T-VER-P-TOOL-02-03

การคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากสถานที่กำจัดขยะมูลฝอย

(Tool to calculate Emissions from Solid Waste Disposal Sites)

ฉบับที่ 01

มีผลบังคับใช้ตั้งแต่วันที่ 1 มีนาคม 2566

1. บทนำ

เอกสารฉบับนี้เป็นเครื่องมือการคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากสถานที่กำจัดขยะมูลฝอย รวมถึงการระบุวิธีการ/แหล่งข้อมูลของพารามิเตอร์ที่ต้องติดตามผล

2. คำนิยามที่เกี่ยวข้อง

- **สถานที่กำจัดขยะมูลฝอยที่มีการจัดการ (Managed SWDS)** หมายถึงสถานที่กำจัดขยะมูลฝอยที่มีการบริหารจัดการของเสีย (เช่น ของเสียที่ส่งตรงไปยังพื้นที่สะสม ระดับของการควบคุมการไล่ขยะ และระดับของการควบคุมไฟ) รวมถึงวัสดุปิดคลุม หรือ การบดอัดทางกล หรือ การปรับระดับของเสีย ในเครื่องมือนี้ สถานที่กำจัดขยะมูลฝอยที่ไม่ตรงตาม คำจำกัดความนี้จะถือเป็นสถานที่กำจัดขยะมูลฝอยที่ไม่มีการจัดการ

- **ขยะมูลฝอยชุมชน (Municipal solid waste : MSW)** หมายถึงมูลฝอยตามกฎหมายว่าการสาธารณสุข[1] โดยไม่รวมมูลฝอยติดเชื้อ มูลฝอยที่เป็นพิษหรืออันตรายจากชุมชน ของเสียอันตรายจากชุมชน และของเสียจากโรงงานอุตสาหกรรม

- **ของเสียเหลือทิ้ง (Residual waste)** หมายถึง ขยะมูลฝอยที่มีคุณสมบัติเป็นเนื้อเดียวกันเป็นส่วนใหญ่ ซึ่งรวมถึงวัสดุอื่นๆ ที่เหลืออยู่หลังจากบำบัดของเสียแล้ว เช่น ขยะมูลฝอยที่ถูกย่อยสลายและปุ๋ยหมักแบบไม่ใช้ออกซิเจน และชีวมวลเหลือทิ้ง (ผลพลอยได้จากกระบวนการผลิตของเสียจากการเกษตร ป่าไม้ และอุตสาหกรรมที่เกี่ยวข้อง)

- **ขยะมูลฝอย (Solid waste)** หมายถึง ขยะเหลือทิ้งและไม่ละลายน้ำ (รวมถึงก๊าซหรือของเหลวในกระป๋องหรือภาชนะ) ขยะอันตรายไม่รวมอยู่ในคำจำกัดความของขยะมูลฝอยขยะมูลฝอยอาจรวมถึงของเสียเหลือทิ้ง

- **สถานที่กำจัดขยะมูลฝอย (Solid waste disposal site : SWDS)** หมายถึง พื้นที่ที่กำหนดเป็นที่เก็บขยะมูลฝอยขั้นสุดท้าย รวมถึงกองขยะมูลฝอย ซึ่งมีเงื่อนไขดังนี้

  1) อัตราส่วนปริมาตรต่อพื้นที่ผิวมากกว่าหรือเท่ากับ 1.5 หรือ
  2) ผ่านการประเมินจากผู้ประเมินภายนอกภาคสมัครใจ (Validation and Verification Body หรือ VVB)

[1] มูลฝอยตามกฎหมายว่าด้วยการสาธารณสุข พ.ศ 2535 หมายถึงเศษกระดาษ เศษผ้า เศษอาหาร เศษสินค้า ถุง พลาสติก ภาชนะที่ใส่อาหาร เถ้า มูลสัตว์ หรือซากสัตว์ รวมตลอดถึงสิ่งอื่นใดที่เก็บกวาดจากถนน ตลาด ที่เลี้ยงสัตว์หรือที่อื่น

- **กองขยะมูลฝอย (Stockpile)** หมายถึง กองขยะมูลฝอย (ไม่ฝังดิน) ซึ่งกองขยะมูลฝอยที่มีอัตราส่วนพื้นที่ผิวน้อยกว่าหรือเท่ากับ 1.5 ไม่รับประกันสภาวะไร้อากาศ เนื่องจากของเสียอาจสัมผัสกับอากาศที่สูงขึ้น

3. ลักษณะของกิจกรรมที่เข้าข่าย และเงื่อนไขการนำไปใช้

เครื่องมือนี้มีขั้นตอนในการคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกรณีฐาน การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการดำเนินโครงการ หรือการปล่อยก๊าซมีเทนจากการกำจัดขยะมูลฝอยหรือจากการกำจัดที่สถานที่กำจัดขยะมูลฝอย โดยมีเงื่อนไขดังนี้

ทางเลือกที่ 1 เป็นกิจกรรมโครงการที่สนับสนุนการลดการปล่อยก๊าซมีเทนจากสถานที่กำจัดขยะมูลฝอย โดยลดการปล่อยก๊าซมีเทนด้วยการดักจับและเผาทำลาย หรือการนำก๊าซมีเทนไปใช้ประโยชน์ ซึ่งก๊าซมีเทนเกิดขึ้นจากของเสียที่ถูกกำจัดในอดีต รวมถึงก่อนเริ่มกิจกรรมโครงการ ในกรณีเหล่านี้ เครื่องมือนี้ใช้สำหรับการประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกก่อนล่วงหน้าในเอกสารการออกแบบโครงการ (PDD) เท่านั้น จากนั้นจะมีการตรวจสอบการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในช่วงระยะเวลาการให้เครดิตโดยใช้แนวทางที่เกี่ยวข้องในวิธีการที่เกี่ยวข้อง (เช่น การวัดปริมาณก๊าซมีเทนที่ดักจับได้จากสถานที่กำจัดขยะมูลฝอย)

ทางเลือกที่ 2 เป็นกิจกรรมโครงการที่หลีกเลี่ยงหรือเกี่ยวข้องกับการกำจัดของเสียที่ SWDS ตัวอย่างของการประยุกต์ใช้เครื่องมือนี้ เช่น การบำบัดขยะมูลฝอยชุมชนด้วยกระบวนการทางเลือกอื่น ๆ เช่น การผลิตปุ๋ยหมักหรือการย่อยสลายแบบไม่ใช้ออกซิเจน โดยไม่ได้ถูกกำจัดในสถานที่กำจัดขยะมูลฝอย ซึ่งก๊าซมีเทนเกิดขึ้นจากของเสียที่ถูกกำจัดหรือหลีกเลี่ยงจากการกำจัดในช่วงระยะเวลาการให้เครดิต ในกรณีเหล่านี้ เครื่องมือนี้สามารถใช้ได้กับทั้งการประมาณการล่วงหน้าและก่อนการปล่อยก๊าซเรือนกระจก กิจกรรมโครงการเหล่านี้อาจใช้แนวทางแบบง่ายซึ่งมีรายละเอียดเป็น 0 เมื่อคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกรณีฐาน

4. การคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก

การคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกการคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากสถานที่กำจัดขยะมูลฝอย ซึ่งเป็นการกำหนดพารามิเตอร์ที่ใช้คำนวณต่อไปนี้

พารามิเตอร์	หน่วย	อธิบาย
$BE_{CH4,SWDS,y}$ $PE_{CH4,SWDS,y}$ $LE_{CH4,SWDS,y}$	tCO_2e/yr	การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกรณีฐาน จากการดำเนินโครงการ หรือนอกขอบเขต ในปี y ที่เกิดจากการกำจัดของเสียที่สถานที่กำจัดขยะมูลฝอย ในช่วงเวลา 12 เดือนติดต่อกัน)
$BE_{CH4,SWDS,m}$ $PE_{CH4,SWDS,m}$ $LE_{CH4,SWDS,m}$	tCO_2e/m	การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกรณีฐาน จากการดำเนินโครงการ หรือนอกขอบเขตในเดือน m ที่เกิดจากการกำจัดของเสียที่สถานที่กำจัดขยะมูลฝอย ในช่วงเวลาสิ้นสุดในเดือน m

4.1 กิจกรรมที่พิจารณาการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการดำเนินโครงการ

ประเภท	กิจกรรม
สถานที่กำจัดขยะมูลฝอย	การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากปล่อยก๊าซมีเทนการกำจัดขยะมูลฝอยที่สถานที่กำจัดขยะมูลฝอย

4.2 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากสถานที่กำจัดขยะมูลฝอย

4.2.1 การคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากสถานที่กำจัดขยะมูลฝอยอย่างง่าย

การคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากสถานที่กำจัดขยะมูลฝอยและการกำหนดแบบจำลอง FOD อย่างง่าย สามารถดำเนินการได้โดยมีเงื่อนไขดังนี้

1) สำหรับทางเลือกที่ 2 เฉพาะที่เกี่ยวข้องกับขยะมูลฝอยในเขตเทศบาลเท่านั้น ผู้เสนอโครงการอาจใช้แนวทางอย่างง่ายสำหรับการคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกกรณีฐาน โดยมี 2 กรณีดังนี้

1.1) กรณีที่ 1 ไม่มีการตรวจวัดองค์ประกอบของของเสีย โดยคุณสมบัติของขยะและเขตภูมิอากาศจะใช้เป็นค่าเริ่มต้น ซึ่งช่วยลดภาระของผู้เสนอโครงการในการวิเคราะห์องค์ประกอบของของเสีย

1.2) กรณีที่ 2 ลดการตรวจวัดองค์ประกอบของของเสีย โดยผู้เสนอโครงการอาจตรวจวัดเศษส่วนน้ำหนักเปียกทั้งหมดของขยะอินทรีย์ ($W_{org,y}$) ได้แก่ ไม้ กระดาษ เศษอาหาร สิ่งทอ และขยะจากสวนทดแทนการตรวจวัดองค์ประกอบของขยะตามประเภทของขยะ j

ทั้งนี้การคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากสถานที่กำจัดขยะมูลฝอยอย่างง่ายมีรายละเอียดตามภาคผนวก

4.2.2 การคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากสถานที่กำจัดขยะมูลฝอย

การคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากสถานที่กำจัดขยะมูลฝอย มีแนวทางดังนี้

1) ปริมาณก๊าซมีเทนที่เกิดจากการกำจัดของเสียที่ SWDS คำนวณจากแบบจำลองการสลายตัวลำดับแรก (FOD)[2] โดยแบบจำลองจะแยกความแตกต่างระหว่างของเสียประเภทต่างๆ j ด้วยอัตราการสลายตัวคงที่ตามลำดับ (k^j) และสัดส่วนของการย่อยสลายได้ของคาร์บอนอินทรีย์ (DOC_j)

2) แบบจำลองการคำนวณการผลิตก๊าซมีเทนที่เกิดขึ้นในปี y (ระยะเวลา 12 เดือนติดต่อกัน) หรือเดือน m ตามของเสียประเภท j ($W_{j,x}$ หรือ $W_{j,i}$) ที่ถูกกำจัดใน SWDS ในช่วงเวลาที่กำหนด (ปีหรือเดือน)

[2] ในการประมาณการ การสร้างมีเทนใน SWDS ถูกอธิบายว่าเป็นฟังก์ชันของเวลาตามกระบวนการสลายตัวของลำดับที่หนึ่ง โดยแยกความแตกต่างของเศษส่วนอินทรีย์ที่รวดเร็ว ปานกลาง และช้า

3) ในกรณีการดักจับก๊าซมีเทนที่ SWDS (เช่น เนื่องจากข้อกำหนดด้านความปลอดภัย) และการเผาทำลาย หรือใช้ในลักษณะอื่นที่ป้องกันการปล่อยก๊าซมีเทนสู่ชั้นบรรยากาศ การปล่อยก๊าซมีเทนจะถูกปรับตามสัดส่วนของก๊าซมีเทนที่จับได้ (f_y)

4) ปริมาณก๊าซมีเทนที่เกิดจากการกำจัดของเสียที่ SWDS ในปี y ($BE_{CH4,SWDS,y}$ หรือ $PE_{CH4,SWDS,y}$ หรือ $LE_{CH4,SWDS,y}$) โดยใช้สมการ (1) หรือสำหรับเดือน m ($BE_{CH4,\ SWDS,m}$ หรือ $PE_{CH4,SWDS,m}$ หรือ $LE_{CH4,SWDS,m}$) โดยใช้สมการ (2) ทั้งสองวิธีอาจใช้ในการคำนวณปริมาณก๊าซมีเทนจากการกำจัดของเสียที่ SWDS ข้อมูลทั้งหมดที่ใช้เพื่อใช้สมการควรจัดทำเป็นเอกสารอย่างโปร่งใสใน

5) PDD หรือรายงานการตรวจสอบ PDD ควรระบุช่วงเวลาอย่างชัดเจน (ปี x หรือเดือน i) ที่ต่อเนื่องกัน ซึ่งพิจารณาถึงการกำจัดของเสียในการคำนวณ สำหรับแอปพลิเคชัน A ระยะเวลานี้อาจเริ่มก่อนเริ่มกิจกรรมโครงการและโดยทั่วไปจะเริ่มเมื่อ SWDS เริ่มรับของเสีย

ซึ่งการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากสถานที่กำจัดขยะมูลฝอย สามารถคำนวณได้ดังนี้

$$BE_{BP,CH4,y},\ PE_{BP,CH4,y},\ LE_{BP,CH4,y} = \varphi_y \times (1-f_y) \times GWP_{CH4} \times (1-OX) \times \frac{16}{12} \times F \times DOC_{f,y} \times MCF_y \times \sum_{x=1}^{y} \sum_{j} (W_{j,i} \times DOC_j \times e^{-kj\,(m-1)} \times (1-e^{-kj})) \quad \text{สมการที่ (1)}$$

$$BE_{BRP,CH4,m},\ PE_{BP,CH4,m},\ LE_{BP,CH4,m} = \varphi_y \times (1-f_y) \times GWP_{CH4} \times (1-OX) \times \frac{16}{12} \times F \times DOC_{f,m} \times MCF_y \times \sum_{i=1}^{m} \sum_{j} (W_{j,i} \times DOC_j \times e^{-(kj/12)\,(m-1)} \times (1-e^{-(kj/12)})) \quad \text{สมการที่ (2)}$$

สำหรับแบบจำลองรายปี โดยที่

$BE_{CH4,SWDS,y}$ $PE_{CH4,SWDS,y}$ $LE_{CH4,SWDS,y}$	=	การปล่อยก๊าซเรือนกระจกกรณีฐาน จากการดำเนินโครงการ หรือนอกขอบเขตในปี y ที่เกิดจากการกำจัดของเสียที่ SWDS ในช่วงเวลาที่สิ้นสุดในปี y (t CO_2e/yr)
x	=	ปีในระยะเวลาที่มีการกำจัดของเสียที่ SWDS ขยายจากปีแรกในช่วงเวลา (x = 1) ถึงปี y (x = y)
y	=	ปีของระยะเวลาการให้เครดิตที่คำนวณการปล่อยก๊าซมีเทน (y คือระยะเวลาต่อเนื่องกัน 12 เดือน)
$DOC_{f,y}$	=	สัดส่วนของสารคาร์บอนอินทรีย์ที่ย่อยสลายได้ (DOC) ที่สลายตัวภายใต้สภาวะเฉพาะที่เกิดขึ้นใน SWDS สำหรับปี y (weight fraction)

$W_{j,x}$ = ปริมาณขยะมูลฝอย ประเภท j ที่ถูกกำจัดหรือไม่ได้ถูกกำจัดใน SWDS ในปี x (t)

สำหรับแบบจำลองรายเดือน โดยที่

$BE_{CH4,SWDS,y}$ = การปล่อยก๊าซเรือนกระจกกรณีฐาน จากการดำเนินโครงการ หรือนอกขอบเขตใน
$PE_{CH4,SWDS,y}$ เดือน m ที่เกิดจากการกำจัดของเสียที่ SWDS ในช่วงเวลาสิ้นสุดในเดือน m
$LE_{CH4,SWDS,y}$ (t CO_2e/m)

m = เดือนของระยะเวลาการให้เครดิต

i = เดือนในระยะเวลาที่มีการกำจัดของเสียที่ SWDS นับจากเดือนแรกในระยะเวลา (i = 1) ถึง เดือน m (i = m)

$DOC_{f,m}$ = สัดส่วนของสารคาร์บอนอินทรีย์ที่ย่อยสลายได้ (DOC) ที่สลายตัวภายใต้สภาวะเฉพาะที่เกิดขึ้นใน SWDS สำหรับเดือน m (weight fraction)

$W_{j,i}$ = ปริมาณขยะอินทรีย์ ประเภท j ที่ถูกกำจัดหรือไม่ได้ถูกกำจัดใน SWDS ในเดือน i (t)

สำหรับแบบจำลองรายเดือนและรายปี โดยที่

φ_y = ค่าการปรับปรุงจากไม่แน่นอนของแบบจำลองสำหรับปี y

f_y = สัดส่วนของก๊าซมีเทนที่กักเก็บได้ที่ SWDS และเผาทำลาย หรือใช้ประโยชน์ในลักษณะอื่นที่ลดการปล่อยก๊าซมีเทนสู่ชั้นบรรยากาศในปีที่ y

GWP_{CH4} = ศักยภาพในการทำให้โลกร้อนของมีเทน

OX = ค่าออกซิเดชัน (สะท้อนปริมาณก๊าซมีเทนจาก SWDS ที่ถูกออกซิไดซ์ในดินหรือวัสดุอื่นที่ปกคลุมของเสีย)

F = สัดส่วนของก๊าซมีเทนในก๊าซที่กักเก็บได้จาก SWDS (volume fraction)

MCF_y = ค่า Methane correction factor ในปี y

DOC_j = สัดส่วนของสารคาร์บอนอินทรีย์ที่ย่อยสลายได้ (DOC) ในของเสียประเภท j (weight fraction)

k = อัตราการสลายตัวของขยะประเภท j (1 / yr)

j = ประเภทของขยะมูลฝอยหรือประเภทของขยะในขยะมูลฝอย

4.3.1 การกำหนดพารามิเตอร์ที่จำเป็นสำหรับการใช้แบบจำลอง

วิธีการกำหนดพารามิเตอร์ที่จำเป็นในเครื่องมือนี้ ซึ่งรวมถึงการใช้ค่าเริ่มต้น การวัดครั้งเดียว หรือการตรวจสอบตลอดระยะเวลาการให้เครดิต การเลือกตัวเลือกที่สามารถใช้ได้ขึ้นอยู่กับว่าใช้เครื่องมือสำหรับทางเลือกที่ 1 หรือ 2 แสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 การกำหนดพารามิเตอร์สำหรับการใช้แบบจำลอง

พารามิเตอร์	ทางเลือกที่ 1	ทางเลือกที่ 2
φ_y	การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการดำเนินโครงการ หรือนอกขอบเขต ใช้ค่า Default value การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกรณีฐาน ใช้ค่า Default value หรือมูลค่าเฉพาะโครงการโดยประมาณทุกปี	
OX	ค่า Default value	
F	ค่า Default value	
$DOC_{f,y}$ หรือ $DOC_{f,m}$	ค่า Default value	ในกรณีของขยะมูลฝอยชุมชนใช้ค่า Default value หรือประมาณครั้งเดียว ในกรณีของของเสียเหลือทิ้ง ใช้ค่าประมาณครั้งเดียว
MCFy	ค่า Default value (ขึ้นอยู่กับประเภท SWDS)	กรณีขยะตกค้าง ประมาณ 1 ครั้ง
kj	อัตราการสลายตัวของขยะประเภท j	
$W_{j,x}$ or $W_{j,i}$	ประมาณครั้งเดียว	คำนวณจากข้อมูลที่ได้รับการตรวจสอบ
DOCj	ค่า Default value (ตามประเภทของขยะ)	ค่า Default value หรือค่าจำเพาะของเสียโดยประมาณครั้งเดียว
fy	ประมาณครั้งเดียว	ตรวจสอบ

1) การคำนวณค่าการปรับปรุงจากไม่แน่นอนของแบบจำลอง (φ_y)

ค่าการปรับปรุงจากไม่แน่นอนของแบบจำลอง (φ_y) ขึ้นอยู่กับความไม่แน่นอนของพารามิเตอร์ที่ใช้ในแบบจำลอง FOD หากมีการคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการดำเนินโครงการ หรือนอกขอบเขต ดังนั้น $\varphi_y = \varphi_{default} = 1$ หากมีการคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกรณีฐาน ผู้เข้าร่วมโครงการอาจเลือกระหว่างสองตัวเลือกต่อไปนี้เพื่อคำนวณ φ_y

ทางเลือกที่ 1 ใช้ค่า Default value

$$\varphi_y = \varphi_{default}$$

ทางเลือกที่ 2 กำหนด φ_y ตามสถานการณ์เฉพาะของกิจกรรมโครงการ

วิเคราะห์ความไม่แน่นอนสำหรับสถานการณ์เฉพาะของกิจกรรมโครงการที่เสนอความไม่แน่นอนโดยรวมของการตรวจวัดการสร้างมีเทนในปีที่ y (V_y) คำนวณได้ดังนี้

$$V_y = \sqrt{a^2 + b^2 + c^2 + d^2 + e^2 + g^2}$$ สมการที่ (3)

ค่า a, b, c, d, e และ g คำนวณปริมาณผลกระทบของความไม่แน่นอนของพารามิเตอร์ต่างๆ (แสดงอยู่ในคอลัมน์ที่สองของตารางที่ 3) ที่ใช้ในแบบจำลอง FOD เกี่ยวกับความไม่แน่นอนโดยรวมของการสร้างมีเทนในปี y ผู้เข้าร่วมโครงการจะต้องเลือกค่าภายในช่วงที่ให้ไว้ในตารางที่ 3[3] โดยปฏิบัติตามคำแนะนำในตาราง พร้อมเหตุผล

ตารางที่ 3 คำแนะนำในการเลือกค่า a, b, c, d, e และ g

ค่า	พารามิเตอร์	ค่าที่ต่ำกว่า	ค่าที่สูงกว่า	คำแนะนำในการเลือก
a	W	2%	10%	ใช้ค่าที่ต่ำกว่าในกรณีการชั่งน้ำหนักขยะมูลฝอยจากเครื่องชั่งน้ำหนักที่แม่นยำ ใช้มูลค่าที่สูงกว่าในกรณีประมาณการปริมาณของเสีย เช่น จากความลึกและพื้นที่ผิวของ SWDS ที่มีอยู่
b	DOC_j	5%	10%	ใช้ค่าที่ต่ำกว่าในกรณีมีการวัด DOC_j ใช้ค่าที่สูงกว่าในกรณีใช้ค่า Default value
c	DOC_f	5%	15%	ใช้ค่าที่ต่ำกว่าในกรณีของเสียมากกว่าร้อยละ 50 เป็นวัสดุอินทรีย์ที่ย่อยสลายได้ หรือ SWDS ตั้งอยู่ในภูมิอากาศแบบเขตร้อน นอกขากนั้นให้ใช้ค่าที่สูงกว่า
d	F	0%	5%	ใช้ค่าที่ต่ำกว่าในกรณีของเสียมากกว่าร้อยละ 50 เป็นวัสดุอินทรีย์ที่ย่อยสลายได้อย่างรวดเร็ว
e	MCF_y	0%	50%	ใช้ค่าที่ต่ำกว่าในกรณีที่ SWDS มีการจัดการ ใช้ค่าที่สูงกว่าในกรณีที่ SWDS ที่ไม่มีการจัดการ หรือกำหนดค่าเป็น 2/d โดยที่ d คือความลึกของ SWDS (หน่วยเป็นเมตร)
g	$e^{-kj\times(y-x)} \times (1 - e^{-kj})$	5%	20%	ใช้ค่าความไม่แน่นอนที่ต่ำกว่าในกรณีต่อไปนี้ (1) การใช้งาน B: ถ้าของเสียตกค้างถูกกำจัดที่ SWDS และถ้าค่าของ k มากกว่า 0.2 y-1); และ (ii) ทางเลือก A: ถ้าส่วน SWDS ที่ดำเนินการโครงการถูกปิดน้อยกว่าสามปีที่ผ่านมา ในกรณีอื่นๆ ให้ใช้ค่าที่สูงกว่า

[3] ค่าความไม่แน่นอนเหล่านี้ประเมินจากระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 68

φ_y คำนวณได้ดังนี้

$$\varphi_y = \frac{1}{(1+V_y)}$$ สมการที่ (4)

สำหรับกรณีที่มีการใช้แบบจำลอง FOD รายเดือน (สมการที่ 2) ดังนั้น φ_y หมายถึงปี y ที่เดือน m

2) การคำนวณปริมาณของเสียประเภท j ที่ถูกกำจัดใน SWDS ($W_{j,x}$ หรือ $W_{j,i}$)

ในกรณีที่มีการกำจัดหรือป้องกันไม่ให้ของเสียประเภทต่างๆ j ถูกกำจัดใน SWDS (เช่น ในกรณีของขยะมูลฝอย) จำเป็นต้องกำหนดปริมาณของเสียประเภทต่างๆ ($W_{j,x}$ หรือ $W_{j,i}$) ในกรณีที่มีการกำจัดของเสียเพียงประเภทเดียว (เช่น ในกรณีของเสียที่เหลือ) ให้ไม่ต้องปฏิบัติตาม $W_{j,x} = W_x$ และ $W_{j,i} = W_i$ และขั้นตอนต่อไปนี้ (เช่น การสุ่มตัวอย่างของเสีย ไม่จำเป็นต้องใช้).

ทางเลือกที่ 1

คำนวณ $W_{j,x}$ หรือ $W_{j,i}$ อ้างอิงตามข้อมูลจากผู้ประกอบการ SWDS ฝ่ายบริหาร และจากการสัมภาษณ์พนักงานอาวุโส ปริมาณของเสียทั้งหมดสามารถคำนวณได้จากพื้นที่ผิวของ SWDS และความลึกเฉลี่ย โดยสมมติให้มีน้ำหนักจำเพาะ 1-1.2 ตันต่อลูกบาศก์เมตร หาก SWDS มีช่องแยกที่ชัดเจน และหากทราบปริมาณของเสียต่อช่องและระยะเวลาการใช้งานในแต่ละช่อง จะสามารถหาปริมาณของเสียสำหรับช่วงปีที่เฉพาะเจาะจงได้ ข้อมูลในอดีตที่เกี่ยวข้องกับปริมาณ องค์ประกอบ และที่มาของของเสียอาจพบได้ในเอกสารการบริหาร SWDS (เช่น สัญญากับลูกค้าและใบแจ้งหนี้ให้กับลูกค้า) หรือได้รับจากแผนธุรกิจเก่าหรือการประเมินทางธุรกิจ

ทางเลือกที่ 2

กำหนดปริมาณของเสียประเภทต่าง ๆ ผ่านการสุ่มตัวอย่างและคำนวณค่าเฉลี่ยจากตัวอย่างโดยใช้สมการที่ (5) เพื่อหาค่า $W_{j,x}$ สำหรับแบบจำลองรายปีหรือใช้สมการที่ (6) เพื่อกำหนดค่า $W_{j,i}$ สำหรับแบบจำลองรายเดือน ดังนี้

$$W_{j,x} = W_x \times P_{j,x}$$ สมการที่ (5)

โดยที่

$W_{j,x}$ = ปริมาณขยะมูลฝอย ประเภท j ที่ถูกกำจัดหรือไม่ได้ถูกกำจัดใน SWDS ในปี x (t)

W_x = ปริมาณขยะมูลฝอยทั้งหมดที่ถูกกำจัดหรือไม่ได้ถูกกำจัดใน SWDS ในปี x (t)

$P_{j,x}$ = สัดส่วนโดยเฉลี่ยของขยะประเภท j ในของเสียในปี x (weight fraction)

j = ประเภทของขยะมูลฝอย

x = ปีในระยะเวลาที่มีการกำจัดของเสียที่ SWDS นับจากปีแรกในช่วงเวลา (x = 1) ถึงปี y (x = y)

$$W_{j,I} = W_i \times P_{j,i}$$ สมการที่ (6)

โดยที่

$W_{j,I}$ = ปริมาณขยะมูลฝอย ประเภท j ที่กำจัดหรือไม่ได้กำจัดใน SWDS ในเดือน i (t)

W_i = ปริมาณขยะมูลฝอยทั้งหมดที่ที่กำจัดหรือไม่ได้กำจัดใน SWDS ในเดือน i (t)

$P_{j,i}$ = สัดส่วนเฉลี่ยของเสียประเภท j ของเสียในเดือน i (weight fraction)

j = ประเภทของขยะมูลฝอย

i = เดือนในระยะเวลาที่มีการกำจัดของเสียที่ SWDS นับจากเดือนแรกในระยะเวลา (i = 1) ถึง เดือน m (i = m)

สัดส่วนของขยะประเภท j ในของเสียสำหรับปี x หรือเดือน i คำนวณตามสมการที่ (7) และ (8) ดังนี้

$$P_{j,x} = \frac{\sum_{n=1}^{ZX} P_{n,j,x}}{Z_x}$$ สมการที่ (7)

โดยที่

$P_{j,x}$ = สัดส่วนเฉลี่ยของเสียประเภท j ในของเสียในปี x ทั้งนี้ การเฉลี่ยต้องครอบคลุมการเปลี่ยนแปลงตามฤดูกาลโดยเก็บตัวอย่างอย่างน้อย 2 ครั้งต่อปี (weight fraction)

$P_{n,j,x}$ = สัดส่วนของของเสียประเภท j ในตัวอย่าง n ที่เก็บระหว่างปี x (weight fraction)

Z_x = จำนวนตัวอย่างที่เก็บระหว่างปี x

n = ตัวอย่างที่เก็บในปี x

j = ประเภทของขยะมูลฝอย

x = ปีในระยะเวลาที่มีการกำจัดของเสียที่ SWDS นับจากปีแรกในช่วงเวลา (x = 1) ถึงปี y (x = y)

$$P_{j,i} = \frac{\sum_{n=1}^{3} P_{n,j,i}}{3}$$ สมการที่ (8)

โดยที่

$P_{j,i}$ = สัดส่วนเฉลี่ยของเสียประเภท j ในของเสียในปี i (weight fraction)

$P_{n,j,i}$ = เศษส่วนของของเสียประเภท j ในตัวอย่าง n ที่เก็บรวบรวมในระหว่างหรือเดือนล่าสุด i (weight fraction)

n = ตัวอย่างล่าสุดสามตัวอย่างที่รวบรวมระหว่างหรือก่อนหน้าเดือนi

j = ประเภทของขยะมูลฝอย

i = เดือนในช่วงเวลาที่มีการกำจัดของเสีย

3) การคำนวณค่าสัดส่วนของ DOC ที่สลายตัวใน SWDS ($DOC_{f,y}$)

การคำนวณค่าสัดส่วนของ DOC ที่สลายตัวใน SWDS ($DOC_{f,y}$) มีแนวทางการคำนวณดังนี้

ทางเลือกที่ 1

$$DOC_{f,y} = DOC_{f,default}$$

ทางเลือกที่ 2

ในกรณีที่ใช้เครื่องมือกับ MSW ผู้เข้าร่วมโครงการอาจเลือกใช้ค่าเริ่มต้น ($DOC_{f,y} = DOC_{f,default}$) หรือกำหนด $DOC_{f,y}$ หรือ $DOC_{f,m}$ จากค่าศักยภาพการผลิตก๊าซมีเทนจากขยะมูลฝอย (BMP_{MSW}) ดังนี้

$$DOC_{f,y} = 0.7 \times \frac{12}{16} \times \frac{BMP_{MSW}}{F \times \sum_j (p_{j,y} \times DOC_j)}$$ สมการที่ (9)

หรือ

$$DOC_{f,m} = 0.7 \times \frac{12}{16} \times \frac{BMP_{MSW}}{F \times \sum_j (p_{j,m} \times DOC_j)}$$ สมการที่ (10)

โดยที่

$DOC_{f,y}$ = สัดส่วนของสารอินทรีย์คาร์บอนที่ย่อยสลายได้ที่สลายตัวภายใต้สภาวะเฉพาะที่เกิดขึ้นใน SWDS สำหรับปี y (weight fraction)

$DOC_{f,m}$	=	สัดส่วนของสารอินทรีย์คาร์บอนที่ย่อยสลายได้ที่สลายตัวภายใต้สภาวะเฉพาะที่เกิดขึ้นใน SWDS สำหรับเดือน m (weight fraction)
BMP_{MSW}	=	ศักยภาพการผลิตก๊าซมีเทนจากขยะมูลฝอยที่กำจัดหรือป้องกันจากการกำจัด (ของเสีย CH_4 / t)
F	=	สัดส่วนของก๊าซมีเทนในก๊าซที่ผลิตได้จาก SWDS (volume fraction)
DOC_j	=	สัดส่วนของสารอินทรีย์คาร์บอนที่ย่อยสลายได้ได้ในของเสียประเภท j (weight fraction)
$P_{j,y}$	=	สัดส่วนโดยเฉลี่ยของเสียประเภท j ในของเสียในปีที่ y (weight fraction)
$P_{j,m}$	=	สัดส่วนโดยเฉลี่ยของเสียประเภท j ในของเสียในเดือน m (weight fraction)
j	=	ประเภทของขยะมูลฝอยในขยะมูลฝอยชุมชน
y	=	ปีของระยะเวลาการให้เครดิตที่คำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก (y คือระยะเวลาต่อเนื่องกัน 12 เดือน)
m	=	เดือนของรอบระยะเวลาการให้เครดิตที่มีการปล่อยก๊าซมีเทนคำนวณ

ในกรณีที่ใช้เครื่องมือกับของเสียเหลือทิ้ง ผู้เข้าร่วมโครงการจะต้องกำหนด $DOC_{f,y}$ หรือ $DOC_{f,m}$ จากค่าศักยภาพการผลิตก๊าซมีเทนจากของเสียเหลือทิ้งประเภท j (BMP_j) ดังนี้

$$\mathbf{DOC_{f,y} = DOC_{f,m} = 0.7 \times (12/16) \times (BMP_j / (F \times DOC_j))}$$ สมการที่ (10)

โดยที่

$DOC_{f,y}$	=	สัดส่วนของสารอินทรีย์คาร์บอนที่ย่อยสลายได้ที่สลายตัวภายใต้สภาวะเฉพาะที่เกิดขึ้นใน SWDS สำหรับปี y (weight fraction)
$DOC_{f,m}$	=	สัดส่วนของสารอินทรีย์คาร์บอนที่ย่อยสลายได้ที่สลายตัวภายใต้สภาวะเฉพาะที่เกิดขึ้นใน SWDS สำหรับเดือน m (weight fraction)
BMP_j	=	ศักยภาพการผลิตก๊าซมีเทนจากขยะมูลฝอยที่กำจัดหรือป้องกันจากการกำจัด (tCH_4 /t waste)
F	=	สัดส่วนของก๊าซมีเทนในก๊าซที่ผลิตได้จาก SWDS (volume fraction)
DOC_j	=	สัดส่วนของสารอินทรีย์คาร์บอนที่ย่อยสลายได้ได้ในของเสียประเภท j (weight fraction)
j	=	ประเภทของของเสียเหลือทิ้ง
y	=	ปีของระยะเวลาการให้เครดิตที่คำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก (y คือระยะเวลาต่อเนื่องกัน 12 เดือน)
m	=	เดือนของระยะเวลาการให้เครดิตสำหรับการปล่อยก๊าซเรือนกระจก

4) การคำนวณค่า Methane Correction Factor (MCF_y)

ทางเลือกที่ 1

$$MCF_y = MCF_{default}$$

ทางเลือกที่ 2

กรณีระดับน้ำใต้ดินอยู่ใต้ SWDS (เช่น เนื่องจากการใช้ของเสียในการเติมแหล่งน้ำในดิน เช่น บ่อน้ำ แม่น้ำ หรือพื้นที่ชุ่มน้ำ) ควรพิจารณา MCF ดังนี้

$$MCF_y = MAX [(1 - (2/d_y), (h_{w,y}/d_y)] \quad \text{สมการที่ (11)}$$

โดยที่

MCF_y = ค่า Methane Correction Factor สำหรับปี y

$h_{w,y}$ = ความสูงของระดับน้ำจากฐานของ SWDS (m)

d_y = ความลึกของ SWDS (m)

ในสถานการณ์อื่นๆ ควรเลือก MCF เป็นค่าเริ่มต้น ($MCF_y = MCF_{default}$)

5. ขั้นตอนวิธีการติดตามผล

5.1 ขั้นตอนการติดตามผล

1) ให้ผู้พัฒนาโครงการอธิบายและระบุขั้นตอนการติดตามผลข้อมูลกิจกรรมโครงการ (Activity data) หรือตรวจสอบผลการตรวจวัดทั้งหมดในเอกสารข้อเสนอโครงการ รวมถึงประเภทของเครื่องมือตรวจวัดที่ใช้ ผู้รับผิดชอบในการติดตามผลและตรวจสอบข้อมูล การสอบเทียบเครื่องมือวัด (ถ้ามี) และขั้นตอนการรับประกันและควบคุมคุณภาพ ในกรณีที่วิธีการมีตัวเลือกที่แตกต่างกัน เช่น การใช้ค่าเริ่มต้นหรือการตรวจวัดที่หน้างาน ผู้พัฒนาโครงการต้องระบุว่าจะใช้ตัวเลือกใด นอกจากนี้การติดตั้ง ดูแลรักษาและสอบเทียบเครื่องมือตรวจวัดควรดำเนินการตามคำแนะนำของผู้ผลิตอุปกรณ์และเป็นไปตามมาตรฐานภายในประเทศ หรือมาตรฐานสากล เช่น IEC, ISO

2) ข้อมูลทั้งหมดที่รวบรวมเป็นส่วนหนึ่งของการติดตามผลการลดก๊าซเรือนกระจก ซึ่งควรจัดเก็บข้อมูลในรูปแบบไฟล์อิเล็กทรอนิกส์และมีระยะเวลาเก็บรักษาเป็นไปตามแนวทางที่ อบก. กำหนด หรือตามระบบคุณภาพขององค์กรแต่มีระยะเวลาไม่น้อยกว่าที่ อบก. กำหนดไว้อย่างน้อย 2 ปีหลังจากสิ้นสุดระยะเวลาคิดคาร์บอนเครดิตครั้งล่าสุด และควรตรวจสอบข้อมูลให้ถูกต้องตามวิธีการติดตามผลที่ระบุในพารามิเตอร์ที่ต้องติดตามผลที่ระบุไว้ในตารางหัวข้อที่ 5.2

5.2. พารามิเตอร์ที่ต้องติดตามผล

พารามิเตอร์	f_y
หน่วย	-
ความหมาย	สัดส่วนของก๊าซมีเทนที่ดักจับได้ที่ SWDS และเผาทำลาย หรือใช้ในลักษณะอื่นที่ป้องกันการปล่อยก๊าซมีเทนสู่ชั้นบรรยากาศในปีที่ y
แหล่งข้อมูล	เลือกค่าสูงสุดจากสิ่งต่อไปนี้ (1) ข้อกำหนดของสัญญาหรือข้อกำหนดที่ระบุปริมาณก๊าซมีเทนที่ต้องเผาทำลาย/ใช้ (ถ้ามี) และ (2) ข้อมูลย้อนหลัง
การติดตามผล	-
ความถี่ในการติดตามผล	ทางเลือกที่ 1 ตรวจสอบ 1 ครั้งสำหรับระยะเวลาการให้เครดิต ($f_y = f$) ทางเลือกที่ 2 ทุกปี
ขั้นตอน QA / QC	-
ความคิดเห็นอื่นๆ	-

พารามิเตอร์	W_x หรือ W_i
หน่วย	t
ความหมาย	ปริมาณขยะทั้งหมดที่กำจัดใน SWDS ในปี x หรือเดือน i
แหล่งข้อมูล	การวัดโดยผู้เข้าร่วมโครงการ
การติดตามผล	วัดบนพื้นฐานเปียก
ความถี่ในการติดตามผล	อย่างต่อเนื่อง รวมกันอย่างน้อยปีละ 1 ครั้งสำหรับปีที่ x หรือรายเดือนสำหรับเดือน i
ขั้นตอน QA / QC	-
ความคิดเห็นอื่นๆ	สำหรับทางเลือก B

พารามิเตอร์	$W_{org,x}$
หน่วย	t
ความหมาย	ปริมาณขยะอินทรีย์ทั้งหมดที่กำจัดใน SWDS ในปี x
แหล่งข้อมูล	การวัดโดยผู้เข้าร่วมโครงการ
การติดตามผล	วัดบนฐานเปียก
ความถี่ในการติดตามผล	ต่อเนื่อง รวมกันอย่างน้อยปีละครั้ง ต่อปี x
ขั้นตอน QA / QC	-
ความคิดเห็นอื่นๆ	ใช้ได้เมื่อใช้แนวทางอย่างง่ายตามภาคผนวก

พารามิเตอร์	$p_{n,j,x}$ หรือ $p_{n,j,i}$
หน่วย	-
ความหมาย	Weight fraction ของของเสียประเภท j ในตัวอย่าง n ที่เก็บระหว่างปี x หรือเดือน i

แหล่งข้อมูล	การวัดตัวอย่างโดยผู้เข้าร่วมโครงการ
การติดตามผล	สุ่มตัวอย่างองค์ประกอบของของเสีย โดยใช้ประเภทของเสีย j ตามที่ระบุในตารางสำหรับ DOC_j และ k_j และชั่งน้ำหนักเศษส่วนของเสียแต่ละส่วน (วัดแบบเปียก)
ความถี่ในการติดตามผล	อย่างน้อย 3 ตัวอย่างทุก 3 เดือน
ขั้นตอน QA / QC	-
ความคิดเห็นอื่นๆ	พารามิเตอร์นี้ใช้สำหรับทางเลือกที่ 2 เท่านั้น และในกรณีมีของเสียประเภท j มากกว่า 1 ชนิด

พารามิเตอร์	z_x
หน่วย	-
ความหมาย	จำนวนตัวอย่างในปี x
แหล่งข้อมูล	จากผู้เข้าร่วมโครงการ
การติดตามผล	อย่างน้อย 3 ตัวอย่างทุก 3 เดือน
ความถี่ในการติดตามผล	ต่อเนื่องกันทุกปี
ขั้นตอน QA / QC	ขนาดตัวอย่างและเทคนิคการสุ่มตัวอย่างต้องแน่ใจว่าตัวอย่างนั้นเป็นตัวแทน
ความคิดเห็นอื่นๆ	พารามิเตอร์นี้ใช้สำหรับทางเลือกที่ 2 เท่านั้น และในกรณีมีของเสียประเภท j มากกว่า 1 ชนิด

พารามิเตอร์	d_y
หน่วย	m
ความหมาย	ระดับความลึกของ SWDS
แหล่งข้อมูล	จากผู้เข้าร่วมโครงการ
การติดตามผล	-
ความถี่ในการติดตามผล	การตรวจสอบบ่อน้ำที่ใช้วัดความสูงของระดับน้ำด้วย (hw,y)
ขั้นตอน QA / QC	รายเดือน ค่าเฉลี่ยรายปี ในกรณีใช้แบบรายปี (สมการที่ (1))
ความคิดเห็นอื่นๆ	พารามิเตอร์นี้จำเป็นต้องได้รับการตรวจสอบเพื่อระบุว่า SWDS มีระดับน้ำเหนือด้านล่างของ SWDS หรือไม่ เช่น เนื่องจากการใช้ของเสียเพื่อเติมแหล่งน้ำในดิน เช่น บ่อน้ำ แม่น้ำ หรือพื้นที่ชุ่มน้ำ หาก SWDS มีระดับน้ำอยู่เหนือด้านล่างของ SWDS พารามิเตอร์นี้จะใช้เพื่อกำหนด MCF

พารามิเตอร์	$h_{w,y}$
หน่วย	m
ความหมาย	ความสูงของระดับน้ำใน SWDS
แหล่งข้อมูล	จากผู้เข้าร่วมโครงการ
การติดตามผล	การตรวจสอบบ่อน้ำ

ความถี่ในการติดตามผล	รายเดือน ค่าเฉลี่ยรายปี ในกรณีใช้แบบรายปี (สมการที่ (1))
ขั้นตอน QA / QC	-
ความคิดเห็นอื่นๆ	พารามิเตอร์นี้จำเป็นต้องได้รับการตรวจสอบเพื่อระบุว่า SWDS มีระดับน้ำเหนือด้านล่างของ SWDS หรือไม่ เช่น เนื่องจากการใช้ของเสียเพื่อเติมแหล่งน้ำในดิน เช่น บ่อน้ำ แม่น้ำ หรือพื้นที่ชุ่มน้ำ หาก SWDS มีระดับน้ำอยู่เหนือด้านล่างของ SWDS พารามิเตอร์นี้จะใช้เพื่อกำหนด MCF

พารามิเตอร์	a, b, c, d, e, g
หน่วย	%
ความหมาย	ผลกระทบของความไม่แน่นอนของพารามิเตอร์ต่างๆ
แหล่งข้อมูล	ผู้เข้าร่วมโครงการ
การติดตามผล	ใช้คำแนะนำในตารางที่ 3 ด้านบน
ความถี่ในการติดตามผล	ทุกปี หากเงื่อนไขที่อธิบายไว้ใน “คำแนะนำในการเลือกปัจจัย” ในตารางที่ 3 เปลี่ยนแปลงไป (เช่น การเปลี่ยนแปลงวิธีการวัดน้ำหนักของขยะ) หนึ่งครั้งสำหรับระยะเวลาการให้เครดิต หากเงื่อนไขเหล่านี้ไม่เปลี่ยนแปลง
ขั้นตอน QA / QC	-
ความคิดเห็นอื่นๆ	ใช้ในตัวเลือก 2 เพื่อกำหนดปัจจัยการแก้ไขแบบจำลอง

พารามิเตอร์	GWP_{CH4}
หน่วย	tCO_2e/tCH_4
ความหมาย	ศักยภาพในการทำให้เกิดภาวะโลกร้อนของก๊าซมีเทน
แหล่งข้อมูล	ใช้ข้อมูลจากรายงานประเมินสถานการณ์ด้านการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (IPCC Assessment Report) ที่จัดทำโดยคณะกรรมาธิการระหว่างรัฐบาลว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (Intergovernmental Panel on Climate Change หรือ IPCC ที่ประกาศโดย อบก.
วิธีการติดตามผล	**<u>สำหรับการจัดทำเอกสารข้อเสนอโครงการ</u>** – ใช้ค่า GWP_{CH4} ล่าสุดตามที่ อบก. ประกาศ **<u>สำหรับการติดตามผลการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก</u>** – ใช้ค่า GWP_{CH4} ตามที่ อบก. ประกาศ สำหรับประเมินปริมาณก๊าซเรือนกระจกตามช่วงระยะเวลาคิดเครดิต (Crediting Period) ที่ขอรับรองปริมาณก๊าซเรือนกระจก

5.3 พารามิเตอร์ที่ไม่ต้องติดตามผล

พารามิเตอร์	$\varphi_{default}$
หน่วย	-
ความหมาย	ค่าการปรับปรุงจากไม่แน่นอนของแบบจำลอง (φ_y)

แหล่งข้อมูล	-
ค่าการนำไปใช้	สำหรับการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการดำเนินโครงการหรือจากนอกขอบเขตโครงการ ค่า $\varphi_{default}$ = 1 สำหรับการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกรณีฐานให้พิจารณาตามตารางด้านล่างเพื่อระบุค่าที่เหมาะสมตามการใช้งานของเครื่องมือ (1 หรือ 2) และสภาพอากาศที่ SWDS ตั้งอยู่ ค่า Default สำหรับปรับปรุงจากไม่แน่นอนของแบบจำลอง

สภาพที่ชื้น/เปียก แห้ง		
ทางเลือกที่ 1	0.75	0.75
ทางเลือกที่ 2	0.85	0.80

ความถี่ในการติดตามผล	-
ขั้นตอน QA / QC	-
ความคิดเห็นอื่นๆ	ตารางด้านบนใช้ได้กับตัวเลือกที่ 1 ในขั้นตอนการคำนวณปัจจัยการแก้ไขแบบจำลอง (φ_y)

พารามิเตอร์	O_X
หน่วย	-
ความหมาย	ค่าออกซิเดชัน (สะท้อนปริมาณก๊าซมีเทนจาก SWDS ที่ถูกออกซิไดซ์ในดินหรือวัสดุอื่นที่ปกคลุมของเสีย)
แหล่งข้อมูล	IPCC 2006 Guidelines for National Greenhouse Gas Inventory
ค่าการนำไปใช้	0.1
ความถี่ในการติดตามผล	-
ขั้นตอน QA / QC	-
ความคิดเห็นอื่นๆ	เมื่อก๊าซมีเทนไหลผ่านชั้นบนสุด บางส่วนจะถูกออกซิไดซ์โดยแบคทีเรีย Methanotrophic เพื่อผลิต CO_2 ปัจจัยออกซิเดชันแสดงถึงสัดส่วนของก๊าซมีเทนที่ถูกออกซิไดซ์ต่อ CO_2 ซึ่งควรแยกความแตกต่างจากค่า MCF ซึ่งคำนึงถึงสถานการณ์ที่ SWDS อาจปนเปื้อนจากอากาศภายนอก และป้องกันไม่ให้ก๊าซมีเทนก่อตัวในชั้นบนของ SWDS

พารามิเตอร์	F
หน่วย	-
ความหมาย	สัดส่วนของก๊าซมีเทนในก๊าซที่กักเก็บได้จาก SWDS (volume fraction)
แหล่งข้อมูล	IPCC 2006 Guidelines for National Greenhouse Gas Inventory
ค่าการนำไปใช้	0.5
ความถี่ในการติดตามผล	-

ขั้นตอน QA / QC	-
ความคิดเห็นอื่นๆ	สารอินทรีย์ที่ผ่านกระบวนการย่อยสลายจะได้ก๊าซผสมระหว่างก๊าซมีเทนและก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์

พารามิเตอร์	$DOC_{f,default}$
หน่วย	weight fraction
ความหมาย	ค่า Default สำหรับสัดส่วนของสารอินทรีย์คาร์บอนที่ย่อยสลายได้ (DOC) ในขยะมูลฝอยใน SWDS
แหล่งข้อมูล	IPCC 2006 Guidelines for National Greenhouse Gas Inventory
ค่าการนำไปใช้	0.5
ความถี่ในการติดตามผล	-
ขั้นตอน QA / QC	-
ความคิดเห็นอื่นๆ	สารอินทรีย์คาร์บอนบางชนิดไม่สามารถย่อยสลายหรือย่อยสลายช้ามากใน SWDS ค่าเริ่มต้นนี้ใช้ได้เฉพาะสำหรับ (1) ทางเลือกที่ 1 หรือ (2) ทางเลือกที่ 2 หากใช้เครื่องมือกับขยะมูลฝอย อีกทางเลือกหนึ่งสำหรับการใช้ปัจจัยเริ่มต้นคือการประมาณ $DOC_{f,y}$ หรือ $DOC_{f,m}$ โดยใช้สมการที่ (9), (10) และ (11) ข้างต้น

พารามิเตอร์	$MCF_{default}$
หน่วย	-
ความหมาย	ค่า Methane Correction Factor
แหล่งข้อมูล	IPCC 2006 Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories
ค่าการนำไปใช้	ในกรณีที่ SWDS ไม่มีระดับน้ำเหนือด้านล่าง และในกรณีของทางเลือกที่ 1 ให้เลือกค่าที่ใช้ได้จากรายการต่อไปนี้ (1) 1.0 สำหรับสถานที่กำจัดขยะมูลฝอยที่มีการจัดการแบบไม่ใช้ออกซิเจน ซึ่งต้องมีการควบคุมตำแหน่งของของเสีย (เช่น ของเสียที่ส่งตรงไปยังพื้นที่สะสมเฉพาะ ระดับของการควบคุมการไล่ขยะ และระดับของการควบคุมไฟ) และจะรวมถึงสิ่งต่อไปนี้อย่างน้อยหนึ่งอย่าง: (i) วัสดุคลุม; (ii) การบดอัดทางกล; หรือ (iii) ปรับระดับของเสีย; (2) 0.5 สำหรับสถานที่กำจัดขยะมูลฝอยที่มีการจัดการแบบกึ่งใช้อากาศ ซึ่งต้องมีการควบคุมตำแหน่งของของเสีย และจะรวมถึงโครงสร้างทั้งหมด ได้แก่ วัสดุคลุมที่ซึมผ่านได้ ระบบระบายน้ำชะขยะ; ควบคุมปริมาณน้ำ และระบบระบายอากาศก๊าซสำหรับการนำอากาศเข้าสู่ชั้นของเสีย (3) 0.8 สำหรับสถานที่กำจัดขยะมูลฝอยที่มีความลึกและไม่มีการจัดการ ประกอบด้วย SWDS ทั้งหมดที่ไม่เข้าข่ายตามเกณฑ์ของ SWDS ที่ได้รับการจัดการและมีความลึกมากกว่าหรือเท่ากับ 5 เมตร

	(4) 0.4 สำหรับสถานที่กำจัดขยะมูลฝอยที่ไม่มีการจัดการหรือกองขยะมูลฝอยที่เข้าข่ายเป็น SWDS ซึ่งรวมถึง SWDS ทั้งหมดที่ไม่เข้าข่ายตามเกณฑ์ของ SWDS ที่ได้รับการจัดการและมีความลึกน้อยกว่า 5 เมตร ซึ่งรวมถึงการจัดเก็บขยะมูลฝอยที่ถือว่าเป็น SWDS (ตามคำจำกัดความที่กำหนดสำหรับ SWDS)
ความถี่ในการติดตามผล	-
ขั้นตอน QA / QC	-
ความคิดเห็นอื่นๆ	SWDS ที่ไม่มีการจัดการสามารถผลิตก๊าซมีเทนจากปริมาณของเสียน้อยกว่า SWDS ที่มีการจัดการ เนื่องจากของเสียที่มีขนาดใหญ่กว่าจะสลายตัวแบบใช้อากาศในชั้นบนสุดของ SWDS ที่ไม่มีการจัดการ ในกรณีของระดับน้ำเหนือด้านล่างของ SWDS สัดส่วนที่มากขึ้นของ SWDS เป็นแบบไม่ใช้ออกซิเจน และ MCF จะถูกประมาณการตามสมการที่ (12)

พารามิเตอร์	DOC_j
หน่วย	-
ความหมาย	สัดส่วนของสารอินทรีย์คาร์บอนที่ย่อยสลายได้ได้ในของเสียประเภท j (weight fraction)
แหล่งข้อมูล	IPCC 2006 Guidelines for National Greenhouse Gas Inventory (ดัดแปลงจากเล่มที่ 5 ตาราง 2.4 และ 2.5)
ค่าการนำไปใช้	สำหรับขยะมูลฝอย ควรใช้ค่าต่อไปนี้สำหรับของเสียประเภทต่างๆ j ค่าเริ่มต้นสำหรับ DOC_j

ของเสียประเภท j	DOC_j (% ของเสียเปียก)
ไม้และผลิตภัณฑ์จากไม้	43
เยื่อกระดาษและกระดาษแข็ง (นอกจากกากตะกอน)	40
อาหาร เศษอาหาร เครื่องดื่มและยาสูบ (นอกจากกากตะกอน)	15
สิ่งทอ	24
สวน ลานและสวนสาธารณะ	20
แก้ว พลาสติก โลหะ อื่นๆ และ ขยะเฉื่อย	0

ความถี่ในการติดตามผล	สำหรับประเภทขยะเหลือทิ้งต่อไปนี้ ผู้เข้าร่วมโครงการอาจใช้หรือได้รับค่าเริ่มต้นดังนี้ (1) ทะลายปาล์มเปล่า (EFB) ใช้ค่า DOC_j ตามของเสียจากสวน ลานและสวนสาธารณะ (2) กากตะกอนอุตสาหกรรม ใช้ค่า DOC_j เท่ากับร้อยละ 9 (%กากตะกอนเปียก) ที่สารอินทรีย์แห้งร้อยละ 35 หรือ คำนวณจากปริมาณสารอินทรีย์แห้งเพื่อหาค่า DOC ซึ่งสามารถคำนวณได้ดังนี้ DOC_j (% ตะกอนเปียก) = 9 * (%ปริมาณสารอินทรีย์แห้ง/35) (3) สำหรับกากตะกอนในประเทศ มีค่าร้อยละ 5 (%กากตะกอนเปียก) ที่สารอินทรีย์แห้งร้อยละ 10 หรือคำนวณจากปริมาณสารอินทรีย์แห้งเพื่อหาค่า DOC ซึ่งสามารถคำนวณได้ดังนี้ : DOC_j (% wet sludge) = 5 * (% organic dry matter content/10)

ขั้นตอน QA / QC	ในกรณีประเภทของขยะไม่สามารถเทียบได้กับขยะมูลฝอยและไม่สามารถระบุได้อย่างชัดเจน ดังตารางด้านบนหรือถ้า 1 ไม่มีค่าเริ่มต้นหรือหากผู้เข้าร่วมโครงการต้องการวัดค่า DOC_j จากนั้นผู้เข้าร่วมโครงการควรวัด DOC_j ในการทดสอบการสูญเสียการจุดระเบิดตามขั้นตอนใน EN 15169 หรือคล้ายกันมาตรฐานระดับชาติหรือระดับสากล วัดนี้เท่านั้น ครั้งเดียวสำหรับของเสียแต่ละประเภท j และมูลค่าที่กำหนดสำหรับ DOC_j ยังคงใช้ได้ในช่วงระยะเวลาการให้เครดิต
ความคิดเห็นอื่นๆ	ขั้นตอนสำหรับการทดสอบการสูญเสียการจุดระเบิดได้อธิบายไว้ใน BS EN 15169:2007 การแสดงคุณลักษณะของของเสีย กำหนดขาดทุนในการจุดไฟในของเสียกากตะกอน และตะกอนเปอร์เซ็นต์ที่แสดงในตารางด้านบนเป็นไปตามเกณฑ์ของขยะเปียก ซึ่งเป็นความเข้มข้นของของเสียที่ส่งไปยัง SWDS แนวปฏิบัติของ IPCC ยังระบุค่า DOC บนพื้นฐานขยะแห้ง ซึ่งเป็นความเข้มข้นหลังจากขจัดความชื้นทั้งหมดออกจากของเสียซึ่งไม่เชื่อว่าใช้ได้จริงสำหรับสถานการณ์นี้

พารามิเตอร์	k_j
หน่วย	1/yr
ความหมาย	อัตราการสลายตัวของขยะประเภท j
แหล่งข้อมูล	IPCC 2006 Guidelines for National Greenhouse Gas Inventory (ดัดแปลงจากเล่มที่ 5 ตารางที่ 3.3)
ค่าการนำไปใช้	ใช้ค่าเริ่มต้นต่อไปนี้สำหรับขยะประเภทต่างๆ j :

ค่าเริ่มต้นสำหรับอัตราการสลายตัว (k_j)

		ทางทิศเหนือและอุณหภูมิ (MAT ≤ 20°C)		เขตร้อน (MAT>20°C)	
ประเภทของเสีย j		แบบแห้ง (แผนที่/ PET <1)	แบบเปียก (MAP/PET >1)	แบบแห้ง (MAP<1000 mm)	แบบเปียก (MAP > 1000 mm)
ค่อยๆ เสื่อมสลาย	เยื่อกระดาษ กระดาษแข็ง (นอกจากกากตะกอน) สิ่งทอ	0.04	0.06	0.045	0.07
	ไม้ ผลิตภัณฑ์จากไม้และฟาง	0.02	0.03	0.025	0.035
เสื่อมโทรมลงพอสมควร	อื่นๆ (ที่ไม่ใช่อาหาร) อินทรีย์ที่เน่าเสียได้ สวนและขยะสวนสาธารณะ	0.05	0.10	0.065	0.17

	เสื่อมโทรมลงอย่างรวดเร็ว	อาหาร เศษอาหาร กากตะกอนน้ำเสีย เครื่องดื่มและยาสูบ	0.06	0.185	0.085	0.40

หมายเหตุ: MAT – อุณหภูมิเฉลี่ยต่อปี
MAP – ปริมาณน้ำฝนรายปีเฉลี่ย
PET – การระเหยที่อาจเกิดขึ้น
MAP/PET - อัตราส่วนระหว่างปริมาณน้ำฝนรายปีเฉลี่ยกับการระเหยที่อาจเกิดขึ้น

หากประเภทของของเสียที่กำจัดใน SWDS ไม่สามารถระบุได้อย่างชัดเจนว่าเป็นของเสียประเภทใดประเภทหนึ่งในตารางด้านบน ผู้เข้าร่วมโครงการควรเลือกประเภทของของเสียที่มีลักษณะคล้ายคลึงกัน ซึ่งค่า DOC_j และ k_j ส่งผลให้ การประมาณการแบบอนุรักษ์นิยม (การปล่อยมลพิษต่ำสุด) หรือขอให้มีการแก้ไข/เบี่ยงเบนจากวิธีการนี้
ในกรณีของ EFB เนื่องจากมีลักษณะคล้ายคลึงกับของเสียจากสวน จึงต้องใช้ค่าพารามิเตอร์ที่สัมพันธ์กับของเสียจากสวน กรณีกากตะกอนจากอุตสาหกรรมเยื่อกระดาษและเยื่อกระดาษ ให้ใช้ค่า 0.03 ในการตกตะกอนและอุณหภูมิรวมกัน

ความถี่ในการติดตามผล	-
ขั้นตอน QA / QC	-
ความคิดเห็นอื่นๆ	จัดทำเอกสารใน PDD เกี่ยวกับสภาพภูมิอากาศที่ SWDS (อุณหภูมิ ปริมาณน้ำฝน และการคายระเหยน้ำ หากมี) ใช้ค่าเฉลี่ยระยะยาวตามข้อมูลทางสถิติ หากมี ให้มีการอ้างอิง

พารามิเตอร์	BMP_{MSW} และ BMP_j
หน่วย	tCH_4/t waste
ความหมาย	ศักยภาพการผลิตก๊าซมีเทนจากขยะหรือของเสียประเภท j ที่กำจัดหรือป้องกันจากการกำจัด
แหล่งข้อมูล	ตัวอย่าง
ค่าการนำไปใช้	ทดสอบการหมักกับตัวอย่างของขยะมูลฝอยหรือของเสียตกค้างที่มีน้ำหนักอย่างน้อย 500 กรัม การทดสอบควรดำเนินการตามมาตรฐานระดับประเทศหรือมาตรฐานสากล ซึ่งอาจจำเป็นต้องปรับเปลี่ยนเพื่อทำการทดสอบกับตัวอย่างที่มีน้ำหนัก 500 กรัมขึ้นไป ระยะเวลาของการทดสอบการหมักควรอยู่จนกระทั่งไม่มีก๊าซมีเทนเกิดขึ้นอีก (แสดงถึงการแปลง BMP เป็นมีเทนโดยสมบูรณ์) หาค่าเฉลี่ยของผลการทดสอบอย่างน้อย 3 ครั้ง

ความถี่ในการติดตามผล	อย่างน้อย 3 ตัวอย่างจากชุดงานต่างๆ เมื่อคำนวณแล้ว มูลค่าที่กำหนดจะมีผลในช่วงระยะเวลาการคำนวณคาร์บอนเครดิต
ขั้นตอน QA / QC	ตามมาตรฐานตาม (หรือดัดแปลง) เพื่อวัด BMP
ความคิดเห็นอื่นๆ	BMP เป็นฐานในการประมาณค่า $DOC_{f,y}$ และ $DOC_{f,m}$ และสำหรับ MSW อาจใช้ค่าเริ่มต้นสำหรับ $DOC_{f,y}$ และ $DOC_{f,m}$ แทนการวัด BMP

6. เอกสารอ้างอิง

CDM Methodological tool:

TOOL04: Emissions from solid waste disposal sites version 08.0

ภาคผนวก

การคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากสถานที่กำจัดขยะมูลฝอยอย่างง่าย

การคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากสถานที่กำจัดขยะมูลฝอยและการกำหนดแบบจำลอง FOD อย่างง่าย สามารถดำเนินการได้โดยมีเงื่อนไขดังนี้

1) สำหรับทางเลือกที่ 2 เฉพาะที่เกี่ยวข้องกับขยะมูลฝอยในเขตเทศบาลเท่านั้น ผู้เสนอโครงการอาจใช้แนวทางอย่างง่ายสำหรับการคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกกรณีฐาน โดยมี 2 กรณีดังนี้

1.1) กรณีที่ 1 ไม่มีการตรวจวัดองค์ประกอบของของเสีย ซึ่งส่วนหนึ่งของสมการ (1) จะสอดคล้องกับคุณสมบัติของขยะและเขตภูมิอากาศจะถูกแทนที่ด้วยค่าเริ่มต้น ซึ่งช่วยลดภาระของผู้เสนอโครงการในการวิเคราะห์องค์ประกอบของของเสีย ระยะที่อาจใช้แทนได้[4] มีหน่วยเป็น tCO_2 /ton dry waste

$$(1\text{-}OX) \times \frac{16}{12} \times F \times DOC_{f,y} \times \sum_{x=1}^{y} \sum_{j} DOC_j \times e^{-kj \times (y-x)} \times (1-e^{-kj}) \qquad \text{สมการ (13)}$$

สมการ (1) ถูกทำให้ง่ายขึ้นด้วย W_x เท่านั้นเป็นพารามิเตอร์การมอนิเตอร์:

$$BE_{CH4,SWDS,y} = \varphi_y \times (1 - f_y) \times GWP_{CH4} \times \sum^{y} Default_x \times W_x \qquad \text{สมการ (14)}$$

ค่าของ $Default_x$ ขึ้นอยู่กับเขตภูมิอากาศและปี x ตั้งแต่มีการกำจัดของเสีย ค่าเริ่มต้นได้มาจากการวิเคราะห์โครงการที่ได้ลงทะเบียนด้วยองค์ประกอบของของเสียที่ตรวจสอบแล้ว และค่าเริ่มต้นจะถูกเลือกเพื่อให้แน่ใจว่าการปล่อยมลพิษที่เส้นฐานจะคงอยู่อย่างอนุรักษ์นิยม (โดยใช้ความเชื่อมั่น 95% และความแม่นยำ 10%)

ตารางที่ 1 ค่า $Default_x$ สำหรับขั้นตอนอย่างง่าย

x	Tropical wet	Tropical dry	Boreal/ temperate wet	Boreal/temperate dry
1	0.005800	0.001856	0.003382	0.001399
2	0.004212	0.001724	0.002913	0.001325
3	0.003093	0.001601	0.002511	0.001254
4	0.002275	0.001487	0.002163	0.001188
5	0.001657	0.001381	0.001861	0.001125
6	0.001198	0.001281	0.001599	0.001065
7	0.000867	0.001189	0.001371	0.001008

[4] ค่าสมมติต่อไปนี้ถูกใช้ในการคำนวณ OX = 0.1; F = 0.5; DOC_f = 0.5; MCF = 1

x	Tropical wet	Tropical dry	Boreal/ temperate wet	Boreal/temperate dry
8	0.000635	0.001103	0.001174	0.000954
9	0.000474	0.001024	0.001004	0.000904
10	0.000362	0.000950	0.000859	0.000855
11	0.000284	0.000881	0.000734	0.000810
12	0.000228	0.000817	0.000629	0.000766
13	0.000189	0.000757	0.000539	0.000725
14	0.000160	0.000702	0.000463	0.000687
15	0.000138	0.000651	0.000399	0.000650
16	0.000122	0.000603	0.000344	0.000615
17	0.000109	0.000559	0.000298	0.000582
18	0.000098	0.000518	0.000259	0.000551
19	0.000090	0.000480	0.000226	0.000521
20	0.000082	0.000445	0.000197	0.000493
21	0.000076	0.000413	0.000173	0.000467

1.2) ลดการตรวจสอบองค์ประกอบของของเสีย โดยผู้เสนอโครงการอาจตรวจวัดเศษส่วนน้ำหนักปียกทั้งหมดของขยะอินทรีย์ ($W_{org,y}$) ได้แก่ ไม้ กระดาษ เศษอาหาร สิ่งทอ และขยะจากสวน ทดแทนการตรวจวัดองค์ประกอบของขยะตามประเภทของขยะ j ซึ่งสามารถปรับปรุงสมการที่ (1) ดังนี้

$$BE_{CH4,SWDS,y} = \varphi_y \times (1-f_y) \times GWP_{CH4} \times \sum_{X=1}^{y} Default_{org,x} \times W_{org,x}$$ สมการ (14)

ค่า $Default_{org,x}$ ขึ้นอยู่กับเขตภูมิอากาศ และค่าที่ใช้ได้มาจากการวิเคราะห์โครงการที่ลงทะเบียนด้วยองค์ประกอบของของเสียที่ตรวจสอบแล้ว และค่า $Default_{org,x}$ จะถูกเลือกเพื่อให้มั่นใจว่าการปล่อยมลพิษที่เส้นฐานจะเป็นไปตามหลักอนุรักษ์ (โดยใช้ความเชื่อมั่น 95% และความแม่นยำ 10%)

ตารางที่ 2 ค่า $Default_{org,x}$ สำหรับขั้นตอนอย่างง่าย

x	Tropical wet	Tropical dry	Boreal/ temperate wet	Boreal/temperate dry
1	0.008263	0.002715	0.004905	0.002000
2	0.006066	0.002516	0.004254	0.001891
3	0.004527	0.002330	0.003686	0.001788
4	0.003324	0.002156	0.003177	0.001691
5	0.002348	0.001995	0.002714	0.001599
6	0.001657	0.001845	0.002305	0.001511

x	Tropical wet	Tropical dry	Boreal/ temperate wet	Boreal/temperate dry
7	0.001185	0.001706	0.001953	0.001429
8	0.000862	0.001577	0.001654	0.001351
9	0.000641	0.001458	0.001402	0.001277
10	0.000489	0.001347	0.001191	0.001207
11	0.000384	0.001246	0.001013	0.001141
12	0.000309	0.001152	0.000864	0.001079
13	0.000256	0.001065	0.000738	0.001020
14	0.000218	0.000985	0.000633	0.000964
15	0.000189	0.000911	0.000544	0.000911
16	0.000167	0.000842	0.000470	0.000862
17	0.000150	0.000779	0.000406	0.000815
18	0.000136	0.000721	0.000353	0.000770
19	0.000124	0.000668	0.000308	0.000728
20	0.000114	0.000618	0.000269	0.000689
21	0.000105	0.000572	0.000237	0.000651

บันทึกการแก้ไข T-VER-P-TOOL-02-03

ฉบับที่	แก้ไขครั้งที่	วันที่บังคับใช้	รายการแก้ไข
01	-	1 มีนาคม 2566	เปลี่ยนแปลงจากรหัสเอกสารเดิม TVER-TOOL-02-03 Version 01
01	-	30 พฤศจิกายน 2565	การเริ่มใช้ครั้งแรก