระบวนการแจ้งข้อมูลสารเคมีล่วงหน้าสำหรับสารเคมีอันตรายและสารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชและสัตว์บางชนิดในการค้าระหว่างประเทศ อนุสัญญาที่อยู่ในระหว่างการเจรจาในเวทีโลก เช่น อนุสัญญาว่าด้วยสารปรอท เป็นต้น
 - กำหนดกฎระเบียบควบคุมองค์ประกอบ และการจำหน่ายสินค้าหรือบรรจุภัณฑ์ที่กำจัดยาก หรือนำกลับมาใช้ประโยชน์ยาก
- 6) สนับสนุนด้านการศึกษา วิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีที่เหมาะสมในการจัดการขยะมูลฝอยอย่างมีระบบ เพื่อให้เกิดประโยชน์สูงสุด ไม่กระทบต่อสิ่งแวดล้อมและสุขภาพของประชาชน
- นำองค์ความรู้ที่ได้จากการศึกษาค้นคว้าวิจัยมาปฏิบัติจริง
 - แลกเปลี่ยนองค์ความรู้ เทคโนโลยี และนวัตกรรมในการจัดการมลพิษ ให้แก่องค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นและชุมชนไปประยุกต์ใช้ได้เหมาะสม และเชื่อมโยงผลการวิจัยไปสู่เชิงพาณิชย์มากขึ้น
 - ฝึกอบรมเพิ่มพูนความรู้แก่เจ้าหน้าที่ของรัฐและเอกชน
 - จัดให้มีคู่มือเทคนิคการปฏิบัติงานด้านการจัดการมลพิษสำหรับหน่วยงานที่เกี่ยวข้องทุกระดับ
- 7) ให้ความรู้และสร้างจิตสำนึกให้กับประชาชน รวมถึงส่งเสริมให้ประชาชนเข้ามามีส่วนร่วมในเรื่องของการรับผิดชอบต่อสิ่งแวดล้อมมากยิ่งขึ้น
- ปรับทัศนคติและสร้างค่านิยมการบริโภคอย่างพอเพียงที่ยั่งยืน และให้ตระหนักถึงปัญหาขยะมูลฝอย
 - ส่งเสริมให้มีเครือข่ายระหว่างภาคประชาชนและภาครัฐ เพื่อร่วมเสนอความคิดเห็น ร่วมมือในการปฏิบัติและแก้ไขปัญหาสิ่งแวดล้อมร่วมกัน ร่วมติดตามตรวจสอบการแก้ไขปัญหามลพิษของส่วนราชการและผู้ประกอบการ และแจ้งข้อมูลข่าวสารผู้ฝ่าฝืนกฎหมายสิ่งแวดล้อม
 - จัดให้มีหลักสูตรภาคบังคับของการศึกษาทุกระดับ และหลักสูตรฝึกอบรมด้านการจัดการสิ่งแวดล้อม สำหรับเยาวชน ประชาชน นักการเมือง ผู้บริหารของหน่วยงานราชการ องค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น คณะกรรมการหมู่บ้าน ผู้นำชุมชน เครือข่ายภาคประชาชน และภาคเอกชน
 - ใช้บทบาทของสื่อมวลชน เพื่อสร้างความตระหนัก ความตื่นตัว แรงจูงใจ ทัศนคติที่ดี และความรับผิดชอบต่อประชาชน ทั้งในชุมชนเมืองและชุมชนท้องถิ่นในการรักษาสิ่งแวดล้อม
- 8) การให้ความสำคัญในเรื่องของการบริหารจัดการขยะต้องมีความสม่ำเสมอ และมีการปฏิบัติอย่างต่อเนื่อง

ประสบการณ์การบริหารจัดการขยะของต่างประเทศ [7, 17]

ประเทศต่างๆ ทั่วโลกมีวิธีการจัดการขยะที่แตกต่างกันออกไป ขึ้นกับปริมาณ ชนิด และสภาพภูมิประเทศและสภาพอากาศ โดยวิธีการกำจัดขยะที่สำคัญของประเทศต่างๆ ทั่วโลก ได้แก่ การเผา การฝังกลบ การทำปุ๋ย และการนำกลับมาใช้ใหม่ ทั้งนี้ประเทศที่ใช้วิธีการกำจัดขยะโดยวิธีการฝังกลบในสัดส่วนที่มากที่สุดคือ ประเทศอังกฤษ แต่ประเทศสหรัฐอเมริกากลับมีปริมาณขยะที่ฝังกลบมากที่สุดคือ 120 ล้านตัน/ปี ประเทศที่ใช้วิธีการกำจัดขยะโดยวิธีการทำปุ๋ยหมักในสัดส่วนที่มากที่สุดคือ ประเทศสเปน คิดเป็นสัดส่วนประมาณร้อยละ 17 ของขยะทั้งหมด และประเทศที่ใช้วิธีการกำจัดขยะโดยการนำกลับมาใช้ใหม่ในสัดส่วนที่มากที่สุดคือ ประเทศสหรัฐอเมริกา คิดเป็นสัดส่วนประมาณร้อยละ 17 ของขยะทั้งหมด หรือประมาณ 50 ล้านตัน/ปี และประเทศที่มีสัดส่วนของการเลือกใช้วิธีการเผามากที่สุดคือ ประเทศญี่ปุ่น และสวิตเซอร์แลนด์ โดยประเทศญี่ปุ่นมีการเผาขยะมากที่สุดในโลกคิดเป็น 40 ล้านตัน/ปี จากปริมาณขยะทั่วโลกที่ถูกทำลายโดยการเผาในเตาเผาประมาณ 130 ล้านตัน/ปี และนำกลับมาใช้ใหม่ในรูปของพลังงานไฟฟ้าและความร้อน รวมทั้งนำเศษโลหะที่เหลือจากการเผาไหม้กลับมาใช้ใหม่ ซึ่งกว่า 35 ประเทศได้มีการกำจัดขยะโดยวิธีนี้

กลุ่มประเทศที่พัฒนาแล้วได้ให้ความสำคัญกับการกำจัดขยะอย่างมาก มีมาตรการส่งเสริมและการออกกฎหมายควบคุมปริมาณของเสีย เพื่อส่งเสริมให้มีการลดปริมาณขยะและนำกลับมาใช้ใหม่ จัดตั้งหน่วยงานร่วมระหว่างรัฐและเอกชน เพื่อบริหารจัดการขยะของชุมชน จัดทำสัญญาในเรื่องของการเก็บขยะ การคัดแยกขยะ โดยเอกชนจะได้รับผลตอบแทนในรูปของเครดิตต่างๆ ซึ่งสามารถสรุปการดำเนินงานต่างๆ ของนานาชาติประเทศได้ดังนี้

- 1) จากข้อกำหนดของประชาคมยุโรป ซึ่งกำหนดว่าส่วนของขยะที่เผาไหม้ได้ จะไม่สามารถนำไปฝังกลบได้ ทำให้มีการก่อสร้างโรงเผาขยะเพื่อผลิตพลังงานมากขึ้น
- 2) ประเทศในกลุ่มประชาคมยุโรปมีความเข้มงวดในเรื่องของมาตรฐาน และกำหนดปริมาณแก๊สที่ปล่อยออกมาจากโรงเผาขยะมากขึ้น ทำให้ต้องมีการออกแบบระบบที่ก่อมลพิษน้อยลง และคาดว่าจะมีการพัฒนานำเศษถ่านและชีโลหะมาพัฒนาใช้ประโยชน์เป็นส่วนผสมของวัสดุก่อสร้างมากขึ้น
- 3) พัฒนาส่งเสริมการนำขยะไปผลิตปุ๋ยชีวภาพ และเชื้อเพลิงอัดแท่ง
- 4) เริ่มนำเทคโนโลยี Plasma Arc มาใช้มากขึ้น ทั้งในยุโรป อเมริกา และญี่ปุ่น
- 5) กำหนดนโยบาย Zero Waste to Energy เพื่อลดปริมาณขยะให้ได้มากที่สุด และวางเป้าหมายลดการฝังกลบขยะในทวีปยุโรปให้เหลือน้อยที่สุด ในปี พ.ศ. 2563
- 6) นำหลักการความรับผิดชอบของผู้ผลิต (Producer Responsibility) มาใช้โดยให้ภาคเอกชน หรือกลุ่มอุตสาหกรรมรวมตัวกัน เพื่อกำจัดขยะในส่วนที่บริษัทของตนผลิตสินค้าหรือบรรจุภัณฑ์ออกมา โดยมีมาตรการจูงใจในเรื่องภาษี และส่วนลดในค่าธรรมเนียมต่างๆ แก่ผู้เข้าร่วมโครงการ เพื่อลดอัตราการเกิดขยะ

กรณีศึกษาการบริหารจัดการขยะมูลฝอยของต่างประเทศ [17]

1) ประเทศญี่ปุ่น ตามกฎหมายที่เกี่ยวกับการจัดการขยะมูลฝอยของประเทศญี่ปุ่น แบ่งเป็น 2 ประเภท ได้แก่ ขยะมูลฝอยชุมชนและขยะอุตสาหกรรม โดยขยะมูลฝอยชุมชนจะเก็บรวบรวมโดยเทศบาล และประชาชน ส่วนขยะอุตสาหกรรมเก็บรวบรวมโดยเอกชน ขยะทั้ง 2 ประเภทนี้จะต้องมีการคัดแยก วัสดุรีไซเคิลไปใช้ในอุตสาหกรรมแปรรูป วัสดุเผาไหม้ได้นำเข้าเตาเผา ส่วนวัสดุเผาไหม้ไม่ได้และ วัสดุขนาดใหญ่จะถูกเข้าเครื่องย่อยแล้วนำไปฝังกลบ นอกจากนี้ยังมีการกำหนดจุดทิ้งขยะรีไซเคิล กำหนดให้ผู้ผลิตต้องรีไซเคิลผลิตภัณฑ์ที่ตนเองผลิตขึ้น และออกกฎหมายรีไซเคิลภาชนะบรรจุภัณฑ์ และหีบห่อ เป็นต้น จุดแข็งของการจัดการขยะในญี่ปุ่นคือ เน้นการคัดแยกที่แหล่งกำเนิด โดยกำหนด วัน ประเภท และเวลาในการทิ้ง มีการพัฒนาการจัดการขยะโดยกำหนดค่าน้ำหนักของขยะที่ทิ้งให้ไม่เกิน 900 กรัม/คน และให้ผู้ก่อขยะต้องรับผิดชอบในการคัดแยกก่อน

2) ประเทศสิงคโปร์ ในช่วง 30 ปีที่ผ่านมาปริมาณขยะเพิ่มขึ้นถึง 6 เท่า โดยมากกว่าร้อยละ 90 ถูก กำจัดโดยโรงเผาขยะที่มีอยู่ 4 แห่งบนเกาะสิงคโปร์ ส่วนขยะที่ไม่สามารถเผาได้และเถ้าจากการเผาจะ นำไปฝังกลบ แผนการจัดการขยะเป็นแผนงานหนึ่งที่อยู่ภายใต้ Singapore Green Plan 2012 ซึ่ง ประกอบด้วย แผนการจัดการน้ำ แผนการจัดการอากาศ แผนอนุรักษ์ธรรมชาติ แผนทรัพยากร และ แผนสิ่งแวดล้อมระหว่างประเทศ การจัดการขยะเน้นที่ การใช้เทคโนโลยีที่ทันสมัยและเหมาะสม ลดของเสียจากแหล่งกำเนิด สร้างการมีส่วนร่วมนำขยะมารีไซเคิล พัฒนาตลาดของผลิตภัณฑ์รีไซเคิล และเพิ่มสมรรถนะอุตสาหกรรมจัดการของเสีย โดยกำหนดเป้าหมายสิ้นสุดของแผนคือ ปี พ.ศ. 2555 ให้ยกเลิกการฝังกลบขยะ

3) ประเทศ ไต้หวัน มีข้อจำกัดในเรื่องของพื้นที่และความหนาแน่นของประชากรต่อพื้นที่ ดังนั้น รัฐบาลจึงให้ความสำคัญต่อการกำจัดขยะชุมชนอย่างมาก เน้นการนำขยะไปเผาในโรงเผาขยะ มากกว่ากำจัดโดยการฝังกลบ และมีมาตรการอื่นๆ ที่นำมาใช้ ได้แก่ การลดปริมาณขยะตั้งแต่ขั้นตอน การผลิต การเก็บค่าขยะต่อถุง (Per Bag Trash Collection Policy) ทำให้ปริมาณขยะลดลงถึงร้อยละ 51 และกำหนดวิสัยทัศน์ห้ามฝังกลบขยะ หรือ Total Recycling ภายในปี พ.ศ. 2553 โดยจัดทำเป็น แผนงาน เพื่อรณรงค์ให้ครัวเรือนต่างๆ มีการนำวัสดุและเศษอาหารไปใช้ประโยชน์ก่อนทิ้ง

4) ประเทศนิวซีแลนด์ เริ่มแผนยุทธศาสตร์การจัดการขยะ เมื่อเดือนมีนาคม ปี พ.ศ. 2545 เพื่อลด ปริมาณขยะให้เป็นศูนย์ (Moving Towards Zero Waste) และกำหนดเป้าหมายการจัดการขยะที่ยั่งยืน ของประเทศไว้ 3 ประการ ดังนี้

- ลดค่าใช้จ่ายทางสังคมและความเสี่ยงที่ได้รับจากขยะ
- ลดความเสียหายของสิ่งแวดล้อมที่เป็นผลจากการเกิดและทิ้งขยะ
- เพิ่มผลตอบแทนทางเศรษฐกิจในการใช้วัสดุต่างๆ

โดยวางนโยบายที่สำคัญไว้ 5 ประการคือ (1) มีกฎระเบียบที่เหมาะสม เพื่อการลดและกำจัดขยะ โดยกำหนดผู้รับผิดชอบหลัก โดยเฉพาะรัฐบาลท้องถิ่น (2) ราคาที่มีประสิทธิภาพ (Efficient Price)

โดยกำหนดราคาที่เหมาะสมที่สะท้อนค่าใช้จ่ายในการกำจัดขยะ (3) มาตรฐานด้านสิ่งแวดล้อมในระดับที่สูง (High Environmental Standards) (4) การมีสารสนเทศที่เพียงพอและเข้าถึงได้ (5) การใช้วัสดุอย่างมีประสิทธิภาพ โดยการนำมาใช้ซ้ำ หรือผลิตใหม่ เพื่อลดปริมาณขยะ

5) ประเทศออสเตรเลีย มีนโยบาย Zero Waste เช่นเดียวกับรัฐบาลนิวซีแลนด์ โดยกำหนดให้ดำเนินการภายในปี พ.ศ. 2553 และเริ่มดำเนินงานมาตั้งแต่เดือนธันวาคม ปี พ.ศ. 2539 และตั้งเป้าหมายในการลดปริมาณขยะลงร้อยละ 25 ในแต่ละปี มีการจัดเก็บภาษีจากวัสดุที่เพิ่มขึ้น เพื่อนำไปชดเชยให้กับส่วนที่มีการนำวัสดุมาใช้ซ้ำ ควบคุมปริมาณพื้นที่ฝังกลบและโรงเผาขยะ เป็นต้น ความสำเร็จที่เกิดขึ้นจากความร่วมมือของภาครัฐ เอกชน และผู้อยู่อาศัยจากการเน้นลดการเกิดและการกำจัดขยะให้เป็นอย่างน้อยที่สุดคือ ลดการบริโภควัสดุและทรัพยากรพลังงานในภาพรวม นำไปสู่สังคมที่ปลอดจากขยะเพื่อความยั่งยืนทางนิเวศวิทยา เสริมสร้างความรู้ความเข้าใจในประเด็นการจัดการของขยะและรักษาสิ่งแวดล้อม กระตุ้นให้ชุมชนมีส่วนร่วมในการตัดสินใจในทุกระดับทั้งระดับชาติและท้องถิ่น เพิ่มประโยชน์ด้านสังคมและสิ่งแวดล้อมจากการใช้ทรัพยากรอย่างมีประสิทธิภาพ

6) ประเทศแคนาดา มีเป้าหมาย Zero Waste ในปี พ.ศ. 2553 เช่นเดียวกับกลุ่มประเทศทางสแกนดิเนเวีย นิวซีแลนด์ และออสเตรเลีย โดยมีการมุ่งเน้นในด้านต่างๆ ดังนี้ ความรับผิดชอบของผู้ผลิต การนำผลิตภัณฑ์กลับไปใช้ซ้ำ การออกแบบที่สามารถใช้งานและผลิตซ้ำ การจูงใจให้ใช้ผลิตภัณฑ์ที่ผลิตจากวัสดุรีไซเคิลเพื่อส่งเสริมตลาดสินค้ารีไซเคิลให้เพิ่มขึ้น การเข้าใจถึงการจัดการและการลดขยะจากแหล่งกำเนิดซึ่งมีประสิทธิภาพมากกว่าการกำจัดขยะเมื่อผ่านการใช้แล้ว สร้างกลไกทางเศรษฐศาสตร์ที่ส่งเสริมการอนุรักษ์ทรัพยากร และจัดทำโครงสร้างพื้นฐานเพื่อการนำขยะมาใช้และผลิตซ้ำ เป็นต้น

7) ประเทศฟินแลนด์ มีการจัดทำแผนการจัดการขยะแห่งชาติในปี พ.ศ. 2541 และมีการทบทวนในปี พ.ศ. 2545 โดยเน้นการนำขยะชีวภาพ ได้แก่ ของเสียจากพืช มูลสัตว์ และเศษวัสดุอื่นๆ เช่น กระดาษ มาผลิตเป็นพลังงานและปุ๋ย เพื่อให้ปริมาณขยะลดลงอย่างเห็นผล มีการออกกฎหมายการจัดเก็บภาษีจากการทิ้งขยะบนพื้นที่ฝังกลบ (Waste Tax Act) โดยคิดในอัตรา 15 เหยียยูโร/ตัน มีผลบังคับใช้ตั้งแต่เดือนกันยายน พ.ศ. 2539 และเพิ่มขึ้นเป็น 23 เหยียยูโร/ตัน เมื่อต้นปี พ.ศ. 2546

8) ประเทศสหรัฐอเมริกา มีแนวทางการจัดการขยะ โดยมุ่งเน้นในด้านต่างๆ ดังนี้

- สนับสนุนการวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีและแนวคิดในการนำวัสดุใช้แล้วมาผลิตเป็นผลิตภัณฑ์ใหม่
- ให้อิสระแก่รัฐบาลท้องถิ่นและชุมชนในการห้ามนำขยะจากที่อื่นมาทิ้งในพื้นที่
- ส่งเสริมให้มีการนำบรรจุภัณฑ์ประเภทเครื่องดื่มไปบรรจุซ้ำ แทนการนำไปหลอมใช้ใหม่
- ออกกฎหมาย National Recycle Investment Tax Credit การจัดทำโครงการเงินกู้ดอกเบี้ยต่ำ
- ส่งเสริมให้นำเศษวัสดุ ซากปรักหักพังของอาคารมาใช้ในโครงการของรัฐ
- กำหนดเป้าหมายที่จะบรรลุสู่สังคม Zero Waste ให้สอดคล้องกับ State Action
- มีหน่วยงานดูแลรับผิดชอบในการดำเนินการ ส่งเสริม และลงทุนด้านการรีไซเคิลวัสดุและผลิตภัณฑ์

- จัดตั้งสวนอุตสาหกรรมเชิงนิเวศน์ (Eco-Industrial Park) ให้เอกชนเช่าพื้นที่ เพื่อลงทุนด้านการใช้ซ้ำ และรีไซเคิล
- จัดเก็บค่าธรรมเนียมขยะ โดยยึดหลัก Pay-as-you-Throw
- ห้ามนำวัสดุ ผลิตภัณฑ์ที่ใช้ได้เพียงครั้งเดียวมาใช้ในการจัดงานมหกรรม และงานตามเทศกาล
- ณรงค์ ให้ความรู้ความเข้าใจแก่ประชาชนในการรวบรวมและคัดแยกวัสดุ เพื่อสะดวกต่อการนำมาใช้ซ้ำ รีไซเคิล และผลิตปุ๋ย เพื่อการค้าและอุตสาหกรรม

บทที่ 3 เทคโนโลยีการผลิตพลังงานจากขยะ

3.1 ทฤษฎีเกี่ยวกับการผลิตพลังงานจากขยะ

เทคโนโลยีการจัดการและกำจัดขยะมูลฝอยมีให้เลือกหลายแบบ ขึ้นกับความเหมาะสมในการใช้งานของแต่ละพื้นที่ โดยเทคโนโลยีกำจัดขยะที่สามารถแปลงขยะเป็นพลังงาน และใช้ผลิตกระแสไฟฟ้าโดยทั่วไปมีดังนี้ [2, 18-22]

3.1.1 เทคโนโลยีการผลิตแก๊สชีวภาพโดยกระบวนการย่อยสลายแบบไร้ออกซิเจน

(Biogas Production by Anaerobic Digestion)

เป็นกระบวนการหมักขยะมูลฝอยประเภทสารอินทรีย์ในสภาวะที่ไร้ออกซิเจน เพื่อให้จุลินทรีย์ย่อยสลายสารอินทรีย์ให้กลายเป็นแก๊สชีวภาพ (Biogas) สำหรับใช้ผลิตพลังงานไฟฟ้าหรือความร้อน ส่วนกากที่เหลือจากการหมักสามารถนำไปใช้ในการเพาะปลูกพืชได้อีก

การผลิตแก๊สชีวภาพโดยกระบวนการย่อยสลายแบบไร้ออกซิเจนแบ่งได้เป็น 2 แบบคือ

1) การผลิตแก๊สชีวภาพจากหลุมฝังกลบขยะมูลฝอย (Sanitary Landfill Gas)

ในหลุมฝังกลบจะมีขยะมูลฝอยทุกประเภทรวมอยู่ แต่กลุ่มที่ให้แก๊สคือ ขยะมูลฝอยประเภทสารอินทรีย์ โดยจะวางแนวท่อเพื่อระบายและรวบรวมแก๊สชีวภาพที่เกิดขึ้น ซึ่งมีแก๊สมีเทน (CH_4) เป็นองค์ประกอบสำคัญแล้วนำไปใช้ประโยชน์

หลักการผลิตพลังงานโดยใช้แก๊สชีวภาพนี้ เริ่มจากการดูดแก๊สชีวภาพออกจากหลุมฝังกลบให้มารวมอยู่ที่จุดใดจุดหนึ่ง จากนั้นส่งเข้าสู่ระบบทำความสะอาดก่อนนำไปใช้ผลิตกระแสไฟฟ้าหรือความร้อน โดยทั่วไประบบนี้ประกอบด้วยขั้นตอนต่างๆ ดังนี้ (ดังรูปที่ 3.1)

(1) ระบบรวบรวมแก๊ส ได้แก่ การขุดบ่อ (Well) และร่อง (Trench)

(2) ระบบท่อลำเลียงแก๊ส ได้แก่ ระบบท่อแขนง (Lateral) ท่อเมน (Header) หรือท่อย่อย (Subheader)

(3) ระบบทำให้แก๊สจากหลุมฝังกลบมีความบริสุทธิ์ ก่อนนำเข้าเผาไหม้ในห้องสันดาป โดยต้องทำให้สะอาดและบริสุทธิ์ เพื่อให้มี CH_4 มากที่สุด ซึ่งมีขั้นตอนทำความสะอาดดังต่อไปนี้

- การกำจัดน้ำหรือความชื้นออกจากแก๊ส โดยการใช้ท่อดักไอน้ำที่ไหลรวมมากับแก๊ส ทั้งนี้ความชื้นจะหนักกว่ากลุ่มแก๊สที่อยู่ในท่อ ทำให้ตกลงด้านล่างท่อแล้วรวบรวมนำไปทิ้งได้

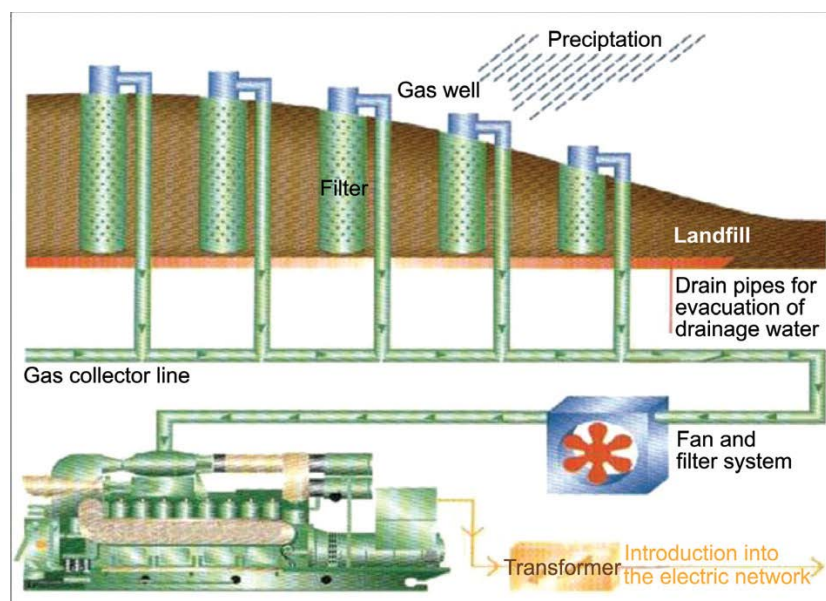
- การกำจัด H_2S ที่เป็นอันตรายต่อชิ้นส่วนลูกสูบ กระบอกสูบ โดยเฉพาะการเกิดกำมะถันเกาะตาม กระบอกสูบหรือในห้องเผา ซึ่งกำจัดได้หลายวิธี ที่นิยมใช้อย่างแพร่หลายคือ การใช้เศษเหล็กหรือฟอย เหล็กเป็นตัวกำจัด

- การกำจัด CO_2 โดยอาศัยตัวดูดซับ CO_2 หรืออาจใช้น้ำในการดูดซับให้กลายเป็นกรดคาร์บอนิกแยก จาก CH_4 ได้

(4) ระบบดูดและอัดอากาศ ได้แก่ Blower และอุปกรณ์อื่น สำหรับการดูดและรวบรวมแก๊ส

(5) ระบบเผาแก๊สทิ้ง (Flare) ในกรณีที่มีแก๊สจำนวนมากเกินที่ระบบจะรับได้

(6) ระบบผลิตกระแสไฟฟ้า (Generator)



รูปที่ 3.1 ระบบรวบรวมแก๊สชีวภาพจากหลุมฝังกลบขยะมูลฝอย [18]

2) การคัดแยกเฉพาะขยะอินทรีย์แล้วนำไปหมักในถังหมักแบบไร้อากาศ (Anaerobic Digestion)

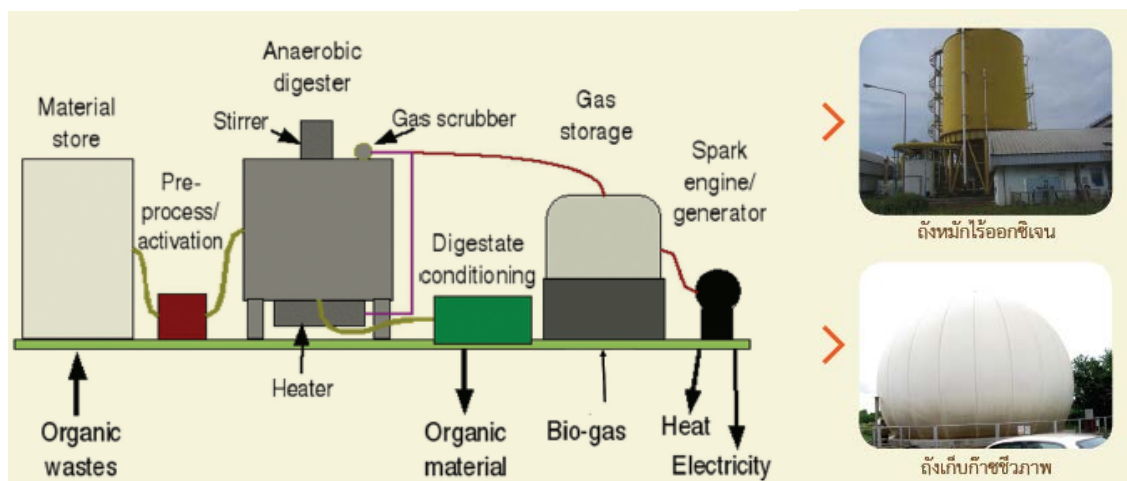
เพื่อให้เกิดแก๊สชีวภาพโดยเฉพาะ CH_4 ส่วนประกอบของระบบประกอบด้วยขั้นตอนต่างๆ ดังนี้ (ดังรูปที่ 3.2)

(1) การคัดแยก (Sorting) ขยะมูลฝอยอินทรีย์จากขยะมูลฝอยรวม หรือการคัดแยกสิ่งปะปนออกจาก ขยะมูลฝอยอินทรีย์ และการลดขนาด (Size Reduction) ให้เหมาะสมสำหรับการย่อยสลาย

(2) การนำขยะเข้าถังหมัก โดยเป็นการย่อยสลายแบบไร้ออกซิเจน ซึ่งเป็นขั้นตอนการผลิตแก๊สชีวภาพ จากขยะมูลฝอยอินทรีย์สำหรับนำไปใช้เป็นพลังงาน

(3) ระบบทำให้แก๊สมีความบริสุทธิ์ เช่นเดียวกับแบบแรก

(4) ระบบผลิตกระแสไฟฟ้า



รูปที่ 3.2 การผลิตแก๊สชีวภาพแบบไร้ออกซิเจนจากขยะอินทรีย์ [18]

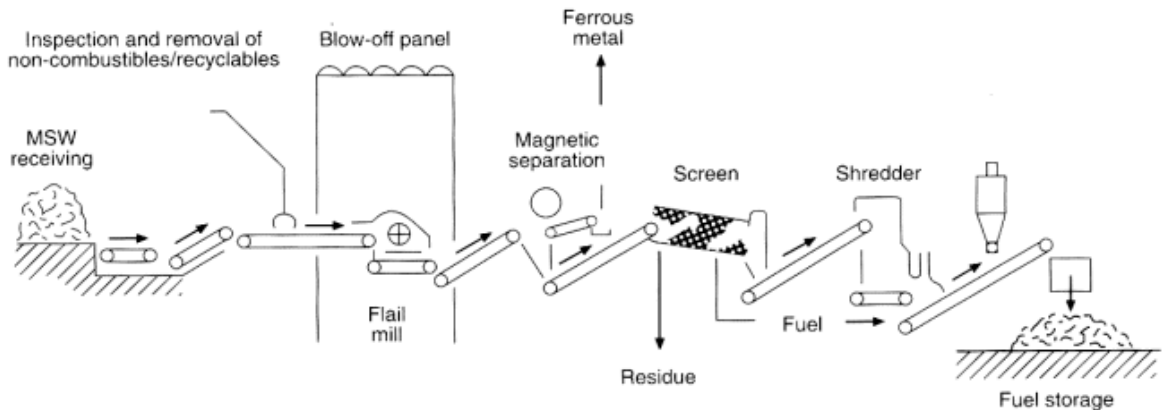
โดยทั้ง 2 ระบบให้แก๊สชีวภาพที่ไม่แตกต่างกัน ส่วนประกอบของแก๊สส่วนใหญ่ ได้แก่ CH_4 และ CO_2 อาจมี NH_3 และไอน้ำเกิดขึ้นด้วย แต่การคัดแยกเฉพาะสารอินทรีย์แล้วนำไปหมักในถังหมักแบบไร้อากาศจะให้สัดส่วนของ CH_4 มากกว่าการผลิตแก๊สชีวภาพจากหลุมฝังกลบขยะมูลฝอย ส่วนการจัดการกับแก๊สที่รวบรวมมาได้นั้นมี 2 วิธีการคือ การเผาทำลายทิ้ง และการนำไปผลิตกระแสไฟฟ้า โดยนำแก๊สที่รวบรวมมาได้ทั้งหมดไปสันดาปในห้องเผาเครื่องยนต์ (Internal Combustion) แล้วผลิตกระแสไฟฟ้า ทั้งนี้ต้องคำนวณหาปริมาณแก๊สที่สามารถรวบรวมได้ก่อน จากนั้นออกแบบระบบทำความสะอาดแก๊สให้บริสุทธิ์ โดยการกำจัด H_2S และ CO_2 ไล่น้ำออกให้หมดจะได้ CH_4 ที่มีความบริสุทธิ์สูงประมาณร้อยละ 70-80 ซึ่งสามารถใช้ในเครื่องสันดาปภายในเพื่อผลิตกระแสไฟฟ้า และช่วยยืดอายุการทำงานของเครื่องยนต์สันดาปได้นานขึ้น

โดยทั่วไปการใช้เทคโนโลยีย่อยสลายแบบไร้ออกซิเจนในการบำบัดขยะมูลฝอยอินทรีย์ 1 ตัน จะได้แก๊สชีวภาพประมาณ 100-200 ลูกบาศก์เมตร โดยมีองค์ประกอบของ CH_4 ประมาณร้อยละ 55-70 และมีค่าความร้อนประมาณ 20-25 เมกะจูล/ลูกบาศก์เมตร

3.1.2 เทคโนโลยีการผลิตแท่งเชื้อเพลิงขยะ (RDF)

RDF (Refuse Derived Fuel) เป็นเชื้อเพลิงในรูปของแข็งที่ผลิตจากขยะมูลฝอยชุมชน โดยต้องนำขยะมาผ่านกระบวนการจัดการต่างๆ (ดังรูปที่ 3.3) ซึ่งได้แก่ การคัดแยกขยะมูลฝอยที่ไม่สามารถเผาไหม้ได้ออกทั้งด้วยมือและเครื่องจักร การลดขนาดโดยการบดหรือหั่น การผสมด้วยตัวประสาน การทำให้แห้ง การอัดเป็นก้อนหรือแท่ง การบรรจุ และการเก็บ เพื่อปรับปรุงสมบัติทางกายภาพและเคมีให้สม่ำเสมอกลายเป็น RDF ที่มีค่าความร้อน ความชื้น ขนาด และความหนาแน่นที่เหมาะสม เพื่อนำไปใช้เป็นเชื้อเพลิงผลิตพลังงานต่อไป และสะดวกต่อการจัดเก็บ การขนส่ง และการจัดการต่างๆ

รวมทั้งส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมต่ำ นอกจากนี้ยังมีการนำเศษพลาสติกเก่ามาหลอมรวมกัน เพื่อทำเป็น RDF ได้ด้วยเช่นกัน



รูปที่ 3.3 กระบวนการผลิต RDF [20]

วัสดุที่เหมาะสมในการนำมาใช้ทำ RDF ได้แก่ กระดาษ กระดาษแข็ง พลาสติก ไม้ และผ้า ซึ่งมีค่าความร้อนต่ำสุดประมาณ 11-17 เมกะจูล/กิโลกรัม โดยอาจผลิตออกมาเป็นเม็ด ก้อน หรือแท่ง โดยแบ่งออกเป็น 7 ชนิด ตามมาตรฐาน ASTM E-75 ซึ่งขึ้นอยู่กับกระบวนการจัดการที่ใช้ ดังตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 ลักษณะของ RDF แต่ละชนิดและระบบการเผาไหม้ [18]

ชนิด	กระบวนการจัดการ	ระบบการเผาไหม้
RDF: MSW	คัดแยกส่วนที่เผาไหม้ได้ออกมาด้วยมือ รวมทั้งขยะที่มีขนาดใหญ่	Stoker
RDF 2: Coarse RDF	บดหรือตัดขยะมูลฝอยอย่างหยาบๆ	Fluidized Bed Combustor, Multi Fuel Combustor
RDF 3: Fluff RDF	คัดแยกส่วนที่เผาไหม้ไม่ได้ ออก เช่น โลหะ แก้ว และอื่นๆ มีการบดหรือตัดจนทำให้ร้อยละ 95 ของขยะที่คัดแยกแล้วมีขนาดเล็กกว่า 2 นิ้ว	Stoker
RDF 4: Dust RDF	นำขยะมูลฝอยส่วนที่เผาไหม้ได้มาผ่านกระบวนการให้อยู่ในรูปของผงฝุ่น	Fluidized Bed Combustor, Pulverized Fuel Combustor

ตารางที่ 3.1 ลักษณะของ RDF แต่ละชนิดและระบบการเผาไหม้ (ต่อ)

ชนิด	กระบวนการจัดการ	ระบบการเผาไหม้
RDF 5: Densified RDF	นำขยะมูลฝอยส่วนที่เผาไหม้ได้มาผ่านกระบวนการอัดแท่งให้มี ความหนาแน่นมากกว่า 600 kg/m ³	Fluidized Bed Combustor, Multi Fuel Combustor
RDF 6: RDF Slurry	นำขยะมูลฝอยส่วนที่เผาไหม้ได้มาผ่านกระบวนการ ให้อยู่ในรูปของ Slurry	Swirl Burner
RDF 7: RDF Syn-gas	นำขยะมูลฝอยส่วนที่เผาไหม้ได้มาผ่านกระบวนการ Gasification เพื่อผลิต Syn-gas ที่สามารถใช้เป็นเชื้อเพลิงแก๊สได้	Burner, Integrated Gasification-Combined Cycle (IGCC)

การใช้ประโยชน์จาก RDF มีหลายวิธี เช่น ใช้เป็นเชื้อเพลิงในอุปกรณ์ที่ใช้ผลิตพลังงานไฟฟ้าและความร้อน เช่น เตาเผา โดยอาจใช้เป็นเชื้อเพลิงภายในที่เดียวกันหรือมีการขนส่งจากแหล่งผลิตไปยังสถานที่ที่ใช้งานกรณีที่โรงงานไม่ได้ตั้งอยู่ที่เดียวกัน ทางเลือกอีกทางหนึ่งคือ การนำไปเผาไหม้ร่วมกับเชื้อเพลิงอื่น เช่น ถ่านหินหรือชีวมวล ทำให้ช่วยลดปริมาณการใช้ถ่านหินลง และสามารถนำไปเผาไหม้ในอุตสาหกรรมบางประเภท เช่น อุตสาหกรรมซีเมนต์ ในกระบวนการผลิตปูนซีเมนต์ เป็นต้น

3.1.3 เทคโนโลยีการแปรรูปขยะมูลฝอยประเภทพลาสติกเป็นน้ำมันเชื้อเพลิง

ขยะมูลฝอยประเภทพลาสติกมีสารประกอบไฮโดรคาร์บอนเช่นเดียวกับน้ำมัน เพียงแต่น้ำมันมีจำนวน C น้อยกว่าพลาสติก เช่น ดีเซลมี C 12 - 20 ตัว เบนซินมี 6 - 12 ตัว แต่พลาสติกมี C เป็นจำนวนมาก ขึ้นอยู่กับชนิดของโพลิเมอร์นั้นๆ การเปลี่ยนพลาสติกให้เป็นน้ำมันจึงต้องตัดโซ่ C ให้สั้นลง ทั้งนี้พลาสติกทั่วไปมีหลายประเภทที่สามารถนำมาผลิตเป็นน้ำมันได้ แต่อาจให้ผลผลิตและปริมาณที่ต่างกัน โดยน้ำมันที่ได้จากขวดใสและถุงอาหารทั่วไปจะให้น้ำมันดีเซลสีขุ่นดำ แต่หากใช้วัตถุดิบประเภทถุงพลาสติกใหม่จะได้น้ำมันสีเหลืองใส ประเภทวัตถุดิบและผลผลิตที่ได้ของพลาสติกแสดงดังตารางที่ 3.2

ตารางที่ 3.2 ประเภทวัตถุดิบและผลผลิตน้ำมันที่ได้ [18]

ประเภทของพลาสติก	ผลผลิตที่ได้
โพลีเอทิลีน (Polyethylene)	ดีมาก
โพลีโพรไพลีน (Polypropylene)	ดีมาก
โพลีสไตรีน (Polystyrene)	ดีมาก
เอบีเอส เรซิน (ABS Resin)	ดี
โพลียูรีเทน (Polyurethane)	พอใช้
โพลีไวนิลคลอไรด์ (Polyvinyl Chloride)	ไม่เหมาะสม

กระบวนการผลิตเริ่มด้วยการป้อนขยะมูลฝอยประเภทพลาสติกโพลีเอทิลีนหรือโพลีโพรไพลีน เช่น ขวดพลาสติก ขวดช้อน ขวดยาสระผม ผสมกับตัวเร่งปฏิกิริยาเข้าไปในระบบป้อนวัตถุดิบ จากนั้นระบบป้อนวัตถุดิบจะดันวัตถุดิบให้เคลื่อนที่เข้าไปยังเตาหลอม พลาสติกจะเปลี่ยนสภาพเป็นพลาสติกหลอมเหลวด้วยความร้อนจากระบบที่อยู่ด้านล่าง ซึ่งใช้แก๊สหุงต้มเป็นเชื้อเพลิงหลัก และจะหลอมเหลวอย่างต่อเนื่องจนกระทั่งพลาสติกเกิดการแตกตัว (Decomposition) ให้ผลิตภัณฑ์ที่เป็นแก๊สหรือไอน้ำมันออกมาที่อุณหภูมิของปฏิกิริยาประมาณ 350-500 องศาเซลเซียส แก๊สหรือไอน้ำมันนี้จะไหลออกจากส่วนบนของเตาเข้าสู่ระบบแลกเปลี่ยนความร้อน เพื่อควบแน่นไอน้ำมัน โดยระบบแลกเปลี่ยนความร้อนจะแบ่งเป็นสองช่วงคือ ช่วงแรกเป็นช่วงที่แก๊สหรือไอน้ำมันมีความร้อน 180-350 องศาเซลเซียส ช่วงที่สองเป็นช่วงที่แก๊สหรือไอน้ำมันมีความร้อนต่ำกว่า 180 องศาเซลเซียส ไอน้ำมันจะถูกควบแน่นกลายเป็นน้ำมันเหลวที่อุณหภูมิประมาณ 25-30 องศาเซลเซียส และไหลต่อไปยังถังดักสารปนเปื้อน ส่วนแก๊สที่ไม่ควบแน่น (C_1-C_4) จะถูกแยกออกที่ถังดักสารปนเปื้อนแล้วส่งผ่านท่อแก๊สไปยังระบบให้ความร้อน เพื่อใช้เป็นเชื้อเพลิงในการให้ความร้อนกับเตาหลอม จากนั้นเครื่องสูบน้ำมันจะส่งน้ำมันดิบไปยังถังบรรจุน้ำมันดิบ และสิ่งปนเปื้อนที่เหลือ เช่น ดิน ทราย และอื่นๆ ที่ปนมากับวัตถุดิบจะถูกระบบทำความสะอาดอัตโนมัติลำเลียงออกจากสายพานลำเลียง นำไปกำจัดอย่างปลอดภัยต่อไป

3.1.4 เทคโนโลยี Gasification และ Pyrolysis

ระบบ Gasification เป็นกระบวนการทำให้ขยะกลายเป็นแก๊สโดยทำปฏิกิริยาสันดาปแบบไม่สมบูรณ์ (Partial Combustion) กล่าวคือ สารอินทรีย์ในขยะจะทำปฏิกิริยากับอากาศหรือออกซิเจนในปริมาณจำกัด ส่วนระบบ Pyrolysis จะเผาที่อุณหภูมิสูงประมาณ 1,200-1,400 องศาเซลเซียส ผลที่เกิดขึ้นคือจะเกิดปฏิกิริยากลับสลายทางเคมีของขยะ ได้แก๊สเชื้อเพลิงซึ่งมีองค์ประกอบหลักคือ CO , H และ CH_4

ทั้งนี้องค์ประกอบของแก๊สเชื้อเพลิงขึ้นอยู่กับชนิดของเครื่องปฏิกรณ์ (Gasifier) สภาพความดัน อุณหภูมิ และคุณสมบัติของแก๊สเชื้อเพลิงแข็ง โดยแก๊สเชื้อเพลิงที่ผลิตได้นี้สามารถนำไปใช้เป็นพลังงานในการขับเคลื่อนเครื่องยนต์สันดาปภายใน หรือขับเคลื่อนกังหันแก๊ส เพื่อผลิตกระแสไฟฟ้าต่อไป โดยประสิทธิภาพพลังงานไฟฟ้าจากขยะมีประมาณ 600 กิโลวัตต์/ตัน ขึ้นไป ซึ่งใกล้เคียงกับเทคโนโลยีเตาเผาขยะ แต่เทคโนโลยีนี้ต้องมีการจัดการขยะก่อนส่งเข้าเตาเผา โดยต้องบดคัดขยะให้มีขนาดพอเหมาะ และเดิมขนาดของเตาเผาในระบบนี้มีขนาดไม่ใหญ่มากคือ ไม่เกิน 300 ตัน/วัน แต่ปัจจุบันมีการพัฒนาให้ดีขึ้นและมีขนาดสูงขึ้นเป็น 500 ตัน/วัน

3.1.5 เทคโนโลยีพลาสมาอาร์ค (Plasma Arc)

เป็นเทคโนโลยีด้านพลังงานขั้นสูงที่ใช้ในการกำจัดขยะมูลฝอยได้หลายลักษณะ หลักการคือ ป้อนขยะเข้าไปใน Plasma Arc Field ซึ่งมีอุณหภูมิสูงประมาณ 5,000-15,000 องศาเซลเซียส โดยตรง อุณหภูมิที่สูงระดับนี้จะสามารถแยกอะตอมของธาตุที่เป็นองค์ประกอบของขยะออกได้ ทำให้ขยะถูกความร้อนเผาทำลายลงหมด ความร้อนที่ได้สามารถนำไปผลิตกระแสไฟฟ้าได้ โดยใช้เป็นเชื้อเพลิงของหม้อไอน้ำ และนำไอน้ำมาผลิตกระแสไฟฟ้าต่อไป

เทคโนโลยีพลาสมาอาร์คประกอบด้วยส่วนประกอบหลัก 3 อย่างคือ เครื่องปฏิกรณ์พลาสมา (Plasma Reactor) ระบบควบคุมด้านสิ่งแวดล้อม (Environmental Control) และระบบผลิตพลังงาน (Power Generation Unit) สำหรับประเทศไทยยังไม่มีการใช้เทคโนโลยีนี้ในการบำบัด และผลิตพลังงานจากขยะมูลฝอยชุมชน

3.1.6 การแปรรูปขยะมูลฝอยไปเป็นพลังงานความร้อนโดยใช้เตาเผา (Incineration)

กระบวนการนี้ใช้สำหรับแหล่งที่มีปริมาณขยะอยู่มาก สามารถนำพลังงานความร้อนที่ได้จากการเผาขยะมาใช้ในการผลิตไอน้ำ ทำน้ำร้อน และผลิตกระแสไฟฟ้าได้โดยตรง ถือเป็นทางเลือกหนึ่งที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลายในต่างประเทศ โดยเฉพาะที่เป็นเขตเมือง แต่ระบบเตาเผาจำเป็นต้องมีอุปกรณ์กำจัดแก๊สพิษ ซึ่งมีราคาแพงมาก เพื่อไม่ให้ก่อปัญหาด้านมลพิษทางอากาศตามมา ซึ่งจะกล่าวรายละเอียดต่อไปในส่วนของทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

3.2 สถานภาพการผลิตพลังงานจากขยะในประเทศไทย

แนวโน้มของปริมาณขยะมูลฝอยที่มีปริมาณมากขึ้นทุกๆ ปี ส่งผลให้หลายหน่วยงานพัฒนาเทคโนโลยีในการกำจัดขยะมูลฝอยให้มีความหลากหลาย และให้เหมาะสมกับแต่ละพื้นที่มากยิ่งขึ้น โดยกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมมีนโยบายในการส่งเสริมสนับสนุนให้องค์กร

ปกครองส่วนท้องถิ่นนำขยะมูลฝอยกลับมาใช้ประโยชน์ใหม่ให้มากที่สุด ก่อนนำส่วนที่เหลือไปกำจัดในปริมาณน้อยที่สุด ซึ่งในปัจจุบันองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นหลายแห่งได้นำเทคโนโลยีแปรรูปขยะมูลฝอยเป็นพลังงานในรูปแบบต่างๆ มาใช้เพิ่มมากขึ้น เนื่องจากมีผลพลอยได้จากการดำเนินการ อาทิ ไฟฟ้า แก๊สชีวภาพ น้ำมัน และขยะเชื้อเพลิง จึงทำให้การจัดการขยะมูลฝอยมีความคุ้มค่ามากขึ้น ทั้งจากการขายกระแสไฟฟ้าและการขายคาร์บอนเครดิต ทำให้องค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นให้ความสนใจในข้อเสนอของเอกชนที่จะลงทุนและบริหารจัดการระบบกำจัดขยะชุมชนให้ เนื่องจากเอกชนมีการบริหารจัดการที่คล่องตัว สามารถเข้าถึงแหล่งทุนได้ดีกว่า และสามารถพัฒนาบุคคลให้มีความชำนาญเฉพาะด้าน สอดคล้องกับนโยบายของรัฐที่ต้องการให้เอกชนมีส่วนร่วมในกิจการของรัฐและท้องถิ่น โดยส่วนใหญ่แล้วเอกชนมีข้อเสนอที่จะลงทุนในโครงการผลิตกระแสไฟฟ้าจากขยะชุมชนด้วยกระบวนการทางความร้อน คล้ายกับโครงการเตาเผาในจังหวัดภูเก็ต เนื่องจากมีมาตรการสนับสนุนจากรัฐในการรับซื้อกระแสไฟฟ้าที่ผลิตได้ในอัตราพิเศษ โดยรูปแบบการร่วมลงทุนระหว่างภาครัฐกับเอกชนเป็นไปตามแนวคิด “ความเป็นหุ้นส่วนของรัฐ-เอกชน (Public-Private Partnership)” เป็นหลักการที่ใช้การร่วมกันรับผิดชอบในลักษณะของการเป็นหุ้นส่วน ทั้งการร่วมรับภาระค่าใช้จ่าย และรับประโยชน์ในการดำเนินงานร่วมกันระหว่างภาครัฐและภาคเอกชน ซึ่งโดยปกติแล้วโครงการและบริการเหล่านั้นเป็นหน้าที่โดยตรงของหน่วยงานภาครัฐ ประโยชน์ของความเป็นหุ้นส่วนของรัฐ-เอกชนคือ ภาครัฐจะได้ประโยชน์จากการพัฒนาประเทศ การพัฒนาคุณภาพและประสิทธิภาพของการบริการสาธารณะ โดยอาศัยข้อได้เปรียบของภาคเอกชนในเรื่องของนวัตกรรมใหม่ๆ เทคโนโลยีที่ทันสมัย ระบบการบริหารการเงิน และความเชี่ยวชาญในด้านการบริหารจัดการ ส่วนภาคเอกชนจะได้รับประโยชน์ในหลายลักษณะ ขึ้นอยู่กับข้อตกลง เช่น ในรูปของดอกเบี้ยที่ภาครัฐผ่อนชำระคืนจากการลงทุน สิทธิประโยชน์ในการเก็บค่าธรรมเนียม และรายได้จากการขายไฟฟ้า เป็นต้น โดยภาครัฐมีหน้าที่สำคัญคือ การเป็นผู้กำหนดนโยบาย กำหนดมาตรฐานการบริการการอนุมัติ และควบคุมโครงการ โดยหน่วยงานภาครัฐต้องมีการดำเนินการในทุกขั้นตอนอย่างโปร่งใส และเปิดโอกาสให้ทุกภาคส่วนเข้ามามีส่วนร่วม โดยเฉพาะอย่างยิ่งกลุ่มผู้ใช้บริการ

รูปแบบความเป็นหุ้นส่วนจะแตกต่างกันออกไปขึ้นอยู่กับความเหมาะสมของโครงการนั้นๆ เช่น Design-Build, Design-Build-Maintain, Design-Build-Operate, Design-Build-Operate-Maintain, Design-Build-Finance-Operate/Maintain, Build-Transfer-Operate, Build-Operate-Transfer, Build-Own-Operate-Transfer และ Build-Own-Operate เป็นต้น ส่วนใหญ่แล้วการกำจัดขยะมูลฝอยมักจะใช้รูปแบบของสัญญาสัมปทาน ซึ่งภาคเอกชนเป็นผู้ดำเนินโครงการ โดยอาจมีการจ่ายส่วนแบ่งรายได้ให้ภาครัฐ หรือในบางกรณีภาครัฐจ่ายเงินค่าบริการให้กับเอกชน ซึ่งการตั้งราคานั้นภาคเอกชนอาจเป็นผู้กำหนดราคา โดยได้รับความเห็นชอบจากหน่วยงานของรัฐ หรือเป็นการตกลงร่วมกัน และใน

บางโครงการภาครัฐอาจเป็นผู้กำหนดราคา อย่างไรก็ตามที่ผ่านมามีองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นได้ดำเนินการแปรรูปขยะมูลฝอยให้เป็นพลังงาน มีหลายแห่งสามารถดำเนินการได้อย่างมีประสิทธิภาพ แต่ก็ยังมีบางแห่งที่ไม่สามารถดำเนินการได้อย่างต่อเนื่อง ดังนั้นการคัดเลือกเทคโนโลยีแปรรูปขยะเป็นพลังงานจะต้องพิจารณาตามความเหมาะสม และความเป็นไปได้ของโครงการในแต่ละองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นก่อนเริ่มดำเนินการ เพื่อพิจารณาถึงแนวโน้มความสำเร็จของการดำเนินโครงการ รวมทั้งยังทำให้องค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นมีข้อมูลเพียงพอในการตอบคำถามกับประชาชน โดยเฉพาะอย่างยิ่งประเด็นทางด้านเศรษฐศาสตร์ ทั้งค่าการลงทุนและค่าดำเนินการอีกด้วย โดยมีปัจจัยหลักที่ต้องพิจารณาดังนี้ ปริมาณขยะมูลฝอย ความจำเป็นในการรวมกลุ่มกับองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นข้างเคียง องค์ประกอบของขยะมูลฝอย ประสิทธิภาพในการคัดแยกขยะ ศักยภาพของท้องถิ่นในการบริหารจัดการ จำนวนและความพร้อมของบุคลากรที่ต้องจัดเตรียม จำนวนเงินลงทุน ค่าดำเนินการ พื้นที่ที่ต้องจัดเตรียม และการยอมรับของประชาชน

3.2.1 โครงการผลิตพลังงานจากขยะมูลฝอยชุมชนในประเทศไทย [23]

จากการศึกษาและรวบรวมข้อมูลของการใช้เทคโนโลยีชนิดต่างๆ ในการกำจัดขยะและผลิตพลังงาน จากฐานข้อมูลต่างๆ ที่มีอยู่ในประเทศ สามารถรวบรวมข้อมูลที่เผยแพร่และมีประสิทธิภาพมากพอที่จะใช้เป็นกรณีศึกษาสำหรับโครงการผลิตพลังงานจากขยะในประเทศไทย ทั้งในส่วนที่เป็นของรัฐและเอกชน สรุปได้ดังนี้

3.2.1.1 โครงการผลิตปุ๋ยอินทรีย์และพลังงาน ของเทศบาลนครระยอง จังหวัดระยอง

เทศบาลนครระยอง และมูลนิธิเพื่อการพัฒนาสิ่งแวดล้อมและพลังงานเป็นผู้ดำเนินโครงการในปี พ.ศ. 2545 และแล้วเสร็จสมบูรณ์สามารถทำงานได้ในเดือนมิถุนายน พ.ศ. 2547 และตั้งแต่ปี พ.ศ. 2549 บริษัทกิจการร่วมค้าปากน้ำเมืองสะอาดได้เข้ามารับผิดชอบการบริหารงาน ในตอนเริ่มโครงการทางเทศบาลนครระยองและมูลนิธิฯ ได้พัฒนาการคัดแยกขยะอินทรีย์จากแหล่งกำเนิดโดยจัดให้มีพื้นที่นำร่องสำหรับการคัดแยก 3 ชุมชน มีจำนวนครัวเรือนที่เข้าร่วมประมาณ 3,500 ครัวเรือน จากนั้นจึงปรับระบบการเก็บขนของเทศบาล โดยจัดเก็บขยะอินทรีย์จากแหล่งกำเนิดทุกวัน เพื่อจัดส่งไปยังโครงการ จนทำให้โครงการนี้เป็นต้นแบบที่นำเอาขยะอินทรีย์ที่มีการคัดแยกเบื้องต้นจากแหล่งกำเนิดมาแปรรูป โดยใช้เทคโนโลยีการย่อยสลายแบบไม่ใช้ออกซิเจนผลิตแก๊สชีวภาพเพื่อผลิตกระแสไฟฟ้าจากประเทศฟินแลนด์ ซึ่งมีองค์ประกอบที่สำคัญ 2 ส่วนได้แก่ (1) ระบบคัดแยกขยะมูลฝอย (Front-end Treatment) และ (2) ระบบย่อยสลายแบบไม่ใช้ออกซิเจน (Anaerobic Digestion) แก๊สชีวภาพที่ผลิตได้จะถูกนำไปผลิตไฟฟ้าโดยใช้เครื่องยนต์แก๊ส (Gas Engine) ขนาด 0.625 เมกะวัตต์ ระบบคัดแยกขยะมูลฝอยได้ถูกออกแบบให้มีขนาด 60 ตัน/วัน ส่วนระบบย่อยสลายแบบไม่ใช้ออกซิเจนสามารถรองรับขยะมูลฝอยอินทรีย์ได้ 74 ตัน/วัน โดยการทำงานของระบบนี้เริ่มจากการชั่งน้ำหนักของรถขยะที่นำขยะเข้ามาในศูนย์ และส่งขยะเข้าสายพานเพื่อนำไปคัดแยกโลหะและพลาสติกออก

ก่อน ขยะส่วนที่เหลือจะเป็นขยะอินทรีย์ โดยจะนำมารวมกับขยะอินทรีย์ที่ได้โดยตรงจากบ้านเรือน และตลาดสดที่มีการคัดแยกขยะอินทรีย์มาแล้ว ซึ่งต้องผ่านการคัดแยกโลหะและพลาสติกออกอีกรอบ จากนั้นนำไปเข้าเครื่องบดย่อยขยะเพื่อให้ขยะมีขนาดเล็กลง และง่ายต่อการย่อยสลาย และส่งไปยังถังหมัก ซึ่งใช้วิธีการหมักแบบไร้อากาศ การย่อยสลายของสารอินทรีย์ในกระบวนการนี้เกิดจากการทำงานของแบคทีเรียที่ย่อยสลายสารอินทรีย์แล้วเปลี่ยนให้เป็น CH_4 แล้วถูกเก็บไว้ในถังเก็บแก๊สที่มีความจุ 1,022 ลูกบาศก์เมตร เพื่อนำไปใช้ผลิตไฟฟ้าโดยใช้เครื่องยนต์แก๊สขนาด 0.625 เมกะวัตต์ กระแสไฟฟ้าที่ผลิตได้จะส่งจำหน่ายให้กับการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคจังหวัดระยอง ส่วนกากขยะที่เหลือจากการหมักจะถูกนำไปรีดและอบทำเป็นปุ๋ยเพื่อจำหน่ายต่อไป

ผลสำเร็จของโครงการ

- เป็นโครงการที่ได้รับความร่วมมือจากชุมชนด้วยดี ในการคัดแยกขยะอินทรีย์จากแหล่งกำเนิด
- ผลิตไฟฟ้าขายให้กับการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค ผลิตปุ๋ย และรีไซเคิลขยะเพื่อนำไปจำหน่ายได้
- เป็นโครงการขยะที่ก่อสร้างใกล้เคียงกับแหล่งชุมชนโดยไม่มีการต่อต้านจากชุมชน
- ภายในบริเวณโครงการมีกลิ่นรบกวนไม่มาก

ปัญหาและอุปสรรค

- ปริมาณขยะไม่เพียงพอต่อระบบ โดยระบบถูกออกแบบให้จัดการขยะได้ 60 ตัน/วัน แต่ขยะที่เข้ามาจริงมีอยู่ประมาณ 20 ตัน/วัน จึงทำให้โครงการผลิตไฟฟ้าจากเครื่องยนต์แก๊สได้เพียงประมาณ 3-4 ชั่วโมง/วัน เนื่องจากแก๊สที่ผลิตได้ไม่พอให้เดินเครื่อง
- อุปกรณ์เสื่อมสภาพ กำลังดำเนินการจัดซ่อม

3.2.1.2 ศูนย์กำจัดมูลฝอยรวมขององค์การบริหารส่วนจังหวัดชลบุรี

เป็นโครงการบำบัดและผลิตพลังงานจากขยะมูลฝอยชุมชน โดยใช้เทคโนโลยีการย่อยสลายแบบไม่ใช้ออกซิเจน (Anaerobic Digestion) TBW-Biocomp Process ของประเทศเยอรมัน มีความสามารถในการบำบัดขยะมูลฝอยชุมชนได้ทั้งสิ้นประมาณ 300 ตัน/วัน ซึ่งมีองค์ประกอบสำคัญของโครงการคือระบบคัดแยกขยะมูลฝอย (Sorting Process) ขนาด 300 ตัน/วัน ระบบย่อยสลายแบบไม่ใช้ออกซิเจน (Anaerobic Digestion Process) ระบบหมักปุ๋ยแบบใช้อากาศ (Aerobic Composting Process) และระบบผลิตไฟฟ้าจากแก๊สชีวภาพขนาด 0.95 เมกะวัตต์ โดยโครงการนี้มีการดำเนินงานเหมือนระบบที่ระยอง แต่มีขนาดใหญ่กว่า ในขณะนี้โครงการได้ปิดปรับปรุงชั่วคราว เนื่องจากเครื่องยนต์ที่ใช้ผลิตกระแสไฟฟ้ามีปัญหา และยังอยู่ในช่วงของการบำรุงรักษา นอกจากนี้โครงการนี้ยังมีปัญหาในระบบการคัดแยกขยะด้วยเครื่องจักรอัตโนมัติ ดังนั้นจึงต้องใช้แรงงานคนเป็นหลักทำให้การทำงานด้อยประสิทธิภาพลง

3.2.1.3 โครงการผลิตไฟฟ้าโดยใช้แก๊สชีวภาพจากระบบฝักรวมขยะชุมชนแบบถูกหลักสุขาภิบาลของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน

โครงการมีเป้าหมายในการผลิตกระแสไฟฟ้าขนาด 0.650 เมกะวัตต์ โดยในระยะแรกโครงการได้ก่อสร้างหลุมคูดักแก๊สและระบบรวบรวมแก๊สจำนวน 39 หลุม บนพื้นที่ประมาณ 65 ไร่ ของแหล่งฝักรวมขยะอย่างถูกหลักสุขาภิบาลกำแพงแสน และอยู่ห่างจากโรงไฟฟ้า ซึ่งตั้งอยู่ภายในมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน 1.7 กิโลเมตร หลังจากก่อสร้างระบบรวบรวมแก๊สแล้วเสร็จพบว่า มีปริมาณแก๊สที่รวบรวมได้เพียง 180 ลูกบาศก์เมตร/ชั่วโมง ซึ่งไม่เพียงพอสำหรับการเดินเครื่องยนต์ผลิตกระแสไฟฟ้า โดยมีปัญหาหลักคือ ปริมาณน้ำชะขยะสูง จึงดำเนินโครงการในระยะที่ 2 โดยปรับปรุงแนวทางปฏิบัติงานของโครงการ เพื่อหาทางแก้ปัญหาขยะหลุมคูดักแก๊ส และได้แนวทางว่าควรเปลี่ยนรูปแบบของท่อคูดักแก๊สชีวภาพจากแนวตั้งเป็นแบบแนวนอน ซึ่งจะหลีกเลี่ยงปัญหาน้ำชะขยะที่มีระดับสูง เมื่อทดสอบระบบโดยคูดักแก๊สอย่างต่อเนื่องพบว่า หลุมแก๊สทั้ง 6 หลุม มีอัตราการไหลของแก๊สรวมประมาณ 300 ลูกบาศก์เมตร/ชั่วโมง ซึ่งมีปริมาณเพียงพอสำหรับเดินเครื่องยนต์ผลิตกระแสไฟฟ้าขนาด 0.435 เมกะวัตต์ จำนวน 1 เครื่อง ทางศูนย์ปฏิบัติการวิศวกรรมพลังงานและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์จึงได้ปรับแผนโครงการ และได้เสนอขอทุนสนับสนุนเพิ่มเติมจากสำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน จำนวน 17.9 ล้านบาท โดยในระหว่างการจัดทำข้อเสนอโครงการได้ติดต่อประสานงานกับผู้เชี่ยวชาญของ US EPA ซึ่งให้การสนับสนุนด้านเทคนิคอย่างต่อเนื่อง โครงการที่ออกแบบปรับแผนใหม่เป็นไปตามคำแนะนำของสำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน ให้ดำเนินการเดินเครื่องผลิตกระแสไฟฟ้า 1 เครื่อง ขนาด 0.435 เมกะวัตต์ ซึ่งก็ได้ดำเนินการมาจนถึงปัจจุบัน

3.2.1.4 โครงการผลิตกระแสไฟฟ้าจากเตา Gasifier และเครื่องยนต์ ของจังหวัดสมุทรสาคร

ในปี พ.ศ. 2551 ทางจังหวัดสมุทรสาครได้นำขยะที่ทิ้งไว้ (ขยะเก่า) มาใช้งาน โดยใช้เครื่องคัดแยกขยะก่อน จากนั้นนำมาหั่นเป็นชิ้นเล็กๆ แล้วนำเผาไหม้ใน Gasifier ผลิตแก๊สเชื้อเพลิงเพื่อนำมาผลิตกระแสไฟฟ้า 0.2 เมกะวัตต์ และขายให้กับการไฟฟ้าภูมิภาค โดยร่วมมือกับบริษัทไทยไฟบูลย์ อีคิว-เม้นท์ จำกัด และมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน ใช้เงินลงทุนประมาณ 30 ล้านบาท ซึ่งโครงการนี้ได้ก่อสร้างแล้วเสร็จและผลิตไฟฟ้าได้ โดยจ่ายเข้ากับระบบของการไฟฟ้าตั้งแต่เดือนมกราคม พ.ศ. 2552

3.2.1.5 โครงการผลิตไฟฟ้าราชเทวะ ตำบลราชเทวะ อำเภอบางพลี จังหวัดสมุทรปราการ

หจก. ไพรโรจน์สมพงษ์พาณิชย์ ได้ศึกษาทดลองการผลิตไฟฟ้าจากระบบย่อยสลายแบบไม่ใช้ออกซิเจนที่ตำบลราชเทวะ อำเภอบางพลี จังหวัดสมุทรปราการ ซึ่งมีอัตราในการป้อนขยะมูลฝอยเข้าสู่ระบบประมาณ 20 ตัน/วัน ใช้ต้นทุนก่อสร้างประมาณ 22 ล้านบาท การออกแบบระบบใช้รูปแบบของโรงงานต้นแบบ Rottaler Modell ที่เมือง Bavaria ในประเทศเยอรมัน แต่เน้นการใช้เครื่องจักรและอุปกรณ์ที่ผลิตในประเทศไทยประมาณร้อยละ 90 โดยแก๊สชีวภาพที่ได้จากระบบจะนำไปผลิต

ไฟฟ้าร่วมกับแก๊สชีวภาพที่ได้จากพื้นที่ฝังกลบขยะมูลฝอย โดยการก่อสร้างระบบแล้วเสร็จตั้งแต่เดือนกุมภาพันธ์ปี พ.ศ. 2546 และได้ทำการทดสอบระบบจนแล้วเสร็จในปี พ.ศ. 2548 แต่จากการดำเนินงานพบว่า แก๊สที่ได้มี CH_4 อยู่น้อยมาก โครงการต้นแบบนี้จึงไม่ได้มีการดำเนินงานมาตั้งแต่ปี พ.ศ. 2548 ต่อมาได้ดำเนินโครงการผลิตไฟฟ้าราชاتهเวาโดยใช้แก๊สชีวภาพจากหลุมฝังกลบขยะขนาด 1 เมกะวัตต์ ตั้งอยู่ที่สถานที่กำจัดขยะ ต.ราชاتهเวา อ.กิ่งแก้ว จ.สมุทรปราการ ดำเนินการโดย หจก. ไพโรจน์สมพงษ์พาณิชย์ ซึ่งเป็นผู้รับกำจัดขยะของกรุงเทพมหานคร ค่าก่อสร้างโครงการประมาณ 40 ล้านบาท ประกอบด้วยระบบรวบรวมแก๊สชีวภาพ ระบบทำความสะอาดและปรับปรุงคุณภาพแก๊ส เครื่องยนต์ผลิตไฟฟ้า และระบบไฟฟ้า โดยระบบสามารถรองรับขยะได้ถึง 3,500-4,200 ตัน/วัน ซึ่งขยะส่วนใหญ่เป็นขยะที่ขนถ่ายมาจากสถานีขนถ่ายมูลฝอยอ่อนนุช กรุงเทพมหานคร ขยะของอบต. ราชاتهเวา และอบต.โดยรอบ โดยหลุมฝังกลบของโครงการนี้สามารถรองรับขยะได้สูงถึง 16 ล้านตัน ปัจจุบันทาง หจก. ไพโรจน์สมพงษ์พาณิชย์ ได้จำหน่ายไฟฟ้าที่ผลิตได้ให้กับการไฟฟ้านครหลวง

3.2.1.6 โครงการกำจัดขยะเกาะช้าง จังหวัดตราด ขององค์การบริหารการพัฒนาพื้นที่พิเศษ เพื่อการท่องเที่ยวอย่างยั่งยืน

องค์การบริหารการพัฒนาพื้นที่พิเศษ เพื่อการท่องเที่ยวอย่างยั่งยืนได้ประสานงานกับอุทยานแห่งชาติหมู่เกาะช้างและกรมอุทยานแห่งชาติสัตว์ป่าและพันธุ์พืช ได้ร่วมกันสำรวจและก่อสร้างโรงคัดแยกขยะและระบบกำจัดขยะมูลฝอยด้วยวิธีการย่อยสลายแบบไม่ใช้ออกซิเจนเพื่อผลิตไฟฟ้า ปริมาณขยะที่ระบบรับได้ 30 ตัน/วัน และมีขนาดกำลังการผลิตไฟฟ้าประมาณ 0.07 เมกะวัตต์ ตั้งอยู่ที่บริเวณหลุมขยะบ้านไชยเชษฐ ต.เกาะช้าง จ.ตราด การก่อสร้างใช้เวลาประมาณ 8 เดือน (เมษายน-ธันวาคม พ.ศ. 2548) โดยหน่วยบัญชาการทหารพัฒนาตามแบบที่คณะกรรมการประเมินเทคโนโลยีคัดเลือก

3.2.1.7 โรงไฟฟ้าเตาเผาขยะมูลฝอยเทศบาลนครภูเก็ต จ. ภูเก็ต

กรมโยธาธิการเป็นผู้ดำเนินการโครงการ โดยใช้เทคโนโลยีเตาเผาชนิดตระกรับ แบบเผาไหม้ต่อเนื่อง (Moving Grate Stoker Incinerator) จากประเทศญี่ปุ่น ปริมาณขยะที่ระบบสามารถรับได้ 250 ตัน/วัน กำลังการผลิตติดตั้ง 2.5 เมกะวัตต์ ผลิตรกระแสไฟฟ้าใช้ในโครงการและขายให้การไฟฟ้า ปัจจุบันได้ดำเนินการเตาเผาขยะมูลฝอยโรงที่ 2 โดยให้สัมปทานแก่ บริษัท พีเจที เทคโนโลยี ซึ่งสามารถรองรับขยะได้ 300 ตัน/วัน จำนวน 2 เตา สามารถผลิตรกระแสไฟฟ้าได้สูงสุด 14 เมกะวัตต์

และจากฐานข้อมูลผู้ผลิตไฟฟ้า SPP และ VSPP ของคณะกรรมการกำกับกิจการพลังงาน (กกพ.) ทำให้เห็นภาพรวมของการใช้เทคโนโลยีผลิตพลังงานจากขยะในประเทศไทย ซึ่งแสดงให้เห็นว่าประเทศไทยมีการนำเทคโนโลยีการกำจัดขยะที่สามารถแปลงขยะเป็นพลังงาน และใช้ผลิตรกระแสไฟฟ้า ดังนี้

1) จากการสืบค้นข้อมูลเมื่อวันที่ 1 มิถุนายน พ.ศ. 2555 พบว่า มีโรงไฟฟ้าที่ใช้เชื้อเพลิงประเภทขยะ รวมทั้งสิ้นจำนวน 31 แห่ง และมีปริมาณไฟฟ้ารวมทั้งสิ้น 130.702 เมกะวัตต์ โดยแบ่งเป็นโรงไฟฟ้าประเภท Steam Turbine 16 แห่ง Gasification 5 แห่ง Gas Engine 9 แห่ง และไม่ระบุเทคโนโลยีอีก 1 แห่ง ซึ่งมีสถานะดังนี้ [24] (ดังตารางที่ 3.3)

- โครงการโรงไฟฟ้าที่ยื่นคำขอขายไฟฟ้าเข้าเครือข่ายแล้ว แต่ยังไม่ได้อบรมรับซื้อเป็นโรงไฟฟ้า VSPP จำนวน 2 แห่ง มีปริมาณไฟฟ้ารวม 15.5 เมกะวัตต์
- โครงการโรงไฟฟ้าที่ได้ตอบรับซื้อแล้ว แต่ยังไม่ได้เซ็นสัญญาซื้อขายไฟฟ้า (PPA) เป็นโรงไฟฟ้า VSPP จำนวน 4 แห่ง มีปริมาณไฟฟ้ารวม 5.9 เมกะวัตต์
- โครงการโรงไฟฟ้าที่เซ็นสัญญาซื้อขายไฟฟ้าแล้ว แต่ยังไม่ดำเนินการเชิงพาณิชย์ (COD) เป็นโรงไฟฟ้า VSPP จำนวน 18 แห่ง มีปริมาณไฟฟ้ารวม 93.702 เมกะวัตต์
- โครงการโรงไฟฟ้าที่ดำเนินการเชิงพาณิชย์แล้ว เป็นโรงไฟฟ้า VSPP จำนวน 7 แห่ง มีปริมาณไฟฟ้ารวม 15.6 เมกะวัตต์

นอกจากนี้ยังมีโรงงานผลิตพลังงานความร้อนที่ใช้เชื้อเพลิงขยะแล้วนำไปผลิตไฟฟ้า ซึ่งจัดเป็นโรงไฟฟ้า SPP ที่อยู่ในสถานะยื่นคำขอแล้วแต่ยังไม่ได้อบรมรับซื้อเป็นจำนวน 4 แห่ง มีปริมาณไฟฟ้ารวม 315.0 เมกะวัตต์ โดยทั้งหมดเป็นของบริษัท ทีพีโอ โพลีน เพาเวอร์ จำกัด ที่อำเภอแก่งคอย จังหวัดสระบุรี

ตารางที่ 3.3 สรุปจำนวนโครงการและปริมาณไฟฟ้าจากขยะ จากการสืบค้นข้อมูล
เมื่อวันที่ 1 มิถุนายน พ.ศ. 2555 [24]

สถานะของโรงไฟฟ้า VSPP	ประเภทของโครงการ	จำนวนโครงการ	เมกะวัตต์
ยื่นคำขอแล้วแต่ยังไม่ได้อบรมรับซื้อ	Steam Turbine	2	15.500
	Gasification	-	
	Gas Engine	-	
	ไม่ระบุเทคโนโลยี	-	
ตอบรับซื้อแล้ว แต่ยังไม่เซ็น PPA	Steam Turbine	1	5.900
	Gasification	2	
	Gas Engine	1	
	ไม่ระบุเทคโนโลยี	-	

ตารางที่ 3.3 สรุปจำนวนโครงการและปริมาณไฟฟ้าจากขยะ จากการสืบค้นข้อมูล
เมื่อวันที่ 1 มิถุนายน พ.ศ. 2555 (ต่อ)

สถานะของโรงไฟฟ้า VSPP	ประเภทของโครงการ	จำนวนโครงการ	เมกะวัตต์
เซ็น PPA แล้ว แต่ยังไม่ได้ COD	Steam Turbine	10	93.702
	Gasification	3	
	Gas Engine	5	
	ไม่ระบุเทคโนโลยี	-	
COD แล้ว	Steam Turbine	3	15.600
	Gasification	-	
	Gas Engine	3	
	ไม่ระบุเทคโนโลยี	1	
รวม		31	130.702

2) จากการสืบค้นข้อมูลเมื่อวันที่ 12 ธันวาคม พ.ศ. 2555 พบว่า มีโรงไฟฟ้าที่ใช้เชื้อเพลิงประเภทขยะรวมทั้งสิ้นจำนวน 54 แห่ง และมีปริมาณไฟฟ้ารวมทั้งสิ้น 178.612 เมกะวัตต์ โดยแบ่งเป็นโรงไฟฟ้าประเภท Steam Turbine 13 แห่ง Gasification 6 แห่ง Gas Engine 32 แห่ง และไม่ระบุเทคโนโลยีอีก 3 แห่ง ซึ่งมีสถานะ ดังนี้ [25] (ดังตารางที่ 3.4)

- โครงการโรงไฟฟ้าที่ยื่นคำขอขายไฟฟ้าเข้าเครือข่ายแล้ว แต่ยังไม่ได้อบรมรับซื้อเป็นโรงไฟฟ้า VSPP จำนวน 12 แห่ง มีปริมาณไฟฟ้ารวม 71.900 เมกะวัตต์
- โครงการโรงไฟฟ้าที่ได้ตอบรับซื้อแล้ว แต่ยังไม่ได้เซ็นสัญญาซื้อขายไฟฟ้า (PPA) เป็นโรงไฟฟ้า VSPP จำนวน 10 แห่ง มีปริมาณไฟฟ้ารวม 26.010 เมกะวัตต์
- โครงการโรงไฟฟ้าที่เซ็นสัญญาซื้อขายไฟฟ้าแล้ว แต่ยังไม่ดำเนินการเชิงพาณิชย์ (COD) เป็นโรงไฟฟ้า VSPP จำนวน 10 แห่ง มีปริมาณไฟฟ้ารวม 23.180 เมกะวัตต์
- โครงการโรงไฟฟ้าที่ดำเนินการเชิงพาณิชย์แล้ว เป็นโรงไฟฟ้า VSPP จำนวน 13 แห่ง มีปริมาณไฟฟ้ารวม 23.310 เมกะวัตต์
- โครงการโรงไฟฟ้าที่ยกเลิกตอบรับซื้อ เป็นโรงไฟฟ้า VSPP 1 แห่ง มีปริมาณไฟฟ้า 0.300 เมกะวัตต์
- โครงการโรงไฟฟ้าที่ยกเลิกแบบคำขอ เป็นโรงไฟฟ้า VSPP อีกจำนวน 5 แห่ง มีปริมาณไฟฟ้ารวม 27.800 เมกะวัตต์
- โครงการโรงไฟฟ้าที่ยกเลิกสัญญา เป็นโรงไฟฟ้า VSPP จำนวน 3 แห่ง มีปริมาณไฟฟ้ารวม 6.112 เมกะวัตต์

และมีโรงงานผลิตพลังความร้อนที่ใช้เชื้อเพลิงขยะ (Thermal) ที่อยู่ในสถานะยื่นคำขอแล้วแต่ยังไม่ได้
ตอบรับซื้อของ บ.ทีพีโอฯ เดิมทั้ง 4 แห่ง

ตารางที่ 3.4 สรุปจำนวนโครงการและปริมาณไฟฟ้าจากขยะ จากการสืบค้นข้อมูล
เมื่อวันที่ 12 ธันวาคม พ.ศ. 2555 [25]

สถานะของโรงไฟฟ้า VSPP	ประเภทของโครงการ	จำนวนโครงการ	เมกะวัตต์
ยื่นคำขอแล้วแต่ยังไม่ได้ตอบรับซื้อ	Steam Turbine	5	71.900
	Gasification	1	
	Gas Engine	6	
	ไม่ระบุเทคโนโลยี	-	
ตอบรับซื้อแล้ว แต่ยังไม่เซ็น PPA	Steam Turbine	1	26.010
	Gasification	5	
	Gas Engine	4	
	ไม่ระบุเทคโนโลยี	-	
เซ็น PPA แล้ว แต่ยังไม่ได้ COD	Steam Turbine	2	23.180
	Gasification	-	
	Gas Engine	7	
	ไม่ระบุเทคโนโลยี	1	
COD แล้ว	Steam Turbine	4	23.310
	Gasification	-	
	Gas Engine	8	
	ไม่ระบุเทคโนโลยี	1	
ยกเลิกตอบรับซื้อ	Steam Turbine	-	0.300
	Gasification	-	
	Gas Engine	1	
	ไม่ระบุเทคโนโลยี	-	

ตารางที่ 3.4 สรุปจำนวนโครงการและปริมาณไฟฟ้าจากขยะ จากการสืบค้นข้อมูล
เมื่อวันที่ 12 ธันวาคม พ.ศ. 2555 (ต่อ)

สถานะของโรงไฟฟ้า VSPP	ประเภทของโครงการ	จำนวนโครงการ	เมกะวัตต์
ยกเลิกแบบคำขอ	Steam Turbine	1	27.800
	Gasification	-	
	Gas Engine	4	
	ไม่ระบุเทคโนโลยี	-	
ยกเลิกสัญญา	Steam Turbine	-	6.112
	Gasification	-	
	Gas Engine	2	
	ไม่ระบุเทคโนโลยี	1	
รวม		54	178.612

และจากข้อมูลสรุปสถานภาพการรับซื้อไฟฟ้าจาก SPP และ VSPP จำแนกตามประเภทเชื้อเพลิงของ กฟผ. กฟน. และ กฟภ. จากสำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน กระทรวงพลังงาน พบว่า มีโรงไฟฟ้าพลังความร้อนแบบ SPP จำนวน 1 แห่งคือ บริษัท ทีพีไอ โพลีน เพาเวอร์ จำกัด ที่อำเภอแก่งคอย จังหวัดสระบุรี ที่ใช้เชื้อเพลิงขยะ (Thermal) โดยมีกำลังผลิตติดตั้ง 60.0 เมกะวัตต์ ซึ่งมีปริมาณไฟฟ้าตามสัญญา 55.0 เมกะวัตต์ และโรงไฟฟ้า VSPP ที่ใช้เชื้อเพลิงขยะจำนวนรวมทั้งสิ้น 52 แห่ง โดยแบ่งเป็นโรงไฟฟ้าประเภท Steam Turbine 17 แห่ง Gasification 1 แห่ง Gas Engine 28 แห่ง Gas Turbine 2 แห่ง และไม่ระบุเทคโนโลยีอีก 4 แห่ง [26]

ศักยภาพในการนำขยะมาผลิตพลังงาน [17]

การพิจารณาศักยภาพในการนำขยะมาผลิตพลังงาน มีดังต่อไปนี้

1) แหล่งฝังกลบขยะ ที่มีศักยภาพในการนำแก๊สมาใช้ประโยชน์ ควรมีหลักเกณฑ์ ดังนี้

- ปริมาณมูลฝอยที่ถูกฝังกลบมีไม่น้อยกว่า 2 ล้านตัน
- ปริมาณมูลฝอยที่ถูกฝังกลบในแต่ละวันมีไม่น้อยกว่า 150-400 ตัน/วัน
- พื้นที่ฝังกลบ 0-16 ตารางกิโลเมตร
- ความสูงของขยะมูลฝอยที่ถูกฝังกลบมากกว่า 12 เมตร

2) การผลิตพลังงานจากการเผาขยะแบบถูกหลักสุขาภิบาล จำเป็นต้องใช้เตาเผาที่มีประสิทธิภาพซึ่งราคาค่อนข้างสูง สำหรับโรงเผาขยะเพื่อผลิตไฟฟ้าควรมีปริมาณขยะมากกว่า 150 ตัน/วัน จึงจะคุ้มทุนทางเศรษฐศาสตร์

แหล่งขยะที่มีศักยภาพเหมาะสมในการนำมาผลิตพลังงานคือ แหล่งขยะของกรุงเทพมหานครซึ่งมีปริมาณขยะสูงเกือบประมาณ 10,000 ตัน/วัน และจากเทศบาลที่มีปริมาณขยะมากกว่า 100 ตัน/วัน และในนิคมอุตสาหกรรมนั้นมีโอกาสนำขยะมาผลิตพลังงานได้ นอกเหนือจากนั้นต้องมีการวางแผนในการรวบรวมขยะจากเทศบาลต่างๆ ที่อยู่ใกล้เคียงซึ่งเป็นไปได้ยากในทางปฏิบัติ จึงต้องแก้ปัญหาหนี้โดยการพัฒนาปรับปรุงเชิงนโยบายและการประสานแผนระดับจังหวัด ทั้งนี้จากรายงานการกำจัดขยะของกรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน ปี พ.ศ. 2547 พบว่าแหล่งขยะเทศบาลที่มีศักยภาพในการนำมาผลิตพลังงานที่มีปริมาณมากกว่า 100 ตัน/วัน มีจำนวน 25 แห่ง ดังตารางที่ 3.5

ตารางที่ 3.5 รายชื่อเทศบาลที่มีปริมาณขยะมูลฝอยมากกว่า 100 ตัน/วัน ในปี พ.ศ. 2546 [17]

ภาค	เทศบาล
กลาง-ตะวันตก	1. ทม.ลัดหลวง จ.สมุทรปราการ 2. ทด.สำโรงใต้ จ.สมุทรปราการ 3. ทน.สมุทรปราการ จ.สมุทรปราการ 4. ทด.บางเมือง จ.สมุทรปราการ 5. ทด.บางปู จ.สมุทรปราการ 6. ทม.สระบุรี จ.สระบุรี 7. ทม.รังสิต จ.ปทุมธานี 8. ทน.นครปฐม จ.นครปฐม 9. ทม.อ้อมน้อย จ.สมุทรสาคร 10. ทน.ปากเกร็ด จ.นนทบุรี 11. ทน.นนทบุรี จ.นนทบุรี
เหนือ	12. ทน.ลำปาง จ.ลำปาง 13. ทน.พิจิตร จ.พิจิตร 14. ทน.นครสวรรค์ จ.นครสวรรค์ 15. ทน.เชียงใหม่ จ.เชียงใหม่
ตะวันออก-เฉียงเหนือ	16. ทน.อุดรธานี จ.อุดรธานี 17. ทน.ขอนแก่น จ.ขอนแก่น 18. ทน.นครราชสีมา จ.นครราชสีมา

ตารางที่ 3.5 รายชื่อเทศบาลที่มีปริมาณขยะมูลฝอยมากกว่า 100 ตัน/วัน ในปี พ.ศ. 2546 (ต่อ)

ภาค	เทศบาล
ตะวันออก	19. ทต.เจ้าพระยาสุรศักดิ์ จ.ชลบุรี 20. ทต.แหลมฉบัง จ.ชลบุรี 21. ทม.พัทยา จ.ชลบุรี
ใต้	22. ทม.สุราษฎร์ธานี จ. สุราษฎร์ธานี 23. ทน.หาดใหญ่ จ.สงขลา 24. ทน.นครศรีธรรมราช จ.นครศรีธรรมราช 25. ทม.ภูเก็ต จ.ภูเก็ต

ปัญหาและอุปสรรคของการผลิตพลังงานจากขยะมูลฝอย [27]

1) ด้านเทคนิค (Technical)

- เทคโนโลยีการผลิตไฟฟ้าจากขยะเป็นเทคโนโลยีที่ค่อนข้างซับซ้อน ซึ่งต้องอาศัยการนำเข้าเป็นหลัก และที่ใช้อยู่ไม่กี่แห่งในประเทศยังคงมีปัญหาทางเทคนิค จึงทำให้ผู้ใช้เทคโนโลยีขาดความเชื่อมั่น
- ขาดการสนับสนุนอย่างจริงจังทำให้ไม่มีเทคโนโลยีในประเทศที่มีประสิทธิภาพสูง โดยเฉพาะเตาเผาขยะขนาดใหญ่

2) ด้านการตลาด (Market)

- ระบบการผลิตพลังงานจากขยะมีต้นทุนสูง ในขณะที่อัตราซื้อไฟฟ้าตามโครงการส่งเสริมของรัฐ ไม่ได้สะท้อนราคากำจัดขยะที่แท้จริง
- ยังไม่มีมาตรฐานด้านค่าใช้จ่ายในการเก็บรวบรวม และค่ากำจัดขยะ (Tipping Fee) ซึ่งทำให้ยากต่อการนำค่าใช้จ่ายดังกล่าวมาคิดเป็นต้นทุนการผลิตไฟฟ้าจากขยะ

3) ด้านกฎหมายและข้อบังคับ (Legal/Regulatory)

- แผนการจัดการขยะมูลฝอยแห่งชาติของประเทศยังไม่ครอบคลุมด้านการผลิตพลังงานจากขยะ
- ยังไม่มีระเบียบกลางเกี่ยวกับค่าธรรมเนียมการกำจัดขยะขั้นต่ำ
- รัฐยังไม่มีกฎระเบียบ ห้ามการกำจัดขยะที่ไม่ถูกสุขวิธี

4) ด้านหน่วยงาน (Institutional) การจัดการขยะมูลฝอยเกี่ยวข้องกับหลายหน่วยงาน อาทิ กระทรวงมหาดไทย กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม กระทรวงสาธารณสุข องค์การบริหารส่วนท้องถิ่น รวมถึงกระทรวงพลังงานในกรณีการผลิตไฟฟ้า ซึ่งต่างมีวัตถุประสงค์และเป้าหมายในการกำจัดมูลฝอยที่แตกต่างกัน ทำให้ติดขัดกับกฎระเบียบของกระทรวง (Regulation Trap) กันเองในการทำงานเพื่อบรรลุวัตถุประสงค์ร่วมกัน และทำให้เกิดความล่าช้าในการออกใบอนุญาตต่างๆ โดยต้องขอจากหลายหน่วยงาน

- 5) ด้านการเงินและการลงทุน (Financial) ผู้ลงทุนเข้าถึงแหล่งเงินทุนได้ยาก เนื่องจากมีปัจจัยเสี่ยงทั้ง ความคุ้มทุน เทคโนโลยี และผู้ให้สินเชื่อโดยทั่วไปยังขาดความรู้เรื่องการผลิตไฟฟ้าจากขยะ
- 6) ด้านการรับทราบข้อมูลและการให้ความรู้ (Information/Awareness/Education) สาธารณะชน โดยทั่วไป มักมีปฏิกิริยาต่อต้านการดำเนินโครงการกำจัดขยะมูลฝอยเสมอ ซึ่งสาเหตุหนึ่งเกิดจากการขาดการรับรู้ข้อมูลที่ถูกต้อง

แนวทางในการสนับสนุนและส่งเสริมการผลิตพลังงานจากขยะมูลฝอย [27]

1) ด้านเทคนิค (Technical)

- กำหนดนโยบายเชิงบังคับให้มีการถ่ายทอดเทคโนโลยีจากต่างประเทศให้กับหน่วยงานรัฐ หรือ เอกชนภายในประเทศ เมื่อมีการซื้อเทคโนโลยีจากต่างประเทศ เพื่อให้เกิดกลไกการสร้างองค์ความรู้ และสามารถพัฒนาเทคโนโลยีเพื่อการแข่งขันได้ โดยใช้กลยุทธ์ต่างๆ เช่น การร่วมทุน การกำหนด Local Content ขั้นต่ำ และการมีส่วนร่วมในการออกแบบ เป็นต้น
- พัฒนาเทคโนโลยีที่มีอยู่ในประเทศให้มีประสิทธิภาพสูงขึ้น ทั้งในเรื่องของการกำจัดขยะ และการบำบัดมลพิษที่เกิดจากการกำจัดขยะนี้
- ควรฝึกอบรมบุคลากรให้มีความรู้ ความชำนาญ

2) ด้านการตลาด (Market)

- รัฐควรสร้างตลาดโดยการกำหนดอัตรารับซื้อไฟฟ้า (Feed-in Tariff) สำหรับการผลิตไฟฟ้าจากขยะ และกำหนด Tipping Fee ให้ชัดเจน
- ส่งเสริมตลาดการใช้เชื้อเพลิงที่ผลิตได้จากขยะ เช่น RDF และปุ๋ยที่ได้จากการหมัก เป็นต้น

3) ด้านกฎหมายและข้อบังคับ (Legal/Regulatory)

- รัฐต้องบังคับใช้กฎหมายสิ่งแวดล้อมอย่างจริงจัง โดยเฉพาะในส่วนข้อบังคับการกำจัดขยะมูลฝอยที่ถูกต้อง
- กำหนดแผนแม่บทด้านการกำจัดขยะมูลฝอยที่รวมการผลิตพลังงาน
- เร่งแก้ปัญหาการกระเบียดเกี่ยวกับค่าธรรมเนียมหรือค่าใช้จ่ายขั้นต่ำของการกำจัดขยะ

4) ด้านหน่วยงาน (Institutional)

- สร้างความเข้าใจระหว่างหน่วยงานและวางเป้าหมายและแผนดำเนินการให้สอดคล้องกัน โดยเฉพาะการรับผิดชอบการผลิตพลังงานทดแทนจากขยะมูลฝอย
- กำหนดให้มีหน่วยงานรับผิดชอบหลัก (Champion) จากหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง เพื่อผลักดันเรื่องการผลิตไฟฟ้าจากขยะมูลฝอยโดยเฉพาะ

5) ด้านการเงินและการลงทุน (Financial)

- กำหนดมาตรการช่วยเหลือและประกันความเสี่ยงในการลงทุน เช่น Feed in Tariff
- จัดทำและเผยแพร่ข้อมูลด้านการลงทุนการผลิตพลังงานจากขยะ เพื่อสร้างความเชื่อมั่นให้เพียงพอต่อการให้สินเชื่อการลงทุนจากสถาบันปล่อยเงินกู้
- สร้างความเชื่อมั่นด้านเทคโนโลยีด้วยการจัดให้มีระบบสาธิตเทคโนโลยีที่เหมาะสมกับเงื่อนไขและสถานะแวดล้อมของท้องถิ่นต่างๆ

6) ด้านการรับทราบข้อมูลและการให้ความรู้ (Information/Awareness/Education)

- เผยแพร่ความรู้และกรณีศึกษาของเทคโนโลยีการผลิตพลังงานจากขยะอย่างทั่วถึงและต่อเนื่อง
- สร้างความตระหนักในเรื่องบทบาทและหน้าที่ของพลเมืองทุกคนต่อการกำจัดขยะมูลฝอย โดยเน้นถึงความรับผิดชอบร่วมกันต่อการกำจัดขยะมูลฝอยอย่างมีประสิทธิภาพ

7) ส่งเสริมด้านงานวิจัยและพัฒนา (Research and Development)

โดยเน้นการศึกษาวิจัยเทคโนโลยีใหม่ที่เชื่อมโยงถึงการพัฒนาโครงการจริง และสร้างองค์ความรู้การผลิตพลังงานจากขยะแบบต่างๆ ที่มีประสิทธิภาพสูง และต้นทุนต่ำ ทั้งนี้จากการศึกษาของโครงการวิจัยเชิงนโยบายเพื่อส่งเสริมการใช้พลังงานหมุนเวียนและเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงานได้แบ่งแผนงานวิจัยและพัฒนาที่มีลำดับความสำคัญสูง เพื่อนำไปสู่การพัฒนาองค์ความรู้และเทคโนโลยีที่จำเป็นสำหรับการพัฒนาในอีก 10 ปีข้างหน้า โดยในหมวดวิจัยสาขาการผลิตความร้อนและไฟฟ้าจากขยะที่ควรวิจัย แบ่งออกเป็น 3 หมวด คือ (1) การพัฒนาองค์ความรู้ด้านระบบการจัดการมูลฝอยที่เอื้อต่อการผลิตพลังงาน เช่น การศึกษารูปแบบการคัดแยกและจัดการขยะมูลฝอยและการประเมินเทคโนโลยีที่เหมาะสม เพื่อผลิตพลังงานจากขยะสำหรับท้องถิ่นขนาดต่างๆ และการศึกษาและพัฒนาเทคโนโลยีการคัดแยกมูลฝอยเพื่อการผลิตพลังงาน เป็นต้น (2) วิจัยและพัฒนากระบวนการผลิตพลังงานจากขยะมูลฝอยให้มีประสิทธิภาพและสามารถแข่งขันได้ เช่น การพัฒนาและเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตพลังงานจากแหล่งฝังกลบขยะ การพัฒนาและเพิ่มประสิทธิภาพ Mass Burn Incineration การวิจัยพัฒนา Anaerobic Digestion (MSW) และการวิจัยพัฒนา Pyrolysis & Gasification เป็นต้น (3) วิจัยเชิงนโยบายเพื่อส่งเสริมการผลิตพลังงานจากขยะ เช่น การศึกษารูปแบบการบริหารจัดการการผลิตไฟฟ้าจากขยะในประเด็นผลได้/ผลเสียของการดำเนินโครงการโดยภาครัฐ ภาคเอกชน หรือภาครัฐร่วมกับภาคเอกชน และการศึกษาต้นทุนการผลิตไฟฟ้าจากการกำจัดขยะ โดยคำนึงถึงค่าการกำจัดขยะ (Tipping Fee) เป็นต้น ซึ่งทั้งหมดนี้ได้ตั้งงบประมาณเพื่อสนับสนุนโครงการงานวิจัยไว้เป็นจำนวน 285 ล้านบาท

กรณีศึกษารูปแบบการจัดการขยะเพื่อผลิตพลังงานของต่างประเทศ [17, 18]

- 1) ประเทศญี่ปุ่น เทคโนโลยีที่นำมาใช้ประกอบด้วยเทคโนโลยีการเผาขยะในเตาเผา (Incineration) การผลิตแก๊สเชื้อเพลิง (Gasification) การผลิตแก๊สจากหลุมฝังกลบ (Landfill Gas to Energy) การผลิตเชื้อเพลิงขยะ (RDF) และการย่อยสลายแบบไม่ใช้ออกซิเจน (Anaerobic Digestion) ประเทศญี่ปุ่นมีความจำเป็นต้องกำจัดของเสียให้เหลือกากน้อยที่สุด เนื่องจากมีความจำกัดในพื้นที่ จึงเลือกใช้เทคโนโลยีเผาในเตาเผามากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 70-80 ของปริมาณขยะทั้งหมด ทำให้เหลือกากเพียงร้อยละ 10-15 และประเทศญี่ปุ่นถือว่าเป็นประเทศที่มีการศึกษาและพัฒนาแท่งเชื้อเพลิงขยะมากอีกประเทศหนึ่ง โดยมีโรงงานแปรรูปกระจายอยู่ทั่วประเทศ มีกำลังการผลิตตั้งแต่ 2.5-390 ตัน/วัน ซึ่งโดยเฉลี่ยแล้วโรงผลิตเชื้อเพลิงขยะจะมีกำลังการผลิตประมาณ 50 ตัน/วัน
- 2) ประเทศสหรัฐอเมริกา เป็นประเทศที่มีโรงเผาขยะเป็นจำนวนมากตั้งอยู่ตามรัฐต่างๆ ทั่วประเทศ โดยมีโรงเผาขยะที่ผลิตกระแสไฟฟ้าขนาดใหญ่ที่สุดในโลก ตั้งอยู่ที่เมืองคัลลาแวร์ ในรัฐเพนซิลวาเนีย ซึ่งสามารถผลิตกระแสไฟฟ้าได้ 85 เมกะวัตต์ โรงงานแห่งนี้สร้างด้วยความช่วยเหลือทางเทคโนโลยีจากญี่ปุ่น มีกำลังการผลิต 2,438 ตัน/วัน เป็นโรงเผาขยะชนิดตะกรับหมุน (Rotary Grate Stoker) ดำเนินการตั้งแต่ปี พ.ศ. 2534 โดยถือว่าสหรัฐฯ เป็นประเทศที่มีการผลิตกระแสไฟฟ้าและความร้อนจากโรงงานขยะจำนวนมาก
- 3) ประเทศสวีเดน เมือง Gothenburg ราชอาณาจักรสวีเดน ใช้ระบบเตาเผาในการกำจัดขยะมูลฝอยตั้งแต่ปี พ.ศ. 2515 โดยมีการแปรรูปขยะให้เป็นพลังงานและความร้อน เป็นระบบที่มีประสิทธิภาพสูงมาก หากเทียบกับประเทศอื่นๆ ในสหภาพยุโรป โดยขยะมูลฝอย 1 ตัน สามารถผลิตกระแสไฟฟ้าและความร้อนได้ 3.3 เมกะวัตต์ โดยมีปริมาณขยะเข้าเตาเผาแห่งนี้ประมาณ 345,000 ตัน/ปี หรือประมาณ 945 ตัน/วัน ดำเนินงานโดยการว่าจ้างบริษัทเอกชนหลายๆ บริษัทให้มาดำเนินการ และให้ท้องถิ่นทำหน้าที่เก็บขนขยะมาป้อนยังเตาเผา
- 4) ประเทศสาธารณรัฐเกาหลี ได้ทำการก่อสร้างโรงไฟฟ้าที่ใช้พลังงานจากขยะมูลฝอย กำลังการผลิตขนาด 50 เมกะวัตต์ ซึ่งถูกออกแบบมาเพื่อสามารถจ่ายพลังงานให้กับภาคครัวเรือนได้กว่า 180,000 ครัวเรือน และตั้งอยู่ที่จุดทิ้งขยะในตัวเมือง Incheon ทางตะวันตกของกรุงโซล เชื้อเพลิงที่ใช้ในโรงไฟฟ้าคือ CH_4 ที่ได้จากการย่อยสลายของกองขยะและสิ่งปฏิกูลตามธรรมชาติ โดยคาดว่าโรงไฟฟ้านี้จะสามารถลดการนำเข้าน้ำมันของประเทศได้ถึง 500,000 บาร์เรล/ปี นอกจากโรงไฟฟ้านี้แล้วในประเทศเกาหลีใต้ยังมีโรงไฟฟ้าที่ใช้พลังงานจาก CH_4 ที่ได้จากการย่อยสลายขยะมูลฝอยอีก 12 แห่ง แต่เป็นโรงไฟฟ้าขนาดเล็กที่มีกำลังผลิตตั้งแต่ 1-6 เมกะวัตต์

3.3 การสนับสนุนการแปรรูปขยะมูลฝอยเป็นพลังงานจากภาครัฐ

จากปริมาณขยะมูลฝอยที่เพิ่มขึ้นเรื่อยๆ นั้น เมื่อศึกษาศักยภาพในการผลิตพลังงานและไฟฟ้าจากขยะ เฉพาะในเขตเทศบาลที่มีปริมาณขยะเข้าระบบตั้งแต่ 30 ตัน/วัน โดยใช้เทคโนโลยีที่เหมาะสมตาม ปริมาณของขยะที่เข้าระบบ ในภาพรวมของประเทศไทยในปี พ.ศ. 2554 มีศักยภาพถึงประมาณ 323 เมกะวัตต์ โดยเป็นศักยภาพในการกำจัดขยะของกรุงเทพฯ ด้วยการเผา 158 เมกะวัตต์ และศักยภาพใน เทศบาลอื่นๆ รวมกันเท่ากับ 165 เมกะวัตต์ [27] ซึ่งตามยุทธศาสตร์พลังงานของไทยในปัจจุบัน รัฐบาลได้กำหนดเป้าหมายการพัฒนาพลังงานทดแทน (AEDP) ให้ได้ 25% ภายใน 10 ปี (พ.ศ.2555-2564) ทั้งนี้กระทรวงพลังงานได้พยากรณ์ความต้องการพลังงานในอนาคตของประเทศไทยไว้ว่า ในปี พ.ศ. 2564 คาดว่าจะมีความต้องการ 99,838 พันตันเทียบเท่าน้ำมันดิบ จาก 71,728 พันตันเทียบเท่าน้ำมันดิบ ในปี พ.ศ. 2555 โดยแผนพัฒนากำลังผลิตไฟฟ้าของประเทศไทยในปี พ.ศ. 2553-2573 และ แผนการพัฒนาพลังงานทดแทนและพลังงานทางเลือก พ.ศ. 2555-2564 ได้กำหนดให้มีสัดส่วนการใช้ พลังงานทดแทนเพิ่มขึ้นจาก 7,413 พันตันเทียบเท่าน้ำมันดิบ ในปี พ.ศ. 2555 เป็น 25,000 พันตัน เทียบเท่าน้ำมันดิบ ในปี พ.ศ. 2564 หรือคิดเป็นร้อยละ 25 ของการใช้พลังงานรวมทั้งหมด ส่วน เป้าหมายของการผลิตไฟฟ้าจากขยะในแผน AEDP กำหนดไว้ 160 เมกะวัตต์ หรือ 72 พันตันเทียบเท่าน้ำมันดิบ และความร้อนรวมให้ได้ 35 พันตันเทียบเท่าน้ำมันดิบ ภายในปี พ.ศ. 2564 โดยที่ปัจจุบันมี กำลังการผลิตรวมเพียง 13.45 เมกะวัตต์ (ค่าเป้าหมายปริมาณการใช้พลังงานทดแทนตามแผน AEDP ทั้งหมดดูได้ดังตารางที่ ข.1 และเป้าหมายกำลังการผลิตติดตั้งไฟฟ้าจากพลังงานทดแทนเพื่อ การขับเคลื่อนและติดตาม ดังตารางที่ ข.2 ในภาคผนวก ข)

อย่างไรก็ตาม ณ ปี 2555 กำลังการผลิตไฟฟ้าที่ได้จากขยะมูลฝอยทั่วประเทศมีประมาณ 13.45 เมกะ- วัตต์ เมื่อเทียบกับเป้าหมายการส่งเสริมการผลิตพลังงานทดแทนจากขยะที่กำหนดให้มีการผลิตไฟฟ้า จากขยะชุมชน 160 เมกะวัตต์ ภายในปี พ.ศ. 2565 ถือว่ายังต่างกันอยู่มากพอสมควร เนื่องจากปัญหา และอุปสรรคต่างๆ ดังที่กล่าวไปแล้วในข้างต้น จึงทำให้การลงทุนเพื่อผลิตพลังงานจากขยะไม่ แพร่หลายเท่าที่ควร ทั้งๆ ที่มีศักยภาพมากเกินพอ [28] ซึ่งจากประมาณการโดยวิธีวิเคราะห์การถดถอย เชิงเส้น (Linear Regression Analysis) พบว่า ในปี พ.ศ. 2565 ประเทศไทยจะมีปริมาณขยะชุมชนสูง ถึง 45,855 ตัน/วัน โดยหากใช้สมมติฐานว่า ขยะ 100 ตัน สามารถผลิตกระแสไฟฟ้าได้ 1 เมกะวัตต์ และศึกษาศักยภาพในการนำขยะมาผลิตกระแสไฟฟ้าได้ร้อยละ 70 ดังนั้นกำลังการผลิตไฟฟ้าจากขยะที่ เป็นไปได้คือ 320 เมกะวัตต์ เมื่อเทียบกับเป้าหมายตามแผน AEDP แล้วนั้น คิดเป็นเพียงร้อยละ 50 ของศักยภาพเท่านั้น [29] นอกจากนี้แผน AEDP นี้แล้วยังมีแผนพัฒนากำลังผลิตไฟฟ้าของประเทศไทย (PDP 2010) ฉบับปรับปรุงครั้งที่ 3 ซึ่งกำหนดค่ากำลังการผลิตไฟฟ้าใหม่ในปี พ.ศ. 2555-2573 เฉพาะ ส่วนของพลังงานหมุนเวียนรวมทุกรูปแบบ ทั้งลม แสงอาทิตย์ พลังน้ำ ชีวมวล แก๊สชีวภาพ และ พลังงานจากขยะ กำหนดไว้รวมทั้งสิ้นจำนวน 14,580.4 เมกะวัตต์ และเฉพาะในส่วนขยะกำหนด

ไว้ 352.3 เมกะวัตต์ ณ ปี 2573 โดยรายละเอียดทั้งหมดของแผน PDP 2010 ฉบับปรับปรุงครั้งที่ 3 นี้ สามารถดูได้ในภาคผนวก ข [30] ภายใต้กรอบนโยบายของรัฐทั้งหมดนี้ รัฐบาลจึงมีมาตรการส่งเสริมที่สำคัญคือ ออกมาตรการส่วนเพิ่มราคารับซื้อไฟฟ้า (Adder) โดยได้กำหนดนโยบายตั้งแต่ปี พ.ศ. 2549 และเริ่มมีผลบังคับใช้ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2550 เป็นต้นมา และในปี พ.ศ. 2553 ที่ผ่านมานี้ สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน (สนพ.) ได้ดำเนินการปรับปรุงมาตรการนี้ให้เหมาะสมสอดคล้องกับแนวโน้มต้นทุนเชื้อเพลิง เทคโนโลยี และภาวะเศรษฐกิจที่เปลี่ยนไป รวมถึงดำเนินการปรับปรุงหลักเกณฑ์ เงื่อนไข เพื่อให้การส่งเสริมการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานหมุนเวียนเป็นไปตามนโยบายมากยิ่งขึ้น โดยรายละเอียดได้แสดงไว้ในภาคผนวก ข [18, 31]

สำหรับเชื้อเพลิงประเภทขยะ (ขยะชุมชน และขยะอุตสาหกรรมที่ไม่ใช่ขยะอันตราย และไม่เป็นขยะที่เป็นอันตรายวัตถุ) แยกค่า Adder เป็น 2 แบบคือ

- 1) ระบบหมักหรือหลุมฝังกลบขยะ ได้ส่วนเพิ่ม 2.50 บาท/กิโลวัตต์-ชั่วโมง และส่วนเพิ่มพิเศษอีก 1.00 บาท/กิโลวัตต์-ชั่วโมง สำหรับผู้ผลิตไฟฟ้าพลังงานหมุนเวียน ในพื้นที่มีการผลิตไฟฟ้าจากน้ำมันดิเซล และมีส่วนเพิ่มฯ พิเศษสำหรับ 3 จังหวัดชายแดนภาคใต้ อีก 1.00 บาท/กิโลวัตต์-ชั่วโมง โดยมีระยะเวลาการสนับสนุน 7 ปี
- 2) ระบบที่ใช้กระบวนการทางความร้อน (Thermal Process) ได้ส่วนเพิ่ม 3.50 บาท/กิโลวัตต์-ชั่วโมง และส่วนเพิ่มพิเศษอีก 1.00 บาท/กิโลวัตต์-ชั่วโมง สำหรับผู้ผลิตไฟฟ้าพลังงานหมุนเวียน ในพื้นที่มีการผลิตไฟฟ้าจากน้ำมันดิเซล และมีส่วนเพิ่มฯ พิเศษสำหรับ 3 จังหวัดชายแดนภาคใต้ อีก 1.00 บาท/กิโลวัตต์-ชั่วโมง โดยมีระยะเวลาการสนับสนุน 7 ปี [18, 32]

อย่างไรก็ตามถึงแม้ว่ามาตรการนี้จะเป็นการสนับสนุนผู้ผลิตไฟฟ้าจากพลังงานหมุนเวียนมากที่สุดที่เคยมีมา แต่ก็ยังไม่เพียงพอสำหรับเทคโนโลยีบางประเภท ซึ่งได้เปรียบเทียบต้นทุนการผลิตจริงกับมาตรการส่งเสริมของรัฐ ดังตารางที่ 3.6 [27]

ตารางที่ 3.6 เปรียบเทียบต้นทุนการผลิตจริงกับมาตรการส่งเสริมของรัฐ [27]

เทคโนโลยี	ต้นทุนการผลิตไฟฟ้า (หน่วย: บาท/kWh)	อัตรารับซื้อ: ขายปลีก + Adder (หน่วย: บาท/kWh)	ความคุ้มทุนภายใต้อัตรารับซื้อที่กำหนด
<u>Biomass</u> 1-10 MW (Back Pressure) 1-20 MW (Condensing)	1.4-2.2 2.2-3.6	3.50	คุ้มทุน อาจไม่คุ้มทุนในกรณีผลิตไฟฟ้าอย่างเดียว
<u>MSW</u> (no tipping fee)	4.25	5.70	เหมาะสมถ้ามี tipping fee และขายเวลา รับซื้อไฟฟ้านานกว่า 7 ปี (กรณีโรงเผา ขยะขนาด 1,000 ตัน/วัน จะคืนทุน ประมาณ 10 ปี ที่ IRR 9.1% อายุโครงการ 25 ปี ดอกเบี้ยเงินกู้ 6%)
<u>Wind</u> 250 kW 1.5 MW	8.90 5.95	5.70	ไม่คุ้มทุน
<u>Small Hydro</u> (250 kW)	2.20	3.60	คุ้มทุน
<u>PV</u>	12.20	11.20	ไม่คุ้มทุน
<u>Biogas</u> Pig Farm Cassava, Starch, Wastewater	0.80 1.65* 0.45 2.20*	3.50	คุ้มทุน

หมายเหตุ: 1) * คือ เทคโนโลยีจากต่างประเทศ

2) ค่าที่ประเมินเป็นค่า ณ ขณะนั้น ซึ่งต่างจากค่าปัจจุบัน

ซึ่งจากผลการเปรียบเทียบดังกล่าวชี้ให้เห็นว่า การใช้ Adder ที่มีอยู่ปัจจุบันมีความคุ้มทุนสำหรับชีวมวล และพลังงานขนาดเล็กเท่านั้น ส่วนที่เหลือไม่มีความคุ้มทุน เนื่องจากอัตรา Adder ไม่สูงพอและระยะเวลาสนับสนุนสั้นเกินไป แต่หากจะกำหนดอัตรารับซื้อไฟฟ้าที่คุ้มทุนสำหรับเทคโนโลยีทุกประเภท ก็จะเป็นภาระสำหรับรัฐมากเกินไป โดยเฉพาะอย่างยิ่งถ้าใช้เงินกองทุนฯ ดังนั้นจึงเสนอแนะให้มีการปรับปรุงมาตรการ Adder ในโอกาสที่เหมาะสม เช่น เมื่อใช้ไปแล้ว 2 ปี (สำหรับโครงการที่เข้าระบบใหม่) ดังนี้

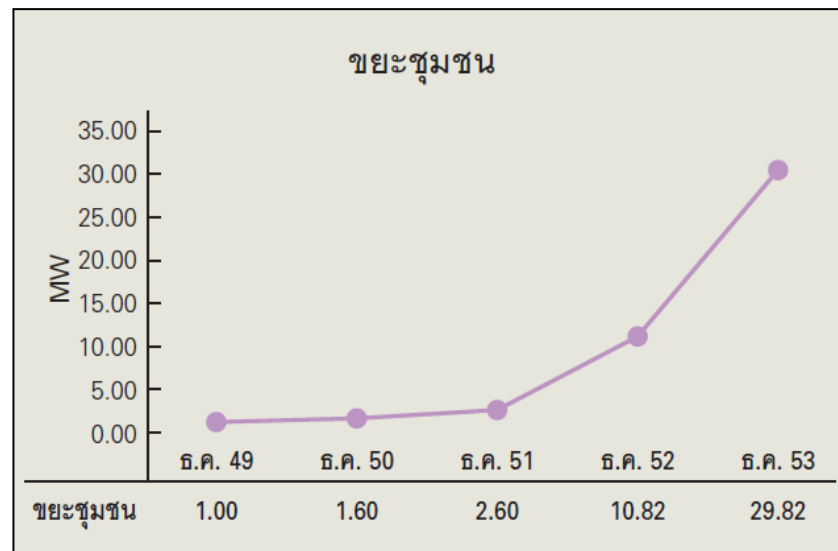
- 1) ขยายระยะเวลาสนับสนุนโดยใช้ Adders เป็นเวลา 15 ปีขึ้นไป
- 2) ค่ารับซื้อไฟฟ้าส่วนที่เพิ่มขึ้นให้คิดรวมใน Ft เพื่อให้ผู้ใช้ไฟฟ้าทั้งหมดร่วมรับผิดชอบ
- 3) การกำหนดอัตรารับซื้อให้ยึดหลักการให้ผู้ลงทุนมี IRR ที่เหมาะสม แต่ต้องไม่เกิน Avoided Cost ของการผลิตไฟฟ้าจากโรงไฟฟ้าที่ใช้เชื้อเพลิงฟอสซิล ซึ่งปัจจุบันคือ ประมาณ 2.50 บาท/กิโลวัตต์-ชั่วโมง บวกกับ Externality Cost [27]

ทั้งนี้ปัจจุบันประเทศไทยอยู่ในระหว่างการศึกษา เพื่อเปลี่ยนแปลงการสนับสนุนจาก Adder เป็น Feed-in Tariffs ซึ่งเป็นทางเลือกหนึ่งของมาตรการส่งเสริมที่มีการใช้อย่างแพร่หลายในต่างประเทศ โดยเฉพาะในกลุ่มสหภาพยุโรป 15 ประเทศ ระบบนี้เป็นอัตราค่าไฟฟ้ารวมต่อหน่วยที่สอดคล้องกับต้นทุนการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานหมุนเวียนในแต่ละเทคโนโลยี เป็นการกำหนดเงินสนับสนุนไว้ในโครงสร้างค่าไฟฟ้าฐาน เมื่อเปรียบเทียบกับระบบ Adder เดิมราคาขายไฟฟ้าที่ผู้ลงทุนได้รับภายใต้มาตรการ Adder จะเปลี่ยนแปลงตามค่าไฟฟ้าฐานและค่า Ft ที่เปลี่ยนไป แต่ราคาขายไฟฟ้าที่ผู้ลงทุนได้รับภายใต้มาตรการ Feed-in Tariffs จะคงที่ตลอดอายุโครงการ สำหรับระบบ Feed-in Tariffs นี้จะมีความเป็นธรรมต่อผู้ใช้ไฟฟ้าคือ ทำให้จำนวนเงินสนับสนุนไม่เพิ่มขึ้นตามค่าไฟฟ้าฐานและค่า Ft ที่มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในอนาคต และภาระทางด้านเม็ดเงินที่รัฐจะใช้ในการสนับสนุนพลังงานหมุนเวียนมีความชัดเจน อีกทั้งอัตราค่า Feed-in Tariffs ไม่ผูกติดกับราคาแก๊สธรรมชาติผ่านกลไก Ft

นอกจากการสนับสนุนด้านอัตราส่วนเพิ่มราคารับซื้อไฟฟ้าดังที่กล่าวข้างต้นแล้ว กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงานยังมีโครงการเงินหมุนเวียนเพื่อการอนุรักษ์พลังงานและพลังงานทดแทน ซึ่งได้ดำเนินการมาตั้งแต่ปี พ.ศ. 2546 จนถึงปัจจุบัน โดยกรมฯ ได้รับจัดสรรจากเงินกองทุนเพื่อส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงานมาเป็นทุนหมุนเวียนในการปล่อยกู้ผ่านสถาบันการเงินที่เข้าร่วมโครงการไปยังผู้ประกอบการที่ประสงค์จะลงทุนทางด้านการอนุรักษ์พลังงานหรือพลังงานทดแทน ในอัตราดอกเบี้ยต่ำ ไม่เกินร้อยละ 4 โดยสถาบันการเงินจะต้องนำเงินต้นที่ได้รับคืนแก่กองทุนฯ ตามระยะเวลาที่กำหนดไม่เกิน 7 ปี โดยมีรอบระยะเวลาในการปล่อยสินเชื่อแต่ละระยะไม่เกิน 3 ปี วัตถุประสงค์เพื่อกระตุ้น ส่งเสริม และผลักดันให้เกิดการลงทุนด้านอนุรักษ์พลังงานและพลังงานทดแทน รวมทั้งสร้างความมั่นใจ และความคุ้นเคยให้กับสถาบันการเงินที่เข้าร่วมโครงการในการปล่อยสินเชื่อในโครงการด้านพลังงาน โดยมีสถาบันการเงินที่เข้าร่วมโครงการ ได้แก่ ธนาคารกรุงเทพ ธนาคารกรุงไทย ธนาคารกรุงศรีอยุธยา ธนาคารกสิกรไทย ธนาคารทหารไทย ธนาคารซีไอเอ็มบี ไทย ธนาคารไทยพาณิชย์ ธนาคารนครหลวงไทย ธนาคารเพื่อการส่งออกและนำเข้าแห่งประเทศไทย ธนาคารพัฒนาวิสาหกิจขนาดกลางและขนาดย่อมแห่งประเทศไทย และธนาคารสินเอเซีย [18] และยังมีสิทธิประโยชน์ทาง BOI เช่น การยกเว้นภาษีนำเข้าเครื่องจักรอุปกรณ์พลังงานทดแทน และการยกเว้นภาษีเงินได้นิติบุคคลร้อยละ 0 เป็นเวลา 8 ปี และหลังจากนั้นอีก 5 ปี หรือ

ตั้งแต่ปีที่ 9-13 จะลดหย่อนภาษีเงินได้นิติบุคคลร้อยละ 50 เป็นต้น นอกจากนี้ยังมีโปรแกรมการส่งเสริมการลงทุนด้านอนุรักษ์พลังงานและพลังงานทดแทนภายใต้โครงการ (ESCO FUND) และการสนับสนุนเงินลงทุนแบบให้เปล่า เช่น โครงการส่งเสริมเทคโนโลยีการผลิตแก๊สชีวภาพจากมูลสัตว์ น้ำเสีย และขยะ โครงการส่งเสริมเทคโนโลยีการผลิตไฟฟ้าและความร้อนจากพลังงานแสงอาทิตย์ เป็นต้น [33]

การสนับสนุนโครงการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานหมุนเวียนด้วยการเพิ่มราคารับซื้อข้างต้น ทำให้ช่วยผลักดันให้เกิดความสนใจในการลงทุนพลังงานหมุนเวียนอย่างมีนัยสำคัญ ในส่วนของพลังงานจากขยะชุมชนสามารถเปรียบเทียบปริมาณไฟฟ้าที่เข้าระบบแล้ว (รวม SPP และ VSPP) ได้ดังรูปที่ 3.4 [31]



รูปที่ 3.4 ปริมาณไฟฟ้าเสนอขายจากโครงการพลังงานขยะ ปี พ.ศ. 2549-2553 [31]

ประโยชน์ที่ได้จากการพัฒนาพลังงานทดแทนนี้คือ ช่วยลดการนำเข้าพลังงานจากต่างประเทศที่สูงถึงร้อยละ 60 ของความต้องการพลังงานเชิงพาณิชย์ขึ้นต้น (ข้อมูลจากปี พ.ศ. 2554) และช่วยกระจายความเสี่ยงในการจัดหาเชื้อเพลิง เพื่อการผลิตไฟฟ้าของประเทศที่ใช้แก๊สธรรมชาติเป็นหลักมากกว่าร้อยละ 70 ทำให้พลังงานทดแทนถือเป็นหนึ่งในเชื้อเพลิงเป้าหมายที่คาดว่าจะสามารถนำมาใช้ในการผลิตไฟฟ้าทดแทนแก๊สธรรมชาติได้อย่างมีนัยสำคัญ โดยเฉพาะพลังงานแสงอาทิตย์ พลังงานลมแบบทุ้งกังหันลม พลังน้ำขนาดเล็ก ชีวมวล แก๊สชีวภาพ และพลังงานจากขยะ หากเทคโนโลยีพลังงานทดแทนเหล่านี้มีต้นทุนถูกลงและได้รับการยอมรับอย่างกว้างขวาง ก็อาจสามารถพัฒนาเป็นแหล่งพลังงานหลักในการผลิตไฟฟ้าสำหรับประเทศไทยได้ในอนาคต [30] นอกจากนี้พลังงาน

ทดแทนยังช่วยลดปัญหาภาวะโลกร้อนจากการปล่อยแก๊สเรือนกระจกที่ทั่วโลกกำลังให้ความสนใจได้อีกด้วย โดยเป็นแนวทางหนึ่งที่จะช่วยลดปริมาณการปล่อยแก๊สเรือนกระจก ในส่วนของขยะมูลฝอยมีโครงการที่เข้าข่ายกลไกพัฒนาที่สะอาด ดังนี้ [18]

- การฝังกลบอย่างถูกสุขลักษณะและผลิตพลังงานจากแก๊สชีวภาพ หรือ Landfill Gas
- การผลิตพลังงานจากขยะ
- การผลิตปุ๋ยจากขยะชุมชนที่มีองค์ประกอบประเภทอินทรีย์

ประโยชน์ของการจัดการขยะเพื่อผลิตพลังงาน [33]

1) ด้านเศรษฐกิจ

- ลดการพึ่งพาการนำเข้าพลังงาน
- ลดการใช้เชื้อเพลิงประเภทฟอสซิล
- ลดการใช้ปุ๋ยเคมี
- มีรายได้จากการขายไฟฟ้าและคาร์บอนเครดิต

2) ด้านสังคมและชุมชน

- ลดจำนวนผู้ป่วยโรคระบบทางเดินหายใจ
- เพิ่มคุณภาพชีวิตให้แก่ชุมชนและสังคม
- ส่งเสริมการพัฒนาพลังงานอย่างยั่งยืน
- เพิ่มการจ้างงาน

3) สิ่งแวดล้อม

- คุณภาพสิ่งแวดล้อมโดยรวมของประเทศดีขึ้น
- กำจัดของเสียอย่างถูกสุขลักษณะและยั่งยืน
- ลดปัญหาโลกร้อนจากการปล่อยแก๊สมีเทนสู่บรรยากาศ
- ลดปัญหาล้างแควล้อมข้างเคียง
- ลดปัญหาน้ำชะขยะสู่ใต้ดิน

การทบทวนมาตรการเชิงนโยบายที่ใช้ในต่างประเทศ [27]

จากข้อมูลของโครงการวิจัยเชิงนโยบายเพื่อสนับสนุนการพัฒนาและการใช้พลังงานหมุนเวียนและการเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงานในประเทศไทย เมื่อปี พ.ศ. 2550 ได้ให้ข้อมูลมาตรการเชิงนโยบายที่ใช้ในประเทศและต่างประเทศ ในด้านการส่งเสริมการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานหมุนเวียน (รวมขยะมูลฝอย) ไว้ดังนี้

มาตรการเชิงนโยบายที่ใช้ส่งเสริมพลังงานหมุนเวียนโดยทั่วไปมี 2 แนวทางคือ (1) มาตรการให้แรงจูงใจทางการเงิน (Fiscal Incentive) อาทิ การให้เงินสนับสนุนการลงทุน (Subsidies) หรือ

การลดหย่อนภาษี และ (2) มาตรการกระตุ้นตลาดเชิงบังคับ (Market Oriented Regulatory Policy Standard) เช่น การใช้ระบบโควต้า นอกจากนั้นยังมีมาตรการอื่นที่มีส่วนในการขับเคลื่อนนโยบาย (Policy Driver) อาทิ การวิจัยและพัฒนา การประชาสัมพันธ์ให้ความรู้ และส่งเสริมการศึกษา ซึ่งโครงการฯ ที่กล่าวถึงข้างต้นได้ทบทวนมาตรการที่ใช้กันทั่วไป ซึ่งอยู่ภายใต้ 2 แนวทางดังกล่าวข้างต้น ดังนี้

1) ข้อกำหนดการเชื่อมต่อกับระบบผลิตไฟฟ้าสำหรับผู้ผลิตไฟฟ้ารายย่อย (Interconnection Agreements) เป็นการอนุญาตให้ผู้ผลิตไฟฟ้าพลังงานหมุนเวียน ซึ่งเป็นผู้ผลิตรายย่อยสามารถเชื่อมต่อกับระบบโครงข่ายไฟฟ้า (Grid) ของการไฟฟ้าได้ ภายใต้ข้อกำหนดด้านความปลอดภัยและขั้นตอนในการเชื่อมโยง ทั้งนี้ข้อกำหนดการเชื่อมโยงควรให้ความเป็นธรรมกับผู้ผลิตไฟฟ้าพลังงานหมุนเวียน ในบางประเทศ ผู้รับซื้อไฟฟ้าหรือบริษัทไฟฟ้า ที่ไม่เต็มใจรับซื้อ มักตั้งกำแพงกีดกันด้วยการกำหนดค่าธรรมเนียมต่างๆ ที่สูงเกินกว่าที่ผู้ขายไฟจะยอมรับได้ อาทิ ค่าเชื่อมต่อ ค่าสำรองไฟฟ้า หรือตั้งข้อกำหนดอุปสรรคป้องกัน และขั้นตอนเชื่อมต่อที่มีมาตรฐานสูงมาก ทำให้เป็นอุปสรรคต่อผู้ขายไฟฟ้า

บทเรียนการใช้มาตรการข้อกำหนดการเชื่อมต่อกับระบบผลิตไฟฟ้าของต่างประเทศ

ประเทศเดนมาร์กและเยอรมัน มีข้อตกลงภายใต้กฎหมาย ให้บริษัทไฟฟ้ารับซื้อไฟฟ้าจากผู้ผลิตไฟฟ้าพลังงานหมุนเวียน และ Co-generation โดยผู้ผลิตไฟฟ้าเป็นผู้รับผิดชอบค่าติดตั้งและค่าอุปกรณ์ป้องกัน รวมทั้งมิเตอร์และสายไฟที่เชื่อมต่อเข้ากับระบบโครงข่ายที่อยู่ใกล้ที่สุด หากมีความจำเป็นต้องปรับปรุงระบบโครงข่าย เพื่อให้สามารถเชื่อมต่อกันได้ ฝ่ายบริษัทไฟฟ้าจะเป็นผู้รับภาระในส่วนที่เพิ่มขึ้น

ประสบการณ์จากต่างประเทศนี้ แสดงให้เห็นว่า การมีข้อตกลงรับซื้อไฟฟ้าที่มีความเป็นธรรม จำเป็นต้องอาศัยองค์กรกำกับดูแลที่มีความเชี่ยวชาญทางด้านเทคนิคการเชื่อมต่อกับระบบโครงข่ายไฟฟ้า มีอำนาจทางกฎหมาย ควบคุมดูแลบริษัทไฟฟ้าได้ มีวิสัยทัศน์ในการรักษาสมดุลทางผลประโยชน์ระหว่างผู้ผลิตไฟฟ้ารายเล็ก ผู้บริโภค และบริษัทไฟฟ้า

2) สัญญาซื้อขายไฟฟ้า (Power Purchase Agreements) เป็นการประกันราคาค่าไฟฟ้าและระยะเวลาในการรับซื้อ ทำให้ผู้ผลิตมีหลักประกันความเสี่ยงในการลงทุน เนื่องจากสามารถคาดการณ์รายรับได้ในช่วงระยะเวลาที่กำหนดไว้ตามสัญญา

บทเรียนการใช้มาตรการสัญญาซื้อขายไฟฟ้าของต่างประเทศ

สหรัฐอเมริกาเริ่มมีกฎหมาย PURPA (Public Utilities Regulatory Policy Act) ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2521 กำหนดให้ บริษัทไฟฟ้าต้องรับซื้อไฟฟ้าจากผู้ผลิตไฟฟ้าอิสระในอัตราที่ทำให้บริษัทไฟฟ้าสามารถหลีกเลี่ยงการสร้างโรงไฟฟ้าใหม่ได้ (Avoided Cost) ประเทศอื่นๆ อาทิ อังกฤษ เดนมาร์ก สเปน

เยอรมัน จีน และอินเดีย ต่างมีกฎหมายในทำนองเดียวกัน และมักกำหนดการรับซื้อไฟฟ้าจากพลังงานหมุนเวียนในอัตราพิเศษ ซึ่งแบ่งออกเป็นสองประเภท คือ Feed-in Tariffs และ Renewable Portfolio Standard

3) การกำหนดอัตราซื้อไฟฟ้าที่จูงใจผู้ผลิต (Feed-in Tariffs) เป็นมาตรการสร้างแรงจูงใจให้มีการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานหมุนเวียนด้วยการให้เงินสนับสนุนตามพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้ แทนที่จะให้ตามกำลังการผลิตติดตั้ง ทำให้ผู้ผลิตมีแรงจูงใจในการลงทุนติดตั้งระบบที่มีคุณภาพ และมีอายุการใช้งานยาวนาน

หลักการกำหนดอัตรา Feed-in Tariffs แบ่งออกเป็น 2 แนวคิดคือ (1) กำหนดอัตราซื้อบนพื้นฐานของ IRR ตามความคุ้มทุนทางเศรษฐศาสตร์ของเทคโนโลยีพลังงานหมุนเวียนแต่ละประเภท ทำให้เทคโนโลยีบางประเภทมี Feed-in Tariffs ที่สูงมาก (2) กำหนดอัตราซื้อ โดยคำนึงถึงผลประโยชน์เชิงสังคมและสิ่งแวดล้อม (Externality Benefit) ของการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานหมุนเวียน

บทเรียนการใช้มาตรการ Feed-in Tariffs ของต่างประเทศ

ประสบการณ์จากต่างประเทศแสดงให้เห็นว่า Feed-in Tariffs เป็นมาตรการที่สามารถกระตุ้นให้มีการลงทุนระบบไฟฟ้าจากพลังงานหมุนเวียนเพิ่มขึ้นอย่างเห็นได้ชัด โดยเฉพาะในประเทศเยอรมัน เดนมาร์ก และสเปน ในปี พ.ศ. 2548 มีการใช้ Feed-in Tariffs มากถึง 32 ประเทศ

ประเทศจีนได้เลือกใช้ Feed-in Tariffs และได้ตรากฎหมายพลังงานหมุนเวียนเมื่อต้นปี พ.ศ. 2549 จากเดิมที่เคยพิจารณาใช้ Renewable Portfolio Standard

4) การคิดผลประโยชน์เชิงสังคมและสิ่งแวดล้อม (Externality Adders under Integrated Resource Planning) เป็นการวางแผนพัฒนากำลังผลิตไฟฟ้าโดยคำนึงถึงการจัดการด้านความต้องการไฟฟ้า (Demand Side Management) และผลประโยชน์เชิงสิ่งแวดล้อมและสังคมเข้าด้วยกัน ซึ่งจะพิจารณาวางแผนทางเลือกในการผลิตไฟฟ้าเพื่อให้อัตราค่าไฟฟ้าต่ำที่สุด การวางแผนแบบ IRP จำเป็นต้องอาศัยกระบวนการที่โปร่งใส เปิดให้มีการทำประชาพิจารณ์ และมีองค์กรกำกับดูแลที่เข้มแข็ง เพื่อให้บริษัทผลิตไฟฟ้าคำนึงถึงผลประโยชน์ด้านสังคมและสิ่งแวดล้อม (Externality Added) โดยในกรณีของประเทศไทยการวางแผนการผลิตไฟฟ้าต้องทำโดยหน่วยงานที่ไม่ใช่ผู้ผลิตและขายไฟฟ้า

บทเรียนการใช้มาตรการ Externality Adders under IRP ของต่างประเทศ

ในปี พ.ศ. 2535 สหรัฐอเมริกาประกาศกฎหมาย Energy Policy Act กำหนดให้บริษัทไฟฟ้าต้องวางแผนการผลิตโดยใช้ IRP และยื่นเสนอต่อคณะกรรมการกำกับดูแลของรัฐ แม้ว่าการปฏิรูปกิจการไฟฟ้าในเวลาต่อมาทำให้มีการใช้ IRP ลดลง แต่ IRP ยังเป็นหลักการที่ใช้อยู่ในบางบริษัทไฟฟ้า ส่วนในสหภาพยุโรปมีการใช้กฎหมาย Regional Planning Techniques กำหนดให้ประเทศในกลุ่มสมาชิกต้องมีการวางแผนพลังงานไฟฟ้า และการใช้แก๊สธรรมชาติด้วยหลักการ IRP

5) การใช้ระบบโควต้า หรือ Renewable Portfolio Standard เป็นมาตรการที่กำหนดให้บริษัทผลิตไฟฟ้ามีกำลังการผลิตส่วนหนึ่งมาจากพลังงานหมุนเวียนในอัตราส่วนที่กำหนด โดยทางบริษัทไฟฟ้า

สามารถเลือกได้ 2 วิธีการคือ (1) ผลิตไฟฟ้าพลังงานหมุนเวียนเอง (2) รับซื้อไฟฟ้าหรือซื้อใบรับรองการผลิต Renewable Energy Certificates จากผู้ผลิตพลังงานหมุนเวียนรายอื่น

บทเรียนการใช้มาตรการ Renewable Portfolio Standard ของต่างประเทศ

นโยบายนี้ที่ใช้ในต่างประเทศมีเฉพาะในประเทศที่กิจการไฟฟ้าเปิดเสรี จึงทำให้เกิดการแข่งขันเพื่อผลิตไฟฟ้าจากพลังงานหมุนเวียนที่มีต้นทุนต่ำที่สุด

6) การประมูลค่าไฟฟ้าที่เสนอขาย (Bidding Arrangement) การประมูลขายไฟฟ้าให้รัฐบาล ใช้วิธีให้ผู้ผลิตไฟฟ้าพลังงานหมุนเวียนยื่นเสนอราคาขายต่อหน่วยไฟฟ้า และรัฐบาลจะคัดเลือกผู้ผลิตที่เสนอราคาต่ำสุด เรียงขึ้นมาจนครบตามเป้าหมายกำลังการผลิตและจำนวนงบประมาณที่ตั้งไว้

บทเรียนการใช้วิธีประมูลค่าไฟฟ้าที่เสนอขาย Bidding Arrangement ของต่างประเทศ

การประมูลขายไฟฟ้าจากพลังงานหมุนเวียนมีการใช้ในแคลิฟอร์เนีย ไอร์แลนด์ และอังกฤษ แต่เนื่องจากการประมูลเปิดขึ้นเป็นรอบตามงบประมาณ และนโยบายของรัฐบาล จึงเปิดโอกาสให้เฉพาะผู้ผลิตที่มีความพร้อมในขณะนั้นเท่านั้น ซึ่งพบว่า การใช้กลไกการสนับสนุนพลังงานหมุนเวียนที่มีความต่อเนื่องในระยะยาวจะประสบความสำเร็จมากกว่า

7) การสนับสนุนงานวิจัยพัฒนาและสาธิต (Grants for Research, Development and Demonstration) เป็นการให้เงินสนับสนุนโครงการวิจัยพัฒนาและสาธิตสำหรับเทคโนโลยีที่ยังไม่สามารถนำมาใช้ในเชิงพาณิชย์ได้ ซึ่งจะช่วยให้เกิดการพัฒนาเทคโนโลยีขึ้นภายในประเทศ แต่มีข้อควรระวังคือ ควรหยุดการสนับสนุนโครงการสาธิตเทคโนโลยีที่มีการพัฒนาได้ในเชิงพาณิชย์แล้ว เพราะจะทำให้พนักงานกลางทุนขาดหวังเงินช่วยเหลือและไม่ทำให้เกิดตลาดได้จริง

บทเรียนการสนับสนุนงานวิจัยพัฒนาและสาธิตของต่างประเทศ

ประเทศสหรัฐอเมริกาเป็นประเทศที่มีการให้งบประมาณด้านการวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีพลังงานหมุนเวียนเป็นจำนวนมาก แต่กลับมีตลาดการใช้งานน้อยกว่าประเทศเดนมาร์ก ที่มีการสนับสนุนตลาดภายในประเทศ และมุ่งเน้นเฉพาะเทคโนโลยีที่มีการใช้งานเชิงพาณิชย์เท่านั้น

ทั้งนี้รัฐบาลไทยได้ให้การสนับสนุนโครงการสาธิตมาโดยตลอด ซึ่งไม่ทำให้เกิดการพัฒนาตลาดอย่างยั่งยืนได้ เนื่องจากที่ผ่านมามุ่งเน้นเฉพาะการติดตั้งเพื่อสาธิตการทำงานของเทคโนโลยี โดยไม่มีการพัฒนาตลาดการใช้งาน

จากการทบทวนข้อมูลเชิงนโยบายสำหรับการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานหมุนเวียนจากประสบการณ์ของต่างประเทศพบว่า เครื่องมือเชิงนโยบายที่สำคัญและได้รับความนิยมจากหลายประเทศคือ Feed-in Tariffs อย่างไรก็ตามหากประเทศไทยจะมีการปรับใช้มาตรการ Feed-in Tariffs ก็ควรศึกษาเพิ่มเติมอย่างละเอียด เนื่องจากการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานหมุนเวียนโดยทั่วไปมีต้นทุนสูง รัฐจึงต้องกำหนดมาตรการและเครื่องมือเชิงนโยบาย เพื่อส่งเสริมให้ผู้ลงทุน และดำเนินการผลิตไฟฟ้าดังกล่าวอย่างเป็นรูปธรรม โดยที่ไม่เป็นภาระต่องบประมาณของภาครัฐ และ/หรือผู้บริโภคมากเกินไป

3.4 การศึกษาเศรษฐศาสตร์การเงินจากการแปรรูปขยะมูลฝอยเป็นพลังงาน

จากข้อมูลรายงานการจัดการขยะมูลฝอยชุมชนเพื่อผลิตพลังงาน (อำนวยการ ทอสงสิทธิ์, 2546) ได้กล่าวถึง การศึกษาทางเศรษฐศาสตร์การเงินสำหรับโครงการผลิตพลังงานไฟฟ้าหรือความร้อนจากขยะมูลฝอยชุมชน สำหรับแต่ละทางเลือกเทคโนโลยีผลิตพลังงาน [17] ดังต่อไปนี้

1. เทคโนโลยีเตาเผาขยะ (Incineration)
2. เทคโนโลยีการผลิตแก๊สเชื้อเพลิง (Gasification)
3. เทคโนโลยีการผลิต RDF
4. เทคโนโลยี AD
5. เทคโนโลยี AD ควบคู่กับการผลิต RDF
6. เทคโนโลยีการผลิตแก๊สชีวภาพจากหลุมฝังกลบขยะมูลฝอย (Sanitary Landfill Gas)

ซึ่งจะวิเคราะห์ข้อมูลของโครงการฯ ตามสมมติฐานและเงื่อนไขต่างๆ ดังนี้ (ข้อมูลต่างๆ ของรายงานอาจไม่ตรงกับ ณ ปัจจุบัน)

แนวทางวิเคราะห์ทางการเงิน

จากการประมาณการเบื้องต้นพบว่า ค่าใช้จ่ายในการผลิตพลังงานไฟฟ้าจากขยะมีแนวโน้มสูงกว่าราคาค่าไฟฟ้าที่การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค และการไฟฟ้านครหลวงรับซื้อตามปกติ ทั้งนี้ราคารับซื้อไฟฟ้าขณะที่ยังศึกษาที่มีค่าประมาณ 1.70-2.50 บาท/กิโลวัตต์-ชั่วโมง ดังนั้นหากจะดำเนินโครงการให้มีความเป็นไปได้ทางการเงินจึงต้องมีการสนับสนุนการลงทุน หรือสนับสนุนส่วนต่างของราคารับซื้อไฟฟ้า ทั้งนี้การวิเคราะห์ทางการเงินในแต่ละเทคโนโลยีผลิตพลังงานจากขยะมูลฝอยชุมชนนี้จึงเป็นการวิเคราะห์เพื่อหาราคาพลังงานที่มีความเหมาะสมทางการเงิน เพื่อนำไปใช้ในการพิจารณาให้ความช่วยเหลือในแต่ละเงื่อนไข ดังนี้

1) ไม่มีเงินสนับสนุนใดๆ ในการลงทุน

พิจารณาราคาพลังงานโดยไม่มีการสนับสนุนทางการเงินใดๆ ในการลงทุนก่อสร้าง รวมทั้งการดำเนินงาน และบำรุงรักษา เพื่อให้ทราบถึงราคาต้นทุนจริงในแต่ละเทคโนโลยีการผลิตพลังงานจากขยะชุมชน หากมีการดำเนินโครงการตามเงื่อนไขนี้จะต้องมีการช่วยเหลือให้ราคาพลังงานที่ผลิตได้มีราคาที่ให้ผลตอบแทนเหมาะสมทางการเงิน

2) สนับสนุนเงินกู้ในการลงทุน

นอกจากกองทุนสิ่งแวดล้อมที่ให้การช่วยเหลือทั้งการให้เงินอุดหนุนและการให้กู้เงิน เพื่อกิจการด้านสิ่งแวดล้อมแล้ว ยังมีแหล่งเงินทุนอื่นๆ ที่ให้กู้ระยะยาว ดอกเบี้ยต่ำ สำหรับโครงการด้านอนุรักษ์สิ่งแวดล้อมและพลังงาน ซึ่งมีเงื่อนไขการกู้ยืมร้อยละ 70 ของเงินลงทุนก่อสร้างทั้งหมด ซึ่งในการศึกษาในลำดับต่อไปจะใช้เงื่อนไขในการหาราคาพลังงานเมื่อมีการสนับสนุนเงินกู้แก่โครงการ

3) สนับสนุนเงินอุดหนุนเท่าที่ใช้ในการกำจัดขยะแบบฝังกลบอย่างถูกหลักสุขาภิบาล

รัฐบาลได้ให้เงินอุดหนุนองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นในการกำจัดขยะแบบฝังกลบอย่างถูกหลักสุขาภิบาลอยู่แล้ว โดยไม่ได้พิจารณาครอบคลุมถึงการผลิตพลังงานจากการกำจัดขยะโดยวิธีการดังกล่าว อีกทั้งยังมีปัญหาเรื่องของสถานที่กำจัดขยะอยู่เสมอ ดังนั้นหากเปลี่ยนหลักการจากการนำขยะมากำจัดเพียงอย่างเดียว โดยเพิ่มการผลิตพลังงานด้วยก็จะทำให้มีค่าใช้จ่ายเพิ่มขึ้น แต่ก็ได้ผลประโยชน์จากพลังงานที่ผลิตได้ การพิจารณาในเงื่อนไขนี้ควรพิจารณาว่าค่าใช้จ่ายที่เพิ่มขึ้นจากการผลิตพลังงานให้ผลตอบแทนในรูปพลังงานเป็นมูลค่าเท่าไร คู่มีหรือไม่

4) สนับสนุนเงินกู้ในการลงทุนและเงินอุดหนุนเท่าที่ใช้ในการกำจัดขยะและฝังกลบอย่างถูกหลักสุขาภิบาล

เป็นการวิเคราะห์ทางการเงินที่รวมการช่วยเหลือเงินกู้และให้เงินอุดหนุนตามที่กล่าวมาแล้วในข้อ 2) และ ข้อ 3)

สมมติฐานในการวิเคราะห์ทางการเงิน

สมมติฐานทั่วไป

1. ระยะเวลาก่อสร้างระบบผลิตพลังงาน 2 ปี โดยในปีแรกร้อยละ 40 และในปีที่สองร้อยละ 60
2. ระยะเวลาในการเดินระบบและบำรุงรักษา 20 ปี (ยกเว้นระบบผลิตพลังงานแก๊สชีวภาพจากหลุมฝังกลบ ซึ่งใช้เวลาเดินระบบและบำรุงรักษา 38 ปี รวมเป็นระยะเวลาโครงการ 40 ปี)
3. อัตราส่วนลด หรือค่าเสียโอกาสของเงินทุน ร้อยละ 10
4. อัตราเงินเฟ้อเฉลี่ยร้อยละ 2 ต่อปี
5. ราคาจำหน่ายไฟฟ้าหรือราคาซื้อเพลิงใช้ราคาตามผลการศึกษา ณ ขณะนั้น

ในการเปรียบเทียบความเหมาะสมทางการเงินของแต่ละเทคโนโลยี จะใช้ดัชนีชี้วัดราคาค่าไฟฟ้าที่เหมาะสมในเงื่อนไขที่มีความเป็นไปได้ของแต่ละเทศบาลที่จะทำให้ผลตอบแทนทางการเงินคุ้มค่าในการลงทุน โดยมีหลักดังนี้

- 1) หาราคาค่าไฟฟ้าขายต่อหน่วยที่ทำให้อัตราผลตอบแทนทางการเงินของการลงทุน (FIRR หรือ ROI) มีค่าเท่ากับร้อยละ 10 ซึ่งถือเป็นอัตราที่ทำให้ผลตอบแทนคุ้มค่าทางการเงิน
- 2) ในการลงทุนของโครงการนั้น แหล่งเงินทุนของโครงการไม่จำเป็นต้องมาจากเจ้าของกิจการ หรือผู้ลงทุนเท่านั้น ผู้ลงทุนอาจใช้แหล่งเงินทุนจากเงินกู้ของสถาบันการเงินด้วยได้ ซึ่งการใช้ทั้งเงินทุนของตนเองร่วมกับการกู้เงิน จะวัดโดยใช้อัตราผลตอบแทนของผู้ลงทุน (ROE) โดยในกรณีที่มีการกู้เงินจะหาราคาค่าไฟฟ้าขายต่อหน่วยที่ทำให้ค่า ROE เท่ากับร้อยละ 10 ทั้งนี้ในการจัด Financing จะใช้สมมติฐานในการวิเคราะห์ ดังนี้

- สัดส่วนของเงินกู้ ร้อยละ 70 ของเงินลงทุนทั้งหมด
- เงื่อนไขการกู้ยืม ระยะเวลาชำระคืน 10 ปี ระยะปลอดเงินหนี้ 2 ปี
- อัตราดอกเบี้ยเงินกู้เท่ากับ ร้อยละ 3.0
- เงื่อนไขการชำระคืนเท่ากันทุกปี (Equal Installment)

ค่าใช้จ่าย ประกอบด้วย

1. ค่าลงทุนก่อสร้างระบบผลิตพลังงาน
2. ค่าดำเนินการและบำรุงรักษา (O&M) ระบบผลิตพลังงาน
3. ค่าซ่อมใหญ่ระบบผลิตพลังงาน
4. ค่าลงทุนก่อสร้างระบบฟังกลบกากหรือเถ้า (ไม่ทุกกรณี)
5. ค่าดำเนินการและบำรุงรักษา (O&M) ระบบฟังกลบกากหรือเถ้า (ไม่ทุกกรณี)
6. ค่าซ่อมใหญ่ระบบฟังกลบกากหรือเถ้า (ไม่ทุกกรณี)
7. สัดส่วนในการลงทุน

รายได้ ประกอบด้วย

1. เงินอุดหนุนกรณีฟังกลบ พิจารณาจากค่าใช้จ่ายในการก่อสร้าง รวมทั้งการดำเนินการและบำรุงรักษา ระบบกำจัดขยะโดยวิธีฟังกลบอย่างถูกหลักสุขาภิบาลที่ดำเนินการอยู่ในปัจจุบัน (ณ ขณะนั้น) โดยที่ไม่มีรายได้จากการผลิตพลังงาน ซึ่งรัฐบาลได้ให้เงินอุดหนุนองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นที่ดำเนินการ อยู่แล้ว
2. รายได้จากพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้
3. รายได้จากการจำหน่ายปุ๋ยที่ได้จากระบบ (ปุ๋ยอินทรีย์เหมาะสำหรับการปรับปรุงคุณภาพดิน) ราคา ประมาณ 1,000 บาท/ตัน โดยหากมีการจัดการต่อไป เช่น การเพิ่มแร่ธาตุที่สำคัญเพิ่มเติมปุ๋ยก็จะมี ราคาสูงขึ้น แต่ก็จะมีการจัดจำหน่ายเพิ่มขึ้น
4. รายได้จากการจำหน่าย RDF โดยคิดราคาจากค่าความร้อนของ RDF ในการวิเคราะห์อาจพิจารณา เป็น 2 กรณี ดังนี้
 - สำหรับเทคโนโลยีการผลิต RDF ราคาขาย RDF (บาท/ตัน) อาจใช้ค่าอัตราส่วนลด หรือ FIRR ร้อยละ 10
 - สำหรับเทคโนโลยี AD ร่วมกับการผลิต RDF อาจใช้ราคาเชื้อเพลิงขยะ (RDF) เป็น 0.06 บาท/เมกะ- จูล (ราคาประมาณ 1,132-1,256 บาท/ตัน) เพื่อวิเคราะห์หารายได้จากราคาค่าไฟฟ้าขายของระบบนี้ ซึ่ง คำนวณมาจากการเปรียบเทียบราคาจำหน่ายและค่าความร้อนของถ่านหิน (Lignite)

ผลการวิเคราะห์ทางการเงิน

รายละเอียดการวิเคราะห์ผลตอบแทนทางการเงินของแต่ละเทคโนโลยีตามเงื่อนไขต่างๆ ตลอดจนโครงการ พบว่าเทคโนโลยีผลิตพลังงานจากขยะชุมชนที่มีความเหมาะสมทางการเงินมาก เมื่อยังไม่มี การสนับสนุนใดๆ เรียงลำดับจากมากไปหาน้อยได้ดังนี้

1. เทคโนโลยีการผลิตแก๊สเชื้อเพลิง (Gasification)
2. เทคโนโลยี AD ควบคู่กับการผลิต RDF
3. เทคโนโลยี AD
4. เทคโนโลยีเตาเผาขยะ (Incineration)
5. เทคโนโลยีการผลิต RDF

สำหรับเทคโนโลยีการผลิตแก๊สชีวภาพจากหลุมฝังกลบขยะมูลฝอย (Sanitary Landfill Gas) นั้นมี ข้อจำกัดทางด้านสถานที่เป็นอย่างมากคือ ต้องมีที่ดินขนาดใหญ่มากพอและไม่มีปัญหาระดับน้ำใต้ดิน ซึ่งเป็นข้อจำกัดที่สำคัญ ทำให้มีปัญหาในการหาพื้นที่ที่มีความเหมาะสม รวมถึงปัญหาราคาที่ดิน ซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญทางการเงินในการพิจารณาคัดเลือกเทคโนโลยี

อย่างไรก็ตามเพื่อความเหมาะสม การศึกษาทางเศรษฐศาสตร์การเงิน ได้พิจารณากำหนดกรณีศึกษา ในพื้นที่ที่มีปริมาณขยะมูลฝอยประมาณ 100 ตัน/วัน โดยมีข้อมูลด้านเทคนิคของเทคโนโลยี ทั้ง 5 ประเภทดังกล่าวข้างต้น ตลอดจนข้อมูลค่าใช้จ่ายในการลงทุน การดำเนินงาน การบำรุงรักษา รายรับ รายจ่าย และรายการอื่นๆ ดังแสดงไว้ในตารางที่ 3.7 และผลการศึกษาวิเคราะห์เศรษฐศาสตร์การเงิน พบว่า

1. การกำจัดขยะด้วยเทคโนโลยีผลิตพลังงาน มีการลงทุนสูงกว่าการกำจัดขยะแบบฝังกลบตามที่นิยม ทำอยู่ แต่ให้ประสิทธิภาพในการกำจัดที่ดีกว่า ใช้พื้นที่น้อยกว่า มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมน้อยกว่า และสามารถป้องกันได้ และมีพลังงานและปุ๋ยเป็นผลพลอยได้ แต่จำเป็นต้องใช้บุคลากรที่ผ่านการ ฝึกอบรมในการดำเนินการและบำรุงรักษาระบบ ค่าใช้จ่ายในการผลิตไฟฟ้าจากขยะหลังจากหัก ค่าใช้จ่ายที่ควรจะเป็นเทียบเท่ากับการกำจัดขยะแบบฝังกลบแล้ว ยังคงสูงกว่าราคารับซื้อไฟฟ้าของ การไฟฟ้าทั้ง 3 แห่ง แต่ไม่สูงไปกว่าการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานทดแทนชนิดอื่นๆ เช่น พลังงาน แสงอาทิตย์ และพลังงานลม เป็นต้น ดังแสดงในตารางที่ 3.8
2. รัฐจำเป็นต้องให้การสนับสนุนด้านการเงินบางส่วน ทั้งในมาตรการภาษีนำเข้าเครื่องจักร อุปกรณ์ ภาษีรายได้ การให้เงินกู้ดอกเบี้ยต่ำ การสนับสนุนการรับซื้อค่าไฟฟ้าที่แพงกว่า มาตรการเหล่านี้มีอยู่ แล้ว เพียงแต่ขยายขอบเขตมาที่การผลิตพลังงานจากขยะเท่านั้น

อย่างไรก็ดี นอกจากการพิจารณาด้านเศรษฐศาสตร์การเงินแล้ว สมบัติของขยะมูลฝอยก็เป็นประเด็นสำคัญที่ต้องพิจารณาให้เหมาะสมกับเทคโนโลยีด้วย ทั้งนี้ขยะมูลฝอยของประเทศไทยมีองค์ประกอบเปลี่ยนแปลงตามฤดูกาลทำให้การแยกขยะมูลฝอยในพื้นที่กองรวมขยะทำได้ยาก และไม่มีประสิทธิภาพ ดังนั้นเทคโนโลยีที่ไม่ต้องมีการแยกขยะอย่างละเอียดก่อนการกำจัดจึงมีความเหมาะสมกับประเทศไทยมากกว่า แม้ว่าบางกรณีมีค่าใช้จ่ายในการลงทุนสูงกว่าก็ตาม เช่น เทคโนโลยีการผลิตแก๊สเชื้อเพลิง (Gasification) การผลิต RDF และเตาเผาขยะ (Incineration) เป็นต้น

ตารางที่ 3.7 ข้อมูลด้านเทคนิคของเทคโนโลยีผลิตพลังงานจากขยะสำหรับเทศบาลที่มีปริมาณขยะ 100 ตัน/วัน [17]

ข้อมูลสรุปทางด้านเทคนิค	เทคโนโลยีทางเลือก					
	Incineration	Gasification	RDF	AD	AD + RDF	Landfill Gas to Energy
ขนาดระบบ (ตัน/วัน)	150	150	100	100	100	100
<u>ปริมาณขยะที่เข้าระบบ</u>						
- (ตัน/วัน)	100	100	100	100	100	100
- (ตัน/ปี)	33,000	33,000	36,500	36,500	36,500	36,500
<u>ผลผลิตและผลพลอยได้</u>						
- วัสดุรีไซเคิล (ตัน/ปี)	-	330	372	3,504	119	-
- RDF (ตัน/ปี)	-	-	9,140	-	-	-
- แก๊สชีวภาพที่ผลิตได้ (ลูกบาศก์เมตร/ปี)	-	-	-	2,591,668	2,591,668	199,727 - 3,990,300
- ปุ๋ยอินทรีย์ (ตัน/ปี)	-	-	-	4,886	4,886	-
- วัสดุค้ดทิ้ง/เถ้าหนัก (ตัน/ปี)	1,793	825	22,152	11,395	7,526	-
- เถ้าลอย (ตัน/ปี)	2,192	825	-	-	-	-
<u>พลังงาน (เมกะวัตต์-ชั่วโมง/ปี)</u>						
- พลังงานความร้อนของ RDF	-	-	47,883	-	40,509	-
- ไฟฟ้าที่ผลิตได้	12,550	-	-	6,332	6,332	2,673 – 7,079
- ไฟฟ้าที่ใช้ในระบบ	2,112	-	-	633	699	812
- ไฟฟ้าที่เหลือสำหรับจำหน่าย	10,438	8,910	-	5,699	5,633	1,861 – 6,268

ตารางที่ 3.7 ข้อมูลด้านเทคนิคของเทคโนโลยีผลิตพลังงานจากขยะสำหรับเทศบาลที่มีปริมาณขยะ 100 ตัน/วัน (ต่อ)

ข้อมูลสรุปทางด้านเทคนิค	เทคโนโลยีทางเลือก					
	Incineration	Gasification	RDF	AD	AD + RDF	Landfill Gas to Energy
<u>การลงทุน (ล้านบาท)</u>						
- ระบบผลิตพลังงานจากขยะ	790.11	307.72	170.17	202.3	221.14	471.99
- ระบบฝังกลบวัสดุคัดทิ้ง/กาก	44.62	35.18	178.74	109.19	77.45	-
- รวมการลงทุน	834.73	342.90	348.91	311.49	298.59	471.99
<u>ค่าดำเนินการ (ล้านบาท)</u>						
- ระบบผลิตพลังงานฯ รายปี	22.65	25.93	8.11	8.27	8.48	9.99 - 15.63
- ระบบฝังกลบกาก รายปี	5.42	5.06	6.43	5.72	5.47	-
- รวมค่าดำเนินการ รายปี	28.07	30.99	14.54	13.99	13.95	9.99 - 15.63
- ค่าซ่อมใหญ่ระบบผลิตพลังงานฯ	-	-	-	10.66	10.66	15.43
- ค่าเปลี่ยนเครื่องจักรระบบผลิตพลังงานฯ	-	-	-	-	-	16.62

ตารางที่ 3.8 สรุปผลการวิเคราะห์ทางการเงิน [17]

รายการ	เทคโนโลยีทางเลือก					
	Incineration	Gasification	RDF	AD	AD + RDF	Landfill Gas to Energy
ที่ดิน สำหรับระบบผลิตพลังงาน (ล้านบาท)	4.5 ไร่ (2.52)	5 ไร่ (2.80)	4 ไร่ (2.24)	5 ไร่ (2.80)	7.5 ไร่ (4.20)	94 ไร่ (52.47)
ค่าก่อสร้างระบบผลิตพลังงานไม่รวมที่ดิน (ล้านบาท)	784.99	304.92	167.90	194.11	216.94	419.52
ที่ดินสำหรับระบบฝังกลบ กากหรือเถ้า (ล้านบาท)	7 ไร่ (3.92)	4.4 ไร่ (2.46)	58.6 ไร่ (32.8)	39 ไร่ (21.84)	25 ไร่ (14.00)	-
ค่าก่อสร้างระบบฝังกลบกากหรือเถ้า ไม่รวมที่ดิน (ล้านบาท)	44.62	35.18	145.92	84.14	63.34	-
ค่า O&M ระบบผลิตพลังงาน (ล้านบาท/ปี)	22.65	22.63	8.11	8.18	8.48	10.57
ค่า O&M ระบบฝังกลบกากหรือเถ้า (ล้านบาท/ปี)	5.42	5.07	6.43	5.55	5.47	-
ปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้ (เมกะวัตต์-ชั่วโมง/ปี)	10,438	8,910	-	5,256	5,633	-
มูลค่า RDF ที่ผลิตได้ (ล้านบาท/ปี) คิดที่ 0.06 บาท/เมกะจูล	-	-	10.34	-	8.75	-
มูลค่าปุ๋ยอินทรีย์ที่ผลิตได้ (ล้านบาท/ปี) คิดที่ 1,000 บาท/ตัน	-	-	-	4.51	4.89	-
ราคาไฟฟ้าขาย ที่ FIRR = 10%	(บาท/kWh)	(บาท/kWh)	(บาท/ตัน)	(บาท/kWh)	(บาท/kWh)	(บาท/kWh)
- กรณีไม่มีเงินอุดหนุนใดๆ	14.06	8.87	7,093	10.16	7.79	45.98
- กรณีสนับสนุนเงินกู้	11.47	7.63	5,835	8.27	6.05	37.63
- กรณีอุดหนุนเท่ากับการกำจัดขยะแบบฝังกลบฯ	11.43	5.80	4,099	4.95	2.93	28.21
- กรณีสนับสนุนเงินกู้และให้เงินอุดหนุน	9.25	5.02	3,295	3.85	1.94	22.35

หมายเหตุ: การกำจัดขยะโดยวิธีฝังกลบอย่างถูกหลักสุขาภิบาลในปริมาณขยะเท่ากันต้องใช้ที่ดินสำหรับระบบ 130 ไร่ เป็นเงินจำนวน 72.80 ล้านบาท และค่าลงทุนก่อสร้างระบบอีก

118.81 ล้านบาท ค่าดำเนินการและบำรุงรักษา (O&M) ปีละ 6.25 ล้านบาท ซึ่งนำมาคิดเป็นเงินอุดหนุน

บทที่ 4 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

4.1 ทฤษฎีเกี่ยวกับการกำจัดขยะโดยการเผาไหม้

4.1.1 นิยามของการเผาขยะในเตาเผา (Incineration)

การกำจัดขยะมูลฝอยโดยใช้เตาเผา เป็นวิธีการกำจัดขยะมูลฝอยที่มีประสิทธิภาพดีมากที่สุดวิธีหนึ่ง ซึ่งสามารถลดปริมาณขยะมูลฝอยลงได้ถึงร้อยละ 80-90 โดยอาศัยสมบัติของขยะมูลฝอยที่สามารถติดไฟได้ ควบคุมอากาศภายในเตาเผาหรือใช้เชื้อเพลิงเสริม ภายใต้อุณหภูมิ ความดัน เวลา และความชื้นที่เหมาะสม ขึ้นอยู่กับรูปแบบและขนาดของเตาเผาแต่ละประเภท (ซึ่งจะกล่าวรายละเอียดต่อไป) ผลที่ได้จากปฏิกิริยาการเผาไหม้ทำให้เกิดแก๊สและอนุภาคนิวเคลียสต่างๆ เช่น ไอ น้ำ ฝุ่น ควัน และแก๊สที่ก่อให้เกิดอันตรายได้ เช่น ไดออกซิน ฟิวแรน ออกไซด์ของไนโตรเจน ออกไซด์ของกำมะถัน เป็นต้น ดังนั้นจึงต้องมีการควบคุมมลพิษหลังการเผาไหม้เป็นอย่างดีก่อนปล่อยออกสู่สิ่งแวดล้อม โดยอุณหภูมิของการเผาไหม้ขั้นสุดท้ายภายในเตาทั่วไปอยู่ในช่วงระหว่าง 850-1,200 องศาเซลเซียส การเผาไหม้ต้องการพื้นที่ที่ใช้ดำเนินการไม่มากนัก แต่ต้องใช้เทคโนโลยีขั้นสูงในการดำเนินการ จึงช่วยลดปัญหาความขาดแคลนที่ดินในการฝังกลบ ซึ่งปัจจุบันราคาที่ดินสูงขึ้นเรื่อยๆ นอกจากนี้ในบางพื้นที่ที่มีปริมาณขยะจำนวนมากสามารถนำพลังงานความร้อนที่ได้จากการเผาขยะมาใช้ผลิตไอน้ำเพื่อผลิตกระแสไฟฟ้าได้ ส่วนควันที่ได้จะถูกนำไปฝังกลบอย่างถูกวิธีหรือใช้ผลิตเป็นวัสดุก่อสร้างต่อไป [18]

การใช้เตาเผาในการกำจัดขยะมูลฝอยเป็นการลงทุนสูงในระยะแรก ไม่เฉพาะกับตัวเตาเผาเท่านั้น แต่ที่สำคัญต้องมีระบบบำบัดอากาศเสียที่มีประสิทธิภาพสูง เพราะการเผาขยะมูลฝอยที่มีส่วนประกอบหลากหลาย และมีสัดส่วนไม่คงที่อาจก่อให้เกิดมลพิษทางอากาศได้ เทคโนโลยีนี้นิยมในทวีปยุโรปและประเทศญี่ปุ่น ส่วนประเทศไทยมีเตาเผาขยะมูลฝอยชุมชนที่ผลิตไฟฟ้าเพียงแห่งเดียวเท่านั้นที่จังหวัดภูเก็ต ทั้งนี้ถ้ามีการออกแบบและติดตั้งที่ถูกต้อง เตาเผาขยะสามารถทำงานได้โดยไม่ก่อผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและชุมชนใกล้เคียงแต่อย่างใด จุดสำคัญของระบบนี้คือ ต้องไม่ให้เกิดสารหรือวัตถุที่ระเหิดได้เข้าไปในเตาเผาอย่างเด็ดขาด เช่น กระป๋องสเปรย์ เพราะจะสร้างความเสียหายอย่างรุนแรงต่อโครงสร้างของหม้อไอน้ำได้ นอกจากนี้ ในการออกแบบต้องคำนึงถึงองค์ประกอบและสมบัติของขยะ ซึ่งไม่เหมือนชีวมวลทั่วไป เช่น มีความชื้นสูง สมบัติมีความหลากหลายไม่สม่ำเสมอ (Non-homogeneous) และมีค่าความร้อนต่ำ รวมถึงการเผาสารอันตรายที่หลุดลอดจากการคัดแยก เช่น ถ่านไฟฉาย และแบตเตอรี่ ทำให้ต้องติดตั้งอุปกรณ์บำบัดแก๊สทั้งเป็นกรณีพิเศษ รวมถึง

จึงได้นำไปฝังกลบอย่างถูกหลักวิชาการ การกำจัดขยะโดยการเผาจึงมีค่าใช้จ่ายในการก่อสร้างและการดำเนินงานค่อนข้างสูงกว่าวิธีอื่นๆ [18, 21]

4.1.2 รูปแบบการเผาไหม้ขยะมูลฝอย [23]

การเผาไหม้โดยทั่วไปแบ่งได้ 2 ลักษณะคือ

1) การเผาไหม้มวลรวม (Mass Burnt Systems) เป็นการเผาไหม้ขยะมูลฝอยที่มีองค์ประกอบหลากหลายทั้งหมดโดยไม่ผ่านกระบวนการแปรรูปและคัดแยกก่อนเข้าเตาเผา ซึ่งเทคโนโลยีนี้มักใช้กับการเผาไหม้ในเตาเผาแบบตะกรับที่เคลื่อนที่ได้ เพราะเป็นระบบที่ไม่ต้องการการคัดแยกหรือบดคัดขยะมูลฝอยก่อน จึงสะดวกต่อการจัดการกับขยะมูลฝอยที่มีองค์ประกอบและความร้อนที่เปลี่ยนแปลงตลอดเวลาได้เป็นอย่างดี อีกทั้งยังเป็นรูปแบบที่มีค่าประสิทธิภาพเชิงความร้อนสูงถึงร้อยละ 85 นอกจากนี้ยังสามารถเผาเพื่อกำจัดขยะได้ถึงวันละ 1,200 ตันต่อเตาเผา 1 เตา แต่อย่างไรก็ตามปัญหาที่มักพบในการเลือกใช้เตาเผาในรูปแบบนี้คือ เงินลงทุนเริ่มต้นและค่าบำรุงรักษาระบบที่มีค่าค่อนข้างสูง นอกจากเตาเผาแบบตะกรับแล้วยังมีการศึกษาการเผาในรูปแบบนี้กับเตาเผาแบบหมุน (Rotary Kiln) ซึ่งมีข้อดีใกล้เคียงกับเตาเผาแบบตะกรับคือ ไม่ต้องผ่านการคัดแยกหรือบดคัดขยะมูลฝอยก่อน แต่เตาเผาแบบนี้ให้ค่าประสิทธิภาพเชิงความร้อนต่ำกว่าคือ ประมาณร้อยละ 80 และยังเป็นเทคโนโลยีที่มีความสามารถในการเผาทำลายขยะมูลฝอยค่อนข้างน้อย มีความสามารถในการเผาทำลายสูงสุดต่อ 1 เตา ประมาณ 480 ตัน/วัน

2) การเผาไหม้ที่ต้องมีการจัดการเบื้องต้น (Burning of Preheated and Homogenized Waste Systems) เป็นการเผาไหม้ขยะที่ต้องมีการจัดการขยะเบื้องต้นก่อนเผา โดยต้องมีการคัดแยก ลดขนาดบดคัด หรืออาจผลิตเป็น RDF ก่อนนำเข้าเตาเผา ทำให้กระบวนการมีความยุ่งยากมากขึ้น ดังนั้นระบบดังกล่าวจึงมีการใช้งานอยู่ในวงจำกัด เช่น เตาเผาแบบฟลูอิดไดซ์เบด (Fluidized Bed) ซึ่งเป็นหนึ่งในเทคโนโลยีที่ต้องมีการจัดการขยะในเบื้องต้นก่อนป้อนขยะเข้าสู่ห้องเผาไหม้ เทคโนโลยีฟลูอิดไดซ์เบดจัดว่าเป็นเทคโนโลยีที่ยังใหม่และมีการใช้งานเพื่อการเผาทำลายขยะมูลฝอยในวงจำกัด โดยทั่วไปใช้สำหรับกำจัดขยะมูลฝอยอุตสาหกรรม การเผาไหม้ในรูปแบบนี้ได้รับความสนใจเนื่องจากเงินลงทุนระบบและค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษาดำกว่า เพราะออกแบบง่ายกว่าและให้ค่าประสิทธิภาพเชิงความร้อนสูงประมาณร้อยละ 90 แต่อย่างไรก็ตามเทคโนโลยีนี้ยังอยู่ในช่วงของการปรับปรุง จึงต้องมีการทดสอบระบบให้เหมาะสมกับแหล่งพลังงาน โดยเฉพาะในรูปแบบของขยะชุมชน ดังนั้นหากต้องการเลือกระบบนี้มาใช้งานจะต้องมีการคัดเลือกและคำนึงถึงความสามารถของระบบต่อลักษณะ และชนิดของขยะเป็นสำคัญ

4.1.3 หลักการทำงานของเตาเผา [3]

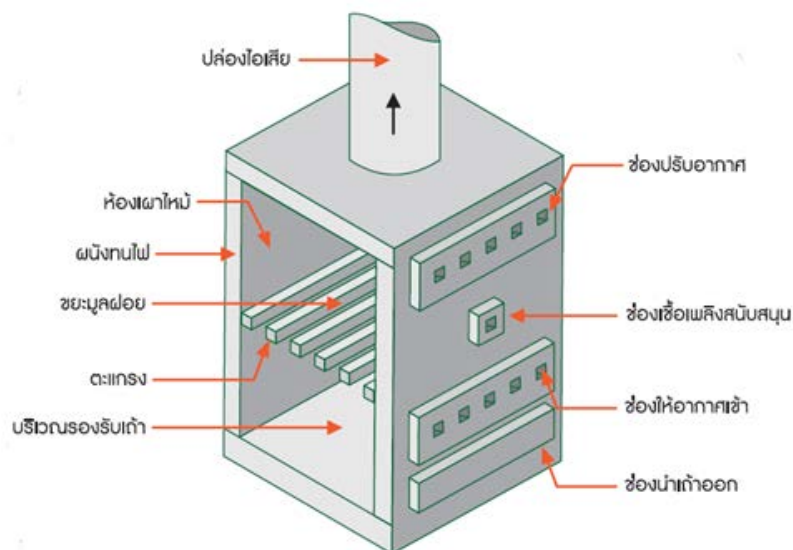
การเผาไหม้ขยะมูลฝอยในเตาเผามีหลักการทำงานอยู่ 2 ระบบคือ

- แบบใช้อากาศมาก (Excess Air) เป็นการเผาขยะมูลฝอยที่ใช้อากาศช่วยในการลุกไหม้อย่างมาก เหมาะสำหรับขยะมูลฝอยที่ติดไฟได้ง่าย และไม่มีการเผาไหม้ที่รุนแรง หรือการเกิดระเบิดอย่างรุนแรง โดยทั่วไปการเผาขยะมูลฝอยชุมชนจะนิยมใช้แบบนี้เป็นส่วนมาก
- แบบใช้อากาศน้อย (Starved Air) เป็นการเผาขยะมูลฝอยที่ใช้อากาศช่วยในการลุกไหม้ปริมาณจำกัด เหมาะสำหรับขยะมูลฝอยที่มีองค์ประกอบใกล้เคียงกัน และลุกไหม้ได้ดี เช่น ขยะมูลฝอยอุตสาหกรรม เป็นต้น

4.1.4 ประเภทของเตาเผาขยะมูลฝอยชุมชน [3, 18]

4.1.4.1 เตาเผาแบบห้องเดี่ยว (Single Chamber Incinerators)

เป็นเตาเผาขนาดเล็กที่มีการเผามูลฝอยประมาณ 100-200 กิโลกรัม/วัน และเผาแบบควบคุมอากาศ (Controlled Air) เพราะขยะมูลฝอยถูกเผาในเตาที่ปิดอย่างสนิท มีช่องสำหรับเติมอากาศหรือเติมเชื้อเพลิงเข้าไปในเตาเผา ในเตาเผาห้องเดี่ยวอยู่ห้องเดียว ขยะมูลฝอยจะถูกวางลงบนตะแกรงของห้องเผา เพื่อให้เกิดการติดไฟ แล้วปล่อยให้เถ้าหนัก (Bottom Ash) ร่วงลงมาในที่วางได้ตะแกรงที่เตรียมไว้ อากาศเสียที่เกิดขึ้นจากการเผาไหม้จะผ่านออกสู่ปล่องควัน (Stack) ที่ตั้งไว้บนสุดของเตาเผา การให้พลังงานความร้อนช่วยให้เกิดการเผาไหม้ได้ดี โดยใช้หัวเผา (Burner) เป็นส่วนเติมพลังงานความร้อน ดังแสดงในรูปที่ 4.1

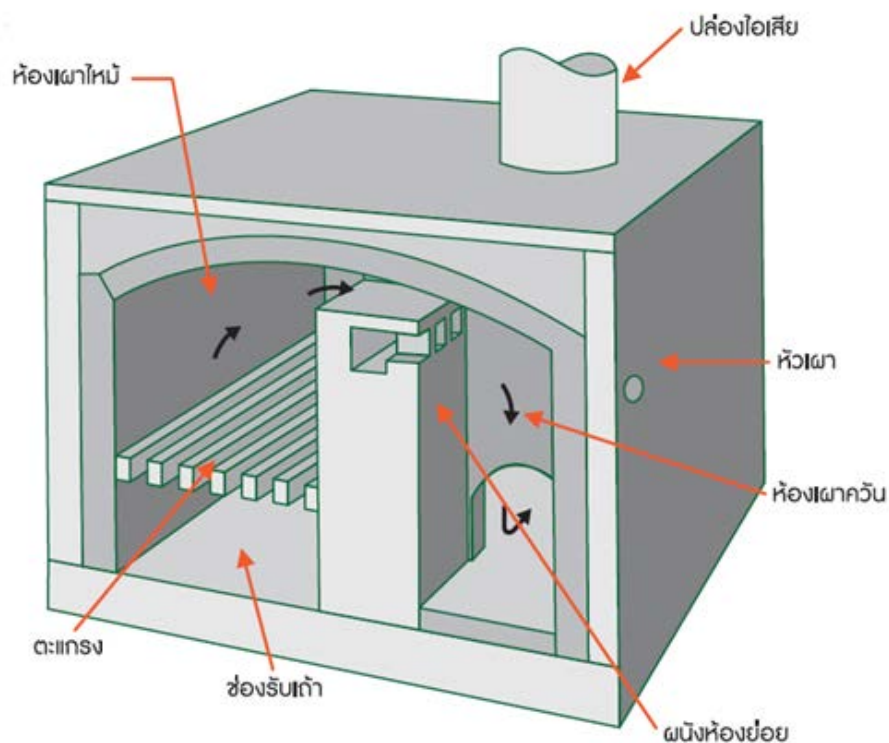


รูปที่ 4.1 เตาเผาแบบห้องเดี่ยว [18]

4.1.4.2 เตาเผาแบบหลายห้องเผา (Multiple Chamber Incinerator)

เตาเผาแบบนี้ได้รับการพัฒนาขึ้นจากความต้องการที่จะควบคุมการเผาไหม้ให้สมบูรณ์ และควบคุมคุณภาพของอากาศเสียให้สัมพันธ์กับความร้อนในห้องเผาให้นานที่สุด โดยเป็นเตาเผาขนาดเล็กที่เผาขยะมูลฝอยประมาณ 500-1,000 กิโลกรัม/วัน ระยะเวลาของอากาศที่อยู่ในห้องเผาประมาณ 1-2 วินาที ซึ่งทำให้แน่ใจได้ว่าจะสามารถทำลายมลพิษทางอากาศให้อยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน นอกจากนั้นการมีหลายห้องเผาช่วยให้อนุภาคฝุ่นขนาดใหญ่ตกอยู่ในเตาไม่หลุดลอยออกไปสู่ปล่องควันมากนัก ตัวอย่างเตาเผาแบบหลายห้องเผาแสดงดังรูปที่ 4.2 โดยเตาเผาแบบหลายห้องเผามี 2 ชนิด ดังนี้

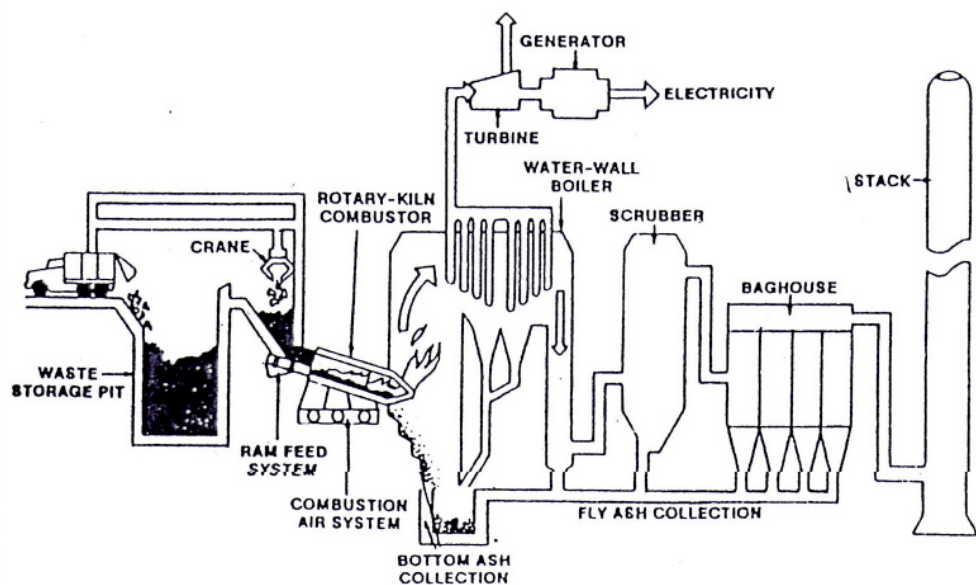
- Retort Type เป็นเตาแบบที่มีแผ่นกั้นห้อง แยกการเผาเป็นห้องๆ เพื่อให้แก๊สเสีย (Flue Gas) เดินทางวกวนตามแผ่นกั้นขวาง (Baffles) ภายในเตาเผา แล้วดักเผาทำลายอากาศเสียอีกครั้งด้วยหัวเผาชุดที่ 2 (Secondary Burner) ก่อนปล่อยระบายอากาศเสียไปสู่ปล่องควัน
- In-Line Type เป็นเตาเผาที่คล้ายกับแบบแรกแต่มีความยาวของเตาเพิ่มขึ้น เพื่อเพิ่มระยะเวลาของอากาศเสียให้อยู่ในเตานานขึ้น และมีทิศทางการไหลของอากาศแปรปรวนเป็นแนวเส้น แต่ต้องวกวนเหมือนกัน เตาแบบนี้นิยมใช้เผาทำลายขยะมูลฝอยติดเชื้อจากสถานพยาบาล



รูปที่ 4.2 เตาเผาแบบหลายห้องเผา [18]

4.1.4.3 เตาเผาขนาดใหญ่ ได้แก่ เตาเผาที่มีขนาดใหญ่กว่า 2 แบบที่กล่าวมา เหมาะที่จะเผาขยะมูลฝอยจำนวนมากๆ อาทิ 50-1,000 ตัน/วัน ซึ่งต้องเป็นเตาเผาที่มีขนาดใหญ่กว่าทุกแบบ ต้องใช้พื้นที่จำนวนมากในการก่อสร้าง ส่วนประกอบที่สำคัญ มีดังนี้ (ดังรูปที่ 4.3)

1. บ่อรับขยะมูลฝอย (Refuse Storage Pit)
2. ระบบป้อนขยะมูลฝอย (Refuse Feed System)
3. กระบวนการเผา (Incineration Process)
4. กระบวนการกำจัดขี้เถ้า (Residue Handling Process)
5. กระบวนการทำให้ไอเสียเย็นลง (Flue Gas Cooling Process)
6. กระบวนการกำจัดไอเสีย (Flue Gas Treating Process)
7. กระบวนการกำจัดน้ำเสีย (Waste Water Treating Process)
8. กระบวนการใช้ความร้อนที่ได้จากการเผาขยะให้เป็นประโยชน์ (Waste Heat Utilization Process)



รูปที่ 4.3 ขั้นตอนการทำงานของเตาเผามูลฝอยขนาดใหญ่ [3]

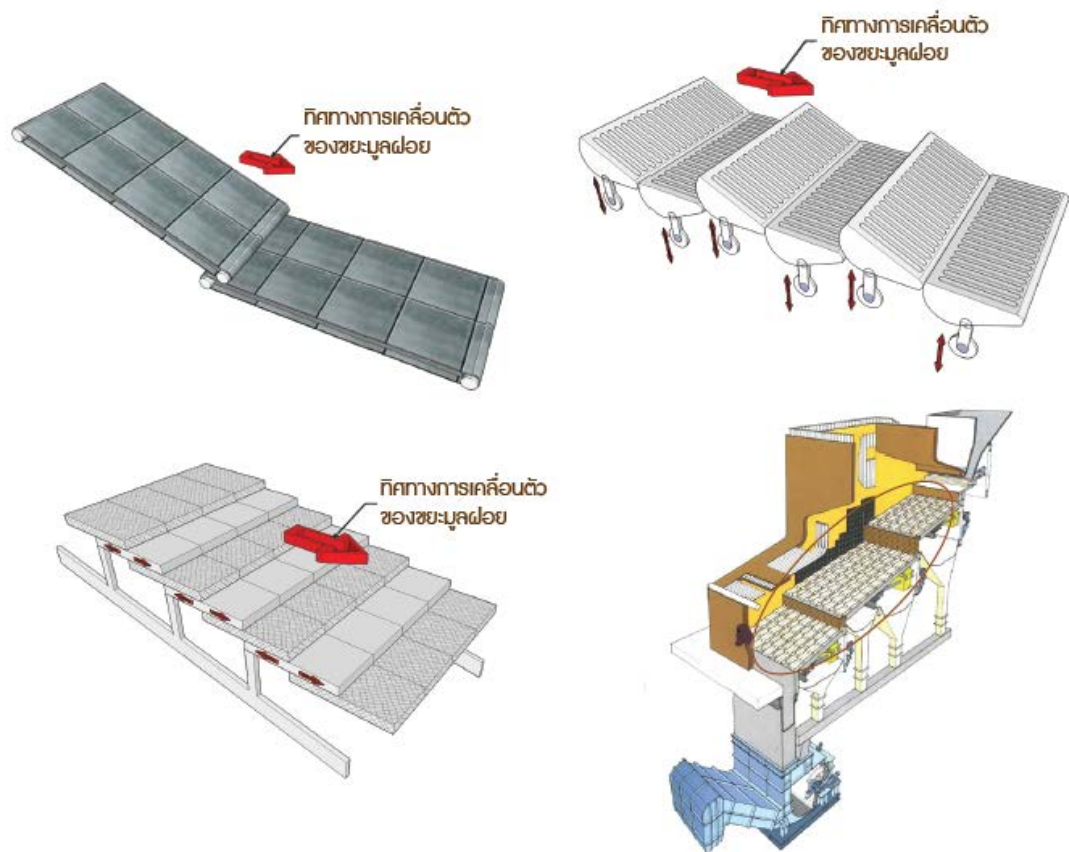
- 1) **บ่อรับขยะมูลฝอย (Refuse Storage Pit)** โดยทั่วไปเป็นบ่อคอนกรีตรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า ออกแบบก่อสร้างให้อยู่ต่ำกว่าระดับพื้นดิน ทำหน้าที่รวบรวมขยะมูลฝอยก่อนป้อนเข้าสู่เตาเผา ความจุของบ่อที่ออกแบบอยู่ประมาณตั้งแต่ 1.5 เท่าขึ้นไป ของกำลังผลิตตลอด 24 ชั่วโมง
- 2) **ระบบป้อนขยะมูลฝอย (Refuse Feed System)** เป็นอุปกรณ์หรือเครื่องจักรกล ทำหน้าที่ป้อนขยะมูลฝอยเข้าไปในเตาเผา สำหรับเตาเผาขนาดเล็ก อาจใช้รถดักล้อยางขนถ่ายและป้อนขยะมูลฝอย

ส่วนเตาเผาขนาดใหญ่ซึ่งมีบ่อรับมูลฝอย ใช้ระบบเครนและก้ามปูป้อนเข้ากรวยรับขยะมูลฝอย (Charging Hopper)

3) กระบวนการเผา (Incineration Process) ซึ่งต้องมีห้องเผาขยะมูลฝอย (Furnace Chamber) เตาเผาขนาดใหญ่สำหรับเผาขยะมูลฝอยชุมชนนี้ ส่วนใหญ่มักใช้ระบบการเผาแบบอากาศมากเกินไป (Excess Air Incinerator) และเป็นแบบควบคุมอากาศ ทั้งนี้เพราะองค์ประกอบของขยะมูลฝอยมีความหลากหลาย รวมทั้งขนาดของขยะมูลฝอยแตกต่างกันมาก รูปแบบของเตาเผาที่ใช้จึงมีหลายแบบ ได้แก่

(1) กระบวนการเผาชนิดผงตะกรับ (Stoker Type Incineration Process)

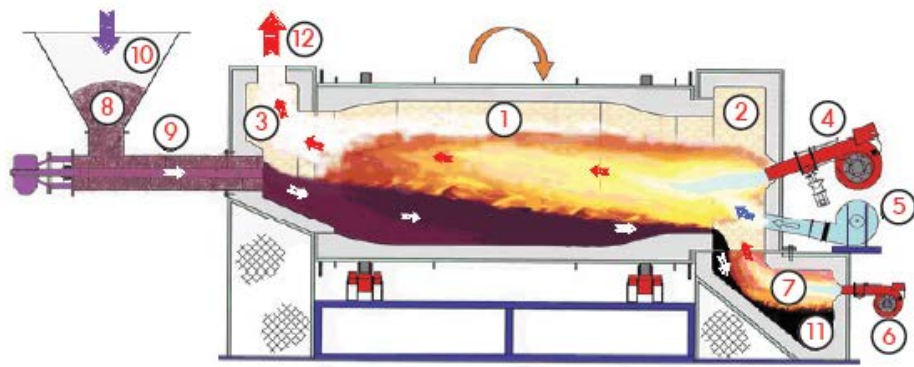
เป็นเตาเผาที่อาศัยการเผาไหม้ของขยะมูลฝอยเอง และอาจใช้เชื้อเพลิงเข้าช่วย เพื่อให้เกิดการลุกไหม้ที่สมบูรณ์ อุณหภูมิภายในเตาประมาณ 850-1,200 องศาเซลเซียส เป็นรูปแบบที่นิยมใช้กันมาก เหมาะสำหรับการใช้กับขยะมูลฝอยที่มีปริมาณมาก ประมาณ 150 ตัน/วัน ขึ้นไป การทำงานเริ่มจากรถเก็บขนขยะมูลฝอยมาถ่ายเทขยะลงบ่อรับขยะมูลฝอย จากนั้นเครนหรือก้ามปูจะตักและป้อนขยะเข้าสู่ช่องเตาเผาด้วยแรงโน้มถ่วง ซึ่งมีตะกรับอยู่ เพื่อให้เกิดการเคลื่อนตัวของขยะในห้องเผาจากการเคลื่อนตัวของตะกรับ (Stoker) ที่เคลื่อนขึ้นลง หรือเดินหน้าถอยหลัง ดังรูปที่ 4.4 จึงทำให้ขยะมูลฝอยมีโอกาสสัมผัสกับความร้อนและเกิดการลุกไหม้ด้วยหลักการเผาแบบอากาศมากเกินไป จึงทำให้เกิดการลุกไหม้อย่างทั่วถึงกับทุกๆ ชิ้นส่วนของขยะมูลฝอยในห้องเผา ซึ่งเหมาะสมกับขยะมูลฝอยชุมชนที่มีขนาดของชิ้นส่วนขยะมูลฝอยแตกต่างกันมาก ประการสำคัญการเคลื่อนตัวของขยะในห้องเผาจะต้องมีเวลานานพอดีกับการลุกไหม้ของขยะอย่างทั่วถึง ซึ่งโดยทั่วไปมักจะกำหนดให้เกิดการลุกไหม้ในห้องเผาประมาณ 1-2 ชั่วโมง ก่อนที่ขยะจะเคลื่อนตัวออกจากเตา ความร้อนที่ได้สามารถนำกลับมาเป็นพลังงานและนำไปใช้ประโยชน์ได้ ส่วนเถ้าที่ได้จากการเผาไหม้แบ่งเป็น 2 ส่วนคือ เถ้าหนักคือเถ้าที่เหลืออยู่กับเตาเผา (Bottom Ash) และเถ้าลอยคือ เถ้าที่ลอยปะปนไปกับอากาศเสีย (Fly Ash) เถ้าหนักจะถูกลำเลียงไปยังบ่อรับเถ้า ส่วนเถ้าลอยจะปนไปกับอากาศเสียเข้าสู่ระบบบำบัดอากาศ ซึ่งนิยมใช้ชุดถุงกรอง (Bag Filter) หรือเครื่องดักจับฝุ่นแบบไฟฟ้าสถิต (Electrostatic Precipitator) ก่อนที่จะระบายออกสู่บรรยากาศภายนอก



รูปที่ 4.4 ตะกรับแบบต่างๆ ภายในห้องเผาและการเคลื่อนที่ [18]

(2) กระบวนการเผาชนิดหมุน (Rotary Type Incineration Process)

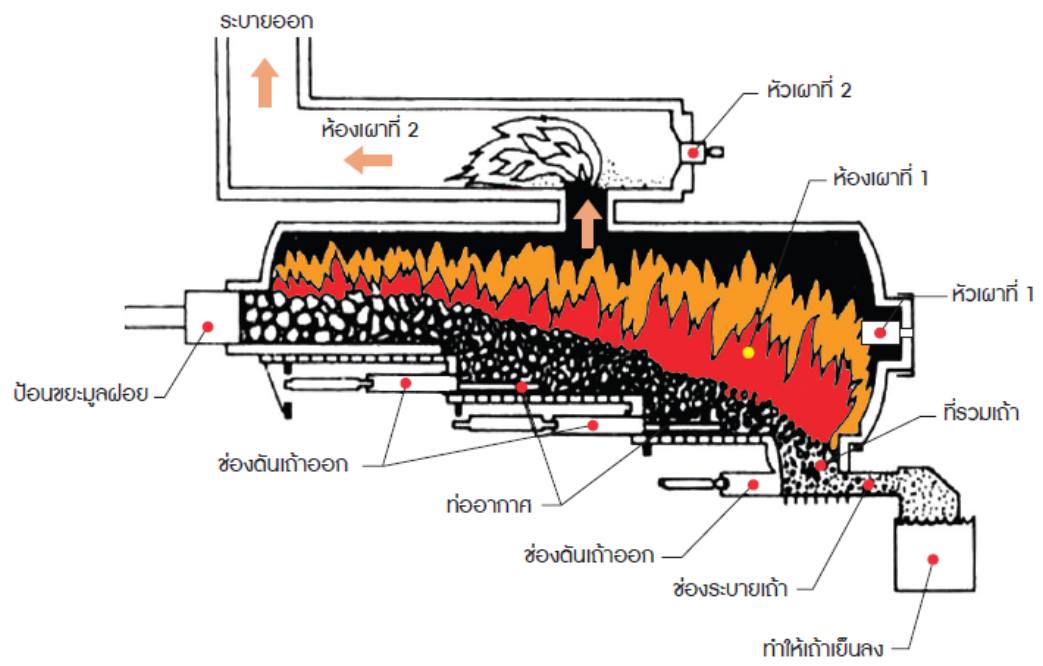
ระบบเตาเผาชนิดนี้ทำให้ขยะขยับเคลื่อนที่พร้อมๆ กับการกวนขยะให้เข้ากัน โดยขยะมูลฝอยจะถูกเผาไหม้ในห้องทรงกระบอก ซึ่งสามารถหมุนได้รอบแกนและมีฉนวนหุ้มโดยรอบ ขยะจะเคลื่อนตัวไปตามผนังของเตาเผาทรงกระบอกตามการหมุนของเตาเผาที่ทำมุมเอียงกับแนวระดับ ทำให้ขยะเกิดการพลิกกลับและติดไฟได้ทั่วถึง เกิดการลุกไหม้ที่สมบูรณ์ โดยเตาเผาแบบนี้สามารถเผาไหม้ขยะมูลฝอยที่มีสมบัติไม่สม่ำเสมอ และสามารถควบคุมระยะเวลาการเผาไหม้ของขยะในเตาเผา (Residence Combustion Time of Waste) ได้ดี ทำให้เหมาะสำหรับการเผาทำลายขยะมูลฝอยอุตสาหกรรมที่ต้องการเผาไหม้อย่างสมบูรณ์ โดยเฉพาะอย่างยิ่งขยะมูลฝอยอันตราย (Hazardous Waste) ดังรูปที่ 4.5 อย่างไรก็ตามเตาเผาชนิดนี้ต้องใช้อัตราส่วนของอากาศส่วนเกินมากกว่าแบบอื่น ทำให้มีประสิทธิภาพพลังงานที่ต่ำกว่า



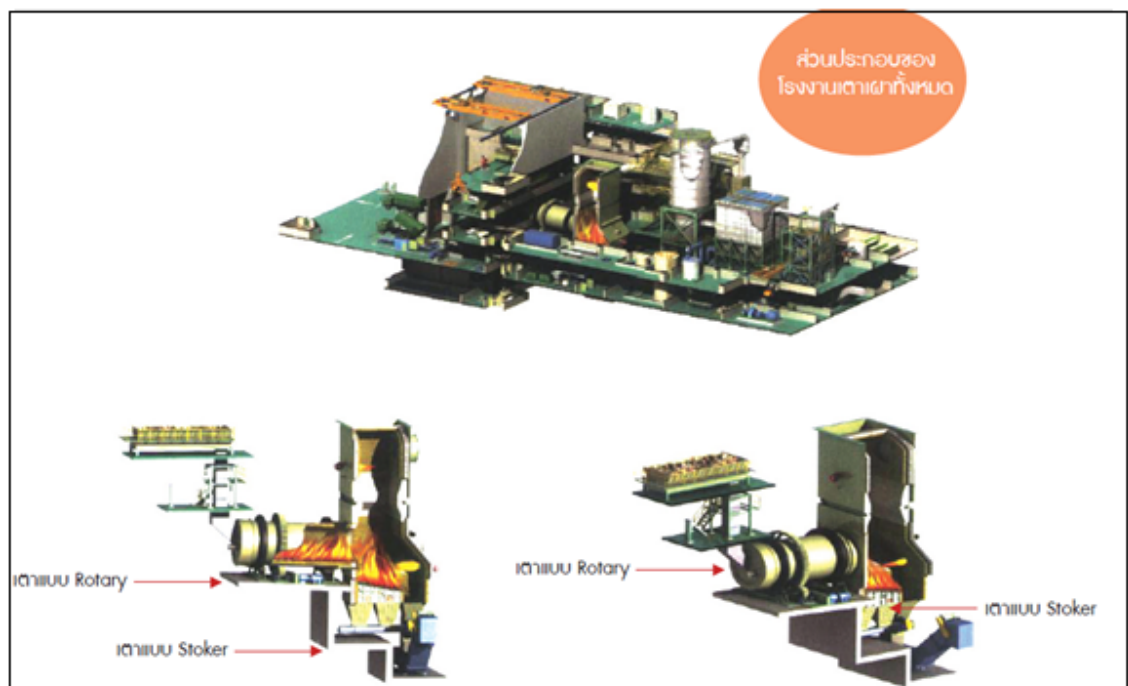
- | | | |
|---|----------------------|-----------------------------------|
| 1 = ห้องเผาไหม้ | 2 = ห้องเผาด้านหน้า | 3 = จุดควบคุมการระบายของอากาศเสีย |
| 4 = หัวเผาเริ่มต้น | 5 = พัดลมตัวที่ 1 | 6 = หัวเผาสับสนุน |
| 7 = ห้องเผาเถ้า | 8 = ขยะมูลฝอย | 9 = การป้อนขยะมูลฝอยเข้าเตา |
| 10 = กรวยรับขยะมูลฝอย | 11 = ห้องพักเถ้าหนัก | |
| 12 = ก๊าซไหลไปยังห้องเผาไหม้ก๊าซก่อนระบายออกจากเตาเผา | | |

รูปที่ 4.5 เตาเผาแบบ Rotary Kiln [18]

(3) กระบวนการเผาแบบจำกัดอากาศ (Pyrolysis Incineration Process) หรือเตาเผาแบบจำกัดอากาศ มีลักษณะการทำงานคล้ายกับเตาเผาชนิดหลายห้องเผา แต่มีขนาดใหญ่กว่า สามารถรับขยะมูลฝอยได้ปริมาณมากๆ หรืออาจคล้ายกับเตาเผาแบบ Stoker Type แต่มีการควบคุมอากาศในห้องเผา ทั้งนี้ เพื่อให้เกิดการลุกไหม้ที่สมบูรณ์แต่ไม่ลุกไหม้รุนแรงมากนัก และควบคุมคุณภาพของอากาศเสียให้สัมผัสความร้อนอยู่ในเตาเผาให้นานที่สุด การเคลื่อนตัวของขยะมูลฝอยเป็นไปตามตะกรับที่มีการเคลื่อนตัวไปมา บางครั้งมักจะเรียกเตาเผาแบบนี้ว่าเป็น “Starved Air Incinerator” ซึ่งเป็นเตาที่จำกัดอากาศ เตาแบบนี้เหมาะสำหรับการเผาทำลายขยะมูลฝอยอุตสาหกรรม โดยเฉพาะกากอุตสาหกรรมอันตราย เพราะไม่ต้องการให้เกิดการลุกไหม้ที่รุนแรง แต่สามารถทำลายขยะมูลฝอยได้อย่างสมบูรณ์ ดังรูปที่ 4.6 ในปัจจุบันมีการออกแบบเตาเผาแบบ Rotary Kiln ร่วมกับ Stoker เพื่อให้เกิดการลุกไหม้ที่สมบูรณ์โดยเฉพาะกับขยะมูลฝอยชุมชน ดังรูปที่ 4.7



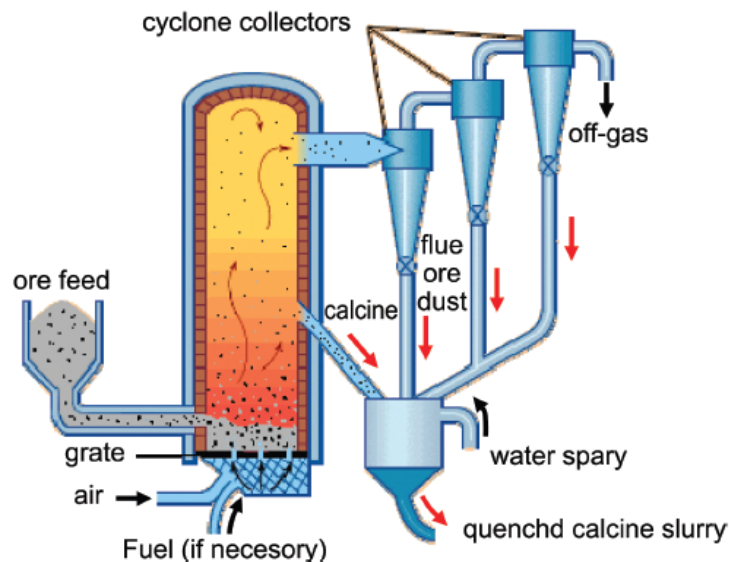
รูปที่ 4.6 เตาเผาแบบ Pyrolysis [18]



รูปที่ 4.7 เตาเผาแบบ Rotary Kiln ร่วมกับ Stoker [18]

(4) กระบวนการเผาชนิดใช้ตัวกลางนำความร้อน (Fluidized Bed Incineration Process)

เป็นเตาเผาขยะมูลฝอยแบบจำกัดอากาศ (Starved Air Incinerator) เพราะไม่ต้องการให้เกิดการลุกไหม้ที่รุนแรง แต่สามารถทำลายขยะมูลฝอยได้อย่างสมบูรณ์ การเคลื่อนตัวของขยะมูลฝอยในห้องเผา เป็นไปตามการเคลื่อนตัวขึ้นลงของตัวกลางนำความร้อน โดยตัวกลางต้องมีสมบัติกระจายความร้อนได้เป็นอย่างดี ตัวกลางที่นิยมใช้ ได้แก่ ทราย กรวด โดยขยะมูลฝอยที่นำมาเผาต้องผ่านการลดขนาดก่อน จากนั้นจะถูกลำเลียงมายังช่องเผา ตัวกลางและขยะมูลฝอยจะถูกกวนผสมกันในเตา โดยใช้อากาศเป่าจากข้างล่างหรือพื้นเตา ทำให้ขยะมีพฤติกรรมเหมือนกับของไหล อุณหภูมิการเผาไหม้ประมาณ 600-1,000 องศาเซลเซียส เตาเผาประเภทนี้เหมาะสำหรับการเผาทำลายขยะมูลฝอยที่มีขนาดเล็กและเป็นขยะประเภทเดียวกัน เช่น การเผากากอุตสาหกรรมอันตรายประเภทยาหรือเวชภัณฑ์ น้ำมันเครื่องเก่า เป็นต้น ดังรูปที่ 4.8 ข้อดีของเตาเผาชนิดนี้คือ มีความยืดหยุ่นในการรับขยะที่มีสมบัติไม่สม่ำเสมอได้มากกว่าเตาเผาชนิดตะกรับ สามารถควบคุมอุณหภูมิ และคุณภาพของการเผาไหม้ มูลฝอยได้ดีกว่าแบบตะกรับ จึงสามารถควบคุมมลสารและแก๊สพิษ พวก NO_x และ CO ได้ดีกว่าเตาเผาแบบตะกรับ และมีประสิทธิภาพทางความร้อนสูงกว่า ส่วนข้อเสียของเตาเผาชนิดนี้คือ ต้องมีกระบวนการจัดการและเตรียมขยะมูลฝอยเบื้องต้นให้มีขนาดตามที่กำหนดก่อนป้อนเข้าสู่เตาเผา รวมทั้งเทคโนโลยีดังกล่าวมีราคาแพง และมีค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษาที่สูงกว่าเตาเผาแบบตะกรับ



รูปที่ 4.8 เตาเผาแบบ Fluidized Bed [18]

(5) เตาแบบความร้อนสูง (Thermo Selected)

เป็นเตาที่เริ่มพัฒนาเมื่อปี พ.ศ. 2540 ในกลุ่มประเทศยุโรป โดยมีหลักการทำงานของเตาเผาที่อุณหภูมิสูงในช่วง 2,000-3,000 องศาเซลเซียส และใช้อากาศมากเกินพอ (Excess Air Incinerator) ทำให้สามารถเผาขยะมูลฝอยได้ทุกชนิด รวมทั้งโลหะ ซึ่งการหลอมเหลวนี้นี้ทำให้สามารถทำลายขยะได้ถึงร้อยละ 95-99 ของปริมาณขยะมูลฝอยทั้งหมด โดยเตาแบบนี้เหมาะสำหรับทำลายขยะมูลฝอยชุมชน เนื่องจากองค์ประกอบของขยะมูลฝอยชุมชนมีความหลากหลายมาก รวมทั้งยังมีระบบการทำลายมลพิษทางอากาศได้อย่างมีประสิทธิภาพด้วยอุณหภูมิที่สูงถึง 3,000 องศาเซลเซียส

ทั้งนี้จากรูปแบบของเตาเผาทั้งหมด โดยทั่วไปในชุมชนนิยมใช้เตาเผาขยะมูลฝอยแบบใช้อากาศมาก (Excess Air) ชนิดที่เป็น Stoker Type มากที่สุด ด้วยเหตุผลที่เหมาะสมหลายประการคือ

- สามารถทำงานได้ดีกับมูลฝอยที่มีความแตกต่างขององค์ประกอบอย่างมาก
- สามารถรองรับหรือเผามูลฝอยได้ในปริมาณมาก
- มูลฝอยที่จะนำเข้าไปในเตาเผา ไม่จำเป็นต้องคัดหรือฉีกให้เป็นชิ้นเล็กๆ
- สามารถรองรับมูลฝอยที่มีความแปรปรวนของค่าความชื้นได้ดี

4) กระบวนการกำจัดขี้เถ้าที่เหลือจากการเผาไหม้ (Residue Handling Process)

ขี้เถ้าที่เหลือจากการเผาไหม้มี 2 ประเภทคือ ขี้เถ้าที่เหลืออยู่ที่ก้นเตาเผา (Bottom Ash) หรือขี้เถ้าหนัก จะถูกลำเลียงและพ่นด้วยน้ำ หรือผ่านไปยังบ่อน้ำ เพื่อให้เย็นลงและป้องกันไม่ให้ขี้เถ้าปลิวกระจัดกระจาย จากนั้นจะถูกเก็บไว้ในบ่อเก็บขี้เถ้า (Ash Pit) เพื่อรอรถบรรทุกขนไปทิ้งต่อไป อีกประเภทหนึ่งคือ ขี้เถ้าลอย (Fly Ash) มีอยู่ในไอเสียจากการเผาไหม้ เพราะมีขนาดเล็กและเบาจะถูกดักจับโดยอุปกรณ์กำจัดฝุ่น แล้วนำไปรวมไว้ในบ่อเก็บขี้เถ้าเช่นเดียวกัน เพื่อรอกำจัดต่อไป

5) กระบวนการทำให้ไอเสียเย็นลง (Flue Gas Cooling Process)

ไอเสียซึ่งเกิดจากการเผาไหม้มูลฝอยที่อุณหภูมิ 700-950 องศาเซลเซียส ไม่สามารถผ่านโดยตรงไปยังระบบบำบัดไอเสีย เนื่องจากข้อจำกัดของอุปกรณ์ดักจับฝุ่นและกากขี้เถ้า ดังนั้นจึงต้องทำให้ไอเสียนี้เย็นลงจนมีอุณหภูมิ 250-300 องศาเซลเซียส เสียก่อน โดยใช้วิธีหนึ่งวิธีใดดังต่อไปนี้

- พ่นน้ำโดยตรงไปยังไอเสีย เพื่อให้น้ำระเหย และลดอุณหภูมิไอเสียลง
- ให้ไอเสียถ่ายเทความร้อนให้หม้อต้มน้ำ (Steam Boiler) เพื่อลดอุณหภูมิของไอเสียทางอ้อม

6) กระบวนการบำบัดไอเสีย (Flue Gas Treating Process)

ไอเสียที่เกิดจากการเผาขยะมูลฝอยประกอบด้วยสารหลายชนิด ได้แก่ อนุภาคฝุ่น HCl , SO_x , NO_x และ ไดออกซิน เป็นต้น ไอเสียพวกนี้ต้องผ่านการลดอุณหภูมิให้ต่ำลง แล้วถูกบำบัดก่อนระบายออกจากปล่องสู่บรรยากาศภายนอก ซึ่งต้องมีอุปกรณ์ดักฝุ่น (Dust Collector) และอุปกรณ์กำจัดมลพิษทางอากาศ (APCDs) อื่นๆ เพื่อบำบัดอากาศเสียที่ไหลออกปล่อง (Stack) ได้แก่ ไซโคลน (Cyclone)

ถุงกรอง (Baghouse Filter) เครื่องดักฝุ่นแบบไฟฟ้าสถิต (Electrostatic Precipitator) เครื่องพ่นจับแบบเปียก (Wet Scrubber) เป็นต้น

7) กระบวนการบำบัดน้ำเสีย (Waste Water Treating Process)

น้ำเสียที่เกิดขึ้นในโรงเผาขยะมูลฝอย เกิดจากระบบที่ทำให้แก๊สเย็นตัว ระบบกำจัดขี้เถ้า การฉีดน้ำ บ่อรับขยะมูลฝอย บ่อเก็บขี้เถ้า การกำจัดแก๊สพิษ หม้อต้มน้ำ อุปกรณ์การประปา การล้างรถ และจากโรงอาหาร กล่าวได้ว่าขยะมูลฝอย 1 ตัน ที่เข้าเผาในโรงเผานั้นทำให้เกิดน้ำเสียระหว่าง 0.5-1 ลูกบาศก์เมตร หรือถ้ามีการใช้อุปกรณ์กำจัดฝุ่นแบบ Wet Type จะทำให้เกิดน้ำเสียประมาณ 3 ลูกบาศก์เมตร โดยคุณภาพของน้ำเสียจากโรงเผาขยะมูลฝอยจะแตกต่างกันไป ขึ้นกับสภาพของการเผาไหม้ ในสภาพการเผาไหม้ที่ดี น้ำเสียจะใสกว่าและ pH จะเป็นค่ามากกว่า เนื่องจากสารอินทรีย์มีปริมาณลดลงแล้วกลายเป็นขี้เถ้า ในทางกลับกันถ้าสภาพการเผาไหม้ไม่ดีจะทำให้ COD สูง และ pH ต่ำ น้ำเสียจะมีสภาพเป็นกรด น้ำเสียที่บำบัดแล้วจะนำไปดำเนินการต่อไปนี้

- น้ำที่นำกลับมาใช้ใหม่ เช่น ใช้ฉีดพ่นเพื่อทำให้แก๊สเย็นตัว ควรใช้การบำบัดโดยวิธีกายภาพและเคมีอย่างง่าย ๆ ก็เพียงพอแล้ว เช่น ใช้วิธีการทำให้เป็นกลาง (Neutralization) และการตกตะกอน (Coagulation and Sedimentation)

- น้ำที่ปล่อยออกจากโรงเผาขยะตามมาตรฐานที่กฎหมายกำหนดไว้ จะผ่านการบำบัดโดยวิธีการตกตะกอนสารแขวนลอย แล้วผสมน้ำที่ได้หลังการตกตะกอนกับน้ำเสียจากโรงครัว และน้ำเสียจากการล้างรถ หลังจากนั้นกำจัดสารประกอบอินทรีย์ โดยกระบวนการทางชีววิทยา เช่น กระบวนการ Activated Sludge หรือกระบวนการ Catalytic Oxidation หรือกระบวนการ Filtration

8) กระบวนการใช้ความร้อนที่ได้จากการเผาขยะให้เป็นประโยชน์ (Waste Heat Utilization Process)

ความร้อนที่ได้จากการเผาขยะสามารถนำไปใช้ประโยชน์ดังนี้

ผลิตกระแสไฟฟ้า โดยการติดตั้งหม้อน้ำแบบ Waste Heat Boiler อุณหภูมิจากการเผาไหม้ขยะต้องสูงพอที่จะใช้ต้มน้ำ เพื่อให้เกิดไอน้ำที่อุณหภูมิและความดันที่ต้องการ แล้วส่งไอน้ำนี้ไปหมุนกังหันไอน้ำ (Steam Turbine) ซึ่งมีเพลาคู่อยู่กับเครื่องกำเนิดไฟฟ้า (Generator) ทำให้เครื่องกำเนิดไฟฟ้าหมุน เกิดการเหนี่ยวนำขึ้นในเครื่องกำเนิดไฟฟ้าจนได้ไฟฟ้าออกมาใช้งาน

ผลิตน้ำร้อนไปใช้ประโยชน์ ในประเทศที่มีอากาศหนาว น้ำร้อนที่ได้จาก Boiler จะถูกส่งไปทำน้ำอุ่น เช่น ทำน้ำอุ่นให้สระว่ายน้ำ เป็นต้น

ผลิตความร้อนไปให้ความอบอุ่น ในประเทศที่มีอากาศหนาว ไอน้ำที่ผลิตได้สามารถต่อท่อส่งไปยังอาคารบ้านเรือน เพื่อทำความอบอุ่นในฤดูหนาว (District Heating) หรือให้ความอบอุ่นแก่เรือนปลูกต้นไม้ (Green House)

4.1.5 ลักษณะของขยะมูลฝอยที่สามารถเผาได้โดยใช้เตาเผา [3]

การเข้าใจถึงธรรมชาติของขยะมูลฝอยเป็นสิ่งสำคัญมากในการออกแบบโรงงานกำจัดขยะทุกชนิด โดยลักษณะของขยะมูลฝอยหมายถึง ธรรมชาติของขยะมูลฝอยในทางกายภาพและทางเคมี เช่น ปริมาณความชื้น ค่าความร้อน ซึ่งสิ่งเหล่านี้จะทราบได้โดยการวิเคราะห์สิ่งต่อไปนี้

ปริมาณความชื้น (Water Content) เป็นปริมาณรวมทั้งสิ้นของความชื้นที่มีอยู่ในขยะ ทั้งที่มีอยู่โดยธรรมชาติของขยะเอง และความชื้นที่ผสมเข้าไป ปริมาณความชื้นนี้เป็นตัวลดค่าความร้อนที่เกิดขึ้นจากการเผาไหม้

ความถ่วงจำเพาะ (Specific Gravity) เป็นปัจจัยสำคัญที่ใช้ในการวางแผน และออกแบบความจุของรถเก็บขยะ ความจุของบ่อรับขยะมูลฝอย การปฏิบัติงานของปั้นจั่นเก็บขยะ เครื่องบดขยะ เป็นต้น

องค์ประกอบของขยะ (Composition) การวิเคราะห์หาองค์ประกอบทางเคมีของขยะนั้นมีประโยชน์สำหรับการควบคุมมลพิษที่เกิดขึ้น และการพิจารณาถึงความเป็นไปได้ในการนำทรัพยากรกลับมาใช้ประโยชน์อีก (Resource Recovery)

การวิเคราะห์ขั้นสุดท้าย หรือการวิเคราะห์โดยละเอียด (Ultimate Analysis) เป็นการวิเคราะห์องค์ประกอบธาตุ และความชื้นของชี้ถ้า เพื่อการคำนวณหา อัตราการเผาไหม้ อัตราการเกิดไอเสีย และความเข้มข้นของแก๊สพิษ เป็นต้น

ค่าความร้อนต่ำ (Low Calorific Value) เป็นปริมาณความร้อนที่ขยะสามารถให้ได้ เมื่อไอน้ำที่เกิดขึ้นอยู่ในสภาพไอค่านี เป็นปัจจัยหนึ่งที่สำคัญสำหรับตัดสินใจในการออกแบบเตาเผา เช่น ในการออกแบบขนาดพื้นที่ของแผงตะแกรง ความจุของห้องเผาไหม้ ความจุของห้องที่ทำให้แก๊สเย็นตัวลง เป็นต้น

4.1.6 การออกแบบเบื้องต้นและข้อพิจารณาในการกำจัดขยะมูลฝอยโดยเตาเผา [1, 3]

- สมบัติของขยะมูลฝอยเป็นข้อมูลสำคัญอย่างมากในการออกแบบ โดยเฉพาะการลู่ทิศทางซึ่งจำเป็นต่อการคัดเลือกรูปแบบของเตาเผา ขนาดเตาเผา อุปกรณ์ที่เกี่ยวข้อง ตลอดจนการคำนวณหาส่วนผสมอากาศที่ใช้เผาไหม้ และปริมาณความเข้มข้นของมลสารในอากาศเสียจากการเผาไหม้ (Flue Gas)
- ปริมาณของขยะมูลฝอยที่ใช้กำจัด จะเป็นตัวคัดเลือกรูปแบบ ขนาดของเตาเผา การออกแบบบ่อรวบรวม และวิธีการป้อนขยะมูลฝอยเข้าเตาเผา
- มาตรฐานคุณภาพอากาศที่ใช้ควบคุมเตาเผา มีความเข้มงวดอยู่ในระดับใด เนื่องจากการติดตั้งอุปกรณ์ควบคุมป้องกันอากาศเสียจากการเผาไหม้ส่งผลกระทบต่อเงินลงทุน
- ความพร้อมในการจัดเตรียมงบประมาณการก่อสร้างเตาเผาและติดตั้ง เนื่องจากมีค่าใช้จ่ายสูง ทั้งยังต้องตระหนักถึงค่าใช้จ่ายในการเดินเครื่องเตาเผา การซ่อมบำรุงรักษา ซึ่งสูงกว่าการกำจัดโดยวิธีอื่นๆ

- ความยืดหยุ่นของเตาเผาในการเผาขยะมูลฝอยที่มีค่าความร้อนในช่วงกว้างพอสมควร ตั้งแต่ 800 กิโลแคลอรี/กิโลกรัม ขึ้นไป รวมทั้งพิจารณาช่วงความชื้นของขยะมูลฝอย ที่สามารถนำเข้าเตาเผาได้ ซึ่งไม่ควรเกินร้อยละ 40
- ระบบการป้อนขยะมูลฝอยเข้าเตาเผาทั้ง Manual และ Automatic ต้องสอดคล้อง หรือพิจารณาให้เหมาะสมกับปริมาณของขยะมูลฝอยที่ต้องกำจัด รวมทั้งการจัดเตรียมสถานที่รวบรวมมูลฝอยด้วย
- พิจารณาในด้านเชื้อเพลิงที่ใช้ช่วยในการเผาว่าควรใช้ประเภทใด
- ปัญหาในด้านผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม โดยเฉพาะอากาศเสียที่ระบายออกจากปล่อง ซึ่งมลสารที่ควรพิจารณาเป็นพิเศษคือ ฝุ่น (Particulates), HCl, SO₂, NO_x และที่สำคัญคือ ไดออกซินและฟิวแรน ซึ่งเป็นสารที่ก่อให้เกิดโรคมะเร็ง จึงต้องลงทุนติดตั้งอุปกรณ์ควบคุมมลสารเหล่านี้ให้มีปริมาณความเข้มข้นต่ำกว่ามาตรฐานของทางราชการ การติดตั้งอุปกรณ์ดังกล่าวทำให้เงินลงทุนของระบบสูงเพิ่มขึ้นจากเดิม
- พิจารณาในด้านการนำความร้อนจากการเผาไหม้ไปใช้ประโยชน์ต่อไปได้หรือไม่ เพียงใด

4.1.7 ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมจากโรงเผาขยะ (Environmental Impact Due to Refuse Incinerator) [3, 21]

ขยะเป็นมลพิษขั้นที่ 1 (Primary Pollution) แต่เมื่อนำขยะมาทำลายจะเกิดมลพิษขั้นที่ 2 (Secondary Pollution) ตามมา ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมอันเนื่องมาจากโรงงานเผาขยะนั้น ไม่แตกต่างไปจากโรงงานอุตสาหกรรมทั่วไป และโรงงานกำจัดน้ำเสีย จึงควรให้ความสำคัญต่อการรักษาสุขภาพการสุขาภิบาลสิ่งแวดล้อมต่อประชาชนที่อาศัยในบริเวณใกล้เคียงกับโรงเผาขยะมูลฝอย ด้วยเหตุนี้จึงจำเป็นต้องมีการคาดการณ์ถึงผลกระทบสิ่งแวดล้อมที่จะเกิดขึ้น ที่สำคัญๆ สรุปได้ดังนี้

1) มลพิษทางอากาศ ไอเสียที่เกิดขึ้นจากการเผาไหม้ขยะมูลฝอยนั้น ประกอบด้วย ฝุ่น (Particulates), NO_x, SO₂, CO, กลุ่มแก๊สที่ทำให้เกิดกรด (Acid Gases) และไดออกซินและฟิวแรน เป็นต้น มลสารเหล่านี้ต้องมีการบำบัดก่อนระบายออกสู่บรรยากาศภายนอก เพราะก่อให้เกิดผลกระทบที่มีขอบเขตกว้าง สามารถก่อให้เกิดมลพิษต่อประชาชนได้เป็นจำนวนมาก และอาจส่งมลพิษไปยังพื้นที่ที่ไกลออกไปจากโรงเผาได้อีกด้วย แก๊สที่เกิดขึ้นนี้บางชนิดสามารถควบคุมได้จากการเผาไหม้ บางชนิดต้องใช้สารเคมีกำจัด ขึ้นอยู่กับประเภทของมลสาร เช่น การกำจัดฝุ่นที่เกิดขึ้นจากการเผาไหม้ สามารถใช้อุปกรณ์ดักจับฝุ่นที่มีประสิทธิภาพตั้งแต่ร้อยละ 50-99.5 ขึ้นอยู่กับประเภทและหลักการทำงาน เช่น เครื่องดักจับฝุ่นแบบไฟฟ้าสถิต ถูกรอง ไซโคลน ฯลฯ การเลือกใช้อุปกรณ์ที่เหมาะสมขึ้นอยู่กับขนาดของฝุ่นที่เกิดขึ้น เงินลงทุน ค่าดำเนินงาน และการบำรุงรักษาที่เหมาะสม เป็นต้น รายละเอียดแสดงดังตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 ลักษณะของเครื่องดักจับฝุ่นแต่ละประเภท [21]

ประเภท	ขนาดฝุ่นที่สามารถดักจับได้ (ไมครอน)	ประสิทธิภาพ การดักจับฝุ่น	เงินลงทุน	ค่าดำเนินการและ ซ่อมบำรุง (O&M)
เครื่องดักจับฝุ่นไฟฟ้าสถิต (Electrostatic Precipitator)	0.05-20	90 - 99.5	สูง	ต่ำ-ปานกลาง
ถุงกรอง (Bag Filter)	0.1-20	90 - 99	ปานกลาง	ปานกลาง-สูง
ไซโคลอน (Cyclone)	3-100	75 - 85	ปานกลาง	ปานกลาง
เครื่องดักจับฝุ่นแบบ ใช้แรงโน้มถ่วง (Gravitation Dust Collector)	50-1000	40 - 60	ต่ำ	ต่ำ
เครื่องดักจับฝุ่นแบบ ใช้แรงเฉื่อย (Inertia Dust Collector)	10-100	50 - 70	ต่ำ	ต่ำ

2) มลพิษจากเสียง ถ้าโรงเผาขยะมีพื้นที่ว่างบริเวณรอบๆ โรงงานไม่มากพอจะทำให้เกิดเสียงรบกวนต่อประชาชนที่มีบ้านเรือนใกล้เคียงกับโรงเผาขยะนั้นได้ แหล่งที่ทำให้เกิดเสียงในโรงงาน ได้แก่ เครื่องตัดขยะ บันจั่น เครื่องเป่าลม รวมทั้งเสียงวิ่งของรถเก็บขนมูลฝอยมาทำลาย เป็นต้น

3) มลพิษจากน้ำเสีย น้ำเสียจากโรงเผาขยะมาจากหลายแหล่ง ได้แก่ น้ำเสียจากบ่อรับขยะ (น้ำชะขยะ) น้ำเสียจากอุปกรณ์ Scrubber น้ำเสียจากการแยกแฉีกออกจากอากาศเสีย น้ำเสียจากการล้างพื้น น้ำเสียจากการล้างรถเก็บขนขยะ ซึ่งทั้งหมดนี้ไม่ทำให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมมากนัก ทรายใดที่มีระบบรวบรวมและระบบบำบัดน้ำเสียที่ผ่านคุณภาพมาตรฐานน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรม ภายในโรงงานไม่ปล่อยน้ำเสียออกสู่ภายนอกโดยตรง โดยสามารถใช้วิธีบำบัดน้ำเสียแบบไร้อากาศ ที่ทำให้ได้แก๊สชีวภาพเพิ่มเติมได้ และเน้นการตรวจโลหะหนักมากกว่าการตรวจค่า BOD และ COD

4) มลพิษจากกลิ่น โดยส่วนใหญ่มาจากบ่อรับขยะมูลฝอย ซึ่งปกติบ่อรับขยะมูลฝอยถูกสร้างในอาคารที่เป็นระบบปิด มีการป้องกันการรั่วไหลของกลิ่นที่เกิดขึ้น โดยการติดตั้งเครื่องระบายอากาศเพื่อให้อากาศที่มีกลิ่นเหม็นเข้าไปในเตาเผา และกำจัดกลิ่นโดยการเผาไหม้ นอกจากนี้สามารถแก้ไขได้โดยการทำม่านอากาศที่ประตูทางเข้าออกของตัวโรงงาน ม่านอากาศ (Air Curtain) จะกั้นกลิ่นเหม็นที่ออกจากโรงงาน

นอกจากนี้ยังมีปัญหาอื่นๆ ที่เกิดขึ้นจากโรงเผาขยะ เช่น ปัญหาความสั่นสะเทือนจากรถบรรทุกขยะที่แล่นผ่าน ปัญหาการทรุดตัวของแผ่นดิน ปัญหาการรั่วของน้ำเสียจากขยะสดออกจากรถบรรทุกขยะ ปัญหามลพิษของดิน เป็นต้น ซึ่งปัญหาเหล่านี้จะรุนแรงเพียงใด ขึ้นกับสภาพทางภูมิศาสตร์ของแต่ละพื้นที่ และการจัดการของผู้รับผิดชอบ ซึ่งทั้งหมดนี้มลพิษทางอากาศที่มีสารไดออกซินและฟิวแรนปนเปื้อน ถือเป็นสิ่งที่ส่งผลกระทบต่อสุขภาพของมนุษย์ และสิ่งแวดล้อมมากที่สุด เนื่องจากสารไดออกซินและฟิวแรนเป็นสารอันตรายร้ายแรงที่สามารถเกิดได้จากการเผาไหม้ขยะ สามารถก่อให้เกิดมะเร็งในมนุษย์ ก่อให้เกิดความผิดปกติของระบบประสาท ระบบภูมิคุ้มกัน ระบบสืบพันธุ์ และเป็นสารตกค้างยาวนานในสิ่งแวดล้อม โดยสะสมได้ดีในไขมันสิ่งมีชีวิต และสามารถเข้าสู่ร่างกายมนุษย์ได้ทั้งทางตรงและทางอ้อม ด้วยเหตุนี้จึงควรเล็งเห็นความสำคัญของปัญหาที่อาจเกิดขึ้นได้จากสารไดออกซินและฟิวแรน ทั้งนี้รายละเอียดของสารไดออกซินและฟิวแรน รวมทั้งการป้องกันการปลดปล่อยจะกล่าวในส่วนต่อไป

4.1.8 ผลกระทบจากมลพิษที่เกิดจากการเผาขยะ ต่อสุขภาพมนุษย์ [7]

1) **ฝุ่นขนาดเล็ก** หมายถึง ฝุ่นที่มีขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน (10^{-6} เมตร) เล็กพอที่จะสามารถเข้าไปลึกถึงถุงลมในร่างกายของมนุษย์ ดังนั้นอันตรายที่เกิดขึ้นกับขนาด และองค์ประกอบของฝุ่น โดยฝุ่นขนาดเล็กนี้สามารถก่อให้เกิดผลกระทบต่อสุขภาพได้หลายระบบ เช่น ระบบทางเดินหายใจ (ไอบาการของระบบทางเดินหายใจส่วนล่าง) ระบบหัวใจและหลอดเลือด (กล้ามเนื้อหัวใจขาดเลือด หัวใจเต้นไม่สม่ำเสมอ หัวใจวาย) ระบบตา ระบบผิวหนัง ฝุ่นขนาดเล็กยังเพิ่มความเสี่ยงของอัตราการตายจากภาวะเส้นเลือดอุดตันในสมอง และทำให้น้ำหนักของทารกในครรภ์ลดลง ปัจจุบันค่ามาตรฐานในประเทศไทยของฝุ่นขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน เฉลี่ยใน 24 ชั่วโมง คือ 120 ไมโครกรัม/ลูกบาศก์เมตร และค่าเฉลี่ยใน 1 ปี คือ 50 ไมโครกรัม/ลูกบาศก์เมตร

2) **ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO_2)** เป็นแก๊สที่ไม่มีสี แต่มีกลิ่นฉุนแสบจมูก เมื่อทำปฏิกิริยากับออกซิเจนจะกลายเป็นซัลเฟอร์ไตรออกไซด์ (SO_3) หากรวมกับความชื้นในอากาศจะกลายเป็นกรดซัลฟูริก ถ้าหายใจเข้าไปจะก่อให้เกิดการระคายเคืองของทางเดินหายใจ หลอดลมอักเสบเฉียบพลันและเรื้อรัง หากรวมกับฝุ่นละอองจะกระตุ้นให้หลอดลมหดตัว และอาจเสียชีวิตเฉียบพลันจากภาวะระบบหายใจล้มเหลว SO_2 ยังทำให้เสี่ยงต่อการเกิดภาวะน้ำหนักแรกคลอดของทารกน้อยลง และภาวะการเจริญเติบโตของทารกในครรภ์น้อยลงด้วย ปัจจุบันค่ามาตรฐานในประเทศไทยของ SO_2 เฉลี่ยใน 1 ชั่วโมง คือ 780 ไมโครกรัม/ลูกบาศก์เมตร ค่าเฉลี่ยใน 24 ชั่วโมง คือ 300 ไมโครกรัม/ลูกบาศก์เมตร และค่าเฉลี่ยใน 1 ปี คือ 100 ไมโครกรัม/ลูกบาศก์เมตร

3) **ออกไซด์ของไนโตรเจน (NO_x)** ตัวสำคัญคือ ไนตริกออกไซด์ (NO) และไนโตรเจนไดออกไซด์ (NO_2) ซึ่งเกิดจากปฏิกิริยาเคมีระหว่างไนโตรเจนและออกซิเจนในระหว่างเผาไหม้เชื้อเพลิงที่อุณหภูมิสูง ซึ่งเมื่อสูดดมเข้าไปจะทำให้เกิดการระคายเคืองที่ถุงลม ทำให้เกิดโรคถุงลมโป่งพอง และหอบหืด

นอกจากนี้ NO_x ยังอาจเปลี่ยนเป็น Nitrosamines ทำให้เกิดมะเร็งที่ปอดได้ ส่วน NO_2 จะเพิ่มความเสี่ยงของภาวะเส้นเลือดอุดตันในสมอง (Acute Ischemic Stroke) และทำให้น้ำหนักของทารกในครรภ์ลดลง หรือทำให้การเจริญเติบโตของทารกในครรภ์น้อยลงด้วย ปัจจุบันค่ามาตรฐานในประเทศไทยของ NO_2 เฉลี่ยใน 1 ชั่วโมง คือ 320 ไมโครกรัม/ลูกบาศก์เมตร

4) คาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) เป็นแก๊สที่ไม่มีสี ไม่กลิ่น ไม่มีรส เกิดจากกระบวนการเผาไหม้เชื้อเพลิงที่ไม่สมบูรณ์ เมื่อถูกดูดซึมจะจับกับฮีโมโกลบินได้ดีกว่าออกซิเจน 200 เท่า ดังนั้นจึงก่อให้เกิดภาวะเซลล์ขาดออกซิเจน จึงมีความสัมพันธ์กับโรคหัวใจขาดเลือด โดยเฉพาะผู้ที่มีปัญหาโรคหัวใจอยู่เดิม นอกจากนี้ CO ยังเพิ่มความเสี่ยงต่อการเกิดภาวะน้ำหนักแรกคลอดของทารกน้อยลง และภาวะการเจริญเติบโตของทารกในครรภ์น้อยด้วย ค่ามาตรฐานในประเทศไทยของ CO เฉลี่ยใน 1 ชั่วโมง คือ 34.2 มิลลิกรัม/ลูกบาศก์เมตร ค่าเฉลี่ยใน 8 ชั่วโมง คือ 10.26 มิลลิกรัม/ลูกบาศก์เมตร

5) โอโซน (O_3) เป็นแก๊สที่เกิดจากปฏิกิริยาทางเคมี (Photochemical Reaction) ระหว่างสารประกอบไฮโดรคาร์บอน และ NO_x โดยมีแสงแดดเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา ทำให้ระคายเคืองต่อตา ระบบทางเดินหายใจ ความสามารถในการทำงานของปอดลดลง เหนื่อยง่าย กลุ่มเสี่ยงคือ เด็ก คนชรา และผู้ที่เป็โรคปอด โอโซนยังเพิ่มความเสี่ยงต่อภาวะเส้นเลือดอุดตันในสมอง (Stroke) ค่ามาตรฐานในประเทศไทยของ O_3 เฉลี่ยใน 1 ชั่วโมง คือ 200 ไมโครกรัม/ลูกบาศก์เมตร ค่าเฉลี่ยใน 8 ชั่วโมง คือ 140 ไมโครกรัม/ลูกบาศก์เมตร

6) สารอินทรีย์ระเหยง่าย (VOCs) คือ กลุ่มสารประกอบอินทรีย์ที่ระเหยเป็นไอกระจายตัวไปในอากาศได้ในที่อุณหภูมิและความดันปกติ โมเลกุลส่วนใหญ่ประกอบด้วยอะตอม C และ H อาจมี O หรือ Cl ร่วมด้วย สามารถระเหยเป็นไอได้ที่อุณหภูมิห้อง ทั้งนี้สาร VOCs สามารถแบ่งออกตามลักษณะของโมเลกุล เป็น 2 กลุ่มใหญ่ๆ คือ

(1) Non-chlorinated VOCs หรือ Non-Halogenated Hydrocarbons ได้แก่ กลุ่มไฮโดรคาร์บอนระเหยที่ไม่มีธาตุ Cl ในโมเลกุล ประกอบด้วย Aliphatic Hydrocarbons เช่น Fuel Oils, Gasoline, Hexane, Industrial Solvents, Alcohols, Aldehydes, Ketone เป็นต้น และกลุ่มสาร Aromatic Hydrocarbons เช่น สารตัวทำละลาย พวก Toluene, Benzene, Ethylbenzene, Xylenes, Styrene, Phenol สาร VOCs กลุ่มนี้เป็นอันตรายต่อสุขภาพ ทำให้ป่วยเป็นโรคทางเดินลมหายใจ

(2) Chlorinated VOCs หรือ Halogenated Hydrocarbons ได้แก่ กลุ่มไฮโดรคาร์บอนระเหยที่มีธาตุคลอรีนในโมเลกุล ได้แก่ สารเคมีที่สังเคราะห์ใช้ในอุตสาหกรรม สาร Chlorinated VOCs นี้มีความเป็นพิษมากกว่า และคงตัวในสิ่งแวดล้อมมากกว่าสารกลุ่มแรก เพราะมีโครงสร้างที่มีพันธะระหว่างคาร์บอนและธาตุกลุ่มฮาโลเจนที่ทนทานมาก ยากต่อการสลายตัวในธรรมชาติทั้งทางชีวภาพ ภายภาพ หรือโดยทางวิธีเคมีทั่วไป มีความคงตัวสูง และสะสมได้นาน

ผลกระทบต่อสุขภาพจากสารอินทรีย์ระเหยง่าย (VOCs)

เมื่อสารอินทรีย์ระเหยเข้าสู่ร่างกายแล้ว จะก่อให้เกิดอันตรายต่ออวัยวะได้หลายระบบแตกต่างกันไป ขึ้นกับว่าเป็นสารอินทรีย์ระเหยชนิดใด ปริมาณที่ได้รับ ช่องทางที่เข้าสู่ร่างกาย ความไวในการรับสารของแต่ละบุคคล และมีการได้รับร่วมกับสารเคมีอื่นๆ หรือไม่อย่างไรก็ตามสารอินทรีย์ระเหยมักก่อให้เกิดอาการในอวัยวะต่างๆ คล้ายๆ กัน ได้แก่

- ระบบทางเดินหายใจ เมื่อสูดดมเอาสารอินทรีย์ระเหยเข้าไป สารบางชนิด เช่น Methyl Ethyl Ketone และน้ำมันก๊าด อาจก่อให้เกิดอาการระคายเคืองต่อทางเดินหายใจ เช่น จมูก คอ หลอดลม ทำให้มีอาการแสบและไอ ในรายที่สูดดมในปริมาณสูงอาจทำให้ปอดบวมน้ำ และระบบหายใจล้มเหลวได้ในที่สุด หากสูดดมเป็นเวลานานอาจทำให้หลอดลมอักเสบ ไอแบบมีเสมหะเรื้อรัง เป็นต้น

- ระบบประสาท สารอินทรีย์ระเหยอาจก่อให้เกิดอันตรายต่อระบบประสาทแบบเฉียบพลัน คล้ายแอลกอฮอล์ที่ทำให้เกิดอาการมึนเมา ได้แก่ กดประสาท คลื่นไส้ อาเจียน เวียนศีรษะ ชัก โคม่า และเสียชีวิต สารอินทรีย์ระเหยบางชนิด เช่น เบนซีน ออกฤทธิ์เหมือนสารเสพติด ทำให้อารมณ์กริ่งเกรง สำหรับอันตรายแบบเรื้อรังเมื่อได้รับสารอินทรีย์ระเหยเป็นเวลานานๆ ได้แก่ ความจำเสื่อม นอนไม่หลับ กระวนกระวาย ความสามารถด้านสติปัญญาลดลง สมอ่งฝ่อ และอาการทางจิตและประสาท นอกจากนี้สารอินทรีย์ระเหยบางชนิด เช่น n-Hexane และ Methyl n-Butyl Ketone ยังทำให้เกิดอาการชาปลายมือปลายเท้า ประสาทรับความรู้สึกชนิดต่างๆ ลดลง และกล้ามเนื้ออ่อนแรงอีกด้วย อาการมักจะเริ่มเป็นที่นิ้วเท้าก่อน แล้วลุกลามมาที่นิ้วมือ ขาและแขนในที่สุด

- ระบบไหลเวียนโลหิต สารอินทรีย์ระเหยในกลุ่ม Chlorinated Hydrocarbons ได้แก่ กลุ่มสารเคมีที่มีคลอรีนจับกับคาร์บอนในปริมาณสูง ก่อให้เกิดการระคายเคืองต่อกล้ามเนื้อหัวใจ ทำให้หัวใจเต้นผิดจังหวะ (Cardiac Arrhythmia) ได้

- ไต การที่สารอินทรีย์ระเหยขับออกทางไต อาจทำให้เกิดไตวายเฉียบพลัน หรือไตอักเสบได้ จากสาร VOCs จำพวก คาร์บอนเตตระคลอไรด์ เอธิลีน ไกลคอล โทลูอิน เป็นต้น

- ดับ สารอินทรีย์ระเหยในกลุ่ม Chlorinated Hydrocarbons บางชนิด เช่น คาร์บอนเตตระคลอไรด์ เตตระคลอโรอีเทน คลอโรฟอร์ม สามารถทำให้ตับอักเสบได้ ในระยะแรกอาจยังไม่มีอาการ แต่หากมีการทำลายของเซลล์ตับมากขึ้นจะมีอาการคลื่นไส้ เจ็บบริเวณชายโครงด้านขวา ตัวเหลือง ตาเหลือง ปัสสาวะสีเหลืองเข้ม และในระยะยาวอาจกลายเป็นตับแข็งได้ในที่สุด

- ระบบเลือด สารอินทรีย์ระเหยบางชนิด เช่น ไกลคอล เบนซีน และอีเธอร์ สามารถทำลายเม็ดเลือดแดงที่ไหลเวียนอยู่ในร่างกาย และกดไขกระดูกให้มีการสร้างเม็ดเลือดแดงน้อยลง ทำให้โลหิตจาง

- ระบบผิวหนัง ผิวหนังของคนเราปกคลุมด้วยไขมันเคลือบอยู่บนผิว เพื่อช่วยปกป้องทำให้ผิวหนังมีความชุ่มชื้นอยู่เสมอ แต่จากการที่สาร VOCs สามารถละลายไขมันได้ จึงทำให้ผิวหนังอักเสบ แห้ง หลุดลอก ตกเป็นแผล หากเข้าตาหรือจมูกก็จะทำให้เยื่ออักเสบ แสบ น้ำตาไหลได้

- ระบบสืบพันธุ์ สารอินทรีย์ระเหยบางชนิดทำให้แท้ง หรือทำให้ทารกในครรภ์มีความผิดปกติของอวัยวะภายในได้ เช่น ไซลีน โทลูอิน เมทิลเอธิลคีโตน จึงเป็นข้อห้ามสำหรับหญิงมีครรภ์ไม่ควรทำงานเกี่ยวข้องกับสารเหล่านี้

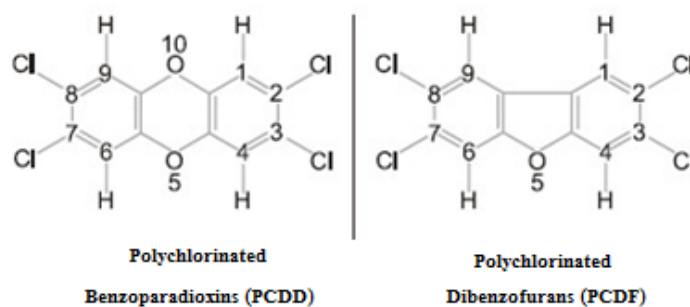
- มะเร็ง สารอินทรีย์ระเหยบางชนิดได้รับการพิสูจน์แล้วว่าเป็นสารก่อมะเร็ง เช่น เบนซีน ทำให้เกิดมะเร็งเม็ดเลือดขาว Vinyl Chloride ทำให้เกิดมะเร็งตับ ชนิด Angiosarcoma บิสคลอโรเมทิลอีเธอร์ (Bis-Chloromethyl Ether) ทำให้เกิดมะเร็งปอด และอีกหลายชนิด เช่น Carbon Tetrachloride, Chloroform, 1,4-dioxane และ Trichloroethylene ก่อมะเร็งในสัตว์ทดลอง เป็นต้น

7) **ไดออกซินและฟิวแรน (Dioxins and Furans)** เป็นกลุ่มของสารอินทรีย์ที่มีคลอรีนเป็นองค์ประกอบ ซึ่งถูกจัดเป็นสารเคมีที่มีความเป็นพิษสูง และถูกจัดอยู่ในกลุ่มสารเคมีที่เรียกว่า Persistent, Bioaccumulative, and Toxic Pollutants (PBTs) หมายถึง เป็นสารเคมีที่คงทนในสิ่งแวดล้อม สะสมในสิ่งมีชีวิตได้มากขึ้นเรื่อยๆ จนถึงระดับที่เป็นอันตรายต่อสุขภาพ และมีความเป็นพิษสูง ดังนั้นมนุษย์ซึ่งอยู่ในระดับปลายสุดของห่วงโซ่อาหารจึงมีความเสี่ยงที่จะได้รับสารไดออกซินในระดับความเข้มข้นที่ค่อนข้างสูง โดยสารไดออกซินที่เกิดเองตามธรรมชาติโดยปกติพบได้น้อย ดังนั้นปริมาณที่พบในสิ่งแวดล้อมเกือบทั้งหมดจึงเกิดจากกิจกรรมของมนุษย์ ได้แก่ ภาควิทยาศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับการผลิตสารเคมีกลุ่มคลอรีน และการหลอมโลหะ แต่ในปัจจุบันแหล่งกำเนิดของสารไดออกซินที่ใหญ่ที่สุดคือ การเผาขยะครัวเรือนภายในบ้าน ผลกระทบของสารไดออกซินต่อสุขภาพคือ เป็นสารที่ก่อให้เกิดมะเร็งในมนุษย์ ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของระบบฮอร์โมน กระตุ้นต่อการเจริญเติบโตของตัวอ่อน ลดความสามารถในการสืบพันธุ์ และทำลายระบบภูมิคุ้มกัน ทั้งนี้รายละเอียดของไดออกซินและฟิวแรน จะกล่าวในหัวข้อถัดไป

4.2 ทฤษฎีเกี่ยวกับ ไดออกซินและฟิวแรน

ไดออกซิน (Dioxins) เป็นผลผลิตทางเคมีที่เกิดขึ้นมาโดยไม่ได้ตั้งใจผลิต (Unintentional Products) จากกระบวนการเผาไหม้ที่ไม่สมบูรณ์ เป็นสารประกอบในกลุ่มคลอรีเนเตดแอโรแมติก (Chlorinated Aromatic Compounds) ที่มีออกซิเจนและคลอรีนเป็นองค์ประกอบ 1-8 อะตอม ดังรูปที่ 4.9 ไดออกซินมีชื่อเรียกเต็มคือ พอลิคคลอรีเนเตด ไดเบนโซ พารา-ไดออกซิน (PCDDs) โดยสารในกลุ่มไดออกซินมีทั้งหมด 75 ชนิด และสารประกอบที่คล้ายคลึงกับกลุ่มไดออกซินอีกกลุ่มหนึ่งคือ ฟิวแรน (Furans) หรือมีชื่อเรียกเต็มว่า พอลิคคลอรีเนเตด ไดเบนโซ-ฟิวแรน (PCDFs) มีอยู่ 135 ชนิด ทั้งนี้สารกลุ่มฟิวแรน (PCDFs) แตกต่างจากกลุ่มไดออกซิน (PCDDs) โดยมีออกซิเจนน้อยกว่าอยู่ 1 อะตอม โดยทั่วไปนักวิชาการมักเรียกรวมและรู้จักกันทั่วว่า “สารไดออกซินและฟิวแรน” หรือ “PCDDs/PCDFs” เนื่องจากมีความคล้ายคลึงกันอย่างมาก ทั้งด้านสมบัติ ความเป็นพิษ และแหล่งกำเนิด

สารไดออกซินและฟิวแรนสามารถผลิตขึ้นได้จากปฏิกิริยาเคมีระหว่างสาร 4,5-dichlorocatechol และสาร 2,5-dinitro-1,4-dichlorobenzene เพื่อใช้สำหรับการศึกษา และเป็นสารมาตรฐานในการตรวจวิเคราะห์เท่านั้น ยังไม่เคยมีรายงานจากแหล่งใดๆ ว่าผลิตมาเพื่อใช้ประโยชน์อื่นๆ [34-36]



รูปที่ 4.9 โครงสร้างพื้นฐานของไดออกซิน (PCDDs) และฟิวแรน (PCDFs) [36]

ชนิดของสารไดออกซินและฟิวแรน

สารไดออกซินและฟิวแรนมีทั้งหมด 210 ชนิด แบ่งเป็นกลุ่มไดออกซิน 75 ชนิด และกลุ่มฟิวแรนอีก 135 ชนิด ขึ้นอยู่กับตำแหน่งที่สารคลอรีนประกอบอยู่บนวงแหวนเบนซีน โดยสารทั้งหมด 210 ชนิดนี้ ส่วนใหญ่ไม่มีผลร้ายแรงต่อสุขภาพมนุษย์มากนัก มีอยู่เพียง 17 ชนิดเท่านั้นที่มีรายงานว่ามียัษร้ายแรง และเป็นอันตรายต่อมนุษย์คือ

- | | |
|---------------------------|----------------------------|
| 1. 1,2,3,4,7,8-HexaCDD | 10. 1,2,3,4,7,8,9-HeptaCDF |
| 2. 1,2,3,4,6,7,8-HeptaCDD | 11. 1,2,3,6,7,8-HexaCDF |
| 3. 1,2,3,6,7,8-HexaCDD | 12. 1,2,3,7,8,9-HexaCDF |
| 4. 1,2,3,7,8,9-HexaCDD | 13. 2,3,4,6,7,8-HexaCDF |
| 5. 1,2,3,7,8-PentaCDD | 14. 1,2,3,7,8-PentaCDF |
| 6. 2,3,7,8-TetraCDD | 15. 2,3,4,7,8-PentaCDF |
| 7. OctaCDD | 16. 2,3,7,8-tetraCDF |
| 8. 1,2,3,4,6,7,8-HeptaCDF | 17. OctaCDF |
| 9. 1,2,3,4,7,8-HexaCDF | |

ชนิดที่มีพิษร้ายแรงที่สุดคือ 2,3,7,8-TetraCDD

การตรวจวัดปริมาณความเข้มข้นของสารไดออกซินและฟิวแรนที่อยู่ในสิ่งแวดล้อมนั้น วัดในระดับที่ต่ำมากๆ โดยนิยมนำวัดกันที่ระดับ นาโนกรัม (ng, 10^{-9} กรัม) และที่ระดับ พิโคกรัม (pg, 10^{-12} กรัม) ต่อน้ำหนักดิน 1 กิโลกรัม หรือปริมาตรอากาศ 1 ลูกบาศก์เมตร หรือน้ำ 1 ลิตร [34-36]

4.2.1 สมบัติของสารไดออกซินและฟิวแรน [37]

โครงสร้างของสารไดออกซินและฟิวแรน ประกอบด้วยคลอรีนอะตอมจากพันธะทางเคมีกับวงแหวนเบนซีน มีสมบัติละลายได้ดีในไขมัน ทำให้สารในกลุ่มนี้มีความคงทนสูงในสิ่งแวดล้อม และสิ่งมีชีวิตละลายน้ำได้น้อย สามารถถ่ายทอดและสะสมได้ในห่วงโซ่อาหาร (Food Chain) สามารถเคลื่อนย้ายแพร่กระจายในอากาศ ตกลงสู่ดิน แหล่งน้ำ และสามารถเข้าสู่ร่างกายมนุษย์ทั้งทางตรงและทางอ้อมได้ ซึ่งมีความเป็นพิษจากการจัดลำดับความเป็นพิษของ WHO เทียบให้ไดออกซินและฟิวแรนเป็นสารที่มีความเป็นพิษระดับ 1 สมบัติทางเคมีและฟิสิกส์ของไดออกซินและฟิวแรนแสดงให้เห็นในตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 สมบัติทางเคมีและฟิสิกส์ของไดออกซินและฟิวแรน [37]

คุณสมบัติ	PCDDs	PCDFs
จุดหลอมเหลว (°C)	89 -322	184-258
จุดเดือด(°C)	284-510	375-537
Log K _{ow}	4.3-8.2	5.4-8.0
Half life (อากาศ)	2 วัน – 3 สัปดาห์	1 – 3 สัปดาห์
Half life (น้ำ)	2 เดือน – 6 ปี	3 วัน – 8 เดือน
Half life (ดิน)	2 เดือน – 6 ปี	8 เดือน – 6 ปี
Half life (ตะกอนดิน)	8 เดือน – 6 ปี	2 ปี – 6 ปี

*หมายเหตุ: n-octanal-water partition coefficient (K_{ow}) คือ สัมประสิทธิ์ที่ใช้วัด

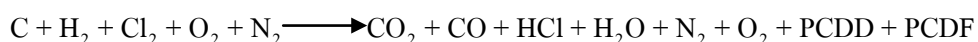
ความไม่ชอบน้ำของสารเคมี โดย K_{ow} เป็นค่าคงตัวเฉพาะของสารเคมีแต่ละชนิด

4.2.2 แหล่งกำเนิดของสารไดออกซินและฟิวแรน

แหล่งกำเนิดสำคัญที่ปล่อยไดออกซินและฟิวแรนออกสู่สิ่งแวดล้อมมีดังนี้

1) กระบวนการเผาไหม้จากเตาเผา (Incinerator) เช่น เตาเผาขยะมูลฝอย เตาเผาขยะติดเชื้อ เตาเผาขยะสารอันตรายหรือกากอุตสาหกรรม และกระบวนการหลอมโลหะ ซึ่งพบสารไดออกซินและฟิวแรนในกากของเถ้าลอย (Fly Ash) อากาศที่ปลดปล่อยออกจากปล่องควัน และน้ำชะเตาเผา รวมถึงเตาเผาหลอมโลหะที่มีโลหะประเภทต่างๆ รวมอยู่ด้วย เช่น อุตสาหกรรมรีไซเคิลโลหะ อุตสาหกรรมหลอมอะลูมิเนียม โลหะทองแดง แมงกานีส และนิกเกิล [37] การเผาไหม้ที่อุณหภูมิสูงเกี่ยวข้องกับปฏิกิริยา

ต่างๆ เช่น ไพโรไลซิส (Pyrolysis) กระบวนการแปรสภาพเป็นแก๊ส (Gasification) และการเผาไหม้ (Combustion) สิ่งของที่มีธาตุต่างๆ เช่น C, Cl, H และ O การเกิดไดออกซินและฟิวแรนเป็นไปดังสมการในรูปที่ 4.10 ที่อุณหภูมิระหว่าง 200-400 องศาเซลเซียส เป็นช่วงที่เกิดสารไดออกซินได้ดี มีความคงตัวต่ออุณหภูมิ แต่จะสลายได้ที่อุณหภูมิสูงกว่า 800 องศาเซลเซียส [1, 4, 36]



รูปที่ 4.10 สมการการเกิดสารไดออกซินและฟิวแรน [36]

2) การฟอกกระดาษให้ขาว โดย Cl และสารประกอบ Cl ที่ใช้ในกระบวนการฟอกกระดาษสามารถทำปฏิกิริยากับคลอรีนในเยื่อไม้ที่ใช้ทำกระดาษให้เป็นสารไดออกซินได้ โดยปริมาณไดออกซินขึ้นอยู่กับ การฟอก กระดาษสีน้ำตาลที่ผ่านการฟอกขาวเพียงเล็กน้อยจะมีปริมาณไดออกซินน้อยกว่ากระดาษขาว นอกจากนี้ น้ำทิ้งจากโรงงานกระดาษก็มีสารไดออกซินปนเปื้อนด้วยเช่นกัน [34]

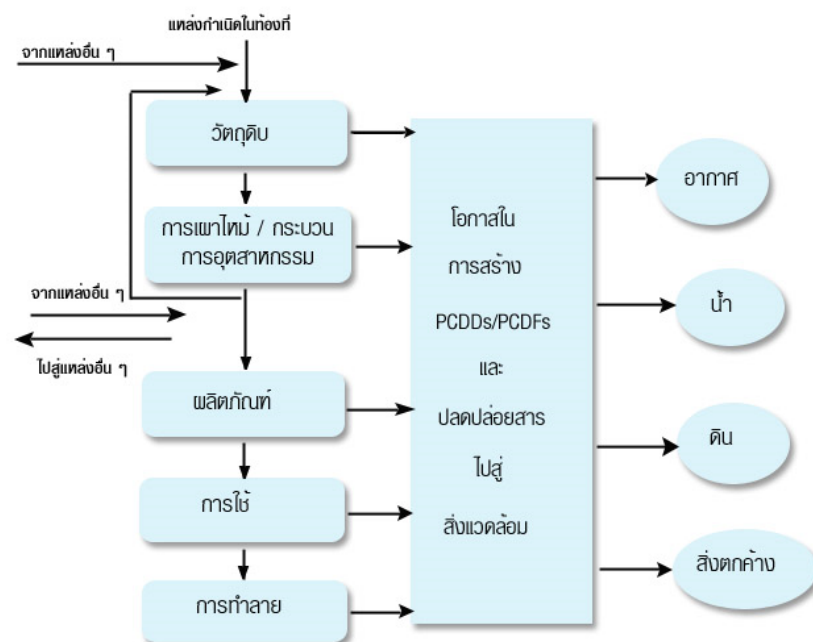
3) การผลิตสารเคมีกลุ่ม Chlorinated Hydrocarbons นอกเหนือจาก 2,4,5-trichloroethane แล้ว การผลิตสารประกอบ Chlorinated Hydrocarbon หลายชนิด เช่น Pentachlorophenol, Hexachlorobenzene และ Polychlorinated Biphenyls อาจมีสารไดออกซินปนเปื้อน นอกจากนี้ในการผลิตสารเคมีหลายชนิด ถึงแม้จะไม่ทำให้เกิดไดออกซิน แต่เมื่อให้สารเหล่านี้เป็นวัตถุดิบในการผลิตสารอื่น อาจทำให้เกิดสารไดออกซินขึ้นได้ สารเหล่านี้รวมเรียกว่า Precursor Chemical Substances มีทั้งหมด 28 ตัว [34] ดังนี้

- | | |
|--------------------------------|---|
| 1) bromobenzene | 11) 2,4,5-trichloronitrobenzene |
| 2) chlorobenzene | 12) o-bromophenol |
| 3) o-chlorofluorobenzene | 13) 5-chloro-1,4-dimethoxyaniline |
| 4) 4-chloro-2-nitrophenol | 14) 3-chloro-4-fluoronitrobenzene |
| 5) o-chlorophenol | 15) chlorohydroquinone |
| 6) 4-chlororesorcinol | 16) 2-chloro-4-phenylphenol |
| 7) 2,6-dibromo-4-nitroaniline | 17) 4-chloro-o-toloxo acetic acid |
| 8) p-dichlorobenzene | 18) o-dichlorobenzene |
| 9) 1,2-dichloro-4-nitrobenzene | 19) 4-[2-methyl-4-chlorophenoxy] Butyric Acid |
| 10) 1,2,4-trichlorobenzene | 20) 1,2,3,4,5-pentabromo-6-chloro-cyclohexane |

- | | |
|--|---------------------------------|
| 21) pentabromoethylbenzene | 25) 1,4-dichloro-2-nitrobenzene |
| 22) 1,2,4,5-tetrachloro-3-nitrobenzene | 26) 1,2,4,5-tetrachlorobenzene |
| 23) 1,3,5-tribromobenzene | 27) 1,2,3-trichlorobenzene |
| 24) 2,6-dichloro-4-nitroaniline | 28) 1,3,5-trichlorobenzene |

4) รอยนต์ สารไดออกซินและฟิวเรนในรอยนต์ ขึ้นอยู่กับปริมาณของ Cl ในน้ำมัน โดยเฉพาะน้ำมันเบนซินที่เติม Tetraethyl Lead เป็นสาร Anti-knock ซึ่งต้องมีการผสม 1,2-dichloroethane เพื่อเป็น Lead Scavenger มีปริมาณสารไดออกซินจากรอยนต์ที่ใช้น้ำมันไร้สารตะกั่ว 1.2-1.3 พิโกกรัมต่อระยะการวิ่ง 1 กิโลเมตร

จากทั้งหมดนี้สามารถสรุปวงจรการผลิตไดออกซินและฟิวเรนได้ดังรูปที่ 4.11 [34]



รูปที่ 4.11 วงจรการผลิตสารไดออกซินและฟิวเรน [34]

และจากการศึกษาของประเทศเนเธอร์แลนด์ ถึงแหล่งกำเนิดของสารกลุ่มไดออกซินและฟิวเรนที่ปลดปล่อยสู่สิ่งแวดล้อมใน 3 ประเทศคือ ประเทศสหรัฐอเมริกา เยอรมัน และเนเธอร์แลนด์ [36] ได้ผลการศึกษาดังตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 แหล่งกำเนิดสารกลุ่มไดออกซินและฟิวแรนที่ปลดปล่อยสู่สิ่งแวดล้อม จากการศึกษา
ของประเทศเนเธอร์แลนด์ ปี พ.ศ. 2538 [36]

แหล่งกำเนิด	ปริมาณไดออกซิน / ฟิวแรน (g -TEQ/ year)		
	สหรัฐ (พ.ศ. 2538)	เยอรมัน (พ.ศ.2538)	เนเธอร์แลนด์
เตาเผาขยะโรงพยาบาล	477	0.1	-
เตาเผาขยะชุมชน	1,100	30	382
เตาเผาหลอมโลหะ	0.38	168	26
เตาเผาขยะสารอันตราย	5.7	2	-
กระบวนการแปรรูปโลหะ	17.0 (อะลูมิเนียม) 541 (ทองแดง)	5.69 (อุตสาหกรรมเหล็ก)	4.0
โรงงานผลิตสารเคมี	-	-	0.5
การใช้ไม้ที่ได้รับการรักษาเนื้อไม้	-	-	25
การใช้ถ่านหินเป็นเชื้อเพลิง	72.8	14.2	16.7
การเผาไหม้เชื้อเพลิงจากยานพาหนะ	33.5 (ดีเซล) 6.3 (ไร้สารตะกั่ว)	4.7	7.0
การเผาไหม้	62.5 (ที่อยู่อาศัย) 29.1 (อุตสาหกรรม)	2.7	-
การเผาไหม้ที่ควบคุมไม่ได้	208 (ป่าไม้ฟาง)	-	-
การใช้น้ำมันเป็นเชื้อเพลิง	9.3	1.59	-

4.2.3 ความเป็นพิษของสารไดออกซินและฟิวแรน [38]

1) พิษเฉียบพลัน

ไดออกซินไม่ทำให้เกิดอาการเป็นพิษ หรือตายอย่างเฉียบพลัน แต่อาการจะค่อยๆ เกิดขึ้น และทวีความรุนแรงจนถึงแก่ชีวิตได้ภายในเวลา 14-28 ชั่วโมง อาการที่จัดเป็นลักษณะของพิษที่เกิดจากสารไดออกซินคือ อาการที่เรียกว่า Wasting Syndrome โดยลักษณะอาการแบบนี้จะเกิดการสูญเสียน้ำหนักตัวอย่างรวดเร็ว จากการได้รับสาร 2-3 วัน นอกจากนี้ส่วนมากเกิดอาการฟ่อของต่อมไทมัส มีอาการผิดปกติของตับ เลือดออกในอวัยวะต่างๆ มีอาการอัมพาตฟ่อ น้ำหนักต่อมลูกหมากและมดลูกเล็กลง น้ำหนักของต่อมไทรอยด์เพิ่มขึ้น การสร้างเม็ดเลือดของไขกระดูกลดลง อาการที่เห็นได้ชัดเจนคือ ผิวหนังอักเสบ เป็นตุ่มสิวหัวดำ โดยเฉพาะอย่างยิ่งบริเวณใบหน้า เรียกโรคผิวหนังนี้ว่า Chloracne ผิวหนังมีสีเข้มขึ้น และสีของเล็บเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาล เยื่อบุตาอักเสบ และที่ร้ายแรงที่สุดคือไดออกซินเป็นสารก่อมะเร็งที่สามารถเกิดขึ้นได้กับอวัยวะต่างๆ โดยเฉพาะตับ อีกทั้งยังทำให้ภูมิคุ้มกันบกพร่อง และทำให้เกิดความผิดปกติของฮอร์โมนเพศ โดยสารไดออกซินมีผลทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของระดับฮอร์โมนในกระแสเลือด ขึ้นอยู่กับชนิดของสัตว์ทดลอง และปริมาณของสาร ซึ่งความผิดปกติของระบบสืบพันธุ์ของเพศผู้และเพศเมียมีดังนี้ ในเพศเมียจะมีการผสมพันธุ์แล้วไม่สามารถตั้งท้องได้จนครบกำหนด จำนวนลูกต่อครอกลดลง การทำงานของรังไข่ผิดปกติหรือไม่ทำงาน วงจรการเป็นสัด

(การผสมพันธุ์) ผิดปกติ และมีเนื้อเยื่อบวมคลุกเจริญเติบโตภายนอกมดลูก ส่วนในเพศผู้พบว่า สารไดออกซินทำให้น้ำหนักของอวัยวะและอวัยวะอื่นๆ ที่เกี่ยวกับการสืบพันธุ์ลดลง อวัยวะมีรูปร่างผิดปกติ การสร้างเชื้ออสุจิลดลง ทำให้ความสำเร็จของการผสมพันธุ์ลดลง แต่ทั้งนี้ความไวต่อสารไดออกซินจะต่างกัน เช่น ลิงและหนู มีความไวต่อสารในระดับต่ำสุดที่ 1 ไมโครกรัม/กิโลกรัมของน้ำหนักตัว/วัน และรับสารต่อเนื่องกันนาน 13 สัปดาห์ มีผลทำให้การสร้างอสุจิลดลง

2) พิษเรื้อรัง

สารไดออกซินและฟิวแรนทำให้น้ำหนักตัวลดลง เกิดความผิดปกติที่ตับ ทำให้เซลล์ตับตาย และเกิดอาการโรคผิวหนังอักเสบ

4.2.4 การกระจายตัวของสารไดออกซินและฟิวแรนสู่สิ่งแวดล้อม [34, 39] มีหลายวิธี ดังนี้

4.2.4.1 การปลดปล่อยสู่แหล่งน้ำ ไดออกซินและฟิวแรนเข้าสู่แหล่งน้ำได้จากการปล่อยน้ำเสีย การชะล้างจากบริเวณปนเปื้อน หรือจากผลิตภัณฑ์ปนเปื้อน เช่น การใช้สารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชและสัตว์ประเภทออร์แกนโนคลอรีน (Organochlorine) การทิ้งกากของเสีย ฯลฯ การปล่อยน้ำเสียจากอุตสาหกรรมที่มีกระบวนการเกี่ยวกับการสร้างสารไดออกซินและฟิวแรน ดังนี้

- 1) น้ำเสียจากกระบวนการผลิตกระดาษและเยื่อกระดาษ (Pulp and Paper) ที่มีการใช้สารคลอรีนในการฟอกสี
- 2) น้ำเสียจากกระบวนการผลิตเคมีภัณฑ์ที่เกี่ยวข้องกับสารคลอรีน
- 3) น้ำเสียจากอุตสาหกรรมฟอกย้อม เส้นใย หนัง ไม้ที่ใช้สีย้อม หรือน้ำยารักษาคุณภาพของวัตถุดิบที่มีสารไดออกซินและฟิวแรนเจือปน
- 4) น้ำเสียจากบ้านเรือนทั่วไป เช่น เครื่องซักผ้า และเครื่องล้างจาน เป็นต้น
- 5) น้ำเสียจากกิจกรรมการผลิตและสถานที่ของกิจกรรมที่มีการใช้สารหรือวัตถุดิบที่ปนเปื้อนด้วยสารไดออกซินและฟิวแรน เช่น สถานที่ผลิตและใช้สารคลอโรฟีนอล (Chlorophenol) โรงเลื่อย สุสานรถยนต์โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อมีน้ำมันหกตกอยู่ น้ำเสียจากเตาเผาขยะ เป็นต้น

4.2.4.2 การปลดปล่อยลงดิน ไดออกซินและฟิวแรนแพร่ไปสู่ดินได้โดยการทิ้ง หรือการปลดปล่อยผลิตภัณฑ์ที่มีสารไดออกซินและฟิวแรนปนเปื้อนอยู่โดยตรง หรือมีสารนี้สะสมตัวอยู่ในดินโดยผ่านสิ่งแวดล้อมต่างๆ เช่น จากอากาศสู่ดินดังที่กล่าวแล้ว และสารที่สะสมอยู่ในดินก็จะผ่านเข้าสู่ห่วงโซ่อาหาร และถูกดูดซึมเข้าสู่พืชและสัตว์ต่อไป ส่วนใหญ่แล้วโดยตรงมาจากผลิตภัณฑ์ หรือกากของเสียจากสารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชและสัตว์ สารรักษาเนื้อไม้ที่มีสารไดออกซินและฟิวแรนปนเปื้อน การนำกากของเสียไปใช้ในพื้นที่เกษตร และการนำกากของเสียที่มีสารไดออกซินและฟิวแรนปนเปื้อนไปกองทิ้งไว้ เป็นต้น

4.2.4.3 การปลดปล่อยสู่อากาศ ไดออกซินและฟิวแรนเข้าสู่บรรยากาศจากแหล่งต่างๆ ทั้งที่เป็นแหล่งคงที่ ซึ่งมักเกี่ยวข้องกับการอุตสาหกรรม หรือแหล่งที่ไม่คงที่ซึ่งเกี่ยวข้องกับการใช้ผลิตภัณฑ์ที่มีสารไดออกซินและฟิวแรนเจือปนอยู่ โดยสารจากทั้งสองแหล่งสามารถอยู่คงที่หรือเคลื่อนย้ายไปได้เป็นระยะทางไกลมาก จึงสามารถตรวจวัดได้ทั่วไป แม้แต่จากแหล่งต่างๆ ซึ่งอยู่ห่างไกลมากๆ จากแหล่งที่ปลดปล่อย ตัวอย่างของกระบวนการที่ปลดปล่อยสารไดออกซินและฟิวแรนไปสู่อากาศ เช่น กระบวนการเผาไหม้ กระบวนการผลิตโลหะและหลอมโลหะ กระบวนการบั้งหรือย่าง ตู้อบควัน อุตสาหกรรมที่ใช้ความร้อนสูง เป็นต้น โอกาสที่จะมีการสร้างและปลดปล่อยสารไดออกซินและฟิวแรนสู่บรรยากาศสามารถเกิดขึ้นได้ในสถานะใดสถานะหนึ่งหรือหลายๆ สถานะร่วมกัน ดังนี้

- กระบวนการเผาไหม้ที่ไม่สมบูรณ์เมื่ออุณหภูมิสูงกว่า 200 องศาเซลเซียส
- มีสารพวกอินทรีย์คาร์บอน (Organic Carbon) คือปริมาณ C ที่อยู่ในสารประกอบอินทรีย์มาก
- มีสาร Cl
- ผลิตภัณฑ์ที่มีสารไดออกซินและฟิวแรนปะปนอยู่

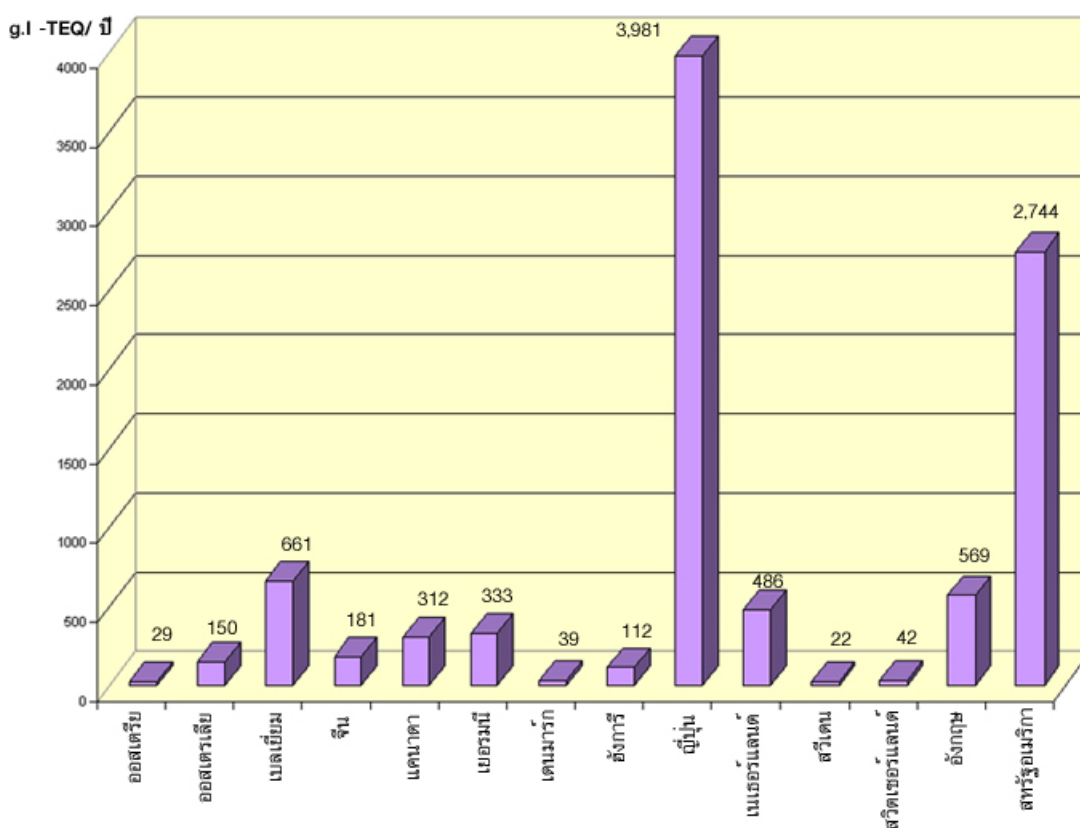
4.2.4.4 การแพร่กระจายจากสัตว์น้ำ เช่น ปลา มีโอกาสที่จะรับสารไดออกซินมากที่สุดถึง 85 พิโคกรัม/กรัม (ค่าเฉลี่ยประมาณ 0.4 พิโคกรัม/กรัม) ซึ่งจะทำให้คนที่บริโภคเนื้อปลามีสารไดออกซินเข้าสู่ร่างกายประมาณ 0.5 พิโคกรัม/กรัม/วัน

4.2.4.5 การปนเปื้อนไดออกซินและฟิวแรนในผลิตภัณฑ์ที่เป็นสารประกอบประเภทออร์แกนโนคลอรีนโดยตรง และผลิตภัณฑ์ที่ใช้คลอรีนในกระบวนการ เช่น กระดาษและเยื่อกระดาษ ผลิตภัณฑ์ที่มีการปนเปื้อนสูง เช่น พวกลคลอรีเนเตดเพปเปอร์ และอนุพันธ์ เช่น Pentachlorophenol (PCP), 2,4,5-Trichlorophenoxyacetic Acid หรือที่รู้จักกันทั่วไปว่า “ฝนเหลือง และ Polychlorinated Biphenyls (PCBs) ที่ใช้ในหม้อแปลงไฟฟ้า และตัวเก็บประจุไฟฟ้า

4.2.4.6 การปลดปล่อยสารไดออกซินและฟิวแรนจากเตาเผาต่างๆ ทั้งเตาเผาขยะมูลฝอย (Municipal Waste Incinerator) เตาเผาขยะอันตราย (Hazardous Waste Incinerator) เตาเผาขยะติดเชื้อ หรือเตาเผาขยะโรงพยาบาล (Medical or Hospital Waste Incinerator) และเตาเผาศพ (Crematoria) นับเป็นแหล่งสำคัญที่ปลดปล่อยสารไดออกซินและฟิวแรน ปริมาณมากน้อยขึ้นอยู่กับวัสดุที่นำเข้าไปเผา โดยความเข้มข้นสูงสุดของสารไดออกซินและฟิวแรนในแก๊สและขี้เถ้าที่อยู่ในปล่องเกิดที่อุณหภูมิประมาณ 350 องศาเซลเซียส และความเข้มข้นจะลดลงต่ำสุดเมื่ออุณหภูมิต่ำกว่า 275 องศาเซลเซียส และที่สูงกว่า 420 องศาเซลเซียส แต่ก็ยังมีสารนี้อยู่ปริมาณไม่มากในช่วงอุณหภูมิ 200-275 องศาเซลเซียส และ 420-550 องศาเซลเซียส โดยโมเลกุลของสารไดออกซินและฟิวแรนจะถูกทำลาย (Break Down) เมื่ออุณหภูมิสูงถึง 850 องศาเซลเซียสขึ้นไป และถูกทำลายเกือบสมบูรณ์เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นไปถึง 1,100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 วินาที อย่างไรก็ตามสารไดออกซินและฟิวแรนจะไม่ถูกทำลายอย่างสิ้นเชิง เพราะเมื่ออุณหภูมิลดลงก็จะสร้างขึ้นใหม่อีก

4.2.5 ทำเนียบ (inventory) การปลดปล่อยสารไดออกซินและฟิวแรนในประเทศต่างๆ [34]

ประเทศพัฒนาแล้วหลายๆ ประเทศได้จัดทำปริมาณการปลดปล่อยสารไดออกซินและฟิวแรนในแต่ละปี และได้มีการทำรายงานรวบรวมไว้จาก 14 ประเทศในปี พ.ศ. 2538 ดังแสดงไว้ในรูปที่ 4.12 พบว่ามีการปลดปล่อยจาก 14 ประเทศประมาณ 9,700 กรัม (I-TEQ)/ปี โดยเตาเผาขยะต่างๆ เป็นแหล่งกำเนิดที่สำคัญ ในประเทศสหรัฐอเมริกา แคนาดา เนเธอร์แลนด์ เดนมาร์ก อังกฤษ เบลเยียม และจีน ส่วนประเทศสวีเดน เยอรมนี ออสเตรีย และออสเตรเลีย ส่วนใหญ่มาจากแหล่งกำเนิดประเภท โรงหลอมโลหะต่างๆ



รูปที่ 4.12 ปริมาณการปลดปล่อยสารไดออกซินและฟิวแรนสู่บรรยากาศในประเทศพัฒนาแล้ว [34]

สำหรับประเทศเยอรมนีซึ่งปลดปล่อยสารไดออกซินและฟิวแรนจำนวน 333 กรัม (I-TEQ)/ปี ในปี พ.ศ. 2538 ดังตารางที่ 4.4 นั้น อุตสาหกรรมโลหะนับว่าปลดปล่อยมากที่สุดถึง 168 กรัม (I-TEQ)/ปี รองลงมาคือ อุตสาหกรรมหลอมโลหะประเภท Non-Ferrous ปลดปล่อย 91.6 กรัม (I-TEQ)/ปี และตามด้วยเตาเผาขยะชุมชน ซึ่งมีปริมาณการปลดปล่อย 30 กรัม (I-TEQ)/ปี

ตารางที่ 4.4 ปริมาณการปลดปล่อยสารไดออกซินและฟิวแรนสู่บรรยากาศของประเทศเยอรมนี
ในปี พ.ศ. 2538 [34]

แหล่งกำเนิด	ปริมาณสารไดออกซินและฟิวแรน กรัม (I-TEQ)/ปี
1. การใช้ถ่านหินเป็นเชื้อเพลิง	14.2
2. การใช้น้ำมันเป็นเชื้อเพลิง	1.59
3. อุตสาหกรรมหลอมโลหะ	168
4. อุตสาหกรรมเหล็ก	5.69
5. อุตสาหกรรมโลหะประเภท Non-Ferrous	91.6
6. เตาเผากากตะกอน	< 0.1
7. จากยานพาหนะ	4.7
8. เตาเผาขยะสารอันตราย	2
9. เตาเผาขยะชุมชน	30
10. เตาเผาขยะโรงพยาบาล	0.1
11. การเผาไหม้	2.7
12. อื่นๆ	2.3
รวม	333

สำหรับประเทศสหรัฐอเมริกา ซึ่งปลดปล่อยสารไดออกซินและฟิวแรนจำนวนมากประมาณ 2,744 กรัม (I-TEQ)/ปี ในปี พ.ศ. 2538 ดังตารางที่ 4.5 นั้นพบว่าเตาเผาขยะชุมชนมีการปลดปล่อยมากที่สุดถึง 1,100 กรัม (I-TEQ)/ปี รองลงมาคือ อุตสาหกรรมหลอมทองแดงปลดปล่อย 541 กรัม (I-TEQ)/ปี และตามด้วยเตาเผาขยะโรงพยาบาลปลดปล่อย 477 กรัม (I-TEQ)/ปี

ตารางที่ 4.5 ปริมาณการปลดปล่อยสารไดออกซินและฟิวเรนสู่บรรยากาศของประเทศสหรัฐอเมริกา
ในปี พ.ศ. 2538 [34]

แหล่งกำเนิด	ปริมาณสารไดออกซินและฟิวเรน กรัม (I-TEQ)/ปี
เตาเผาขยะ	
- ขยะมูลฝอยชุมชน	1,100.00
- ขยะสารอันตราย	5.70
- หม้อไอน้ำ/เตาหลอมโลหะ	0.38
- เตาเผาขยะติดเชื้อ	477.00
- เตาเผาศพ	0.24
- เตาเผากากตะกอน	6.00
ด้านพลังงาน	
การเผาไหม้เชื้อเพลิงยานพาหนะ	
- ไรสารตะกั่ว	6.30
- ดีเซล	33.50
การเผาไหม้	
- ในที่อยู่อาศัย	62.50
- อุตสาหกรรม	29.10
การใช้อ่านหินเป็นเชื้อเพลิง (อุตสาหกรรม)	72.80
การใช้น้ำมันเป็นเชื้อเพลิง (อุตสาหกรรม)	9.30
การใช้อุณหภูมิสูงอื่นๆ	
- อุตสาหกรรมปูนซีเมนต์ (ใช้กากสารอันตรายเป็นเชื้อเพลิง)	153.00
- อุตสาหกรรมปูนซีเมนต์ (ไม่ใช่กากสารอันตรายเป็นเชื้อเพลิง)	17.80
- การเผาไหม้บูห์รี	0.81
- การหล่อเย็น	2.30
การเผาไหม้ที่ควบคุมไม่ได้ (ป่าไม้, ฟาง)	208.00
กระบวนการแปรรูปโลหะ	
- อุตสาหกรรมหลอมอลูมิเนียม	17.00
- อุตสาหกรรมหลอมทองแดง	541.00
- อุตสาหกรรมหลอมตะกั่ว	1.63
รวม	2,744.36

4.2.6 การตรวจวัดสารไดออกซินและฟิวแรน [36, 39]

การตรวจวิเคราะห์สารไดออกซินนั้นสามารถอ้างอิงได้หลายวิธี โดยวิธีมาตรฐานนั้นเปลี่ยนแปลงไปตามแหล่งตัวอย่างประเภทต่างๆ เช่น ตัวอย่างอากาศจากปล่อง ตัวอย่างในบรรยากาศ ตัวอย่างน้ำทิ้ง ตัวอย่างชีวภาพ และตัวอย่างอาหาร เป็นต้น นอกจากนี้ในแต่ละประเทศมีมาตรฐานการวิเคราะห์ด้วยวิธีต่างๆ ต่างกันอีกด้วย เช่น EPA1613, EPA8290, EPA23, TO-09 EN1948 เป็นต้น ซึ่งสามารถสรุปวิธีการและการดำเนินงานที่เกี่ยวข้องได้ดังนี้

- 1) วิธีสกัดโดยเทคนิคต่างๆ เช่น Soxhlet Extraction, Microwave Extraction, Solid Phase Extraction (SPE), Liquid-Liquid Extraction (LLE), Accelerated Solvent Extraction (ASE), Pressurized Solvent Extraction (PSE)
- 2) วิธีการกำจัดสิ่งสกปรกออกจากตัวอย่าง (Clean Up) เช่น Gel Permeation Chromatography, Multilayer Chromatography, Basic Alumina Chromatography, Acid Alumina Chromatography, Activated Carbon Chromatography, Sulfuric Acid Treatment
- 3) การควบคุมคุณภาพการวิเคราะห์ (Quality Control and Quality Assurance) เช่น Control Chart, Solvent Blank, Sample Blank, $^{13}\text{C}_{12}$ Labelled Standards, Column Clean Up Spike, Recovery Test, Standard Reference Material (SRM), Certify Reference Material (CRM), Laboratory Round Robin
- 4) การวิเคราะห์ทางปริมาณ (Quantitative analysis) เช่น High Resolution Gas Chromatography High Resolution Mass Spectrophotometer (HRGC/HRMS), Isotope Ratio Dilution
- 5) การรายงานผล (Report) เป็น Nanogram (ng), Picogram (pg), Toxicity Equivalent by Weight of 2,3,7,8-TCDD (I-TEQ), International-Toxicity Equivalent factors (I-TEF), Total Concentration

4.2.7 การจัดการกากของเสียประเภทไดออกซินและฟิวแรน [35, 36, 38]

การจัดการกากของเสียประเภทไดออกซินให้มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมน้อย ตามที่ USEPA แนะนำ คือ การเผา (Incineration) โดยเตาเผาที่เหมาะสมมี 3 แบบคือ

- 1) Rotary Kiln อุณหภูมิ 850-1,600 องศาเซลเซียส ระยะเวลาที่กากของเสียที่เป็นของเหลวหรือแก๊สอยู่ในเตาเผาเป็นวินาที และเป็นชั่วโมงสำหรับของแข็ง
- 2) Fluidized Bed อุณหภูมิ 450-980 องศาเซลเซียส ระยะเวลาที่กากของเสียอยู่ในเตาเผาเช่นเดียวกับเตาเผาชนิด Rotary Kiln
- 3) Liquid Injection อุณหภูมิ 650-1,600 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 0.1-2 วินาที เตาเผาชนิดนี้ใช้สำหรับกากของเสียไดออกซินที่เป็นของเหลว

4.3 ผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Nobuo [3] ได้รายงานว่าในปี พ.ศ. 2526 ไดออกซินในขี้เถ้าลอยได้กลายเป็นปัญหาสำคัญที่ได้เอียงกันในประเทศญี่ปุ่น โดยมีรายงานการค้นพบสาร 2, 3, 7, 8-TCDD ทั้งในขี้เถ้าลอย (Fly Ash) และขี้เถ้าหนัก (Bottom Ash) จากโรงงานเผาขยะของเทศบาล ต่อมากระทรวงสาธารณสุขและสวัสดิการได้ศึกษา และกำหนดแนวทางสำหรับการควบคุมไดออกซินขึ้นในปี พ.ศ. 2533 ดังแสดงในตารางที่ 4.6

ตารางที่ 4.6 แนวทางต่างๆ สำหรับการป้องกันสารไดออกซินและฟิวแรนในประเทศไทย (ต่อ)

Item \ Furnace Type, etc			Continuous Type		Semi-Continuous Types, Mechanical Batch Types		Fixed Types	
			New	Existing	New	Existing	New	Existing
Waste Treatment Facility (ต่อ)	Exhaust Gas Treatment Equipment	Dust Collector	Electrostatic Precipitator or Filtration Dust Collector (Bag Filter)	-	Electrostatic Precipitator or Filtration Dust Collector (Bag Filter)	-	Electrostatic Precipitator or Filtration Dust Collector (Bag Filter)	-
		Dust Collector Inlet Temp.	less than 200 °C	less than 250-280 °C	less than 200 °C	less than 250-280 °C	as low as possible (less than 200 °C is desirable)	less than 250-280 °C
		Dust Quantity at Collector Outlet	less than 20 mg/Nm ³	(less than 50 mg/Nm ³ is desirable)	less than 50 mg/Nm ³	(less than 50 mg/Nm ³ is desirable)	less than 50 mg/Nm ³	(less than 50 mg/Nm ³ is desirable)

ตารางที่ 4.6 แนวทางต่างๆ สำหรับการป้องกันสารไดออกซินและฟิวแรนในประเทศญี่ปุ่น (ต่อ)

Furnace Type, etc Item			Continuous Type		Semi-Continuous Types, Mechanical Batch Types		Fixed Types	
			New	Existing	New	Existing	New	Existing
Waste Treatment Facility (ต่อ)	Measuring Equipment	Temperature Gauge, Continuous CO Analyzer, Continuous O ₂ Analyzer	- Temperature gauges should be installed at combustion chamber outlet and dust collector inlet. - Continuous CO analyzers and continuous O ₂ analyzer should be installed after the dust collector outlet.					
	Effect	Independent	- Dioxin concentration in exhaust gas is expected to be under 0.5 ng I-TEQ/Nm ³ - Specific dioxin concentration in exhaust gas is not set (difficult to set a single standard because concentration in exhaust gas varies according to furnace type, and operating conditions)					
		Overall	Total emission in Japan are expected to be about 1/10 of present levels once countermeasures are implemented completely.					
Final Treatment Facility			1. In the operation of drainage water treatment facilities, the process of separation through sedimentation should be considered carefully. 2. The slope of water collection pipes and the spacing of branch pipes should be designed carefully to ensure that drainage quickly leaves the facility.					

เอกสารประกอบการสัมมนา โดย Japan International Cooperation Agency: JICA [40] เปรียบเทียบ ข้อมูลและแนวทางต่างๆ ในการกำจัดขยะจากระบบเตาเผาที่แตกต่างกัน ดังตารางที่ 4.7

ตารางที่ 4.7 ข้อบัญญัติในการเดินเครื่องทำงานของเตาเผาชนิดต่างๆ [40]

หัวข้อ		Mechanical Stoker Incinerator	Fluidized Bed Incinerator	Rotary Grate Incinerator
ค่าความร้อนของขยะ		- เชื้อเพลิงสนับสนุน(น้ำมัน) ไม่จำเป็นต้องใช้ ถ้าขยะมีค่าความร้อนประมาณ 1,000 kcal/kg หรือมากกว่า - ค่าความร้อนสูงสุดในการเดินเครื่องประมาณ 3,500 kcal/kg	- เชื้อเพลิงสนับสนุน(น้ำมัน) ไม่จำเป็นต้องใช้ ถ้าขยะมีค่าความร้อนประมาณ 900 kcal/kg หรือมากกว่า - ค่าความร้อนสูงสุดในการเดินเครื่องประมาณ 5,000 kcal/kg	- เชื้อเพลิงสนับสนุน(น้ำมัน) ไม่จำเป็นต้องใช้ ถ้าขยะมีค่าความร้อนประมาณ 1,000 kcal/kg หรือมากกว่า - ค่าความร้อนสูงสุดในการเดินเครื่องประมาณ 6,000 kcal/kg
คุณภาพของขยะ		ขยะที่ประกอบด้วยพลาสติกปริมาณมากจำเป็นต้องพิจารณาถึงการออกแบบและโครงสร้าง (ร้อยละของพลาสติกที่มีได้ สูงสุดประมาณร้อยละ 25 wet base)	ใช้ได้ตั้งแต่ขยะที่มีคุณภาพต่ำ (มีความชื้นสูง) จนถึงขยะที่มีพลาสติกมาก (ร้อยละของพลาสติกที่มีได้ สูงสุดประมาณร้อยละ 35 wet base)	สามารถใช้ได้กับขยะที่มีพลาสติกปนอยู่มาก (ร้อยละของพลาสติกที่มีได้ สูงสุดประมาณร้อยละ 50 wet base)
เตาเผา		สามารถเผาขยะได้อย่างสม่ำเสมอ เพราะขยะมีปริมาณที่แน่นอน (เผาประมาณ 2 ชั่วโมง) สามารถถูกเก็บอยู่ในห้องเผาไหม้ สัดส่วนของขี้เถ้าจากการเผา(ขี้เถ้าส่วนใหญ่)และขี้เถ้าลอยเป็น 8:2 และการกำจัดขี้เถ้า (โลหะหนัก)นั้นง่ายดาย	ขยะไม่ได้ถูกเก็บรักษาอยู่ในห้องเผาไหม้ เพราะการเผาไหม้เกิดขึ้นในเวลาสั้น ดังนั้นค่าความร้อนของการเผาไหม้สามารถเปลี่ยนแปลงได้ตามคุณภาพของขยะและต้องพิจารณาถึงการกำจัดขี้เถ้าด้วย (โลหะหนัก)นั้นง่ายดาย	สามารถเผาขยะได้อย่างสม่ำเสมอ เพราะปริมาณขยะ (เผาประมาณ 2 ชั่วโมง) สามารถถูกเก็บไว้ได้ในห้องเผาไหม้ rotary grate chamber การกำจัดขี้เถ้าได้ง่าย
การป้องกันมลพิษ	ฝุ่น	ปริมาณขี้เถ้าลอยนั้นน้อย (ขี้เถ้าส่วนใหญ่ 8 ส่วนต่อขี้เถ้าลอย 2 ส่วน)	ขี้เถ้าลอยมีปริมาณมาก (ขี้เถ้าส่วนใหญ่ 6 ส่วนต่อขี้เถ้าลอย 4 ส่วน)	ขี้เถ้าลอยมีปริมาณน้อย (ขี้เถ้าส่วนใหญ่ 8 ส่วนต่อขี้เถ้าลอย 2 ส่วน)
	NO _x	ความเข้มข้นที่เกิดขึ้นประมาณ 80-150 ppm	ความเข้มข้นที่เกิดขึ้นประมาณ 80-150 ppm	ความเข้มข้นที่เกิดขึ้นประมาณ 80-100 ppm
	CO	ความเข้มข้นที่เกิดขึ้นประมาณ 50-1,000 ppm	ความเข้มข้นที่เกิดขึ้นประมาณ 50-3,000 ppm	ความเข้มข้นที่เกิดขึ้นประมาณ 30-100 ppm
	HCl SO _x	ความเข้มข้นที่เกิดขึ้น ขึ้นอยู่กับคุณภาพของขยะ	ความเข้มข้นที่เกิดขึ้น ขึ้นอยู่กับคุณภาพของขยะ	ความเข้มข้นที่เกิดขึ้น ขึ้นอยู่กับคุณภาพของขยะ
การเดินเครื่อง		การเดินเครื่องจักรโดยใช้กำลังคนและใช้ระบบอัตโนมัติที่ง่าย	- การเริ่มต้นเดินเครื่องและหยุดเตาเผาที่ง่าย เพราะสามารถที่จะรักษาอุณหภูมิในห้องเผาไหม้ไว้ได้ เนื่องด้วยการไหลเวียนของทราย - โครงสร้างภายในของห้องเผาไหม้นั้น ไม่ซับซ้อน เพราะไม่มีส่วนของอุปกรณ์ที่เคลื่อนไหวได้อยู่ภายในห้องเผาไหม้	การเดินเครื่องจักรโดยใช้กำลังคนและใช้ระบบอัตโนมัติที่ง่าย

ตารางที่ 4.7 ข้อบ่งชี้ในการเดินเครื่องทำงานของเตาเผาชนิดต่างๆ (ต่อ)

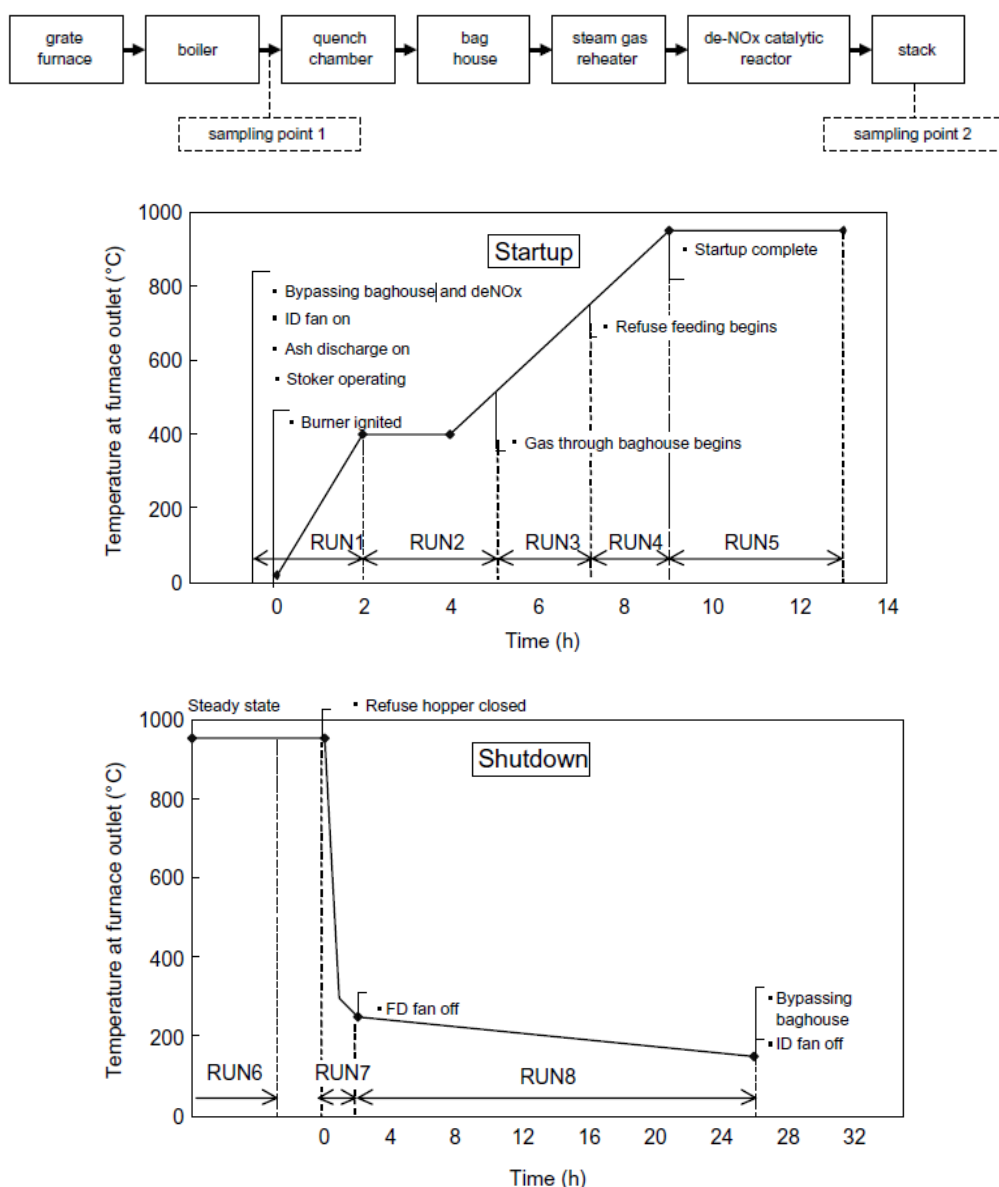
หัวข้อ	Mechanical Stoker Incinerator	Fluidized Bed Incinerator	Rotary Grate Incinerator
การใช้ความร้อน	สามารถผลิตกระแสไฟฟ้าได้อย่างสม่ำเสมอ	เป็นไปได้ที่จะผลิตกระแสไฟฟ้าจากขยะแต่ความสม่ำเสมอมีน้อยกว่าเตาเผาแบบ Mechanical Stoker	สามารถผลิตกระแสไฟฟ้าได้อย่างสม่ำเสมอ
ราคาค่าก่อสร้าง	ราคาเท่ากับ fluidized bed และ rotary grate stoker	ราคาเท่ากับ mechanical stoker และ rotary grate stoker	ราคาเท่ากับ mechanical stoker และ fluidized bed
ตัวอย่าง	หลายแห่งในญี่ปุ่น	หลายแห่งในญี่ปุ่น	ในอเมริกามีมากกว่าในญี่ปุ่น

Chang และคณะ [41] ได้ศึกษาเตาเผาขยะมูลฝอยในประเทศไต้หวัน 2 แบบคือ 1) MWI-A ซึ่งมีพิสัยความจุ 300 ตัน/วัน โดยติดตั้งอุปกรณ์ ESP และ Wet Scrubbers สำหรับควบคุมมลพิษ และ 2) MWI-B ซึ่งมีพิสัยความจุ 450 ตัน/วัน โดยติดตั้งอุปกรณ์ Cyclones ระบบ Dry Lime Sorbent Injection และ Fabric Filter ไว้ควบคุมมลพิษ จากการศึกษาพบว่า ความเข้มข้นของไดออกซินที่ผ่านอุปกรณ์ในระบบ MWI-A มีค่าสูงกว่า MWI-B จึงนำระบบ MWI-B มาศึกษาต่อโดยการฉีดพ่น Activated Carbon (AC) เพื่อช่วยลดไดออกซิน พบว่าประสิทธิภาพของการกำจัดไดออกซินสูงขึ้นถึงร้อยละ 91.3 เมื่อฉีดพ่น AC เข้าไป 115 กิโลกรัม/วัน ซึ่งสูงกว่าการฉีดพ่น AC 100 กิโลกรัม/วัน ที่มีประสิทธิภาพในการกำจัดเพียงร้อยละ 87.6 และเมื่อเทียบกับ MWI-B ที่ไม่มีการฉีดพ่น AC ที่มีประสิทธิภาพเพียงร้อยละ 5.88 ดังตารางที่ 4.8

ตารางที่ 4.8 ผลการทดลองกำจัดสารไดออกซินและฟิวแรนในเตาเผาขยะโดยใช้มาตรการต่างๆ [41]

	MWI-A	MWI-B	MWI-B (with AC 100 kg/day)	MWI-B (with AC 115 kg/day)
Dioxin concentration before APCDs (ng/Nm ³)	17.0	47.5	47.5	47.5
Dioxin concentration after APCDs (ng/Nm ³)	31.7	34.6	3.26	1.63
Dioxin removal efficiency (%)	-86.8	27.1	93.1	96.6
Dioxin concentration before APCDs (ng I-TEQ/Nm ³)	1.94	4.93	4.93	4.93
Dioxin concentration after APCDs (ng I-TEQ/Nm ³)	4.80	4.64	0.60	0.43
Dioxin I-TEQ removal efficiency (%)	-147	5.88	87.6	91.3

Tejima และคณะ [42] ได้ศึกษาลักษณะของการปลดปล่อยไดออกซินจากเตาเผาขยะมูลฝอยในขณะที่เริ่มเดินและดับเครื่องในประเทศญี่ปุ่น โดยแบ่งระยะการศึกษาออกเป็น 8 ระยะ ดังรูปที่ 4.13 และตรวจวัดไดออกซินจากไอเสียที่ปล่อยออกจาก Boiler และหลังออกจากปล่อง พบว่าความเข้มข้นของสารไดออกซินที่ปล่อยออกจากปล่องขณะดำเนินการแบบ Steady State มีค่าน้อยมากคือ 0.0066 นาโนกรัม (WHO-TEQ)/ลูกบาศก์เมตรของปริมาตรอากาศ รองมาคือช่วงดับเครื่องเฉื่อยแล้วมีค่า 0.72 นาโนกรัม (WHO-TEQ)/ลูกบาศก์เมตรของปริมาตรอากาศ และมากที่สุดคือช่วงเริ่มเดินเครื่องเฉื่อยแล้วมี 1.9 นาโนกรัม (WHO-TEQ)/ลูกบาศก์เมตรของปริมาตรอากาศ โดยมีค่ามากที่สุดสูงถึง 95 นาโนกรัม (WHO-TEQ)/ลูกบาศก์เมตรของปริมาตรอากาศ ในช่วง RUN 3



รูปที่ 4.13 การปลดปล่อยไดออกซินจากเตาเผา ขณะเริ่มเดินและดับเครื่องในประเทศญี่ปุ่น [42]

Geng และคณะ [43] ได้ศึกษาการปลดปล่อย และการควบคุมไดออกซินในประเทศจีน พบว่าเตาเผาขยะมูลฝอยเป็นแหล่งที่ปล่อยไดออกซินสูงสุด จึงต้องมีการจัดการโดยใช้เทคโนโลยีต่างๆ เพื่อบำบัดไอเสียจากเตาเผา ผลการศึกษาแสดงในตารางที่ 4.9

ตารางที่ 4.9 เทคโนโลยีการจัดการขยะมูลฝอย เพื่อลดการปลดปล่อยสารไดออกซินและฟิวเรนจากเตาเผาขยะในประเทศจีน [43]

Category Details	Details
1. การควบคุมเทคโนโลยี	
1.1 เงื่อนไขในการควบคุมเตาเผา	ไอเสียจากกระบวนการเผาไหม้ต้องอยู่ที่อุณหภูมิมากกว่า 850 °C เป็นเวลาอย่างน้อย 2 วินาที และเพื่อควบคุมอุณหภูมิภายในห้องเผาไหม้ให้คงที่ ควรแยกประเภทของขยะ รีดน้ำออกจากขยะ ทำขยะให้เป็นชิ้นเล็กๆ และอื่นๆ ก่อนนำไปเผา
1.2 การยับยั้งโดยสารเคมี	ฉีดพ่นสารเคมีจำพวก CaO, ammonia, urea และ amines อื่นๆ เพื่อยับยั้งการเกิดไดออกซินระหว่างการเผา
1.3 เงื่อนไขในการควบคุมการ Cooling	ปรับปรุงอุปกรณ์ที่ทำให้แก๊สเย็นตัว และติดตั้ง Cooling Towers เพื่อช่วยป้องกันการเกิดใหม่ของสารไดออกซิน ในช่วงของการ Cooling
1.4 การบำบัดไอเสีย	ติดตั้ง Bag Filters และฉีดพ่น Activated Carbon เพื่อกำจัดสารไดออกซินจากไอเสียก่อนออกจากปล่อง (เทคโนโลยีและอุปกรณ์ที่ใช้ควบคุมควันและสารไดออกซินจากเตาเผา เป็นอีกหนึ่งเรื่องที่ National Environmental Protection Plan in the 11th Five-Year period ปี พ.ศ. 2549-2553 ให้ความสนใจ)
1.5 การทำลายโดยใช้ตัวเร่งปฏิกิริยา	ใช้ระบบ Selective Catalytic Reduction (SCR) เพื่อกำจัดสารไดออกซิน และ NO _x ในช่วงของการบำบัดไอเสีย และติดตั้ง Bag Filters เพื่อกำจัดไดออกซิน และตัวเร่งปฏิกิริยาก่อนระบายออกจากปล่อง
1.6 เลิกใช้เตาเผาขนาดเล็ก	เนื่องจากการใช้ง่ายและการจัดการเรื่องของการปลดปล่อยสารไดออกซินของเตาเผาขนาดเล็กมีแนวโน้มสูงกว่าขนาดใหญ่ (การพัฒนาโรงเผาขยะมูลฝอยขนาดใหญ่ที่มีพิสัยความจุมากกว่าหรือเท่ากับ 600 ตัน/วัน เป็นอีกหนึ่งเรื่องที่ National Environmental Protection Plan in the 11th Five-Year Period ปี พ.ศ. 2549-2553 ให้ความสนใจ)

ตารางที่ 4.9 เทคโนโลยีการจัดการขยะมูลฝอย เพื่อลดการปลดปล่อยสารไดออกซินและฟิวแรนจากเตาเผาขยะในประเทศจีน (ต่อ)

Category Details	Details
1.7 นวัตกรรมเทคโนโลยี	การใช้ถ่านหินเป็นเชื้อเพลิงร่วม โดยที่ถ่านหินประกอบด้วยซัลเฟอร์มากกว่า ร้อยละ 4 จะมีประสิทธิภาพช่วยยับยั้งการเกิดสารไดออกซินระหว่างการเผา โดยเฉพาะในเตาเผาแบบ Pyrolysis หรือ Gasification ซึ่งควรได้รับการพัฒนา และเป็นทางเลือกของการเผาขยะต่อไป
2. แนวปฏิบัติในการจัดการ MSW	
2.1 การแยก และกำจัด MSW	ลดการใช้บรรจุภัณฑ์ที่ประกอบด้วยคลอรีน พลาสติก โลหะ และแยกประเภทของขยะ ซึ่งจะทำให้ควบคุมการเผาไหม้ได้อย่างแม่นยำ โดยทั้งสองวิธีนี้เป็นสิ่งสำคัญที่จะช่วยลดการเกิดสารไดออกซินจากการเผาขยะ
2.2 การใช้มาตรการ Reduce, Recycle, Reuse ก่อนนำขยะไปทิ้ง	พยายามสนับสนุนการใช้มาตรการ Reduce, Recycle, Reuse ก่อนนำขยะไปทิ้ง เพื่อให้เกิดประโยชน์สูงสุด และลดการเพิ่มปริมาณของขยะ

Kim K.H. และคณะ [44] ได้ศึกษาการประเมินและตรวจสอบสถานการณ์ปลดปล่อยสารไดออกซินในประเทศเกาหลีใต้ โดยพยายามหาวิธีการ และเทคโนโลยีที่ดีที่สุด เพื่อใช้ควบคุมการปลดปล่อยสารไดออกซินจากเตาเผาขยะ โดยพบว่าหลังจากบังคับใช้เทคโนโลยีควบคุมสารไดออกซินโดยเฉพาะในปี พ.ศ. 2546 ค่าความเข้มข้นเฉลี่ยของสารไดออกซินที่ปลดปล่อยออกมาจากเตาเผาขยะมูลฝอยชุมชนในปี พ.ศ. 2544 ลดลงจาก 15.25 นาโนกรัม (I-TEQ)/ลูกบาศก์เมตรของปริมาตรอากาศ เหลือ 5.53 นาโนกรัม (I-TEQ)/ลูกบาศก์เมตรของปริมาตรอากาศ ในปี พ.ศ. 2547 และส่วนของเตาเผาขยะอุตสาหกรรมในปี พ.ศ. 2544 ลดลงจาก 12.86 นาโนกรัม (I-TEQ)/ลูกบาศก์เมตรของปริมาตรอากาศ เหลือ 4.96 นาโนกรัม (I-TEQ)/ลูกบาศก์เมตรของปริมาตรอากาศ ในปี พ.ศ. 2547 สถานภาพของเตาเผาขยะของประเทศเกาหลีใต้ในปี พ.ศ. 2547 มีโรงเผาขยะทั้งหมดประมาณ 6200 แห่ง โดยร้อยละ 90 ของโรงเผาขยะทั้งหมดมีพิถีพิถันความจุต่ำกว่า 100 กิโลกรัม/ชั่วโมง และร้อยละ 78.5 มีพิถีพิถันความจุมากกว่า 2 ตัน/ชั่วโมง โดยมีเตาเผาขยะมูลฝอยชุมชนประมาณ 2000 แห่ง สามารถทำลายขยะได้ 2.2 ล้านตัน/ปี ส่วนเตาเผาขยะอุตสาหกรรมมีทั้งหมดประมาณ 4200 แห่ง สามารถทำลายขยะได้ 2.5 ล้านตัน/ปี ปัจจุบันรัฐบาลเกาหลีใต้มีการตรวจวัดความเข้มข้นของสารไดออกซินที่ปลดปล่อยออกมาจากเตาเผาขยะมูลฝอยชุมชนอย่างเข้มงวด และได้พยายามจัดทำแผนการลดค่าการปลดปล่อยไดออกซินขึ้น โดยมุ่งเน้นการใช้มาตรการและกฎระเบียบที่เข้มงวด เพื่อให้เป็นไปตาม

อนุสัญญาสตอกโฮล์มว่าด้วยสารมลพิษที่ตกค้างยาวนาน รวมถึงได้ติดตั้ง APCDs ต่างๆ ดังตารางที่ 4.10 โดยจัดเรียงลำดับของอุปกรณ์ให้แตกต่างกัน ซึ่งอุปกรณ์ที่ใช้นั้นมีไว้ควบคุมอนุภาค แก๊สกรด และสารไดออกซิน การดำเนินการนี้เพื่อหาแนวทางการควบคุมสารไดออกซินที่ให้ประสิทธิภาพดีที่สุด โดยจะตรวจวัดการเปลี่ยนแปลงก่อนและหลังติดตั้งอุปกรณ์ และนำค่าที่ได้ไปวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของการปลดปล่อยสารไดออกซิน เพื่อประเมินปริมาณและลักษณะของการปลดปล่อยสารไดออกซินและฟิวเรนจากเตาเผาขยะมูลฝอยชุมชนที่มีกำลังการผลิตต่ำกว่า 2 ตัน/ชั่วโมง และมากกว่า 2 ตัน/ชั่วโมง โดยกำลังสูงสูงที่ทดสอบคือ 12.5 ตัน/ชั่วโมง จากโรงเผาขยะทั้งหมด 150 แห่ง ซึ่งผลการทดลองที่ได้เป็นดังตารางที่ 4.11

ตารางที่ 4.10 รายชื่อและคำย่อของอุปกรณ์ควบคุมมลพิษทางอากาศ [44]

Acronym of APCD	Full name
CY	Cyclone
MC	Multi cyclone
DA	Dry absorber
EP	Electrostatic precipitator
WS	Wet scrubber
SDA	Spray dry absorber
BF	Bag filter
AC	Activated carbon injection
SCR	Selective catalytic reduction
SNCR	Selective non-catalytic reduction

ตารางที่ 4.11 ค่าการปลดปล่อยสารไดออกซินจากเตาเผาขยะมูลฝอยชุมชนที่ติดตั้งอุปกรณ์ควบคุมมลพิษทางอากาศที่แตกต่างกัน [44]

APCDs	Number of tests	Avg. (ng TEQ Sm ⁻³)	Min. (ng TEQ Sm ⁻³)	Max. (ng TEQ Sm ⁻³)
BF	56	27.56	<ND ^a	627.25
EP	40	18.79	<ND	151.62
WS	143	15.21	<ND	989.19
BF-WS	49	9.28	<ND	146.33
EP-WS	38	7.34	<ND	50.67
SDA-BF	237	8.31	0.001	97.39
SDA-BF-WS	39	3.55	<ND	18.43
EP-WS-SCR	15	1.40	<ND	8.40
BF-WS-SCR	18	0.02	<ND	0.20
SDA-A/C-BF-SCR	36	0.01	<ND	0.10
SDA-A/C-BF-WS-SCR	12	0.01	0.001	0.02

^a <ND: <Not detected (under detection limit).

Kim K.S. และคณะ [45] ได้ศึกษาการตรวจวัดระดับสารไดออกซินและฟิวเรนในดินบริเวณใกล้เคียงกับเตาเผาขยะเป็นจำนวน 17 แห่งพบว่า มีค่าต่ำสุดคือไม่พบค่า และค่าสูงสุดคือ 153.23 พิโคกรัม (I-TEQ)/กรัม (แห้ง) โดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 7.36 พิโคกรัม (I-TEQ)/กรัม (แห้ง) จากตัวอย่างทดสอบทั้งหมด 434 ตัวอย่าง โดยทั่วไปค่าที่ตรวจวัดได้นั้นถือว่าสอดคล้องหรือสูงกว่าในระดับไม่มากเมื่อเทียบกับประเทศอื่นๆ ดังแสดงในตารางที่ 4.12

ตารางที่ 4.12 ค่าความเข้มข้นของสารไดออกซินและฟิวเรนในตัวอย่างดินที่อยู่ใกล้เตาเผาขยะ [45]

Place	Year	Number of samples	Concentration (pg I-TEQ/g)	Reference
Po Valley, Italy	2000	3	0.7–1.5	Caserini et al. (2004)
Veneto, Italy	2000–2001	3	1.1–1.4	Caserini et al. (2004)
Adige Valley, Italy	2001	3	0.08–1.2	Caserini et al. (2004)
Reggio Emilia, Italy	–	18	1.9–63.0 ^a	Capuano et al. (2005)
Hsinchu, Taiwan	2001	8	0.52–5.02	Cheng et al. (2003)
Catalonia, Spain	1996–1997, 1999	72	0.11–5.80	Domingo et al. (2001)
Catalonia, Spain	2000–2001	4	0.14–0.80	Schuhmacher et al. (2003)
Barcelona, Spain	1999	24	1.22–34.28	Domingo et al. (2000)
Buchon, Korea	1999–2000	10	1.25–74.98	Oh et al. (2006)
Gunsan, Korea	–	13	0.16–45.25	Park (2001)
Pyoungtak, Korea	2002–2003	47	0.7–15.5	Park et al. (2004)
Changwon and Masan	–	4	0.2–3720	Im et al. (2002)
Nationwide, Korea	2003–2006	434	N.D.–153.23	This study

Yuwen และคณะ [46] ได้ศึกษาการตรวจวัดการปลดปล่อยสารไดออกซินและฟิวเรนจากเตาเผาขยะมูลฝอยชุมชนเชิงพาณิชย์จำนวน 19 แห่งในประเทศจีน ซึ่งพบว่าปริมาณความเข้มข้นของสารไดออกซินและฟิวเรนอยู่ที่ประมาณ 0.042–2.461 นาโนกรัม (I-TEQ)/ลูกบาศก์เมตรของปริมาตรอากาศ ค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 0.423 นาโนกรัม (I-TEQ)/ลูกบาศก์เมตรของปริมาตรอากาศ โดยมีเตาเผาขยะมูลฝอยจำนวน 16 แห่งที่มีระดับการปลดปล่อยสารไดออกซินต่ำกว่า 1.0 นาโนกรัม (I-TEQ)/ลูกบาศก์เมตรของปริมาตรอากาศ ตามข้อจำกัดที่ควบคุมโดยกระทรวงคุ้มครองสิ่งแวดล้อมของสาธารณรัฐประชาชนจีน (MEP) แต่มีเตาเผาขยะเพียง 6 แห่ง ที่มีระดับการปลดปล่อยสารไดออกซินต่ำกว่า 0.1 นาโนกรัม (I-TEQ)/ลูกบาศก์เมตรของปริมาตรอากาศ ตามข้อจำกัดที่ควบคุมโดยประเทศพัฒนาอื่นๆ จึงถือได้ว่ายังต้องปรับปรุงต่อไป นอกจากนี้ยังพบว่าอุณหภูมิของหม้อต้มไอน้ำขาออกยิ่งสูงขึ้นจะทำให้มีแนวโน้มในการผลิตสารไดออกซินและฟิวเรนเพิ่มมากขึ้นอีกด้วย จึงควรติดตั้ง Economizer เพื่อช่วยลดอุณหภูมิก่อน

Aristizabal และคณะ [47] ได้ศึกษาการตรวจวัดการปลดปล่อยสารไดออกซิน และอนุภาคฝุ่นทั้งหมด (TSP) จากปล่องไอเสียของเตาเผา 12 แห่ง ในประเทศโคลอมเบีย แต่ส่วนใหญ่แล้วเป็นเตาเผาประเภทขยะอุตสาหกรรมและยา โดยพบวก่อนติดตั้ง APCDs มีสารไดออกซินอยู่ในช่วง 6.9-343.8 นาโนกรัม (I-TEQ)/ลูกบาศก์เมตรของปริมาตรอากาศ และหลังติดตั้ง APCDs มีสารไดออกซินอยู่ในช่วง 0.5-39.2 นาโนกรัม (I-TEQ)/ลูกบาศก์เมตรของปริมาตรอากาศ และในตัวอย่างเถ้าลอยพบว่ามีระดับสารไดออกซินอยู่ที่ 8.5-67.5 นาโนกรัม (I-TEQ)/ลูกบาศก์เมตรของปริมาตรอากาศ และพบค่า TSP อยู่ในช่วง 14-448 มิลลิกรัม/ลูกบาศก์เมตรของปริมาตรอากาศ โดยพบว่าอุปกรณ์ APCDs ที่ติดตั้งไปนั้น ESP มีประสิทธิภาพในการลดระดับสารไดออกซินได้ดีที่สุด ดังเห็นได้จากผลในตารางที่ 4.13 และประเทศโคลอมเบียมีค่ามาตรฐานการปลดปล่อยไดออกซินดังตารางที่ 4.14

ตารางที่ 4.13 ระดับสารไดออกซินในเถ้าลอย (พิจารณาจาก HRGC-HRMS และ HRGC-IT LRMS/MS) [47]

Fly ash	ng I-TEQ/g
Cyclone	27.0
Bag filter	67.5*
ESP	8.5*
* Determined by HRGC-HRMS.	

ตารางที่ 4.14 ค่ามาตรฐานการปลดปล่อยไดออกซินและอนุภาคฝุ่นรวมทั้งหมดจากเตาเผาของ Resolution 0886 [47]

		Capacities (kg/hr)	
		< 100	100-500
Limit Values for PCDD/F (ng I-TEQ/Nm ³)	Before August 2005	20	10
	August 1st 2005 to July 31 2006	5	2
	August 1st 2006 to July 31 2009	2	1
	August 1st 2009 to July 31 2012	1	0.5
	August 2012	0.2	0.1
Temperatures (°C)	Comb	750	800
	Post-Comb	1,000	1,100

ตารางที่ 4.14 ค่ามาตรฐานการปลดปล่อยไดออกซินและอนุภาคฝุ่นรวมทั้งหมดจากเตาเผา
ของ Resolution 0886 (ต่อ)

		Capacities (kg/hr)	
		< 100	100-500
Limit Value for TSP (mg/Nm ³)	Before August 2005	100	100
	August 1st 2005 to July 31 2006		
	August 1st 2006 to July 31 2009		
	August 1st 2009 to July 31 2012		
	August 2012		
Temperatures (°C)	Comb	20	15
	Post-Comb		

จากการศึกษาทั้งหมดนี้สรุปให้เห็นว่า แม้การกำจัดขยะโดยการเผาไหม้จะเป็นวิธีที่น่าสนใจ และสามารถผลิตพลังงานได้มากกว่าการกำจัดขยะด้วยวิธีอื่นๆ หากมีปริมาณขยะมูลฝอยมากพอ แต่ก็มีปัจจัยหลายอย่างที่ควรระมัดระวัง และควรศึกษาก่อนการลงทุนก่อสร้าง มิฉะนั้นอาจก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม และสุขภาพของคนในชุมชนที่อยู่ใกล้เคียงได้ โดยเฉพาะอย่างยิ่งการปลดปล่อยสารไดออกซินและฟิวแรน ซึ่งเป็นผลผลิตทางเคมีที่เกิดขึ้นมาโดยมิได้ตั้งใจ (Unintentional Products) สามารถก่อมะเร็งในมนุษย์ ก่อให้เกิดความผิดปกติของระบบประสาท ระบบภูมิคุ้มกัน ระบบสืบพันธุ์ และเป็นสารตกค้างยาวนานในสิ่งแวดล้อม โดยสะสมได้ดีในไขมันสิ่งมีชีวิต และสามารถเข้าสู่ร่างกายมนุษย์ได้ทั้งทางตรงและทางอ้อม จึงจำเป็นต้องศึกษาผลกระทบนี้ เพื่อหาวิธีการป้องกันอย่างรอบคอบ ต้องควบคุมมลพิษทางอากาศให้อยู่ในระดับที่เหมาะสม และปรับลดการปลดปล่อยสารไดออกซินและฟิวแรนให้อยู่ในระดับที่ไม่เป็นอันตราย จึงจะถือว่าการกำจัดขยะโดยวิธีเผาไหม้เป็นทางออกที่ดีสำหรับการจัดการปัญหาขยะ และเป็นทางเลือกด้านพลังงานที่ยั่งยืนต่อไปในอนาคต

บทที่ 5 ระเบียบข้อบังคับ กฎหมาย และหน่วยงานต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง

5.1 กฎหมายต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับการจัดการขยะมูลฝอย

กฎหมายและข้อกำหนดเป็นสิ่งสำคัญในการจัดการขยะมูลฝอย ทั้งนี้เพื่อให้เกิดการบังคับใช้และดำเนินการตามข้อตกลงของสังคมที่คนในสังคมจะต้องเคารพและปฏิบัติตาม เพื่อให้การจัดการขยะมูลฝอยในชุมชนประสบความสำเร็จ บ้านเมืองสะอาด น่าอยู่อาศัย โดยกฎหมายและข้อกำหนดต่างๆ ที่เกี่ยวข้องประกอบด้วย 3 ส่วนหลักๆ [18] ได้แก่

- 1) กฎหมายและหน่วยงานต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับการจัดการขยะมูลฝอยชุมชน ซึ่งให้อำนาจและกำหนดให้การจัดการขยะมูลฝอยเป็นหน้าที่ขององค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น ตั้งแต่การเก็บขนรวบรวม และการกำจัด โดยสามารถสรุปสาระสำคัญได้ดังตารางที่ ค.1 ในภาคผนวก ค
- 2) กฎหมายและหน่วยงานต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับการแปรรูปขยะมูลฝอยให้เป็นพลังงาน เป็นการเปิดโอกาสให้องค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นแสวงหาพลังงานจากขยะมูลฝอย โดยจะได้รับการสนับสนุนจากภาครัฐในรูปแบบงบประมาณ นอกจากนี้หากองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นใดต้องการให้เอกชนมาร่วมลงทุนในการแปรรูปขยะมูลฝอยให้เป็นพลังงาน จะต้องพิจารณากฎหมายที่เกี่ยวข้องกับการร่วมทุนระหว่างภาครัฐและเอกชนด้วย โดยสามารถสรุปสาระสำคัญได้ดังตารางที่ ค.2 ในภาคผนวก ค
- 3) กฎหมายและหน่วยงานต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับการร่วมทุนระหว่างภาครัฐและเอกชน เป็นการเปิดโอกาสให้เอกชนเข้ามามีส่วนร่วมในการจัดการขยะมูลฝอยขององค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น และมีค่าตอบแทนตามกิจกรรมที่ดำเนินการ อันเป็นการลดภาระขององค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น โดยสามารถสรุปสาระสำคัญได้ดังตารางที่ ค.3 ในภาคผนวก ค

การศึกษาข้อกำหนดและกฎหมายที่เกี่ยวข้องกับการบริหารจัดการขยะมูลฝอยชุมชน โดยรวบรวมข้อมูลจากหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง จากกฎหมายต่างๆ สามารถสรุปหลักการและสาระสำคัญที่เกี่ยวข้องกับการกำจัดขยะ โดยใช้เตาเผา ได้ดังนี้

5.2 ระเบียบข้อบังคับเกี่ยวกับสถานที่กำจัดขยะมูลฝอยชุมชนโดยใช้เตาเผา

ข้อกำหนดทั่วไป [48]

บุคคลใดที่จะดำเนินการสถานที่กำจัดขยะโดยใช้เตาเผา ต้องจัดเตรียมรายละเอียดข้อมูลดังต่อไปนี้

1. แผนที่หรือภาพถ่ายทางอากาศแสดงที่ตั้ง และอาณาเขตของสถานที่กำจัดขยะโดยใช้เตาเผา การใช้ที่ดินโดยรอบในรัศมี 1 กิโลเมตร โดยใช้มาตราส่วนที่เหมาะสม
2. แสดงแผนผังกระบวนการปฏิบัติงานของสถานที่กำจัดขยะโดยใช้เตาเผา แหล่งกำเนิด องค์ประกอบ ปริมาณขยะมูลฝอยที่จะรับเข้ามากำจัด รวมทั้งการคาดการณ์ปริมาณขยะมูลฝอยในอนาคต
3. กระบวนการเผา และขนาดที่ใช้ออกแบบ เครื่องจักรและอุปกรณ์ที่ใช้งานทั้งหมด จำนวนวันและ ชั่วโมงที่ปฏิบัติงาน จำนวนบุคลากรทั้งหมด มาตรการความปลอดภัยในระหว่างการทำงาน
4. รูปแบบการควบคุมการระบายอากาศเสียจากปล่องเตาเผา การนำพลังงานความร้อนกลับไปใช้ประโยชน์ (ถ้ามี) การเก็บรวบรวมและการจัดการน้ำเสีย

ข้อกำหนดในการออกแบบ [48]

1. ในการออกแบบรายละเอียดให้ยึดถือหลักเกณฑ์และมาตรฐานที่ใช้ในประเทศมากที่สุด ในกรณีที่ไม่มีเกณฑ์และมาตรฐานในประเทศ ให้ปฏิบัติตามหรือประยุกต์ใช้เกณฑ์หรือมาตรฐานที่ยอมรับในต่างประเทศ ซึ่งเหมาะสมกับสภาพของประเทศไทยและสภาพท้องถิ่น
2. มาตรฐานการก่อสร้าง ให้ยึดหลักปฏิบัติตามเกณฑ์ มาตรฐาน หรือรายละเอียดข้อกำหนดตามระเบียบปฏิบัติของข้าราชการ ราชการส่วนท้องถิ่น รัฐวิสาหกิจที่เกี่ยวข้อง หรือมาตรฐานอื่นที่ยอมรับได้ ได้แก่
 - งานโครงสร้าง ใช้มาตรฐานตามข้อกำหนดในเทศบัญญัติ หรือข้อบัญญัติ มาตรฐานของกรมโยธาธิการ หรือมาตรฐานอื่นที่ยอมรับได้
 - งานถนน ใช้มาตรฐานของกรมทางหลวง กรมโยธาธิการ หรือมาตรฐานอื่นที่ยอมรับได้
 - งานไฟฟ้า ใช้มาตรฐานของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค หรือการไฟฟ้านครหลวง
 - งานประปา ใช้มาตรฐานของการประปาส่วนภูมิภาค หรือการประปานครหลวง
 - งานเครื่องกล ใช้มาตรฐานของกรมโรงงานอุตสาหกรรม หรือมาตรฐานอื่นที่ยอมรับได้
 - ความปลอดภัยในการทำงาน ใช้มาตรฐานของกรมโรงงานอุตสาหกรรม หรือกรมสวัสดิการและคุ้มครองแรงงาน
 - การป้องกันอัคคีภัย ใช้มาตรฐานตามข้อกำหนดในเทศบัญญัติ หรือข้อบัญญัติ กรมโยธาธิการ กรมโรงงานอุตสาหกรรม หรือมาตรฐานอื่นที่ยอมรับได้
3. จัดวางผังบริเวณ แสดงรายละเอียดการใช้พื้นที่ขององค์ประกอบต่างๆ ในสถานที่กำจัดโดยใช้เตาเผา โดยใช้มาตราส่วนที่เหมาะสม

4. ออกแบบอาคารและพื้นที่ถ่ายเทและเก็บรวบรวม คัดแยกขยะมูลฝอย โรงเผาและภายในอาคาร พื้นที่รวบรวมวัสดุที่คัดแยกและกากจี้เถ้า
5. ถนนภายในควรเป็นพื้นแอสฟัลต์ หรือคอนกรีตเสริมเหล็ก ความกว้างของถนนสำหรับการจราจรในทิศทางเดียวไม่น้อยกว่า 3.5 เมตร สำหรับการจราจรสองทิศทาง มีความกว้างไม่น้อยกว่า 6.0 เมตร
6. ถนนทางลาดขึ้นอาคาร (ถ้ามี) มีความลาดเอียงไม่มากกว่าร้อยละ 10
7. บ่อรับขยะมูลฝอยหรือสถานที่เก็บกักชั่วคราว ควรมีความจุไม่น้อยกว่า 2 เท่าของปริมาณขยะสูงสุดต่อวันที่เผาเผาสามารถกำจัดได้
8. ออกแบบระบบควบคุมการระบายอากาศเสียที่ออกจากปล่อง ทั้งฝุ่นละออง และแก๊สต่างๆ ที่เกิดจากการเผาไหม้ โดยให้มีคุณภาพไม่เกินมาตรฐานควบคุมการปล่อยทิ้งอากาศเสียจากเตาเผาขยะมูลฝอยชุมชน ตามประกาศกระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม
9. ความสูงของปล่องเตาเผาที่ใช้ระบายอากาศเสีย ให้มีความสูงอย่างน้อย 20 เมตร
10. ออกแบบและจัดเตรียมรูปแบบ ขนาด และประสิทธิภาพในการทำงานของเตาเผา การแปรสภาพก่อนการเผา การป้อนขยะมูลฝอย การนำความร้อนกลับไปใช้ประโยชน์ รวมทั้งการจัดการกากจี้เถ้า
11. จัดเตรียมการชั่งน้ำหนักขยะมูลฝอยที่นำไปเผา และปริมาณกากจี้เถ้าที่เก็บรวบรวมไว้ ก่อนนำไปกำจัดต่อไป
12. ออกแบบควบคุมปัญหากลิ่นรบกวน ระบบระบายอากาศที่ดี และการควบคุมเศษขยะมูลฝอยปลิว
13. ออกแบบระบบจัดการน้ำฝน ภายในสถานที่กำจัดขยะโดยเตาเผาที่มีประสิทธิภาพ โดยน้ำฝนที่ระบายออก ต้องปราศจากองค์ประกอบซึ่งก่อให้เกิดผลเสียต่อสภาพแวดล้อม
14. ออกแบบระบบควบคุมน้ำเสีย เพื่อป้องกันการรั่วไหลของน้ำชะมูลฝอยไปผสมกับน้ำฝน และควบคุมคุณภาพน้ำก่อนระบายทิ้งสู่ภายนอก โดยต้องไม่เกินคุณภาพน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมตามพระราชบัญญัติโรงงาน
15. ออกแบบระบบกำจัดกากจี้เถ้า โดยสามารถฝังกลบในสถานที่ฝังกลบขยะมูลฝอยชุมชนได้ แต่ให้แยกพื้นที่หลุมฝังกลบกับขยะมูลฝอยชุมชน โดยกันหลุมให้ลาดด้วยดินที่มีอัตราการซึมผ่านของน้ำสูงสุด 1×10^{-7} เซนติเมตร/วินาที หนา 60 เซนติเมตร หรือใช้วัสดุสังเคราะห์ชั้นเดียว หนาไม่น้อยกว่า 1.5 มิลลิเมตร กับดินที่มีอัตราการซึมผ่านของน้ำไม่มากกว่า 1×10^{-5} เซนติเมตร/วินาที หนา 60 เซนติเมตร พร้อมติดตั้งระบบรวบรวมและสูบน้ำเสียเหนือชั้นวัสดุกั้นซึม
16. องค์ประกอบต่างๆ ของสถานที่กำจัดขยะโดยเตาเผาให้ออกแบบตามความจำเป็นของการใช้งานและความเหมาะสมของขนาดพื้นที่ที่มีอยู่ เช่น ระบบถนนภายในและการจราจร อาคารสำนักงาน บ้านพักเจ้าหน้าที่ โรงซ่อมบำรุง พื้นที่จอดรถ พื้นที่ล้างรถบรรทุก ประตูเข้าออก รั้ว ภูมิทัศน์ ระบบประปา ระบบไฟฟ้า และระบบสื่อสาร เป็นต้น

ข้อกำหนดในการปฏิบัติงาน [48]

1. จัดเตรียมเจ้าหน้าที่ปฏิบัติงานในช่วงโมงทำงาน ติดประกาศชั่วโมงปฏิบัติงานที่ประตูเข้าออก เพื่อให้สาธารณชนได้ทราบโดยทั่วกัน
2. จัดเตรียมคู่มือการปฏิบัติงานและการบำรุงรักษา มาตรการควบคุมความปลอดภัยในระหว่างการทำงาน
3. จัดเตรียมมาตรการตรวจสอบ และการจัดการไม่ให้มูลฝอยติดเชื้อและของเสียอันตรายปะปนกับขยะมูลฝอยทั่วไป ในสถานที่กำจัดโดยเตาเผา
4. ต้องควบคุมเศษขยะมูลฝอย กลิ่น แผลง และพาหะนำโรค เพื่อป้องกันปัญหารบกวนด้านสุขอนามัย และสภาพที่ไม่น่าดู
5. บันทึกปริมาณขยะมูลฝอยรายวันจากแหล่งกำเนิดต่างๆ ที่นำเข้าไปกำจัด ปริมาณ และประเภทวัสดุที่คัดแยกออก หรือสิ่งตกค้าง ปริมาณกากชี้เถ้าที่เก็บรวบรวม
6. ต้องจัดเตรียมมาตรการป้องกันอัคคีภัย แผนฉุกเฉิน เพื่อแก้ไขปัญหากรณีเครื่องจักรอุปกรณ์เกิดขัดข้อง หรือเกิดความล่าช้าด้วยสาเหตุอื่นใดในระหว่างปฏิบัติงาน
7. ติดตามตรวจสอบอากาศเสียจากปล่องเตาเผา อย่างน้อยปีละ 2 ครั้ง โดยทำการเก็บตัวอย่าง และตรวจวิเคราะห์หาค่าปริมาณฝุ่นละออง SO_2 , NO_x , HCl , สารประกอบไดออกซิน และความทึบแสง ซึ่งจะต้องมีค่าไม่เกินมาตรฐานควบคุมการปล่อยทิ้งอากาศเสียจากเตาเผาขยะมูลฝอย ตามประกาศกระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสิ่งแวดล้อม
8. ต้องบำบัดน้ำเสียจากการปนเปื้อนขยะมูลฝอย และน้ำเสียใดๆ ทั้งหมดที่เกิดขึ้นภายในสถานที่กำจัดขยะโดยเตาเผา ให้มีคุณภาพน้ำทิ้งไม่เกินมาตรฐานคุณภาพน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมตามพระราชบัญญัติโรงงาน เก็บตัวอย่างน้ำทิ้ง เพื่อตรวจสอบคุณภาพน้ำอย่างน้อยปีละ 2 ครั้ง ดัชนีคุณภาพน้ำที่ตรวจสอบอย่างน้อยต้องประกอบด้วย ความเป็นกรดด่าง สารแขวนลอยทั้งหมด สารละลายทั้งหมด และค่า BOD
9. ต้องกำจัดกากชี้เถ้าโดยการฝังกลบ หรือวิธีการที่เหมาะสมที่ไม่ก่อให้เกิดผลเสียต่อสภาพแวดล้อม

5.3 มาตรฐานควบคุมการปล่อยทิ้งอากาศเสียจากเตาเผาขยะมูลฝอย

- 1) ประกาศกระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสิ่งแวดล้อม ณ วันที่ 17 มิถุนายน พ.ศ. 2540 [49]
อาศัยอำนาจตามความในมาตรา 55 แห่งพระราชบัญญัติส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อม พ.ศ. 2535 รัฐมนตรีว่าการกระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสิ่งแวดล้อม โดยคำแนะนำของคณะกรรมการควบคุมมลพิษ และโดยความเห็นชอบของคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ กำหนดมาตรฐานควบคุมการปล่อยทิ้งอากาศเสียจากเตาเผาขยะมูลฝอย ไว้ดังต่อไปนี้

ข้อ 1 ในประกาศนี้

เตาเผามูลฝอย หมายความว่า ระบบหรืออุปกรณ์ใดๆ ที่ใช้เพื่อกำจัดมูลฝอย โดยวิธีการเผาไหม้

มูลฝอย หมายความว่า เศษกระดาษ เศษผ้า เศษอาหาร เศษสินค้า ถุงพลาสติก ภาชนะที่ใส่อาหาร ถังน้ำมัน หรือซากสัตว์ รวมถึงสิ่งอื่นใดที่เก็บกวาดจากถนน ตลาด ที่เลี้ยงสัตว์ หรือที่อื่น

สภาวะแห้ง หมายความว่า สภาวะที่ความชื้นของตัวอย่างอากาศเป็นศูนย์

ข้อ 2 ให้แบ่งประเภทของเตาเผามูลฝอยตามข้อ 1 ออกเป็น 2 ขนาดคือ

(1) เตาเผามูลฝอยที่กำจัดมูลฝอยได้ตั้งแต่ 1 ตัน/วัน แต่ไม่เกิน 50 ตัน/วัน

(2) เตาเผามูลฝอยที่กำจัดมูลฝอยได้เกิน 50 ตัน/วัน

ข้อ 3 ให้เตาเผามูลฝอยตาม ข้อ 2 เป็นแหล่งกำเนิดมลพิษที่จะต้องถูกควบคุมการปล่อยทิ้งอากาศเสียออกสู่บรรยากาศ

ข้อ 4 ห้ามไม่ให้เจ้าของหรือผู้ครอบครองเตาเผามูลฝอยตาม ข้อ 2 ปล่อยทิ้งอากาศเสียออกสู่บรรยากาศ เว้นแต่จะได้รับการบำบัดอากาศเสียให้เป็นไปตามมาตรฐานควบคุมการปล่อยทิ้งอากาศเสียจากเตาเผามูลฝอยที่กำหนดไว้ในประกาศกระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม เรื่อง กำหนดมาตรฐานควบคุมการปล่อยทิ้งอากาศเสียจากเตาเผาขยะมูลฝอย แต่ทั้งนี้ต้องไม่ใช้วิธีทำให้เจือจาง (Dilution)

ข้อ 5 อากาศเสียที่ปล่อยทิ้งจากเตาเผามูลฝอยที่กำจัดมูลฝอยได้ตั้งแต่ 1 ตัน/วัน แต่ไม่เกิน 50 ตัน/วัน ต้องมีค่าไม่เกินมาตรฐานควบคุมการปล่อยทิ้งอากาศเสียจากเตาเผามูลฝอยที่กำหนดไว้ ดังต่อไปนี้

(1) ค่า SO_2 ไม่เกิน 30 ส่วนในล้านส่วน

(2) ค่า NO_x ซึ่งคำนวณผลในรูปของ NO_2 ไม่เกิน 250 ส่วนในล้านส่วน

(3) ค่า HCl ไม่เกิน 136 ส่วนในล้านส่วน

(4) ค่าสารประกอบไดออกซินรวม (Dioxin as Total Chlorinated PCDD Plus PCDF) ไม่เกิน 30 นาโนกรัม/ลูกบาศก์เมตร

(5) ค่า TSP ไม่เกิน 400 มิลลิกรัม/ลูกบาศก์เมตร

(6) ค่าความทึบแสง (Opacity) ไม่เกินร้อยละ 20

ข้อ 6 อากาศเสียที่ปล่อยทิ้งจากเตาเผามูลฝอยที่กำจัดมูลฝอยได้เกิน 50 ตัน/วัน ต้องมีค่าไม่เกินมาตรฐานควบคุมการปล่อยทิ้งอากาศเสียจากเตาเผามูลฝอยที่กำหนดไว้ ดังต่อไปนี้

(1) ค่า SO_2 ไม่เกิน 30 ส่วนในล้านส่วน

(2) ค่า NO_x ซึ่งคำนวณผลในรูปของ NO_2 ไม่เกิน 180 ส่วนในล้านส่วน

(3) ค่า HCl ไม่เกิน 25 ส่วนในล้านส่วน

(4) ค่าสารประกอบไดออกซินรวม (Dioxin as Total Chlorinated PCDD Plus PCDF) ไม่เกิน 30 นาโนกรัม/ลูกบาศก์เมตร

(5) ค่า TSP ไม่เกิน 120 มิลลิกรัม/ลูกบาศก์เมตร

(6) ค่าความทึบแสง (Opacity) ไม่เกินร้อยละ 10

ข้อ 7 การวัดค่าอากาศเสียแต่ละชนิดที่ปล่อยทิ้งจากปล่องเตาเผามูลฝอยให้คำนวณผลที่ความดัน 1 บรรยากาศ หรือที่ 760 มิลลิเมตรปรอท อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ที่สภาวะแห้ง (Dry Basis) โดยมีปริมาตรอากาศส่วนเกินในการเผาไหม้ร้อยละ 7

ข้อ 8 การตรวจวัดอากาศเสียที่ปล่อยทิ้งจากปล่องเตาเผามูลฝอยให้เป็นไป ดังต่อไปนี้

(1) การตรวจวัดค่า SO_2 ให้ใช้วิธี Determination of Sulfur Dioxide Emissions from Stationary Sources ที่องค์การพิทักษ์สิ่งแวดล้อมแห่งประเทศสหรัฐอเมริกา (United States Environmental Protection Agency) กำหนดไว้ หรือวิธีอื่นที่กรมควบคุมมลพิษเห็นชอบ

(2) การตรวจวัดค่า NO_x ให้ใช้วิธี Determination of Nitrogen Oxide Emissions from Stationary Sources ที่องค์การพิทักษ์สิ่งแวดล้อมแห่งประเทศสหรัฐอเมริกาคำหนดไว้ หรือวิธีอื่นที่กรมควบคุมมลพิษเห็นชอบ

(3) การตรวจวัดค่า HCl ให้ใช้วิธี Determination of Hydrogen Chloride Emissions from Stationary Sources ที่องค์การพิทักษ์สิ่งแวดล้อมแห่งประเทศสหรัฐอเมริกาคำหนดไว้ หรือวิธีอื่นที่กรมควบคุมมลพิษเห็นชอบ

(4) การตรวจวัดค่า PCDD/PCDF ให้ใช้วิธี Determination of Polychlorinated Dibenzo-p-Dioxins and Polychlorinated Dibenzofurans Emissions from Stationary Sources ที่องค์การพิทักษ์สิ่งแวดล้อมแห่งประเทศสหรัฐอเมริกาคำหนดไว้ หรือวิธีอื่นที่กรมควบคุมมลพิษเห็นชอบ

(5) การตรวจวัดค่า TSP ให้ใช้วิธี Determination of Particulate Emissions from Stationary Sources ที่องค์การพิทักษ์สิ่งแวดล้อมแห่งประเทศสหรัฐอเมริกาคำหนดไว้ หรือวิธีอื่นที่กรมควบคุมมลพิษเห็นชอบ

(6) การตรวจวัดค่าความทึบแสงให้ใช้วิธี Visual Determination of the Opacity Emissions from Stationary Sources ที่องค์การพิทักษ์สิ่งแวดล้อมแห่งประเทศสหรัฐอเมริกาคำหนดไว้ หรือวิธีอื่นที่กรมควบคุมมลพิษเห็นชอบ

ข้อ 9 ประกาศนี้ไม่ใช่บังคับกับเตาเผามูลฝอยที่ใช้เพื่อกำจัดมูลฝอยที่เป็นวัตถุอันตราย ตามกฎหมายว่าด้วยวัตถุอันตราย มูลฝอยติดเชื้อ ตามกฎหมายว่าด้วยการสาธารณสุข หรือมูลฝอยที่เป็นสิ่งปฏิกูลหรือวัสดุที่ไม่ใช้แล้วตามกฎหมายว่าด้วยโรงงานเป็นการเฉพาะ

2) ประกาศกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม ณ วันที่ 9 มิถุนายน พ.ศ. 2553 [50]

โดยที่เป็นการสมควรปรับปรุงการกำหนดมาตรฐานควบคุมการปล่อยทิ้งอากาศเสียจากเตาเผามูลฝอยอาศัยอำนาจตามความในมาตรา 55 แห่งพระราชบัญญัติส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อม พ.ศ. 2535 อันเป็นพระราชบัญญัติที่มีบทบัญญัติบางประการเกี่ยวกับการจำกัดสิทธิและเสรีภาพของ

บุคคล ซึ่งมาตรา 29 ประกอบกับมาตร 33 มาตรา 38 มาตรา 41 และมาตรา 43 ของรัฐธรรมนูญแห่งราชอาณาจักรไทยบัญญัติให้กระทำได้โดยอาศัยอำนาจตามบทบัญญัติแห่งกฎหมาย รัฐมนตรีว่าการกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม โดยคำแนะนำของคณะกรรมการควบคุมมลพิษ และโดยความเห็นชอบของคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ จึงออกประกาศไว้ดังต่อไปนี้

ข้อ 1 ให้ยกเลิกประกาศกระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม เรื่องกำหนดให้เตาเผามูลฝอยเป็นแหล่งกำเนิดมลพิษที่จะต้องถูกควบคุมการปล่อยทิ้งอากาศเสียออกสู่บรรยากาศตามมาตรฐานควบคุม ลงวันที่ 17 มิถุนายน พ.ศ. 2540

ข้อ 2 ในประกาศนี้

มูลฝอย หมายความว่า เศษกระดาษ เศษผ้า เศษอาหาร เศษสินค้า ถุงพลาสติก ภาชนะที่ใส่อาหาร แก้ว วัสดุสัตว์ หรือซากสัตว์ รวมถึงสิ่งอื่นใดที่เก็บกวาดจากถนน ตลาด ที่เลี้ยงสัตว์ หรือที่อื่น และหมายความรวมถึงมูลฝอยติดเชื้อ มูลฝอยที่เป็นพิษหรืออันตรายจากชุมชน

เตาเผามูลฝอย หมายความว่า

(1) “เตาเผามูลฝอยเก่า” หมายความว่า เตาเผามูลฝอยที่ได้รับใบอนุญาตประกอบกิจการโรงงาน หรือใบอนุญาตขยายโรงงานตามกฎหมายว่าด้วยโรงงาน หรือเตาเผามูลฝอยตามกฎหมายอื่นที่ได้รับอนุมัติให้ก่อสร้างไว้แล้วก่อนวันที่ประกาศนี้ประกาศในราชกิจจานุเบกษา หรือเตาเผามูลฝอยที่ดำเนินการมาก่อนหรือในวันที่ประกาศนี้มีผลบังคับใช้

(2) “เตาเผามูลฝอยใหม่” หมายความว่า เตาเผามูลฝอยที่ได้รับใบอนุญาตประกอบกิจการโรงงาน หรือใบอนุญาตขยายโรงงานตามกฎหมายว่าด้วยโรงงาน หรือเตาเผามูลฝอยตามกฎหมายอื่นที่ได้รับอนุมัติให้ก่อสร้างภายหลังวันที่ประกาศนี้ประกาศในราชกิจจานุเบกษา หรือเตาเผามูลฝอยที่ดำเนินการหลังจากวันที่ประกาศนี้มีผลบังคับใช้

ข้อ 3 ประกาศนี้ไม่ใช้บังคับกับเตาเผามูลฝอยที่ใช้เพื่อกำจัดมูลฝอยที่เป็นวัตถุอันตราย ตามกฎหมายว่าด้วยวัตถุอันตราย มูลฝอยติดเชื้อ มูลฝอยที่เป็นพิษหรืออันตรายจากชุมชนตามกฎหมายว่าด้วยการสาธารณสุข หรือมูลฝอยที่เป็นสิ่งปฏิกูลหรือวัสดุที่ไม่ใช้แล้วที่เป็นอันตรายตามกฎหมายว่าด้วยโรงงาน

ข้อ 4 ห้ามไม่ให้เจ้าของหรือผู้ครอบครองเตาเผามูลฝอยตาม ข้อ 2 ปล่อยทิ้งอากาศเสียออกสู่บรรยากาศ เว้นแต่จะได้รับการบำบัดอากาศเสียให้เป็นไปตามมาตรฐานควบคุมการปล่อยทิ้งอากาศเสียจากเตาเผามูลฝอยที่กำหนดไว้ในประกาศกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม เรื่อง กำหนดมาตรฐานควบคุมการปล่อยทิ้งอากาศเสียจากเตาเผาขยะมูลฝอย แต่ทั้งนี้ต้องไม่ใช้วิธีทำให้เจือจาง (Dilution)

ข้อ 5 เมื่อพ้นกำหนดสามปี นับแต่วันที่ประกาศนี้มีผลใช้บังคับ ให้เตาเผามูลฝอยเก่าปล่อยทิ้งอากาศเสียตามมาตรฐานควบคุมการปล่อยทิ้งอากาศเสียจากเตาเผามูลฝอยใหม่ แต่ให้เวลาห้าปีสำหรับเตาเผามูลฝอยเก่าขนาดมากกว่า 50 ตัน/วัน ในการควบคุมสารประกอบไดออกซิน ตามมาตรฐานควบคุมการปล่อยทิ้งอากาศเสียจากเตาเผามูลฝอยใหม่ตามประกาศกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม เรื่อง กำหนดมาตรฐานควบคุมการปล่อยทิ้งอากาศเสียจากเตาเผาขยะมูลฝอย

ข้อ 6 ประกาศนี้ให้ใช้บังคับตั้งแต่วันถัดจากวันประกาศในราชกิจจานุเบกษาเป็นต้นไป

ข้อ 7 กำหนดมาตรฐานควบคุมการปล่อยทิ้งอากาศเสียจากเตาเผามูลฝอยเก่า ไว้ดังต่อไปนี้ (ตารางที่ 5.1)

ตารางที่ 5.1 มาตรฐานควบคุมการปล่อยทิ้งอากาศเสียจากเตาเผามูลฝอยเก่า [50]

สารมลพิษ	หน่วย	เตาเผามูลฝอยที่มีกำลังการเผาไหม้ในการกำจัดมูลฝอยตั้งแต่ 1 ตัน/วัน แต่ไม่เกิน 50 ตัน/วัน	เตาเผามูลฝอยที่มีกำลังการเผาไหม้ในการกำจัดมูลฝอยเกินกว่า 50 ตัน/วัน
1. ปริมาณฝุ่นละออง (TSP)	mg/m ³	ไม่เกิน 400	ไม่เกิน 120
2. SO ₂	ppm	ไม่เกิน 30	ไม่เกิน 30
3. NO _x as NO ₂	ppm	ไม่เกิน 250	ไม่เกิน 180
4. HCl	ppm	ไม่เกิน 136	ไม่เกิน 25
5. สารปรอท (Hg)	mg/m ³	ไม่เกิน 0.05	ไม่เกิน 0.05
6. สารแคดเมียม (Cd)	mg/m ³	ไม่เกิน 0.5	ไม่เกิน 0.05
7. สารตะกั่ว (Pb)	mg/m ³	ไม่เกิน 1.5	ไม่เกิน 0.5
8. สารประกอบไดออกซิน (PCDD/PCDFs)	ng I-TEQ/Nm ³	ไม่เกิน 0.5	ไม่เกิน 0.5
9. ค่าความทึบแสง (Opacity)	-	ไม่เกิน 20%	ไม่เกิน 10%

ข้อ 8 กำหนดมาตรฐานควบคุมการปล่อยทิ้งอากาศเสียจากเตาเผามูลฝอยใหม่ และเตาเผามูลฝอยเก่า เฉพาะส่วนที่มีการขยายกิจการหลังจากวันที่ประกาศนี้มีผลใช้บังคับ ไว้ดังต่อไปนี้ (ตารางที่ 5.2)

ตารางที่ 5.2 มาตรฐานควบคุมการปล่อยทิ้งอากาศเสียจากเตาเผามูลฝอยใหม่ [50]

สารมลพิษ	หน่วย	เตาเผามูลฝอยที่มีกำลัง การเผาไหม้ในการกำจัด มูลฝอยตั้งแต่ 1 ตัน/วัน แต่ไม่เกิน 50 ตัน/วัน	เตาเผามูลฝอยที่มี กำลังการเผาไหม้ใน การกำจัดมูลฝอย เกินกว่า 50 ตัน/วัน
1. TSP	mg/m ³	ไม่เกิน 320	ไม่เกิน 70
2. SO ₂	ppm	ไม่เกิน 30	ไม่เกิน 30
3. NO _x as NO ₂	ppm	ไม่เกิน 250	ไม่เกิน 180
4. HCl	ppm	ไม่เกิน 80	ไม่เกิน 25
5. สารปรอท (Hg)	mg/m ³	ไม่เกิน 0.05	ไม่เกิน 0.05
6. สารแคดเมียม (Cd)	mg/m ³	ไม่เกิน 0.5	ไม่เกิน 0.05
7. สารตะกั่ว (Pb)	mg/m ³	ไม่เกิน 1.5	ไม่เกิน 0.5
8. สารประกอบไดออกซิน (PCDD/PCDFs)	ng I-TEQ /Nm ³	ไม่เกิน 0.5	ไม่เกิน 0.1
9. ค่าความทึบแสง	-	ไม่เกิน 10%	ไม่เกิน 10%

ข้อ 9 การคำนวณค่าอากาศเสียแต่ละชนิดที่ปล่อยทิ้งจากปล่องเตาเผามูลฝอย ให้คำนวณผลที่ความดัน 1 บรรยากาศ หรือที่ 760 มิลลิเมตรปรอท อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ที่สภาวะแห้ง (Dry Basis) โดยมีปริมาตรอากาศเสียที่ O₂ ร้อยละ 7

ข้อ 10 การตรวจวัดอากาศเสียที่ปล่อยทิ้งจากปล่องเตาเผามูลฝอย ให้ใช้วิธีดังต่อไปนี้

(1) การตรวจวัดค่า TSP ให้ใช้วิธี Determination of Particulate Matter Emissions from Stationary Sources ที่องค์การพิทักษ์สิ่งแวดล้อมแห่งประเทศสหรัฐอเมริกากำหนดไว้ หรือวิธีอื่นที่คณะกรรมการควบคุมมลพิษเห็นชอบ

(2) การตรวจวัดค่า SO₂ ให้ใช้วิธี Determination of Sulfur Dioxide Emissions from Stationary Sources หรือวิธี Determination of Sulfuric Acid Mist and Sulfur Dioxide Emissions from Stationary Sources ที่องค์การพิทักษ์สิ่งแวดล้อมแห่งประเทศสหรัฐอเมริกาคำหนดไว้ หรือวิธีตรวจวัดอื่นที่คณะกรรมการควบคุมมลพิษเห็นชอบ

(3) การตรวจวัดค่า NO_x ให้ใช้วิธี Determination of Nitrogen Oxide Emissions from Stationary Sources ที่องค์การพิทักษ์สิ่งแวดล้อมแห่งประเทศสหรัฐอเมริกาคำหนดไว้ หรือวิธีตรวจวัดอื่นที่คณะกรรมการควบคุมมลพิษเห็นชอบ

- (4) การตรวจวัดค่า HCl ให้ใช้วิธี Determination of Hydrogen Chloride Emissions from Stationary Sources ที่องค์การพิทักษ์สิ่งแวดล้อมแห่งประเทศสหรัฐอเมริกากำหนดไว้ หรือวิธีตรวจวัดอื่นที่คณะกรรมการควบคุมมลพิษเห็นชอบ
- (5) การตรวจวัดสารปรอท สารแคดเมียม และสารตะกั่ว ให้ใช้วิธี Determination of Metals Emissions from Stationary Sources ที่องค์การพิทักษ์สิ่งแวดล้อมแห่งประเทศสหรัฐอเมริกากำหนดไว้ หรือวิธีตรวจวัดอื่นที่คณะกรรมการควบคุมมลพิษเห็นชอบ
- (6) การตรวจวัดค่า PCDD/PCDF ให้ใช้วิธี Determination of Polychlorinated Dibenzo-p-Dioxins and Polychlorinated Dibenzofurans Emissions from Stationary Sources ที่องค์การพิทักษ์สิ่งแวดล้อมแห่งประเทศสหรัฐอเมริกากำหนดไว้ หรือวิธีตรวจวัดอื่นที่คณะกรรมการควบคุมมลพิษเห็นชอบ
- (7) การตรวจวัดค่าความทึบแสงให้ใช้วิธีตรวจวัดด้วยแผ่นภูมิเข้มค่าวันของริงเกิลมานน์ ทั้งนี้แบบบันทึกผลการตรวจวัดค่าความทึบแสง และแบบสรุปผลการตรวจวัดค่าความทึบแสงจากปล่องปล่อยทิ้งอากาศเสียของเตาเผามูลฝอย รวมทั้งลักษณะและหน่วยวัดค่าความทึบแสงของแผ่นภูมิเข้มค่าวันของริงเกิลมานน์ให้เป็นไปตามที่คณะกรรมการควบคุมมลพิษประกาศในราชกิจจานุเบกษา

3) ประกาศคณะกรรมการควบคุมมลพิษ ณ วันที่ 4 พฤษภาคม พ.ศ. 2554 [51]

โดยที่เป็นการสมควรกำหนดแบบบันทึกผลการตรวจวัดค่าความทึบแสง และแบบสรุปผลการตรวจวัดค่าความทึบแสงของเขม่าควันจากปล่องปล่อยทิ้งอากาศเสียของเตาเผามูลฝอย รวมทั้งลักษณะ และหน่วยวัดค่าความทึบแสงของแผ่นภูมิเข้มค่าวันของริงเกิลมานน์ จึงออกประกาศไว้ดังต่อไปนี้

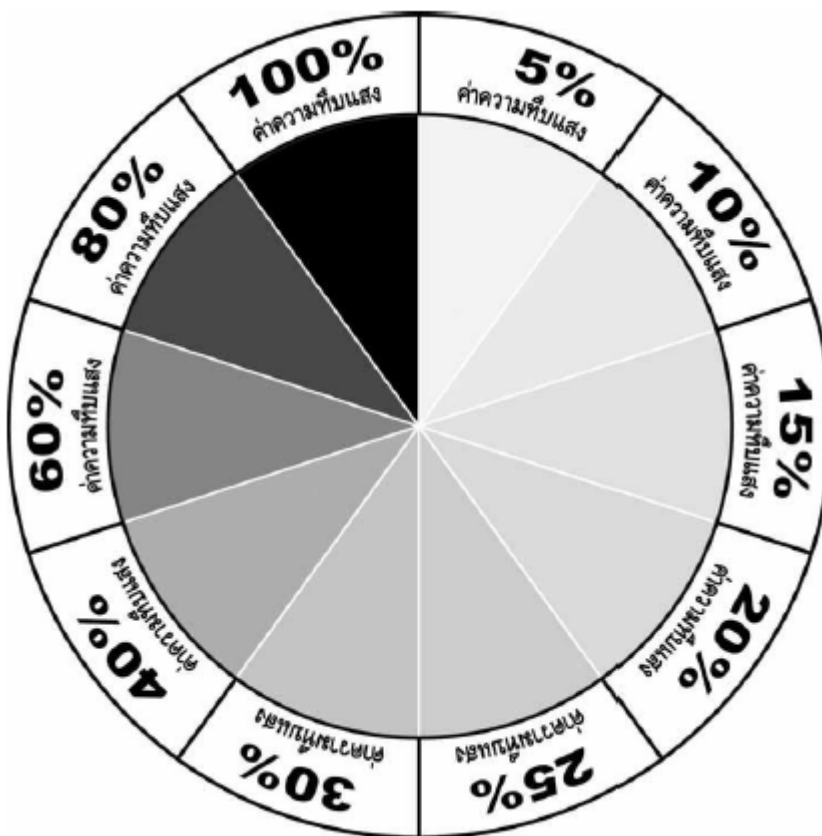
ข้อ 1 ในประกาศนี้ ค่าความทึบแสง หมายความว่า จำนวนร้อยละของแสงที่ไม่สามารถส่องผ่านเขม่าควันจากปล่องปล่อยทิ้งอากาศเสียของเตาเผามูลฝอย

ข้อ 2 ลักษณะ และหน่วยวัดค่าความทึบแสงของแผ่นภูมิเข้มค่าวันของริงเกิลมานน์

แผ่นภูมิเข้มค่าวันของริงเกิลมานน์คือ แผ่นภูมิที่แสดงค่าความทึบแสงในระดับต่างๆ ที่ใช้เปรียบเทียบเพื่อหาค่าความทึบแสงของเขม่าควันที่เกิดขึ้นจริง โดยมีลักษณะและหน่วยวัดตามที่กำหนดไว้ดังต่อไปนี้

- (1) แผ่นภูมิเข้มค่าวันแบบวงกลม มีลักษณะเป็นรูปวงกลมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 112 มิลลิเมตร บนกระดาษสีขาว ผิวเรียบ ขนาดกว้าง 154.5 มิลลิเมตร และยาว 224.5 มิลลิเมตร ที่มีค่าการสะท้อนแสงเทียบเท่า (Reflectance Equivalency) กับผงแมกนีเซียมออกไซด์ (MgO) หรือผงแบเรียมซัลเฟต (BaSO₄) ชนิดเกรดสารเคมี (Reagent Grade) เจาะช่องเป็นรูปวงกลมตรงจุดศูนย์กลางของแผ่นภูมิขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 12 มิลลิเมตร และให้แบ่งรูปวงกลมของแผ่นภูมิออกเป็น 10 ช่องเท่าๆ กัน และพิมพ์สีดำด้วยผงถ่านสีดำ (Black Carbon) ที่ใช้ในการพิมพ์จันเต็มช่อง โดยแต่ละช่องต้องมีระดับค่า

ความทึบแสงที่แตกต่างกัน ตั้งแต่ค่าความทึบแสงเท่ากับ 5%, 10%, 15%, 20%, 25%, 30%, 40%, 60%, 80%, และ 100% ตามลำดับดังรูปที่ 5.1



รูปที่ 5.1 แผนภูมิเขม่าควันของริงเกิลมานน์ [51]

- (2) ให้ทดสอบค่าความทึบแสงบนพื้นกระดาษแต่ละช่องตาม (1) โดยการวัดค่าความหนาแน่นของเม็ดสีด้วยเครื่องวัดค่าความดำ (Spectrodensitometer) ซึ่งความคลาดเคลื่อนของค่าความทึบแสงบนพื้นกระดาษแต่ละช่องต้องมีค่าไม่เกินร้อยละ 5 ของค่าความทึบแสงนั้นๆ
- (3) ให้ระบุวัน เดือน ปี ที่ผลิตและวันหมดอายุของแผนภูมิไว้ด้วย
- (4) การตรวจวัดค่าความทึบแสงของเขม่าควันด้วยแผนภูมิเขม่าควันของริงเกิลมานน์คือ การตรวจวัดค่าความทึบแสงของเขม่าควันโดยการใช้สายตาสังเกตกลุ่มของเขม่าควัน และเปรียบเทียบกับแผนภูมิเขม่าควันของริงเกิลมานน์ เพื่อหาค่าที่ใกล้เคียงกับความทึบแสงของเขม่าควัน โดยมีขั้นตอนดำเนินการ ดังต่อไปนี้

- ให้มีผู้ทำการตรวจวัด 2 คนในการตรวจวัดแต่ละครั้ง โดยทำการตรวจวัดไปพร้อมๆ กัน
- ให้ผู้ตรวจวัดสังเกตสีของท้องฟ้าก่อนที่จะตรวจวัดว่าในบริเวณดังกล่าวมีแสงสว่างเพียงพอหรือไม่ โดยสังเกตจากสีกลุ่มควันและสีของฉากหลังที่ตัดกัน (Contrasting Background) ถ้าแสงสว่างไม่เพียงพอ หรือมีฝนตกให้ยกเลิกการตรวจวัด
- ให้ผู้ตรวจวัดยืนห่างจากปล่องปล่อยทิ้งอากาศเสียของเตาเผามูลฝอยไม่น้อยกว่าสามเท่าของระยะความสูงจากระดับตำแหน่งที่ผู้ตรวจวัดยืนจนถึงระดับปากปล่องแต่ไม่เกิน 400 เมตร และอยู่ในทิศที่ตั้งฉากกับการเคลื่อนที่ของกลุ่มควัน โดยให้ดวงอาทิตย์อยู่ด้านหลังของผู้ตรวจวัด
- ให้ผู้ตรวจวัดถือแผนภูมิไว้ในระดับสายตา และมองเขม่าควันผ่านช่องตรงกลางของแผนภูมิ
- ให้ผู้ตรวจวัดสังเกตความทึบแสงของเขม่าควันตรงจุดที่กลุ่มควันมีความหนาแน่นมากที่สุด และไม่มี การควบแน่นของไอน้ำ เปรียบเทียบกับค่าความทึบแสงของแผนภูมิ เพื่อหาค่าความทึบแสงที่ใกล้เคียงกับความทึบแสงของกลุ่มเขม่าควันที่เกิดขึ้นจริง และบันทึกผลการตรวจวัดทุกๆ 15 วินาที จนกระทั่งครบ 15 นาที ลงในแบบบันทึกผลการตรวจวัดค่าความทึบแสงของเขม่าควันจากปล่องปล่อยทิ้งอากาศเสียของเตาเผามูลฝอย

ข้อ 3 การคำนวณและการเปรียบเทียบค่าความทึบแสงให้ดำเนินการตามขั้นตอน ดังต่อไปนี้

- (1) ให้ผู้ตรวจวัดแต่ละคน รวมค่าความทึบแสงที่จดบันทึกไว้ แล้วหารด้วยจำนวนครั้งที่ทั้งหมดที่จดบันทึก ผลลัพธ์เป็นค่าความทึบแสงของผู้ตรวจวัดแต่ละคน มีหน่วยเป็น %
- (2)ให้นำค่าความทึบแสงของผู้ตรวจวัดแต่ละคนตาม (1) มาเปรียบเทียบกัน หากผลการเปรียบเทียบแตกต่างกันเกินกว่า 3 ให้ทำการตรวจวัดใหม่ ถ้าผลการเปรียบเทียบแตกต่างกันไม่เกิน 3ให้นำค่าความทึบแสงของผู้ตรวจวัดแต่ละคนมารวมกันแล้วหารด้วยสอง ผลลัพธ์เป็นค่าความทึบแสงของเขม่าควันจากปล่องปล่อยทิ้งอากาศเสียของเตาเผามูลฝอย

5.4 กลไกทางกฎหมายควบคุมสารไดออกซินและฟิวแรน

จากการที่สารไดออกซินและฟิวแรนเป็นสารที่มีความเป็นพิษสูง และเป็นอันตรายต่อสุขภาพมนุษย์ แม้ในปริมาณน้อยมาก ประเทศต่างๆ จึงได้มีการกำหนดกฎเกณฑ์ และมาตรฐานต่างๆ เพื่อใช้เป็นแนวทางในการควบคุม เช่น ประเทศเนเธอร์แลนด์ได้กำหนดไว้ให้มนุษย์สามารถรับสาร PCDDs/PCDFs ในแต่ละวันได้ไม่เกิน 0.04 นาโนกรัมต่อน้ำหนักตัว 1 กิโลกรัม ประเทศสหรัฐอเมริกากำหนดความเข้มข้นสูงสุดในน้ำดื่ม 0.03 นาโนกรัม/ลิตร ประเทศเยอรมนีกำหนดความเข้มข้นในน้ำมันไว้ไม่เกิน 0.9 นาโนกรัม (I-TEQ) ต่อปริมาณไขมัน 1 กิโลกรัม และถ้าพบว่ามีค่าเกิน 5.0 นาโนกรัม (I-TEQ) ก็จะไม่อนุญาตให้มีการจำหน่าย และให้ทำลายผลิตภัณฑ์นั้นๆ และมีการกำหนดมาตรฐานสำหรับควบคุมการปลดปล่อยสารออกสู่บรรยากาศอีกด้วย เนื่องจากเตาเผาอุณหภูมิต่ำเกือบทุกชนิดเป็นแหล่งกำเนิดที่สำคัญที่สุด ประเทศต่างๆ ที่เจริญแล้วทั่วโลกจึงมีการ

กำหนดค่ามาตรฐานการปลดปล่อยสาร PCDDs/PCDFs ไว้ในหน่วยของ “นาโนกรัมต่อลูกบาศก์เมตรของปริมาตรอากาศ” ($\text{ng I-TEQ}/\text{Nm}^3$) ซึ่งเป็นผลจากการวัดสาร PCDDs/PCDFs แต่ละตัว แล้วนำค่าที่วัดได้ไปคูณด้วยค่าเปรียบเทียบความเป็นพิษ (I-TEF) ดังตารางที่ 5.3 แล้วนำผลบวกของแต่ละค่าออกมาเป็นปริมาณ PCDDs/PCDFs ทั้งหมดต่อปริมาตรอากาศ 1 ลูกบาศก์เมตร (m^3) หรือ 1 ลูกบาศก์เมตรของปริมาตรอากาศ (Normalized Cubic Meter: Nm^3) แต่สำหรับประเทศสหรัฐอเมริกามีการตรวจวัดและกำหนดค่ามาตรฐานเป็นค่ารวมทั้งหมดของ PCDDs/PCDFs ที่วัดจริงโดยมิได้นำค่า I-TEF มาคูณ ค่าที่ออกมาจึงสูงกว่าค่ามาตรฐานของประเทศต่างๆ ในแถบยุโรปและเอเชียบางประเทศ โดยมีหน่วยเป็น นาโนกรัม (Total)/ลูกบาศก์เมตรของปริมาตรอากาศ ($\text{ng-Total}/\text{Nm}^3$) ทั้งนี้ประเทศไทยเองก็เคยใช้ระบบของสหรัฐอเมริกามาเป็นค่ามาตรฐานในการควบคุมการปลดปล่อยสารไดออกซินและฟิวแรน [34]

ตารางที่ 5.3 ค่าเปรียบเทียบความเป็นพิษ (TEF) ซึ่งกำหนดโดย NATO/CCMS และ WHO [34]

PCDDs/PCDFs	TEF (NATO/CCMS 1988)	TEF (WHO 1997)
2, 3, 7, 8-Tetra CDD	1.0	1.0
1, 2, 3, 7, 8-Penta CDD	0.5	1.0
1, 2, 3, 4, 7, 8-Hexa CDD	0.1	0.1
1, 2, 3, 6, 7, 8-Hexa CDD	0.1	0.1
1, 2, 3, 7, 8, 9-Hexa CDD	0.1	0.1
1, 2, 3, 4, 6, 7, 8-Hepta CDD	0.01	0.01
Octa CDD	0.001	0.0001
2, 3, 7, 8-Tetra CDF	0.1	0.1
1, 2, 3, 7, 8-Penta CDF	0.05	0.05
2, 3, 4, 7, 8-Penta CDF	0.5	0.5
1, 2, 3, 4, 7, 8-Hexa CDF	0.1	0.1
1, 2, 3, 6, 7, 8-Hexa CDF	0.1	0.1
1, 2, 3, 7, 8, 9-Hexa CDF	0.1	0.1
2, 3, 4, 6, 7, 8-Hexa CDF	0.1	0.1
1, 2, 3, 4, 6, 7, 8-Hepta CDF	0.01	0.01
1, 2, 3, 4, 7, 8, 9-Hepta CDF	0.01	0.01
Octa CDF	0.001	0.001

ค่ามาตรฐานของสารไดออกซินและฟิวแรน

ค่าเปรียบเทียบมาตรฐานของสารไดออกซินและฟิวแรนจากเตาเผาอุณหภูมิสูงของประเทศต่างๆ รวมทั้งค่ามาตรฐานของสารไดออกซินจากตัวกลางสิ่งแวดล้อมที่กำหนดโดยประเทศแคนาดา แสดงไว้ในตารางที่ 5.4 และตารางที่ 5.5 ตามลำดับ [36]

ตารางที่ 5.4 เปรียบเทียบค่ามาตรฐานการปลดปล่อยสารไดออกซินและฟิวแรนจากเตาเผาอุณหภูมิสูงของประเทศต่างๆ [36]

ประเทศ	ค่ามาตรฐาน	ประเภทเตาเผา
ออสเตรีย	0.1 ng I-TEQ/Nm ³	เตาเผาทุกขนาด
แคนาดา	0.1 ng I-TEQ/Nm ³	เตาเผาทุกขนาด
สหภาพยุโรป	0.1 ng I-TEQ/Nm ³	เตาเผาทุกขนาด
เนเธอร์แลนด์	0.1 ng I-TEQ/Nm ³	เตาเผาทุกขนาด
ไต้หวัน	0.5 ng I-TEQ/Nm ³	เตาเผาทุกขนาด
ญี่ปุ่น (มาตรฐานเก่า)	0.5 ng I-TEQ/Nm ³	เตาเผาทุกขนาด
ญี่ปุ่น (มาตรฐานใหม่)	0.1 ng I-TEQ/Nm ³	เตาเผาทุกขนาด
สหรัฐอเมริกา (มาตรฐานเก่า)	30 ng-Total/ Nm ³	เตาเผาทุกขนาด
สหรัฐอเมริกา (มาตรฐานใหม่)	13 ng-Total/ Nm ³	เตาเผาทุกขนาด
ประเทศไทย (2540)	30 ng-Total/ Nm ³	เตาเผามูลฝอยชุมชนขนาดตั้งแต่ 1 ตัน/วัน ขึ้นไป
ประเทศไทย (2545)	0.5 ng I-TEQ/Nm ³	เตาเผาสิ่งปฏิกูลหรือเตาเผาขยะมูลฝอย

*หมายเหตุ: 30 ng-Total/Nm³ เท่ากับประมาณ 0.5 ng I-TEQ/Nm³

13 ng-Total/Nm³ เท่ากับประมาณ 0.2 ng I-TEQ/Nm³

เตาขนาดใหญ่ของสหรัฐอเมริกา หมายถึง เตาเผาขนาดตั้งแต่ 250 ตัน/วัน

ตารางที่ 5.5 ค่ามาตรฐานของสารไดออกซินจากตัวกลางสิ่งแวดล้อม ที่กำหนดโดยประเทศแคนาดา [36]

	ตัวกลางสิ่งแวดล้อม	ค่ามาตรฐาน
อากาศ	บรรยากาศ (24 hr)	5 pg TEQ/m ³
น้ำดื่ม	ปริมาณมากที่สุดที่อนุญาตให้ตรวจพบได้	15 pg TEQ/L
น้ำผิวดิน	กำลังดำเนินการพิจารณา	-
ดิน	- พื้นที่ที่อยู่อาศัย	1000 pg TEQ/g
	- พื้นที่การเกษตร	10 pg TEQ/g

มาตรฐานควบคุมสารไดออกซินและฟิวแรนของประเทศไทย

ประเทศไทยเริ่มมีการกำหนดให้เตาเผามูลฝอยเป็นแหล่งกำเนิดมลพิษ ที่จะต้องควบคุมการปล่อยอากาศเสียออกสู่บรรยากาศ และกำหนดมาตรฐานควบคุมการปล่อยทิ้งอากาศเสีย โดยจัดทำเป็นประกาศ 6 ฉบับ ประกอบด้วย

ฉบับที่ 1 ประกาศกระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม พ.ศ. 2540 เรื่อง กำหนดมาตรฐานควบคุมการปล่อยทิ้งอากาศเสียจากเตาเผามูลฝอย ซึ่งกำหนดค่าสารประกอบไดออกซินรวมไว้ไม่เกิน 30 นาโนกรัม (Total)/ลูกบาศก์เมตรของปริมาตรอากาศ [49]

ฉบับที่ 2 ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม พ.ศ. 2545 เรื่อง กำหนดปริมาณสารเจือปนในอากาศที่ปล่อยออกจากเตาเผา สิ่งปฏิกูลหรือวัสดุที่ไม่ใช้แล้วที่เป็นอันตรายจากอุตสาหกรรม โดยกำหนดค่าปริมาณของสารเจือปนในอากาศประเภทไดออกซินและฟิวแรนไว้ไม่เกิน 0.5 นาโนกรัม (I-TEQ)/ลูกบาศก์เมตรของปริมาตรอากาศ [52]

ฉบับที่ 3 ประกาศกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม พ.ศ. 2548 เรื่อง กำหนดมาตรฐานควบคุมการปล่อยทิ้งอากาศเสียจากเตาเผามูลฝอยติดเชื้อ พ.ศ. 2546 โดยกำหนดค่าสารประกอบไดออกซินและฟิวแรน ซึ่งคำนวณผลในรูปของหน่วยความเข้มข้นเทียบเคียงความเป็นพิษต่อมนุษย์ไว้ไม่เกิน 0.5 นาโนกรัม (I-TEQ)/ลูกบาศก์เมตรของปริมาตรอากาศ [53]

ฉบับที่ 4 ประกาศกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม พ.ศ. 2549 เรื่อง กำหนดมาตรฐานควบคุมการปล่อยทิ้งอากาศเสียจากโรงงานปูนซีเมนต์ที่ใช้ของเสียเป็นเชื้อเพลิง หรือเป็นวัตถุดิบในการผลิต โดยกำหนดค่าสารประกอบไดออกซินซึ่งคำนวณผลในรูปของหน่วยความเข้มข้นเทียบเคียงความเป็นพิษต่อมนุษย์ไว้ไม่เกิน 0.5 นาโนกรัม (I-TEQ)/ลูกบาศก์เมตรของปริมาตรอากาศ [54]

ฉบับที่ 5 ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม พ.ศ. 2551 เรื่อง กำหนดปริมาณสารเจือปนในอากาศที่ระบายออกจากโรงงานปูนซีเมนต์ที่ใช้ของเสียเป็นเชื้อเพลิง หรือเป็นวัตถุดิบในการผลิต ค่าสารประกอบไดออกซิน ซึ่งคำนวณผลในรูปของหน่วยความเข้มข้นเทียบเคียงความเป็นพิษต่อมนุษย์ โดยกำหนดให้ไม่เกิน 0.5 นาโนกรัม (I-TEQ)/ลูกบาศก์เมตรของปริมาตรอากาศ ทั้งโรงงานปูนซีเมนต์เก่า และโรงงานปูนซีเมนต์ใหม่ [55]

ฉบับที่ 6 ประกาศกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม พ.ศ. 2553 เรื่อง กำหนดมาตรฐานควบคุมการปล่อยทิ้งอากาศเสียจากเตาเผามูลฝอย โดยให้ยกเลิกประกาศกระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อมเรื่องกำหนดมาตรฐานควบคุมการปล่อยทิ้งอากาศเสียจากเตาเผามูลฝอย เมื่อวันที่ 17 มิถุนายน พ.ศ. 2540 และกำหนดค่าปริมาณสารเจือปนในอากาศประเภทไดออกซินและฟิวแรนขึ้นใหม่ โดยเตาเผามูลฝอยที่กำหนดนั้นแบ่งออกเป็น 2 แบบ คือ

(1) เตาเผามูลฝอยเก่า ที่มีกำลังการเผาไหม้ในการกำจัดมูลฝอยขนาดตั้งแต่ 1 ตัน/วัน แต่ไม่เกิน 50 ตัน/วัน กำหนดค่าสารประกอบไดออกซินและฟิวแรน ซึ่งคำนวณผลในรูปของหน่วยความเข้มข้นเทียบเคียงความเป็นพิษต่อมนุษย์ให้ปลดปล่อยได้ไม่เกิน 0.5 นาโนกรัม (I-TEQ)/ลูกบาศก์เมตรของ

ปริมาณอากาศ และขนาดกำลังการเผาไหม้ในการกำจัดขยะมูลฝอยมากกว่า 50 ตัน/วัน กำหนดให้ปลดปล่อยได้ไม่เกิน 0.5 นาโนกรัม (I-TEQ)/ลูกบาศก์เมตรของปริมาณอากาศเช่นกัน

(2) เตาเผามูลฝอยใหม่ ที่มีกำลังการเผาไหม้ในการกำจัดมูลฝอยขนาดตั้งแต่ 1 ตัน/วัน แต่ไม่เกิน 50 ตัน/วัน กำหนดให้ปลดปล่อยสารประกอบไดออกซินและฟิวเรนได้ไม่เกิน 0.5 นาโนกรัม (I-TEQ)/ลูกบาศก์เมตรของปริมาณอากาศ และขนาดกำลังการเผาไหม้ในการกำจัดขยะมูลฝอยมากกว่า 50 ตัน/วัน กำหนดให้ปลดปล่อยสารประกอบไดออกซินและฟิวเรนได้ไม่เกิน 0.1 นาโนกรัม (I-TEQ)/ลูกบาศก์เมตรของปริมาณอากาศ [50]

มาตรการควบคุมไดออกซินและฟิวเรนในระดับโลก [34]

สืบเนื่องจากคณะมนตรีประศาสน์การโครงการสิ่งแวดล้อมแห่งสหประชาชาติ (UNEP Governing Council) เดือนพฤษภาคม พ.ศ. 2538 มีมติให้องค์การระหว่างชาติดำเนินการพิจารณาแนวนโยบาย มาตรการและแผนปฏิบัติ ในการจัดการสารเคมีอย่างมีประสิทธิภาพและปลอดภัยต่อสุขภาพมนุษย์ และสิ่งแวดล้อม ตามแผนปฏิบัติเพื่อพิทักษ์สิ่งแวดล้อมโลกในศตวรรษที่ 21 (Agenda 21) ซึ่งหนึ่งในแผนปฏิบัตินี้ได้กำหนดกลไกทางกฎหมายระหว่างประเทศ เพื่อลดความเสี่ยงต่อสุขภาพมนุษย์และสิ่งแวดล้อมจากการปลดปล่อยสารมลพิษที่ตกค้างยาวนาน (POPs) เบื้องต้น 12 ชนิด จึงทำให้เกิดกิจกรรมระหว่างประเทศและองค์การระหว่างประเทศ ตลอดจนการดำเนินการตามอนุสัญญาอื่นๆ ที่เกี่ยวข้องได้ให้ความสำคัญเกี่ยวกับสารในกลุ่ม POPs มากขึ้นโดยเฉพาะอย่างยิ่งไดออกซินและฟิวเรน (PCDDs/PCDFs) โครงการสิ่งแวดล้อมแห่งสหประชาชาติ (UNEP) และองค์การอนามัยโลก (WHO) ได้มีความเห็นสอดคล้องกันคือ ต้องการให้มีกลไกทางกฎหมายระหว่างประเทศ เพื่อควบคุมการปลดปล่อยสาร POPs เบื้องต้น 12 ชนิดดังกล่าว โดยร่วมกับรัฐบาลประเทศต่างๆ จัดให้มีการประชุมคณะกรรมการเจรจาระหว่างรัฐบาล เพื่อเตรียมกลไกทางกฎหมายระหว่างประเทศ บังคับใช้สำหรับการดำเนินกิจกรรมต่างๆ โดยเน้นที่สาร POPs ทั้ง 12 ชนิด รวมทั้งศึกษาและพิจารณาสาร POPs อื่นๆ นอกเหนือจาก 12 ชนิดที่กำหนดไว้แล้ว ด้วยกลไกทางกฎหมายนี้ได้มีการพิจารณาและเจรจาต่อรองระหว่างรัฐบาลของประเทศต่างๆ ในการประชุมทั้งหมด 5 ครั้ง ใช้เวลา 2 ปี 6 เดือน ตั้งแต่ พ.ศ. 2541-2543 โดยมีสมาชิกร่วมประชุมทั้งหมด 135 ประเทศ และองค์การระหว่างประเทศทั้งที่อยู่ภายใต้ต้องการสหประชาชาติ องค์การรัฐบาลระหว่างประเทศ และองค์กรมหาชน รวมทั้งสิ้นจำนวน 67 องค์กร ทั้งนี้ผลจากการประชุมได้ประกาศใช้เป็นอนุสัญญาเรียกว่า “Stockholm Convention on Persistent Organic Pollutants” และได้มีการลงนามในอนุสัญญานี้ในการประชุมที่ประเทศสวีเดน ระหว่างวันที่ 21-23 พฤษภาคม พ.ศ. 2544 ซึ่งมีสมาชิกประเทศต่างๆ ลงนามไปแล้ว 92 ประเทศ 1 องค์การ (ประชาคมยุโรป) และมี 2 ประเทศที่ลงนามให้สัตยาบันเข้าเป็นประเทศภาคีในวันเดียวกับที่ลงนามในอนุสัญญาคือ ประเทศแคนาดา และประเทศฟีจี สำหรับประเทศในกลุ่มอาเซียนที่ลงนามแล้ว ได้แก่ กัมพูชา อินโดนีเซีย ฟิลิปปินส์ สิงคโปร์ และเวียดนาม หลังจากนั้นจะเปิด

ให้ประเทศที่ยังไม่ได้ลงนามได้ลงนาม ณ สำนักงานใหญ่สหประชาชาติ นครนิวยอร์ก ระหว่างวันที่ 24 พฤษภาคม พ.ศ. 2544 ถึง 22 พฤษภาคม พ.ศ. 2545 อย่างไรก็ตามอนุสัญญานี้ได้เปิดโอกาสให้ประเทศต่างๆ เข้าเป็นภาคีโดยการภาคยานุวัติได้หลังจากที่อนุสัญญาได้ปิดให้ลงนามแล้ว ตั้งแต่วันที่ 23 พฤษภาคม พ.ศ. 2545 เป็นต้นไป อนุสัญญาดังกล่าวจะมีผลการบังคับใช้ 90 วัน หลังจากส่งมอบสัตยาบันสารภาคยานุวัติสาร การยอมรับหรือสารการให้ความเห็นชอบฉบับที่ 50 และหลังจากอนุสัญญามีผลบังคับใช้แล้ว ประเทศที่ให้สัตยาบันภาคยานุวัติยอมรับ หรือให้ความเห็นชอบจะเป็นภาคีที่ต่อเมื่อครบ 90 วัน นับจากวันที่ส่งมอบสารนั้นๆ ให้เลขาธิการสหประชาชาติ

จุดมุ่งหมายของอนุสัญญาฯ คือ เพื่อคุ้มครองสุขภาพอนามัยของมนุษย์และสิ่งแวดล้อมจากสารมลพิษที่ตกค้างยาวนาน สารเคมี POPs เบื้องต้น 12 ชนิดคือ

- | | |
|-----------------------------|---|
| 1. อัลดริน (Aldrin) | 7. เฮกซะคลอโรเบนซีน (Hexachlorobenzene) |
| 2. คลอเดน (Chlordane) | 8. ไมเร็กซ์ (Mirex) |
| 3. ดีดีที (DDT) | 9. ท็อกซาฟีน (Toxaphene) |
| 4. ดิลดริน (Dieldrin) | 10. พีซีบี (Polychlorinated Biphenyls) |
| 5. เอนดริน (Endrin) | 11. ไดออกซิน (PCDDs) |
| 6. เฮปตะคลออร์ (Heptachlor) | 12. พีวเรน (PCDFs) |

โดยทั้งหมดแบ่งออกเป็น 3 กลุ่ม ได้ดังนี้

- 1) สารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชและสัตว์ 9 ชนิดคือ อัลดริน คลอเดน ดีดีที ดิลดริน เอนดริน เฮปตะคลออร์ ไมเร็กซ์ เฮกซะคลอโรเบนซีน และท็อกซาฟีน
- 2) สารเคมีที่ใช้ในอุตสาหกรรม 1 ชนิดคือ พอลีคลอโรไดเบนซิล (PCB)
- 3) สารเคมีที่เกิดจากกระบวนการผลิตโดยไม่ตั้งใจ 2 ชนิดคือ ไดออกซิน และพีวเรน

สาร POPs เหล่านี้เป็นกลุ่มสารประกอบอินทรีย์ที่ย่อยสลายได้ยาก ทั้งวิธีการโดยแสง สารเคมี หรือโดยวิธีชีวภาพ ทำให้ตกค้างในสิ่งแวดล้อมเป็นเวลานาน และสามารถเคลื่อนย้ายไปได้ไกลมาก มีสมบัติละลายน้ำได้น้อยมาก แต่ละลายได้ดีในไขมัน จึงเป็นผลให้สะสมในไขมันของสิ่งมีชีวิต มีความเป็นพิษสูง เป็นสาเหตุของการเสียชีวิต การเจ็บป่วย และความพิการแต่กำเนิดของมนุษย์และสัตว์ เป็นสารก่อมะเร็ง ทำให้เกิดอาการแพ้ ระบบประสาทไวต่อความรู้สึก ระบบประสาทส่วนกลางและรอบนอกถูกทำลาย ระบบการสืบพันธุ์บกพร่อง สาร POPs บางชนิดสามารถเปลี่ยนแปลงระบบฮอร์โมน ทำลายระบบการสืบพันธุ์และระบบภูมิคุ้มกัน

พันธกรณีสำคัญที่ภาคีต้องปฏิบัติ หลังจากท่อนุสัญญา POPs มีผลบังคับใช้แล้ว [34, 35]

- 1) ใช้มาตรการทางกฎหมายหรือการบริหารในการห้ามผลิตและใช้สาร POPs 9 ชนิดแรก
- 2) นำเข้าหรือส่งออกสาร POPs ได้เฉพาะตามวัตถุประสงค์ที่อนุญาตให้ทำได้ เช่น มีข้อยกเว้นพิเศษเพื่อนำมาใช้เป็นสารกำจัดปลวก สารกำจัดแมลง สารเคมีแต่ง สารละลาย เป็นต้น
- 3) ต้องจัดทำแผนปฏิบัติการในการลดหรือเลิกการปล่อยสาร POPs จากกระบวนการผลิตภายใน 2 ปี หลังจากท่อนุสัญญา POPs บังคับใช้
- 4) ส่งเสริมการใช้สารทดแทน แนวปฏิบัติทางด้านสิ่งแวดล้อม และเทคนิคที่ดีที่สุด
- 5) ประกันว่าคลังสินค้าที่มีสาร POPs ต้องได้รับการดูแลไม่ให้ส่งผลกระทบต่อสุขภาพมนุษย์และสิ่งแวดล้อม รวมทั้งต้องดูแลจัดการของเสียที่เกิดจากสาร POPs ในทำนองเดียวกัน
- 6) พยายามกำหนดแผนและปฏิบัติตามแผน เพื่อบริหารตามอนุสัญญา POPs และส่งรายงานให้ที่ประชุมภาคี ภายใน 2 ปี หลังจากท่อนุสัญญา POPs มีผลบังคับใช้
- 7) ให้ระดับผู้บริหารและผู้กำหนดนโยบายมีความเข้าใจเรื่อง POPs
- 8) ให้ข้อมูลเกี่ยวกับ POPs แก่สาธารณชน รวมทั้งกำหนดแผนและแนวปฏิบัติในการประชาสัมพันธ์ให้สตรี เด็ก และผู้ด้อยโอกาสทางการศึกษาทราบ เรื่อง อันตรายต่อสุขภาพและสิ่งแวดล้อมจาก POPs
- 9) สนับสนุนให้มีการวิจัยเรื่องผลกระทบต่างๆ จากสาร POPs ทั้งในระดับชาติและระหว่างประเทศ
- 10) ตั้งศูนย์ประสานงานระดับชาติ เพื่อทำหน้าที่ในการแลกเปลี่ยนข้อมูล และหน้าที่อื่นๆ

นโยบายพื้นฐาน (Basic policy) [3]

- 1) แนวทางต่างๆ ได้ถูกกำหนดขึ้นโดยมีวัตถุประสงค์เพื่อป้องกัน และควบคุมการเกิดไดออกซิน มากกว่าการกำจัด
- 2) มาตรการต่างๆ ควรปฏิบัติหลังจากการพิจารณาถึงเป้าหมายของอุปกรณ์การบำบัด และอิทธิพลของสารพิษอื่นๆ มาตรการเหล่านี้ไม่ควรขัดกับวิธีการบำบัดของเสียที่ถูกต้องและมั่นคง
- 3) การวัด (Measurement) เป็นดังนี้
 - รูปแบบการวัด และระบบการประเมินผลต้องถูกกำหนดไว้สำหรับการบำบัดของเสียทั้งหมดทุกชนิด
 - การวัดควรดำเนินการโดยองค์การที่มีความเชี่ยวชาญในเรื่องที่เกี่ยวข้อง เนื่องจากมีความลำบากมากในการควบคุมความแม่นยำของการวัด

บทที่ 6 วิธีการดำเนินงานวิจัย

งานวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาสถานภาพของเตาเผาขยะมูลฝอยในไทย และเพื่อศึกษากลไกเทคโนโลยี แนวทางการกำหนดนโยบายและมาตรการที่เหมาะสม เพื่อลดการปลดปล่อยไดออกซินและฟิวแรนจากเตาเผาขยะมูลฝอยชุมชนที่ใช้ผลิตพลังงาน และเพื่อให้ได้แนวทางในการควบคุมแก้ไข และปรับลดสารไดออกซินและฟิวแรนที่แน่นอนให้อยู่ในระดับที่เหมาะสมคือ ต้องไม่เกินค่ามาตรฐานตามที่กฎหมายกำหนดไว้ และไม่เป็นอันตรายต่อสิ่งแวดล้อมและสุขภาพของมนุษย์ทั้งในปัจจุบันและอนาคต โดยมีหลักในการดำเนินงานวิจัยนี้คือ ประมวลภาพรวม ทบทวน และศึกษาข้อมูลต่างๆ ทั้งในประเทศและต่างประเทศ ตั้งแต่การบริหารจัดการขยะทั่วไป การสนับสนุนเทคโนโลยีการผลิตพลังงานจากขยะ เทคโนโลยีเตาเผาขยะ และมลพิษที่เกิดจากเตาเผาขยะมูลฝอยเพื่อผลิตพลังงานจากแหล่งข้อมูลทุติยภูมิจากฐานข้อมูลต่างๆ เพื่อรวบรวมเนื้อหาสาระสำคัญออกมาวิเคราะห์ และใช้เป็นข้อมูลสำหรับการอ้างอิงในการศึกษาตามวัตถุประสงค์ และเป็นข้อมูลในการพัฒนาและปรับปรุง ซึ่งจะจัดทำรายงานฉบับสมบูรณ์ เพื่อเผยแพร่ให้เกิดแนวทางที่เหมาะสมสำหรับการบริหารจัดการเตาเผาขยะมูลฝอยชุมชน โดยเฉพาะในเรื่องของการลดการปลดปล่อยไดออกซินและฟิวแรนของประเทศไทยต่อไป ทั้งนี้แหล่งข้อมูลในประเทศที่เลือกใช้เป็นกรณีศึกษาคือ โครงการเตาเผาขยะเทศบาลนครภูเก็ต เนื่องจากเป็นโครงการแห่งเดียวในประเทศไทยที่ใช้เทคโนโลยีเตาเผาขยะมูลฝอยผลิตพลังงาน ซึ่งก่อสร้างแล้วเสร็จและดำเนินงานตั้งแต่ปี พ.ศ. 2542 โดยรายละเอียดของการดำเนินงานมีดังนี้

6.1 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย

6.1.1 ศึกษาและค้นคว้าข้อมูลทั่วไป

เป็นการศึกษาและค้นคว้าข้อมูลเบื้องต้น จากข้อมูลต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับขยะ การกำจัดขยะมูลฝอยแบบต่างๆ เทคโนโลยีการผลิตพลังงานจากขยะ การกำจัดขยะมูลฝอยโดยใช้เทคโนโลยีเตาเผา และมลพิษที่เกิดขึ้นจากการใช้เตาเผาขยะ โดยเฉพาะการปลดปล่อยสารไดออกซินและฟิวแรนจากเตาเผาขยะมูลฝอยที่ใช้ผลิตพลังงาน โดยรวบรวมจากฐานข้อมูลทุติยภูมิต่างๆ ทั้งในประเทศและต่างประเทศ เพื่อนำเนื้อหาสาระมาใช้เป็นแนวทางในการศึกษา และเป็นข้อมูลประกอบในทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

6.1.2 ศึกษารายละเอียดและจำแนกสาระสำคัญออกเป็นแต่ละด้าน

นำข้อมูลจากการศึกษาและรวบรวมในเบื้องต้นมาจำแนกสาระสำคัญออกเป็นแต่ละด้าน เพื่อค้นคว้าเนื้อหาเพิ่มเติมเฉพาะของแต่ละด้าน ดังนี้ แนวคิดเกี่ยวกับขยะมูลฝอยชุมชน สถานการณ์การบริหารจัดการขยะในประเทศไทย เทคโนโลยีการผลิตพลังงานจากขยะ สถานภาพการผลิตพลังงานจากขยะในประเทศไทย การสนับสนุนการแปรรูปขยะมูลฝอยเป็นพลังงานจากภาครัฐ โดยได้ศึกษาและทบทวนสถานการณ์ต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง รวมทั้งศึกษาปัญหาและอุปสรรค แนวทางแก้ไข และกรณีศึกษาต่างๆ ทั่วด้วย

6.1.3 ศึกษาและรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับกฎหมาย ระเบียบข้อบังคับ และหน่วยงานต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง

ศึกษาและรวบรวมกฎหมาย ระเบียบข้อบังคับ และหน่วยงานต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับการจัดการขยะมูลฝอย ระเบียบข้อบังคับเกี่ยวกับสถานที่กำจัดขยะมูลฝอยโดยใช้เตาเผา มาตรฐาน และกลไกทางกฎหมายในการควบคุมการปล่อยทิ้งอากาศเสียจากเตาเผาขยะ โดยเฉพาะการควบคุมสารไดออกซินและฟิวแรน ทั้งในประเทศและต่างประเทศ

6.1.4 ศึกษาและรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับเตาเผาขยะมูลฝอยชุมชนในประเทศไทย

ประมวลภาพรวมและทบทวนสถานภาพเตาเผาขยะมูลฝอยชุมชนในประเทศไทย เพื่อนำมาวิเคราะห์และประเมินผลความสำเร็จของการบริหารจัดการเตาเผาขยะ และใช้ข้อมูลของโครงการเตาเผาขยะของเทศบาลนครภูเก็ตเป็นแหล่งข้อมูลภายในประเทศ เนื่องจากเป็นโครงการแห่งเดียวในประเทศไทยที่ใช้เทคโนโลยีเตาเผาขยะมูลฝอยและผลิตพลังงาน โดยรวบรวมข้อมูลและเนื้อหาเกี่ยวกับโครงการเตาเผาขยะเทศบาลนครภูเก็ต ทั้งการบริหารจัดการขยะ วิธีการดำเนินโครงการ งบประมาณ ปัญหาและอุปสรรคของการดำเนินโครงการ ระบบและกระบวนการทำงานของเตาเผา เทคนิควิธีการควบคุมเทคโนโลยี และอุปกรณ์ควบคุมมลพิษทางอากาศ โดยเฉพาะที่ใช้ควบคุมการปลดปล่อยสารไดออกซินและฟิวแรน และการประเมินโครงการทางด้านเศรษฐศาสตร์ รวมทั้งศึกษาแนวทางในการส่งเสริมการดำเนินการก่อสร้างโครงการเตาเผาขยะมูลฝอยชุมชนเพื่อผลิตพลังงาน และกรณีศึกษาเพื่อรวบรวมข้อมูลต่างๆ มาใช้เป็นบทเรียนและประสบการณ์ในการพัฒนาและปรับปรุงเตาเผาขยะมูลฝอยชุมชนเพื่อผลิตพลังงานภายในประเทศไทยต่อไป

6.1.5 ศึกษาและรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับการควบคุมการเกิดและการลดสารไดออกซินและฟิวแรนที่เกิดขึ้นจากเตาเผาขยะมูลฝอยชุมชน

ศึกษาและรวบรวมวิธีการ เทคโนโลยี แนวปฏิบัติ และเทคนิคต่างๆ ที่ใช้ลดมลพิษต่างๆ ที่เกิดจากเตาเผาขยะมูลฝอยชุมชนเพื่อผลิตพลังงาน โดยเฉพาะที่ใช้ลดการปลดปล่อยสารไดออกซินและฟิวแรน รวมทั้งประมวลภาพรวมและทบทวนสถานการณ์การจัดการสารไดออกซินและฟิวแรนในประเทศไทย และเปรียบเทียบค่ามาตรฐานการควบคุมสารไดออกซินและฟิวแรนจากต่างประเทศกับผลการตรวจวัดจากเตาเผาขยะมูลฝอยของเทศบาลนครภูเก็ต เพื่อให้เกิดแนวทางที่เหมาะสมสำหรับการบริหารจัดการเตาเผาขยะมูลฝอยชุมชน โดยเฉพาะในเรื่องของการลดการปลดปล่อยไดออกซินและฟิวแรนของประเทศไทยต่อไป

6.1.6 สรุปผลการศึกษาและจัดทำรูปเล่มรายงานฉบับสมบูรณ์

นำข้อมูลที่ศึกษามาทั้งหมดมาประมวลและสรุปผลการศึกษา รวมทั้งแนะแนวทางในการศึกษาค้นคว้าเพิ่มเติมและต่อยอดจากงานวิจัยครั้งนี้ไว้ในข้อเสนอแนะ และจัดทำรายงานฉบับสมบูรณ์ เพื่อเผยแพร่ต่อไป

6.2 แหล่งข้อมูลที่ใช้ในการศึกษา

แหล่งข้อมูลทุติยภูมิประเภทเอกสารจากฐานข้อมูลต่างๆ ทั้งในประเทศและต่างประเทศ และข้อมูลจากโครงการเตาเผาขยะของเทศบาลนครภูเก็ต

บทที่ 7 ผลการศึกษาและการวิเคราะห์

7.1 เตาเผาขยะมูลฝอยชุมชนเพื่อผลิตพลังงานในประเทศไทย

7.1.1 ภาพรวมของเตาเผาขยะมูลฝอย

การผลิตพลังงานไฟฟ้าจากการเผาทำลายขยะนั้นแบ่งย่อยออกเป็นหลายเทคโนโลยี ซึ่งแต่ละเทคโนโลยีมีวิธีการและต้นทุนที่แตกต่างกันออกไป เช่น เทคโนโลยี Incineration เป็นเทคโนโลยีที่นิยมใช้กันมานาน และให้ผลค่อนข้างดี เทคโนโลยี Gasification และ Pyrolysis เป็นเทคโนโลยีที่พัฒนาขึ้นมาโดยมีข้อดีในด้านการกำจัดมลภาวะที่เกิดจากการเผาได้ดีกว่า และเทคโนโลยี Plasma Arc เป็นเทคโนโลยีที่ยังไม่แพร่หลาย อยู่ในระหว่างการพัฒนา โดยทั้งหมดนี้เป็นวิธีการที่ทำให้ได้พลังงานกลับคืนมาในรูปของความร้อน ซึ่งสามารถนำไปผลิตกระแสไฟฟ้าได้มากกว่าการกำจัดขยะแบบอื่น โดยสิ่งสำคัญในการกำจัดขยะวิธีนี้คือ ค่าความร้อนของขยะมูลฝอยที่ส่งเข้าเตา ทั่วไปควรมีค่าความร้อนไม่ต่ำกว่า 2,150 กิโลแคลอรี/กิโลกรัม หากค่าความร้อนของขยะต่ำกว่านี้จะต้องใช้เงินลงทุนเพิ่มสูงขึ้น [2] นอกจากนี้จะต้องมีปริมาณขยะที่เผาไหม้ได้เป็นสัดส่วนที่สูงเพียงพอ ทั้งนี้จากการทบทวนข้อมูลสถานการณ์บริหารจัดการขยะ และข้อมูลการสำรวจและวิเคราะห์สมบัติทางเคมีของขยะมูลฝอยในประเทศไทยที่ผ่านมาพบว่า ปัจจุบันประเทศไทยมีปริมาณขยะมากกว่า 15 ล้านตัน/ปี และมีค่าความร้อนเฉลี่ยทั่วประเทศอยู่ที่ 6,466 กิโลแคลอรี/กิโลกรัม จึงทำให้เห็นว่าข้อมูลเบื้องต้นของขยะทั้งปริมาณและค่าความร้อนมีศักยภาพเพียงพอในการใช้งานเทคโนโลยีนี้ และจากการทบทวนภาพรวมของการใช้เทคโนโลยีผลิตพลังงานต่างๆ พบว่าในต่างประเทศนั้นนิยมใช้เทคโนโลยีเตาเผา (Incineration) เนื่องจากมีความจำเป็นต้องกำจัดของเสียให้เหลือากน้อยที่สุด ซึ่งการเผาเป็นวิธีกำจัดของเสียขั้นสุดท้าย นอกเหนือจากการใช้วิธีฝังกลบ นิยมนำไปใช้ในประเทศที่ขาดแคลนพื้นที่ เช่น ญี่ปุ่น สวิตเซอร์แลนด์ เนเธอร์แลนด์ และประเทศในคาบสมุทร สแกนดิเนเวีย เป็นต้น ประเทศที่เป็นผู้นำในเรื่องของเทคโนโลยีเตาเผาขยะก็มีหลายประเทศด้วยกัน เช่น ประเทศจีน สหรัฐอเมริกา เยอรมัน ออสเตรเลีย ญี่ปุ่น สวิตเซอร์แลนด์ อังกฤษ เกาหลีใต้ สวีเดน ฮอลแลนด์ นอร์เวย์ สิงคโปร์ เป็นต้น

เทคโนโลยีเตาเผา (Incineration) มีรูปแบบเทคโนโลยีที่ไม่ซับซ้อน มีการใช้งานได้ผลดีมานาน เตาเผาออกแบบมาให้เข้ากับสมบัติของขยะชุมชนที่มีความชื้นสูง และมีค่าความร้อนไม่แน่นอนจากการแปรผันตามฤดูกาล ซึ่งเหมาะกับการใช้งานในประเทศไทย จากข้อมูลของกรมควบคุมมลพิษพบว่าในประเทศไทยมีการติดตั้งใช้งานระบบเตาเผาเพื่อกำจัดขยะทั้งหมดจำนวน 5 แห่ง ซึ่งมีเพียง 2 แห่ง

เท่านั้นที่ยังเดินระบบอยู่ คือ เตาเผาของเทศบาลนครภูเก็ต และเตาเผาของ อบต.เกาะเต่า จ.สุราษฎร์ธานี ส่วนเตาเผาอีก 3 แห่งคือ เตาเผาของเทศบาลเมืองเกาะสมุย จ.สุราษฎร์ธานี ได้หยุดเดินระบบชั่วคราวเพื่อซ่อมแซม เตาเผาของเทศบาลเมืองลำพูนได้ปิดดำเนินการแล้ว เนื่องจากอุปกรณ์หมดอายุการใช้งาน และเตาเผาของเกาะพีพี จ.กระบี่ เสียหายทั้งหมดเนื่องจากเหตุธรณีพิบัติภัย ทั้งนี้อาจมีที่อื่นๆ อีกที่มีการใช้งานเทคโนโลยีนี้ แต่ยังไม่มีการเปิดเผยข้อมูลอย่างเป็นทางการและเพียงพอ จึงทำให้ไม่สามารถใช้ในการอ้างอิงเป็นประสบการณ์ในงานวิจัยได้ แต่ได้รวบรวมจากฐานข้อมูลต่างๆ เพื่อให้เห็นถึงสภาพของการใช้เทคโนโลยีเตาเผาขยะในประเทศไทย ดังนี้

สภาพของเตาเผาขยะในประเทศไทย

จากข้อมูลรายงานฉบับสมบูรณ์ของโครงการติดตามและประเมินผลการจัดการขยะมูลฝอย และน้ำเสียชุมชนขององค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น [56] พบว่ามีเทศบาลที่ใช้เตาเผาในการกำจัดขยะ ดังนี้

1) เทศบาลเมืองภูเก็ต จังหวัดภูเก็ต มีเตาเผาขยะมูลฝอยขนาด 6 ตัน ตั้งอยู่ที่หน้าที่ทำการเทศบาล ซึ่งเป็นงบประมาณจากทางเทศบาล โดยมีการนำขยะมูลฝอยมาเผาในช่วงแรก เพื่อแสดงว่าเตาเผาขยะมูลฝอยนั้นสามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ และไม่ก่อให้เกิดมลพิษใดๆ แต่หลังจากมีการดำเนินงานพบว่า มีปัญหาเรื่องทัศนียภาพ รวมทั้งกลิ่นเหม็นจากขยะมูลฝอยในขั้นตอนการนำมูลฝอยเข้าเตาเผา รวมทั้งปัญหาเรื่องของการใช้จ่ายในการดำเนินระบบที่ค่อนข้างสูง จึงทำให้ต้องหยุดการใช้งานเตาเผา

2) อบต.อ่าวนาง จังหวัดกระบี่ กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม ร่วมกับจังหวัดกระบี่ ดำรวจสภาพปัญหาสิ่งแวดล้อม และจัดทำรายละเอียดของแผนปฏิบัติ เพื่อลดและกำจัดมลพิษในเขตควบคุมมลพิษเกาะพีพี โดยกระทรวงวิทยาศาสตร์ฯ จึงได้จัดสรรงบประมาณ เพื่อก่อสร้างระบบกำจัดขยะมูลฝอยเป็นจำนวนเงิน 17.55 ล้านบาท ก่อสร้างอาคาร และติดตั้งเตาเผาขยะมูลฝอยขนาด 5 ตัน จำนวน 2 เตา บนเกาะพีพี ก่อสร้างแล้วเสร็จปี พ.ศ. 2540 แต่ไม่ได้เปิดดำเนินการตั้งแต่ก่อสร้างแล้วเสร็จ เนื่องจากขาดบุคลากรที่มีความรู้ด้านเตาเผาขยะมูลฝอย ขาดเจ้าหน้าที่ดูแลระบบ และไม่มีงบประมาณเพียงพอสำหรับจ่ายค่าไฟฟ้าและค่าน้ำมันเชื้อเพลิง สำหรับดำเนินการเผาขยะมูลฝอยในเตาเผา โดยในปัจจุบันมีปริมาณขยะมูลฝอยที่เกิดขึ้นในพื้นที่ 14.45 ตัน/วัน ผู้บริหาร อบต.อ่าวนาง ในปัจจุบัน ไม่รับรู้การมีเตาเผาในพื้นที่ บนเกาะพีพี โดยให้เหตุผลว่า เป็นปัญหาในช่วงการส่งมอบงานที่ไม่ได้มีการติดตามงานร่วมกันระหว่าง อบต. และผู้ก่อสร้างทำให้ไม่สามารถประเมินราคาในการดูแล และจัดการระบบ ไม่รับทราบวิธีการดำเนินระบบ การบำรุงรักษาเครื่องจักร อีกทั้งทาง อบจ.กระบี่ เป็นผู้รับมอบงานแทนที่จะเป็น อบต. ปัจจุบันพื้นที่โรงเตาเผาขยะมูลฝอย ได้มีชาวบ้านตั้งรกรากอาศัยอยู่ในพื้นที่ดังกล่าว หากมีการเปิดดำเนินการอีกครั้งอาจเกิดปัญหาจากชาวบ้านได้ จึงควรมีการชี้แจงแก่ผู้ที่เข้ามาอยู่อาศัย และจัดหาที่อยู่ใหม่ อบต.อ่าวนาง ได้เสนอแผนงานบำบัดและฟื้นฟู โดยเสนอให้รื้อถอนและย้ายเตาเผาขยะมูลฝอยทั้ง 2 เตา จากเกาะพีพีมาที่แผ่นดินใหญ่ บริเวณ อ.เมือง

จ.กระบี่ เพื่อใช้เป็นเตาเผาขยะมูลฝอยติดเชื้อของจังหวัด และปรับปรุงอาคารเตาเผาปัจจุบันเป็นศูนย์คัดแยกขยะมูลฝอย การดำเนินการตามแผนที่เสนอ ต้องใช้งบประมาณทั้งสิ้นประมาณ 15.6 ล้านบาท ซึ่งใกล้เคียงกับเงินลงทุนที่ได้ใช้ไปแล้ว 17.55 ล้านบาท ปัจจุบันระบบเตาเผานี้เสียหายทั้งหมดเนื่องจากเหตุธรณีพิบัติภัย

3) เทศบาลเมืองลำพูน จังหวัดลำพูน กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม (กองทุนมิยาซาวา) เป็นหน่วยงานสนับสนุนงบประมาณการก่อสร้างระบบเตาเผาขยะมูลฝอย จำนวน 52.574 ล้านบาท และได้เปิดดำเนินการในปี พ.ศ. 2542 โดยสถานที่กำจัดขยะมูลฝอยตั้งอยู่ที่ ต.ในเมือง อ.เมือง จ.ลำพูน การกำจัดเป็นแบบเตาเผาขยะมูลฝอย ภายในสถานที่กำจัดขยะมูลฝอยประกอบด้วยเตาเผาขยะมูลฝอย 1,000 กิโลกรัม/ชั่วโมง มี 2 เตาเผา สามารถเผาขยะมูลฝอยที่มีความชื้นร้อยละ 50 เป็นเตาเผาขยะมูลฝอยสามารถทำงานต่อเนื่องได้ 24 ชั่วโมง มีปริมาณขยะมูลฝอยเข้าสู่โรงกำจัด 16.9 ตัน/วัน โดยเป็นขยะมูลฝอยในเขตเทศบาลทั้งหมด สำหรับเครื่องจักรอุปกรณ์ประกอบด้วย รถดันดินตะขาบ ขนาด 88 แรงม้า 1 คัน และขนาด 40 แรงม้า 1 คัน รถดั๊กหน้าขุดหลัง 1 คัน

ในการดำเนินการระบบเตาเผาขยะมูลฝอย ซึ่งมีจำนวนสองเตา จะเผาเพียง 1 เตา แล้วสลับกันเผาไม่ได้เผาพร้อมกันทั้งสองเตา เนื่องจากคนงานที่ทำหน้าที่ดันขยะมูลฝอยลงเตามีเพียง 3 คน บางครั้งขยะจึงถูกกองอยู่ในบริเวณด้านนอกมากเกินไป จึงควรเพิ่มคนงานเพื่อให้ไม่เกิดการกองขยะมูลฝอยมากเกินไป อีกทั้งทำให้ชั่วโมงการทำงานของเตาเผาขยะมูลฝอยน้อยลง ทำให้เตาเผาขยะมูลฝอยถูกใช้งานไม่เต็มประสิทธิภาพ ปัจจุบันระบบเตาเผาเปิดดำเนินการแล้ว เนื่องจากอุปกรณ์หมดอายุการใช้งาน

4) เทศบาลเมืองอ่างทอง จังหวัดอ่างทอง การกำจัดขยะมูลฝอยที่เทศบาลเมืองอ่างทอง เป็นการจัดการขยะมูลฝอยแบบผสมผสาน ส่วนของบ่อฝังกลบขยะมูลฝอยได้รับงบประมาณสนับสนุนจากกระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม แต่ในส่วนของการปุ๋ยหมัก อาคารแก๊สชีวภาพจากขยะมูลฝอย และเตาเผาขนาด 1 ตัน/วัน ได้รับงบประมาณสนับสนุนจากสถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย

5) เทศบาลตำบลโลกกลอย จังหวัดพังงา สถานที่กำจัดขยะมูลฝอย ตั้งอยู่ที่ ถ.ต้นชะมู่งโพธิ์ หมู่ 12 บ้านฝรั่ง ต.ตะกั่วทุ่ง อ.ตะกั่วทุ่ง จ.พังงา ห่างจากเขตเทศบาล 14 กิโลเมตร ภายในสถานที่กำจัดขยะประกอบด้วย บ้านพักพนักงาน และอาคารเตาเผาขยะมูลฝอย รถดั๊กหน้าขุดหลังขนาด 83 แรงม้า 1 คัน มีปริมาณขยะมูลฝอยเข้าสู่ระบบกำจัด 14.27 ตัน/วัน โดยเป็นขยะมูลฝอยในเขตเทศบาล 5.6 ตัน/วัน เป็นขยะมูลฝอยนอกเขตเทศบาล 8.67 ตัน/วัน แต่ปัจจุบันมีการดำเนินงานแบบ Open Dump เทศบาลโลกกลอยมีเตาเผาขยะมูลฝอย ซึ่งได้รับงบประมาณมาจากงบประมาณสนับสนุนโดยส่วนภูมิภาคและท้องถิ่นของการพัฒนาจังหวัดปี พ.ศ. 2538 จำนวน 2,390,000 บาท แต่ได้ปิดดำเนินการ เนื่องจากขาดงบประมาณในการซื้อน้ำมันเชื้อเพลิง และบำรุงรักษาเตาเผาขยะมูลฝอย

6) เทศบาลนครภูเก็ต จังหวัดภูเก็ต กรมโยธาธิการ และกระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม เป็นหน่วยงานสนับสนุนการก่อสร้างเตาเผาขยะมูลฝอย จำนวนเงินทั้งหมด 909.8 ล้านบาท ขนาดกำจัดขยะมูลฝอยได้ 250 ตัน/วัน ซึ่งสามารถขยายได้สูงสุดเป็น 500 ตัน/วัน แต่ในปัจจุบันยังคงรองรับขยะมูลฝอยได้ 250 ตัน/วัน โดยก่อสร้างแล้วเสร็จเมื่อเดือนพฤษภาคม พ.ศ. 2541 สถานที่กำจัดขยะมูลฝอยตั้งอยู่ที่ หมู่ที่ 1 ถ.รัตนโกสินทร์ 200 ปี ต.วิชิต อ.เมือง จ.ภูเก็ต มีพื้นที่ทั้งหมด จำนวน 134.7 ไร่ เป็นที่ดินโรงเตาเผาขยะมูลฝอยจำนวน 46 ไร่ ที่เหลือเป็นบ่อฝังกลบขยะมูลฝอย และบ่อบำบัดน้ำชะขยะมูลฝอย โดยใช้วิธีกำจัดแบบเตาเผาขยะมูลฝอยเป็นหลัก ภายในสถานที่กำจัดขยะมูลฝอย ประกอบด้วย ป้อมยาม อาคารเครื่องชั่งน้ำหนักขยะมูลฝอย โรงจอดรถ และซ่อมบำรุง อาคารเตาเผาขยะมูลฝอย โดยในอาคารดังกล่าว มีบ่อพักขยะมูลฝอย ชุดตะกรับเคลื่อนที่ได้ (Mitsubishi Martin Moving Grate) หม้อไอน้ำ ตัวอุปกรณ์กำเนิดไฟฟ้า ระบบควบคุมมลพิษทางอากาศซึ่งใช้สารปูนขาว ฟัน เป็นระบบแห้งพร้อมเครื่องกรองฝุ่นชนิดถุง (Bag Filter) ระบบบำบัดน้ำชะขยะมูลฝอย บ่อเก็บแฉะ และปล่องควัน โดยในปัจจุบันมีปริมาณขยะมูลฝอยเข้ามายังสถานที่กำจัดขยะมูลฝอย 360 ตัน โดยรับเข้าเตาเผา 276.55 ตัน/วัน ถูกเผา 272.15 ตัน ถูกคัดแยก 19.76 ตัน/วัน ฝังกลบ 18.11 ตัน/วัน

นอกจากนี้ยังพบว่ามีเตาเผาอื่นๆ ที่รายงานฉบับสมบูรณ์ของโครงการติดตามและประเมินผล การจัดการขยะมูลฝอยยังไม่ได้กล่าวถึงคือ เตาเผาของเทศบาลเมืองเกาะสมุย จ.สุราษฎร์ธานี และเตาเผาของ อบต.เกาะเต่า จ.สุราษฎร์ธานี จากรายงานสถานการณ์มลพิษของประเทศไทย [14, 15]

เทศบาลเมืองเกาะสมุย จังหวัดสุราษฎร์ธานี ดำเนินการตั้งแต่ปี พ.ศ. 2542 จากงบประมาณ การก่อสร้างผ่านทางกรมโยธาธิการจำนวน 501 ล้านบาท และงบประมาณจากรัฐบาลในการบริหารจัดการโรงเผาปีละ 50 ล้านบาท โดยประมูลให้เอกชนดำเนินการ สถานที่กำจัดขยะมูลฝอยมีพื้นที่ 42 ไร่ เตาเผาใช้เทคโนโลยีของบริษัท NKK Engineering จากประเทศญี่ปุ่น และให้บริษัทซียูบี จำกัด เป็นผู้ดำเนินการเตาเผา สามารถเผาขยะได้ 140 ตัน/วัน ปัจจุบันพบว่า เตาเผาได้ปิดดำเนินการอย่างต่อเนื่องจากการชำรุดเสียหายยังไม่ได้ซ่อม จึงเปลี่ยนระบบกำจัดมาเป็นแบบฝังกลบ แต่ก็ประสบปัญหาจากการไม่ได้วางแผนรับปัญหาน้ำเสีย เนื่องจากขยะมีปริมาณมาก เพราะขนมาจากทั้งเกาะ จึงทำให้ดำเนินการฝังกลบไม่ทัน พอฝนตกลงมา ก็ชะเอาน้ำจากกองภูเขาขยะ ไหลลงคลองมะเล็ด แหล่งน้ำธรรมชาติ ที่ชาวบ้านใช้ผลิตประปา ทำให้เกิดปัญหาใหญ่ตามมา

อบต. เกาะเต่า จังหวัดสุราษฎร์ธานี สถานที่กำจัดขยะมูลฝอยตั้งอยู่บนพื้นที่ 3 ไร่ โดยมีปริมาณขยะมูลฝอยที่เข้าระบบเตาเผา 5 ตัน/วัน

ส่วนเตาเผามูลฝอยอื่นๆ ในประเทศไทย จากการประมวลผลแหล่งข้อมูลอื่นๆ ทั่วไป สรุปได้ดังนี้

- (1) บริษัทพีเจทีที่ดำเนินการเผามูลฝอยอุตสาหกรรมให้กับนิคมอุตสาหกรรมอมตะนคร โดยสร้างเตาเผามูลฝอยขนาด 60 ตัน/วัน และสามารถผลิตกระแสไฟฟ้าได้ 1.5 เมกะวัตต์ นอกจากนี้ยังได้รับสิทธิก่อสร้างและบริหารโครงการเตาเผาขยะแห่งที่ 2 ของเทศบาลนครภูเก็ต
- (2) ในปี พ.ศ. 2555 นี้กรุงเทพมหานครก็มีแผนดำเนินการก่อสร้างเตาเผาขยะด้วยเช่นกัน โดยจะจัดสร้างขึ้นในพื้นที่เขตหนองแขม จากงบประมาณปี พ.ศ. 2555 ของสำนักรักษาความสะอาดในวงเงินราคากลางที่ 2,190 ล้านบาท ซึ่งบริษัทที่ประมูลได้คือ บริษัท ซีเอนด์จี เอ็นไวรอนเมนทอล โปรเทคชั่น (ประเทศไทย) จำกัด ซึ่งมีบริษัทแม่ทำธุรกิจด้านการเผาขยะอยู่ในประเทศจีน เป็นผู้จัดสร้างและบริหารงาน โดยใช้เทคโนโลยีในรูปแบบเดียวกันกับเตาเผาขยะชุมชนที่จังหวัดภูเก็ต มีประสิทธิภาพในการเผา 300 ตัน/วัน ซึ่งสามารถผลิตไฟฟ้าได้ 6 กิโลวัตต์/วัน

นอกเหนือจากนี้ยังมีบริษัทเอกชนต่างๆ ที่เริ่มหันมาสนใจทำธุรกิจเกี่ยวกับเตาเผาขยะชุมชนมากขึ้น เช่น (3) บริษัท 92 Consultant Co.,Ltd. ร่วมกับ C.H. Incinerator Ltd.,Part ผลิตเตาเผาขยะชุมชนระบบปลอดมลพิษไร้ควัน ซึ่งเป็นระบบอัดอากาศ (Air Direct Injection) หากขยะมีความชื้นไม่เกินร้อยละ 30 หรือผ่านการคัดแยกขยะอย่างถูกต้องแล้ว วิธี เตาเผาขยะนี้ไม่จำเป็นต้องใช้เชื้อเพลิง (น้ำมัน-แก๊ส) ในการเผา และมีระบบระบายความร้อนด้วยน้ำ จึงสามารถนำน้ำร้อนนี้ไปใช้ประโยชน์ต่อได้ รวมถึงบริษัทยังเป็นผู้ผลิตเตาเผาขยะระบบไม่จำเป็นต้องใช้เชื้อเพลิงในการเผาไหม้ โดยนำเทคโนโลยีมาจากประเทศเยอรมัน (4) บริษัท ทรินิตี้ เอ็นเนอร์ยี จำกัด ซึ่งบริหารจัดการตั้งแต่การคัดแยกขยะ การเผาขยะ จนถึงการนำความร้อนจากการเผาขยะมาผลิตเป็นพลังงานไฟฟ้าในระบบต่างๆ การบริหารจัดการความร้อนเหลือทิ้ง ตั้งแต่อุณหภูมิ 200 องศาเซลเซียส ลงมาจนถึง 40 องศาเซลเซียส ความร้อนเหลือทิ้งเหล่านี้สามารถนำมาผลิตเป็นพลังงานไฟฟ้าได้โดยเครื่องจักรกล Organic Rankine Cycle ซึ่งเป็นเทคโนโลยีลิขสิทธิ์เฉพาะของบริษัท (5) บริษัทราชาอีคิวเมนท์ จำกัด จำหน่ายเตาเผาขยะแบบหมุนขนาดตั้งแต่ 100-500 กิโลกรัม/ชั่วโมง พร้อมระบบบำบัดมลภาวะ แบบสัสม์น้ำและไซโคลน เป็นเตาเผาขยะแบบหมุนชนิด 2 ห้องเผา พร้อมผู้ควบคุมการทำงานแบบตั้งเวลาทำงานอัตโนมัติ และอุปกรณ์ ควบคุมควันอัตโนมัติด้วยระบบอิเล็กทรอนิกส์ คำนวณพิษจากไอเสียต่างๆ รวมทั้งค่าไดออกซินที่ปล่อยออกจากปล่องผ่านเกณฑ์มาตรฐานตามประกาศกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม พ.ศ. 2546 เป็นผลิตภัณฑ์จากประเทศทวีปยุโรป ซึ่งได้รับการรับรองมาตรฐาน ISO 9001 โดยห้องเผาทั้ง 2 ใช้วัสดุทนความร้อนสูงกว่า 1,600 องศาเซลเซียส ตามมาตรฐาน ASTM อนุสิทธิบัตร เลขที่ 3000079 (6) บริษัท เทอร์ม เอ็นจิเนียริง จำกัด ผลิตผลงานเตาเผาขยะชุมชนไปติดตั้งในชุมชนต่างๆ ดังนี้ ที่ศูนย์ฟื้นฟูสมรรถภาพแรงงาน จ.ระยอง ขนาด 50 กิโลกรัม/ชั่วโมง ที่สถานีรายงานอากาศ กองทัพอากาศ อ.กระทุ่ม จ.ภูเก็ต ขนาด 60 กิโลกรัม/ชั่วโมง ที่ อบต.สันทราย อ.เมือง จ.เชียงราย ขนาด 500 กิโลกรัม/วัน ที่ศูนย์บำบัดยาเสพติดเคาแฟริก จ.นครราชสีมา ขนาด 50 กิโลกรัม/

ข้าวโม่ ที่ อบต.บางแม่มาย จ.สุพรรณบุรี ขนาด 0.5 ตัน/วัน ที่บริษัทปูนซีเมนต์ไทย แก่งคอย จำกัด จ.สระบุรี ขนาด 250 กิโลกรัม/ข้าวโม่ ที่เทศบาลนากลาง จ.หนองบัวลำภู ขนาด 1.5 ตัน/วัน ที่บริษัทสามชัยสตีล อินดัสตรี จำกัด (มหาชน) จ.สมุทรสาคร ขนาด 300 กิโลกรัม/วัน ที่ อบต.บ้านแม อ.สันป่าตอง จ.เชียงใหม่ ขนาด 80 กิโลกรัม/ข้าวโม่ จำนวน 14 เตา และที่เทศบาลวังกะ จ.กาญจนบุรี ขนาด 3 ตัน/วัน (7) บริษัทเสริมทรัพย์ไพศาล กรุ๊ป 1999 จำกัด มีพิธีลงนามสัญญาความร่วมมือการจัดขยะมูลฝอยชุมชนในโครงการโรงไฟฟ้าพลังงานขยะมูลฝอยชุมชน ขนาด 600 ตัน/วัน กับเทศบาลเมืองปทุมธานี และมีพิธีลงนามสัญญาร่วมทุนก่อสร้างโครงการโรงไฟฟ้าพลังงานขยะชุมชน มูลค่า 4 หมื่นล้านบาท เมื่อวันที่ 28 สิงหาคม พ.ศ. 2555 ณ สโมสรกองทัพบก กรุงเทพมหานคร ได้มีพิธีลงนามร่วมทุนเพื่อดำเนินการก่อสร้างโครงการโรงไฟฟ้าพลังงานขยะชุมชนขนาด 8 เมกะวัตต์ จำนวน 37 โครงการ กับ Wuxi Huaguang Electric Power Engineering Co., Ltd. และ Shandong Power Equipment Co., Ltd. จากประเทศจีน เพื่อนำเทคโนโลยีการเผาขยะแบบไร้มลพิษและผลิตกระแสไฟฟ้ามาใช้ในประเทศไทย ซึ่งถือได้ว่าเป็นรายแรก และ รายเดียวที่ได้รับความเห็นชอบให้นำระบบ CFB Technology by Foster Wheeler จากสหรัฐอเมริกา ที่ได้รับการยอมรับจากทั่วโลกว่าเป็นเทคโนโลยีใหม่ล่าสุดที่ได้มาตรฐานระดับโลก ซึ่งทางบริษัทผู้ถือหุ้นหัววง บอยเลอร์ จำกัด จากประเทศจีนเป็นเจ้าของลิขสิทธิ์ และมีการใช้งานอยู่หลายประเทศทั่วโลก เช่น ยุโรป สหรัฐอเมริกา จีน เกาหลีใต้ อินโดนีเซีย ญี่ปุ่น ตุรกี และเวียดนาม โดยบริษัทเสริมทรัพย์ฯ ได้ลงนามบันทึกข้อตกลงกับ Wuxi Huaguang Electric Power Engineering Co., Ltd. ในการให้บริษัทเสริมทรัพย์ฯ เป็นผู้ดำเนินการโรงไฟฟ้าพลังงานขยะชุมชน ด้วยระบบ CFB Technology แต่เพียงผู้เดียวในประเทศไทย พม่า กัมพูชา ลาว และตะวันออกกลาง โดยมีสักขีพยาน และแขกรับรับเชิญ ทั้งองค์กรภาครัฐ ภาคธุรกิจ ภาคองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น ภาคการศึกษา ภาคการเมือง ภาคสื่อสารมวลชน และภาคประชาชน ประมาณ 300 กว่าคน เข้าร่วมงาน ซึ่งเป็นการเปิดตัวโครงการครั้งยิ่งใหญ่ระดับประเทศ (ไทย-จีน) โดยมีธนาคาร China Construction Bank (CCB) และ China Development Bank (CDB) จากประเทศจีน ซึ่งเป็นธนาคารใหญ่ลำดับต้นๆของโลกให้การสนับสนุนในพิธีลงนามดังกล่าว ผลจากการเปิดตัวโครงการดังกล่าวได้รับการตอบรับจากสังคมโดยรวมอย่างดีมาก ถือว่าเป็นการลงทุนที่มหาศาลในด้านสิ่งแวดล้อมและพลังงานทดแทนในประเทศไทย และทุกภาคส่วนต่างเห็นพ้องไปในแนวทางเดียวกันว่า ถึงเวลาแล้วที่รัฐบาลจะต้องหันมาให้ความสำคัญ เรื่องการแก้ไขปัญหาขยะอย่างจริงจังและจริงจัง โดยการยกปัญหาเรื่องขยะให้เป็นวาระแห่งชาติ และส่งเสริมให้มีการนำขยะมาเป็นพลังงานทดแทน เพื่อให้เกิดประโยชน์ต่อประเทศชาติ โดยเฉพาะการยกสถานะของขยะให้กลายเป็นพลังงานสะอาดทดแทน ทำให้ประเทศประหยัดเงินตราในการซื้อเชื้อเพลิงจากต่างประเทศ

อย่างไรก็ตามแม้ว่าเทคโนโลยีเตาเผาจะเป็นที่นิยม ได้รับการส่งเสริม และพัฒนาอย่างต่อเนื่อง แต่ก็ยังมีบางกลุ่มที่มีกระแสด้านเทคโนโลยีนี้อยู่ เช่น โครงการเตาเผาขยะมูลฝอย เพื่อผลิต

กระแสไฟฟ้า และจำหน่ายให้กับการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค ขนาด 4 เมกะวัตต์ โดยใช้พื้นที่ 117 ไร่ สร้างเป็นโรงงาน ของบริษัทเสริมทรัพย์ไพศาล กรุ๊ป 1999 จำกัด ที่ทำสัญญากับเทศบาลตำบลนาจ้ว จังหวัดเพชรบูรณ์ แต่เกิดกระแสต่อต้านจากชาวบ้านในพื้นที่ โดยคัดค้านเป็นส่วนใหญ่ เพราะคิดว่าเทศบาลทำโครงการอย่างไม่โปร่งใส อนุมัติดำเนินงานและทำสัญญาว่าจ้างเอกชน ทั้งที่ชาวบ้านส่วนใหญ่ยังไม่เห็นด้วย ไม่มีการถามความคิดเห็นของชาวบ้านก่อนออกแบบว่าจ้าง ซึ่งใช้เงินค่อนข้างมากพอสมควร เป็นจำนวน 4.5 ล้านบาท และเกรงว่าโครงการฯ นี้จะก่อให้เกิดมลพิษ และกระทบต่อลุ่มน้ำป่าสัก และเหตุการณ์จากการที่มีวันรณรงค์ต่อต้านขยะ และเตาเผาขยะโลก (Global Day of Action Against Waste and Incineration) ซึ่งจัดขึ้นทุกปีในช่วงสัปดาห์สุดท้ายของเดือนกันยายน การดำเนินงานขององค์กรนี้ในประเทศไทยมีมูลนิธิบูรณะนิเวศ และกลุ่มคนรักษ์บ่อวินเป็นแกนนำ โดยมีการกิจที่สำคัญคือ คัดค้านบ่อฝังกลบขยะชุมชนที่ได้รับผลกระทบจากกรณีปัญหาขยะต่างๆ ร่วมกับเครือข่ายนานาชาติ เพื่อทางเลือกการจัดการขยะ ค้านเตาเผาขยะ และเรียกร้องให้รัฐบาลต่างๆ ทั่วโลก หยุดการใช้เงินที่มาจากภาษีประชาชนไปสนับสนุนการสร้างเตาเผาขยะ และเทคโนโลยีที่ก่อมลพิษร้ายแรงเหล่านี้ และส่งเสริมการจัดการปัญหาขยะอุตสาหกรรมในประเทศไทยตั้งอยู่บนหลักการผู้ก่อมลพิษเป็นผู้รับผิดชอบ และเร่งรัดให้พื้นที่อันเป็นที่ตั้งของโครงการหลุมฝังกลบขยะและเตาเผาขยะที่มีอยู่แล้วต้องเร่งดำเนินการแก้ไข และฟื้นฟูสภาพแวดล้อมที่ปนเปื้อนมลพิษ มิให้เป็นอันตรายต่อสภาพแวดล้อมของสังคมและคุณภาพชีวิตประชาชน เป็นต้น

ด้วยเหตุนี้จึงเป็นสาเหตุให้ต้องพัฒนาการเผาไหม้แบบธรรมดามีวิวัฒนาการสูงขึ้น เช่น การเพิ่มอุณหภูมิให้สูงขึ้น เพื่อกำจัดสารไดออกซินและฟิวแรน รวมทั้งมีการนำเอาความร้อนไปผลิตกระแสไฟฟ้า และระบบทำความสะอาดแก๊สเสียที่เป็นมลพิษ เป็นต้น เพื่อให้เป็นที่ยอมรับของประชาชนในประเทศ

จากการสรุปข้อมูลทั้งหมดนี้พบว่า เตาเผาส่วนใหญ่เป็นเตาเผาขนาดเล็กใช้สำหรับกำจัดขยะเท่านั้น และเตาเผาขององค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นได้ปิดดำเนินการไปแล้วเป็นจำนวนมาก โดยมีสาเหตุหลักคือ ขาดงบประมาณในการเดินระบบและบำรุงรักษา รวมถึงขาดบุคลากรที่มีความรู้ ความเชี่ยวชาญในการเดินระบบอีกด้วย เหตุนี้จึงทำให้รัฐสูญเสียงบประมาณโดยสิ้นเปลืองเป็นจำนวนมาก เนื่องจากระบบกำจัดขยะโดยใช้เตาเผาที่มีค่าดำเนินการก่อสร้างค่อนข้างสูงถึงสูงมาก ขึ้นอยู่กับเทคโนโลยีที่ใช้ภายในโรงงานเตาเผาทั้งหมด ดังนั้นการให้ความรู้และการศึกษาจึงเป็นสิ่งสำคัญต่อทุกๆ องค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นก่อนที่จะตัดสินใจดำเนินการก่อสร้าง นอกจากนี้การก่อสร้างโรงงานเตาเผาขยะควรออกแบบรองรับการผลิตพลังงานไฟฟ้าหรือความร้อนด้วย โครงการจึงจะสามารถเดินระบบได้อย่างต่อเนื่องจากการขายไฟฟ้าหรือความร้อนนั้น ถึงจะคุ้มค่าแก่การลงทุนก่อสร้าง

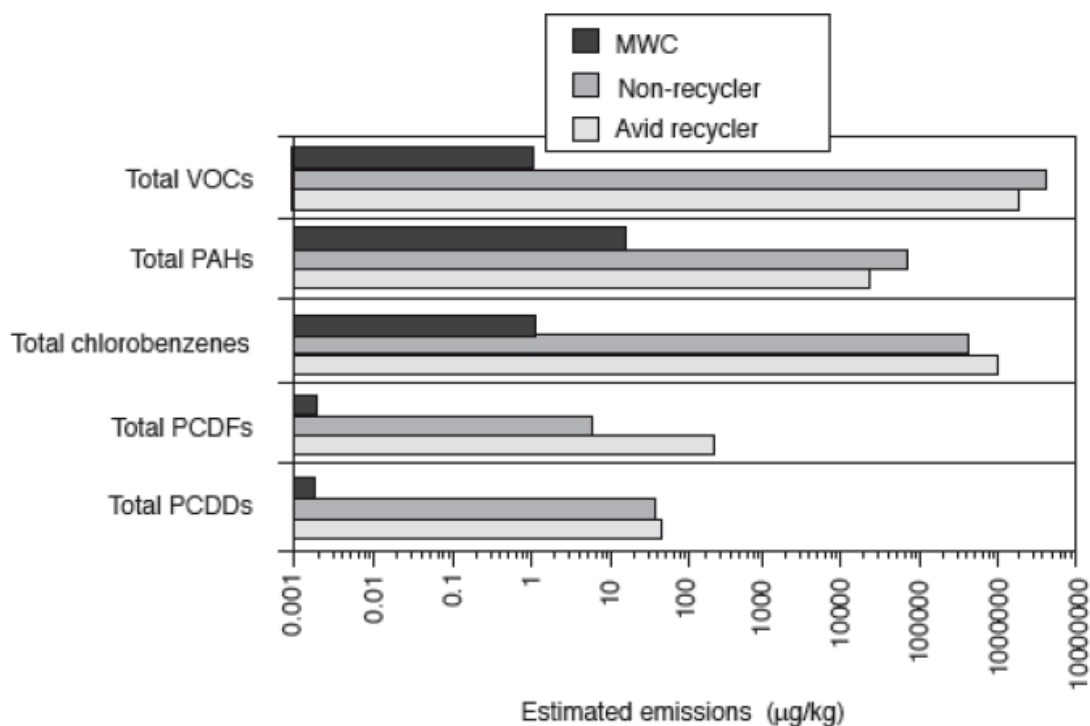
ส่วนเตาเผาของภาคเอกชนเริ่มมีการแข่งขันกันมากขึ้น แต่ยังคงเน้นลงทุนธุรกิจเตาเผาขนาดเล็ก ซึ่งไม่มีอุปกรณ์ควบคุมมลพิษต่างๆ และเตาเผาขนาดกลาง ซึ่งควบคุมมลพิษโดยใช้เตาเผา 2 ห้องเผา

และมีอุปกรณ์ควบคุมมลพิษขั้นพื้นฐานเท่านั้น เช่น Cyclone เป็นต้น นอกจากนี้ยังมีระบบเตาเผาของบางบริษัทที่ต้องพลิกกลับขยะเองโดยการเปิดเตา ทั้งหมดนี้อาจส่งผลให้เกิดมลพิษออกสู่สิ่งแวดล้อมและเป็นอันตรายต่อสุขภาพชีวิตได้ จึงไม่ถือเป็นทางออกที่ดีในการกำจัดขยะ

เหตุผลสำคัญประการหนึ่งที่ทำให้โครงการเตาเผาขยะปิดการดำเนินงานลง หรือไม่สามารถดำเนินการก่อสร้างได้คือ ประชาชนต่อต้าน คัดค้าน ไม่ให้มีการดำเนินการ เนื่องจากกลัวอันตรายจากมลพิษที่เกิดจากเตาเผาขยะนี้ ทั้งๆ ที่การกำจัดขยะภายในประเทศไทยส่วนใหญ่ที่เป็นแบบฝังกลบ โดยเฉพาะในกรุงเทพฯ และเขตเทศบาล กรมควบคุมมลพิษได้สำรวจบ่อฝังกลบขยะในเขตเทศบาลซึ่งมีมากกว่า 2,100 แห่งทั่วประเทศ ปรากฏว่าพบบ่อขยะที่มีมาตรฐานเพียงประมาณ 127 แห่ง ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 6 เท่านั้น ตัวเลขเหล่านี้บอกให้รู้ถึงความรุนแรงและสถานการณ์ที่น่าเป็นห่วงของขยะในประเทศไทย และการกำจัดด้วยวิธีเผาในที่โล่งแจ้งหรือนำไปทิ้งบนพื้นที่ว่างต่างๆ เป็นจำนวนมากในพื้นที่ขององค์การบริหารส่วนตำบล ล้วนทำให้เกิดปัญหาต่อชุมชนและประชาชนที่อยู่ใกล้เคียงได้เช่นกัน ทั้งปัญหาเรื่องกลิ่นและแมลงต่างๆ น้ำเสียจากบ่อฝังกลบขยะหากไหลซึมลงสู่แหล่งน้ำใต้ดิน แม่น้ำ ลำคลอง หรือแหล่งน้ำธรรมชาติต่างๆ จะเกิดผลกระทบต่อระบบนิเวศของน้ำ และเป็นอันตรายต่อสัตว์น้ำต่างๆ รวมทั้งอาจทำลายแหล่งน้ำดิบที่ใช้บริโภค อุปโภค และเป็นปัญหาโดยตรงต่อสภาวะโลกร้อน เนื่องจากเพราะแก๊สมีเทนที่เกิดจากการหมักตัวของขยะจะระบายออกมาตลอดเวลา และหากไม่มีการระบายแก๊สออก อาจเกิดการระเบิดของบ่อฝังกลบขยะได้ และจากปัญหาคำเนินการฝังกลบไม่ทัน หรือขยะเต็มพื้นที่ฝังกลบจึงทำให้ขยะที่นำไปกำจัดนั้น ถูกกองทิ้งกลายเป็นภูเขาขยะขึ้นส่งผลให้เป็นแหล่งเพาะพันธุ์เชื้อโรค เมื่อเกิดน้ำท่วมใหญ่ ขยะจะลอยเกลื่อนเมือง ทำให้เกิดโรคระบาดต่างๆ ตามมา สภาพตามถนนและคลองมีแต่ขยะ ปัญหาที่ตามมาคือ น้ำเน่าเสีย มีกลิ่นเหม็น และขยะจะเข้าไปอุดตันทางเดินของน้ำ ทำให้เกิดน้ำท่วมขัง เป็นต้น

ส่วนการเผาขยะต่างๆ ในที่โล่งแจ้งจะทำให้เกิดสารพิษต่างๆ มากกว่าการเผาในเตาเผาโดยใช้เทคโนโลยีที่มีประสิทธิภาพ โดยเฉพาะการเผาที่มีขยะจำพวกท่อ PVC พลาสติก หรือขยะที่มีสารคลอรีน และอินทรีย์คาร์บอนเป็นองค์ประกอบ จะทำให้เกิดสารไดออกซินและฟิวแรน ที่เป็นสารก่อมะเร็งในปริมาณมาก ซึ่งจากงานวิจัยของ Lemieux ที่ได้ศึกษาการเปรียบเทียบปริมาณสารเคมี 5 กลุ่ม ได้แก่ Total VOCs (Volatile Organic Compounds), Total PAHs, Total Chlorobenzenes, Total PCDF (Polychlorinated Dibenzofurans) และ Total PCDDs (Polychlorinated Dibenzo-p-Dioxins) ที่ปล่อยออกมาจากการเผาในที่โล่ง 2 ชนิดคือ ขยะที่คัดแยก (Avid Recycler) ขยะไม่คัดแยก (Non-Recycler) และการเผาในเตาเผาของเทศบาล (Municipal Waste Combustor-MWC) พบว่า การเผาขยะประเภทไม่คัดแยกในที่โล่งให้สารเคมีกลุ่ม Total VOCs และ Total PAHs มากที่สุด ในขณะที่การเผาขยะประเภทคัดแยกในที่โล่งให้สารเคมีกลุ่ม Total Chlorobenzenes, Total PCDF และ Total PCDDs

มากที่สุด สำหรับการเผาในเตาเผาของเทศบาล ซึ่งมีการควบคุมอุณหภูมิการเผาตามหลักวิชาการให้ สารเคมีทั้ง 5 กลุ่มต่ำที่สุด [7] ดังรูปที่ 7.1



รูปที่ 7.1 เปรียบเทียบปริมาณสารมลพิษที่ปล่อยออกมาจากการเผาชนิดต่างๆ [7]

ด้วยเหตุผลเหล่านี้จึงทำให้เห็นว่าการกำจัดขยะที่มีอยู่เดิมนั้น ถือเป็นอันตราย ทำลายทัศนียภาพ และไม่ถือเป็นการจัดการที่ยั่งยืน ดังนั้นการใช้เทคโนโลยีเตาเผาจึงถือเป็นทางออกที่ดีในการกำจัดขยะ เพราะนอกจากจะลดปริมาณขยะลงได้จำนวนมากแล้ว ยังสามารถนำเทคโนโลยีนี้มาต่อยอดเพื่อผลิตพลังงานไฟฟ้าและความร้อนได้อีกด้วย ทั้งนี้ขึ้นกับเทคโนโลยีที่ใช้ในการเดินระบบและการบำบัดมลพิษที่เกิดขึ้น เพราะหากใช้เทคโนโลยีที่ไม่ได้มาตรฐานจะทำให้เกิดปัญหาด้านมลพิษต่อสิ่งแวดล้อมและชุมชนอย่างใหญ่หลวงได้เช่นกัน ดังนั้นการดำเนินโครงการเตาขยะเพื่อผลิตพลังงาน ต้องเป็นโรงงานแบบปิด ไม่มีกลิ่นรบกวน ไม่มีมลพิษที่เป็นอันตราย หรือมีในปริมาณน้อยมากตามมาตรฐานที่กฎหมายกำหนดไว้ โดยใช้เทคโนโลยีขั้นสูง เพื่อกำจัดขยะแบบไร้มลพิษ หากเทคโนโลยีที่ใช้มีประสิทธิภาพมากขึ้น ก็จะทำให้เป็นที่ยอมรับจากประชาชนมากขึ้นด้วย ทั้งนี้ต้องมีการประชาสัมพันธ์ ให้ความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับเตาเผาขยะควบคู่ไปกับการพัฒนาเทคโนโลยี และสิ่งจำเป็นอย่างยิ่งในการดำเนินการก่อสร้างโครงการฯ คือ ความโปร่งใส เปิดเผย และเป็นธรรมชาติ ไม่ปกปิด ข้อมูล เพื่อให้โครงการฯ มีความน่าเชื่อถือ และเกิดการแข่งขันในเชิงพาณิชย์ได้ในที่สุด

ซึ่งจะส่งผลให้ประเทศมีความมั่นคงทางด้านพลังงานมากขึ้น โดยใช้พลังงานจากขยะเป็นพลังงานทางเลือก และช่วยลดการนำเข้าพลังงานจากต่างประเทศ

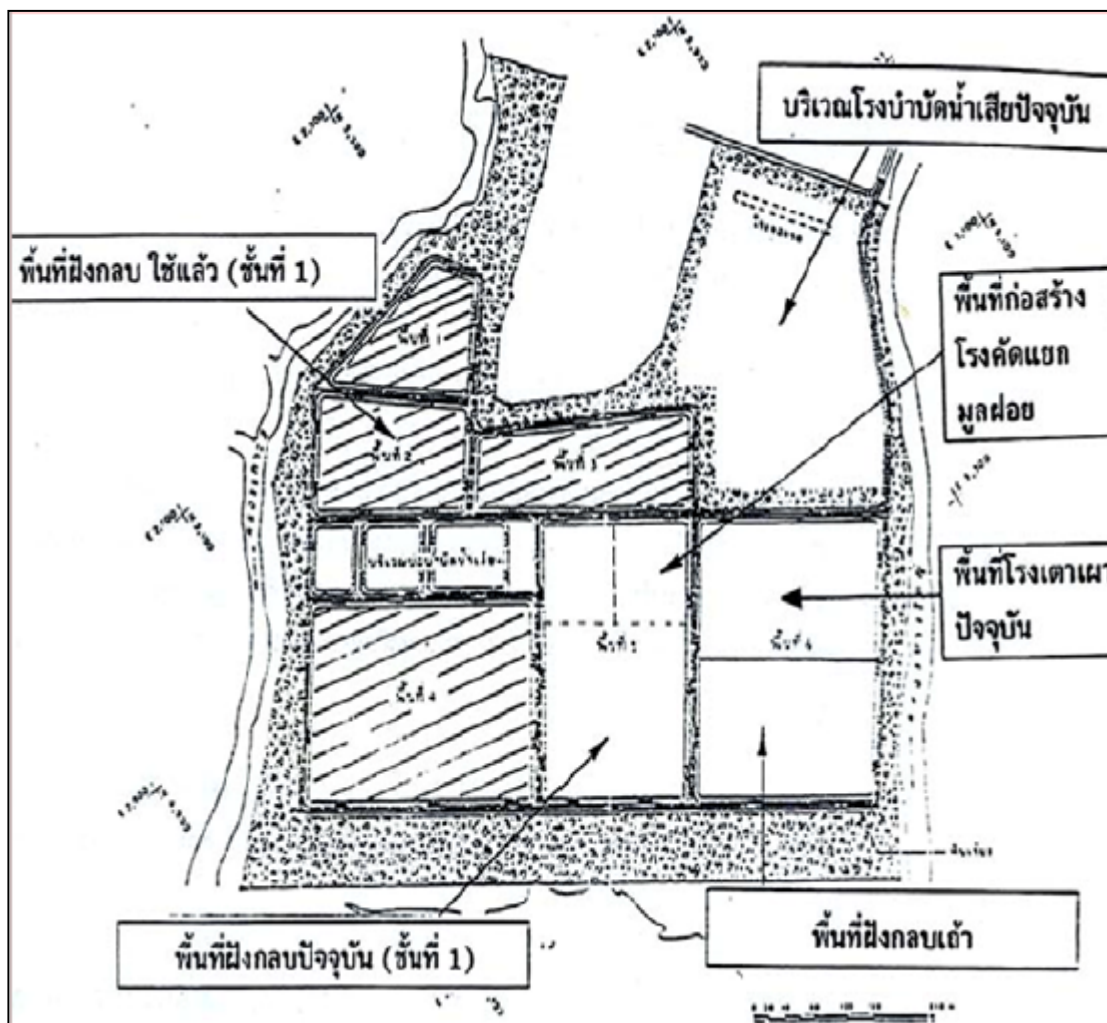
ทั้งนี้แหล่งข้อมูลในประเทศที่เลือกศึกษาคือ โครงการเตาเผาขยะมูลฝอยชุมชนและผลิตพลังงานของเทศบาลนครภูเก็ต เนื่องจากเป็นโครงการแห่งเดียวในประเทศไทยที่ใช้เทคโนโลยีเตาเผาขยะมูลฝอยผลิตพลังงาน ประสบการณ์จากโครงการฯ ที่ดำเนินการตั้งแต่ปี พ.ศ. 2542 จึงเพียงพอที่จะให้บทเรียนต่างๆ ในด้านการจัดการขยะมูลฝอยชุมชนด้วยเทคโนโลยีเตาเผาทั้งด้านบวกที่ควรได้รับการพัฒนาขยายผล และด้านลบที่สังคมไทยควรได้ตระหนัก ศึกษาค้นคว้า ระวังและหลีกเลี่ยง โดยประสบการณ์ทั้งสองด้านนี้จะประโยชน์แก่รัฐในการกำหนดทิศทาง เพื่อทบทวนนโยบายด้านการจัดการขยะมูลฝอยชุมชนและการสนับสนุนเทคโนโลยีเตาเผาขยะ ซึ่งจะประโยชน์แก่ท้องถิ่นอื่นๆ ในการให้บริการสาธารณะด้านการจัดการขยะชุมชนต่อไป

7.1.2 ประสบการณ์จากโครงการเตาเผาขยะมูลฝอยชุมชนและผลิตพลังงาน ของเทศบาลนครภูเก็ต

7.1.2.1 การบริหารจัดการขยะของจังหวัดภูเก็ต [57]

จังหวัดภูเก็ตมีเนื้อที่ 570 ตารางกิโลเมตร มีประชากรตามทะเบียนราษฎร 315,961 คน มีประชากรแฝงมากกว่า 300,000 คน และมีนักท่องเที่ยวมากกว่า 5,300,000 คน ในปี พ.ศ. 2553 พบว่ามีปริมาณขยะมากกว่า 535 ตัน/วัน และมีอัตราการเพิ่มกว่าร้อยละ 7 ต่อปี ปัจจุบันเทศบาลนครภูเก็ตรับผิดชอบดำเนินงานเป็นศูนย์กลางในการจัดการขยะจากเทศบาล และ อบต. ต่างๆ โดยดำเนินการกำจัดขยะในรูปแบบศูนย์กำจัดขยะรวม ตั้งอยู่ในพื้นที่ป่าชายเลนคลองเกาะผี หมู่ที่ 1 ถนนรัตนโกสินทร์ 200 ปี ต.วิชิต อ.เมือง จ.ภูเก็ต ซึ่งแบ่งการใช้พื้นที่ต่างๆ ตามรูปที่ 7.2 ดังนี้

- ระบบกำจัดขยะแบบฝังกลบ พื้นที่ 134 ไร่
- โรงเตาเผาขยะขนาด 250 ตัน/วัน พื้นที่ 46 ไร่
- โรงเตาเผาขยะแห่งที่ 1 ขนาด 250 ตัน/วัน พื้นที่ 46 ไร่
- โรงเตาเผาขยะแห่งที่ 2 ขนาด 700 ตัน/วัน โดยใช้พื้นที่การก่อสร้างจำนวน 9 ไร่ บริเวณใกล้เคียงกับเตาเผาขยะเดิม
- เตาเผาขยะติดเชื้อขนาด 3 ตัน/วัน อยู่บริเวณพื้นที่ฝังกลบ
- โรงคัดแยกขยะ พื้นที่ 8 ไร่
- พื้นที่สำหรับก่อสร้างระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำ



รูปที่ 7.2 ภาพรวมของศูนย์กำจัดขยะรวมของเทศบาลนครภูเก็ต [57]

ปัจจุบันมีปริมาณขยะมูลฝอยเข้ามายังศูนย์กำจัดขยะรวม 360 ตัน/วัน โดยรับเข้าเตาเผา 276.55 ตัน/วัน ถูกเผา 272.25 ตัน/วัน ถูกคัดแยก 19.76 ตัน/วัน และฝังกลบ 18.11 ตัน/วัน โดยปริมาณขยะที่เกิดขึ้นในเกาะทั้งหมดนี้จะถูกเก็บรวบรวมและขนส่งไปยังศูนย์กำจัดขยะรวมของเทศบาลนครภูเก็ต โดย อปท. ที่ดำเนินการเก็บรวบรวมและขนส่งขยะเองมีจำนวน 15 แห่ง และ อปท. ที่จ้างเอกชนดำเนินการเก็บรวบรวมและขนส่งขยะ มี 4 แห่ง (รายละเอียดของปริมาณขยะมูลฝอยที่เก็บขนและส่งกำจัดที่เทศบาลนครภูเก็ต ปี พ.ศ. 2550-2554 สามารถดูได้ในภาคผนวก ง) ซึ่งจากข้อมูลสามารถสรุปได้ดังตารางที่ 7.1

ตารางที่ 7.1 สรุปข้อมูลปริมาณ การเก็บรวบรวม และขนส่งขยะมูลฝอยขององค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น [57]

อปท. ท้องถิ่น	หน่วยงานที่รับผิดชอบเก็บขน	ปริมาณขยะ (ตัน/วัน)
1. อบต.สาकु	เก็บตนเอง	มากกว่า 5.47
2. อบต.เกาะแก้ว	เก็บตนเอง	มากกว่า 7.99
3. อบต.ศรีสุนทร	เก็บตนเอง	มากกว่า 15.01
4. อบต.ไม้ขาว	เก็บตนเอง	มากกว่า 7.20
5. อบต.ปากลอก	เก็บตนเอง	มากกว่า 4.66
6. อบต.เทพกระษัตรี	เก็บตนเอง	มากกว่า 6.53
7. อบจ.ภูเก็ต	เก็บตนเอง	มากกว่า 1.04
8. ทน.ภูเก็ต	เก็บตนเอง	มากกว่า 112.80
9. ทม.ป่าตอง	เก็บตนเอง	มากกว่า 86.43
10. ทต.กะทู้	เก็บตนเอง	มากกว่า 29.31
11. อบต.ราไวย์	เก็บตนเอง	มากกว่า 19.96
12. ทต.เทพกระษัตรี	เก็บตนเอง	มากกว่า 6.18
13. ทต.กะรน	เก็บตนเอง	มากกว่า 36.09
14. ทต.เชิงทะเล	เก็บตนเอง	มากกว่า 6.41
15. อบต.วิชิต	เก็บตนเอง	มากกว่า 44.91
16. อบต.รัษฎา	เอกชน	มากกว่า 40.70
17. อบต.กมลา	เอกชน	มากกว่า 7.17
18. อบต.ฉลอง	เอกชน	มากกว่า 23.59
19. อบต.เชิงทะเล	เอกชน	มากกว่า 17.35
20. เอกชน	-	มากกว่า 29.70
21. อื่นๆ	-	มากกว่า 19.10
รวม		มากกว่า 527.60

*หมายเหตุ: ทน. = เทศบาลนคร ทม. = เทศบาลเมือง ทต. = เทศบาลตำบล

อบจ. = องค์การบริหารส่วนจังหวัด อบต. = องค์การบริหารส่วนตำบล

และจากรายงานโครงการสำรวจและวิเคราะห์องค์ประกอบขยะชุมชนของเทศบาลทั่วประเทศ ของกรมควบคุมมลพิษ ปี พ.ศ. 2547 พบว่า องค์ประกอบขยะของเกาะภูเก็ตที่มีมากที่สุดคือ ขยะอินทรีย์ จำพวก เศษอาหารจุลินทรีย์สาร คิดเป็นร้อยละ 62.70 รองลงมาคือ ขยะรีไซเคิล จำพวก ถู ขวด พลาสติก โดยรายละเอียดขององค์ประกอบต่างๆ แสดงดังตารางที่ 7.2

ตารางที่ 7.2 องค์ประกอบทางกายภาพ และเคมีของขยะมูลฝอยที่เกาะภูเก็ต [57]

องค์ประกอบ	ร้อยละโดยน้ำหนัก (%)		
	ตรวจวัดครั้งที่ 1	ตรวจวัดครั้งที่ 2	เฉลี่ย
ขยะอินทรีย์	62.70 (ร้อยละโดยน้ำหนัก)		
- เศษอาหาร/อินทรีย์สาร	65.64	59.53	62.59
- ไม้	0.00	0.23	0.12
ขยะรีไซเคิล	32.65 (ร้อยละโดยน้ำหนัก)		
- กระดาษขาว	1.44	0.29	0.87
- หนังสือพิมพ์	2.41	2.22	2.32
- หนังสือนิตยสาร/กระดาษแข็ง	1.83	2.22	2.03
- กระดาษกราฟท์	0.52	0.99	0.79
- กล่องนม/น้ำผลไม้	0.39	2.35	1.37
- ถุง/ขวดพลาสติก (PP)	2.79	9.97	3.38
- พลาสติก PET	0.26	0.13	0.20
- พลาสติก PVC	1.42	0.27	0.85
- พลาสติก PS	1.72	0.10	0.91
- พลาสติก EPS	0.60	0.34	0.47
- ถุง/ขวดพลาสติก (HDPE)	5.50	8.29	6.90
- ถุง/ขวดพลาสติก (LDPE)	6.05	4.66	5.36
- แก้วสีขาว	2.38	2.30	2.34
- แก้วสีชา	1.71	2.26	1.99
- แก้วสีเขียว	0.00	0.00	0.00
- อลูมิเนียม	0.93	0.43	0.68
- เหล็ก/เคลือบเหล็ก	0.33	1.30	0.82
- ทองแดง/ทองเหลือง	0.00	0.00	0.00
- ยาง	0.03	0.33	0.18
- ผ้า	0.64	1.66	0.15
- หนัง	0.00	0.24	0.12
ขยะพิษ	0.51 (ร้อยละโดยน้ำหนัก)		
- ถ่านไฟฉาย/แบตเตอรี่	0.03	0.21	0.12
- หลอดไฟฟ้า/กระป๋องสารเคมี (สเปรย์)	0.00	0.78	0.39
อื่นๆ	4.14 (ร้อยละโดยน้ำหนัก)		
- ฝ้ายสำเร็จรูป/กระดาษทิชชู/ผ้าอนามัย และอื่นๆ	3.38	4.90	4.14
ความหนาแน่น (กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร)	190.00	186.67	188.34
ค่าพลังงานความร้อน	1,241 กิโลแคลอรี/กิโลกรัม		

โรงคัดแยกวัสดุใช้แล้วของเทศบาลนครภูเก็ต ให้สัมปทานแก่บริษัททำธุรกิจก่อสร้าง จำกัด ในการลงทุนก่อสร้างโรงคัดแยกวัสดุใช้แล้ว มีกำลังการผลิตไม่น้อยกว่า 300 ตัน/วัน และบริหารจัดการมีระยะเวลาสัมปทาน 20 ปี จากเดือนกรกฎาคม พ.ศ. 2545 ถึงเดือนมิถุนายน พ.ศ. 2565 ดำเนินการโดยใช้แรงงานคนคัดแยก ร่วมกับเครื่องกล ประกอบด้วยสถานีรองรับขยะ สถานีคัดแยกด้วยมือชั้นที่ 1 เครื่องพลิกกองทรงกระบอก สถานีคัดแยกด้วยมือชั้นที่ 2 และ 3 โรงคัดแยกวัสดุใช้แล้ว ปัจจุบันโรงคัดแยกฯ นี้ได้หยุดดำเนินการแล้ว ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2549

ระบบฝังกกลบ มีบ่อฝังกกลบขยะมูลฝอย 5 บ่อ สูง 2 ชั้น ใช้งานมาตั้งแต่ปี พ.ศ. 2536 ดำเนินการดูแลบำรุงรักษาโดยส่วนช่างสุขาภิบาล กองช่างเทศบาลนครภูเก็ต การดำเนินงานที่ผ่านมา เนื่องจากปริมาณขยะมีปริมาณมากเกินกว่าระบบเตาเผาจะรองรับได้ ทำให้ต้องมีขยะบางส่วนถูกส่งเข้าสู่หลุมฝังกกลบ นอกจากนี้การดำเนินการฝังกกลบขยะได้ทำการฝังกกลบในชั้นที่ 1 และ 2 เต็มพื้นที่แล้ว ทั้ง 5 บ่อ แต่เนื่องจากปริมาณขยะที่เข้าสู่ศูนย์เกินขีดความสามารถของเตาเผาขยะที่จะรองรับขยะได้ จึงถูกนำไปฝังกกลบยังบ่อที่ 4 (ชั้นที่ 3) และคาดว่าจะสามารถรองรับได้อีกไม่เกินปี พ.ศ. 2550 ประกอบกับบ่อที่ 4 ชำรุด เนื่องจากฝนตกหนัก จึงทำให้เกิดปัญหาน้ำชะขยะไหลลงสู่คลองเกาะผี

โรงเผาขยะติดเชื้อ ก่อสร้างมาตั้งแต่ปี พ.ศ. 2538 พบว่า อยู่ในสภาพชำรุด ปัจจุบันเทศบาลนครภูเก็ตได้ดำเนินการก่อสร้างเตาเผาขยะติดเชื้อตัวใหม่ ขนาด 2.5 ตัน ด้วยงบประมาณค่าก่อสร้าง 7.8 ล้านบาท โดยใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง และเทศบาลได้รับมอบงานเมื่อวันที่ 28 กันยายน พ.ศ. 2550

ค่าใช้จ่ายในการดำเนินงาน

ค่าใช้จ่ายในการดำเนินการ และอัตราค่าบริการเทศบาลนครภูเก็ตมีค่าใช้จ่ายในการว่าจ้างเอกชนเดินระบบและบำรุงรักษาเตาเผาขยะเฉลี่ยประมาณปี ละ 61 ล้านบาท หรือประมาณ 607 บาท/ตัน คณะกรรมการบริหารจัดการขยะภูเก็ต ได้มีการปรับเพิ่มค่าธรรมเนียมในการให้บริการกำจัดขยะจากทุกท้องถิ่น และทุกแหล่งที่ขนส่งขยะมากำจัด ณ โรงกำจัดขยะรวมภูเก็ต จากเดิมที่เรียกเก็บในอัตรา 200 บาท/ตัน เป็น 300 บาท/ตัน ตั้งแต่วันที่ 1 ตุลาคม พ.ศ. 2550 เป็นต้นไป

- การดำเนินงานเก็บขน สังกัดกองสาธารณสุข สำหรับการดำเนินงานเก็บขนขยะมูลฝอยในปัจจุบันสามารถจัดเก็บได้ร้อยละ 100 เมื่อเทียบกับปริมาณขยะมูลฝอยที่เกิดขึ้น และมีบุคลากรรับผิดชอบงานเก็บขนขยะมูลฝอยจำนวน 70 คน ประกอบด้วย พนักงานขับรถ 16 คน และพนักงานเก็บขนท้ายรถ 54 คน โดยมีค่าใช้จ่ายในการดำเนินการเก็บขนขยะมูลฝอย 10,403,098 บาท/ปี

- ส่วนกำจัดขยะมูลฝอยสังกัดกลุ่มงานสิ่งแวดล้อม สำนักการช่าง งานกำจัดขยะมูลฝอยมีบุคลากร 11 คน ประกอบด้วย ผู้อำนวยการสำนักการช่าง 1 คน นักวิชาการสุขาภิบาล 1 คน และคนงาน 9 คน ดูแลงานฝังกกลบขยะมูลฝอย ส่วนงานเตาเผาขยะมูลฝอยอยู่ในงานรับผิดชอบของเอกชน มีบุคลากร

รับผิดชอบงานเตาเผา รวมทั้งสิ้น 53 คน สำหรับค่าใช้จ่ายในการกำจัดเท่ากับ 53,000,000 บาท/ปี โดยได้ว่าจ้างบริษัทเอกชนดำเนินระบบเตาเผาขยะมูลฝอย 39,000,000 บาท ต่อระยะเวลาดำเนินการ 360 วัน ส่วนค่าซ่อมบำรุงเครื่องจักรทางเทศบาลนครภูเก็ตเป็นผู้รับผิดชอบ ซึ่งประมาณ 14 ล้านบาท - ค่าใช้จ่ายในการดำเนินการ และบำรุงรักษา เพื่อเก็บรวบรวมและขนส่งขยะขององค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นในเกาะภูเก็ต สามารถประเมินได้ว่า ในการให้บริการเก็บรวบรวม และกำจัดขยะมีค่าใช้จ่ายประมาณ 161-1,039 บาท/ตัน ขึ้นอยู่กับระยะห่างขององค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นกับศูนย์จัดการขยะรวม ปัจจุบันการจัดเก็บค่าธรรมเนียมในการเก็บรวบรวมและขนส่งขยะของท้องถิ่นยังประสบปัญหาของการไม่สามารถจัดเก็บค่าธรรมเนียมได้ครอบคลุมทุกแหล่งกำเนิดขยะที่รับบริการ และอัตราค่าธรรมเนียมที่กำหนดไม่สะท้อนต้นทุนค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นจริง ทำให้ท้องถิ่นทุกแห่งต้องรับภาระในการอุดหนุนค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นจากการดำเนินงานดังกล่าว

7.1.2.2 โรงเผาขยะแห่งที่ 1 [58]

โรงเผาขยะมูลฝอยจังหวัดภูเก็ตอยู่ในความดูแลรับผิดชอบของเทศบาลนครภูเก็ต โดยมีกรมโยธาธิการและกระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อมเป็นหน่วยงานสนับสนุนการก่อสร้างเตาเผาขยะมูลฝอย เป็นจำนวน 909.8 ล้านบาท และเริ่มดำเนินงานมาตั้งแต่ปี พ.ศ. 2542 โดยว่าจ้างบริษัท ปิเทค มิตซู คอปเปอร์เรชั่น จำกัด เป็นผู้ดำเนินงานดูแลการเดินระบบ และบำรุงรักษาระบบเตาเผา

โรงเตาเผาขยะนี้ประกอบด้วย อาคารเตาเผาขยะ อาคารประกอบต่างๆ ระบบฟุ้งกลบเถ้า และโครงสร้างพื้นฐาน สิ่งอำนวยความสะดวกสำหรับโรงงาน ภายในอาคารเตาเผาประกอบด้วยเตาเผา 1 ชุด ซึ่งเผาขยะมูลฝอยได้ 250 ตัน/วัน ต่อเนื่องตลอด 24 ชั่วโมง ซึ่งทำงานได้เป็นเวลาอย่างน้อย 7,008 ชั่วโมง/ปี เเผาขยะได้ปีละ 82,000 ตัน มีกำลังผลิตไฟฟ้าประมาณ 2.5 เมกะวัตต์ โดยใช้เทอร์ไบน์แบบ Back Pressure ทำให้อาจนำกระแสไฟฟ้ามาใช้ในโรงงาน และนำส่วนที่เหลือส่งจำหน่ายให้แก่การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค เพื่อช่วยลดต้นทุนค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นจากการเผาขยะที่มีค่อนข้างสูง เนื่องจากระบบของการเผาขยะไม่ได้มีเฉพาะเตาเผา แต่ต้องมีระบบบำบัดอากาศเสียที่มีประสิทธิภาพสูงอีกด้วย

ลักษณะเฉพาะของโรงเผาขยะมูลฝอยของเทศบาลนครภูเก็ต เป็นดังนี้

- 1) ลักษณะเฉพาะของขยะมูลฝอยที่จะเข้าเตาเผา เป็นวัสดุที่เผาไหม้ได้ และมีเส้นผ่านศูนย์กลาง หรือความกว้างสูงสุดไม่เกิน 50 เซนติเมตร
- 2) ลักษณะเฉพาะของขยะมูลฝอยที่ไม่สามารถเข้าเผาในเตาเผาได้ วัสดุที่ระเบิดหรือสามารถระเบิดได้ อุปกรณ์ไฟฟ้า มอเตอร์ และส่วนประกอบ ยางรถยนต์ ขยะมูลฝอยติดเชื้อจากโรงพยาบาล

3) ระบบควบคุมมลพิษอากาศ โรงเผาขยะได้มีการติดตั้งอุปกรณ์ที่มีประสิทธิภาพสูงสำหรับการควบคุมความเข้มข้นของฝุ่นละออง และแก๊สมลพิษ ได้แก่ SO_x และ HCl โดยเป็นแบบ Dry Type น้ำเสียที่เกิดจากระบบมีการบำบัดเบื้องต้นก่อนที่จะส่งให้กับระบบบำบัดน้ำเสียส่วนกลางของเทศบาลที่ตั้งอยู่ติดกัน ได้มีการออกแบบเพื่อลดเสียงรบกวนที่เกิดขึ้นอย่างมีประสิทธิภาพ และมีการตรวจวัดค่าความเข้มข้นของ HCl , SO_x , และ NO_x อย่างต่อเนื่อง

4) ปัญหาเกี่ยวกับกลิ่น โรงงานได้รับการออกแบบเพื่อลดกลิ่นที่เกิดขึ้นอย่างมีประสิทธิภาพ

5) การปฏิบัติงานอย่างอัตโนมัติ การปฏิบัติงานของโรงงานสามารถควบคุม และเฝ้าระวังได้จากห้องควบคุมอย่างอัตโนมัติ

อาคารโรงเตาเผา

เป็นตึกก่อสร้างด้วยคอนกรีตเสริมเหล็กสูง 6 ชั้น มีขนาด 42×84 เมตร และสูง 37 เมตร ภายในอาคารออกแบบให้สามารถใช้งานได้อย่างอเนกประสงค์ เป็นที่ตั้งของอุปกรณ์ต่างๆ เช่น บริเวณเท็งขยะมูลฝอยจากรถเก็บขนขยะมูลฝอย บ่อรองรับขยะมูลฝอย ถังไอน้ำ เทอร์ไบน์ เจนเนอเรเตอร์ไฟฟ้า อุปกรณ์ดักฝุ่น ระบบการจัดการน้ำเสีย ห้องเก็บขี้เถ้า โรงซ่อมเครื่องกลและไฟฟ้า ห้องควบคุมและสำนักงาน และห้องสำหรับเก็บอุปกรณ์และห้องทดลอง เป็นต้น ปล่อยเตาเผาขยะทำด้วยเหล็กกล้าและภายนอกหุ้มด้วยโครมคอนกรีตมีความสูง 59 เมตร

ห้องควบคุมการปฏิบัติงาน

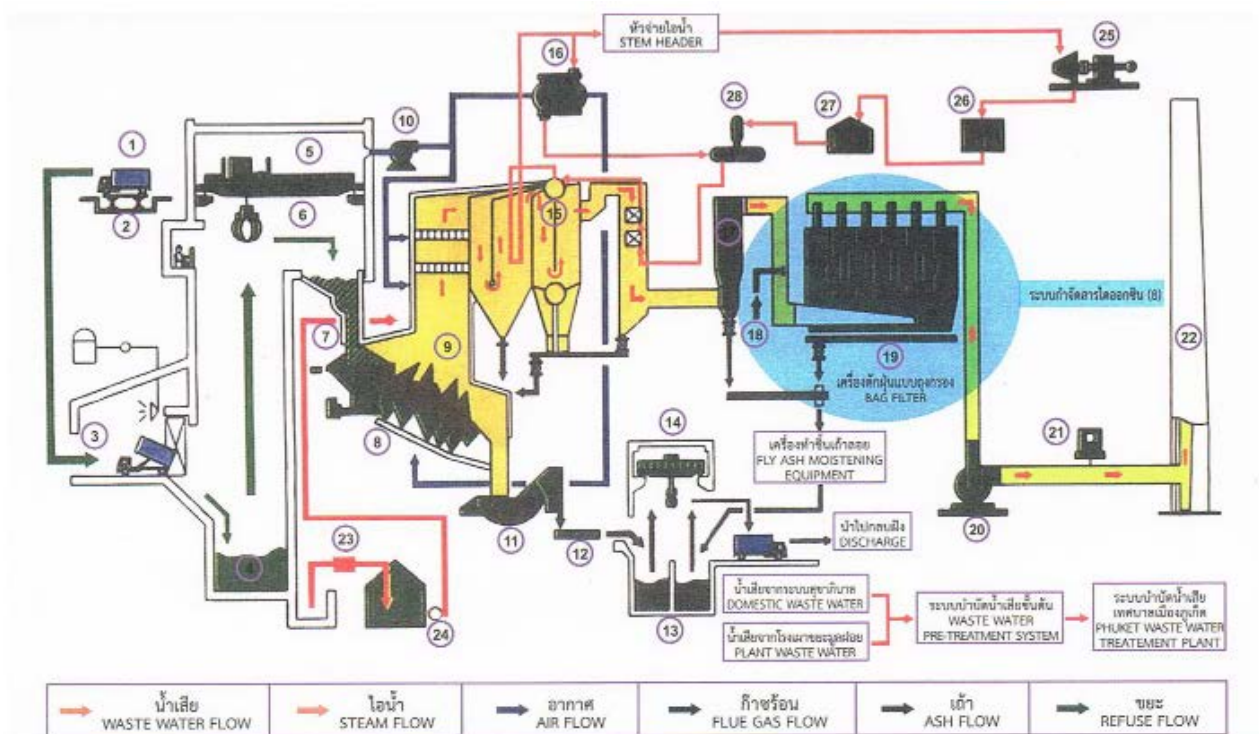
กระบวนการปฏิบัติงานในโรงเผาขยะมูลฝอยทั้งหมด ตั้งแต่รถเก็บขนขยะมูลฝอยวิ่งเข้ามาเทขยะมูลฝอยทิ้ง จนถึงขั้นตอนการลำเลียงขี้เถ้าออกจากโรงเผาจะถูกควบคุมการปฏิบัติงานอย่างอัตโนมัติในห้องควบคุมส่วนกลาง (Central Control Room) ซึ่งสามารถสั่งการการปฏิบัติงานได้สะดวก และใช้บุคลากรจำนวนน้อย ดังรูปที่ 7.3



รูปที่ 7.3 ห้องควบคุมการปฏิบัติงาน [58]

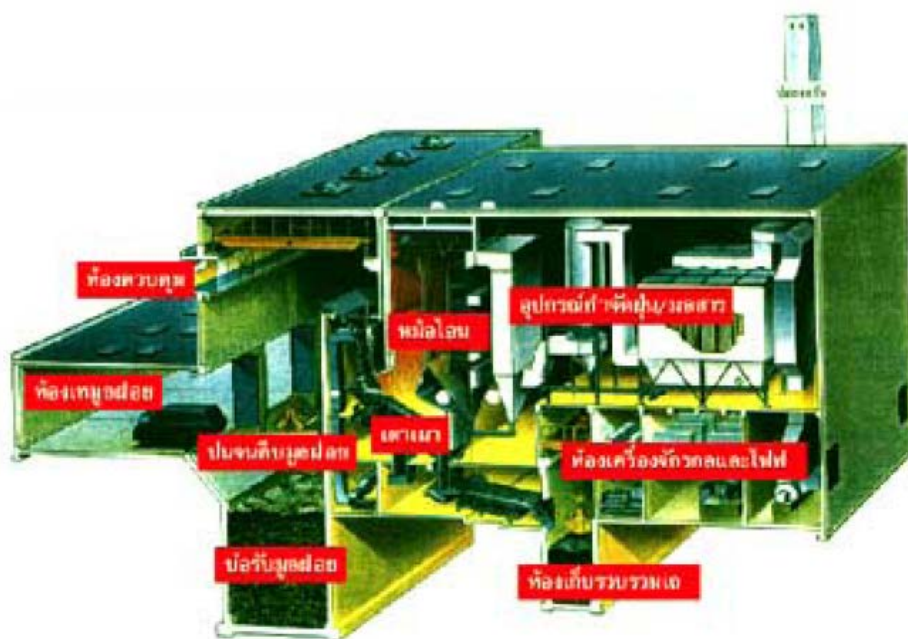
ระบบเตาเผาขยะมูลฝอย

เตาเผาขยะมูลฝอยนี้มีความสามารถในการเผาทำลายขยะมูลฝอยได้ 250 ตัน/วัน โดยใช้เตาเผาแบบตะกรับเคลื่อนที่ (Moving Grate) ของ Mitsubishi Martin อุณหภูมิในห้องเผาไหม้ของแก๊สร้อนประมาณ 800-900 องศาเซลเซียส และเผาไหม้แก๊สอย่างน้อย 2 วินาที โดยการเคลื่อนตัวของตะกรับช่วยให้การเผาไหม้สมบูรณ์ขึ้น และการควบคุมการปฏิบัติงานเป็นแบบอัตโนมัติในทุกกระบวนการ ทั้งนี้สามารถดูภาพรวมของระบบเตาเผาของเทศบาลนครภูเก็ต ได้ดังรูปที่ 7.4 และรูปที่ 7.5



1	REFUSE COLLECTION TRUCK	11	ASH EXTRACTOR	21	CONTINUOUS EMISSION MONITORING
2	REFUSE WEIGHING BRIDGE	12	VIBRATING CONVEYOR	22	STACK
3	PLATFORM	13	ASH PIT	23	REFUSE DRAINAGE FILTER
4	REFUSE PIT	14	ASH CRANE	24	REFUSE DRAINAGE INJECTION PUMP
5	REFUSE CRANE	15	BOILER	25	STEAM TURBINE GENERATOR
6	CHARGING HOPPER	16	STEAM AIR HEATER	26	AIR COOLED CONDENSOR
7	REFUSE FEEDER	17	SPRAY COOLER	27	CONDENSATE TANK
8	STOKER	18	LIME INJECTION	28	DEAERATOR
9	FURNACE	19	BAG FILTER		
10	FORCED DRAFT FAN	20	INDUCED DRAFT FAN		

รูปที่ 7.4 ระบบเตาเผาของเทศบาลนครภูเก็ต [58]



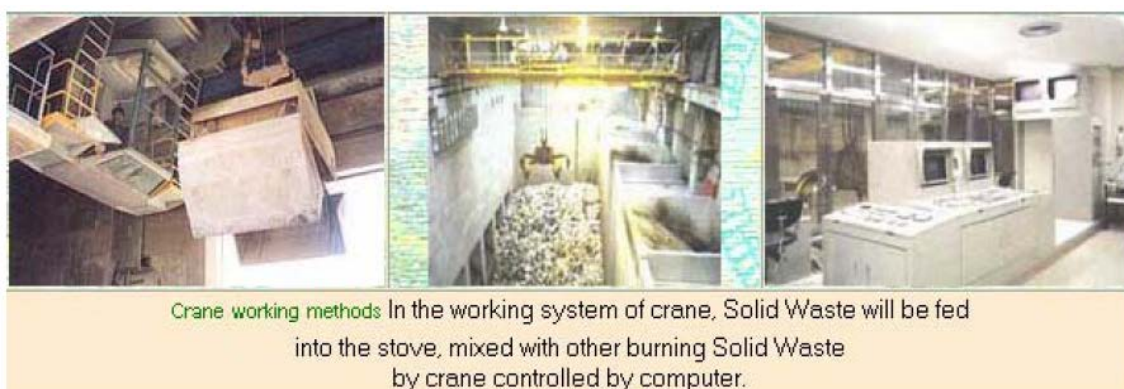
รูปที่ 7.5 ภาพตัดโรงเพาะชะมูลฟอย [58]

กระบวนการทำงานของเตาเผา

ชะมูลฟอยทั้งหมดจะถูกเก็บรวบรวม ชั่งน้ำหนัก และเททิ้งในบ่อรับมูลฟอย โดยจะชั่งมูลฟอยทั้งหมดที่นำเข้ามาเผาในเตาเผา ซึ่งสามารถชั่งน้ำหนักได้มากที่สุด 40 ตัน และน้อยสุด 10 กิโลกรัม มีขนาด 3.0×8.0 เมตร ทั้งนี้จะมีประตูรับมูลฟอยเป็นประตูเหล็กขนาด 3.62×5.07 เมตร ทำหน้าที่เปิดปิดด้วยระบบแสง ให้รถเก็บชะมูลฟอยเข้าเทมูลฟอยลงในบ่อพักมูลฟอย ซึ่งเป็นบ่อคอนกรีตเสริมเหล็ก มีความจุประมาณ 4,700 ลูกบาศก์เมตร นอกจากนี้บ่อพักมูลฟอยยังใช้ในการคลุกเคล้ามูลฟอยให้เข้ากัน ก่อนป้อนเข้าสู่เตาเผา และป้องกันกลิ่นกระจายออกสู่ภายนอกโดยใช้พัดลมอัดอากาศ (Forced Draft Fan) ดูดอากาศส่วนบนของบ่อพักมูลฟอยเข้าสู่เตาเผา ทำให้เกิดความแตกต่างความดันภายในบ่อต่ำกว่าภายนอกบ่อ อากาศจึงไหลเข้าในบ่อแทนการแพร่กระจายออกสู่ภายนอก ลักษณะของอาคารชั่งน้ำหนักและบ่อรับมูลฟอยเป็น ดังรูปที่ 7.6 จากนั้นปั้นจั่นเก็บมูลฟอยซึ่งในระบบจะมี 2 ชุด แต่ละชุดสามารถตักมูลฟอยใช้ในการผสมและคลุกเคล้ามูลฟอยให้เข้ากัน และใช้ตักมูลฟอยเข้าสู่เตาเผา โดยสามารถควบคุมปั้นจั่นเก็บมูลฟอยได้จากห้องควบคุม ซึ่งสามารถควบคุมได้ทั้งแบบใช้คนควบคุม และแบบกึ่งอัตโนมัติในเวลาเดียวกัน ดังรูปที่ 7.7



รูปที่ 7.6 อาคารชั่งน้ำหนักและป้อนมูลฝอย [58]



รูปที่ 7.7 ปั่นจั่นเก็บมูลฝอย [58]

จากนั้นขยะมูลฝอยจะถูกส่งเข้าเตาเผาโดยไหลผ่านกรวยรับมูลฝอย (Charging Hopper) ซึ่งทำหน้าที่รับมูลฝอยป้อนเข้าสู่เตาเผาด้วยแรงโน้มถ่วง ขยะมูลฝอยที่เพ่งไหลเข้าไปในเตาเผาจะผสมกับขยะเก่าที่กำลังเผาไหม้ โดยกระบวนการเผาไหม้จะเป็นไปอย่างต่อเนื่องจากการป้อนขยะมูลฝอยชุดใหม่เข้าไปในเตาเป็นระยะๆ เพื่อให้เกิดการเผาไหม้อย่างต่อเนื่อง เตาเผาของโรงเผาขยะมูลฝอยแห่งนี้ ติดตั้งอยู่ใต้กรวยรับมูลฝอย เพื่อส่งมูลฝอยเข้าเตาเผาอย่างสม่ำเสมอและต่อเนื่อง 24 ชั่วโมง ด้วยระบบ Stoker โดยขยะจะเคลื่อนตัวไปตามการเคลื่อนที่ของตะกรับ และเกิดการเผาไหม้อย่างต่อเนื่องบนตะกรับ ตั้งแต่การระเหยน้ำให้แห้ง การระเหยสารระเหย การเผาไหม้ Fixed Carbon และเมื่อขยะที่เผาไหม้เคลื่อนตัวถึงด้านล่างของตะกรับก็จะเผาไหม้เสร็จสมบูรณ์ และจะถูกส่งไปยัง Clinker Roller แล้วหล่นลงสู่เครื่องรับและระบายเถ้า (Ash Extractors) ดังรูปที่ 7.8 และรูปที่ 7.9

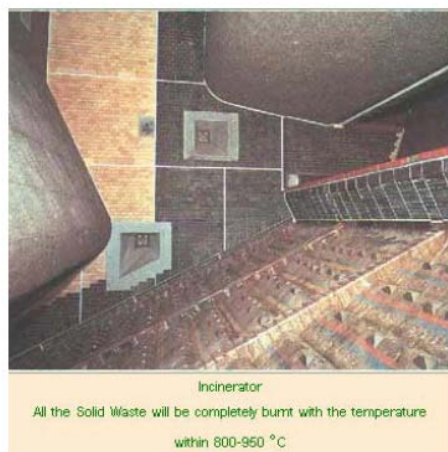


รูปที่ 7.8 กระบวนการเผาไหม้ในเตาเผา [58]



รูปที่ 7.9 ตะกรับในเตาเผาขยะ [58]

ระบบตะกรับประกอบด้วย ตะกรับจำนวนหลายๆ ชั้น มีทั้งส่วนที่อยู่กับที่และส่วนที่เคลื่อนที่ ซึ่งส่วนนี้เป็นตัวพาขยะที่กำลังเผาไหม้บนตะกรับให้เคลื่อนตัวลงด้านล่าง และช่วยให้การเผาไหม้เกิดขึ้นได้อย่างสมบูรณ์ อากาศที่ใช้ในการเผาไหม้จะถูกอุ่นให้ร้อนขึ้นด้วยไอน้ำก่อนเป่าเข้าด้านล่างของตะกรับเพื่อช่วยหล่อเย็นและช่วยในการเผาไหม้ แก๊สร้อนที่เกิดจากการเผาไหม้จะไหลเข้าสู่ด้านบนห้องเผาไหม้เพื่อเข้าสู่หม้อไอน้ำ และมีการเผาไหม้ซ้ำด้วยการเติมอากาศส่วนที่สองเข้าไปในห้องเผาไหม้ การปฏิบัติงานเตาเผาจะเริ่มต้นด้วยการทำงานของหัวเผา (Burner) เพื่อช่วยให้ขยะที่เปียกถูกติดไฟ เมื่อขยะมีการเผาไหม้ด้วยตัวเองจนได้อุณหภูมิที่สูงเพียงพอแล้วหัวเผาจะหยุดทำงาน ดังรูปที่ 7.10 ซึ่งแสดงให้เห็นตะกรับในห้องเผาไหม้และตำแหน่งของหัวเผา



รูปที่ 7.10 ตะกรับในห้องเผาไหม้และตำแหน่งของหัวเผา [58]

Bottom Ash จะเย็นตัวลงด้วยน้ำที่ฉีดพ่น และขี้เถ้าจะตกลงสู่กระบะรองรับ จากนั้นจะถูกลำเลียงสู่บ่อรับขี้เถ้า เครื่องจะขนถ่ายขี้เถ้านี้สู่รถบรรทุกต่อไป สำหรับ Fly Ash ที่จับได้บริเวณอุปกรณ์ควบคุมมลพิษอากาศจะถูกเพิ่มความชื้นและลำเลียงสู่รถบรรทุกต่อไป ส่วนแก๊สร้อนที่เกิดจากการเผาไหม้มีอุณหภูมิประมาณ 900 องศาเซลเซียส จะถูกทำให้เย็นลงโดยผ่านหม้อไอน้ำดังรูปที่ 7.11 เพื่อถ่ายเทความร้อนจากแก๊สที่เกิดขึ้นให้น้ำกลายเป็นไอน้ำ และนำไปใช้ผลิตกระแสไฟฟ้า อุณหภูมิของแก๊สจะลดลงเหลือประมาณ 260 องศาเซลเซียส จากนั้นแก๊สจะออกจากหม้อไอน้ำเข้าสู่ Spray Cooler เพื่อฉีดพ่นน้ำเข้าไปในแก๊สให้อุณหภูมิของแก๊สลดลงเหลือประมาณ 150 องศาเซลเซียส ให้เหมาะสมก่อนเข้าสู่อุปกรณ์ควบคุมมลพิษอากาศ และถูกดูดด้วยพัดลมดูดอากาศก่อนที่จะปล่อยระบายออกทางปล่องระบายต่อไป ไอน้ำที่ผลิตได้จะนำมาปั่นเทอร์ไบน์-เจนเนอเรเตอร์ดังรูปที่ 7.12 เพื่อผลิตกระแสไฟฟ้าจำนวน 2.5 เมกะวัตต์ ซึ่งเพียงพอต่อการใช้งานในโรงงานและขายให้กับการไฟฟ้าฯ



รูปที่ 7.11 หม้อไอน้ำ [58]

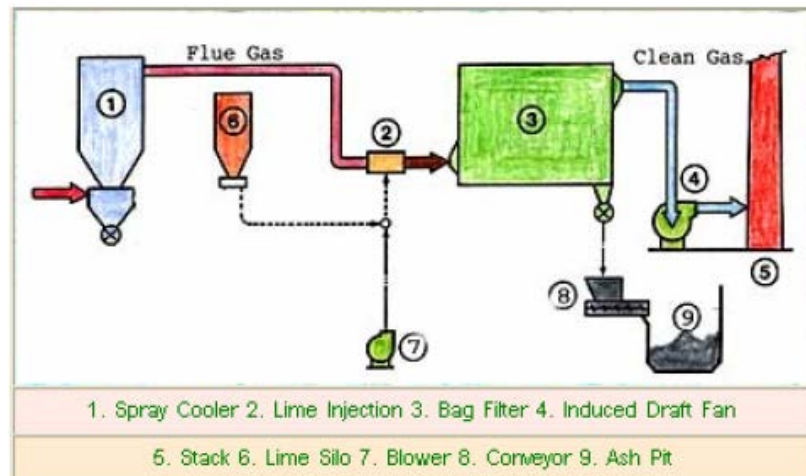


รูปที่ 7.12 เทอร์ไบน์-เจนเนอเรเตอร์ [58]

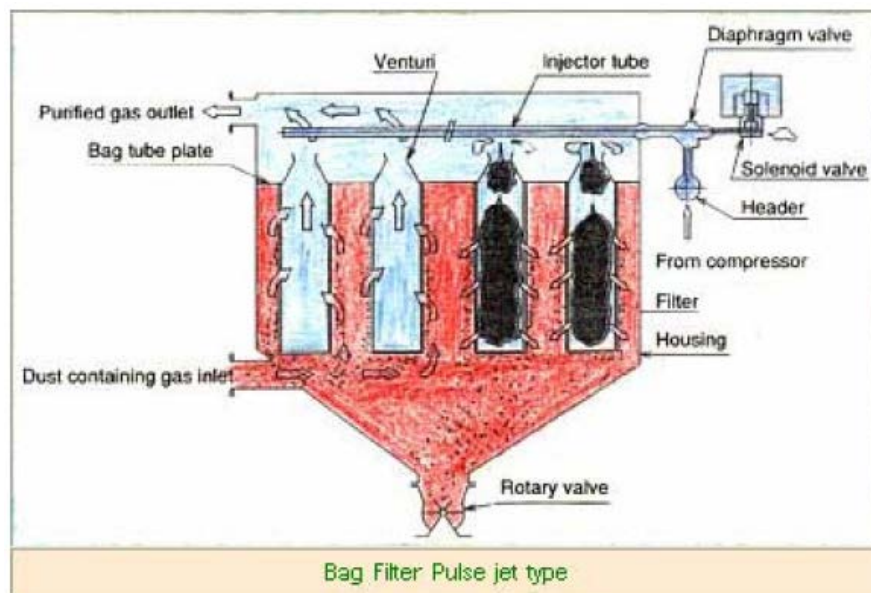
โรงเผาขยะมูลฝอยสามารถผลิตกระแสไฟฟ้าสูงสุดเท่ากับ 2.5 เมกะวัตต์ และใช้ไฟฟ้าในการดำเนินการภายในโรงงานประมาณ 0.9 เมกะวัตต์ ส่วนไฟฟ้าที่ผลิตเกินจะส่งให้กับโรงงานปรับปรุงคุณภาพน้ำ ที่เกินจากนั้นจะส่งขายให้กับการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคต่อไป โดยเริ่มขายไฟฟ้าตั้งแต่เดือนมิถุนายน พ.ศ. 2546 เป็นต้นมา

ระบบควบคุมมลพิษอากาศ

ระบบควบคุมมลพิษทางอากาศของเตาเผาขยะนี้คือ ระบบแบบแห้ง ซึ่งทำงานโดยการพ่นผงปูนขาวและถ่านกัมมันต์เข้าไปทำปฏิกิริยากับแก๊สในท่อแก๊สไอเสียที่ไหลออกมาจากหม้อไอน้ำ และผ่าน Spray Cooler เพื่อลดอุณหภูมิก่อนเข้าเครื่องดักฝุ่นแบบถุงกรอง (Bag Filter) เพื่อกำจัดฝุ่น HCl , SO_x และสารไดออกซิน โดยผงแป้งนี้จะถูกกรองด้วยถุงกรอง และกรองออกมาจากแก๊สไอเสียในสภาพ Fly Ash การเป่าผงแป้งที่เกาะติดที่ผิวด้านนอกของถุงกรองนี้ ทำโดยเป่าลมความดันสูงสวนทางเข้าไปในถุงกรองทำให้ผงแป้งตกลงด้านล่าง ส่วนแก๊สที่ถูกกำจัดมลพิษออกแล้วจะถูกดูดด้วยพัดลมดูดอากาศแล้วปล่อยออกที่ปล่องควันเข้าสู่บรรยากาศต่อไป รายละเอียดต่างๆ ของระบบควบคุมมลพิษอากาศของโรงเตาเผานี้สามารถดูได้จากรูปที่ 7.13 รูปที่ 7.14 และรูปที่ 7.15



รูปที่ 7.13 ระบบควบคุมมลพิษทางอากาศของโรงเผา [58]



รูปที่ 7.14 ระบบควบคุมมลพิษอากาศแบบ Bag Filter Pulse Jet [58]



รูปที่ 7.15 พัดลมดูดอากาศและเครื่องกรองแบบถุงกรอง [58]

ส่วนระบบบำบัดด้านอื่นๆ มีดังต่อไปนี้

- ระบบบำบัดน้ำเสียใช้ระบบ Anaerobic Filter เพื่อตรวจสอบสภาพก่อนส่งเข้าสู่ระบบบำบัดน้ำเสีย ส่วนกลางของเทศบาลนครภูเก็ต ซึ่งตั้งอยู่ใกล้เคียงกัน
- ระบบควบคุมกลิ่นใช้ระบบที่ออกแบบให้อากาศจากภายนอกไหลเข้าสู่ภายในอาคาร จึงสามารถดักกลิ่นที่เกิดขึ้นในโรงเผาได้ทั้งหมด อากาศจะถูกดูดและส่งเข้าเตาเผา
- ระบบควบคุมเสียงรบกวน มีการออกแบบระบบป้องกันเสียงรบกวน เพื่อให้ระดับเสียงมีค่าไม่เกิน 65 เดซิเบลเอ ในระหว่างวัน และไม่เกิน 60 เดซิเบลเอ ช่วงกลางคืน

7.1.2.3 โรงเผาขยะแห่งที่ 2 [59]

เมื่อวันที่ 30 ธันวาคม พ.ศ. 2551 บริษัท พีเจที เทคโนโลยี จำกัด ได้รับสิทธิจากทางเทศบาลนครภูเก็ต ให้เป็นผู้ทำสัญญาลงทุนในโครงการก่อสร้างและบริหารโรงเผาขยะมูลฝอยชุมชนแห่งใหม่นี้ ซึ่งมีระยะเวลาของสัญญา 15 ปี และสามารถต่อสัญญาได้อีก 15 ปี โดยร่วมมือกับบริษัทไอริส เทคโนโลยี (เอ็ม) เอสดีเอ็น เบอร์ฮาด บริษัทที่อยู่ในตลาดหลักทรัพย์ของประเทศมาเลเซีย ทั้งนี้บริษัทไอริส จะเป็นผู้จัดหาเทคโนโลยีเฉพาะด้านสำหรับโครงการ และบริษัท พีเจที จะเป็นผู้ก่อสร้างและดำเนินการโรงเผาขยะมูลฝอยชุมชนและผลิตไฟฟ้า

ที่มาของโครงการ

เนื่องจากจังหวัดภูเก็ตมีปริมาณมูลฝอยที่เกิดขึ้นจากการอุปโภคและบริโภคของประชาชนอย่างรวดเร็วตามจำนวนประชากรและนักท่องเที่ยว โดยข้อมูลของเทศบาลนครภูเก็ตในปี พ.ศ. 2550 พบว่าขยะมูลฝอยที่เก็บขนได้จากหน่วยงานท้องถิ่นในจังหวัดภูเก็ตกว่า 19 แห่ง มีปริมาณเฉลี่ย 513 ตัน/วัน ซึ่งเกินกว่าขีดความสามารถในการรองรับของระบบการกำจัดขยะมูลฝอยจังหวัดภูเก็ตที่มีอยู่ในปัจจุบัน นอกจากนี้ จากการคาดการณ์ปริมาณมูลฝอยของจังหวัดภูเก็ต ซึ่งมีอัตราการเพิ่มขึ้นประมาณร้อยละ 7 ต่อปี หากไม่มีการดำเนินกิจกรรมลดปริมาณขยะมูลฝอย ณ แหล่งกำเนิด ภายในระยะเวลา 10 ปีข้างหน้าจังหวัดภูเก็ตจะมีปริมาณมูลฝอยประมาณ 900–1,000 ตัน/วัน และมากถึง 2,000 ตัน/วัน ภายในระยะเวลา 20 ปี จึงทำให้เทศบาลนครภูเก็ตตัดสินใจสร้างโรงเตาเผาแห่งที่ 2 เพิ่ม บนเนื้อที่ประมาณ 9 ไร่ ในพื้นที่ตั้งศูนย์กำจัดขยะรวมเดิม ซึ่งได้รับอนุญาตจากกรมป่าไม้ ประกาศฉบับที่ 284/2536 ลงวันที่ 30 กรกฎาคม พ.ศ. 2536 อนุญาตถึงวันที่ 29 กรกฎาคม พ.ศ. 2566 เพื่อช่วยเสริมเตาเผาเดิมที่มีอยู่ในบริเวณเดียวกัน คาดว่าจะสามารถก่อสร้างแล้วเสร็จภายในปี พ.ศ. 2555 โดยโรงเตาเผาแห่งที่ 2 นี้มีความสามารถในการกำจัดขยะมูลฝอยได้ไม่น้อยกว่า 700 ตัน/วัน และผลิตกระแสไฟฟ้าได้ไม่ต่ำกว่า 5 เมกะวัตต์

ประโยชน์ที่ได้รับ

- ลดปริมาณขยะที่จะนำไปฝังกลบได้ถึงร้อยละ 90 ทำให้ลดปัญหาขยะมูลฝอยของจังหวัดภูเก็ต ซึ่งเป็นแหล่งท่องเที่ยวหลักของประเทศ
- ความร้อนที่ได้จากการเผาขยะสามารถนำไปผลิตกระแสไฟฟ้า เป็นพลังงานทดแทน ซึ่งสามารถนำมาใช้ในโรงงาน และจำหน่ายให้การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค
- ลดผลกระทบเชิงลบที่มีต่อสิ่งแวดล้อม และช่วยทำให้คุณภาพชีวิตของประชากรดีขึ้น
- ลดปริมาณการปล่อยแก๊สเรือนกระจก ที่เป็นไปตามข้อกำหนดในพิธีสารเกียวโต

บริษัทผู้ร่วมงานและผลงานของบริษัท

1) ผู้ทำสัญญา ก่อสร้าง และบริหาร ดำเนินการโดยบริษัท พีเจที เทคโนโลยี จำกัด ซึ่งขยายธุรกิจมาจากบริษัท พาวเวอร์ ภาย วิศวกรรม จำกัด (พีดับเบิลยูจี) ก่อตั้งในปี พ.ศ. 2546 และจดทะเบียนเป็นบริษัทจำกัดในปี พ.ศ. 2548 ทั้งนี้บริษัท พีเจที เทคโนโลยี จำกัด ได้ร่วมกับบริษัท ไอริส เทคโนโลยี (เอ็ม) เอสดีเอ็น เบอร์ฮาด ประเทศมาเลเซีย ร่วมกันก่อสร้างและบริหารโรงงานผลิตกระแสไฟฟ้าจากการเผาขยะ ภายใต้ชื่อ Very Small Power Producer (VSPP) ตั้งอยู่ที่จังหวัดชลบุรี นอกจากนี้บริษัทฯ ยังมีผลงานก่อสร้างและบริหารเตาเผาอื่นๆ อีกคือ เช่น สัญญากับบริษัท อมตะ ฟาซิลิตี้ จำกัด เป็นระยะเวลา 16 ปี และเริ่มดำเนินการในปี พ.ศ. 2551

2) ผู้จัดหาเทคโนโลยีในการดำเนินงานโรงเตาเผาขยะ จากบริษัทไอรিস ซึ่งเป็นบริษัทในตลาดหลักทรัพย์ประเทศมาเลเซีย เป็นผู้จัดหาเครื่องมือและเทคโนโลยีให้กับโครงการ บริษัท ไอริส เป็นผู้เชี่ยวชาญธุรกิจทางด้านอิเล็กทรอนิกส์ พัฒนาการเกษตร และเชิงอนุรักษ์ สิ่งแวดล้อม ทั้งนี้ในปี พ.ศ. 2549 บริษัท ไอริส ได้ผลิตเทคโนโลยีทางด้านสิ่งแวดล้อมตัวใหม่ เป็นธุรกิจเตาเผาขยะเปียกและแห้ง เพื่อผลิตกระแสไฟฟ้า ซึ่งไม่เป็นอันตรายต่อสิ่งแวดล้อม นอกจากนั้นยังมีธุรกิจเตาเผาขยะเคลื่อนที่ เครื่องเปลี่ยนน้ำทะเลเป็นน้ำจืด และโรงงานผลิตกระแสไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์อีกด้วย

3) ผู้ออกแบบทางด้านวิศวกรรม ดำเนินการโดยบริษัท China United Engineering Corporation (CUC) ซึ่งเป็นกิจการรัฐวิสาหกิจขนาดใหญ่ทางด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ก่อตั้งโดยมีรากฐานมาจากสถาบันวิจัยและออกแบบ MMI และเป็นแหล่งรวมบุคลากรชั้นนำด้านการออกแบบ มีพนักงานมากถึง 2,500 คน ซึ่งเป็นผู้ชำนาญและเป็นผู้มีคุณวุฒิถึงร้อยละ 80

4) ผู้ผลิตเครื่องกังหันไอน้ำสำหรับการผลิตกระแสไฟฟ้า บริษัท ฮางโจว สตีม เทอร์ไบน์ แอนด์ เพาเวอร์ กรุ๊ป จำกัด (Hangzhou Steam Turbine and Power Group Co., Ltd.) เป็นผู้จัดหาเครื่องกังหันไอน้ำที่ใช้ในการเปลี่ยนพลังงานขยะที่ได้จากการเผาเป็นพลังงานไฟฟ้า

โดยทางบริษัทฯ เป็นผู้ผลิตเครื่องกังหันไอน้ำที่ใหญ่ที่สุดในมณฑลหางโจว ประเทศจีน มีกลุ่มบริษัทในเครืออยู่ถึง 16 บริษัท มีบุคลากรผู้เชี่ยวชาญในการค้นคว้าวิจัย เพื่อให้เกิดเป็นผลิตภัณฑ์ดังกล่าว และมีสถาบันที่ทำการวิจัยเกี่ยวกับกังหันไอน้ำโดยเฉพาะ ซึ่งงานวิจัยหลายๆ โครงการได้รับรางวัลทางด้านเทคโนโลยี ทั้งนี้บริษัทฯ ได้จัดหาอุปกรณ์เครื่องจักรหลัก พร้อมติดตั้ง ทดสอบระบบ และฝึกอบรมเกี่ยวกับการใช้งานเครื่องจักร และการดำเนินการภายในโครงการ

5) ผู้ผลิตเชื้อเพลิงพลังงานสะอาด บริษัท EPOCH Energy Technology Corporation เป็นผู้จัดหาพลังงานทดแทนที่ใช้เป็นเชื้อเพลิงในการเผา โดยทางบริษัทฯ เป็นผู้ผลิตเครื่อง Oxy-Hydrogen ซึ่งใช้ในการเปลี่ยนพลังงานน้ำเป็นเชื้อเพลิงในการเผา เครื่องต้นแบบของบริษัทได้ถูกผลิตขึ้น ในปี พ.ศ. 2541 และได้รับรางวัลจากรัฐมนตรีว่าการกระทรวงเศรษฐกิจของไต้หวัน และยังได้รับรางวัลจากประเทศอื่นๆ อีกหลายประเทศ

การสนับสนุนจากหน่วยของภาครัฐ

- เทศบาลนครภูเก็ต ให้การสนับสนุนโดยการเซ็นสัญญาในการบริหารโรงงาน เป็นระยะเวลา 15 ปี และสามารถต่อสัญญาได้อีก 15 ปี อีกทั้งยังให้เงินช่วยเหลือในการกำจัดขยะ และให้สิทธิในการขายไฟฟ้าให้กับการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค

- กระทรวงพลังงานให้การสนับสนุนพลังงานทดแทนเป็นวาระแห่งชาติ และกำหนดส่วนเพิ่มราคารับซื้อไฟฟ้า (Adder) ทำให้โครงการฯ สามารถจำหน่ายไฟฟ้าเข้าสู่ระบบของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค (กฟภ.) ตามระเบียบการรับซื้อไฟฟ้าจากผู้ผลิตไฟฟ้าขนาดเล็กมากของ กฟภ. ประเภทสัญญาแบบ

Non-Firm และสามารถขอรับการสนับสนุนค่าพลังงานไฟฟ้าที่เพิ่มขึ้นจากอัตราซื้อปกติ ตาม Adder ที่กำหนดไว้ เนื่องจากโครงการฯ ถือว่าเป็นผู้ผลิตไฟฟ้าพลังงานหมุนเวียนตามประกาศของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค (กฟภ.)

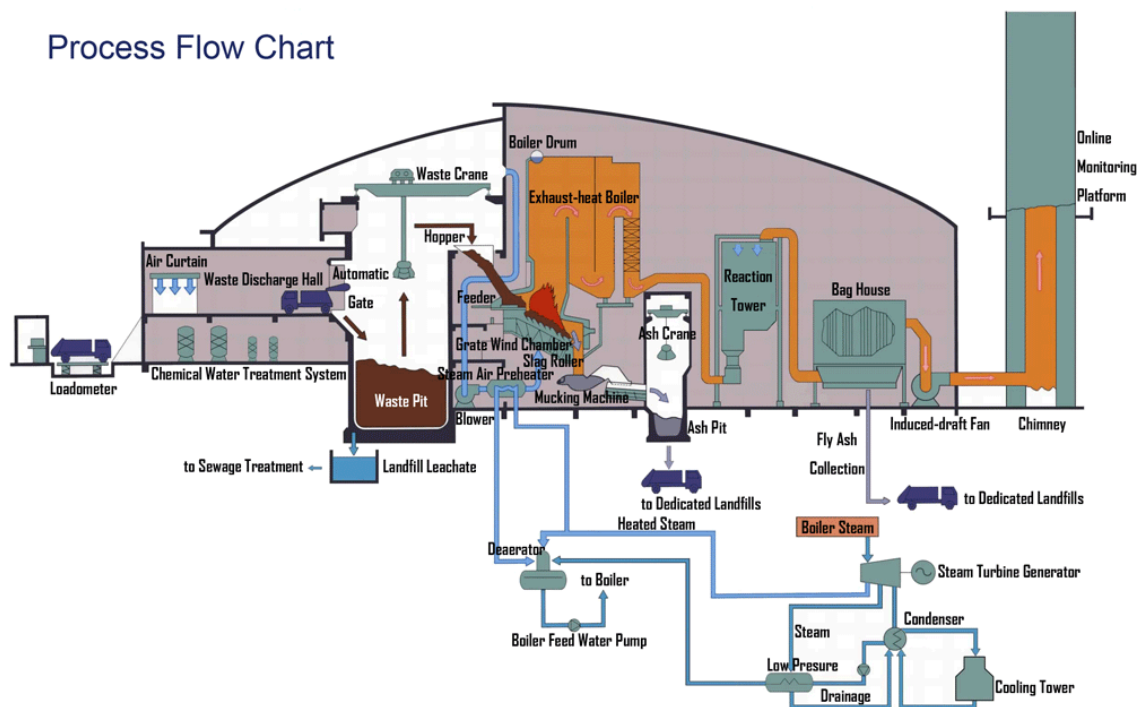
- สำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมการลงทุน (BOI) ให้การสนับสนุนส่งเสริมการลงทุนกับผู้ประกอบการประเภทกิจการสาธารณูปโภคและบริการพื้นฐาน และประเภทกิจการบริการบำบัด น้ำเสีย กำจัดหรือขนถ่ายขยะกากอุตสาหกรรมหรือสารเคมีที่เป็นพิษ ซึ่งโครงการฯ จัดอยู่ในกิจการดังกล่าวที่สามารถได้รับการสนับสนุนจากคณะกรรมการส่งเสริมการลงทุน โดยหากโครงการฯ ได้รับการส่งเสริม โครงการฯ จะได้รับการยกเว้นภาษีนำเข้าเครื่องจักร และได้รับยกเว้นภาษีเงินได้นิติบุคคลตามระยะเวลาที่สำนักงานอนุมัติ

- องค์การบริหารจัดการภาวะเรือนกระจก เป็นผู้พิจารณาอนุมัติโครงการฯ ในการเข้าร่วมโครงการกลไกการพัฒนาที่สะอาด (CDM) หากโครงการฯ สามารถลดปริมาณการปล่อยแก๊สเรือนกระจกได้ตามข้อกำหนดในพิธีสารเกียวโต และเมื่อโครงการฯ เข้าร่วมโครงการกลไกการพัฒนาที่สะอาดแล้วจะสามารถขายคาร์บอนเครดิตได้

ระบบการกำจัดขยะมูลฝอยด้วยเตาเผาขยะ

เป็นระบบเตาเผาขยะที่มีความสามารถในการเผาขยะสูงสุด 700 ตัน/วัน โดยเผาขยะต่อเนื่องได้ 24 ชั่วโมง สามารถเผาขยะได้ 231,000 ตัน/ปี มีระบบการทำงานที่สำคัญดังนี้ (ดังรูปที่ 7.16)

Process Flow Chart



รูปที่ 7.16 ระบบเตาเผาหัวที่ 2 ของเทศบาลนครภูเก็ต [59]

(1) ระบบรับและป้อนขยะมูลฝอย

รถเก็บขนและบรรทุกขยะมูลฝอยของเทศบาลที่เข้ามายังพื้นที่โครงการ จะต้องชั่งน้ำหนักที่อาคารเครื่องชั่ง โดยมีการจดบันทึกข้อมูล น้ำหนัก วัน เวลาที่เข้าชั่งน้ำหนัก และทะเบียนรถ จากนั้นจะถ่วงมูลฝอยลงในบ่อพักมูลฝอย (Hopper for Waste) ที่อยู่ภายในอาคารเตาเผา ซึ่งมีความจุประมาณ 6,300-8,000 ลูกบาศก์เมตร ภายในบ่อพักมูลฝอยจะถูกคลุกเคล้าให้เข้ากันด้วยเครนคืบมูลฝอย (Overhead crane) ที่ควบคุมจากห้องควบคุม จากนั้นเครนจะทำการคืบมูลฝอยลงสู่กรวยรับมูลฝอย (Hopper) เพื่อป้อนเข้าสู่ห้องเผาไหม้อย่างต่อเนื่อง (Continuous) ตามลำดับก่อนหลัง (First-in First-out) ในกรณีที่มูลฝอยมีขนาดใหญ่ เครนจะคืบมูลฝอยดังกล่าวใส่ใน Shredder เพื่อลดขนาดให้เล็กลงก่อน ที่จะป้อนลงสู่กรวยรับมูลฝอย (Hopper) เพื่อส่งเข้าสู่ห้องเผาไหม้ต่อไป

(2) เตาเผาขยะ

เตาเผาจะเป็นแบบตะกรับลูกสูบสามชั้น มีใบมีดตรงกลาง กำลังการเผาอยู่ที่เตาละ 350 ตัน/วัน ตะกรับเคลื่อนตัวได้สองทิศทาง เเผาที่อุณหภูมิสูงถึง 850-1,050 องศาเซลเซียส โดยใช้เชื้อเพลิงไฮโดรเจน ร่วมกับเชื้อเพลิงเสริมชนิดผงเข้าไปยังห้องเผาไหม้ เพื่อช่วยเผาในระยะแรกให้อุณหภูมิในห้องเผาไหม้ที่เสถียรที่ที่เกิดจากกระบวนการเผาไหม้จะตกอยู่ด้านล่างของห้องเผาไหม้ปะปนกับทราย และเศษเชื้อเพลิงที่ไม่เผาไหม้ เถ้าหนักที่เกิดขึ้นจะถูกรวบรวมและส่งไปยังหลุมฝังกลบ เถ้าที่เกิดขึ้นสามารถนำไปใช้ประโยชน์อื่นๆ ได้ เช่น ใช้ในการปรับสภาพดินที่เป็นกรด ใช้เป็นส่วนผสมของอิฐ เป็นต้น

(3) ระบบผลิตไอน้ำ

หม้อต้มไอน้ำของโครงการที่ใช้เป็นแบบความร้อนทิ้ง (Waste Heat Boiler) ครัมเดียว (Single Steam Drum) มีกำลังการผลิตไอน้ำ 28 ตัน/ชั่วโมง ต่อหม้อต้มไอน้ำ 1 หม้อ ที่ความดัน 40 บาร์ ประสิทธิภาพทางความร้อนร้อยละ 78 มีท่อน้ำซึ่งอาศัยการแลกเปลี่ยนความร้อนระหว่างน้ำภายในท่อกับแก๊สร้อนจากการเผาไหม้ซึ่งอยู่ภายนอกท่อ โดยกระบวนการผลิตไอน้ำเริ่มต้นจากการสูบน้ำที่ผ่าน Deaerator เข้าสู่ Boiler โดยผ่าน Economizer เพื่ออุ่นน้ำให้ร้อนขึ้น แล้วส่งไปยัง Steam Drum เพื่อแยกน้ำออกจาก Saturated Steam ส่วนที่เป็นน้ำจะไหลเวียนกลับไปยัง Wall Tube ซึ่งเป็นท่อรอบเตาได้รับความร้อนจากห้องเผาไหม้ ทำให้น้ำกลายเป็น Saturated Steam แล้วส่งกลับไปที่ Steam Drum จากนั้น Saturated Steam จะออกจาก Drum ไปยัง Superheater เพื่อรับความร้อนกลายเป็น Superheated Steam นำไปใช้ในการขับเคลื่อนกังหันไอน้ำ ที่มีเพลลาเชื่อมต่อกับเครื่องกำเนิดไฟฟ้า เพื่อผลิตไฟฟ้าต่อไป

(4) ระบบผลิตไฟฟ้า

โครงการมีเครื่องกังหันไอน้ำและเครื่องกำเนิดไฟฟ้าจำนวน 2 ชุด แต่ละชุดมีกำลังการผลิตไฟฟ้าสูงสุด 10.2 เมกะวัตต์ โดยเครื่องกังหันไอน้ำที่โครงการเลือกใช้เป็นแบบ Condensing Steam Turbine การทำงานเริ่มต้นจากไอน้ำความดันสูง 40 บาร์ อุณหภูมิ 400 องศาเซลเซียส ที่ได้จากหม้อไอน้ำจะไหลเข้ากังหันไอน้ำ (Steam Turbine) โดยผ่าน Control Valve ทำให้กังหันหมุนปั่นเครื่องกำเนิดไฟฟ้า (Generator) ซึ่งผลิตไฟฟ้าต่อปีได้ 79,560,000 หน่วย โดยมีประสิทธิภาพร้อยละ 18-20 (Gross)

(5) ระบบหล่อเย็นและควบแน่น

ไอน้ำที่ผ่านกังหันไอน้ำแล้วจะเข้าสู่เครื่องควบแน่น (Condenser) โดยอาศัยน้ำหล่อเย็นทำให้ไอน้ำควบแน่นกลายเป็นน้ำและป้อนกลับเข้าสู่หม้อไอน้ำต่อไป ส่วนน้ำหล่อเย็นเมื่อได้รับความร้อนที่เครื่องควบแน่น (Condenser) แล้ว จะมีอุณหภูมิสูงขึ้นก็จะถูกส่งไปยัง Cooling Tower เพื่อระบายความร้อนออก ทำให้มีอุณหภูมิลดลง แล้วนำกลับไปหล่อเย็นในเครื่องควบแน่น (Condenser) ต่อไป

ระบบน้ำหล่อเย็นที่ใช้ในโครงการเป็นหอหล่อเย็นแบบ Counter Flow จำนวน 3 ชุด (เดินระบบ 2 ชุด สำรอง 1 ชุด) อัตราการใช้น้ำประมาณ 6,000 ลูกบาศก์เมตร/ชั่วโมง ทั้งนี้ระหว่างดำเนินงานจะมีน้ำส่วนหนึ่งสูญเสียไปจากการระเหย ทำให้สารละลายของแข็งในน้ำหล่อเย็นมีความเข้มข้นสูงขึ้น ต้องมีการระบายน้ำส่วนหนึ่งออกเพื่อรักษาความเข้มข้นและเติมน้ำชดเชย (Make up Water) เข้าสู่ระบบด้วยอัตรา 57 ลูกบาศก์เมตร/ชั่วโมง

(6) การเชื่อมต่อและจำหน่ายไฟฟ้า

ไฟฟ้าที่ได้จากเครื่องกำเนิดไฟฟ้า (Generator) ทั้ง 2 ชุด มีแรงดันไฟฟ้า 6.6 กิโลโวลต์ ซึ่งจะถูกรับเพิ่มเป็น 33 กิโลโวลต์ ด้วยหม้อแปลงไฟฟ้า (Step-up Generator Transformer) จำนวน 2 ชุด ซึ่งเป็นแบบระบายความร้อนด้วยน้ำมัน เพื่อผลิตกระแสไฟฟ้าจำหน่ายไม่เกิน 10 เมกะวัตต์ และใช้ในโครงการประมาณร้อยละ 20 ของปริมาณไฟฟ้าที่ผลิตได้

(7) ระบบจัดการมลพิษทางอากาศ

- ระบบกำจัดแก๊สไนโตรเจนออกไซด์ (Dinitrification System) ที่ติดตั้งภายในห้องเผาไหม้จะลดปริมาณความเข้มข้นของแก๊สไนโตรเจนออกไซด์ที่ปล่อยออกให้มีค่ามาตรฐานตามที่กำหนด
- ระบบบำบัดมลพิษทางอากาศ ใช้ระบบ Reaction Tower แบบกึ่งแห้ง โดยใช้สารละลายปูนขาว (Lime Slurry) ในการลดสารจำพวกกรด และมีการใช้ Activated Carbon เพื่อลดสารไดออกซินและโลหะหนัก รวมทั้งมีระบบดุกรองแบบเส้นใย (Fabric Filter) ที่มีประสิทธิภาพในการกรองฝุ่นร้อยละ 99.5

(8) เถ้าหนักและเถ้าลอย

- เถ้าหนักถูกส่งออกไปกำจัดเป็นวัสดุกลบทับรายวัน ในพื้นที่ฝังกลบมูลฝอยของเทศบาลนครภูเก็ต เพื่อป้องกันกลิ่นเหม็นรบกวนจากมูลฝอยภายในบ่อ และยังสามารถนำไปใช้ในการปรับถมพื้นที่และปรับสภาพดิน
- เถ้าลอยจะถูกส่งไปยังบ่อเก็บเถ้าลอยของเทศบาลนครภูเก็ต (Secured Landfill)

ผลผลิตจากโครงการ

บริษัท พีเจที เทคโนโลยี จำกัด สามารถกำจัดขยะโดยการเผาได้ 600 ตัน/วัน โดยบริษัทฯ จะได้ค่ากำจัดขยะจากเทศบาลจังหวัดภูเก็ต และจากนโยบาย ส่งเสริมการผลักดันให้เอกชนเข้าร่วมลงทุนสร้างโรงผลิตไฟฟ้าจากพลังงานทดแทน เพื่อลดปริมาณขยะมูลฝอย และนำขยะมูลฝอยมาใช้ประโยชน์ให้ได้สูงสุด บริษัทฯ สามารถนำแก๊สร้อนจากการเผาขยะมาผลิตกระแสไฟฟ้าได้ 10-15 เมกะวัตต์ กระแสไฟฟ้าจะถูกนำมาหมุนเวียนเพื่อการเผาขยะภายในโครงการ และจำหน่ายให้การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค

การลดปริมาณการปล่อยแก๊สพิษ

โครงการเตาเผาใหม่นี้จะสามารถลดการปล่อยแก๊สเรือนกระจก ได้แก่ แก๊สมิเทนที่เกิดจากการฝังกลบขยะ และมลพิษที่เกิดจากการใช้เชื้อเพลิงประเภทถ่านหินในการเผาไหม้ ซึ่งจะช่วยให้บริษัทฯ มีรายได้จากการขายคาร์บอนเครดิตจากการเข้าร่วมโครงการกลไกพัฒนาสะอาด (CDM)

7.1.2.4 การประเมินโครงการทางด้านเศรษฐศาสตร์ [12]

โครงการเตาเผาของเทศบาลนครภูเก็ตเป็นกรณีของการลงทุนโดยรัฐและจัดจ้างเอกชนเดินระบบ ซึ่งงบประมาณในการจัดจ้างเอกชน การบำรุงรักษา และค่าใช้จ่ายที่เกี่ยวข้องมาจากรายได้จากการเก็บค่าธรรมเนียมบริการของเทศบาลนครภูเก็ต งบอุดหนุนพิเศษจากรัฐ และรายได้จากการจำหน่ายกระแสไฟฟ้าที่ผลิตได้ โดยสถานการณ์การเงินของโครงการมีลักษณะสมดุล มีรายได้เพียงพอกับต้นทุนดำเนินการ และการซ่อมบำรุงตลอดมา แต่เนื่องจากรายได้จากค่าธรรมเนียมบริการกำจัดมาจาก

น้ำนักขยะชุมชนทั้งหมดที่ผ่านเครื่องชั่ง ส่วนต้นทุนดำเนินการส่วนใหญ่เป็นต้นทุนของเตาเผา ขณะที่ปริมาณขยะที่เหลือถูกนำไปเทกองในพื้นที่ฝังกลบโดยไม่มีการจัดการที่เหมาะสม จึงไม่สามารถเปรียบเทียบรายได้และต้นทุนต่อหน่วยน้ำนักของเตาเผาได้

ผลประโยชน์ทางการเงินของโครงการ (Financial Benefit) พิจารณาจากรายได้ที่เกิดขึ้นจากการดำเนินการของโครงการ ซึ่งมีรายได้มาจาก 3 ส่วน ดังตารางที่ 7.3 ได้แก่

- 1) รายได้จากค่าธรรมเนียมการให้บริการกำจัดขยะชุมชนจากท้องถิ่นที่นำขยะชุมชนมากำจัด ซึ่งเคยเรียกเก็บในอัตรา 200 บาท/ตัน และปรับเพิ่มขึ้นเป็น 300 บาท/ตัน ในปี พ.ศ. 2550
- 2) รายได้จากการจำหน่ายกระแสไฟฟ้าแก่การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค
- 3) รายได้จากงบประมาณอุดหนุนพิเศษ เพื่อการเดินระบบจากกระทรวงมหาดไทยประมาณปีละ 40-50 ล้านบาท

ในส่วนของการจัดเก็บค่าธรรมเนียมบริการกำจัดขยะชุมชน เทศบาลนครภูเก็ตมีข้อตกลงกับเทศบาลเมืองวิจิตรที่จัดเก็บค่าธรรมเนียมเพียงครึ่งหนึ่งของอัตราที่เรียกเก็บจากท้องถิ่นอื่น เนื่องจากสถานที่ตั้งเตาเผาอยู่ในพื้นที่ของเทศบาลเมืองวิจิตร นอกจากนั้นไม่ปรากฏว่ามีการตั้งงบประมาณเป็นค่าธรรมเนียมกำจัดขยะชุมชนของเทศบาลนครภูเก็ตเองด้วย

ตารางที่ 7.3 รายรับของเตาเผาจังหวัดภูเก็ตระหว่างปี พ.ศ. 2546-2551 [12]

	2546	2547	2548	2549	2550	2551
เงินอุดหนุนพิเศษ	39,000,000	53,000,000	40,000,000*	40,000,000*	40,000,000*	40,000,000*
ค่าธรรมเนียมกำจัดขยะ	17,032,229	18,774,936	21,578,882	22,893,647	29,754,382	44,085,940
จำหน่ายกระแสไฟฟ้า	2,222,524	6,084,792	6,000,000*	6,000,000*	6,409,885	6,409,885*
รวม	58,254,753	77,859,728	67,578,882	68,893,647	76,164,267	90,495,825

หมายเหตุ: * คือ ข้อมูลประมาณการ โดยกลุ่มงานสิ่งแวดล้อม สำนักงานช่าง เทศบาลนครภูเก็ต

ต้นทุนดำเนินการ (Financial Cost)

การบันทึกข้อมูลต้นทุนดำเนินการกำจัดขยะชุมชนของเทศบาลนครภูเก็ตเป็นการบันทึกต้นทุน ยกเว้นการจัดจ้างเอกชนเดินระบบ โดยให้ค่าตอบแทน 3,250,000 บาท/เดือน หรือ 39 ล้านบาท/ปี และการจัดซื้อวัสดุ เครื่องมือและการซ่อมบำรุงที่เกี่ยวข้องกับการบำรุงรักษาเตาเผา โดยพบว่าในปี พ.ศ. 2546 และปี พ.ศ. 2547 มีต้นทุนรวมดังกล่าวประมาณ 55.543 และ 74.894 ล้านบาทตามลำดับ ใกล้เคียงกับรายได้ของเตาเผาในปีเดียวกัน ดังตารางที่ 7.4 ที่แจกแจงรายละเอียดของต้นทุน และค่าใช้จ่ายประเภทต่างๆ ต่อหน่วยน้ำนักของเตาเผาจังหวัดภูเก็ต ต้นทุนเหล่านี้เป็นเพียงต้นทุนใน

การเดินระบบและบำรุงรักษาเตาเผา (Operation and Maintenance Cost) ไม่รวมต้นทุนในการลงทุน (Capital Cost) ซึ่งจะเกิดขึ้นในกรณีที่เอกชนเป็นผู้ลงทุนเอง ความเป็นไปได้ของโครงการจึงขึ้นกับรายได้ของโครงการที่ต้องครอบคลุมต้นทุนในการเดินระบบ ต้นทุนในการบำรุงรักษา ต้นทุนการลงทุนและค่าใช้จ่ายด้านการเงินที่เกี่ยวข้อง เช่น ดอกเบี้ยและค่าธรรมเนียม เป็นต้น ตารางที่ 7.4 ยังแสดงให้เห็นว่าความเป็นไปได้ของโครงการขึ้นกับรายได้จากค่าธรรมเนียม และรายได้จากการจำหน่ายกระแสไฟฟ้าเท่านั้น เงินอุดหนุนเพื่อการกำจัดขยะชุมชนของจังหวัดภูเก็ตเป็นกรณีพิเศษ ซึ่งท้องถิ่นอื่นหรือโครงการที่ลงทุนโดยเอกชนจะไม่ได้รับการสนับสนุนเช่นนี้แน่นอน ดังนั้น ความเป็นไปได้ของโครงการจึงขึ้นกับการกำหนดค่าธรรมเนียมบริการกำจัดที่เหมาะสม และประสิทธิภาพในการผลิตกระแสไฟฟ้า ซึ่งมีมาตรการสนับสนุนโดยการกำหนดค่า Adder

ตารางที่ 7.4 ต้นทุนดำเนินการต่อหน่วย (บาท/ตัน) ของโครงการ [12]

	2546	2547
น้ำประปา	7.26	6.12
กระแสไฟฟ้าเข้า	7.92	20.44
น้ำมันเชื้อเพลิง (ดีเซล)	11.96	3.75
ปูนขาว	41.74	40.97
สารเคมีอื่นๆ	6.19	6.86
วิเคราะห์	17.25	17.09
ประกันภัย	16.56	16.40
ชิ้นส่วนสำรอง	110.02	313.86
ฝังกลบเก่า	8.28	8.20
รวม (บาท)	227.20	433.70
ค่าจ้างเดินระบบ(บาท/ตัน)	457.97	456.72
ต้นทุนเดินระบบและบำรุงรักษา(บาท/ตัน)	685.17	890.42
ปริมาณขยะทั้งหมด(ตัน/วัน)	320.21	364.03
ปริมาณขยะที่เข้าเตาเผาเฉลี่ย(ตัน/วัน)	253.33	262.85
ประมาณต้นทุนเดินระบบรวม(บาท)	55,543,486	74,894,888

7.1.2.5 บทเรียนที่ได้รับจากโครงการเตาเผาขยะมูลฝอยชุมชนและผลิตภัณฑ์ ของเทศบาลนครภูเก็ต

- 1) จากการที่เทศบาลนครภูเก็ตได้ให้สัมปทานแก่เอกชนลงทุนบริหารจัดการโรงงานคัดแยกวัสดุรีไซเคิลเป็นระยะเวลา 20 ปี ตั้งแต่กรกฎาคม พ.ศ. 2545 โดยคาดว่าจะสามารถคัดแยกวัสดุรีไซเคิลออกจากขยะชุมชนรวมได้ไม่น้อยกว่าร้อยละ 30 หรือประมาณ 90-100 ตัน/วัน ซึ่งเมื่อเดินระบบของโรงงานคัดแยกแล้วจะช่วยลดปริมาณขยะที่ต้องกำจัดด้วยการเผาไม่ให้เกิดนิคมความสามารถของเตาเผา โดยโรงงานใช้คนคัดแยก ร่วมกับเครื่องจักรกล แต่กลับคัดแยกวัสดุรีไซเคิลได้เพียงประมาณ 30 ตัน/วัน หรือประมาณร้อยละ 8-10 ของปริมาณขยะชุมชน ซึ่งน้อยกว่าที่ประมาณการไว้ และวัสดุที่คัดแยกได้ส่วนใหญ่เป็นขวดแก้ว ซึ่งมีราคาต่อหน่วยน้ำหนักต่ำกว่าวัสดุประเภทอื่น เช่น ปี พ.ศ. 2549-2550 ราคารับซื้อขวดแก้วเหลือเพียง 0.20-0.50 บาท/กิโลกรัม ทำให้รายได้ของโรงงานไม่เพียงพอต้นทุนในการเดินระบบ ทั้งนี้ประสิทธิภาพในการคัดแยกอยู่ในระดับต่ำ เนื่องจากไม่มีการคัดแยกขยะจากต้นทางก่อให้เกิดการปนเปื้อน และสกปรกทำให้มูลค่าและปริมาณของวัสดุรีไซเคิลที่ได้มีค่าลดลง ทำให้โรงคัดแยกต้องเลือกขยะที่จะนำเข้าสู่โรงคัดแยกจากเส้นทาง หรือรถบรรทุกขยะที่คาดว่าจะมีสัดส่วนของวัสดุรีไซเคิลมากพอซึ่งก้ำกึ่งกับการดำเนินการ ในที่สุดเอกชนต้องยุติการเดินระบบในเดือนสิงหาคม พ.ศ. 2549 หลังจากที่ได้พยายามประคับประคองมาเป็นเวลา 5 ปี [12]

ทั้งนี้โรงคัดแยกขยะผสมที่สร้างและดำเนินงานในประเทศไทยหลายโรงได้ปิดตัวลง และโรงคัดแยกที่ดำเนินงานอยู่ก็มีประสิทธิภาพการคัดแยกต่ำ เนื่องจากขยะที่เข้าสู่โรงคัดแยกเป็นขยะผสม ไม่ได้แยกขยะเปียกออกจากขยะแห้ง ทำให้การคัดแยกด้วยมือ หรือด้วยเครื่องจักรที่ไม่มีประสิทธิภาพ การแยกทิ้งขยะเศษอาหารที่แหล่งกำเนิด และการแยกจัดเก็บอาจเป็นแนวทางที่เหมาะสมสำหรับการสร้างโรงคัดแยก และการใช้เตาเผาของภูเก็ต [57]

- 2) จากข้อมูลปริมาณขยะมูลฝอยขององค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นหน่วยงานต่างๆ ที่ส่งไปกำจัดยังศูนย์กำจัดขยะรวมของเทศบาลนครภูเก็ตรวมพบว่า ปริมาณขยะมูลฝอยที่เก็บขนและส่งไปกำจัดนั้นมีปริมาณเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องทุกปี เนื่องจากเกาะภูเก็ตเป็นจังหวัดที่เป็นเมืองศูนย์กลางด้านเศรษฐกิจและเมืองท่องเที่ยวที่สำคัญระดับประเทศ แต่ละปีมีปริมาณนักท่องเที่ยวเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง โดยคาดว่าจะในอนาคตภูเก็ตจะมีรายได้จากการท่องเที่ยวไม่ต่ำกว่า 95 ล้านบาทขึ้นไป ด้วยเหตุนี้จึงส่งผลให้มีการขยายตัวของชุมชนเมืองไปยังเขตองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นที่อยู่รอบนอก ทำให้ปริมาณขยะมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องในอัตราร้อยละ 7 ต่อปี ส่งผลให้ระบบกำจัดขยะต้องรองรับปริมาณขยะมากเกินความสามารถที่ระบบจะรองรับได้ จึงทำให้เกิดปัญหาขยะล้นเมือง โดยจากการศึกษาการคาดการณ์ปริมาณขยะขององค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นของจังหวัดภูเก็ตจากหน่วยงานต่างๆ ได้กำหนดควบคุมมลพิษ มูลนิธิเพื่อการพัฒนาสิ่งแวดล้อม (DEE) และจังหวัดภูเก็ต พบว่า อัตราการเพิ่มขึ้นของปริมาณขยะประมาณร้อยละ 7 นี้ จะทำให้ในอนาคตของเกาะภูเก็ตในปี พ.ศ. 2569 มีขยะเกิดขึ้น

มากกว่า 1,600 ตัน/วัน หากไม่มีการจัดการใดๆ เพิ่มเติม ซึ่งปัจจุบันเทศบาลนครภูเก็ตได้รับผิดชอบดำเนินงานในห้วงการปกครองส่วนท้องถิ่น 19 แห่ง รวมเอกชนและอื่นๆ รวมทั้งสิ้นมีปริมาณขยะรวมมากกว่า 528 ตัน/วัน ทั้งนี้ปัญหาหลักของปริมาณขยะที่เพิ่มมากขึ้นเรื่อยๆ ก็คือ การที่ประชาชนไม่ยอมคัดแยกขยะตั้งแต่ต้นจึงทำให้ขยะที่เข้าสู่ศูนย์กำจัดขยะรวมมีปริมาณมากขึ้น และเป็นขยะอินทรีย์สูงถึงร้อยละ 60 จึงทำให้ขยะโดยรวมมีความชื้นสูง ส่งผลให้ค่าความร้อนในการเผาไหม้ต่ำกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้ เมื่อนำขยะดังกล่าวมากำจัดด้วยเตาเผา จึงทำให้ประสิทธิภาพในการเผาไหม้ของเตาเผา ลดลง และต้องใช้เชื้อเพลิงเสริม เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการเผาไหม้ จึงต้องเสียค่าใช้จ่ายเพิ่มขึ้น [57]

3) สรุปกระบวนการทำงานของเตาเผาเทศบาลนครภูเก็ต เป็นดังตารางที่ 7.5

ตารางที่ 7.5 การทำงานของเตาเผาเทศบาลนครภูเก็ต [58]

ขั้นตอน	การดำเนินงาน
ก่อนเข้าเตาเผา	- ขยะจากรถขนขยะจะส่งไปยังห้องพักขยะ พักไว้ประมาณ 5 วัน ให้ความชื้นออกจากขยะ โดยจะจัดวางอย่างเป็นระเบียบและใช้มือกลที่บังคับจากห้องควบคุมพลิกขยะให้คลุกเคล้ากัน เพื่อเพิ่ม O_2 ในขยะ - มีระบบป้องกันกลิ่นกระจายออก โดยใช้พัดลม (Forced Draft Fan) ดูดอากาศส่วนบนของบ่อพักมูลฝอยเข้าสู่เตาเผา ทำให้ความดันภายในบ่อต่ำกว่าภายนอก อากาศจึงไหลเข้าไปในบ่อแทนการแพร่กระจายออกสู่ภายนอก
เข้าเตาเผา	- ขยะที่ถูกพักไว้แล้วจะถูกส่งไปยังเตาเผา เพื่อใช้เป็นเชื้อเพลิงในการผลิตพลังงานไฟฟ้าด้วยไอน้ำ โดยใช้ระบบตะกรับ - อากาศที่ใช้ในการเผาไหม้จะถูกอุ่นให้ร้อนขึ้นด้วยไอน้ำก่อนเป่าเข้าด้านล่างของตะกรับ เพื่อช่วยลดเย็นและช่วยในการเผาไหม้ แก๊สร้อนที่เกิดจากการเผาไหม้จะไหลเข้าสู่ด้านบนห้องเผาไหม้เพื่อเข้าสู่หม้อไอน้ำ และเผาซ้ำด้วยการเติมอากาศส่วนที่สองเข้าไปในห้องเผาไหม้ - ใช้หัวเผาช่วยให้ขยะที่เปียกถูกจุดไฟ เมื่อขยะมีการเผาไหม้ด้วยตัวเองจนได้อุณหภูมิที่สูงเพียงพอแล้วหัวเผาจะหยุดทำงาน โดยแก๊สร้อนที่เกิดจากการเผาไหม้มีอุณหภูมิประมาณ $900\text{ }^{\circ}\text{C}$
ออกจากเตาเผา	แก๊สร้อนจะถูกทำให้เย็นลงโดยถ่ายเทความร้อนจากแก๊สให้น้ำกลายเป็นไอน้ำ และนำไปใช้ผลิตกระแสไฟฟ้า โดยอุณหภูมิของแก๊สจะลดลงเหลือประมาณ $260\text{ }^{\circ}\text{C}$ จากนั้นแก๊สจะออกจากหม้อไอน้ำเข้าสู่ Spray Cooler เพื่อฉีดพ่นน้ำเข้าไปในแก๊สให้อุณหภูมิลดลงเหลือประมาณ $150\text{ }^{\circ}\text{C}$ ก่อนจะเข้าสู่อุปกรณ์ควบคุมมลพิษอากาศ (APCDs)
ระบบควบคุม-มลพิษ	- เป็นแบบแห้ง โดยพ่นผงปูนขาว $Ca(OH)_2$ และถ่านกัมมันต์เข้าไปทำปฏิกิริยากับแก๊สไอเสียที่ไหลออกมาจากหม้อไอน้ำ - ผ่าน Spray Cooler เพื่อลดอุณหภูมิก่อนเข้าเครื่องดักฝุ่นแบบถุงกรอง (Bag Filter) เพื่อกำจัดฝุ่น, HCl, SO_x, PCDDs โดยผงแป้งจะถูกกรองออกมาจากแก๊สไอเสียในสภาพ Fly Ash ด้วย Bag Filter

ตารางที่ 7.5 การทำงานของเตาเผาเทศบาลนครภูเก็ต (ต่อ)

ขั้นตอน	การดำเนินงาน
ระบบควบคุม-มลพิษ (ต่อ)	- เป่าผงแป้งที่เกาะติดที่ผิวด้านนอกของถุงกรอง โดยเป่าลมความดันสูงสวนทางเข้าไปในถุงกรอง ซึ่งจะทำให้ผงแป้งตกลงด้านล่าง - ส่วนแก๊สที่ถูกกำจัดมลพิษออกแล้วจะถูกดูดด้วยพัดลมดูดอากาศแล้วปล่อยออกที่ปล่องควันเข้าสู่บรรยากาศต่อไป
ผลผลิตที่ได้	- ไอน้ำที่ผลิตได้จะนำมาปั่นเทอร์โบเจนเนอเรเตอร์ เพื่อผลิตไฟฟ้าจำนวน 2.5 เมกะวัตต์ โดยไฟฟ้าที่ผลิตได้จะนำมาใช้ภายในโครงการประมาณร้อยละ 63 และส่วนที่เหลือประมาณร้อยละ 37 จะขายให้กับการไฟฟ้าฝ่ายผลิต (กฟผ.) - ขี้เถ้าที่เหลือจากเตาเผาจะถูกนำไปฝังกลบในบ่อฝังกลบต่อไป

4) เตาเผาของภูเก็ตนี้เป็นกรณีการลงทุนโดยรัฐ และจัดจ้างเอกชนเดินระบบ โดยใช้งบประมาณในการจัดจ้างเอกชน บำรุงรักษา และค่าใช้จ่ายที่เกี่ยวข้องจากรายได้ค่าธรรมเนียมบริการ งบอุดหนุนพิเศษจากรัฐ และรายได้จากการจำหน่ายกระแสไฟฟ้าที่ผลิตได้ ทำให้สถานะการเงินของโครงการเพียงพอกับต้นทุนดำเนินการ และการซ่อมบำรุงตลอดมา แต่เนื่องจากรายได้จากค่าธรรมเนียมบริการจำกัด มาจากน้ำหนักระยะชุมชนทั้งหมดที่ผ่านเครื่องซึ่ง แต่ต้นทุนดำเนินการส่วนใหญ่เป็นต้นทุนของเตาเผา หากมีปริมาณขยะที่เหลือถูกนำไปเทกองในพื้นที่ฝังกลบโดยไม่มีการจัดการที่เหมาะสมจะไม่สามารถเปรียบเทียบรายได้และต้นทุนต่อหน่วยน้ำหนักของเตาเผาได้ และประสิทธิภาพที่แท้จริงของเตาเผานั้นผลิตไฟฟ้าได้เพียง 1.6-1.8 เมกะวัตต์ ซึ่งต่ำกว่าที่ประมาณการไว้ร้อยละ 32 จากการออกแบบและประเมินในข้างต้นว่า ขยะมีค่าความร้อนประมาณ 1,800-2,000 กิโลแคลอรี/กิโลกรัม (สำนักงานเลขาธิการวุฒิสภา, 2550) ทำให้ในการเผาขยะ 250 ตัน/วัน สามารถผลิตกระแสไฟฟ้าได้ 2.5 เมกะวัตต์ นั้นคลาดเคลื่อน สาเหตุเกิดจากการเปลี่ยนแปลงขององค์ประกอบของขยะชุมชนที่มีสัดส่วนของขยะอินทรีย์เพิ่มขึ้น ดังแสดงไว้ในตารางที่ 7.6

ตารางที่ 7.6 การเปลี่ยนแปลงสัดส่วนของขยะอินทรีย์ในพื้นที่จังหวัดภูเก็ต [12]

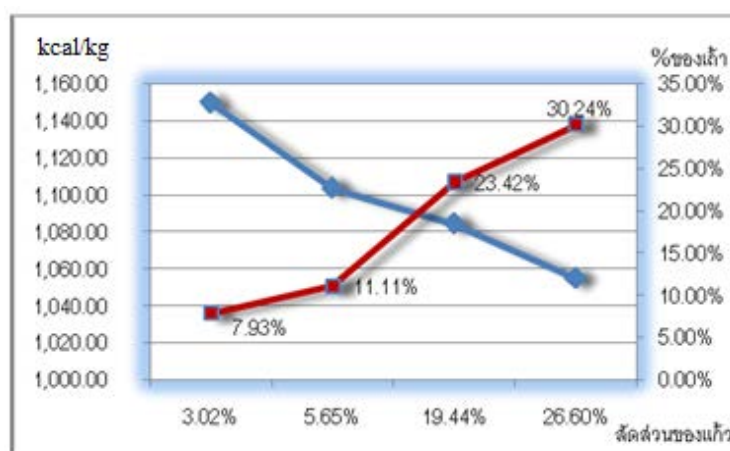
ปี	ที่มา	สัดส่วนของขยะอินทรีย์ (%)
2536	รายงานการศึกษาความเหมาะสมเพื่อก่อสร้างโรงเผาขยะมูลฝอย จังหวัดภูเก็ต	34.42%
2540	รายงานสำรวจองค์ประกอบขยะมูลฝอยก่อนการเดินระบบเตาเผา ²	38.53%
2543	การศึกษาขององค์ประกอบขยะมูลฝอยจากรายงานการบริหารดำเนินการ	45%
2546	เตาเผาประจำปี	49.87%
2547	การสำรวจตามโครงการศึกษาเพื่อปรับปรุงระบบการจัดการขยะมูลฝอย จังหวัดภูเก็ต	67.30%

5) มีองค์ประกอบที่ไม่เหมาะกับการเผา ได้แก่ ขยะประเภทที่ไม่เผาไหม้ (Non-Combustible Waste) และประเภทที่มีสารพิษอันตราย (Household Hazardous Waste) ในช่วงต้นปี พ.ศ. 2550 (มูลนิธิเพื่อการพัฒนาสิ่งแวดล้อมและพลังงาน, 2550) พบสัดส่วนของวัสดุประเภทขวดแก้วและแก้วประเภทต่างๆ ในพื้นที่จังหวัดภูเก็ตเพิ่มสูงขึ้น บางท้องถิ่นมีสัดส่วนกว่าร้อยละ 20 โดยน้ำหนัก ซึ่งสาเหตุหลักเกิดขึ้นเพราะราคารับซื้อวัสดุประเภทแก้วลดลงจนถึงระดับที่ไม่มีการซื้อขายขวดแก้วจึงถูกทิ้งรวมไปกับขยะประเภทอื่นๆ และในที่สุดก็เข้าสู่เตาเผา ซึ่งนอกจากไม่เผาไหม้แล้วยังทำให้ค่าความร้อนต่อน้ำหนักขยะชุมชนลดต่ำลงอีกด้วย เช่น เมื่อสัดส่วนของขวดแก้วเพิ่มขึ้นเป็นร้อยละ 10 ค่าความร้อนของขยะเมื่อทิ้ง (Low Heat Value as Discarded) ที่คำนวณได้จากสูตร Modified Dulong Formula (Tchobanoglous, Theisen, Vigil, 1993) จะเหลือเพียง 1,100 กิโลแคลอรี/กิโลกรัม

$$\text{High Heating Value (HHV)} = 80.60 C + 339.10 (H + O/8) + 22.20 S - 6N$$

*เมื่อ C, H, O, S, N เป็น %wt

โดยรูปที่ 7.17 แสดงให้เห็นถึงค่าความร้อน (Low Heat Value as discarded) และสัดส่วนของแก้วของขยะชุมชนที่มีองค์ประกอบของแก้วแตกต่างกันโดยใช้สูตร Modified Dulong Formula พบว่านอกจากจะทำให้ค่าความร้อนลดลงแล้ว สัดส่วนขององค์ประกอบที่เผาไหม้ไม่ได้ยังทำให้ปริมาณเถ้าเพิ่มขึ้นอีกด้วย ซึ่งมีผลต่อต้นทุนการทำงาน และสิ้นเปลืองพื้นที่ในการฝังกลบ (สำนักงานเลขาธิการวุฒิสภา, 2550) การเปลี่ยนแปลงขององค์ประกอบของขยะชุมชนจึงเป็นปัจจัยสำคัญที่มีผลกระทบต่อประสิทธิภาพการทำงานของเตาเผา ทั้งในส่วนของ การเผาไหม้ (Combustion Condition) ปริมาณเถ้าที่เพิ่มขึ้นมาลพิษจากการเผา กระแสไฟฟ้าที่ผลิตได้ ความสึกกร่อนของระบบ ตลอดจนต้นทุนดำเนินการที่เพิ่มสูงขึ้น [12]



รูปที่ 7.17 สัดส่วนของแก้วในขยะกับการเปลี่ยนแปลงของค่าความร้อนและเถ้า [12]

6) การตรวจวัดค่ามลพิษของเตาเผาจังหวัดภูเก็ต พบค่าไดออกซินสูงเกินกว่ามาตรฐานตั้งแต่ปี พ.ศ. 2545-2550 ประมาณ 2-20 เท่า โดยเทียบจากค่ามาตรฐาน 0.5 นาโนกรัม (I-TEQ)/ลูกบาศก์เมตรของ ปริมาตรอากาศ วิเคราะห์โดยบริษัท SGS (Thailand) ที่เทศบาลว่าจ้าง ทั้งนี้กรรมการสิทธิมนุษยชนฯ จึงมีข้อเสนอถึงรัฐบาลให้สนับสนุนงบประมาณโครงการลดและแยกขยะมูลฝอยจากแหล่งกำเนิด เป็นวงเงิน 6,400,000 บาท และโครงการปรับปรุงบ่อฝังกลบขยะมูลฝอยบ่อที่ 4 และพื้นที่บ่อฝังกลบที่ 5 วงเงิน 55 ล้านบาท โดยให้เทศบาลนครภูเก็ตดำเนินการตามข้อเสนอแนะของกรมควบคุมมลพิษ เพื่อเร่งลดสารไดออกซินให้อยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน พร้อมทั้งให้กระทรวงสาธารณสุขเข้าตรวจสอบสุขภาพ ของคนในชุมชน และเด็กในโรงเรียนเฉลิมพระเกียรติที่อยู่บริเวณโรงเตาเผาขยะภายใน 30 วัน โดย สาเหตุสำคัญที่ทำให้เตาเผาของจังหวัดภูเก็ตไม่สามารถควบคุมมลพิษได้คือ การที่ขยะมีความชื้นสูง และน้ำเสียที่ปะปนมากับขยะมีค่าคลอไรด์สูงทำให้ยากต่อการควบคุมอุณหภูมิในการเผา โดยเฉพาะ ช่วงเวลาที่ป้อนขยะชื้นเข้าเตา อุณหภูมิของห้องเผาจะลดต่ำกว่า 800 องศาเซลเซียส นอกจากนี้ยังมี วัสดุที่เป็นสารประกอบของอินทรีย์คาร์บอนและคลอไรด์ เช่น พลาสติก PVC ที่ปะปนอยู่ในขยะ ชุมชนเป็นสาเหตุของการเกิดไดออกซิน แนวทางแก้ไขที่เป็นมาตรฐานคือ การควบคุมอุณหภูมิในการ เผาและคัดแยกขยะจากแหล่งกำเนิด จะช่วยให้ขยะมีค่าความร้อน(Calorific Value) สูงขึ้น สะดวกใน การควบคุมอุณหภูมิในการเผา โดยเฉพาะการคัดแยกวัสดุประเภท PVC หรือสารคลอไรด์ เช่น แก้ว- แกง ออกจากขยะชุมชนก่อนนำไปเผาไหม้จะช่วยลดการเกิดสารไดออกซินลงได้มาก เนื่องจาก ปริมาณคลอไรด์เพียงเล็กน้อยที่ปะปนในขยะชุมชนสามารถทำให้เกิดสารไดออกซินเกินปริมาณขึ้น ค่าที่กำหนดไว้ตามมาตรฐาน นอกจากนี้ที่เตาเผาขยะยังตรวจพบสารไดออกซินในเจ้าหน้าที่ถูกนำไป เทกองรวมกับขยะชุมชนที่เผาไม่ทัน ทำให้เกิดความเสี่ยงของการกระจายสารไดออกซินออกจากพื้นที่ ฝังกลบ ดังเช่นเหตุการณ์น้ำเสียจากพื้นที่ฝังกลบไหลล้นลงคลองในเดือนมิถุนายน พ.ศ. 2550 ส่งผล ให้ปลาที่ชาวบ้านเลี้ยงไว้ในกระชังจำนวนมากได้รับความเสียหาย เป็นต้น

7) หลังการดำเนินการปรับปรุงแก้ไขเรื่องของค่ามลพิษพบว่า ผลการตรวจวัดคุณภาพอากาศที่ระบาย ออกจากปล่องเตาเผาจังหวัดภูเก็ต โดยบริษัท SGS (Thailand) เมื่อปี พ.ศ. 2553 (ดังตารางที่ 7.7) พบว่า มีค่าไดออกซิน 0.3 นาโนกรัม (I-TEQ)/ลูกบาศก์เมตรของปริมาตรอากาศ และผลการตรวจวัดล่าสุด ในปี พ.ศ. 2554 (ดังตารางที่ 7.8) พบว่า มีค่าไดออกซิน 0.1967 นาโนกรัม (I-TEQ)/ลูกบาศก์เมตรของ ปริมาตรอากาศ ซึ่งอยู่ในค่ามาตรฐานของประเทศไทยที่กำหนดไว้ให้เตาเผาขยะสามารถปลดปล่อย สารไดออกซินได้ไม่เกิน 0.5 นาโนกรัม (I-TEQ)/ลูกบาศก์เมตรของปริมาตรอากาศ และตรวจวัดค่า ไดออกซินรวมได้ 8.1236 นาโนกรัม (Total)/ลูกบาศก์เมตรของปริมาตรอากาศ ซึ่งอยู่ในค่ามาตรฐาน ที่กำหนดไว้ด้วยเช่นกันคือ ไม่เกิน 30 นาโนกรัม (Total)/ลูกบาศก์เมตรของปริมาตรอากาศ ทั้งนี้ค่าได- ออกซินที่ตรวจวัดได้ในปี พ.ศ. 2553-2554 นี้ มีค่าต่ำกว่ามาตรฐานพอสมควร (เอกสารการตรวจวัด ฉบับจริงอยู่ในภาคผนวก ง)

ตารางที่ 7.7 ผลการตรวจวัดคุณภาพอากาศที่ระบายออกจากปล่องเตาเผาจังหวัดภูเก็ต ปี พ.ศ. 2553

ลำดับ	ผลการตรวจวัด		มาตรฐาน (น้อยกว่าหรือเท่ากับ)
	สารที่ควบคุม	ค่าที่ตรวจวัดได้	
1	ไนโตรเจนออกไซด์	73.35 ppm	180 ppm
2	กำมะถันออกไซด์	น้อยกว่า 2.2 ppm	30 ppm
3	โอกรดเกลิโอ	9.24 ppm	25 ppm
4	ฝุ่นละออง	78.45 mg/ Nm3	120 mg/ Nm3
5	ไดออกซิน	0.3 ngTEO/ Nm3	0.5 ngTEO/ Nm3
6	กลิ่น	-	วัดไม่ได้

ตารางที่ 7.8 ผลการตรวจวัดคุณภาพอากาศที่ระบายออกจากปล่องเตาเผาจังหวัดภูเก็ต ปี พ.ศ. 2554

ดัชนีคุณภาพอากาศ	หน่วย	ค่าความเข้มข้น ⁽⁴⁾		ค่ามาตรฐาน ⁽⁷⁾
		%Actual O ₂ 13.2 % ⁽⁵⁾	%O ₂ ที่ 7% มาตรฐาน ⁽⁶⁾	
TSP	mg/m ³	56.8679	102.0706	120 mg/m ³
SO ₂	ppm	8.86	15.90	30 ppm
NO _x	ppm	24.50	43.97	180 ppm
CO	ppm	42.00	75.38	-
HCl	ppm	1.35	2.42	25 ppm
Hg	mg/m ³	0.0030	0.0054	-
Total Dioxin (Mass)	ng/Nm ³	4.5260	8.1236	30 ng/Nm ³
Dioxins and Furans (TEQ)	ngTEQ/Nm ³	0.1096	0.1967	-

กรณีศึกษาเตาเผาขยะมูลฝอยชุมชนและผลิตพลังงานของภาคเอกชน [60]

กรณีศึกษาการดำเนินโครงการโรงไฟฟ้าพลังงานขยะชุมชนจากเตาเผามูลฝอยแบบไร้มลพิษและผลิตกระแสไฟฟ้าของบริษัท เสริมทรัพย์ไพศาล กรุ๊ป 1999 จำกัด ร่วมกับบริษัท ลาวิเอ็นจิเนียริง (ประเทศไทย) จำกัด จากประเทศเยอรมัน และ Wuxi Huaguagn Boiler Co.,LTd จากประเทศจีน ซึ่งเป็นเจ้าของลิขสิทธิ์ CFB Technology by Foster Wheeler จากประเทศสหรัฐอเมริกา ถือเป็นเทคโนโลยีเตาเผาขยะเพื่อผลิตพลังงานที่น่าสนใจกรณีหนึ่งในประเทศไทย โดยระบบ CFB Technology ภายใต้ลิขสิทธิ์ของ Foster Wheeler นี้มีการใช้งานอยู่หลายแห่งในต่างประเทศ เช่น โรงไฟฟ้าพลังงานขยะเมืองยูนาน ประเทศจีน ขนาด 1,200 ตัน/วัน โรงไฟฟ้าขยะชุมชนเมืองอิโรชิม่า ประเทศญี่ปุ่น ขนาด 1,560 ตัน/วัน เปิดดำเนินการเมื่อปี พ.ศ. 2551 โรงไฟฟ้าขยะชุมชนเมืองปูซาน ประเทศเกาหลีใต้ ขนาด 1,200

ตัน/วัน เปิดดำเนินการเมื่อปี พ.ศ. 2554 โรงไฟฟ้าขยะชุมชน Turkey ETI Energy Department Refinery ของประเทศตุรกี เปิดดำเนินการเมื่อปี พ.ศ. 2553 เป็นต้น โดยระบบมีการดำเนินงานดังนี้ เริ่มต้นด้วยการสับย่อยขยะเพื่อลดความชื้นและคัดแยกโลหะก่อนลำเลียงขยะไปยังปล่องรับขยะ และส่งเข้าสู่กระบวนการเผาขยะต่อไปด้วยความร้อนสูงที่ 850-1,500 องศาเซลเซียส โดยระบบการเผาขยะ มีการเป่าอัดอากาศ ซึ่งจะเพิ่มออกซิเจนเข้าไปผสมกับเชื้อเพลิงขยะเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการเผาไหม้ รวมทั้งยังช่วยกำจัด NO_x ไปในตัว และระบบการเผาพร้อมกับทรายร้อนใน Boiler ทรายร้อนจะเข้าไปผสมและเผาขยะไปในตัว และเป็นการเผาขยะแบบหมุนเวียนซ้ำหลายครั้ง ทำให้สามารถเผาขยะที่มีความชื้นสูงได้อย่างมีประสิทธิภาพ เผาไหม้ขยะได้ทุกชนิด และสามารถเผาทำลายแก๊สพิษต่างๆ ได้ดี ความร้อนที่ได้จากการเผาขยะจะนำไปต้มน้ำใน Boiler ขนาด 42 ตัน อุณหภูมิและความดันไอน้ำประมาณ 410 องศาเซลเซียส และ 40 บาร์ ซึ่งจะถูกนำไปใช้ในกระบวนการผลิตกระแสไฟฟ้าต่อไป ทั้งนี้ Boiler ถูกออกแบบให้มีการนำ Flue Gas บางส่วนหมุนเวียนกลับมาใช้ โดยส่งกลับไปป้อนในเตาเผาเพื่อช่วยเพิ่มการเผาไหม้ให้มีความร้อนสูงขึ้น ทำให้การผลิตกระแสไฟฟ้ามีความสม่ำเสมอ และติดตั้ง Economizer ซึ่งจะนำความร้อนที่มักสูญเสียไปจาก Boiler มาอุ่นน้ำที่ป้อนเข้า Boiler และอุ่นอากาศก่อนป้อนเข้าเสริมระบบการเผาไหม้ ทำให้ประหยัดพลังงานและลดรังสีความร้อนที่แผ่ออกสู่ภายนอกได้ ส่วนน้ำเสียจากขยะจะถูกดูดไปเผากำจัดหรือนำไปบำบัดแล้วนำกลับมาใช้ใหม่ในโรงงาน กลิ่นที่เกิดจากขยะก็จะถูกดูดนำไปเผาทำลายและกลายเป็นเชื้อเพลิงเสริมในเตาเผาด้วยเช่นกัน ระบบควบคุมมลพิษของโครงการฯ นี้ ใช้สารซึ่งเป็นกรดเพื่อดูดซับอากาศโดยติดตั้งต่อจากเตาเผาขยะ และใช้ระบบกรองอากาศแบบ Multi Cyclones ในการกำจัดฝุ่นหนักผ่าน Dry Absorption ซึ่งคอยดักจับไอพิษ และใช้ Bag Filter ดักจับเถ้าลอยและอนุภาคเล็กที่เล็กกว่า 10 มิลลิกรัม/ลูกบาศก์เมตร และก่อนปล่อยอากาศออกสู่ภายนอกได้ติดตั้งเครื่องตรวจสอบ Continuous Emission Monitoring System (CEMs) เพื่อตรวจวัดคุณภาพอากาศก่อนระบายออกไว้ที่ปล่อง เพื่อส่งข้อมูลรายงานการปล่อยไอเสียของโรงงานฯ ให้กับกรมควบคุมมลพิษ และแสดงผลไปที่จอมอนิเตอร์หน้าโรงงาน เพื่อให้ประชาชนตรวจสอบได้ตลอดเวลา หากอากาศที่จะปล่อยออกยังไม่ได้มาตรฐาน ระบบ CEMs จะไม่อนุญาตให้ปล่อยออก และจะสั่งการอัตโนมัติให้ดูดอากาศที่ไม่ได้มาตรฐานนี้กลับไปเผาซ้ำจนกว่าจะได้ค่าตามมาตรฐานที่กรมควบคุมมลพิษกำหนด เถ้าที่เหลือจากการเผาขยะสามารถเอาไปทำถนนหรือถมที่ได้โดยไม่มัลพิษ หรือใช้ในงานก่อสร้าง ผสมปูนคอนกรีตหรือทำอิฐมวลเบาได้

ทั้งนี้จากข้อมูลระบบต่างๆ ทั้งหมดของบริษัทฯ ได้ประเมินราคางบประมาณของตัวอาคาร เครื่องจักร และอุปกรณ์ รวมถึงไฟฟ้าที่ได้รับ ออกมา 2 แบบ คือ

- เตาเผาขยะปริมาณ 400 ตัน/วัน ต้องใช้งบประมาณก่อสร้างประมาณ 985 ล้านบาท สามารถผลิตไฟฟ้าจำหน่ายได้ 4 เมกะวัตต์ เมื่อเดินเครื่องและขายกระแสไฟฟ้าได้จะมีรายได้ 600,000 บาท/วัน

- เตาเผาขยะปริมาณ 600 ตัน/วัน ต้องใช้งบประมาณก่อสร้างประมาณ 1,285 ล้านบาท สามารถผลิตไฟฟ้าจำหน่ายได้ 8 เมกะวัตต์ เมื่อเดินเครื่องและขายกระแสไฟฟ้าได้จะมีรายได้ 1,200,000 บาท/วัน

ส่วนผลการตรวจวัดค่าไอเสียจากปล่องของเตาเผาของบริษัทเสริมทรัพย์ไพศาล กรุ๊ป 1999 จำกัด เป็นดังตารางที่ 7.9 นี้ [60]

ตารางที่ 7.9 ค่าไอเสียจากปล่องของเตาเผาของบริษัทเสริมทรัพย์ไพศาล กรุ๊ป 1999 จำกัด [60]

สารควบคุม		ค่ามาตรฐานที่กำหนด	ค่าไอเสียจากปล่อง
ปริมาณฝุ่นละออง (mg/m^3)		120	20-60
SO_2	(ppm)	30	20
NO_x	(ppm)	180	100
ค่าความทึบแสง	(%)	10	5
HCl	(ppm)	25	15
PCDDs/PCDFs	(ng I-TEQ/ Nm^3)	0.5	0.1-0.3

แนวทางในการส่งเสริมการดำเนินการก่อสร้างโครงการเตาเผาขยะมูลฝอยชุมชนเพื่อผลิตพลังงาน

- 1) ต้องกำหนดมาตรการดำเนินการ ระบบ และกลไกในการกำกับดูแลการดำเนินงานระบบกำจัดขยะมูลฝอย ไม่ให้เกิดปัญหาสิ่งแวดล้อม และปัญหาเดือดร้อนรำคาญแก่ชุมชนข้างเคียง เช่น
 - การทำสัญญาร่วมกับบริษัทเอกชนต่างๆ ควรระบุให้บริษัทผู้รับจ้างต้องมีส่วนร่วมรับผิดชอบในผลกระทบที่เกิดขึ้นต่อประชาชนโดยตรง มิใช่ให้ อปท. ที่อยู่ในพื้นที่รับผิดชอบแต่เพียงฝ่ายเดียว
 - ระบุในข้อสัญญาว่าด้วยเรื่องของอุปกรณ์ที่เกี่ยวข้องกับการป้องกันความปลอดภัย อุปกรณ์ตรวจจับควันพิษ อุปกรณ์ตรวจจับสารไดออกซินและฟิวแรน ควรมีมาตรการรับรอง การปล่อยควันจากโรงงานว่าไม่ควรเกินค่ามาตรฐานที่กำหนดไว้ หากเกินอาจต้องเสียค่าปรับสินไหมทดแทนให้กับประชาชนที่อยู่อาศัยในบริเวณโดยรอบเป็นจำนวนมากพอ เพื่อให้เกิดการบังคับที่เข้มงวด และเป็นที่น่าพอใจแก่ประชาชน
 - การระบุในข้อสัญญาว่าทางหน่วยงานของรัฐสามารถเข้าไปตรวจสอบกระบวนการดำเนินงานของโรงงานได้ตลอด 24 ชั่วโมง ป้องกันการฉ้อโกงเพื่อหลีกเลี่ยงการตรวจสอบ และแสดงให้เห็นถึงความโปร่งใส และจริงจังในการทำงาน

- ควรมีระบบตรวจวัดคุณภาพอากาศก่อนที่จะปล่อยออกสู่ปล่องระบายอากาศ เพื่อแสดงผลไปที่จอมอนิเตอร์หน้าโรงงาน เพื่อให้ประชาชนตรวจสอบได้ตลอดเวลา และหากอากาศที่จะปล่อยออกยังไม่ได้มาตรฐาน ก็ควรมีระบบสั่งการอัตโนมัติให้ดูดอากาศนี้ไปเผาซ้ำจนกว่าจะได้ค่าอากาศที่ดีกว่ามาตรฐาน ตามที่กฎหมายกำหนดไว้ จึงจะทำให้ประชาชนมั่นใจในความปลอดภัยจากมลพิษและสารอันตรายต่างๆ จากโครงการเตาเผาขยะเพื่อผลิตเป็นพลังงานนี้

2) ในการดำเนินการก่อสร้างจึงจำเป็นต้องทำให้เกิดความโปร่งใส เปิดเผย และเป็นธรรมาภิบาลปิดหรือกระทำอย่างลับๆ หน่วยงานที่เกี่ยวข้องต้องดำเนินการทำประชาพิจารณ์ รับฟังความคิดเห็นก่อนก่อสร้างโครงการ เพื่อความชัดเจน และป้องกันการต่อต้านจากประชาชน โดยการรับฟังความคิดเห็นจากชาวบ้านนั้น กฎหมายกำหนดให้ต้องมีชาวบ้านไม่น้อยกว่าร้อยละ 75 ของคนในพื้นที่นั้นๆ ลงนามให้ความเห็นชอบถึงจะสามารถดำเนินโครงการได้

3) ตรวจสอบเชิงกฎหมาย ป้องกันการทุจริตของโครงการ เพื่อให้เกิดประโยชน์ต่อสังคมอย่างแท้จริง เนื่องจากการดำเนินงานโครงการเตาเผานั้นต้องใช้งบประมาณเป็นจำนวนมาก ดังนั้นจึงควรมีมาตรการป้องกันการทุจริต ซึ่งมีมาตรการของ ปปช. ซึ่งได้รับการเห็นชอบสมัชชาของ “นายอภิสิทธิ์ เวชชาชีวะ” แก่ปัญหานี้ได้ แต่ไม่มีการนำไปบังคับใช้ โดยกำหนดไว้ให้โครงการใดๆ ที่มีมูลค่าตั้งแต่ 500 ล้านบาทขึ้นไป จะต้องมีการดำเนินการประเมินความเสี่ยง โดยที่ไม่ใช่การประเมินความเสี่ยงทางการเงินลงทุนโดยทั่วไป แต่เป็นการประเมินความเสี่ยงต่อการทุจริตที่อาจจะเกิดขึ้นในขั้นตอนต่างๆ ในการดำเนินโครงการของรัฐ ซึ่งจะต้องเสนอ และมีมาตรการในการบริหารจัดการความเสี่ยงเหล่านั้น เพื่อให้ไม่เกิดขึ้นหรือลดลงให้อยู่ในระดับที่ยอมรับได้ เพราะฉะนั้นหากไม่มีการเสนอมาตรการนี้ หน่วยงานที่มีหน้าที่ในการพิจารณาโครงการต่างๆ เช่น

- สำนักงบประมาณ ควรช่วยพิจารณาในกรณีของการของบจากรัฐทั่วไป
- สำนักงานคณะกรรมการพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ (สศช.) ช่วยพิจารณากรณีของรัฐวิสาหกิจต่างๆ ซึ่งมีโครงการขนาดใหญ่จำนวนมาก
- กระทรวงการคลัง ช่วยพิจารณาในกรณีที่ต้องมีการกู้เงินจากต่างประเทศ หรือจากแหล่งเงินต่างๆ ทั้งในประเทศ และต่างประเทศ

โดยทั้ง 3 หน่วยงานนี้ต้องทำหน้าที่ช่วยกันติดตาม ตรวจสอบ และพิจารณาโครงการตามหลักการที่กำหนดก่อนอนุมัติให้เอกชนดำเนินงาน

4) ควรเร่งรัดให้มีการจัดเก็บค่าธรรมเนียมการกำจัดขยะมูลฝอย โดยศึกษาต้นทุนการดำเนินงาน และอัตราค่าธรรมเนียมที่เหมาะสม เพื่อเตรียมพร้อมในการดำเนินการ เพื่อสนับสนุนค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานจัดการขยะมูลฝอยชุมชน เนื่องจากเทศบาลมีงบประมาณไม่เพียงพอกับค่าใช้จ่ายในงานจัดการขยะมูลฝอย [56]

5) ศึกษาความเป็นไปได้ในการเปิดดำเนินการเตาเผาขยะเดิมที่มีการก่อสร้างแล้วเสร็จไปแล้ว แต่ปิดดำเนินการ โดยควรประเมินประสิทธิภาพของเตาเผา ความเป็นไปได้ทางเทคนิค และความคุ้มค่าในการรื้อถอนเตาเผา เพื่อไปติดตั้งในที่ใหม่ เป็นต้น [56]

6) จัดเตรียมบุคลากรที่มีความรู้ด้านการจัดการขยะมูลฝอย และจัดเตรียมมาตรการส่งบุคลากรไปฝึกอบรมด้านการดำเนินงานระบบการจัดการขยะมูลฝอยตามหน่วยงานราชการที่จัดหลักสูตร เพื่อเสริมสร้างความรู้แก่บุคลากร และควรเร่งเพิ่มจำนวนบุคลากรให้เหมาะสมและเพียงพอกับงานที่รับผิดชอบ [56]

7) สนับสนุนด้านงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับเตาเผาขยะชุมชนเพื่อผลิตพลังงานให้มากขึ้น โดยจากข้อมูลของโครงการวิจัยเงินนโยบายเพื่อส่งเสริมการใช้พลังงานหมุนเวียนและการเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงาน ได้ระบุหัวข้อวิจัยที่สำคัญในการพัฒนาและเพิ่มประสิทธิภาพ Mass-burn Incineration โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อ (1) ศึกษาสถานะที่เหมาะสมเพื่อการปฏิบัติงานเตาเผาขยะมูลฝอยชุมชนที่มีลักษณะเฉพาะ และ (2) ศึกษาเทคโนโลยีเพื่อการประหยัดพลังงาน และลดการเกิดมลพิษจากการเผาไหม้ขยะมูลฝอย ดังนี้ [27]

- ศึกษาสถานะการปฏิบัติงานที่เหมาะสมสำหรับเตาเผาขยะมูลฝอยชุมชนเพื่อผลิตพลังงานโดยใช้

ลักษณะเฉพาะของขยะมูลฝอยชุมชนในประเทศไทย

- การศึกษาสถานะพลศาสตร์และความร้อนของการเผาไหม้ขยะมูลฝอยชุมชน เพื่อแปรรูปเป็นพลังงาน

- การวิจัยเทคโนโลยี High Temperature Air Combustion สำหรับเตาเผาขยะมูลฝอยชุมชน เพื่อแปรรูปพลังงาน

- การวิจัยเพื่อลดการก่อก้อนที่เกิดขึ้นในหม้อน้ำของเตาเผาขยะมูลฝอยชุมชน

- การพัฒนาวัสดุเพื่อลดการนำเข้าวัสดุจากต่างประเทศ และการเพิ่ม Local Content ที่ผลิตได้ในประเทศ

- การวิจัยเทคโนโลยีเพื่อลดการเกิด Dioxin จากการเผาไหม้ขยะมูลฝอยชุมชน

กรณีศึกษาการใช้เทคโนโลยีเตาเผาเพื่อผลิตพลังงานจากต่างประเทศ

1) ประเทศเดนมาร์ก มีโรงงานแปรรูปขยะให้เป็นพลังงานทั้งหมด 29 แห่งตั้งแต่ปลายปี 2005 สามารถกำจัดขยะได้ประมาณ 3.5 ล้านตัน คิดเป็นร้อยละ 26 ของขยะทั้งหมดที่เกิดขึ้น สามารถรองรับการใช้พลังงานได้ถึง 400,000 หลังคาเรือน และมีนโยบายทางด้านการป้องกันผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมที่ทำให้มั่นใจได้ว่าการเผาไหม้ในกระบวนการกำจัดขะนั้นมีประสิทธิภาพ ส่งผลให้ประเทศเดนมาร์กมีปริมาณการเผากำจัดขยะมากที่สุด ภายใต้การควบคุมด้านสิ่งแวดล้อมที่เข้มงวด โดยยึดหลักปฏิบัติว่าโรงงานกำจัดขะนั้นจะให้เทศบาลหรือองค์กรในเทศบาลเป็นเจ้าของ ทำให้มั่นใจได้ว่าขยะจะถูกจัดการด้วยความเอาใจใส่ดูแลอย่างใกล้ชิด และมีประสิทธิภาพ ด้วยความร่วมมือ

ของเทศบาล และการบริหารจัดการโดยองค์กรที่ไม่แสวงหาผลกำไร ซึ่งมีการควบคุมต้นทุนไว้อย่างดีแล้ว จึงสามารถบำบัดขยะได้อย่างปลอดภัย และเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมด้วยต้นทุนที่ต่ำมาก โดยมีการจัดเก็บค่าธรรมเนียมขยะของโรงเผาต่ำที่สุดในยุโรป เป็นจำนวนเงิน 200 DKK หรือประมาณ 27 EURO ต่อขยะหนึ่งตัน ซึ่งอาศัยการปฏิบัติงานอย่างมีประสิทธิภาพของโรงงาน และการนำพลังงานกลับมาใช้ใหม่ ควบคุมต้นทุนในการจัดการขยะโดยคิดต้นทุนเหมารวมกันระหว่างขยะทั่วไป ขยะรีไซเคิล และขยะอันตราย คล้ายๆ กับการจัดเก็บภาษี จากการศึกษาของหน่วยงานป้องกันสิ่งแวดล้อมได้สรุปว่า “การบริหารจัดการทั้งหมดนั้นไม่มีใครเสมอเหมือน ซึ่งเป็นการแสดงถึงการนำประโยชน์จากหลักเศรษฐกิจและสังคมมาใช้เป็นแนวทางที่ควรเอาเป็นแบบอย่างในการดำเนินงานหรือไม่อย่างนั้นก็เป็น การปล่อยให้มีการเปลี่ยนแปลงไปอย่างอิสระ ทั้งการเป็นเจ้าของและการตั้งราคา” ความเป็นไปได้ที่จะบรรลุข้อจำกัดในการปรับปรุงประสิทธิภาพนั้น ควรระมัดระวังในเรื่องการให้น้ำหนักระหว่างราคาค่าธรรมเนียม วิธีการบำบัดที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม และการบริการสาธารณะให้เหมาะสม ซึ่งแต่ละอย่างมักจะสวนทางกัน ต้องคำนึงถึงทุกด้านไปพร้อมๆ กัน [17]

2) ประเทศญี่ปุ่น ในมหานครโตเกียวซึ่งมีทั้งหมด 23 เขตพบว่ามีการนำขยะที่เผาไหม้ได้ไปแปรสภาพในเตาเผาจำนวน 18 เขต โดยเตาเผาแต่ละแห่งสามารถลดปริมาณขยะมูลฝอยลงให้เหลือเพียง 1/20 ส่วน และสามารถทำลายแบคทีเรียหนองพยาธิ รวมถึงกลิ่นเหม็นได้ด้วย พลังงานความร้อนที่ได้สามารถนำไปผลิตกระแสไฟฟ้าและเป็นความร้อนสำหรับอาคารและอุปกรณ์ต่างๆ ขี้เถ้าซึ่งเกิดจากการเผานำไปกำจัดด้วยการฝัง และสามารถนำไปแปรรูปเป็นอิฐบล็อก หรือวัสดุสำหรับปูพื้นถนนได้ การป้องกันด้านการเกิดมลพิษทางอากาศพบว่า ในการเผามูลฝอยจะมีเขม่าควัน เตาเผาจึงต้องมีอุปกรณ์กำจัดเขม่า และควันพิษ เช่น เครื่องกำจัดเขม่าควัน เครื่องกำจัดแก๊สและกรด ส่วนการจัดการสารไดออกซินนั้น มีกฎหมายควบคุม โดยในการเผาขยะต้องคำนึงถึงปริมาณสารไดออกซินที่เกิดจากเตาเผาทุกๆ เขต ต้องควบคุมอุณหภูมิของเตาไม่ให้ต่ำกว่ามาตรฐานที่กำหนด พร้อมกับการตรวจสอบปริมาณสารไดออกซินที่ออกมาจากเตาเผา เพื่อเฝ้าระวังไม่ให้เกินค่ามาตรฐานตามที่กฎหมายกำหนด และตั้งแต่ปี พ.ศ. 2547 เตาเผาทุกเตาในมหานครโตเกียวจะต้องได้รับการรับรองคุณภาพจากมาตรฐาน ISO 14001 [61]

7.2 มลพิษที่เกิดขึ้นจากเทคโนโลยีเตาเผาขยะมูลฝอยชุมชนเพื่อผลิตพลังงาน

โดยทั่วไปมลพิษที่เกิดขึ้นจากเทคโนโลยีเตาเผาขยะมูลฝอยชุมชนเพื่อผลิตพลังงานนั้น หลักๆ แบ่งออกเป็นดังนี้

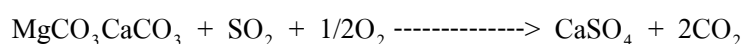
- 1) มลพิษทางอากาศที่ปลดปล่อยออกมาจากปล่องควันและอยู่ในรูปของแก๊ส เช่น NO_x , SO_x , CO และกลุ่มแก๊สที่ทำให้เกิดกรด (Acid Gases) เช่น HF และ HCl เป็นต้น
- 2) มลพิษที่อยู่ในรูปของอนุภาคฝุ่น ได้แก่ พวกอนุภาคฝุ่นที่เกิดจากการเผาไหม้ในหีองเผา ซึ่งมีขนาดเล็กมากจนถึงฝุ่นขนาดใหญ่ รวมทั้งอนุภาคของไดออกซินและพีแรน ซึ่งเป็นอนุภาคฝุ่นขนาดเล็กมากๆ หรืออนุภาคฝุ่นของโลหะหนัก (Heavy Metal Particulate) ที่ไม่เกิดการลุกไหม้หรือติดไฟ แต่ฟุ้งกระจายปะปนมากับอากาศร้อนจากการเผาไหม้ เช่น โปรท ตะกั่ว แคดเมียม โครเมียม เป็นต้น
- 3) กากของแข็ง เป็นพวกที่ไม่สามารถเผาไหม้ไฟได้อีกต่อไป และตกอยู่ที่ก้นเตาหรือสามารถดักจับไว้ได้ แบ่งออกเป็น 3 ประเภท ได้แก่
 - ถ่านหนัก (Bottom Ash) เป็นถ่านที่มีขนาดใหญ่ ประกอบด้วยพวกสารที่ไม่ติดไฟต่อไป หรือติดไฟแล้วเหลือแต่ถ่านตกกองอยู่ที่ก้นเตา
 - ถ่านลอย (Fly Ash) เป็นอนุภาคฝุ่นขนาดเล็กที่สามารถดักจับได้ด้วยอุปกรณ์ดักจับถ่านลอย ก่อนปล่อยออกไปสู่ปล่องควัน
 - เศษโลหะต่างๆ (Metals Residual) เป็นเศษโลหะพวกกระป๋องสี กระป๋องนมที่ถูกทิ้งมาในขยะมูลฝอย แล้วถูกนำเข้าเตาเผาด้วยอุณหภูมิห้องเผาที่สูงเพียง 1,200 องศาเซลเซียส ซึ่งไม่สามารถทำให้โลหะเหล่านี้หลอมละลาย ยังคงเป็นรูปร่างให้เห็นอยู่บริเวณก้นเตา และปะปนไปกับถ่านหนัก
- 4) น้ำเสีย ทั้งที่มาจากห้องพักขยะมูลฝอยและจากระบบกำจัดอากาศเสียของเตาเผา เช่น Wet Scrubber หรือบริเวณที่เก็บถ่านหนัก (Bottom Ash Pit)

วิธีการกำจัดมลพิษต่างๆ [62]

- 1) การกำจัดฝุ่น อุปกรณ์ที่นิยมคือ (1) กำจัดด้วยเครื่อง ESP มีหลักการทำงานโดยอาศัยความแตกต่างของประจุในอนุภาคฝุ่น กับแผ่นขั้วประจุที่ให้อนุภาคฝุ่นไหลผ่านขั้วประจุบวกและประจุลบในช่องแคบๆ อนุภาคฝุ่นที่มีประจุต่างกับแผ่นขั้วประจุจะวิ่งไปจับกัน ซึ่งสามารถดักจับอนุภาคฝุ่นได้ 0.05-20 ไมครอน ประสิทธิภาพของ ESP ขึ้นกับระบบการจ่ายไฟให้กับแผ่นขั้วประจุ (2) กำจัดโดยถุงกรอง (Bag Filter หรือ Fabric Filter) เป็นอุปกรณ์ที่สามารถกำจัดฝุ่นขนาดเล็กได้ดี โดยให้แก๊สไอเสียผ่านเข้าถุงกรอง ซึ่งทำมาจากใยแก้วหรือเทฟลอน จะมีช่องว่างขนาดเล็กๆ ให้อากาศผ่านไป สามารถดักจับอนุภาคฝุ่นได้ 0.1-20 ไมครอน ปัจจุบันการใช้ถุงกรองดักจับฝุ่นจากเตาเผาขยะมูลฝอยได้รับ

ความนิยมสูง เนื่องจากมีประสิทธิภาพในการทำงานดีกว่า ESP มาก แต่มีข้อจำกัดคือ ต้องเป่าได้อากาศฝุ่นออกบ่อยๆ เพื่อป้องกันการอุดตัน

2) การกำจัด SO_x ทำได้โดยใช้เชื้อเพลิงที่มีปริมาณกำมะถันน้อยกว่าแทนและแยกกำมะถันออกจากเชื้อเพลิงก่อนที่จะนำมาใช้ และสามารถกำจัด SO_2 จากการเผาขยะมูลฝอยโดยใช้สารเคมีจำพวก ปูนขาว หินปูน หรือ Dolomite นิดเข้าไปในเตาเผาโดยตรง หรือใช้ในเครื่อง Wet Scrubber สารเคมีจะทำปฏิกิริยากับ SO_2 ในแก๊สที่เกิดจากการเผาไหม้ ดังสมการ

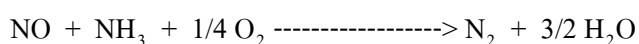


ซัลเฟตที่เกิดขึ้นและละลายจะถูกแยกออกโดยใช้เครื่อง Wet Scrubber ข้อดีของวิธีนี้คือ ค่าใช้จ่ายต่ำ

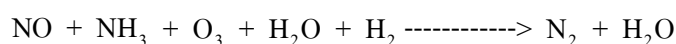
3) การกำจัด NO_x วิธีที่ง่ายที่สุดคือ การควบคุมอุณหภูมิในห้องเผาไหม้ให้สูงเกิน 1,500 องศาเซลเซียส ส่วนวิธีการอื่นๆ ที่นิยมได้แก่

- การดัดแปลงสภาพการทำงาน ทำโดย (1) เผาไหม้โดยใช้อากาศเกินพอเล็กน้อย (Low Excess Air Combustion) โดยควบคุมอากาศให้มีปริมาณใกล้เคียงกับปริมาณอากาศสมมูล ปริมาณ O_2 ที่ทำให้เกิด NO_x จะถูกจำกัด (2) เผาไหม้แบบสองขั้น (Two Stage Combustion) โดยขั้นแรกใช้อากาศตามปริมาณสมมูล จากนั้นในขั้นที่สอง นิดอากาศที่อุณหภูมิต่ำกว่าเข้าไป เพื่อให้เชื้อเพลิงที่ถูกเผาไหม้ไปบางส่วน และสารที่เกิดจากการเผาไหม้เย็นลง ก่อนการเผาไหม้สมบูรณ์ ซึ่งหลีกเลี่ยงการทำปฏิกิริยาระหว่าง N_2 และ O_2 ซึ่งเกิดที่อุณหภูมิสูงๆ (3) เวียนกลับแก๊สที่เกิดจากการเผาไหม้ (Flue Gas Recirculation) ประมาณร้อยละ 10-20 กลับไปยังช่องเผาไหม้ เพื่อลดอุณหภูมิและลดปริมาณ O_2 ที่ใช้

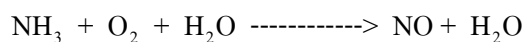
- การแยก NO_x ออกจากแก๊สอื่นๆ ด้วยการ Reduction ให้เป็น N_2 โดย (1) วิธี Selective Catalytic Reduction (SCR) ซึ่งเป็นการเติมสารเคมีเข้าไป ที่นิยมคือ NH_3 ในช่วงอุณหภูมิ 270-430 องศาเซลเซียส ซึ่งจะเกิดปฏิกิริยาดังสมการนี้



และตัวเร่งปฏิกิริยาที่ใช้ในวิธีนี้ได้แก่ โลหะต่างๆ เช่น เหล็ก โครเมียม นิกเกิล ทองแดง โคบอลต์ วานาเดียม เป็นต้น (2) วิธี Selective Non-Catalytic Reduction (SNCR) เป็นการกำจัด NO_x โดยใช้ NH_3 นิดพ่นเข้าไปในเตาเผาในช่วงอุณหภูมิ 700-1,200 องศาเซลเซียส โดยไม่ใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาใดๆ และ หากเติม H_2 ด้วย จะเกิดปฏิกิริยาที่อุณหภูมิ 870 องศาเซลเซียส ดังสมการ



แต่ถ้าไม่เติม H_2 เข้าไป จะเกิดปฏิกิริยาที่อุณหภูมิสูงกว่า 1,200 องศาเซลเซียส ดังสมการ



โดยการกำจัด NO_x ด้วยวิธีนี้ มีประสิทธิภาพประมาณร้อยละ 50-80

4) การกำจัด HCl และ HF ควรเริ่มตั้งแต่แยกขยะชุมชนที่มีส่วนประกอบของคลอรีนออกก่อนนำเข้าเตาเผา ขยะเหล่านี้ส่วนใหญ่ ได้แก่ พลาสติกต่างๆ และมีในกระดาษ ยาง สิ่งทอ และกิ่งไม้ใบหญ้า ปริมาณเล็กน้อย การกำจัดแก๊สที่ทำให้เกิดกรดเหล่านี้วิธีที่นิยมคือ (1) ใช้เครื่อง Wet Scrubber ฉีดละอองน้ำเข้าไปทำปฏิกิริยากับแก๊สไฮโดรคลอริก และใช้สารเคมีประเภทด่าง เช่น ปูนขาว ฉีดพ่นเข้าไป (2) ใช้ระบบ Dry Scrubber โดยพ่นสารละลายของโซเดียมคาร์บอเนต หรือปูนขาว เข้าไปใน Dry Scrubber เพื่อทำปฏิกิริยากับแก๊สไฮโดรคลอริกให้เกิดเป็นเกลือ (3) ทำปฏิกิริยาในท่อ Venturi โดยการฉีดสารละลาย (Wet Venturi) หรือพ่นผงสารเคมี (Dry Venturi) ชนิดต่าง เช่น โซเดียมคาร์บอเนต หรือ ปูนขาว เข้าไปทำปฏิกิริยากับแก๊สพิษบริเวณที่แก๊สไฮโดรคลอริกไหลผ่านช่องแคบๆ (Venturi) โดยประสิทธิภาพของการฉีดสารละลายเข้าไปทำปฏิกิริยาจะดีกว่าแบบผง

5) การกำจัด HC และ CO ทำโดยการควบคุมประสิทธิภาพของการเผาไหม้ ให้ขยะมูลฝอยในห้องเผาติดไฟอย่างทั่วถึง และเกิดการลุกไหม้อย่างสมบูรณ์ก่อนปล่อยแก๊สไฮโดรคาร์บอนไปสู่ปล่องควัน ซึ่งสามารถควบคุมโดยการเผาที่อุณหภูมิ 800-1,200 องศาเซลเซียส และอาศัยหัวเผาช่วยทำลายแก๊สพิษเหล่านี้ เช่น การใช้หัวเผาที่ 2 เผาแก๊สไฮโดรคาร์บอนอีกครั้ง ก่อนปล่อยอากาศออกจากปล่องควัน เป็นต้น โดยจะต้องระวังไม่ให้อุณหภูมิสูงมากจนเกินไป เพราะจะทำให้เกิด NO_x ตามมา

7.2.1 สถานภาพการจัดการสารไดออกซินและฟิวแรนในประเทศไทย

จากผลการสำรวจของกรมควบคุมมลพิษ เรื่องการปลดปล่อยสารไดออกซินจากโรงงานที่เป็นแหล่งกำเนิดสารไดออกซิน จำนวน 7 กิจกรรมในประเทศไทยพบว่า โรงงานหลอมโลหะชนิดต่างๆ เช่น เหล็ก ทองแดง สังกะสี มีสารไดออกซินและฟิวแรนเกินค่ามาตรฐานกว่า 100 เท่า และระบุว่า โรงงานเผาขยะเป็นแหล่งกำเนิดหลักของไดออกซินและฟิวแรน จึงทำให้ประชาชนส่วนใหญ่ต่อต้านการก่อสร้างโรงเผาขยะในพื้นที่ชุมชนของตน ยังคงต้องการใช้ระบบการกำจัดขยะแบบฝังกลบอย่างถูกหลักสุขาภิบาลเพียงเท่านั้น ทั้งๆ ที่การกำจัดขยะแบบฝังกลบก็ทำให้เกิดสารไดออกซินและฟิวแรนด้วยเช่นกัน โดยผลการศึกษาในประเทศสวีเดนพบว่า หลุมฝังกลบเป็นแหล่งกำเนิดที่สำคัญของสารไดออกซินและฟิวแรนผ่านทาง การแพร่กระจายสู่อากาศ และผลกระทบจากไฟลุกไหม้ในหลุมฝังกลบ รวมทั้งผลจากการศึกษาเชิงระบาดวิทยาจำนวนมากพบอัตราการเกิดมะเร็ง และความผิดปกติของทารกแรกเกิด เช่น น้ำหนักน้อย และเด็กมีขนาดที่เล็กลง เป็นต้น ในบริเวณชุมชนที่อยู่ใกล้กับหลุมฝังกลบมีเพิ่มขึ้นเป็นจำนวนมาก โดยเฉพาะในประเทศอินเดีย กัมพูชา และฟิลิปปินส์ และยังพบ

หลักฐานการปนเปื้อนสารไดออกซินในน้ำมันของผู้ที่อยู่อาศัยบริเวณหลุมฝังกลบ ถึงแม้จะมีระดับต่ำกว่าการปนเปื้อนในน้ำมันของประชากรในประเทศอุตสาหกรรมก็ตาม [63] จึงทำให้เห็นว่าการหลีกเลี่ยงการใช้เทคโนโลยีเตาเผาขยะมูลฝอย และต้องการใช้ระบบการกำจัดขยะแบบฝังกลบอย่างถูกหลักสุขาภิบาลเพียงเท่านั้น เนื่องจากกลัวผลกระทบของสารไดออกซินและฟิวแรน เป็นแนวคิดที่ไม่ถูกต้องนัก ทางออกที่ดีคือ ควรเพิ่มการตรวจวัดและการควบคุมสารไดออกซินและฟิวแรนให้เข้มข้นมากขึ้นจากเดิม เพื่อให้เป็นที่ยอมรับแก่ประชาชน ก่อนสนับสนุนการก่อสร้างโครงการเตาเผาขยะมูลฝอย ทั้งนี้สถานการณ์การจัดการและตรวจวัดสารไดออกซินและฟิวแรนในประเทศไทยเป็นดังนี้

เดิมประเทศไทยยังไม่มีห้องปฏิบัติการตรวจวัดสารไดออกซินจากตัวอย่างสิ่งแวดล้อมที่มีมาตรฐานในระดับที่เป็นที่ยอมรับทางกฎหมาย ทำให้ต้องส่งไปวิเคราะห์ที่ต่างประเทศ จึงเสียค่าใช้จ่ายในการตรวจวัดแต่ละครั้งค่อนข้างสูง จึงได้มีการจัดตั้งห้องปฏิบัติการไดออกซินแห่งแรกขึ้น โดยกรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อมได้รับความเห็นชอบจากคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ เพื่อจัดตั้งห้องปฏิบัติการไดออกซินที่บริเวณศูนย์วิจัยและฝึกอบรมด้านสิ่งแวดล้อมเทคโนโลยี ค.คลองห้า อ.คลองหลวง จ.ปทุมธานี เพราะเป็นพื้นที่ที่มีประชากรอาศัยอยู่น้อย มีการเกษตรและการเปิดหน้าดินน้อย มีฝุ่นละอองต่ำ ตั้งอยู่ห่างจากทะเลมากกว่า 15 กิโลเมตร ใช้งบประมาณในการก่อสร้างและจัดซื้อครุภัณฑ์ที่จำเป็นสำหรับการวิเคราะห์สารไดออกซินรวมทั้งสิ้นประมาณ 400 ล้านบาท โดยเริ่มดำเนินการก่อสร้างในปี พ.ศ. 2552 ถือเป็นห้องปฏิบัติการวิเคราะห์ไดออกซินที่มีมาตรฐานระดับโลกแห่งแรกของประเทศไทย ซึ่งมีความจำเป็นอย่างมาก เพราะสารไดออกซินและฟิวแรนอันตรายต่อสุขภาพและความเป็นอยู่ของคนไทย รวมถึงสิ่งมีชีวิตในระบบนิเวศด้วย ทั้งนี้การมีห้องปฏิบัติการฯ จะช่วยประหยัดค่าใช้จ่ายในการส่งตัวอย่างไปตรวจสอบที่ต่างประเทศลงได้มาก โดยการส่งตัวอย่างไปวิเคราะห์แต่ละครั้งนั้นต้องเสียค่าใช้จ่ายหลายหมื่นบาท บางตัวอย่างต้องเสียค่าใช้จ่ายครึ่งแสน หากต้องส่งตัวอย่างไปตรวจวัดสัก 50,000 ปล่องจากเตาเผาทั่วประเทศ โดยตรวจวัดปีละ 2 ครั้งตามกฎหมายที่กำหนดไว้ เท่ากับว่าต้องจ่ายเงินให้กับต่างประเทศปีละกว่า 1 หมื่นล้านบาท ด้วยค่าใช้จ่ายที่ค่อนข้างสูงนี้จึงเป็นอุปสรรคที่สำคัญอย่างหนึ่งในการควบคุมสารไดออกซินและฟิวแรนอย่างเข้มงวด แม้ว่าจะมีการออกกฎหมายกำหนดค่ามาตรฐานในการควบคุมโดยตรงแล้วก็ตาม เนื่องจากไม่สามารถตรวจสอบการปลดปล่อยสารไดออกซินและฟิวแรนจากเตาเผาให้บ่อยครั้งได้ ที่ผ่านมาจึงพบว่ามีเตาเผาหลายแห่งที่ปลดปล่อยสารไดออกซินและฟิวแรนเกินกว่าค่ามาตรฐานที่ตั้งไว้ เช่น จากข้อมูลรายงานของบริษัท CUB จำกัด เมื่อปี พ.ศ. 2546-2547 ได้รายงานการปลดปล่อยสารไดออกซินและฟิวแรนจากโรงเตาเผาขยะบนเกาะสมุยว่ามีปริมาณเกินกว่าค่ามาตรฐานที่กำหนดไว้ สูงถึง 6-200 เท่า ซึ่งผลการตรวจวัดค่าไดออกซินและฟิวแรนจากปล่องเตาเผาเมื่อวันที่ 19 พฤษภาคม พ.ศ. 2547 โดยบริษัท SGS (Thailand) จำกัด ตรวจวัดค่าได้ 27.76 นาโนกรัม (I-TEQ)/ลูกบาศก์เมตรของ

ปริมาณอากาศ ซึ่งเกินจากค่ามาตรฐาน 0.5 นาโนกรัม (I-TEQ)/ลูกบาศก์เมตรของปริมาณอากาศ (แต่ได้มีการดำเนินงานปรับปรุงแก้ไขแล้ว โดยจากข้อมูลในปี พ.ศ. 2550 พบว่า โรงเตาเผาขยะของ เกาะสมุยสามารถดำเนินการลดสารไดออกซินและฟิวแรนลงให้ต่ำกว่าค่ามาตรฐานตามที่กระทรวง กำหนดไว้ได้แล้ว โดยลดลงเหลือ 0.3 นาโนกรัม (I-TEQ)/ลูกบาศก์เมตรของปริมาณอากาศ และมี เป้าหมายที่จะลดลงให้เหลือ 0.2 นาโนกรัม (I-TEQ)/ลูกบาศก์เมตรของปริมาณอากาศ เทียบเท่ากับค่า มาตรฐานของสหรัฐอเมริกา) นอกจากนี้ยังมีเตาเผาขนาดเล็กอื่นๆ ที่ใช้กำจัดขยะเพียงอย่างเดียว ไม่ได้ ผลิตพลังงานจึงไม่มีระบบกำจัดมลพิษที่ดี อาจปลดปล่อยสารไดออกซินและฟิวแรนในปริมาณมากได้ โดยเฉพาะธุรกิจเตาเผาของภาคเอกชนที่มีการแข่งขันทางพาณิชย์สูง ดังนั้นเตาเผาจึงมีราคาไม่แพง มากนัก ทำให้ไม่มีระบบป้องกันมลพิษ เพื่อลดต้นทุนในการผลิต และออกมาเสนอขายตามท้องถิ่น ต่างๆ เป็นต้น ดังนั้นทางที่ดีจึงควรเข้มงวดในเรื่องของการออกกฎหมายควบคุมเตาเผาให้ครอบคลุม เช่น กำหนดให้เตาเผาขยะขนาดเล็กต้องมีห้องเผา 2 ห้อง หรืออย่างน้อยต้องมีระบบกำจัดฝุ่นละออง โดยใช้ Cyclone, Wet Scrubber หรือ Bag Filter และต้องดำเนินการตรวจวัดอย่างเข้มงวดอย่างน้อย ปีละ 2 ครั้งในเตาเผาทุกขนาดและประเภท เพื่อป้องกันการละเลยไม่ปฏิบัติตามข้อกำหนดอย่าง เข้มงวด ซึ่งจะทำให้เกิดอันตรายต่อสิ่งแวดล้อมและสุขภาพของคนในชุมชนบริเวณอันใกล้ได้ เป็นต้น และจากการที่มีห้องปฏิบัติการไดออกซินในประเทศนี้ จะช่วยลดค่าใช้จ่ายลงได้ไม่น้อยกว่า 20,000 บาท/ครั้ง ทำให้ผู้ประกอบการในการตรวจวัดมีน้อยลง และอาจเป็นหนึ่งในแนวทางที่ช่วยพัฒนาให้ สามารถควบคุมสารไดออกซินและฟิวแรนเข้มงวดขึ้นได้

นอกจากนี้ประเทศไทยยังมีห้องปฏิบัติการตรวจวัดสารไดออกซินและฟิวแรนจากการกรองสารพิษใน อาหารไขมันสูงที่ได้มาตรฐานระดับสากลแห่งแรกของประเทศแล้วเช่นกัน โดยกระทรวงสาธารณสุข ได้สนับสนุนกรมวิทยาศาสตร์ฯ ในการจัดตั้งห้องปฏิบัติการฯ นี้ด้วยงบประมาณ 77 ล้านบาท เพื่อ ส่งเสริมอุตสาหกรรมส่งออกอาหารให้เป็นที่ยอมรับในระดับสากล และเป็นการคุ้มครองผู้บริโภค ภายในประเทศด้วย เพราะที่ผ่านมาประเทศไทยไม่มีระบบตรวจหาสารไดออกซินและฟิวแรนใน อาหารมาก่อน ต้องส่งไปตรวจที่ต่างประเทศอย่างเดียวกัน ทำให้มีค่าใช้จ่ายสูง โดยผู้ประกอบการ ไทยต้องเสียค่าใช้จ่ายถึง 90,000 บาท/ตัวอย่าง และใช้เวลาในการตรวจประมาณ 40 วัน ถึงจะทราบผล ทั่วๆ ที่สารไดออกซินพบได้ในอาหารไขมันสูง เช่น นม เนย ช็อคโกแลต ปลา หมู ไก่ ไข่ เป็นต้น ทั้งนี้หากผู้บริโภครับประทานเข้าไปสะสมเป็นเวลานานจะส่งผลต่อการรับรู้ มือเท้าชา และนำไปสู่ การเป็นมะเร็งในที่สุด ทั้งนี้จากข้อมูลพบว่า ในประเทศสหรัฐอเมริกาตรวจพบสารไดออกซินในไก่ ไข่ และปลาคู เพราะสัตว์เหล่านี้กินอาหารที่มีดินปนเปื้อนสารไดออกซินเข้าไป และในประเทศ เบลเยียมตรวจพบสารไดออกซินในสัตว์ปีกและไข่ เพราะมีการนำน้ำมันที่ปนเปื้อนสารไปทำเป็น อาหารสัตว์ WHO จึงได้ออกประกาศว่า ในแต่ละวันร่างกายไม่ควรรับสารไดออกซินเกิน 1-4 พิโก- กรัมต่อน้ำหนักตัว 1 กิโลกรัม ขณะที่สหภาพยุโรปได้ออกกฎระเบียบกำหนดค่าสารไดออกซินที่

ปนเปื้อนในอาหาร โดยขึ้นอยู่กับอาหารแต่ละชนิด ซึ่งหากเกินค่าที่กำหนดจะไม่อนุญาตให้นำเข้าอาหารประเภทนั้นๆ ดังนั้นห้องปฏิบัติฯ นี้ของประเทศไทยจึงมีประโยชน์ทั้งในแง่ความปลอดภัยของผู้บริโภค และการส่งออกอีกด้วย โดยห้องปฏิบัติการของกรมวิทยาศาสตร์ฯ นี้มีวิธีการตรวจวัดสารไดออกซินและฟิวแรน 2 วิธีคือ

- การตรวจเบื้องต้นด้วยวิธี DR CALUX ซึ่งเป็นวิธีทำให้เกิดการเรืองแสง สำหรับตรวจหาปริมาณไดออกซินในอาหารในระดับน้อยมาก ค่าใช้จ่ายอยู่ที่ 15,000 บาท/ตัวอย่าง
- การตรวจยืนยันด้วยวิธี HRGC/HRMS โดยใช้เครื่องมือที่มีประสิทธิภาพสูง ค่าใช้จ่ายประมาณ 50,000 บาท/ตัวอย่าง ซึ่งทั้ง 2 วิธีนี้ใช้เวลาในการตรวจวัดประมาณ 30 วัน

ล่าสุดกรมส่งเสริมอุตสาหกรรม (กสอ.) กระทรวงอุตสาหกรรม ร่วมกับองค์การพัฒนาพลังงานใหม่และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม (NEDO) และบริษัท IDEA Consultant, INC. ของประเทศญี่ปุ่น ได้สานต่อโครงการความร่วมมือการศึกษาวิจัยเทคโนโลยีการตรวจวัดสารไดออกซินในประเทศไทย ระยะที่ 2 ด้วยการจัดสัมมนาให้ความรู้ด้านการทดสอบสารไดออกซิน โดยมุ่งแก้ปัญหาและลดผลกระทบจากสารไดออกซินของประเทศไทยอย่างมีระบบ พร้อมตั้งเป้าหมายระดับเทคโนโลยีการตรวจสอบในประเทศไทย ไม่ว่าจะเป็นภาคอุตสาหกรรมหรือภาคครัวเรือน สืบเนื่องจากการศึกษาและวิจัยเรื่องเทคโนโลยีการตรวจสอบสารไดออกซินในประเทศไทยระยะที่ 1 เพื่อวิจัย ทดสอบ และตรวจสอบสารไดออกซินในอากาศ ซึ่งได้สิ้นสุดโครงการไปแล้วเมื่อเดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ. 2553 จากความสำเร็จของโครงการในระยะที่ 1 (ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2551-2553) ทำให้ กสอ. เล็งเห็นถึงประโยชน์ในอนาคตว่า ควรมีการขยายขอบเขตการทดสอบ และตรวจสอบสารไดออกซินในประเทศไทยเพิ่มมากขึ้น ทั้งในอากาศ ดิน น้ำ และอาหาร เพื่อให้สามารถรองรับกับความต้องการของภาคอุตสาหกรรม และหน่วยงานที่เกี่ยวข้องได้อย่างเพียงพอและมีประสิทธิภาพ ดังนั้นจึงได้ประสานความร่วมมือกับหน่วยงานในประเทศ ได้แก่ สถาบันเหล็กและเหล็กกล้าแห่งประเทศไทย สถาบันอาหาร ศูนย์วิจัยและฝึกอบรมด้านสิ่งแวดล้อม กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม สำนักคุณภาพและความปลอดภัยอาหาร กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ เพื่อขอความร่วมมือด้านการศึกษาวิจัยเทคโนโลยีการตรวจวัดสารไดออกซินในประเทศไทย เมื่อมาถึงระยะที่ 2 จึงขยายผลมายังอาหาร ดิน และน้ำ โดยผ่านคณะกรรมการโครงการอนุรักษ์พลังงานและพิทักษ์สิ่งแวดล้อม (Green Partnership Plan) ไปยังรัฐบาลญี่ปุ่น โดยองค์การ NEDO ของประเทศญี่ปุ่นได้ตอบรับพร้อมให้การสนับสนุนงบประมาณในการดำเนินงานต่อเนื่อง รวมทั้งยังได้พิจารณาคัดเลือกบริษัท IDEA Consultants, INC. ของประเทศญี่ปุ่น ซึ่งมีความเชี่ยวชาญด้านการทดสอบวิเคราะห์สารไดออกซิน และมีบุคลากรผู้เชี่ยวชาญในด้านต่างๆ เพื่อมาถ่ายทอดเทคโนโลยีด้านการทดสอบสารไดออกซินให้แก่บุคลากรของหน่วยงานที่ร่วมดำเนินการในฝ่ายไทย โดยมีระยะเวลาดำเนินโครงการตั้งแต่ปี พ.ศ. 2553 ถึงวันที่ 29 กุมภาพันธ์ 2555 ทั้งนี้ความสำเร็จของโครงการฯ ในระยะที่ 2 นี้ที่เห็นได้ชัดเจนคือ ปัจจุบันเจ้าหน้าที่ของไทยสามารถ

ตรวจวัดสารไดออกซินได้ทั้งในน้ำ อากาศ ดิน และอาหาร ซึ่งสามารถตรวจวัดได้ทุกอุตสาหกรรม และมีความหลากหลายมากขึ้น

7.2.2 มาตรฐานการควบคุมสารไดออกซินและฟิวแรน

ปัจจุบันประเทศไทยได้กำหนดมาตรฐานการปลดปล่อยสารไดออกซินและฟิวแรนจากเตาเผาทุกประเภทไว้ไม่เกิน 0.5 นาโนกรัม (I-TEQ)/ลูกบาศก์เมตรของปริมาตรอากาศ ยกเว้นเตาเผาขยะมูลฝอยใหม่ที่มีขนาดมากกว่า 50 ตัน/วัน เท่านั้น ที่กำหนดให้ปลดปล่อยสารไดออกซินและฟิวแรนได้ไม่เกิน 0.1 นาโนกรัม (I-TEQ)/ลูกบาศก์เมตรของปริมาตรอากาศ [50]

ทั้งนี้เมื่อเทียบกับค่ามาตรฐานการปล่อยไดออกซินสำหรับโรงเผาขยะขนาดใหญ่ในประเทศอื่นๆ พบว่ายังเป็นค่ามาตรฐานที่ผ่อนปรนมาก และมีอยู่ไม่กี่ประเทศที่ยังใช้มาตรฐานเดียวกันนี้ เช่น ประเทศไต้หวัน เป็นต้น โดยดูได้จากตารางที่ 7.10

ตารางที่ 7.10 ค่ามาตรฐานการปลดปล่อยสารไดออกซินและฟิวแรนจากเตาเผาขยะมูลฝอยของต่างประเทศ [36]

ประเทศ	ค่ามาตรฐาน
สหรัฐอเมริกา	กำหนดไว้ไม่เกิน 13 ng Total/Nm ³
ออสเตรีย	กำหนดไว้ไม่เกิน 0.1 ng I-TEQ/Nm ³
แคนาดา	กำหนดไว้ไม่เกิน 0.1 ng I-TEQ/Nm ³
สหภาพยุโรป	กำหนดไว้ไม่เกิน 0.1 ng I-TEQ/Nm ³
เนเธอร์แลนด์	กำหนดไว้ไม่เกิน 0.1 ng I-TEQ/Nm ³
ญี่ปุ่น	กำหนดไว้ไม่เกิน 0.1 ng I-TEQ/Nm ³
ไต้หวัน	กำหนดไว้ไม่เกิน 0.5 ng I-TEQ/Nm ³

มาตรฐานการควบคุมสารไดออกซินและฟิวแรนของสหรัฐอเมริกามีการตรวจวัดและกำหนดค่ามาตรฐานเป็นค่ารวมทั้งหมดของสารไดออกซินและฟิวแรนที่วัดได้ โดยไม่ได้นำค่า I-TEF มาคูณค่าที่ออกมาจึงสูงกว่าค่ามาตรฐานโดยทั่วไป ทั้งนี้ประเทศไทยเองก็เคยนำระบบของสหรัฐอเมริกานี้มาใช้เป็นกำหนดค่ามาตรฐานสำหรับเตาเผาขยะชุมชนด้วยเช่นกัน แต่เป็นค่ามาตรฐานเก่า ซึ่งกำหนดไว้ไม่เกิน 30 นาโนกรัม (Total)/ลูกบาศก์เมตรของปริมาตรอากาศ หรือเทียบเท่ากับประมาณ 0.5 นาโนกรัม (I-TEQ)/ลูกบาศก์เมตรของปริมาตรอากาศ นั่นเอง ปัจจุบันสหรัฐอเมริกาได้ปรับค่ามาตรฐานใหม่ โดยกำหนดค่ารวมทั้งหมดของสารไดออกซินและฟิวแรนไว้ไม่เกิน 13 นาโนกรัม (Total)/

ลูกบาศก์เมตรของปริมาตรอากาศ หรือเทียบเท่ากับประมาณ 0.2 นาโนกรัม (I-TEQ)/ลูกบาศก์เมตรของปริมาตรอากาศ ซึ่งถือว่าเป็นค่ามาตรฐานที่ไม่ผ่อนปรน และไม่ได้เข้มงวดมากที่สุด เนื่องจากหลายๆ ประเทศได้ปรับใช้ค่ามาตรฐานในการควบคุมสารไดออกซินและฟิวเรนไว้ไม่เกิน 0.1 นาโนกรัม (I-TEQ)/ลูกบาศก์เมตรของปริมาตรอากาศ มานานแล้ว ซึ่งถือว่าเป็นค่ามาตรฐานที่เข้มงวดมากที่สุดที่มีใช้อยู่ในปัจจุบัน เช่น ประเทศในสหภาพยุโรป ญี่ปุ่น แคนาดา ออสเตรีย เนเธอร์แลนด์ เป็นต้น

จากข้อมูลผลการตรวจวัดกรณีศึกษาเตาเผาขยะจังหวัดภูเก็ต ที่ตรวจวัดสารไดออกซินได้ 0.1967 นาโนกรัม (I-TEQ)/ลูกบาศก์เมตรของปริมาตรอากาศ เมื่อปี พ.ศ. 2554 ทำให้เห็นว่าประเทศไทยพัฒนาการควบคุมการปลดปล่อยสารไดออกซินให้อยู่ในระดับเดียวกันกับมาตรฐานของประเทศสหรัฐอเมริกาที่กำหนดไว้ไม่เกิน 0.2 นาโนกรัม (I-TEQ)/ลูกบาศก์เมตรของปริมาตรอากาศ (จากการเทียบเท่า) ได้แล้ว จึงควรปรับปรุงค่ามาตรฐานการปลดปล่อยสารไดออกซินและฟิวเรนจากเตาเผาทุกประเภทในประเทศไทยอย่างน้อยที่สุดให้อยู่ในระดับเดียวกันกับสหรัฐอเมริกา เพื่อเป็นการบังคับใช้ทางกฎหมายที่เข้มงวดโดยตรง แสดงให้เห็นถึงความรับผิดชอบต่อสิ่งแวดล้อมและสุขภาพของคนในชุมชนที่เพิ่มมากขึ้นเช่นเดียวกับประเทศอื่นๆ ที่พยายามหาวิธีการ และเทคโนโลยีที่ดีที่สุด เพื่อใช้ควบคุมการปลดปล่อยสารไดออกซินจากเตาเผาขยะนี้ ซึ่งเห็นได้จากงานวิจัยของประเทศต่างๆ เช่น

- ประเทศเกาหลีใต้ มีการประเมินและตรวจสอบสถานการณ์การปลดปล่อยสารไดออกซินและฟิวเรนจากทั่วประเทศ และให้มีการบังคับใช้เทคโนโลยีควบคุมสารไดออกซินโดยเฉพาะขึ้นในปี พ.ศ. 2546 ซึ่งทำให้ค่าความเข้มข้นเฉลี่ยของสารไดออกซินที่ปลดปล่อยออกมาจากเตาเผาขยะมูลฝอยชุมชนในปี พ.ศ. 2547 ลดลงเหลือ 5.53 นาโนกรัม (I-TEQ)/ลูกบาศก์เมตรของปริมาตรอากาศ จากเดิมที่มีค่าความเข้มข้นเฉลี่ยของสารไดออกซิน 15.25 นาโนกรัม (I-TEQ)/ลูกบาศก์เมตรของปริมาตรอากาศ ในปี พ.ศ. 2544 และได้ปรับใช้ค่ามาตรฐานการควบคุมสารไดออกซินและฟิวเรนใหม่ โดยกำหนดให้ไม่เกิน 0.1 นาโนกรัม (I-TEQ)/ลูกบาศก์เมตรของปริมาตรอากาศ ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2547 และใช้มาจนถึงปัจจุบัน ทั้งนี้รัฐบาลเกาหลีใต้สั่งให้มีการตรวจวัดความเข้มข้นของสารไดออกซินและฟิวเรนที่ปลดปล่อยออกจากเตาเผาขยะมูลฝอยชุมชนอย่างเข้มงวด และจัดทำแผนการลดค่าการปลดปล่อยไดออกซิน โดยมุ่งเน้นการใช้มาตรการและกฎระเบียบที่เข้มงวด เพื่อให้เป็นไปตามอนุสัญญาสตอกโฮล์มว่าด้วยสารมลพิษที่ตกค้างยาวนาน

- ประเทศจีน มีการตรวจวัดการปลดปล่อยสารไดออกซินและฟิวเรนจากเตาเผาขยะมูลฝอยชุมชนเชิงพาณิชย์จำนวน 19 แห่งขึ้น ซึ่งพบว่ามีความเข้มข้นของสารไดออกซินและฟิวเรนอยู่ที่ประมาณ 0.042-2.461 นาโนกรัม (I-TEQ)/ลูกบาศก์เมตรของปริมาตรอากาศ ค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 0.423 นาโนกรัม (I-TEQ)/ลูกบาศก์เมตรของปริมาตรอากาศ โดยมีเตาเผาขยะมูลฝอยจำนวน 16 แห่งที่มีระดับการปลดปล่อยสารไดออกซินต่ำกว่า 1.0 นาโนกรัม (I-TEQ)/ลูกบาศก์เมตรของปริมาตรอากาศ

ตามข้อจำกัดที่ควบคุมโดยกระทรวงคุ้มครองสิ่งแวดล้อมของสาธารณรัฐประชาชนจีน (MEP) แต่มีเตาเผาขยะเพียง 6 แห่ง ที่มีระดับการปลดปล่อยสารไดออกซินต่ำกว่า 0.1 นาโนกรัม (I-TEQ)/ลูกบาศก์เมตรของปริมาตรอากาศ จึงถือว่ายังต้องปรับปรุงต่อไป

- สหภาพยุโรป ได้กำหนดค่ามาตรฐานการควบคุมสารไดออกซินและฟิวแรนที่เกิดจากเตาเผาขยะมูลฝอยชุมชนที่มีกำลังการเผามากกว่า 3 ตัน/ชั่วโมง ไว้ไม่เกิน 0.1 นาโนกรัม (I-TEQ)/ลูกบาศก์เมตรของปริมาตรอากาศ จากเตาเผาขยะประเภทที่มีกำลังการเผามากกว่า 1 ตัน/ชั่วโมง ไว้ไม่เกิน 0.5 นาโนกรัม (I-TEQ)/ลูกบาศก์เมตรของปริมาตรอากาศ และจากเตาเผาขยะอันตรายที่มีกำลังการเผามากกว่า 1 ตัน/ชั่วโมง ไว้ไม่เกิน 0.2 นาโนกรัม (I-TEQ)/ลูกบาศก์เมตรของปริมาตรอากาศ ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2543

- สหรัฐอเมริกา ได้กำหนดค่ามาตรฐานการควบคุมสารไดออกซินและฟิวแรนที่เกิดจากเตาเผาขยะที่สร้างใหม่ทั้งขนาดใหญ่ (มากกว่า 227 กิโลกรัม/ชั่วโมง) และขนาดกลาง (91-227 กิโลกรัม/ชั่วโมง) ไว้ไม่เกิน 0.6 นาโนกรัม (I-TEQ)/ลูกบาศก์เมตรของปริมาตรอากาศ ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2540

โดยค่ามาตรฐานควบคุมการปลดปล่อยสารไดออกซินและฟิวแรน และมลพิษชนิดอื่นๆ ที่เกิดจากเตาเผาขยะมูลฝอยของสหภาพยุโรปและสหรัฐอเมริกา เป็นดังตารางที่ 7.11 โดย EPA Limits คือข้อกำหนดของสหรัฐอเมริกา และ EU Limits คือ ข้อกำหนดของสหภาพยุโรป และสามารถเปรียบเทียบปริมาณของมลพิษต่างๆ ในกรณีที่ไม่ติดตั้งอุปกรณ์ควบคุมมลพิษได้จากค่า AP42 Emissions [64] ทั้งนี้ข้อมูลกฎระเบียบต่างๆ ในตารางเป็นข้อมูลที่มีการประกาศใช้มานานแล้ว

ตารางที่ 7.11 ข้อจำกัดด้านกฎระเบียบสำหรับการปลดปล่อยมลพิษจากเตาเผาขยะ [64]

Pollutant	Units	EPA LIMITS-New Units			EPA LIMITS - Existing Units				EU Limits			AP42 Emissions
		Small	Medium	Large	Rural	Small	Medium	Large	Daily	Hourly	4 hr	
Particulate Matter	mg/dscm gr/dscf	69	34	34	197 0.086	115 0.05	69 0.03	34 0.015	5	10		223.0
Carbon Monoxide	ppm(v)	40	40	40	40	40	40	40	50	100		127.0
Dioxins/Furans	ng/dscm total	125	25	25	800	125	125	125				
	ng/dscm total TEQ	2.3	0.6	0.6	15	2.3	2.3	2.3			0.1	4.1
PCB TEQ	dscm total TEQ											2329.8
Organics	mg/dscm								5 total Cl	10		15.0
Hydrogen Chloride	ppm(v)	15	15	15	3100	100	100	100	5	10		1106.2
	or % reduction	99%	99%	99%		93%	93%	93%				
Sulfur Dioxide	ppm(v)	55	55	55	55	55	55	55	25	50		54.6
Nitrogen Oxides	ppm(v)	250	250	250	250	250	250	250	100	200		93.0
Lead	mg/dscm	1.2	0.07	0.07	10	1.2	1.2	1.2				3.6
	or % reduction	70%	98%	98%		70%	70%	70%				
Chromium	mg/dscm											
Cadmium	mg/dscm	0.16	0.04	0.04	4	0.16	0.16	0.16			0.05	0.3
	or % reduction	65%	90%	90%		65%	65%	65%				
Mercury	mg/dscm	0.55	0.55	0.55	7.5	0.55	0.55	0.55			0.05	5.4
	or % reduction	85%	85%	85%		85%	85%	85%				

*หมายเหตุ: 1. US EPA Capacities: Small คือ น้อยกว่า/เท่ากับ 91 kg/hr (200 lbs/hr), Medium คือ 91-227 kg/hr (200-500 lbs/hr), Large คือ มากกว่า 227 kg/hr (500 lbs/hr)

2. mg = milligrams; dscm = dry standard cubic meter; ppmv = parts per million by volume;
ng = nanograms; TEQ = toxic equivalent, concentrations at 7% O₂.

3. EU standards not shown for Thallium, Copper, Manganese, Nickel, Arsenic, Antimony, Cobalt, Vanadium, Tin

4. AP42 emissions (EPA 1996) การปลดปล่อยมลพิษจากเตาเผา โดยที่ไม่ได้ติดตั้ง APCDs ใดๆ

จากข้อมูลเหล่านี้ยังทำให้เห็นว่าการกำหนดค่ามาตรฐานการปลดปล่อยไดออกซินและฟิวแรนจากเตาเผาขยะมูลฝอยชุมชนของประเทศไทยที่กำหนดไว้ไม่เกิน 0.5 นาโนกรัม (I-TEQ)/ลูกบาศก์เมตรของปริมาตรอากาศ ที่ยังมีผลบังคับใช้อยู่ในปัจจุบันนั้นเป็นค่ามาตรฐานที่หลวมเกินไป เมื่อเทียบกับการกำหนดค่ามาตรฐานของสหภาพยุโรปที่ประกาศใช้ได้อย่างเข้มงวดมาตั้งแต่ปี พ.ศ. 2543 นับว่าเป็นสิบกว่าปีมาแล้วที่ประเทศไทยยังไม่สามารถดำเนินการควบคุมการปล่อยสารไดออกซินและฟิวแรนได้อย่างเข้มงวดเหมือนกับประเทศอื่นๆ ทั้งที่จริงแล้วในปัจจุบันมีเทคโนโลยีที่สามารถ

ควบคุมการปลดปล่อยสารไดออกซินและฟิวแรนได้เป็นอย่างดี รวมถึงเทคโนโลยีที่มีใช้แล้วในประเทศไทยเองก็ตาม

วิธีการเก็บตัวอย่างและวิเคราะห์สารไดออกซินและฟิวแรน [65]

วิธีการเก็บตัวอย่างสารไดออกซินนั้นมีหลายวิธี โดยแต่ละประเทศก็จะมีมาตรฐานการวิเคราะห์ที่แตกต่างกันออกไป แต่อเมริกาเหนือและยุโรปจะมีวิธีที่คล้ายคลึงกัน โดยเทคนิคที่ง่ายที่สุดในการวิเคราะห์ และใช้กันทั่วไปคือ เทคนิค HRGC/HRMS แต่อย่างไรก็ตามวิธีการวิเคราะห์ทั้งหมดก็ยังมิข้อจำกัดทางเครื่องมืออยู่ ค่าที่ได้จึงอาจไม่แม่นยำถึงร้อยละ 100 เป็นเหตุให้ในการเก็บตัวอย่างจากปล่องไอเสียนั้น จำเป็นต้องใช้เวลาก่อนอย่างน้อย 4 ชั่วโมง และใช้คนในการดำเนินงานอย่างน้อย 2 คน เพื่อให้แน่ใจว่าค่าที่ได้จากการตรวจวัดนั้นเป็นไปอย่างถูกต้องตลอดเวลาที่เก็บตัวอย่างอย่างต่อเนื่อง โดยนำค่าที่วัดในเวลาเดียวกันมาเปรียบเทียบกับ การนำตัวอย่างไปวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการนั้นต้องใช้เวลาประมาณ 6-8 สัปดาห์ ภายใต้อากาศปกติ โดยค่าใช้จ่ายในการวิเคราะห์สูงถึง \$1,500/ตัวอย่าง โดยเฉลี่ยแล้วในการตรวจวัดผลไดออกซินหนึ่งครั้งจะมีค่าใช้จ่ายราวๆ \$30,000 และรอผลประมาณ 90 วัน และเพื่อให้มั่นใจว่าผลที่ได้นั้นถูกต้องตลอดการวัดจึงต้องตรวจวัดสภาวะต่างๆ ของตัวแปรอื่นด้วย เช่น อุณหภูมิ ความดัน ความเร็วของแก๊สภายในปล่อง เป็นต้น วิธีการตรวจวัดของอเมริกาเหนืออ้างอิงจาก US EPA Method 23 ซึ่งเป็นวิธีการที่อ้างอิงมาจากประเทศแคนาดา แต่ก็ไม่เหมือนกับวิธีการของสหรัฐอเมริกาที่เน้นเฉพาะไดออกซินเท่านั้น เหมือนกับของประเทศออสเตรเลีย และนิวซีแลนด์ ส่วนมาตรฐานของยุโรปใช้ EN 1948 ในการเก็บตัวอย่างและวิเคราะห์การปลดปล่อยสารไดออกซินจากเตาเผาขยะ และมาตรฐานนี้ถูกใช้เป็นแนวทางพื้นฐานในการกำหนดมาตรฐานการพิจารณาการปลดปล่อยไดออกซินในหลายประเทศในยุโรป เช่น CSN EN 1948, DIN EN 1948 และ VDI 3499 เป็นต้น โดยสามารถดูการเปรียบเทียบวิธีการตรวจวัดตัวอย่างต่างๆ ได้ดังตารางที่ 7.12

ตารางที่ 7.12 การเปรียบเทียบวิธีการเก็บตัวอย่างตามกฎข้อบังคับ [65]

Standard	Range of PCDD/F [ng ITEQ/Nm ³]	Basis of Sampling	Temperature [°C]	Samples Created
EN 1948	<0.1 Note: dust concentration <15 mg/Nm ³	Filter/ Condensor	20	5
		Dilution	40	3
		Cooled Probe	20	3
VDI 3499	>0.1 Note: Dust >20 mg/Nm ³	as above but particulate filter added to train - quartz glass or WB50		
Method 23	0.2 - 0.4 Note: Dust <20 mg/Nm ³	Simplified filter/ condensor method	20	3
	Dust >20 mg/Nm ³	as above but add cyclone		4

ทั้งนี้เตาเผาขยะเทศบาลนครภูเก็ตของประเทศไทยนั้นเคยใช้วิธีการวิเคราะห์ตัวอย่างสารไดออกซินจากปล่องไอเสียแบบ US EPA Method #23 ด้วยเช่นกัน ปัจจุบันการตรวจวัดค่าสารไดออกซินและฟิวเรนในประเทศไทยถูกกำหนดให้ใช้วิธี Determination of Polychlorinated Dibenzo-p-Dioxins and Polychlorinated Dibenzofurans Emissions from Stationary Sources ที่องค์การพิทักษ์สิ่งแวดล้อมแห่งประเทศสหรัฐอเมริกากำหนดไว้ หรือวิธีตรวจวัดอื่นที่คณะกรรมการควบคุมมลพิษเห็นชอบ โดยคำนวณค่าอากาศเสียแต่ละชนิดที่ปล่อยทิ้งจากปล่องเตาเผาผลพลอยที่ความดัน 1 บรรยากาศ หรือที่ 760 มิลลิเมตรปรอท อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ที่สภาวะแห้ง (Dry Basis) โดยมีปริมาตรอากาศเสียที่ออกซิเจนร้อยละ 7

7.2.3 แนวทางควบคุมการเกิดและลดการปลดปล่อยสารไดออกซินและฟิวเรน

จากเตาเผาขยะมูลฝอยชุมชน

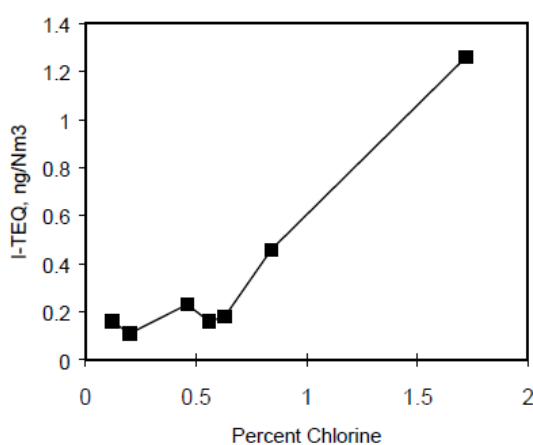
7.2.3.1 ก่อนเข้าเตาเผา

- 1) หาทางหลีกเลี่ยงสภาวะที่สร้างและปลดปล่อยสารไดออกซินและฟิวเรนสู่บรรยากาศได้ดี ซึ่งจะเกิดขึ้นได้หากมีสภาวะใดสภาวะหนึ่งหรือหลายๆ สภาวะร่วมกัน ดังนี้ [3]
 - ทำให้เกิดการเผาไหม้ที่ไม่สมบูรณ์ เมื่ออุณหภูมิสูงกว่า 200 องศาเซลเซียส
 - มี C อยู่ในสารประกอบอินทรีย์ปริมาณมาก
 - เป็นผลิตภัณฑ์มี Cl เป็นองค์ประกอบ หรือมีสารไดออกซินและฟิวเรนปะปนอยู่

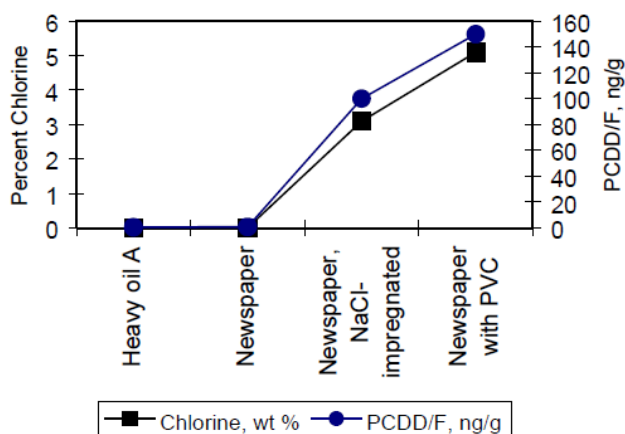
โดยความเข้มข้นสูงสุดของสารไดออกซินและฟิวแรนในแก๊สและขี้เถ้าที่อยู่ในปล่องเกิดได้ดีในช่วงอุณหภูมิ 300-470 องศาเซลเซียส

2) เน้นการคัดแยกประเภทของขยะ รีดน้ำออกจากขยะ และทำขยะให้เป็นชิ้นเล็กๆ รวมถึงรณรงค์ให้ประชาชนลดการใช้บรรจุภัณฑ์ที่ประกอบด้วยคลอรีน พลาสติก และโลหะ และให้คัดแยกขยะตั้งแต่แหล่งกำเนิด เพื่อไม่ให้ขยะมีความชื้นสูง ทำให้ควบคุมการเผาไหม้ได้อย่างแม่นยำ และไม่มีวัสดุที่มีสารประกอบของอินทรีย์คาร์บอนและคลอไรด์เข้าไปเผาไหม้ ซึ่งเป็นสิ่งสำคัญที่จะช่วยลดการเกิดสารไดออกซินและฟิวแรนจากการเผาขยะ [12, 43, 57, 64]

ทั้งนี้มีการศึกษาจำนวนมากจากห้องปฏิบัติการ ระบบการเผาไหม้ที่พบว่า การก่อสารไดออกซินและฟิวแรนลดลง เมื่อจำกัดหรือลดปริมาณสารคลอรีนจากวัสดุที่นำไปเผาไหม้ ดังรูปที่ 7.18 ซึ่งวัดจากความเข้มข้นในการปลดปล่อยแก๊สไอเสียหรือเถ้าลอย เช่น จากการศึกษาทดลองวัดค่าไดออกซินและฟิวแรนจากแก๊สไอเสียระหว่างการเผาไหม้หนังสือพิมพ์ปกติเทียบกับการเผาไหม้หนังสือพิมพ์ที่ชุบ PVC หรือโซเดียมคลอไรด์ (NaCl) เมื่อปี พ.ศ. 2543 ซึ่งพบว่า การเผาไหม้หนังสือพิมพ์ปกติมีค่าไดออกซินและฟิวแรนในปริมาณน้อย [63] ดังแสดงในรูปที่ 7.19



รูปที่ 7.18 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณสารไดออกซินและฟิวแรนกับปริมาณสารคลอรีน [63]



รูปที่ 7.19 ปริมาณสารไดออกซินและฟิวแรนที่เกิดจากการเผาไหม้หนังสือพิมพ์ประเภทต่างๆ [62]

7.2.3.2 การควบคุมระบบการเผาไหม้ในเตาเผา [3, 13, 41, 43, 47, 64]

- 1) เเผาที่อุณหภูมิมากกว่า 850 องศาเซลเซียส และใช้เวลาในการเผาไหม้ไม่น้อยกว่า 2 วินาที แต่ก็ต้องระวังไม่ให้อุณหภูมิสูงเกินไป เพราะจะทำให้เชื้อติดอยู่กับผนังเตาและเกิด NO_x ได้
- 2) ห้องเผาที่ 2 หรือห้องเผาแก๊สไอเสีย ต้องมีปริมาณ O_2 มากพอคือ ประมาณร้อยละ 6
- 3) มีระบบบำบัดแก๊สเสียแบบแห้งที่ใช้ผงปูนขาว และผงถ่านกัมมันต์ร่วมกับระบบกำจัดฝุ่นแบบถุงกรอง จะทำให้ประสิทธิภาพการควบคุมสารไดออกซินและฟิวแรนดียิ่งขึ้น
- 4) อากาศทุติยภูมิที่ป้อนเข้าเตาทางอ้อม (Secondary Air) ควรผสมคลุกเคล้ากับแก๊สที่เกิดจากการเผาไหม้ให้เพียงพอภายในเตา โดยวิธีการต่างๆ เช่น การปรับความเร็วของอากาศ ปริมาณของอากาศ และตำแหน่งที่นำอากาศเข้าเตา [3]

ทั้งนี้การควบคุมปัจจัยต่างๆ ระหว่างการเผาไหม้ให้คงที่ก็เป็นสิ่งสำคัญ เช่น อุณหภูมิการเผาไหม้ สภาวะความปั่นป่วน (Turbulence) ในห้องเผาไหม้ ระดับ O_2 ส่วนเกิน ระยะเวลา เป็นต้น จากบทความของ Carroll W.F. [64] เมื่อปี พ.ศ. 2546 กล่าวไว้ว่า การทำงานของอุปกรณ์ควบคุมมลพิษจะได้ผลดียิ่งขึ้นเมื่อมีการควบคุม 3 ปัจจัยหลักที่เรียกว่า “Three Ts” ซึ่งก็คือ (1) Time in the Combustion Zone (2) Temperature of Combustion and Combustion Gases (3) Good Turbulence

นอกจากนี้ยังมีข้อมูลจาก EPA (1990), UNDP (2003) ซึ่งสรุปแนวทางการดำเนินงานจากตัวแปรต่างๆ ในเตาเผาขนาดเล็กเอาไว้ ดังตารางที่ 7.13 นี้

ตารางที่ 7.13 แนวปฏิบัติที่ดีในการดำเนินงานจากตัวแปรต่างๆ ในเตาเผาขนาดเล็ก [64]

Type	Parameter	Recommendation
1) อุณหภูมิ	- ห้องเผาไหม้แรก - ห้องเผาไหม้ที่สอง - แก๊สที่เข้าสู่อุปกรณ์ APCDs (ถ้ามี)	540-980 °C (EPA 1990 Recommendations) มากกว่า 850 °C (S. African and EU Standards) มากกว่า 1000 °C (Indian Standards) *สำหรับกรณีที่มีสารอินทรีย์ประเภทคลอรีน มากกว่า 1% ในขยะ 980-1200 °C (EPA 1990 Recommendations) มากกว่า 1100 °C (S. African and EU Standards) มากกว่า 1100 °C (Indian Standards) น้อยกว่า 230 °C
2) ระยะเวลาในการเผาไหม้	แก๊สในห้องเผาไหม้ที่สอง	มากกว่า 1 วินาที
3) การไหลของอากาศ	- Total Combustion Air - การกระจายอากาศในเตาเผา - การผสมกันของแก๊สที่เผาไหม้กับอากาศในทุกโซน	140-200 %excess ต้องมีเพียงพอ ผสมกันอย่างดี
4) การควบคุมและการตรวจวัด	อุณหภูมิและตัวแปรอื่นๆ	ต่อเนื่อง และเป็นระยะสำหรับบางตัว
5) ขยะ	- ประสิทธิภาพการทำลาย - รูปแบบการป้อนขยะ - การลดการปล่อยแก๊ส HCl, ไดออกซิน, โลหะ และมลพิษอื่นๆ - สภาพการทำงานของเตาเผา	มากกว่าร้อยละ 90 โดยน้ำหนัก หลีกเลี่ยงการป้อนเกินพิกัด หลีกเลี่ยงการเผาพลาสติกที่มีคลอรีน และโลหะหนัก ต้องให้มีอุณหภูมิมากกว่า 800 °C แต่ไม่สูงเกินไป
6) ปล่องควัน	ความสูง	อย่างน้อย 4-5 เมตร
7) อุปกรณ์ควบคุมมลพิษ	ติดตั้ง APCDs	ทั่วไปนิยมใช้ Packed Bed, Venturi, wet scrubbers, fabric filter, Dry Injection

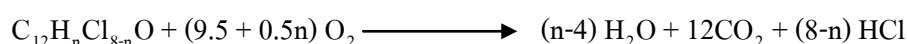
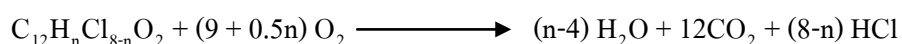
7.2.3.3 การเกิดไดออกซินและฟิวแรนหลังการเผาไหม้ [3, 43]

หลังการเผาไหม้อาจเกิดสารไดออกซินและฟิวแรนได้ ตามหลักการของ De Nuvo หรือ Re-synthesis จากการที่มือนุภาคของของแข็งที่มีธาตุ C หลงเหลืออยู่ ร่วมกับ Cl หรือโลหะหนักต่างๆ ที่อยู่ในแก๊สหลังการเผา ซึ่งจะเกิดได้ดีมากระหว่างการเย็นตัวลง (Cooling) ของแก๊สในช่วง 400-200 องศาเซลเซียส โดยใช้เวลาประมาณ 1-1,000 วินาที เฉลี่ยแล้วความเป็นไปได้ในการเกิดอยู่ที่ประมาณ 5 วินาที ดังนั้นจึงต้องควบคุมการเผาไหม้ของขยะในเตาให้เป็นไปอย่างสมบูรณ์ที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้ เพื่อป้องกันการเกิดใหม่ของไดออกซิน และควรดำเนินการต่างๆ ระหว่างการ Cooling ดังนี้

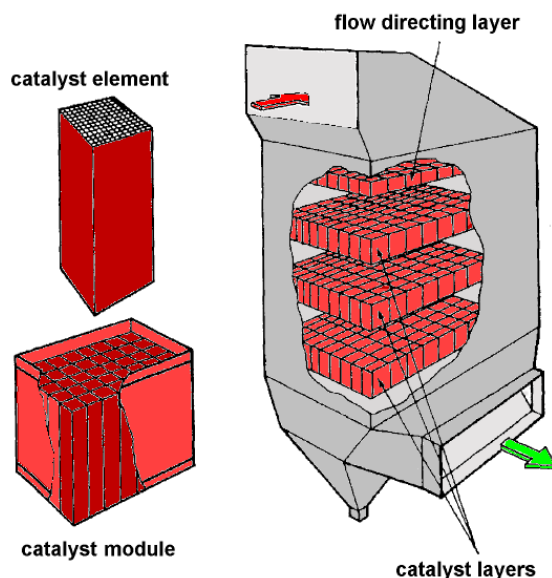
- ลดอุณหภูมิของแก๊สไอเสียที่ออกจากเตาเผาออกจาก 900 องศาเซลเซียส ให้เหลือประมาณ 150-200 องศาเซลเซียส โดยใช้เวลาน้อยที่สุด ทั้งนี้สาเหตุที่ต้องลดอุณหภูมิลงก่อนนั้น เนื่องจากการกำจัดมลพิษจากแก๊สไอเสียที่เกิดจากการเผาไหม้ มักใช้ปฏิกิริยาทางเคมีและกระบวนการดูดซับ ซึ่งจะเกิดได้ดีที่อุณหภูมิต่ำหรืออุณหภูมิปกติ
- หากมีการติดตั้งหม้อไอน้ำ เพื่อทำให้แก๊สเย็นลง ควรติดตั้งท่อน้ำในลักษณะที่พุ่งจากการเผาไหม้ ไม่สามารถเกาะติดได้ง่าย และท่อน้ำนี้ควรทำความสะอาดได้ง่ายด้วย
- ปรับปรุงอุปกรณ์ที่ทำให้แก๊สเย็นตัวลง และติดตั้ง Cooling Towers เพื่อช่วยป้องกันการเกิดใหม่ของสารไดออกซินและฟิวแรน

7.2.3.4 เทคโนโลยีและเทคนิคในการกำจัดสารไดออกซินและฟิวแรน

1) การใช้ระบบ Selective Catalytic Reduction (SCR) คือ กระบวนการที่ใช้สารจำพวกออกไซด์ของโลหะเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาเพื่อช่วยกำจัดสารไดออกซินและฟิวแรน ระหว่างการเผาไหม้ที่ช่วงอุณหภูมิ 240-330 องศาเซลเซียส สารที่นิยม ได้แก่ ไทเทเนียมไดออกไซด์ (TiO_2) วาเนเดียมเพนทอกไซด์ (V_2O_5) และทังสเตนไดรอกไซด์ (WO_3) ซึ่งจะเกิดปฏิกิริยาเคมีดังนี้



ระบบนี้มีประสิทธิภาพในการกำจัดสารไดออกซินและฟิวแรนสูงถึงร้อยละ 90-98 โดยสามารถควบคุมการปลดปล่อยสารไดออกซินและฟิวแรนให้มีระดับต่ำกว่า 0.1 นาโนกรัม (I- TEQ)/ลูกบาศก์เมตรของปริมาตรอากาศ ซึ่งส่วนใหญ่อยู่ที่ระดับ 0.05 นาโนกรัม (I- TEQ)/ลูกบาศก์เมตรของปริมาตรอากาศ และควรติดตั้งถุงกรอง (Bag Filter) เพื่อกำจัดตัวเร่งปฏิกิริยาและสารไดออกซินและฟิวแรนอีกครั้งก่อนระบายออกจากปล่อง ทั้งนี้การจัดเรียงตัวของตัวเร่งปฏิกิริยาในระบบเป็นดังรูปที่ 7.20 [60, 66]



รูปที่ 7.20 การจัดเรียงตัวของตัวเร่งปฏิกิริยาในระบบ SCR [66]

- 2) การใช้ระบบ Selective Non-Catalytic Reduction (SNCR) คือ กระบวนการที่ใช้ความร้อนสูงเพื่อกำจัดสารไดออกซินและฟิวแรน โดยใช้อุณหภูมิในช่วง 850-1,100 องศาเซลเซียส ประสิทธิภาพของการกำจัดอยู่ที่ร้อยละ 40-70 [66]
- 3) การใช้ถ่านกัมมันต์ดูดซับสารไดออกซินและฟิวแรนจากแก๊สไอเสียที่เกิดจากการเผาไหม้ของขยะมูลฝอยชุมชน เพื่อกำจัดสารไดออกซินและฟิวแรน [3, 12, 28, 45, 47, 51, 65] โดยใช้ในช่วงอุณหภูมิ 120-150 องศาเซลเซียส ซึ่งสามารถแบ่งออกได้เป็น 3 วิธี คือ (1) Fixed Bed (2) Fluidized Bed (3) Duct Injection [66]
- 4) การบำบัดแบบแห้ง โดยการพ่นอนุภาคสารเคมีในรูปของแข็ง เข้าไปทำปฏิกิริยากับแก๊สไอเสีย เช่น Calcium Carbonate, Calcium Hydroxide, Calcium Oxide, Magnesium Oxide, Calcium Magnesium Bicarbonate เพื่อให้แก๊สพิษ หรือแก๊สกรดเปลี่ยนรูปไปเป็นสารที่เป็นกลาง [66]
- 5) การฉีดพ่นสารละลายต่าง จำพวก ปูนขาว แอมโมเนีย ยูเรีย และเอมีนอื่นๆ เข้าไปทำปฏิกิริยาเพื่อยับยั้งการเกิดสารไดออกซินและฟิวแรนระหว่างการเผา [21, 43]
- 6) โรงเผาขยะบางแห่งมีหอดูดซับ ซึ่งมีถ่านกัมมันต์ หรือ Catalytic Towers สำหรับการบำบัดแก๊สไอเสียรอบสองอีกครั้งหนึ่ง เพื่อกำจัดสารไดออกซินและฟิวแรนให้หมด

7.2.3.5 แนวทางการจัดการอื่นๆ

- 1) ความเข้มข้นของสารไดออกซินและฟิวแรนที่ปล่อยออกจากปล่องขณะทำงานแบบ Steady State จะมีค่าน้อยมาก โดยจะมีการปลดปล่อยมากที่สุดในช่วงเริ่มเดินเครื่อง [42]

- 2) ควรเลือกใช้เตาเผาขนาดเล็ก เนื่องจากค่าใช้จ่ายและการจัดการในเรื่องของการปลดปล่อยไดออกซินและฟิวเรนสูงกว่าเตาเผาขนาดใหญ่ และปลดปล่อยในอัตราที่สูงกว่าเตาเผาขนาดใหญ่ [43, 44]
 - 3) ความเข้มข้นสูงสุดของสารไดออกซินและฟิวเรนในแก๊สไอเสียและซีเฝ้าที่อยู่ในปล่องเกิดที่อุณหภูมิประมาณ 350 องศาเซลเซียส และความเข้มข้นจะลดลงต่ำสุดเมื่ออุณหภูมิต่ำกว่า 275 องศาเซลเซียส และที่สูงกว่า 420 องศาเซลเซียส แต่ก็ยังมีสารนี้อยู่ปริมาณไม่มากในช่วงอุณหภูมิ 200-275 องศาเซลเซียส และ 420-550 องศาเซลเซียส [3]
 - 4) หากใช้เครื่อง ESP ต้องทำให้แก๊สเย็นลงจนอยู่ที่อุณหภูมิประมาณ 200 องศาเซลเซียส หรือต่ำกว่าก่อนเข้าเครื่อง มิฉะนั้นจะทำให้เกิดสารไดออกซินและฟิวเรนในถ้ำลอย และปล่อยออกสู่อากาศ
 - 5) อุณหภูมิของหม้อไอน้ำขาออกยิ่งสูงขึ้น ยิ่งมีโอกาสผลิตสารไดออกซินและฟิวเรนเพิ่มมากขึ้นด้วย จึงควรติดตั้ง Economizer เพื่อช่วยลดอุณหภูมิก่อน [44, 46]
 - 6) การใช้ถ่านหินที่ประกอบด้วยกำมะถันมากกว่าร้อยละ 4 เป็นเชื้อเพลิงร่วมในการเผาไหม้ จะช่วยยับยั้งการเกิดสารไดออกซินและฟิวเรนระหว่างการเผาได้มากขึ้น โดยเฉพาะในเตาเผาแบบ Pyrolysis หรือ Gasification [43]
- ทั้งนี้การผสมผสานหลายๆ วิธีการของการบำบัดแก๊สดังที่ได้อธิบายมาแล้วนั้น จะสามารถควบคุมระดับการปลดปล่อยสารไดออกซินให้ไม่เกินค่ามาตรฐาน 0.1 นาโนกรัม (I- TEQ)/ลูกบาศก์เมตรของปริมาตรอากาศ ซึ่งเป็นมาตรฐานที่เข้มงวดที่สุดที่มีผลบังคับใช้อยู่ในปัจจุบัน แต่อย่างไรก็ตามการใช้มาตรการและแนวทางต่างๆ เหล่านี้ต้องมีการศึกษาวิจัยเพิ่มเติม เพื่อให้ได้ข้อมูลที่มากพอ ซึ่งมีความสำคัญต่อการกำหนดระดับมาตรฐานในการควบคุม และการออกแบบโรงงานต่อไป

กรณีศึกษาจากงานวิจัยของต่างประเทศ

- 1) ประเทศเกาหลี หลังจากที่มีการใช้มาตรการและกฎระเบียบที่เข้มงวดขึ้นโดยการปรับใช้เทคโนโลยีต่างๆ เพื่อลดค่าความเข้มข้นของสารไดออกซินและฟิวเรนจากเตาเผาขยะมูลฝอย จึงพบแนวทางที่ดีที่สุดสำหรับการควบคุมสารไดออกซินและฟิวเรนจากเตาเผาขยะมูลฝอยชุมชนที่มีกำลังการเผามากกว่า 2 ตัน/ชั่วโมง โดยให้ติดตั้ง APCDs ในรูปแบบดังต่อไปนี้ [44]
- Spray Dry Absorber, Bag Filter, Wet Scrubber
 - Spray Dry Absorber, Bag Filter, Wet Scrubber, Selective Catalytic Reduction
 - ESP, Wet Scrubber, Selective Catalytic Reduction
 - Spray Dry Absorber, Bag Filter, Selective Catalytic Reduction
 - Bag Filter, Wet Scrubber, Selective Catalytic Reduction

สำหรับเตาเผาขยะมูลฝอยชุมชนที่มีกำลังการเผาต่ำกว่า 2 ตัน/ชั่วโมง ควรติดตั้ง APCDs ในรูปแบบ

- Spray Dry Absorber, Bag Filter

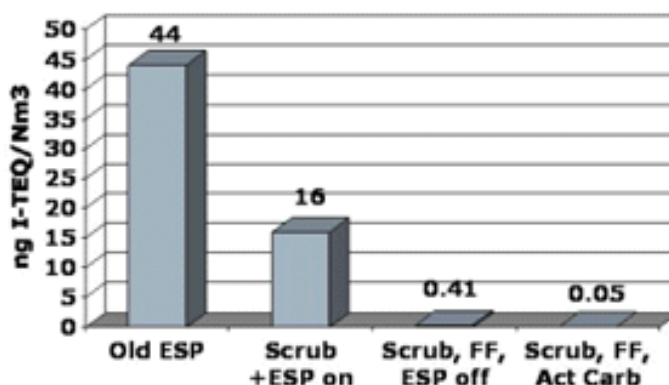
- Bag Filter, Wet Scrubber

2) ประเทศไต้หวัน พบว่าการติดตั้ง APCDs แบบ Cyclones, Dry Lime Sorbent Injection, Fabric Filter เพื่อควบคุมสารไดออกซินและฟิวแรนจากเตาเผาขยะมูลฝอยมีประสิทธิภาพดีกว่าการติดตั้ง APCDs แบบ ESP, Wet Scrubbers มาก นอกจากนี้พบว่าการฉีดพ่น Activated Carbon เพิ่มเข้าไปจะยิ่งช่วยลดสารไดออกซินและฟิวแรนเพิ่มมากขึ้น และประสิทธิภาพของการกำจัดดียิ่งขึ้นเมื่อใช้ Activated Carbon ในปริมาณที่มากขึ้น [41]

3) ประเทศโคลอมเบีย พบว่าการติดตั้ง APCDs แบบ ESP มีประสิทธิภาพในการลดระดับสารไดออกซินและฟิวแรนได้ดีที่สุด เมื่อเทียบจากการติดตั้ง Cyclone หรือ Bag Filter [47]

4) ประเทศจีน พบว่าส่วนใหญ่นิยมใช้ APCDs แบบ Bag Filters และฉีดพ่น Activated Carbon หรือใช้ระบบ Selective Catalytic Reduction (SCR) เพื่อกำจัดสารไดออกซินและฟิวแรนจากแก๊สไอเสียก่อนปล่อยออกจากปล่อง [43]

5) สหภาพยุโรป ได้ปรับปรุงและพัฒนาการควบคุมสารไดออกซินและฟิวแรน โดยการติดตั้ง APCDs ต่างๆ ซึ่งสามารถลดปริมาณสารไดออกซินให้เหลือเพียง 0.05 นาโนกรัม (I-TEQ)/ลูกบาศก์เมตรของปริมาตรอากาศ ดังรูปที่ 7.21 [67]



รูปที่ 7.21 ปริมาณสารไดออกซินจากการใช้อุปกรณ์ควบคุมมลพิษทางอากาศต่างๆ ของสหภาพยุโรป [67]

กรณีศึกษาเตาเผาขยะของประเทศไทยที่มีค่าสารไดออกซินผ่านเกณฑ์มาตรฐานระดับสากล

ประเทศไทยมีเตาเผาขยะติดเชื้อปลอดไดออกซินที่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานระดับสากล ซึ่งออกแบบและผลิตโดยบริษัทเทอร์ม เอ็นจิเนียริง จำกัด ตั้งอยู่ที่เทศบาลเมืองวารินชำราบ จ.อุบลราชธานี เตาเผาใช้น้ำ

ขยะมาจากโรงพยาบาล คลินิก และสถานอนามัยใน จ.อุบลฯ และจากเขตอีสานตอนใต้ มีระบบการทำงานคร่าวๆ ดังนี้ ป้อนขยะเข้าเตาเผา ซึ่งมีระบบไฮโดรลิกเป็นตัวยกถังขยะ เมื่อเข้าห้องเผาที่ 1 จะควบคุมอุณหภูมิไว้ไม่ให้ต่ำกว่า 750 องศาเซลเซียส ซึ่งส่วนใหญ่จะอยู่ที่ 900 องศาเซลเซียส เตาเผาเป็นแบบหมุนได้ ทำให้สามารถเผาขยะได้ทุกประเภท เช่น ขยะชุมชน ขยะติดเชื้ออุตสาหกรรม แม้กระทั่งขยะที่เป็นชีโคลน เหมาะสำหรับขยะที่มีความชื้นสูงถึงร้อยละ 60 และสามารถเผาไหม้ได้อย่างรวดเร็ว เนื่องจากการพลิกขยะตลอดเวลา ทำให้ประหยัดเวลาและเชื้อเพลิงจากนั้นแก๊สที่ได้จะผ่านไปยังเตาเผาที่ 2 ซึ่งควบคุมอุณหภูมิไว้ไม่ให้ต่ำกว่า 1,000 องศาเซลเซียส เพื่อกำจัดมลพิษ เมื่อแก๊สไอเสียออกจากเตาเผาห้องที่ 2 จะถูกดักฝุ่นแบบหยابก่อน เนื่องจากเตาเผาแบบหมุนทำให้เกิดฝุ่นจำนวนมาก จากนั้นนำไปลดอุณหภูมิแก๊สไอเสียลงจากประมาณ 500 องศาเซลเซียส ให้เหลือประมาณ 200 องศาเซลเซียส เพื่อให้เหมาะแก่การ Catalyst สารไดออกซินอีกครั้ง จากนั้นผ่านถุงกรองชนิดพิเศษในการกำจัดสารไดออกซินและดักฝุ่น โดยถุงกรองชนิดนี้จะทำงานเหมือนกับเครื่องกรองไอเสียรถยนต์ที่ใช้ในปัจจุบัน และมีอายุการใช้งานไม่น้อยกว่า 3 ปี เมื่อแก๊สไอเสียไหลผ่านถุงกรองแล้วจะถูก Catalyst ไดออกซิน เพื่อให้แก๊สที่ออกมาไม่มีพิษ และนำไปผ่านระบบ Wet Scrubber อีกครั้ง เพื่อปรับสภาพแก๊สและลดความเป็นกรดด้วยการฉีดสเปรย์น้ำด่าง เช่น โซเดียมไฮดรอกไซด์ (โซดาไฟ) เพื่อบำบัดแก๊สไอเสียขั้นสุดท้ายให้เป็นกลาง และใช้ Blower ดูดแก๊สออกไปสู่ปล่อง โดยที่ปล่องจะมี Sampling Gas ที่ต้องนำไปตรวจวัดประมาณ 10 ชนิด เพื่อตรวจสอบคุณภาพแก๊สที่ปล่อยออกจากปล่อง โดยหน่วยงานหรือบริษัทส่วนกลาง เช่น บริษัท SGS (Thailand) จำกัด คณะสาธารณสุขและสิ่งแวดล้อมของมหาวิทยาลัยมหิดล เป็นต้น มาดำเนินการตรวจวัดให้ ซึ่งผลจากการตรวจวัดพบว่า เตาเผาผ่านค่ามาตรฐานทุกค่าที่กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและกรมควบคุมมลพิษกำหนดไว้ ที่สำคัญคือ สามารถควบคุมสารไดออกซินได้ดีถึง 0.095 นาโนกรัม (I-TEQ)/ลูกบาศก์เมตรของปริมาตรอากาศ ด้วยมาตรฐานที่สูงมากนี้ ทำให้ได้รับความเชื่อถือจากบริษัทเชฟรอนฯ นำไปติดตั้งที่ประเทศบังกลาเทศอีกด้วย โดยกระบวนการเผาทั้งหมดใช้เวลาประมาณ 20 นาที มีกำลังการเผา 350 กิโลกรัม/ชั่วโมง หรือ 8.4 ตัน/วัน ถ้ามีขยะเข้าเตาเผาเต็มกำลังจะสามารถคืนทุนได้ภายใน 6-7 ปี ปัจจุบันเตาเผาแบบหมุนนี้มีติดตั้งอยู่ที่ สุพรรณบุรี เชียงใหม่ อุตรธานี พิษณุโลก ยะลา อุบลราชธานี บังกลาเทศ กัมพูชา และฟิลิปปินส์

บทที่ 8 รูปและข้อเสนอแนะ

8.1 รูปผลการศึกษา

จากการศึกษาภาพรวมทั้งหมดนี้เพื่อแสดงให้เห็นถึงแนวทางบริหารจัดการโครงการเตาเผาขยะมูลฝอยชุมชนเพื่อผลิตพลังงาน โดยเฉพาะการลดและควบคุมการปลดปล่อยไดออกซินและฟิวเรนให้อยู่ภายใต้ค่ามาตรฐานการควบคุมการปล่อยทั้งอากาศเสียที่กำหนดไว้ โดยพบว่าควรบริหารจัดการขยะตั้งแต่ต้นทาง เน้นการคัดแยกขยะจากแหล่งกำเนิด เพื่อไม่ให้ขยะมีความชื้นสูงและไม่ให้มีวัสดุที่มีสารประกอบของอินทรีย์คาร์บอนและคลอไรด์เข้าไปเผาไหม้ ทั้งนี้ควรเผาที่อุณหภูมิมากกว่า 850 องศาเซลเซียส ใช้เวลาเผาไม่น้อยกว่า 2 วินาที และมีระบบบำบัดอากาศเสียแบบแห้งที่ใช้ผงปูนขาว และผงถ่านกัมมันต์ร่วมกับระบบกำจัดฝุ่นแบบถุงกรอง ซึ่งเป็นแนวทางและเทคโนโลยีพื้นฐานที่นิยมใช้ในหลายประเทศ รวมทั้งที่โครงการฯ ของภูเก็ตด้วย นอกจากนี้ควรใช้แนวทางและเทคโนโลยีอื่นๆ ตามที่ได้ศึกษามาประยุกต์ใช้กับประเทศไทย เพื่อให้ประสิทธิภาพดียิ่งขึ้น ค่าไดออกซินที่ปล่อยออกจะได้อยู่ภายใต้มาตรฐานที่เข้มงวดเหมือนกับประเทศที่พัฒนาแล้วคือไม่เกิน 0.1 นาโนกรัม (I-TEQ)/ลูกบาศก์เมตรของปริมาตรอากาศ ทั้งนี้หากมีการดำเนินการที่ถูกหลักตั้งแต่ต้น และมีมาตรฐานการควบคุมที่เข้มงวดจะส่งผลให้โครงการเตาเผาขยะมูลฝอยชุมชนเพื่อผลิตพลังงานเป็นผลดีทั้งทางด้านเศรษฐกิจ สังคม และสิ่งแวดล้อม ถือเป็นการพัฒนาประเทศที่ยั่งยืนต่อไป

8.2 ข้อเสนอแนะ

1. ควรเพิ่มประสิทธิภาพในการตรวจสอบและควบคุมมลพิษจากเตาเผาขยะมูลฝอยให้เข้มงวดขึ้น เช่น ปรับลดค่ามาตรฐานการควบคุมไดออกซินและฟิวเรนให้เข้มงวดขึ้นเป็น 0.1 ng I-TEQ/Nm³ ในทุกประเภทเตาเผา เช่นเดียวกับประเทศที่พัฒนาแล้ว หรือนำเทคโนโลยีต่างๆ มาใช้เพิ่มความหลากหลายให้มากขึ้น เพื่อให้ได้ค่าตามมาตรฐาน เป็นต้น ทั้งนี้ประสิทธิภาพของเตาเผาขยะภูเก็ตน่าจะเป็นแนวทางที่ดี ทำให้ประหยัดค่าใช้จ่ายในการลองผิดลองถูกในการบริหารจัดการเพื่อใช้เทคโนโลยีนี้ลงไปได้มาก รวมถึงการมีห้องปฏิบัติการไดออกซินภายในประเทศที่ได้มาตรฐานตามหลักสากล ช่วยให้การตรวจวัดสะดวกขึ้นและมีค่าใช้จ่ายน้อยลง ซึ่งทั้งหมดจะทำให้ประเทศไทยมีภาพลักษณ์และศักยภาพในการใช้เทคโนโลยีเตาเผายิ่งขึ้น และช่วยเพิ่มความมั่นใจในการใช้เทคโนโลยีนี้ให้กับประชาชนอีกด้วย

2. ควรมีการศึกษาต่อยอดเกี่ยวกับเทคโนโลยี และแนวทางปฏิบัติในการลดสารไดออกซินและฟิวแรน จากที่ศึกษารวบรวมมานี้ เพื่อหาวิธีที่ใช้ต้นทุนน้อยที่สุดในการควบคุมมลพิษและให้อยู่ภายใต้ค่ามาตรฐานของประเทศที่พัฒนาแล้ว เพื่อนำไปสู่การพัฒนาเชิงพาณิชย์ต่อไป เช่น คำนวณหาวัสดุที่สามารถดูดซับสารไดออกซินและฟิวแรนจากแก๊สไอเสียที่เกิดจากการเผาไหม้ของขยะมูลฝอยชุมชน แทนถ่านกัมมันต์ที่นิยมใช้อยู่ในปัจจุบัน เพื่อให้สามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้หลายๆ ครั้ง หรือมีอายุการใช้งานนานขึ้น และราคาถูกขึ้น เป็นต้น

เอกสารอ้างอิง

1. ทวีป พลเสน, 2536, การผลิตกระแสไฟฟ้าด้วยแก๊สจากขยะ, ประกาศนียบัตรบัณฑิต, สาขาวิชาเทคโนโลยีการจัดการพลังงาน, คณะพลังงานสิ่งแวดล้อมและวัสดุ, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, หน้า 17-30.
2. กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, กระทรวงพลังงาน, 2553, พลังงานขยะ, [Online], Available: http://www.region2.m-energy.go.th/index.php?option=com_content&view=article&id=118:2010-09-14-13-45-17&catid=5:know-how&Itemid=38 [10 สิงหาคม 2554].
3. สำนักงานรักษาความสะอาด กรุงเทพมหานคร, 2538, โรงงานเผาขยะมูลฝอย เล่ม 1, กรุงเทพมหานคร, หน้า 1-389.
4. ชเรศ ศรีสถิตย์, 2553, วิศวกรรมการจัดการมูลฝอยชุมชน, สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพมหานคร, หน้า 1-671.
5. สุภาภรณ์ ศิริ โสภณา, 2006, “ขยะชุมชน สถานที่ฝังกลบ และการฟื้นฟู”, วารสารวิทยาศาสตร์ มศว, ปีที่ 22, ฉบับที่ 2, หน้า 104-121.
6. Tchobanoglous, G., Theisen, H. and Vigil, S., 1993, **Integrated Solid Waste Management Engineering Principles and Management Issue**, Mc.Graw - Hill, Inc., New York, p. 10-904.
7. ศูนย์วิจัยและจัดการคุณภาพอากาศ, 2554, รายงานการทบทวนวรรณกรรมการเผาขยะชุมชนในที่โล่งแจ้งและการจัดการ, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, หน้า 1-45.
8. ส่วนขยะมูลฝอยและสิ่งปฏิกูล, สำนักจัดการกากของเสียและสารอันตราย กรมควบคุมมลพิษ, 2555, คู่มือการจัดทำโครงการศึกษาความเหมาะสมและออกแบบรายละเอียดระบบจัดการมูลฝอยแบบครบวงจรสำหรับองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น, บริษัทรุ่งเรืองสูง พรินต์ติ้ง จำกัด, หน้า 3-54.
9. โครงการการจัดทำระบบฐานข้อมูลพลังงานเพื่อการวิเคราะห์และวางแผนยุทธศาสตร์พลังงานของประเทศ, n.d., พลังงานจากขยะ, สถาบันวิจัยและพัฒนาพลังงานมหาวิทยาลัยเชียงใหม่, หน้า 1-42.
10. สำนักจัดการกากของเสียและสารอันตราย, 2548, รายงานฉบับสมบูรณ์โครงการสำรวจและวิเคราะห์องค์ประกอบขยะมูลฝอยชุมชนของเทศบาลทั่วประเทศ, กรมควบคุมมลพิษ, กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, หน้า 56-307.
11. Hoornweg, D. and Bhada, P.T., 2012, “What a Waste a Global Review of Solid Waste Management”, **Urban Development Series Knowledge Paper**, No. 15, pp. 1-32.

12. พิริยุตม์ วรรณพฤกษ์, 2552, “หนึ่งทศวรรษของการผลิตกระแสไฟฟ้าจากขยะชุมชน กรณีเตาเผาขยะชุมชน จังหวัดภูเก็ต”, วารสารสถาบันพระปกเกล้า, ปีที่ 7, ฉบับที่ 1, หน้า 110-126.
13. กรมควบคุมมลพิษ, 2555, แผนจัดการมลพิษ พ.ศ. ๒๕๕๕-๒๕๕๘, กรมควบคุมมลพิษ, กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, กรุงเทพมหานคร, หน้า 1-67.
14. คณะจัดทำรายงานสถานการณ์มลพิษของประเทศไทย, 2553, รายงานสถานการณ์มลพิษของประเทศไทย, กรมควบคุมมลพิษ, กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, กรุงเทพมหานคร, หน้า 6-50.
15. คณะจัดทำรายงานสถานการณ์มลพิษของประเทศไทย, 2554, รายงานสถานการณ์มลพิษของประเทศไทย, กรมควบคุมมลพิษ, กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, กรุงเทพมหานคร, หน้า 73-97.
16. ประเมษฐ ห่วงมิตร, 2550, พฤติกรรมการจัดการขยะมูลฝอยของประชาชนในเขตลาดพร้าว กรุงเทพมหานคร, วิทยานิพนธ์ปริญญารัฐประศาสนศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการบริหารทั่วไป วิทยาลัยบริหารรัฐกิจ มหาวิทยาลัยบูรพา, หน้า 7-17.
17. อำนวย ทองสถิตย์, 2546, การจัดการขยะมูลฝอยชุมชนเพื่อผลิตพลังงาน, รายงานการศึกษาส่วนบุคคล, วิทยาลัยนักบริหาร สำนักงาน กพ., หน้า 9-30.
18. กรมควบคุมมลพิษและองค์การความร่วมมือระหว่างประเทศของเยอรมัน, 2554, คู่มือการจัดการขยะมูลฝอยและเทคโนโลยีการแปรรูปขยะมูลฝอยให้เป็นพลังงานสำหรับท้องถิ่น, กรมควบคุมมลพิษ, กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, กรุงเทพมหานคร, หน้า 1-129.
19. กระทรวงพลังงาน, 2553, พลังงานขยะ [Online], Available: <http://www.energychoices.in.th/litter> [16 สิงหาคม 2554].
20. โครงการการจัดทำฐานข้อมูลพลังงานเพื่อการวิเคราะห์และวางแผนยุทธศาสตร์พลังงานของประเทศ, 2549, พลังงานจากขยะ, สถาบันวิจัยและพัฒนาพลังงาน มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, สำนักนโยบายและแผนยุทธศาสตร์ สำนักปลัดกระทรวงพลังงาน กระทรวงพลังงาน, หน้า 3-36.
21. มูลนิธิพลังงานเพื่อสิ่งแวดล้อม, 2008, เตาเผาขยะ [Online], Available: <http://www.efc.or.th/home.php?ds=preview&back=content&mid=QaThskHyxen7t4fl&doc=JZtaSWNqG1HgPVnB> [4 พฤษภาคม 2554].
22. กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, กระทรวงพลังงาน, 2547, แท่งเชื้อเพลิงจากขยะ (Refuse Derived Fuel: RDF) [Online], Available: <http://www.region2-m-energy.go.th/images/stories/pdf/KM/RE2/4.pdf> [16 สิงหาคม 2554].

23. จีวรธรณ เตียรต์สุวรรณ, วารุณี เตีย, สร้อยดาว วินิจนันท์รัตน์, นันทน์ ถาวรวงูร, ปิยะ เสี่ยงสุคนธ์ เกียรติไกร อายุวัฒน์ และสุภาวดี มิตรสมหวัง, 2552, การศึกษาวิเคราะห์แนวทางการจัดการขยะ ในการผลิตไฟฟ้า ในเขตกรุงเทพและปริมณฑล, สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ, หน้า 2-99.
24. คณะกรรมการกำกับกิจการพลังงาน (กกพ.), 2555, ฐานข้อมูลผู้ผลิตไฟฟ้า SPP/VSPP [Online], Available: http://www.erc.or.th/ERCSP/Detail.aspx?typeId=1&RbsID=0&PowerPlantType=0&EGAT=3&MEA=2&PEA=1&ZoneID=0&RbsID=0&Province=0&DistrictID=0&SubDistrictID=0&PlantTypeID=0&RbsPeaID=0&SubStationID=0&FeederID=0&Link=Y&Company_Personel=1 [1 มิถุนายน 2555].
25. คณะกรรมการกำกับกิจการพลังงาน (กกพ.), 2555, ฐานข้อมูลผู้ผลิตไฟฟ้า SPP/VSPP [Online], Available: <http://www.erc.or.th/ERCSP/Detail.aspx> [12 ธันวาคม 2555].
26. สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน กระทรวงพลังงาน, 2554, สรุปสถานการณ์การรับซื้อไฟฟ้า จาก SPP/VSPP จำแนกตามประเภทเชื้อเพลิง เดือนธันวาคม 2554 [Online], Available: <http://www.eppo.go.th/power/data/index.html> [1 มิถุนายน 2555].
27. สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย, 2552, การวิจัยเชิงนโยบาย เพื่อสนับสนุนการพัฒนาและ การใช้พลังงานหมุนเวียน และการเพิ่มประสิทธิภาพในการใช้พลังงานในประเทศไทย ในระยะที่ 2 [Online], Available: http://www.researchgate.net/publication/39032376__2 [12 มิถุนายน 2555].
28. กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน, 2555, แผนพัฒนาพลังงาน ทดแทนและพลังงานทางเลือก 25% ใน 10 ปี (พ.ศ.2555-2564) (Alternative Energy Development Plan: AEDP 2012-2021) [Online], Available: www.dede.go.th/dede/images/stories/aedp25.pdf [1 มิถุนายน 2555].
29. กระทรวงพลังงาน, แผนพัฒนาพลังงานทดแทน 15 ปี (พ.ศ. 2551 - 2565) [Online], Available: www.dede.go.th/dede/images/stories/y51_y65.pdf [1 มิถุนายน 2555].
30. สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน กระทรวงพลังงาน, 2555, สรุปแผนพัฒนากำลังผลิตไฟฟ้า ของประเทศ พ.ศ. 2555-2573 (ฉบับปรับปรุงครั้งที่ 3) [Online], Available: <http://www.eppo.go.th/power/PDP2010-r3/PDP2010-Rev3-Cab19Jun2012-T.pdf> [12 กันยายน 2555].
31. คณะทำงานจัดทำรายงานประจำปี, สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน กระทรวงพลังงาน, รายงานประจำปี 2553 EPPPO [Online], Available: <http://www.eppo.go.th/doc/report-2553/annual-eppo-2553.pdf> [1 มิถุนายน 2555].

32. คณะกรรมการนโยบายพลังงานแห่งชาติ, 2552, ประกาศการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค เรื่อง การกำหนด ส่วนเพิ่มราคารับซื้อไฟฟ้าสำหรับผู้ผลิตไฟฟ้าขนาดเล็กมากจากพลังงานหมุนเวียน [Online], Available: <http://www.pea.co.th/vspp/vspp/Adder19082552.pdf> [1 มิถุนายน 2555].
33. พิสมัย เสถียรยานนท์, 2555, **ทิศทางการจัดการขยะมูลฝอยเพื่อผลิตพลังงาน**, กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, กระทรวงพลังงาน, หน้า 1-29.
34. จารุงศ์ บุญหลง, 2553, **มหันตภัยไดออกซิน**, พิมพ์ครั้งที่ 3, สำนักจัดการกากของเสียและสารอันตราย กรมควบคุมมลพิษ, โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, หน้า 1-31.
35. ฝ่ายศูนย์ข้อมูลสารอันตรายและอนุสัญญา กองจัดการสารอันตรายและกากของเสีย, 2544, **ไดออกซิน**, พิมพ์ครั้งที่ 2, กรมควบคุมมลพิษ กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม, โรงพิมพ์คุรุสภาลาดพร้าว, หน้า 1-50.
36. สำนักหอสมุดและศูนย์สารสนเทศวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2553, **เรื่องน่ารู้เกี่ยวกับ ไดออกซิน**, กรมวิทยาศาสตร์บริการ กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, หน้า 1-16.
37. Olie, K., Adsdink, R. and Schoonenboom, M., 1998, “Metals as Catalysts During the Formation and Decomposition of Chlorinated Dioxins and Furans in Incineration Processes”, **Journal of Air and Waste Management Association**, Vol. 48, No. XX, pp. 101-105.
38. ปิยาณี ตั้งทองทวี, 2546, “อันตรายของไดออกซิน”, **Engineering Today**, ปีที่ 1, ฉบับที่ 9, หน้า 113-117.
39. พล ศาเกตทอง, 2549, **เอกสารประกอบการสัมมนา เรื่อง แนวทางการจัดการมูลฝอยของ ประเทศไทย**, บริษัท ซียูบี จำกัด ร่วมกับเทศบาลตำบลเกาะสมุย และโรงพยาบาลขยะมูลฝอยเทศบาลตำบลเกาะสมุย, หน้า 25-34.
40. Japan International Cooperation Agency, 2536, “การจัดการเกี่ยวกับมูลฝอยของ กรุงเทพมหานคร”, **เอกสารประกอบการสัมมนา**, หน้า 52.
41. Chang, M., Lin, J. and Chang, S., 2002, “Characterization of Dioxin Emissions from Two Municipal Solid Waste Incinerators in Taiwan”, **Atmospheric Environment**, Vol. 36, No. 2, pp. 279-286.
42. Tejima, H., Nishigaki, M., Fujita, Y., Matsumoto, A., Takeda, N. and Takaoka, M., 2007, “Characteristics of Dioxin Emissions at Startup and Shutdown of MSW Incinerators”, **Chemosphere**, Vol. 66, No. 6, pp. 1123-1130.
43. Cheng, H. and Hu, Y., 2010, “Curbing Dioxin Emissions from Municipal Solid Waste Incineration in China: Re-thinking about Management Policies and Practices”, **Environmental Pollution**, Vol. 158, No. 9, pp. 2809-2814.

44. Kim, K.H., Chung, B.J., Lee, S.H. and Seo, Y.C., 2008, "Practices in Dioxin Emission Reduction by Special Regulatory Enforcement and Utilizing Advanced Control Technologies for Incinerators in Korea", **Chemosphere**, Vol. 73, No. 10, pp. 1632-1639.
45. Kim, K.S., Shin, S.K., Kim, K.S., Song, B.J. and Kim, J.G., 2008, "National Monitoring of PCDD/DFs in Environmental Media Around Incinerators in Korea", **Environment International**, Vol. 34, No. 2, pp. 202-209.
46. Ni, Y., Zhang, H., Fan, S., Zhang, X., Zhang, Q. and Chen, J., 2009, "Emissions of PCDD/Fs from Municipal Solid Waste Incinerators in China", **Chemosphere**, Vol. 75, No. 9, pp. 1153-1158.
47. Aristizabal, B., Cobo, M., Hoyos, A., Correa, C.M., Abalos, M., Martinez, K., Abad, E. and Rivera, J., 2008, "Baseline Levels of Dioxin and Furan Emission from Waste Thermal Treatment in Colombia", **Chemosphere**, Vol. 73, No. 1, pp. S171-S175.
48. กรมควบคุมมลพิษ, กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสิ่งแวดล้อม, 2544, **เกณฑ์ มาตรฐาน และแนวทางการจัดการขยะมูลฝอยชุมชน, ครั้งที่ 5, โรงพิมพ์คุรุสภาลาดพร้าว, หน้า 21-58.**
49. กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสิ่งแวดล้อม, 2540, "กำหนดมาตรฐานควบคุมการปล่อยทิ้งอากาศเสียจากเตาเผามูลฝอย", **ราชกิจจานุเบกษา**, เล่มที่ 114 ตอนที่ 63 ง, หน้า 156-160.
50. กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, 2553, "กำหนดมาตรฐานควบคุมการปล่อยทิ้งอากาศเสียจากเตาเผามูลฝอย", **ราชกิจจานุเบกษา**, เล่มที่ 127 ตอนพิเศษ 87 ง, หน้า 34-42.
51. คณะกรรมการควบคุมมลพิษ, 2554, "แบบบันทึกผลการตรวจวัดค่าความทึบแสง และแบบสรุปผลการตรวจวัดค่าความทึบแสงของแผนภูมิเขม่าควันของโรงเกิดมานัน", **ราชกิจจานุเบกษา**, เล่มที่ 128 ตอนพิเศษ 69 ง, หน้า 61-63.
52. กระทรวงอุตสาหกรรม, 2545, "กำหนดปริมาณสารเจือปนในอากาศที่ปล่อยออกจากเตาเผาสิ่งปฏิกูล หรือวัสดุที่ไม่ใช้แล้วที่เป็นอันตรายจากอุตสาหกรรม, **ราชกิจจานุเบกษา**, เล่มที่ 119 ตอนพิเศษ 106 ง, หน้า 1-3.
53. กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, 2546, "กำหนดมาตรฐานควบคุมการปล่อยทิ้งอากาศเสียจากเตาเผามูลฝอยติดเชื้อ", **ราชกิจจานุเบกษา**, เล่มที่ 120 ตอนพิเศษ 147 ง, หน้า 5-11.
54. กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, 2549, "กำหนดมาตรฐานควบคุมการปล่อยทิ้งอากาศเสียจากโรงงานปูนซีเมนต์ที่ใช้ของเสียเป็นเชื้อเพลิงหรือเป็นวัตถุดิบในการผลิต", **ราชกิจจานุเบกษา**, เล่มที่ 123 ตอนพิเศษ 129 ง, หน้า 9-13.
55. ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม, 2551, "กำหนดปริมาณสารเจือปนในอากาศที่ระบายออกจากโรงงานปูนซีเมนต์ที่ใช้ของเสียเป็นเชื้อเพลิงหรือเป็นวัตถุดิบในการผลิต", **ราชกิจจานุเบกษา**, หน้า 2-4.

56. สำนักนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, **โครงการติดตามและประเมินผล การจัดการขยะมูลฝอยและน้ำเสียชุมชนขององค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น** [Online], Available: http://www.onep.go.th/library/index.php?option=com_content&view=article&id=31:cbm&catid=22:2012-03-12-02-54-55&Itemid=31 [12 มิถุนายน 2555].
57. อนุสรฯ สว่างชัย, 2555, **ยุทธศาสตร์การจัดการขยะมูลฝอยเกิด, ปรินญาปรัชญาคุณธิบัณฑิต สาขายุทธศาสตร์การพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏภูเก็ต**, หน้า 7-180.
58. เทศบาลนครภูเก็ต, **เตาเผาขยะเทศบาลนครภูเก็ต** [Online], Available: <http://www.phuketcity.go.th/news/attachment/857/> [20 สิงหาคม 2554]
59. PJT Technology Co., Ltd., 2009, **PHUKET NEW INCINERATOR PLANT** [Online], Available: http://www.pjt.co.th/pjt_page.asp?id=16 [5 เมษายน 2555].
60. บริษัทเสริมทรัพย์ไพศาลกรุป, **บทสรุปของผู้บริหาร** [Online], Available: <http://www.sps1999.com/indexthai.html> [17 กรกฎาคม 2555].
61. Thai Environment Website, **การศึกษาดูงานการจัดการขยะมูลฝอยที่โรงกำจัดขยะมูลฝอย ARIAKE มหานครโตเกียว** [Online], Available: <http://www.thaienv.com/content/view/620/39/> [3 มิถุนายน 2555].
62. พิธิษฐ์ ศรีกัลยานิวัต, **เจม็ดในการกำจัดมูลฝอย** [Online], Available: www.reo3.go.th/newversion/images/stories/article54/3028.pdf [11 พฤษภาคม 2555].
63. Pat Costner, P., 2001, **Chlorine Combustion and Dioxins: Does Reducing Chlorine in Wastes Decrease Dioxin Formation in Waste Incinerators?**, Greenpeace.
64. World Health Organization, 2003, **Best Practices for Incineration** [Online], Available: http://www.who.int/water_sanitation_health/medicalwaste/en/smincipinerators3.pdf [4 มิถุนายน 2555].
65. Chandler, A.J. and Associates Ltd., 2006, **Review of Dioxins and Furans from Incineration in Support of a Canada-wide Standard Review**, Environmental Management Consultants, pp. 50-69.
66. Tzimas, E. and Peteves, S., 2000, **NO_x and Dioxin Emissions from Waste Incineration Plant**, Joint Research Centre European Commission, Institute for Energy, Energy Technology Observatory, pp. 26-39.
67. William, F.C., Jr., 2003, **Incinerator Design and Operation: The Robust Approach to PCDD/F Minimization** [Online], Available: http://www.dioxinfacts.org/sources_

trends/incinerator.html [4 มิถุนายน 2555].

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

ข้อมูลองค์ประกอบขยะมูลฝอยชุมชน

ตารางที่ ก.1 ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของขยะมูลฝอยชุมชนครั้งที่ 1 [10]

สถานที่กำจัด ขยะมูลฝอย	%mc	TS	%VS	%C	%H	%O	%N	%P	%S	Heat of combustion, cal/g by bomb calorimeter
ทน. เชียงใหม่	55.38	44.62	80.76	44.87	5.05	28.47	1.68	0.69	0.000	4,342.81
ทน. ลำปาง	69.99	30.01	92.36	51.31	5.77	34.73	0.17	0.37	0.004	6,131.10
ทม. พิจิตร	69.29	30.71	88.39	49.11	5.52	32.82	0.62	0.32	0.004	4,343.44
ทน. นครสวรรค์	69.37	30.63	93.12	51.73	5.82	31.69	3.50	0.37	0.005	5,597.18
ทน. สมุทรสาคร	43.25	56.75	89.64	49.80	5.60	31.84	1.80	0.59	0.005	4,103.93
ทม. ปทุมธานี	54.73	45.27	89.51	49.73	5.59	33.63	0.27	0.28	0.001	4,589.99
ทม. ลพบุรี	65.70	34.30	92.18	51.21	5.76	34.52	0.44	0.25	0.000	4,674.91
ทม. เพชรบุรี	52.74	47.26	92.88	51.60	5.81	34.20	0.73	0.54	0.001	4,318.96
ทน. อุตรธานี	63.10	36.90	92.78	51.54	5.80	34.58	0.54	0.32	0.000	4,336.89
ทน. ขอนแก่น	66.92	33.08	95.94	53.30	6.00	34.96	1.01	0.67	0.005	4,337.52
ทม. ศรีสะเกษ	74.66	25.34	91.70	50.94	5.73	33.77	1.20	0.05	0.000	7,008.89
ทต. วารินชำราบ	69.37	30.63	86.69	48.16	5.42	32.01	0.65	0.45	0.000	3,843.30
ทม. ตราด	62.42	37.58	93.49	51.94	5.84	34.56	0.89	0.25	0.013	3,752.37
ทต. เกาะสมุย	70.02	29.98	74.36	41.31	4.65	25.82	1.08	1.49	0.005	3,851.50
ทน. ตรัง	76.14	23.86	92.96	51.64	5.81	32.29	2.02	1.20	0.001	4,579.77
ทต. สุโขทัย-โกสุมพิสัย	69.24	30.76	93.18	51.77	5.82	34.33	0.78	0.48	0.000	5,067.20
สถานีกำจัดหนองแขม	63.75	36.25	84.50	46.94	5.28	32.03	0.12	0.13	0.000	7,473.47
สถานีกำจัดท่าแร่	37.48	62.52	90.54	50.30	5.66	34.16	0.16	0.27	0.001	10,612.88
สถานีกำจัดอ่อนนุช	64.60	35.40	86.62	48.12	5.41	32.68	0.19	0.21	0.000	5,160.99

ตารางที่ ก.2 ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของขยะมูลฝอยชุมชนครั้งที่ 2 [10]

สถานที่กำจัด ขยะมูลฝอย	%mc	TS	%VS	%C	%H	%O	%N	%P	%S	Heat of combustion, cal/g by bomb calority meter
ทน. เขียงใหม่	67.60	32.40	86.86	48.26	5.43	32.18	0.66	0.28	0.058	6,652.18
ทน. ลำปาง	78.84	21.16	89.68	49.82	5.61	33.59	0.38	0.28	0.003	7,945.65
ทม. พิจิตร	74.42	25.58	82.89	46.05	5.18	30.61	0.78	0.26	0.004	8,144.81
ทน. นครสวรรค์	52.67	47.33	84.60	47.00	5.29	30.99	1.13	0.12	0.071	3,403.97
ทน. สมุทรสาคร	76.63	23.37	89.07	49.48	5.57	33.86	0.10	0.06	0.000	9,436.30
ทม. ปทุมธานี	74.40	25.60	74.97	41.65	4.69	27.01	1.49	0.04	0.094	6,942.65
ทม. ลพบุรี	77.66	22.34	74.97	41.65	4.69	28.09	0.20	0.34	0.000	5,272.30
ทม. เพชรบุรี	52.32	47.68	92.29	51.27	5.77	34.31	0.73	0.12	0.087	10,682.67
ทน. อุตรธานี	66.39	33.61	83.46	46.37	5.22	34.58	0.81	0.32	0.000	4,999.00
ทน. ขอนแก่น	77.67	22.33	86.68	48.16	5.42	32.77	0.28	0.05	0.002	10,141.18
ทม. ศรีสะเกษ	75.69	24.31	90.50	50.28	5.66	33.46	0.70	0.33	0.081	9,887.38
ทต. วารินชำราบ	70.38	29.62	81.07	45.04	5.07	29.87	0.97	0.02	0.108	2,518.89
ทม. ตราด	73.90	26.10	87.52	48.62	5.47	33.08	0.20	0.15	0.002	8,783.28
ทต. เกาะสมุย	73.90	26.10	90.68	50.38	5.67	33.29	1.15	0.08	0.112	8,591.49
ทน. ตรัง	65.89	34.11	88.93	49.41	5.56	33.46	0.32	0.18	0.012	8,922.61
ทต. สุโขทัย-โกลก	56.90	43.10	95.71	53.17	5.98	35.52	0.90	0.01	0.128	12,367.14
สถานีกาจัดหนองแขม	67.93	32.07	91.28	50.71	5.71	34.40	0.26	0.20	0.001	8,500.71
สถานีกาจัดท่าแร่	76.17	23.83	78.31	43.51	4.89	29.57	0.26	0.08	0.001	7,100.31
สถานีกาจัดอ่อนนุช	62.31	37.69	78.31	43.51	4.89	29.36	0.34	0.21	0.001	7,193.87

ตารางที่ ก.3 ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบของขยะมูลฝอยภูมิภาคต่างๆ ของโลก [7]

ย่าน	อาหาร	กระดาษ	ไม้	เสื้อผ้า	ยาง/หนัง	พลาสติก	โลหะ	แก้ว	อื่นๆ
เอเชีย									
เอเชียตะวันออก	26.2	18.8	3.5	3.5	1.0	14.3	2.7	3.1	7.4
เอเชียกลาง-ใต้	40.3	11.3	7.9	2.5	0.8	6.4	3.8	3.5	21.9
เอเชียตะวันออก-ใต้	43.5	12.9	9.9	2.7	0.9	7.2	3.3	4.0	16.3
เอเชียตะวันตกและตะวันออกกลาง	41.1	18.0	9.8	2.9	0.6	6.3	1.3	2.2	5.4
แอฟริกา									
แอฟริกาตะวันออก	53.9	7.7	7.0	1.7	1.1	5.5	1.8	2.3	11.6
แอฟริกากลาง	43.4	16.8	6.5	2.5		4.5	3.5	2.0	1.5
แอฟริกาเหนือ	51.1	16.5	2	2.5		4.5	3.5	2	1.5
แอฟริกาใต้	23	25	15						
แอฟริกาตะวันตก	40.4	9.8	4.4	1.0		3.0	1.0		
ยุโรป									
ยุโรปตะวันออก	30.1	21.8	7.5	4.7	1.4	6.2	3.6	10.0	14.6
ยุโรปเหนือ	23.8	30.6	10.0	2.0		13.0	7.0	8.0	
ยุโรปใต้	36.9	17.0	10.6						
ยุโรปตะวันตก	24.2	27.5	11.0						
โอเชียเนีย									
ออสเตรเลียและนิวซีแลนด์	36.0	30.0	24.0						
โอเชียเนียที่เหลือ	67.5	6.0	2.5						
อเมริกา									
อเมริกาเหนือ	33.9	23.2	6.2	3.9	1.4	8.5	4.6	6.5	9.8
อเมริกากลาง	43.8	13.7	13.5	2.6	1.8	6.7	2.6	3.7	12.3
อเมริกาใต้	44.9	17.1	4.7	2.6	0.7	10.8	2.9	3.3	13.0
แคริบเบียน	46.9	17.0	2.4	5.1	1.9	9.9	5.0	5.7	3.5

หมายเหตุ 1. ข้อมูลคำนวณตามน้ำหนักของขยะเปียกไม่นับรวมขยะอุตสาหกรรมในปีค.ศ. 2000

2. ตัวเลขคำนวณจากข้อมูลของแต่ละประเทศซึ่งได้ข้อมูลไม่ครบถ้วน ดังนั้นยอดรวมร้อยละอาจไม่ถึงร้อยละ 100 บางประเทศไม่มีข้อมูลซึ่งแสดงด้วยช่องว่าง

ภาคผนวก ข

การสนับสนุนการแปรรูปขยะมูลฝอยเป็นพลังงานจากภาครัฐ

ตารางที่ ข.1 ค่าเป้าหมายปริมาณการใช้พลังงานทดแทน ตาม AEDP [28]

ประเภท	หน่วย	เป้าหมายเดิม	เป้าหมายใหม่	
ไฟฟ้า		KTOE	KTOE	ล้านหน่วย
1. พลังงานลม		89	134	1,283
2. พลังงานแสงอาทิตย์		56	224	2,484
3. ไฟฟ้าพลังน้ำ		85	756	5,604
4. พลังงานชีวมวล		1,933	1,896	14,008
5. ก๊าซชีวภาพ		54	270	1,050
6. พลังงานจากขยะ		72	72	518
7. พลังงานรูปแบบใหม่		1 (ไฮโดรเจน)	0.86	10
รวม		2,290	3,352.86	24,956
สัดส่วนทดแทนไฟฟ้า	%	6%	10.1%	
ความร้อน				
1. พลังงานแสงอาทิตย์	KTOE	38	100	
2. พลังงานชีวมวล	KTOE	6,760	8,200	
3. ก๊าซชีวภาพ	KTOE	600	1,000	
3.1 ก๊าซชีวภาพ			797	
3.2 CBG (5% ของ NGV)			203	
4. พลังงานจากขยะ	KTOE	35	35	
รวม	KTOE	7,433	9,335	
เชื้อเพลิงชีวภาพ				
1. เอทานอล	ลล/วัน	9.0	9.0	
2. ไบโอดีเซล	ลล/วัน	4.5	5.97	
3. เชื้อเพลิงใหม่ทดแทนดีเซล	ลล/วัน	-	25.0	
รวม	ลล/วัน	13.5	39.97	
สัดส่วนทดแทนน้ำมัน		14%	44%	
สัดส่วนพลังงานทดแทนต่อการใช้พลังงานขั้นสุดท้ายของประเทศ		12% (ไม่รวม NGV)	25%	

ตารางที่ ข.2 เป้าหมายกำลังการผลิตติดตั้งไฟฟ้าจากพลังงานทดแทน เพื่อการขับเคลื่อนและติดตาม
[28]

ประเภท	เป้าหมายปริมาณการผลิตไฟฟ้า ในปี 2564	กำลังการผลิตติดตั้งสะสม ในปี 2564
	ล้านหน่วย : GW-hr	MW
1. พลังงานลม	1,283	1,200
2. พลังงานแสงอาทิตย์	2,484	2,000
3. ไฟฟ้าพลังน้ำ	5,604	1,608
		• EGAT Pump storage 1,284 MW
		• Small-Hydro 324 MW
4. พลังงานชีวมวล	14,008	3,630
5. ก๊าซชีวภาพ	1,050	600
6. พลังงานจากขยะ	518	160
7. พลังงานรูปแบบใหม่	10	3
		• ความร้อนใต้พิภพ 1 MW
		• คลื่นหรือกระแสน้ำ 2 MW
รวม	24,956 ล้านหน่วย	9,201 MW

แผนพัฒนากำลังผลิตไฟฟ้าของประเทศไทย (PDP2010) ฉบับปรับปรุงครั้งที่ 3 [30]

สรุปได้โดยสังเขปเป็นดังนี้ เมื่อสิ้นแผนฯ ในปลายปี พ.ศ. 2573 จะมีกำลังผลิตไฟฟ้ารวมสุทธิ 70,686 เมกะวัตต์ โดยประกอบด้วยกำลังผลิตไฟฟ้าในปัจจุบัน ณ สิ้นปี พ.ศ. 2554 เท่ากับ 32,395 เมกะวัตต์ กำลังผลิตของโรงไฟฟ้าใหม่รวม 55,130 เมกะวัตต์ หักด้วยกำลังผลิตโรงไฟฟ้าเก่าที่หมดอายุ จำนวน 16,839 เมกะวัตต์ รายละเอียดกำลังผลิตไฟฟ้าแยกตามประเภทโรงไฟฟ้า เป็นดังนี้

- 1) กำลังผลิตไฟฟ้าใหม่ ช่วงปี พ.ศ. 2555-2562 ประกอบด้วย โครงการโรงไฟฟ้าตามแผนฯ ช่วงนี้ เป็นโครงการที่มีภาระผูกพัน หรือมีแผนการดำเนินงานที่ชัดเจนแล้ว โดยกำลังผลิตไฟฟ้าใหม่ ที่เพิ่มขึ้นในช่วงนี้ รวม 23,325 เมกะวัตต์ มีรายละเอียดดังนี้
 - รับซื้อไฟฟ้าจากพลังงานหมุนเวียน (ในประเทศ และรับซื้อจากต่างประเทศ) 8,194 เมกะวัตต์
 - โรงไฟฟ้าระบบ Cogeneration 5,107 เมกะวัตต์
 - โรงไฟฟ้าพลังความร้อนร่วม 6,551 เมกะวัตต์
 - โรงไฟฟ้าถ่านหิน/ลิกไนต์ 3,473 เมกะวัตต์
- 2) กำลังผลิตไฟฟ้าใหม่ ช่วงปี พ.ศ. 2563-2573 ประกอบด้วย โครงการที่บรรจุในแผนฯ ช่วงนี้ เป็นโครงการโรงไฟฟ้าใหม่ที่ระบบไฟฟ้าต้องการในแต่ละปี เพื่อตอบสนองต่อความต้องการใช้ไฟฟ้า และทดแทนโรงไฟฟ้าเก่าที่หมดอายุ โดยกำลังผลิตไฟฟ้าใหม่ ที่เพิ่มขึ้นช่วงนี้ รวม 31,805 เมกะวัตต์ มีรายละเอียดดังนี้

- รับซื้อไฟฟ้าจากพลังงานหมุนเวียน (ในประเทศ และรับซื้อจากต่างประเทศ) 6,387 เมกะวัตต์
- โรงไฟฟ้าระบบ Cogeneration 1,368 เมกะวัตต์
- โรงไฟฟ้ากังหันแก๊ส 750 เมกะวัตต์
- โรงไฟฟ้าพลังความร้อนร่วม 18,900 เมกะวัตต์
- โรงไฟฟ้าถ่านหิน 2,400 เมกะวัตต์
- โรงไฟฟ้านิวเคลียร์ 2,000 เมกะวัตต์

รวมกำลังการผลิตไฟฟ้าในช่วงปี พ.ศ. 2555-2573 ได้ดังนี้

- กำลังผลิตไฟฟ้า ณ ธันวาคม พ.ศ. 2554 มีจำนวน 32,395 เมกะวัตต์
- กำลังผลิตไฟฟ้าใหม่ ในช่วงปี พ.ศ. 2555-2573 มีจำนวน 55,130 เมกะวัตต์
- กำลังผลิตไฟฟ้าที่ปลดออกจากระบบ ในช่วงปี พ.ศ. 2555-2573 มีจำนวน (-) 16,839 เมกะวัตต์
- รวมกำลังผลิตไฟฟ้าทั้งสิ้น ณ สิ้นปี พ.ศ. 2573 มีจำนวน 70,686 เมกะวัตต์

โดยกำลังผลิตไฟฟ้าใหม่ ในช่วงปี พ.ศ. 2555-2573 (55,130 เมกะวัตต์) แยกตามประเภทโรงไฟฟ้าได้ดังนี้

- 1) โรงไฟฟ้าพลังงานหมุนเวียน 14,580 เมกะวัตต์
 - ในประเทศ 9,481 เมกะวัตต์
 - รับซื้อจากต่างประเทศ 5,099 เมกะวัตต์
- 2) โรงไฟฟ้าโคเจนเนอเรชัน 6,476 เมกะวัตต์
- 3) โรงไฟฟ้าพลังความร้อนร่วม 25,451 เมกะวัตต์
- 4) โรงไฟฟ้าพลังความร้อน 8,623 เมกะวัตต์
 - โรงไฟฟ้าถ่านหินสะอาด 4,400 เมกะวัตต์
 - โรงไฟฟ้าพลังงานนิวเคลียร์ 2,000 เมกะวัตต์
 - โรงไฟฟ้ากังหันแก๊ส 750 เมกะวัตต์
 - รับซื้อจากต่างประเทศ 1,473 เมกะวัตต์

ซึ่งกำลังผลิตไฟฟ้าเฉพาะในส่วนของพลังงานหมุนเวียน มีโครงการโรงไฟฟ้าพลังงานหมุนเวียนใหม่ จำนวน 14,580.4 เมกะวัตต์ เมื่อรวมกับกำลังผลิตในปัจจุบันจำนวน 6,340.2 เมกะวัตต์ และหักออกด้วยกำลังผลิตที่หมดอายุ จำนวน 374.3 เมกะวัตต์ ทำให้กำลังการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานหมุนเวียนรวมสุทธิ ณ สิ้นแผนฯ ในปี พ.ศ. 2573 เท่ากับ 20,546.3 เมกะวัตต์ คิดเป็นสัดส่วนร้อยละ 29 ของกำลังผลิตไฟฟ้าทั้งระบบ แบ่งเป็นพลังงานหมุนเวียนในประเทศ 13,688.3 เมกะวัตต์ และพลังงานหมุนเวียนจากต่างประเทศ 6,858 เมกะวัตต์

โดยสรุปกำลังการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานหมุนเวียนแยกตามประเภทเชื้อเพลิงได้ดังนี้

1) โครงการโรงไฟฟ้าพลังงานหมุนเวียนใหม่ ช่วงปี พ.ศ. 2555-2564 มีจำนวนรวม 9,377.4 เมกะวัตต์ ซึ่งจะสอดคล้องกับกรอบแผน AEDP (2012-2021) ของกระทรวงพลังงาน โดยมีรายละเอียดดังนี้

- พลังงานแสงอาทิตย์ 1,806.4 เมกะวัตต์
- พลังลม 1,774.3 เมกะวัตต์
- พลังน้ำ (ในประเทศ และรับซื้อจากต่างประเทศ) 3,061.4 เมกะวัตต์
- ชีวมวล 2,378.7 เมกะวัตต์
- แก๊สชีวภาพ 22.1 เมกะวัตต์
- ขยะ 334.5 เมกะวัตต์

2) โครงการโรงไฟฟ้าพลังงานหมุนเวียนใหม่ ช่วงปี พ.ศ. 2565-2573 มีจำนวนรวม 5,203.0 เมกะวัตต์ ซึ่งพิจารณาตามศักยภาพในอนาคตของแต่ละชนิดเชื้อเพลิง โดยมีรายละเอียดดังนี้

- พลังงานแสงอาทิตย์ 1,995.7 เมกะวัตต์
- พลังลม 199.4 เมกะวัตต์
- พลังน้ำ (ในประเทศ และรับซื้อจากต่างประเทศ) 2,742.5 เมกะวัตต์
- ชีวมวล 223.5 เมกะวัตต์
- แก๊สชีวภาพ 24.1 เมกะวัตต์
- ขยะ 17.8 เมกะวัตต์

โดยรายละเอียดแสดงกำลังการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานหมุนเวียนรายปีแยกตามประเภทเชื้อเพลิง ที่คาดว่าจะดำเนินการแล้วเสร็จในช่วงปี พ.ศ. 2555-2573 ตามแผน PDP 2010 ฉบับปรับปรุงครั้งที่ 3 แสดงดังตารางที่ ข.3 นี้

ตารางที่ ข.3 กำลังการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานหมุนเวียนรายปี แยกตามประเภทเชื้อเพลิง ตามแผน PDP 2010 ฉบับปรับปรุงครั้งที่ 3 [30]

ปี	ชนิดเชื้อเพลิง							
	แสงอาทิตย์	พลังลม	พลังน้ำ	ชีวมวล	ก๊าซชีวภาพ	ขยะ	พลังงานรูปแบบใหม่	รวม
<u>กำลังผลิตปัจจุบัน</u> 2554	138.0	3.0	5,322.5	747.3	106.0	21.4	2.0	6,340.2

กำลังผลิตใหม่

2555	164.9	246.9	250.5	280.5	4.2	1.0	-	948.1
2556	375.8	14.0	19.2	574.5	-	56.0	-	1,039.5
2557	181.1	263.6	0.5	206.8	1.2	12.8	-	666.0
2558	191.1	302.9	51.8	180.5	2.3	22.8	-	751.3
2559	130.1	641.8	5.2	176.8	2.3	32.8	-	989.0
2560	130.1	163.1	522.0	175.3	2.3	41.8	-	1,034.6
2561	130.0	7.4	682.6	184.5	2.4	41.8	-	1,048.8
2562	151.0	117.8	1223.5	179.8	2.4	41.8	-	1,716.4
2563	151.0	8.2	4.7	234.0	2.5	41.9	-	442.2
2564	201.0	8.6	301.5	186.0	2.5	41.9	-	741.5
<u>รวมกำลังผลิตใหม่</u> 2555-2564	1,806.4	1,774.3	3,061.4	2,378.7	22.1	334.5	-	2,377.4

2565	220.1	9.0	301.3	53.7	2.5	1.9	-	588.5
2566	220.1	19.5	303.5	32.8	2.6	1.9	-	580.4
2567	220.1	9.9	302.2	38.6	2.6	1.9	-	575.4
2568	220.0	10.4	303.3	21.2	2.6	2.0	-	559.5
2569	221.0	11.0	301.0	16.8	2.7	2.0	-	554.4
2570	220.1	61.5	312.0	16.9	2.7	2.0	-	615.2
2571	221.0	12.1	317.3	14.4	2.8	2.0	-	569.5
2572	223.0	22.7	301.0	14.5	2.8	2.0	-	566.1
2573	230.0	43.3	301.0	14.7	2.8	2.1	-	594.0
<u>รวมกำลังผลิตใหม่</u> 2555-2573	3,802.0	1,973.7	5,804.0	2,602.2	46.2	352.3	-	14,580.4

ตารางที่ ข.4 อัตราส่วนเพิ่มราคารับซื้อไฟฟ้าจำแนกตามประเภทเทคโนโลยีและเชื้อเพลิง [31]

เชื้อเพลิง	ส่วนเพิ่มฯ ปี 2550 (บาท/kWh)	ส่วนเพิ่มฯ ปี 2552 (บาท/kWh)	ส่วนเพิ่มฯ ปี 2553 (บาท/kWh)	ส่วนเพิ่มพิเศษ เพื่อทดแทน ดีเซล (บาท/kWh)	ส่วนเพิ่มฯ พิเศษ 3 จว. ชายแดนภาคใต้ และ 4 อ. ใน จ.สงขลา* (บาท/kWh)	ระยะเวลา สนับสนุน (ปี)
1. ชีวมวล						
- กำลังการผลิตติดตั้ง 1 MW	0.30	0.50	0.50	1.00	1.00	7
- กำลังการผลิตติดตั้ง > 1 MW	0.30	0.30	0.30	1.00	1.00	7
2. ก๊าซชีวภาพ (จากทุกประเภทแหล่งผลิต)						
- กำลังการผลิตติดตั้ง 1 MW	0.30	0.50	0.50	1.00	1.00	7
- กำลังการผลิตติดตั้ง > 1 MW	0.30	0.30	0.30	1.00	1.00	7
3. ชยะ (ชยะชุมชน/ชยะอุตสาหกรรมที่ไม่ใช่ชยะอันตราย และไม่เป็นที่ป็นอินทรีย์วัตถุ)						
- ระบบหมักหรือหลุมฝังกลบชยะ	2.50	2.50	2.50	1.00	1.00	7
- พลังงานความร้อน (Thermal Process)	2.50	3.50	3.50	1.00	1.00	7
4. พลังงานลม						
- กำลังการผลิตติดตั้ง 50 kW	3.50	4.50	4.50	1.50	1.50	10
- กำลังการผลิตติดตั้ง > 50 kW	3.50	3.50	3.50	1.50	1.50	10
5. พลังน้ำขนาดเล็ก						
- 50 kW กำลังการผลิตติดตั้ง 200 kW	0.40	0.80	0.80	1.00	1.00	7
- กำลังการผลิตติดตั้ง 50 kW	0.80	1.50	1.50	1.00	1.00	7
6. พลังงานแสงอาทิตย์	8.00	8.00	6.50	1.50	1.50	10

*4 อำเภอในจังหวัดสงขลาได้แก่ อ.จะนะ อ.เทพา อ.สะบ้าย้อย และ อ.นาทวี

ตารางที่ ข.5 อัตราส่วนเพิ่มราคาซื้อขายไฟฟ้าพิเศษสำหรับผู้ผลิตไฟฟ้าพลังงานหมุนเวียน ในพื้นที่ที่มีการผลิตไฟฟ้าจากน้ำมันดีเซล [32]

เชื้อเพลิง	ส่วนเพิ่มพิเศษฯ เพิ่มเติม (บาท/กิโลวัตต์-ชั่วโมง)
1. ชีวมวล	
(1) กำลังการผลิตติดตั้ง ≤ 1 MW	1.00
(2) กำลังการผลิตติดตั้ง > 1 MW	1.00
2. ก๊าซชีวภาพ	
(1) กำลังการผลิตติดตั้ง ≤ 1 MW	1.00
(2) กำลังการผลิตติดตั้ง > 1 MW	1.00
3. ชยะ ^{iv}	
(1) ระบบหมักหรือหลุมฝังกลบขยะ	1.00
(2) พลังงานความร้อน (Thermal Process)	1.00
4. พลังงานลม	
(1) กำลังการผลิตติดตั้ง ≤ 50 kW	1.50
(2) กำลังการผลิตติดตั้ง > 50 kW	1.50
5. พลังน้ำขนาดเล็ก	
(1) $50 \text{ kW} \leq$ กำลังการผลิตติดตั้ง $< 200 \text{ kW}$	1.00
(2) กำลังการผลิตติดตั้ง $< 50 \text{ kW}$	1.00
6. พลังงานแสงอาทิตย์	1.50

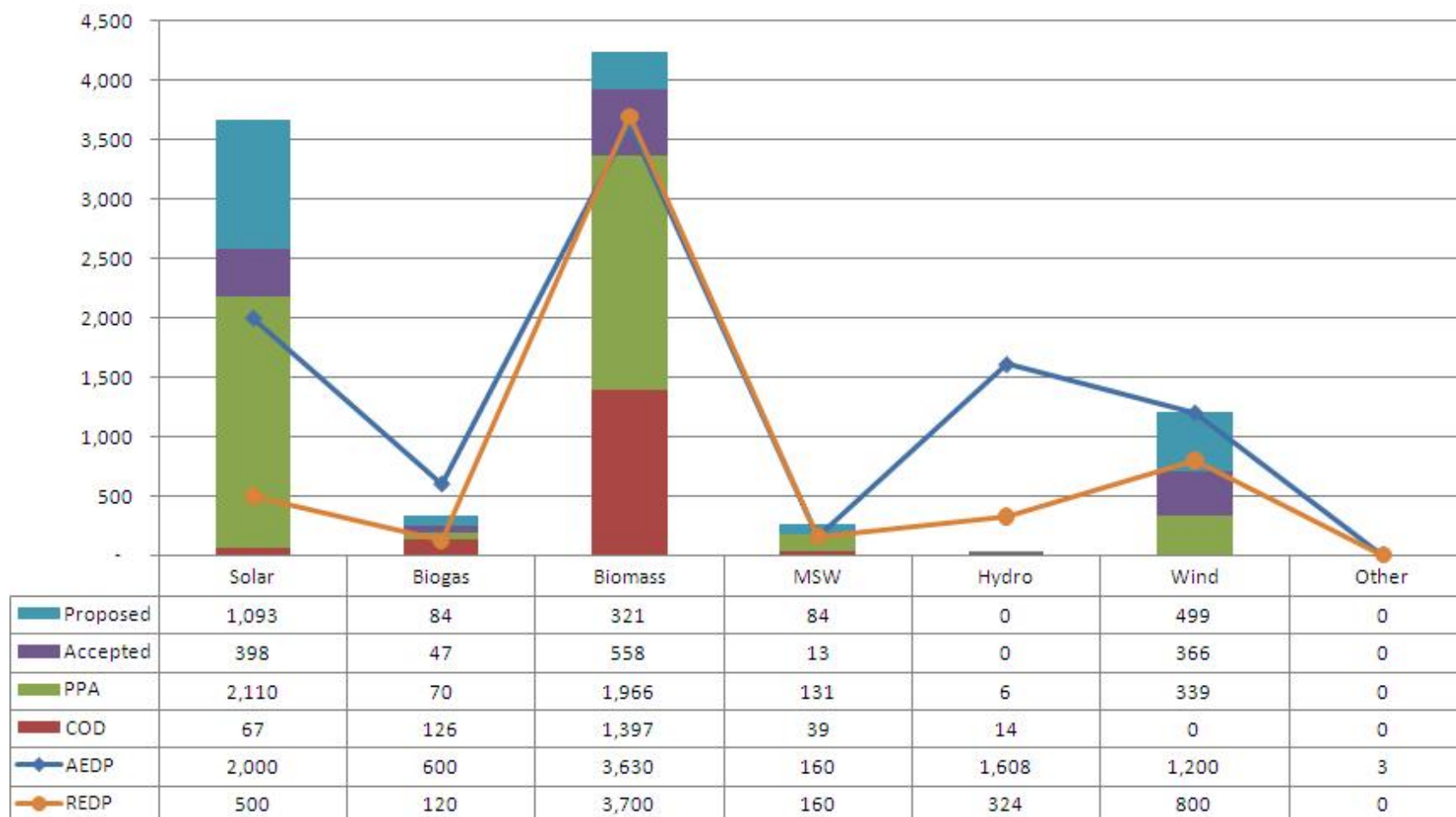
หมายเหตุ:

^{iv} หมายถึง ชยะชุมชน และขยะอุตสาหกรรมที่ไม่ใช่ขยะอันตราย และไม่ใช่วัสดุที่เป็นอินทรีย์วัตถุ

ตารางที่ ข.6 พื้นที่ที่มีการผลิตไฟฟ้าจากน้ำมันดีเซล [32]

ประเภทโรงไฟฟ้า	พื้นที่
1. ดีเซลจ่ายไฟอิสระ (12 แห่ง)	1. อัมผาง จ.ตาก 2. เกาะสีซัง จ.ชลบุรี 3. เกาะล้าน จ.ชลบุรี 4. เกาะสุกร จ.ตรัง 5. เกาะลิบง จ.ตรัง 6. เกาะมุกต์ จ.ตรัง 7. เกาะกุด จ.ตราด 8. เกาะหมาก จ.ตราด 9. เกาะเต่า จ.สุราษฎร์ธานี 10. เกาะนกตะเกา จ.สุราษฎร์ธานี 11. เกาะปู้ญ จ.สตูล 12. บ้านห้วยเต่า จ.อุตรดิตถ์
2. สำรองจ่าย (3 แห่ง)	1. แม่สะเรียง จ.แม่ฮ่องสอน 2. ท่าสองยาง จ.ตาก 3. เกาะพะงัน จ.สุราษฎร์ธานี

ตารางที่ ข.7 กำลังผลิตติดตั้ง โครงการพลังงานหมุนเวียน เดือนกันยายน พ.ศ. 2554 [31]



ภาคผนวก ค

กฎหมายและหน่วยงานที่เกี่ยวข้องกับการจัดการขยะมูลฝอย

ตารางที่ ค.1 กฎหมายและหน่วยงานที่เกี่ยวข้องกับการจัดการขยะมูลฝอยชุมชนที่สำคัญ [18]

กฎหมาย	สาระสำคัญ	หน่วยงานที่เกี่ยวข้อง
1) รัฐธรรมนูญแห่งราชอาณาจักรไทย พ.ศ. 2550	มีสาระสำคัญที่เกี่ยวข้องกับการจัดการขยะมูลฝอย ได้แก่ • มาตรา 57 67 เกี่ยวกับการมีส่วนร่วมของประชาชนในการจัดการขยะมูลฝอย • มาตรา 290 เกี่ยวกับบทบาทและหน้าที่ขององค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นในการส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมตามที่กฎหมายบัญญัติ	• องค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น
2) พระราชบัญญัติรักษาคลองรัตนโกสินทรศก 121 (พ.ศ. 2445)	• มาตรา 6 ห้ามมิให้ผู้ใดเอา หยาก เยื่อ ฝุ่น ฝอย หรือสิ่งโสโครกเททิ้งในคลอง และห้ามมิให้เททิ้งสิ่งของดังกล่าวลงในทางน้ำ คำดูซึ่งเตือนให้คนมาลงคลองได้ โดยถ้าผู้ใดกระทำความผิดมาตรานี้ได้กำหนดบทลงโทษให้ปรับผู้ผิดไม่เกิน 20 บาท หรือจำคุกไม่เกิน 1 เดือน หรือทั้งจำและปรับ	• กรมเจ้าท่า
3) พระราชบัญญัติเทศบาล พ.ศ. 2496	• มาตรา 50, 53 และ 56 กำหนดหน้าที่ของเทศบาล ในข้อ (3) ได้แก่ การรักษาความสะอาดของถนน หรือทางเดินและที่สาธารณะ รวมทั้งการกำจัดมูลฝอยและสิ่งปฏิกูล	• เทศบาลตำบล เทศบาลเมืองและเทศบาลนครทุกแห่ง
4) กฎกระทรวง ฉบับที่ 33 (พ.ศ. 2535) ออกตามความในพระราชบัญญัติควบคุมอาคาร พ.ศ. 2522	• กำหนดให้อาคารสูงหรืออาคารขนาดใหญ่พิเศษ ต้องมีการจัดเก็บขยะมูลฝอยโดยวิธีขนลำเลียง หรือทิ้งลงปล่องทิ้งขยะมูลฝอย และต้องจัดให้มีที่เก็บขยะมูลฝอยรวม	• กรมโยธาธิการและผังเมือง
5) พระราชบัญญัติรักษาคลองประปา พ.ศ. 2526	• มาตรา 15 ห้ามมิให้ผู้ใดทิ้งซากสัตว์ ขยะมูลฝอย หรือสิ่งปฏิกูลลงในคลองประปา คลองรับน้ำ หรือคลองส่งน้ำ	• กระทรวงมหาดไทย • การประปานครหลวง • การประปาส่วนภูมิภาค
6) พระราชบัญญัติส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ พ.ศ. 2535	• กองทุนสิ่งแวดล้อม (มาตรา 22-31) เป็นมาตรการที่ใช้ส่งเสริมหรือสนับสนุนกิจกรรมหรือโครงการของรัฐและ/หรือเอกชนด้านการพิทักษ์รักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อม ตามที่กำหนดไว้ในวัตถุประสงค์ของการใช้จ่ายเงินกองทุนที่บัญญัติไว้ในมาตรา 23 • แผนจัดการคุณภาพสิ่งแวดล้อม (มาตรา 35-41) และแผนปฏิบัติการเพื่อการจัดการคุณภาพสิ่งแวดล้อมในระดับจังหวัด เป็นแผนระดับปฏิบัติการที่แปลลงมาจากนโยบายและแผนการส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ตามมาตรา 13 (1) ซึ่งแผนปฏิบัติการทั้ง 2 ฉบับ มีบทบาทต่อการบริหารจัดการขยะมูลฝอยในภาพรวมของประเทศและระดับจังหวัด • การควบคุมมลพิษและของเสียอันตราย (มาตรา 78-79) เป็นมาตรการที่สามารถนำมาใช้ในการบริหารจัดการขยะมูลฝอย เมื่อควบคุมมลพิษจากขยะมูลฝอยและของเสียอันตราย โดยรัฐบาลมีอำนาจออกกฎกระทรวงตามมาตรา 79 กำหนดชนิดและประเภทของของเสียอันตรายที่เกิดจากการผลิต การใช้สารเคมี หรือวัตถุอันตรายในกระบวนการผลิตทางอุตสาหกรรม เกษตรกรรม การสาธารณสุข และกิจการอื่นให้อยู่ในความควบคุม และกำหนดหลักเกณฑ์ มาตรการและวิธีการเพื่อควบคุมการเก็บรวบรวม การรักษาความปลอดภัย การขนส่งเคลื่อนย้าย การนำเข้ามาในราชอาณาจักร การส่งออกนอกราชอาณาจักร การจัดการบำบัดและกำจัดของเสียอันตรายดังกล่าวด้วยวิธีการที่เหมาะสม และถูกต้องตามหลักวิชาการ	• กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม • สำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม • สำนักงานกองทุนสิ่งแวดล้อม • ผู้ว่าราชการจังหวัด • กรมควบคุมมลพิษ • คณะกรรมการควบคุมมลพิษ

ตารางที่ ค.1 กฎหมายและหน่วยงานที่เกี่ยวข้องกับการจัดการขยะมูลฝอยชุมชนที่สำคัญ (ต่อ)

กฎหมาย	สาระสำคัญ	หน่วยงานที่เกี่ยวข้อง
7) พระราชบัญญัติ การสาธารณสุข พ.ศ. 2535	• กฎหมายให้อำนาจหน้าที่แก่ราชการส่วนท้องถิ่นในการจัดการด้านสิ่งแวดล้อมและการสาธารณสุข เช่น มาตรา 18-20 บัญญัติเกี่ยวกับอำนาจหน้าที่ของราชการส่วนท้องถิ่นในเรื่องการเก็บ ขน กำจัด สิ่งปฏิกูลและมูลฝอยโดยกำหนดให้ราชการส่วนท้องถิ่นมีอำนาจหน้าที่ในการกำจัดสิ่งปฏิกูลและมูลฝอย การกำหนดหลักเกณฑ์ วิธีการ และเงื่อนไขในการเก็บขนและกำจัดสิ่งปฏิกูลและมูลฝอย เพื่อให้ผู้ได้รับใบอนุญาตดำเนินกิจการรับเก็บขนหรือกำจัดสิ่งปฏิกูลหรือมูลฝอย ต้องปฏิบัติ ตลอดจนกำหนดอัตราค่าบริการขึ้นสูงตามลักษณะการให้บริการที่ผู้ได้รับอนุญาตตามมาตรา 19 จะพึงเรียกเก็บได้ • มาตรา 31-33 ให้อำนาจแก่ราชการส่วนท้องถิ่นในการควบคุมกิจการที่เป็นอันตรายต่อสุขภาพ โดยออกข้อกำหนดประเภทของกิจการที่เป็นอันตรายต่อสุขภาพ ที่จะต้องมีการควบคุมภายในท้องถิ่นนั้น ตลอดจนกำหนดหลักเกณฑ์และเงื่อนไขทั่วไปให้ผู้ดำเนินการดังกล่าว ต้องปฏิบัติ ทั้งนี้ตามกฎหมายฉบับนี้องค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นสามารถควบคุมกิจการหลากหลายประเภท ซึ่งเป็นกิจการที่ก่อให้เกิดของเสีย มลพิษ หรือมีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม ภายใต้กฎหมายนี้ การประกอบกิจการต่างๆ ที่เป็นอันตรายต่อสุขภาพจะต้องได้รับใบอนุญาตจากองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นและจ่ายค่าธรรมเนียมตามที่ส่วนราชการส่วนท้องถิ่นกำหนดเป็นจำนวนไม่เกินอัตราที่กำหนด ซึ่งรวมถึงร้านรับซื้อของเก่าด้วย • การกำหนดบทลงโทษในมาตรา 71 ว่าผู้ใดฝ่าฝืนในมาตรา 19 ซึ่งห้ามมิให้ผู้ใดดำเนินการรับทำการเก็บ ขน หรือกำจัดสิ่งปฏิกูลหรือมูลฝอย โดยทำเป็นธุรกิจหรือโดยได้รับประโยชน์ตอบแทนด้วยการคิดค่าบริการ เว้นแต่จะได้รับใบอนุญาตจากเจ้าพนักงานท้องถิ่น ต้องระวางโทษจำคุกไม่เกินหกเดือน หรือปรับไม่เกินหนึ่งหมื่นบาท หรือทั้งจำทั้งปรับ	• กระทรวงสาธารณสุข • องค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นต่างๆ
8) พระราชบัญญัติ รักษาความสะอาด และความเป็นระเบียบ เรียบร้อยของบ้านเมือง พ.ศ. 2535	• เจ้าของหรือผู้ครอบครองอาคาร หรือบริเวณของอาคารที่อยู่ติดกับทางเท้า มีหน้าที่ดูแลรักษาความสะอาดทางเท้าที่อยู่ติดกับอาคาร หรือบริเวณของอาคาร • ห้ามทิ้งสิ่งปฏิกูล มูลฝอย หรือกาก หรือกองกรวด หิน ดิน เสน กรวย หรือสิ่งอื่นใดในบริเวณที่ได้ปลูกหญ้าหรือต้นไม้ซึ่งราชการส่วนท้องถิ่น ราชการส่วนอื่นหรือรัฐวิสาหกิจเป็นเจ้าของ • ห้ามทิ้งสิ่งปฏิกูล มูลฝอยในที่สาธารณะและสถานสาธารณะ • กำหนดบทลงโทษสำหรับผู้ฝ่าฝืนตามข้างต้น ต้องระวางโทษปรับไม่เกิน 2,000 บาท	• กระทรวงมหาดไทย • องค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น
9) พระราชบัญญัติ โรงงาน พ.ศ. 2535	• ส่วนที่สำคัญเกี่ยวกับการจัดการขยะมูลฝอยทั่วไป คือ หมวด 4 การควบคุมการปล่อยของเสีย มลพิษ หรือสิ่งใดๆ ที่มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม ข้อ 13 การกำจัดขยะ สิ่งปฏิกูล และวัสดุที่ไม่ใช้ โดยต้องรักษาโรงงานให้สะอาดปราศจากขยะ และสิ่งปฏิกูลอยู่เสมอ และจัดให้มีที่รองรับ หรือที่กำจัดขยะและสิ่งปฏิกูลตามความจำเป็นและเหมาะสม	• กรมโรงงานอุตสาหกรรม • โรงงานต่างๆ

ตารางที่ ค.1 กฎหมายและหน่วยงานที่เกี่ยวข้องกับการจัดการขยะมูลฝอยชุมชนที่สำคัญ (ต่อ)

กฎหมาย	สาระสำคัญ	หน่วยงานที่เกี่ยวข้อง
10) พระราชบัญญัติ การเดินเรือในน่านน้ำไทย (ฉบับที่ 14) พ.ศ. 2535	• มาตราที่สำคัญ คือ มาตรา 119 ทวิ ห้ามมิให้ผู้ใดเท กิ่ง หรือก่อกด้วยประการใดๆ ให้น้ำขึ้นและตกมีก้นหรือสิ่งใดๆ ลงในแม่น้ำ ลำคลอง บึง อ่างเก็บน้ำ หรือทะเลสาบอันเป็นทางสัญจรของประชาชนหรือที่ประชาชนใช้ประโยชน์ร่วมกัน หรือทะเลภายในน่านน้ำไทยอันอาจจะเป็นเหตุให้เกิดเป็นพิษต่อสิ่งมีชีวิตหรือต่อสิ่งแวดล้อมหรือเป็นอันตรายต่อการเดินเรือในแม่น้ำ ลำคลอง บึง อ่างเก็บน้ำ หรือทะเลสาบดังกล่าว ผู้ใดฝ่าฝืนต้องระวางโทษจำคุกไม่เกินสามปี หรือปรับไม่เกินหกหมื่นบาท หรือทั้งจำทั้งปรับ และต้องชดเชยเงินค่าใช้จ่ายที่ต้องเสียไปในการแก้ไข ซึ่งเป็นพิษหรือชดเชยค่าเสียหายเหล่านั้นด้วย	• กรมเจ้าท่า • องค์การปกครองส่วนท้องถิ่น
11) พระราชบัญญัติ สภาตำบลและองค์การบริหาร ส่วนตำบล พ.ศ. 2537	• มาตรา 23 กำหนดหน้าที่ขององค์การบริหารส่วนตำบล ในข้อ (3) ได้แก่ การรักษาความสะอาดของถนน หรือทางเดินและที่สาธารณะ รวมทั้งการกำจัดมูลฝอยและสิ่งปฏิกูล	• องค์การบริหารส่วนตำบลทุกแห่ง
12) พระราชบัญญัติ กำหนดแผนและขั้นตอน การกระจายอำนาจ ให้แก่องค์กรปกครอง ส่วนท้องถิ่น พ.ศ. 2542	• หมวด 2 การกำหนดอำนาจและหน้าที่ในการจัดระบบการบริการสาธารณะ มาตรา 16 ให้เทศบาลเมืองพิบูลฯ และองค์การบริหารส่วนตำบล มีอำนาจและหน้าที่ในการจัดระบบการบริการสาธารณะเพื่อประโยชน์ของประชาชนในท้องถิ่นของตนเอง ในข้อ (17) การรักษาความสะอาดและความเป็นระเบียบเรียบร้อยของบ้านเมือง และ (18) การกำจัดมูลฝอย สิ่งปฏิกูล และน้ำเสีย • มาตรา 17 ให้องค์การบริหารส่วนจังหวัด มีอำนาจและหน้าที่ในการจัดระบบการบริการสาธารณะเพื่อประโยชน์ของประชาชนในท้องถิ่นของตนเอง ในข้อ (11) การกำจัดมูลฝอยและสิ่งปฏิกูลรวม และ (12) การจัดการสิ่งแวดล้อมและมลพิษต่างๆ	• กรมส่งเสริมการปกครองส่วนท้องถิ่น • องค์การปกครองส่วนท้องถิ่นต่างๆ
13) กฎกระทรวง กำหนดหลักเกณฑ์ วิธีการ และมาตรการ ในการควบคุม สถานประกอบการ ที่เป็นอันตรายต่อ สุขภาพ พ.ศ. 2545	• เป็นกฎหมายกำหนดหลักเกณฑ์สำหรับสถานประกอบการกิจการ และผู้ดำเนินกิจการต้องปฏิบัติตามเรื่องต่างๆ ได้แก่ สถานที่ตั้ง ลักษณะของอาคาร การสุขาภิบาล การอาชีวอนามัย และความปลอดภัย การควบคุมของเสีย มลพิษหรือสิ่งใดๆ ที่เกิดจากการประกอบกิจการที่เป็นอันตรายต่อสุขภาพ	• กระทรวงสาธารณสุข • องค์การปกครองส่วนท้องถิ่นต่างๆ
14) ประกาศกรม ควบคุมมลพิษ เรื่อง หลักเกณฑ์ในการ คัดเลือกพื้นที่ตั้งสถานที่ ฝังกลบกากของเสีย พ.ศ. 2552	สาระสำคัญ ได้แก่ • การกำหนดพื้นที่ที่ไม่ควรใช้เป็นสถานที่ฝังกลบกากของเสีย • การกำหนดระยะห่างของสถานที่ฝังกลบกากของเสียกับสถานที่ต่างๆ	• กรมควบคุมมลพิษ • องค์การปกครองส่วนท้องถิ่นที่ก่อสร้างสถานที่ฝังกลบ
15) ประกาศกระทรวง ทรัพยากรธรรมชาติและ สิ่งแวดล้อม เรื่อง กำหนดให้เตาเผา มูลฝอยเป็น แหล่งกำเนิดมลพิษ ที่จะต้องถูกควบคุม การปล่อยก๊าซอากาศเสีย ออกสู่บรรยากาศ พ.ศ. 2553	• แบ่งเตาเผาขยะมูลฝอยเป็น 2 ประเภท คือ เตาเผาขยะมูลฝอยที่กำจัดขยะมูลฝอยได้ตั้งแต่ 1 ตัน/วัน แต่ไม่เกิน 50 ตัน/วัน และเตาเผาขยะมูลฝอยที่กำจัดขยะมูลฝอยได้เกิน 50 ตัน/วัน • กำหนดมาตรฐานตามประกาศกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม เรื่อง กำหนดมาตรฐานควบคุมการปล่อยก๊าซอากาศเสียจากเตาเผาขยะมูลฝอย พ.ศ.2553 โดยกำหนดพารามิเตอร์ต่างๆ ได้แก่ ปริมาณฝุ่นละออง ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ก๊าซออกไซด์ของไนโตรเจนในรูปของก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ ก๊าซไฮโดรเจนคลอไรด์ สารปรอท สารแคดเมียม สารตะกั่ว สารประกอบไดออกซิน และค่าความทึบแสงโดยแยกตามขนาดของเตาเผาทั้ง 2 ประเภท	• กรมควบคุมมลพิษ • องค์การปกครองส่วนท้องถิ่นที่มีเตาเผาขยะมูลฝอย

ตารางที่ ค.2 กฎหมายและหน่วยงานที่เกี่ยวข้องกับการแปรรูปขยะมูลฝอยเป็นพลังงานที่สำคัญ [18]

กฎหมาย	สาระสำคัญ	หน่วยงานที่เกี่ยวข้อง
1) พระราชบัญญัติ การพัฒนาและส่งเสริม พลังงาน พ.ศ. 2535	สาระสำคัญ ได้แก่ การกำหนดให้พลังงานไฟฟ้าซึ่งขนาดการผลิตรวม ของแต่ละแหล่งผลิต ตั้งแต่ 200 กิโลวัตต์แอมแปร์ ขึ้นไปเป็นพลังงาน ควบคุม โดยผู้ผลิตหรือการขยายการผลิตพลังงานควบคุมจะต้องได้รับ ใบอนุญาต และกำหนดห้ามการกระทำใดๆ อันเป็นการขัดขวางต่อการ ผลิตพลังงานควบคุม หรือทำให้การผลิตพลังงานควบคุมน้อยลง โดยไม่มีเหตุอันควร ซึ่งผู้กระทำความผิดต้องระวางโทษจำคุกและปรับ	● กระทรวงพลังงาน ● การไฟฟ้าฝ่ายผลิต ● การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค ● องค์การปกครองส่วน ท้องถิ่นหรือเอกชน ที่ต้องการแปรรูปขยะ มูลฝอยเป็นพลังงาน
2) พระราชบัญญัติ กำหนดพลังงานควบคุม พ.ศ. 2536	สาระสำคัญ ได้แก่ การกำหนดให้พลังงานไฟฟ้าซึ่งขนาดการ ผลิตรวมของแต่ละแหล่งผลิตตั้งแต่ 200 กิโลวัตต์แอมแปร์ขึ้นไป เป็นพลังงานควบคุม	● กระทรวงพลังงาน ● การไฟฟ้าฝ่ายผลิต ● การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค ● องค์การปกครองส่วน ท้องถิ่นหรือเอกชน ที่ต้องการแปรรูปขยะ มูลฝอยเป็นพลังงาน
3) พระราชบัญญัติ การส่งเสริมการอนุรักษ์ พลังงาน (ฉบับที่ 2) พ.ศ. 2550	หมวด 4 มาตรา 24 การกำหนดให้จัดตั้งกองทุนเพื่อการส่งเสริม การอนุรักษ์พลังงาน ซึ่งอยู่ในความรับผิดชอบของกระทรวงพลังงาน (จากเดิม พระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ.2535 กำหนดให้อยู่ในความรับผิดชอบของกระทรวงการคลัง) โดยได้กำหนด ที่มาของเงิน วัตถุประสงค์ และรายละเอียดต่างๆ ของกองทุน	● กระทรวงพลังงาน ● คณะกรรมการ กองทุนเพื่อการ ส่งเสริมการอนุรักษ์ พลังงาน
4) พระราชบัญญัติ การประกอบกิจการ พลังงาน พ.ศ. 2550	สาระสำคัญ ได้แก่ ● การกำหนดวัตถุประสงค์ของพระราชบัญญัติฉบับนี้ข้อ (8) ว่าเพื่อส่งเสริมการใช้พลังงานหมุนเวียนในการประกอบกิจการไฟฟ้า ที่มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมน้อย ● หมวด 2 การกำหนดองค์กรต่างๆ เกี่ยวกับการกำกับดูแลการ ประกอบกิจการพลังงาน ● หมวด 3 การกำกับดูแลการประกอบกิจการพลังงาน ● หมวด 4 การคุ้มครองผู้ใช้พลังงาน โดยเฉพาะในส่วนที่ 2 กองทุนพัฒนาไฟฟ้า (มาตรา 93-97) ซึ่งมีการกำหนดให้มีการ จัดตั้งกองทุนพัฒนาไฟฟ้า แหล่งที่มาของเงินทุน การเบิกจ่ายเงิน และกิจการก็สามารถใช้จ่ายเงินกองทุนพัฒนาไฟฟ้า	● กระทรวงพลังงาน ● การไฟฟ้าฝ่ายผลิต ● การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค ● องค์การปกครองส่วน ท้องถิ่นหรือเอกชน ที่ต้องการแปรรูปขยะ มูลฝอยเป็นพลังงาน
5) ประกาศกรมพัฒนา และส่งเสริมพลังงาน เรื่อง การมีเครื่องกำเนิดไฟฟ้า อยู่ในครอบครอง	สาระสำคัญ ได้แก่ การกำหนดให้ผู้ที่มีเครื่องกำเนิดไฟฟ้าซึ่งมีกำลัง ผลิตรวมตั้งแต่ 200 กิโลวัตต์แอมแปร์ขึ้นไป อยู่ในครอบครองเพื่อ ทำการผลิตไฟฟ้า จะต้องขออนุญาตทำการผลิตพลังงานควบคุม ต่อกรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน (กรมพัฒนาพลังงานทดแทน และอนุรักษ์พลังงานในปัจจุบัน)	● กระทรวงพลังงาน ● ผู้ที่มีเครื่องกำเนิด ไฟฟ้าตั้งแต่ 200 กิโลวัตต์แอมแปร์ ขึ้นไปอยู่ในครอบครอง

ตารางที่ ค.3 กฎหมายและหน่วยงานที่เกี่ยวข้องกับการร่วมทุนระหว่างภาครัฐและเอกชนที่สำคัญ
[18]

กฎหมาย	สาระสำคัญ	หน่วยงานที่เกี่ยวข้อง
1) พระราชบัญญัติว่าด้วยการให้เอกชนเข้าร่วมงานหรือดำเนินการในกิจการของรัฐ พ.ศ. 2535	สาระสำคัญ ได้แก่ ● “โครงการ” ในพระราชบัญญัตินี้ หมายความว่า การลงทุนในกิจการของรัฐ และการลงทุนในเมืองเงินหรือทรัพย์สินตั้งแต่หนึ่งพันล้านบาทขึ้นไปหรือตามวงเงินหรือทรัพย์สินที่กำหนดเพิ่มขึ้นโดยพระราชกฤษฎีกา ● ให้หน่วยงานเจ้าของโครงการที่ประสงค์จะให้เอกชนเข้าร่วมงานหรือดำเนินการในโครงการใด เสนอผลการศึกษาและวิเคราะห์โครงการโดยละเอียดตามประเด็นหัวข้อที่สำนักงานคณะกรรมการพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติกำหนดต่อกระทรวงเจ้าสังกัด ● เหตุผลในการประกาศใช้พระราชบัญญัตินี้ คือ เนื่องจากกฎหมายว่าด้วยการให้สัมปทานหรือให้สิทธิแก่เอกชน หรือการร่วมทุนระหว่างรัฐกับเอกชนเดิมส่วนใหญ่จะกำหนดให้เป็นอำนาจการพิจารณาของบุคคลผู้เดียวหรือหน่วยงานเดียว และในเรื่องสำคัญจะกำหนดให้เป็นอำนาจของรัฐมนตรี ทำให้การพิจารณาอาจเป็นไปโดยไม่มีหลักเกณฑ์ที่แน่นอน โดยเฉพาะอย่างยิ่งการให้สัมปทาน กฎหมายไม่ได้กำหนดวิธีปฏิบัติไว้ ดังนั้น เพื่อให้มีแนวทางการปฏิบัติและใช้บังคับแก่การให้สัมปทาน หรือการร่วมงานหรือดำเนินการในกิจการของรัฐ โดยเฉพาะโครงการที่มีการลงทุนหรือมีทรัพย์สินตั้งแต่หนึ่งพันล้านบาทขึ้นไป	● กระทรวงการคลัง ● องค์การปกครองส่วนท้องถิ่นที่จะมีการดำเนินการร่วมทุนระหว่างองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นกับเอกชน ● เอกชนที่ต้องการร่วมลงทุน
2) ประกาศสำนักงานคณะกรรมการพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ เรื่อง หัวข้อในการเสนอผลการศึกษาและวิเคราะห์โครงการ (พ.ศ. 2536)	สาระสำคัญ คือ การกำหนดหัวข้อในการศึกษาและวิเคราะห์เบื้องต้นของโครงการที่เข้าข่ายตามพระราชบัญญัติว่าด้วยการให้เอกชนเข้าร่วมงานหรือดำเนินการในกิจการของรัฐ พ.ศ. 2535 ดังนี้ ● ความสอดคล้องของโครงการกับกรอบนโยบาย สภาพเศรษฐกิจและสังคม โครงการอื่นๆ ทั้งในสาขาเดียวกันและสาขาอื่นๆ และความพร้อมของหน่วยงานของรัฐที่จะเข้าร่วมงานกับเอกชน ● ความเหมาะสมของโครงการในด้านต่างๆ ได้แก่ สถานที่ตั้งโครงการ ระบบบริการพื้นฐานที่เกี่ยวข้องกับโครงการ ขั้นตอนและระยะเวลาดำเนินโครงการ ความเหมาะสมทางเทคนิค ความเหมาะสมทางการเงิน และความเหมาะสมทางเศรษฐกิจ ● ผลกระทบของโครงการ ได้แก่ ด้านสิ่งแวดล้อมและชุมชน การเมืองและความมั่นคงของประเทศ การดำเนินงานของเจ้าของโครงการระยะยาว และการปฏิบัติตามกฎหมาย ระเบียบ ข้อบังคับอื่นๆ นอกจากพระราชบัญญัติว่าด้วยการให้เอกชนเข้าร่วมงานหรือดำเนินการในกิจการของรัฐ พ.ศ.2535 ● บทบาทของเอกชน ได้แก่ เหตุผลและความจำเป็นที่ต้องให้เอกชนเข้าร่วมดำเนินการและประโยชน์ที่เจ้าของโครงการจะได้รับจากการร่วมดำเนินการ ทางเลือกและรูปแบบการร่วมดำเนินการระหว่างรัฐกับเอกชนที่เหมาะสม และเงื่อนไขของเอกชนที่ต้องการให้รัฐดำเนินการให้	● กระทรวงการคลัง ● องค์การปกครองส่วนท้องถิ่นที่จะมีการดำเนินการร่วมทุนระหว่างองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นกับเอกชน ● เอกชนที่ต้องการร่วมลงทุน
3) กฎกระทรวง (พ.ศ. 2537) ออกตามความในพระราชบัญญัติว่าด้วยการให้เอกชนเข้าร่วมงานหรือดำเนินการในกิจการของรัฐ พ.ศ. 2535	สาระสำคัญ ได้แก่ ● กำหนดรายละเอียดที่ต้องระบุในประกาศเชิญชวนให้เอกชนเข้าร่วมงานหรือดำเนินการในกิจการของรัฐ ● กำหนดรายละเอียดที่ต้องมีในเอกสารประกอบการจัดทำข้อเสนอ	● กระทรวงการคลัง ● องค์การปกครองส่วนท้องถิ่นที่จะมีการดำเนินการร่วมทุนระหว่างองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นกับเอกชน ● เอกชนที่ต้องการร่วมลงทุน

ตารางที่ ค.3 กฎหมายและหน่วยงานที่เกี่ยวข้องกับการร่วมทุนระหว่างภาครัฐและเอกชนที่สำคัญ
(ต่อ)

กฎหมาย	สาระสำคัญ	หน่วยงานที่เกี่ยวข้อง
4) กฎกระทรวง ฉบับที่ 2 (พ.ศ. 2545) ออกตามความในพระราชบัญญัติว่าด้วยการให้เอกชนเข้าร่วมงานหรือดำเนินการในกิจการของรัฐ พ.ศ. 2535	สาระสำคัญ ได้แก่ การเปลี่ยนแปลงกำหนดระยะเวลาสำหรับการเปิดประกาศเชิญชวน การให้เอกชนยื่นเอกสารแสดงคุณสมบัติเพื่อเข้ารับการคัดเลือก และการส่งสำเนาประกาศเชิญชวนให้แก่ผู้ผ่านการคัดเลือกคุณสมบัติเบื้องต้น เพื่อให้ผู้ที่เข้าร่วมงานหรือดำเนินการกับหน่วยงานเจ้าของโครงการทราบ	- กระทรวงการคลัง - องค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น ที่มีการดำเนินการร่วมทุนระหว่างองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นกับเอกชน - เอกชนที่ต้องการร่วมลงทุน
5) ประกาศกระทรวงการคลัง เรื่อง กำหนดคุณสมบัติของที่ปรึกษาโครงการที่จะให้เอกชนเข้าร่วมหรือดำเนินการในกิจการของรัฐ (พ.ศ. 2537)	สาระสำคัญ ได้แก่ การกำหนดคุณสมบัติและรายละเอียดของที่ปรึกษาโครงการที่เอกชนเข้าร่วมหรือดำเนินการในกิจการของรัฐที่หน่วยงานเจ้าของโครงการจะจัดจ้าง	- กระทรวงการคลัง - องค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น ที่มีการดำเนินการร่วมทุนระหว่างองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นกับเอกชน - เอกชนที่ต้องการร่วมลงทุน - เอกชนที่จะเสนอตัวเป็นที่ปรึกษาให้กับองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น
6) ระเบียบสำนักนายกรัฐมนตรีว่าด้วยการพิสดาร พ.ศ. 2535 และที่แก้ไขเพิ่มเติม ฉบับที่ 2 พ.ศ. 2538 ฉบับที่ 3 พ.ศ. 2539 (แก้ไข) ฉบับที่ 4 พ.ศ. 2541	สาระสำคัญ ได้แก่ - หมวด 1 ข้อความทั่วไป ส่วนที่ 1 นิยาม โดยมีนิยามของคำว่า "การพิสดาร" หมายความว่า การจัดทำเอง การซื้อ การจ้าง การจ้างที่ปรึกษา การจ้างออกแบบและควบคุมงาน การแลกเปลี่ยน การเช่า การควบคุม การจำหน่าย และการดำเนินการอื่นๆ ที่กำหนดไว้ในระเบียบนี้ และนิยามของคำอื่นๆ เช่น พิสด การซื้อ การจ้าง การจ้างที่ปรึกษา การจ้างออกแบบและควบคุมงาน เงินงบประมาณ เป็นต้น - ระเบียบนี้ใช้บังคับแก่ส่วนราชการ ซึ่งดำเนินการเกี่ยวกับการพิสดาร โดยใช้เงินงบประมาณ เงินกู้ และเงินช่วยเหลือ - มีการกำหนดบทลงโทษสำหรับผู้มีอำนาจหรือหน้าที่ดำเนินการตามระเบียบนี้ หรือผู้หนึ่งผู้ใด กระทำการใดโดยจงใจหรือประมาทเลินเล่อไม่ปฏิบัติตามระเบียบนี้หรือกระทำการโดยมีเจตนาทุจริตหรือกระทำการโดยปราศจากอำนาจ หรือนอกเหนืออำนาจหน้าที่ รวมทั้งมีพฤติกรรมที่เอื้ออำนวยการแก่ผู้เข้าเสนอราคาหรือเสนองานให้มีการขัดขวางการแข่งขันราคาอย่างเป็นธรรม ถือว่าผู้นั้นกระทำความผิดวินัยตามกฎหมายว่าด้วยระเบียบข้าราชการหรือตามกฎหมายเฉพาะของส่วนราชการนั้น โดยมีการกำหนดบทลงโทษทั้งปลดออกจากราชการ ตัดเงินเดือน ภาคทัณฑ์หรือว่ากล่าวตักเตือน - กำหนดให้เพื่อเป็นการเปิดโอกาสให้มีการแข่งขันกันอย่างเป็นธรรม ให้ผู้เสนอราคาหรือผู้เสนองานที่เป็นผู้เสนอราคาที่มีผลประโยชน์ร่วมกันแต่เพียงรายเดียวเท่านั้นมีสิทธิที่จะเสนอราคาหรือเสนองานในการซื้อหรือการจ้างทำพิสดาร การจ้างที่ปรึกษา หรือการจ้างออกแบบและควบคุมงานของทางราชการในแต่ละครั้ง โดยให้เจ้าหน้าที่ที่มีหน้าที่ตรวจสอบคุณสมบัติ ดำเนินการตรวจสอบคุณสมบัติของผู้เสนอราคาหรือผู้เสนองานแต่ละรายว่าเป็นผู้เสนอราคาที่มีผลประโยชน์ร่วมกันหรือไม่ ก่อนการเปิดซองซองราคาประกวดราคา หรือเสนองาน แล้วแต่กรณี - การซื้อหรือการจ้างกระทำได้ 5 วิธี คือ วิธีตกลงราคา วิธีสอบราคา วิธีประกวดราคา วิธีพิเศษ วิธีกรณีพิเศษ โดยแต่ละวิธีมีข้อกำหนดในการซื้อและการจ้างแตกต่างกันไป - การจัดหา แบ่งออกเป็น การซื้อ การจ้าง การจ้างที่ปรึกษา การจ้างออกแบบและควบคุมงาน การแลกเปลี่ยน การเช่า แต่ละวิธีจะมีรายละเอียดของการจัดหาแตกต่างกันออกไป	- หน่วยงานราชการ ที่มีการจัดซื้อจัดจ้างต่างๆ - หน่วยงานภาคเอกชน ที่ต้องการร่วมลงทุน เอกชนที่จะเสนอตัวเป็นที่ปรึกษาและรับจ้างให้กับหน่วยงานราชการ

ตารางที่ ค.3 กฎหมายและหน่วยงานที่เกี่ยวข้องกับการร่วมทุนระหว่างภาครัฐและเอกชนที่สำคัญ
(ต่อ)

กฎหมาย	สาระสำคัญ	หน่วยงานที่เกี่ยวข้อง
7) ระเบียบ กระทรวงมหาดไทย ว่าด้วยการพิสด ของหน่วยการบริหาร ราชการส่วนท้องถิ่น พ.ศ. 2535 และที่ แก้ไขเพิ่มเติม ฉบับที่ 2 พ.ศ. 2539 ฉบับที่ 3 - 5 พ.ศ. 2541 ฉบับที่ 6 พ.ศ. 2543 ฉบับที่ 7 พ.ศ. 2545 ฉบับที่ 8 พ.ศ. 2547 และฉบับที่ 9 พ.ศ. 2553	สาระสำคัญ ได้แก่ ● หมวด 1 ชื่อความทั่วไป ส่วนที่ 1 นิยาม โดยมีนิยามของคำว่า "การพิสด" หมายความว่า การจัดทำเอง การซื้อ การจ้าง การจ้างที่ปรึกษาการจ้างออกแบบและควบคุมงาน การแลกเปลี่ยน การเช่า การควบคุม การจำหน่าย และการดำเนินการอื่นๆ ที่กำหนดไว้ในระเบียบนี้ และนิยามของคำอื่นๆ เช่น พิสด การซื้อ การจ้าง การจ้างที่ปรึกษา การจ้างออกแบบและควบคุมงาน เงินงบประมาณ เป็นต้น ● ระเบียบนี้ใช้บังคับแก่หน่วยการบริหารราชการส่วนท้องถิ่น ซึ่งดำเนินการเกี่ยวกับการพิสดโดยใช้เงินงบประมาณ เงินกู้ เงินช่วยเหลือ เงินนอกงบประมาณ เงินยืมเงินสะสม เว้นแต่ได้มีการกำหนดไว้เป็นอย่างอื่น ● มีการกำหนดบทลงโทษสำหรับผู้มีอำนาจหรือหน้าที่ดำเนินการตามระเบียบนี้หรือผู้หนึ่งผู้ใด กระทำการโดยจงใจหรือประมาทเลินเล่อ ไม่ปฏิบัติตามระเบียบนี้หรือกระทำการโดยมีเจตนาทุจริต หรือกระทำการโดยปราศจากอำนาจหรือนอกเหนืออำนาจหน้าที่ รวมทั้งมีพฤติกรรมที่เอื้ออำนวยแก่ผู้ขายเสนอราคาหรือเสนองานให้มีการขัดขวางการแข่งขันราคาอย่างเป็นธรรม ถือว่าผู้นั้นกระทำความผิดตามกฎหมายหรือระเบียบหรือคำสั่ง ซึ่งสามารถใช้บังคับแก่ผู้นั้นแล้วแต่กรณี และในกรณีของข้าราชการส่วนท้องถิ่นให้พิจารณาดำเนินการทางวินัยตามกฎหมายและระเบียบที่เกี่ยวข้องด้วย ● กำหนดให้เพื่อเป็นการเปิดโอกาสให้มีการแข่งขันกันอย่างเป็นธรรม ให้ผู้เสนอราคาหรือผู้เสนองานที่เป็นผู้เสนอราคาที่มีผลประโยชน์ร่วมกัน แต่เพียงรายเดียวเท่านั้นมีสิทธิที่จะเสนอราคาหรือเสนองานในการซื้อหรือการจ้างทำพิสด การจ้างที่ปรึกษา หรือการจ้างออกแบบและควบคุมงานของหน่วยการบริหารราชการส่วนท้องถิ่นในแต่ละครั้ง โดยให้เจ้าหน้าที่ที่มีหน้าที่ตรวจสอบคุณสมบัติ ดำเนินการตรวจสอบคุณสมบัติของผู้เสนอราคาหรือผู้เสนองานแต่ละรายว่าเป็นผู้เสนอราคาที่มีผลประโยชน์ร่วมกันหรือไม่ ก่อนการเปิดซองซองราคา ประกวดราคา หรือเสนองาน แล้วแต่กรณี ● การซื้อหรือการจ้างกระทำได้ 5 วิธี คือ วิธีตกลงราคา วิธีสอบราคา วิธีประกวดราคา วิธีพิเศษ วิธีกรณีพิเศษ โดยแต่ละวิธีมีข้อกำหนดในการซื้อและการจ้างแตกต่างกันไป ● การจัดหา แบ่งออกเป็น การซื้อ การจ้าง การจ้างที่ปรึกษา การจ้างออกแบบและควบคุมงาน การแลกเปลี่ยน การเช่า แต่ละวิธีจะมีรายละเอียดของการจัดหาแตกต่างกันออกไป	● องค์การปกครองส่วนท้องถิ่นที่จะมีการจัดซื้อจัดจ้างต่างๆ ● หน่วยงานภาคเอกชนที่ต้องการร่วมลงทุนเอกชนที่จะเสนอตัวเป็นที่ปรึกษาและรับจ้างให้กับองค์การปกครองส่วนท้องถิ่น

ภาคผนวก ง

ข้อมูลประกอบของโครงการเตาเผาขยะมูลฝอยชุมชนและผลิตพลังงาน
ของเทศบาลนครภูเก็ต

ตารางที่ ง.1 ข้อมูลการเก็บรวบรวมและขนส่งขยะขององค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น [57]

อปท. ท้องถิ่น	หน่วยงานที่รับผิดชอบเก็บขน (เก็บตนเอง/เอกชนเก็บขน)	สถานที่กำจัดขยะ (ระบุสถานที่และวิธีการกำจัด)
1. อบต.สาकु	เก็บตนเอง	ศูนย์กำจัดขยะรวม จ.ภูเก็ต (เผาและฝังกลบ)
2. อบต.เกาะแก้ว	เก็บตนเอง	ศูนย์กำจัดขยะรวม จ.ภูเก็ต (เผาและฝังกลบ)
3. อบต.ศรีสุนทร	เก็บตนเอง	ศูนย์กำจัดขยะรวม จ.ภูเก็ต (เผาและฝังกลบ)
4. อบต.ไม้ขาว	เก็บตนเอง	ศูนย์กำจัดขยะรวม จ.ภูเก็ต (เผาและฝังกลบ)
5. อบต.ป่าคลอก	เก็บตนเอง	ศูนย์กำจัดขยะรวม จ.ภูเก็ต (เผาและฝังกลบ)
6. อบต.เทพ- กระษัตรี	เก็บตนเอง	ศูนย์กำจัดขยะรวม จ.ภูเก็ต (เผาและฝังกลบ)
7. อบจ.ภูเก็ต	เก็บตนเอง	ศูนย์กำจัดขยะรวม จ.ภูเก็ต (เผาและฝังกลบ)
8. ทน.ภูเก็ต	เก็บตนเอง	ศูนย์กำจัดขยะรวม จ.ภูเก็ต (เผาและฝังกลบ)
9. ทม.ป่าตอง	เก็บตนเอง	ศูนย์กำจัดขยะรวม จ.ภูเก็ต (เผาและฝังกลบ)
10. ทด.กะทู้	เก็บตนเอง	ศูนย์กำจัดขยะรวม จ.ภูเก็ต (เผาและฝังกลบ)
11. อบต.ราไวย์	เก็บตนเอง	ศูนย์กำจัดขยะรวม จ.ภูเก็ต (เผาและฝังกลบ)
12. ทด.เทพ- กระษัตรี	เก็บตนเอง	ศูนย์กำจัดขยะรวม จ.ภูเก็ต (เผาและฝังกลบ)
13. ทด.กะรน	เก็บตนเอง	ศูนย์กำจัดขยะรวม จ.ภูเก็ต (เผาและฝังกลบ)
14. ทด.เชิงทะเล	เก็บตนเอง	ศูนย์กำจัดขยะรวม จ.ภูเก็ต (เผาและฝังกลบ)
15. อบต.วิชิต	เก็บตนเอง	ศูนย์กำจัดขยะรวม จ.ภูเก็ต (เผาและฝังกลบ)
16. อบต.รัชฎา	เอกชน	ศูนย์กำจัดขยะรวม จ.ภูเก็ต (เผาและฝังกลบ)
17. อบต.กมลา	เอกชน	ศูนย์กำจัดขยะรวม จ.ภูเก็ต (เผาและฝังกลบ)
18. อบต.ฉลอง	เอกชน	ศูนย์กำจัดขยะรวม จ.ภูเก็ต (เผาและฝังกลบ)
19. อบต.เชิงทะเล	เอกชน	ศูนย์กำจัดขยะรวม จ.ภูเก็ต (เผาและฝังกลบ)

ตารางที่ ง.2 ปริมาณขยะมูลฝอยที่เก็บขนและส่งกำจัดที่เทศบาลนครภูเก็ต ปี พ.ศ. 2550 – พ.ศ. 2554
[57]

ลำดับ	หน่วยงาน	ปี 2550	ปี 2551	ปี 2552	ปี 2553	ปี 2554
		16 กย.49-15 กย.50	16 กย.50-15 กย.51	16 กย.51-15 กย.52	16 กย.52-15 กย.53	16 กย.53-15 กย.54
1	ทน.ภูเก็ต	41,560.92	42,309.01	41,425.21	40,570.54	40,003.22
2	ทม.ป่าตอง	29,856.80	32,320.19	29,655.76	31,519.06	34,379.67
3	ทต.กะรน	13,133.17	13,719.23	12,536.83	13,073.25	13,400.40
4	ทต.กะทู้	9,060.06	10,846.27	11,145.86	11,201.14	11,236.83
5	ทต.เชิงทะเล	2,085.37	2,429.07	2,433.41	2,388.65	2,354.95
6	ทต.เทพกระษัตรี	2,236.14	2,230.71	2,295.37	2,209.89	2,309.24
7	อบต.ฉลอง	7,624.85	7,897.24	8,734.77	9,071.13	9,718.47
8	อบต.วิชิต	15,721.86	15,643.76	16,250.70	16,582.02	17,498.66
9	อบต.รัษฎา	12,948.68	15,037.48	12,068.87	16,461.15	17,768.86
10	อบต.ราไวย์	6,348.30	7,062.35	7,132.98	7,399.69	8,492.02
11	อบต.กมลา	2,657.69	2,636.09	2,589.45	2,618.91	2,578.52
12	อบต.เกาะแก้ว	3,349.98	2,909.48	2,352.16	2,396.82	3,569.73
13	อบต.เชิงทะเล	10,539.17	8,616.12	4,083.65	4,213.94	4,204.13
14	อบต.สาคร	1,807.17	1,910.11	2,228.21	2,304.63	1,724.31
15	อบต.เทพฯ	2,114.73	2,259.31	2,337.26	2,425.10	2,785.22
16	อบต.ศรีสุนทร	4,171.65	4,659.94	6,230.29	6,150.77	6,174.07
17	อบต.ไม้ขาว	2,576.35	2,861.95	2,678.69	2,492.95	2,533.01
18	อบจ.	322.29	390.64	357.52	415.53	405.35
20	อบต.ป่าคลอก	1,599.52	1,318.50	1,679.34	1,802.70	2,106.12
21	เอกชน	13,598.74	8,664.09	14,518.66	9,432.68	7,985.45
22	อื่นๆ	4,014.19	7,601.75	6,933.89	7,308.25	9,001.37
	รวม/ตัน	187,327.63	193,323.29	189,668.84	192,038.76	200,229.55
	เฉลี่ย ตัน/วัน	513.23	529.65	519.64	526.13	548.57

หมายเหตุ: ทน. = เทศบาลนคร ทม. = เทศบาลเมือง ทต. = เทศบาลตำบล

อบจ. = องค์การบริหารส่วนจังหวัด อบต. = องค์การบริหารส่วนตำบล

ที่มา: สำนักงานเครื่องจักรกลกลุ่มงานสิ่งแวดล้อม

ผลการตรวจวัดคุณภาพอากาศที่ระบายออกจากปล่องเตาเผาขยะ

โครงการ	ตรวจวัดสิ่งแวดล้อมโรงเตาเผาขยะมูลฝอย	โดย	บริษัท บีเทค มิตรู คอร์ปอเรชั่น จำกัด :
	เทศบาลนครภูเก็ต		จังหวัดภูเก็ต
จัดทำรายงานโดย	บริษัท ซีวีดีและสิ่งแวดล้อม จำกัด		
วันที่ตรวจวัด	26 พฤษภาคม 2554		
วันที่วิเคราะห์	มิถุนายน 2554		
วิธีการ	1. TSP ใช้ US EPA Method #5 และ Electronic Balance Model 40SM-200A S/N 40294 2. SO ₂ และ NO _x ใช้ US EPA Method 6, 7 และ Titration 3. CO used US EPA Method #10 and Test Gas Report SKE9327 Model Testo 300M S/N 00490731/101 4. HCl ใช้ US EPA Method #26 และ Ion Selective Electrode 5. Hg ใช้ US EPA Method #29 และ AAS (AA-680 Shimadzu S/N A31132021084) 6. Dioxin ใช้ US EPA Method#23 และ DIN 38414 S 24 7. ความทึบแสง (Opacity) ใช้ Rinklemann's Method		
เวลาขณะเก็บตัวอย่าง	12.15-20.20 น.		
ข้อมูลเชื้อเพลิง			
- ชนิดของเชื้อเพลิง	ขยะทั่วไป		
- อัตราการใช้เชื้อเพลิง	250 Ton/day		
ข้อมูลลักษณะของปล่อง			
- ความสูงของปล่อง	60	m	
- เส้นผ่าศูนย์กลางของปล่อง ณ จุดตรวจวัด	150	cm	
- อุณหภูมิภายในปล่อง (Ts)	119	°C (392 °K)	
- อุณหภูมิที่ Dry Gas (Tm)	33	°C (306 °K)	
- ความดันบรรยากาศ	754.0	mm Hg	
- ความเร็วของก๊าซภายในปล่อง	17.28	m/sec	
- ปริมาตรอากาศ	1833.53	m ³ /min	
- ปริมาตรอากาศที่ NTP	1388.11	Nm ³ /min	
- ร้อยละของออกซิเจน	13.2	%	
- ความทึบแสง (Opacity)	1.71	%	
- พิกัด UTM	47N0433297, UTM0869146		

รองปลัดกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม



บริษัท ซีวีดีและสิ่งแวดล้อม จำกัด
BIFE & ENVIRONMENT CO., LTD.

ดัชนีคุณภาพอากาศ	หน่วย	ค่าความเข้มข้น ⁽⁴⁾		ค่ามาตรฐาน ⁽⁷⁾
		%Actual O ₂ 13.2 % ⁽⁵⁾	%O ₂ ที่ 7% มาตรฐาน ⁽⁶⁾	
TSP	mg/m ³	56.8679	102.0706	120 mg/m ³
SO ₂	ppm	8.86	15.90	30 ppm
NO _x	ppm	24.50	43.97	180 ppm
CO	ppm	42.00	75.38	-
HCl	ppm	1.35	2.42	25 ppm
Hg	mg/m ³	0.0030	0.0054	-
Total Dioxin (Mass)	ng/Nm ³	4.5260	8.1236	30 ng/Nm ³
Dioxins and Furans (TEQ)	ngTEQ/Nm ³	0.1096	0.1967	-

หมายเหตุ : ⁽⁴⁾ ค่าความเข้มข้นมลพิษที่สภาวะอากาศแห้ง ความดันมาตรฐาน 760 มิลลิเมตรปรอท

อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส

⁽⁵⁾ ค่าความเข้มข้นของมลพิษขณะตรวจวัด

⁽⁶⁾ ค่าความเข้มข้นของมลพิษที่ปรับตามค่ามาตรฐานที่กำหนด

⁽⁷⁾ ประกาศกระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม เรื่อง กำหนดมาตรฐานควบคุมการปล่อยทิ้ง
อากาศเสียจากเตาเผามูลฝอย ในราชกิจจานุเบกษา หน้า 11 เล่ม 114 ตอนที่ 63 ง วันที่ 7 สิงหาคม 2540

ชื่อผู้ควบคุม/ตรวจสอบ

นางสาวธัญญลักษณ์ กรีพานิช

เลขที่ทะเบียน ๑-049-ค-704

ชื่อบริษัทผู้ตรวจวัดและวิเคราะห์ตัวอย่าง

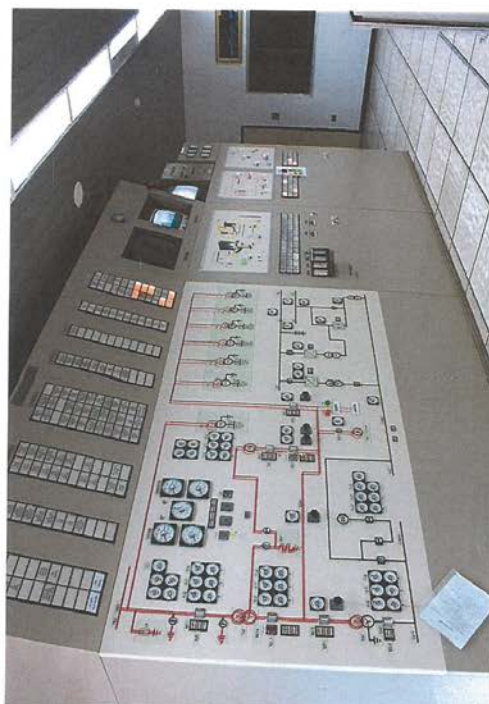
บริษัท ซีวีทีและสิ่งแวดล้อม จำกัด

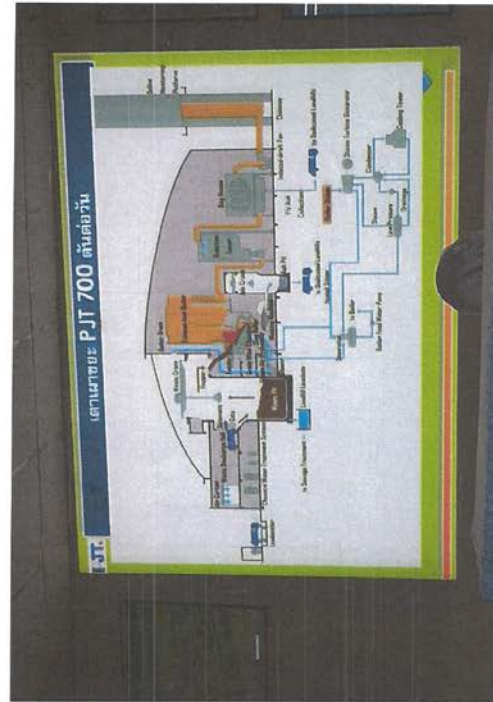
**โครงการบริหารจัดการศูนย์กำจัดขยะ
จังหวัดภูเก็ต**

- ก่อสร้างปรับปรุงเตาเผายขยะ ขนาด 250 ตัน/วัน (เตาเผาเดิม) งบประมาณ 530,000,000 บาท
- ปรับปรุงพื้นที่พื้นที่บ่อฝังกลบขยะ งบประมาณ 89,000,000 บาท
- ติดตั้งระบบปรับปรุงคุณภาพขยะก่อนเข้ากระบวนการเผา งบประมาณ 295,000,000 บาท

รวมงบประมาณ 914,000,000 บาท

รองรับขยะได้มากกว่า 15 ปี





ประวัติผู้วิจัย

ชื่อ-สกุล	นางสาวณัฐริดา ตันตีสังวรารากร
วัน เดือน ปีเกิด	12 มิถุนายน พ.ศ. 2531
ประวัติการศึกษา	
ระดับมัธยมศึกษา	โรงเรียนจุฬาภรณราชวิทยาลัย เพชรบุรี (แผนวิทย์-คณิต) พ.ศ. 2548
ระดับปริญญาตรี	วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี พ.ศ. 2552
ระดับปริญญาโท	วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการจัดการพลังงาน สาขาวิชาเทคโนโลยีการจัดการพลังงาน คณะพลังงานสิ่งแวดล้อมและวัสดุ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี พ.ศ. 2555
ผลงานที่ได้รับการตีพิมพ์	ณัฐริดา ตันตีสังวรารากร, จุลละพงษ์ จุลละโพธิ และศศิธร พุทธวงษ์ 2556, “การศึกษามลพิษจากการเผาขยะมูลฝอยชุมชนเป็นพลังงาน”, การประชุมวิชาการระดับชาติมหาวิทยาลัยราชภัฏกลุ่มศรีอยุธยา, ครั้งที่ 3, 14-15 กุมภาพันธ์ 2556, มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์, จังหวัดปทุมธานี