

## **TVER-TOOL-02-04**

**การคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก**

**จากการเผาทำลายก๊าซชีวภาพจากการดำเนินโครงการ**

**(Tool to calculate project emissions from flaring)**

**ฉบับที่ 01**

## 1. บทนำ

เอกสารฉบับนี้เป็นเครื่องมือการคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของโครงการจากการเผาทำลายก๊าซชีวภาพซึ่งประกอบด้วยก๊าซมีเทนที่มีความเข้มข้นสูง แหล่งที่มาของก๊าซชีวภาพเหลือทิ้งจากชีวมวล (Biogenic) เช่น ก๊าซจากหลุมฝังกลบ ก๊าซชีวภาพ ก๊าซจากระบบบำบัดน้ำเสีย เป็นต้น รวมถึงการระบุวิธีการ/แหล่งข้อมูลของพารามิเตอร์ที่ต้องติดตามผล

## 2. คำนิยามที่เกี่ยวข้อง

- **ก๊าซชีวภาพเหลือทิ้ง (Residual gas หรือ RG)** หมายถึง ก๊าซไวไฟที่มีก๊าซมีเทนเป็นองค์ประกอบ และถูกเผาทำลายเป็นส่วนหนึ่งของกิจกรรมของโครงการ
- **ก๊าซไอเสีย (Exhaust gas หรือ EG)** หมายถึง ก๊าซเผาไหม้ที่ปล่อยออกมาจากระบบเผาทำลายก๊าซชีวภาพ
- **ข้อกำหนดการใช้งานระบบเผาทำลายก๊าซชีวภาพ (Flare operating specifications)** หมายถึง ข้อกำหนดของผู้ผลิตสำหรับการใช้งานระบบเผาทำลายก๊าซชีวภาพ ซึ่งรวมถึง อัตราการไหลต่ำสุดและสูงสุดและเงื่อนไขการทำงานขั้นต่ำและสูงสุดอื่น ๆ และรายละเอียดสำหรับอุปกรณ์ควบคุม
- **สภาวะอ้างอิง (Reference conditions)** หมายถึง 0 °C (273.15 K, 32 °F) และ 1 atm (101.325 kN/m<sup>2</sup>, 101.325 kPa, 14.69 psia, 29.92 in Hg, 760 torr)
- **เชื้อเพลิงเสริม (Auxiliary fuel)** หมายถึง เชื้อเพลิงที่ผสมในก๊าซชีวภาพเหลือทิ้งเพื่อเพิ่มค่าความร้อนสำหรับการเผาไหม้อย่างต่อเนื่อง โดยปกติเชื้อเพลิงเสริมที่ใช้ เช่น ก๊าซปิโตรเลียมเหลว ก๊าซธรรมชาติ เป็นต้น
- **ประสิทธิภาพของระบบเผาทำลาย (Flare efficiency)** หมายถึง ประสิทธิภาพการทำลายก๊าซมีเทนของระบบเผาทำลายก๊าซชีวภาพ ซึ่งกำหนดเป็นหนึ่งในผลด้วยอัตราส่วนระหว่างการไหลของมวลของก๊าซมีเทนในก๊าซไอเสียและการไหลของมวลของก๊าซมีเทนในก๊าซชีวภาพเหลือทิ้งที่ถูกเผาทำลาย (อ้างอิงในหน่วยพื้นฐานแห้ง (dry basis) และสภาวะอ้างอิง)
- **ระบบเผาทำลายก๊าซชีวภาพแบบเปิด (Open flare)** หมายถึง อุปกรณ์สำหรับเผาทำลายก๊าซชีวภาพที่ปลายเปิดโล่ง หรือมีลักษณะเป็นปล่องปิดอาจจะอยู่ในรูปแบบแนวตั้งหรือแนวนอน โดยที่ความยาวของปล่องเผาไหม้มีขนาดน้อยกว่า 2 เท่าของเส้นผ่านศูนย์กลางของปล่องเผาไหม้
- **ระบบเผาทำลายก๊าซชีวภาพแบบปิด (Enclosed flare)** หมายถึง อุปกรณ์สำหรับเผาทำลายก๊าซชีวภาพอยู่ภายในปล่อง และความยาวของปล่องเผาไหม้ต้องมีขนาดมากกว่า 2 เท่าของเส้นผ่านศูนย์กลางของปล่องเผาไหม้ อุปกรณ์ประกอบด้วยระบบการเผาไหม้และระบบรับอากาศตามธรรมชาติหรือบังคับได้สำหรับปฏิกิริยาการเผาไหม้

- **Low height flare** หมายถึง ระบบเผาทำลายก๊าซชีวภาพแบบปิดที่มีความสูงของปล่องระหว่าง 2 – 10 เท่าของเส้นผ่านศูนย์กลางของปล่องเผาไหม้

### 3. ลักษณะของกิจกรรมที่เข้าข่าย และเงื่อนไขการนำไปใช้

3.1 เครื่องมือการคำนวณนี้ใช้สำหรับคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของโครงการจากการเผาทำลายก๊าซชีวภาพด้วยระบบปิดหรือระบบเปิด และผู้พัฒนาโครงการควรระบุชนิดของระบบเผาทำลายที่ใช้ในกิจกรรมโครงการในเอกสารข้อเสนอโครงการ (Project Design Document หรือ PDD)

3.2 เครื่องมือนี้ใช้ได้กับการเผาทำลายก๊าซชีวภาพที่มีรายละเอียดดังนี้

- 1) ก๊าซชีวภาพเหลือทิ้งมีองค์ประกอบของก๊าซมีเทนที่มีความเข้มข้นสูง และ
- 2) แหล่งที่มาของก๊าซชีวภาพเหลือทิ้ง ได้แก่ ก๊าซมีเทนจากแหล่งชีวมวล (Biogenic) (เช่น ก๊าซจากหลุมฝังกลบ ก๊าซชีวภาพ ก๊าซจากระบบบำบัดน้ำเสีย เป็นต้น)

3.3 เครื่องมือการคำนวณนี้ไม่รวมถึงการใช้เชื้อเพลิงเสริม ดังนั้นก๊าซชีวภาพเหลือทิ้งจะต้องเป็นก๊าซไวไฟเพียงพอที่จะเผาไหม้ได้ ในกรณีใช้ระบบเผาทำลายก๊าซชีวภาพแบบปิดผู้พัฒนาโครงการต้องปฏิบัติตามข้อมูลการใช้งานระบบเผาทำลายก๊าซชีวภาพที่ผู้ผลิตกำหนดไว้

### 4. การคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก

การคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการเผาทำลายก๊าซชีวภาพจากการดำเนินโครงการซึ่งเป็นการกำหนดพารามิเตอร์ที่ใช้คำนวณต่อไปนี้

พารามิเตอร์	หน่วย	อธิบาย
$PE_{flare,y}$	tCO <sub>2</sub> e	ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการเผาทำลายก๊าซชีวภาพจากการดำเนินโครงการในปี y

#### 4.1 กิจกรรมที่พิจารณาการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการดำเนินโครงการ

ประเภท	กิจกรรม
การเผาทำลายก๊าซชีวภาพ	การใช้ระบบเผาทำลายก๊าซชีวภาพ

## 4.2 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการเผาทำลายก๊าซชีวภาพ

การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการเผาทำลายก๊าซชีวภาพคำนวณจากประสิทธิภาพของระบบเผาทำลาย และปริมาณของก๊าซมีเทนไปยังระบบเผาทำลาย โดยมีรายละเอียดดังนี้

$$PE_{\text{flare},y} = \text{GWP}_{\text{CH}_4} \times \sum_{m=1}^{525,600} F_{\text{CH}_4,\text{RG},m} \times (1 - \eta_{\text{flare},m}) \times 10^{-3} \quad \text{สมการที่ (1)}$$

โดยที่

- $PE_{\text{flare},y}$  = การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการดำเนินโครงการในปี y (tCO<sub>2</sub>e)
- $\text{GWP}_{\text{CH}_4}$  = ศักยภาพในการทำให้เกิดภาวะโลกร้อนของก๊าซมีเทน (tCO<sub>2</sub>e/ tCH<sub>4</sub>)
- $F_{\text{CH}_4,\text{RG},m}$  = ปริมาณก๊าซมีเทนในก๊าซชีวภาพเหลือทิ้งในนาที่ m (kg)
- $\eta_{\text{flare},m}$  = ประสิทธิภาพของระบบเผาทำลายในนาที่ m

โดยมีขั้นตอนการคำนวณดังนี้

### ขั้นตอนที่ 1 การหาปริมาณก๊าซมีเทนในก๊าซชีวภาพเหลือทิ้ง

พารามิเตอร์	หน่วย	ความหมาย
$F_{\text{CH}_4,m}$	kg	การไหลของมวลของก๊าซมีเทนไปยังระบบเผาทำลายในนาที่ m

ข้อกำหนดต่อไปนี้มีผลบังคับใช้

- 1) คำนวณก๊าซชีวภาพเหลือทิ้งโดยใช้เครื่องมือการคำนวณ TVER-TOOL-02-05 การคำนวณอัตราการไหลของมวลของก๊าซเรือนกระจกในกระแสก๊าซ
- 2) การไหลของก๊าซชีวภาพเหลือทิ้งจะต้องถูกวัดอย่างต่อเนื่อง
- 3) ก๊าซมีเทนเป็นก๊าซเรือนกระจก i ที่ต้องกำหนดการไหลของมวล
- 4) สามารถใช้การคำนวณมวลโมเลกุลของกระแสก๊าซอย่างง่ายในเครื่องมือการคำนวณ TVER-Tool-02-05 การคำนวณอัตราการไหลของมวลของก๊าซเรือนกระจกในกระแสก๊าซ
- 5) ช่วงเวลา t สำหรับการไหลของมวลควรใช้ค่าเฉลี่ยในทุกนาที่ m

$F_{\text{CH}_4,m}$  ซึ่งวัดจากการไหลของมวลในช่วงนาที่ m จะต้องใช้เพื่อกำหนดมวลของก๊าซมีเทนในหน่วยกิโลกรัมที่ป้อนเข้าสู่ระบบเผาทำลายก๊าซชีวภาพในนาที่ m ( $F_{\text{CH}_4,\text{RG},m}$ ) โดย  $F_{\text{CH}_4,m}$  จะถูกกำหนดบนฐานแห้ง (dry basis)

## ขั้นตอนที่ 2 การกำหนดค่าประสิทธิภาพระบบเผาทำลายก๊าซชีวภาพ

ประสิทธิภาพของระบบเผาทำลายก๊าซชีวภาพ จะขึ้นอยู่กับประสิทธิภาพการเผาไหม้ของระบบ และเวลาที่ระบบเผาไหม้ทำงาน โดยแบ่งเป็นระบบเผาทำลายก๊าซชีวภาพแบบเปิดและแบบปิด กรณีระบบเผาทำลายก๊าซชีวภาพแบบเปิดกำหนดให้ใช้ค่า default สำหรับกรณีระบบเผาทำลายก๊าซชีวภาพระบบปิด ผู้พัฒนาโครงการต้องกำหนดทางเลือกที่ใช้และต้องมีการติดตามข้อมูลตามทางเลือกที่เลือกใช้ ช่วงเวลาที่ระบบเผาทำลายทำงานต้องใช้อุปกรณ์ตรวจวัดเปลวไฟ หรือตามข้อกำหนดที่ผู้ผลิตระบุไว้

### 1) ระบบเผาทำลายก๊าซชีวภาพแบบเปิด (Open flare)

กำหนดประสิทธิภาพของระบบเผาทำลายก๊าซชีวภาพแบบเปิดในหน้าที่  $m$  ( $\eta_{\text{flare},m}$ ) เท่ากับ 50% เมื่อตรวจพบเปลวไฟในหน้าที่  $m$  ( $\text{Flame}_m$ ) มิฉะนั้น  $\eta_{\text{flare},m}$  มีค่าเป็น 0%

### 2) ระบบเผาทำลายก๊าซชีวภาพแบบปิด (Enclosed flare)

ผู้พัฒนาโครงการอาจเลือกค่าประสิทธิภาพระบบเผาทำลายก๊าซชีวภาพสำหรับหน้าที่  $m$  ( $\eta_{\text{flare},m}$ ) จากสองทางเลือก ดังนี้

- ทางเลือก A: ใช้ค่า default
- ทางเลือก B: ตรวจวัดประสิทธิภาพระบบเผาทำลายก๊าซชีวภาพ

ในกรณีที่ข้อมูลสูญหายสำหรับพารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้องกับการตรวจวัดประสิทธิภาพระบบเผาทำลายก๊าซชีวภาพ ตามทางเลือก B ข้างต้น ผู้พัฒนาโครงการอาจเลือกที่จะปฏิบัติตามข้อกำหนดของทางเลือก A ทั้งนี้ ผู้พัฒนาโครงการจะต้องระบุทางเลือกนี้ไว้ในเอกสารข้อเสนอโครงการ (PDD)

#### ทางเลือก A: ค่า default

ประสิทธิภาพระบบเผาทำลายก๊าซชีวภาพสำหรับหน้าที่  $m$  ( $\eta_{\text{flare},m}$ ) เท่ากับ 90% เมื่อตรงตามเงื่อนไขสองข้อต่อไปนี้

- 1) อุณหภูมิของระบบเผาทำลายก๊าซชีวภาพ ( $T_{\text{EG},m}$ ) และอัตราการไหลของก๊าซชีวภาพเหลือทิ้งไปยังระบบเผาทำลายก๊าซชีวภาพ ( $F_{\text{RG},m}$ ) ซึ่งเป็นไปตามข้อกำหนดการใช้งานระบบเผาทำลายก๊าซชีวภาพของผู้ผลิต ( $\text{SPEC}_{\text{flare}}$ ) ในหน้าที่  $m$  และ
- 2) ตรวจพบเปลวไฟในหน้าที่  $m$  ( $\text{Flame}_m$ )

มิฉะนั้น  $\eta_{\text{flare},m}$  เท่ากับ 0%

สำหรับระบบเผาทำลายก๊าซชีวภาพแบบปิดซึ่งถูกกำหนดให้เป็น Low height flare ประสิทธิภาพระบบเผาทำลายก๊าซชีวภาพจะถูกปรับเป็นแนวทางอนุรักษ์นิยมโดยการลบ 10%<sup>2</sup>

**ทางเลือก B: ตรวจวัดประสิทธิภาพระบบเผาทำลายก๊าซชีวภาพ**

ประสิทธิภาพระบบเผาทำลายก๊าซชีวภาพในนาที่ m คือ ค่าที่ได้จากการตรวจวัดได้ ( $\eta_{flare,m} = \eta_{flare,calc,m}$ ) เมื่อตรงตามเงื่อนไขต่อไปนี้ เพื่อแสดงให้เห็นว่าแสงแฟลร์ทำงานตามข้อกำหนดการทำงานของของผู้ผลิต

- 1) อุณหภูมิระบบเผาทำลายก๊าซชีวภาพ ( $T_{EG,m}$ ) และ อัตราการไหลของก๊าซชีวภาพเหลือทิ้งไปยังระบบ ( $F_{RG,m}$ ) อยู่ในข้อกำหนดการทำงานของของผู้ผลิต ( $SPEC_{flare}$ ) ในนาที่ m และ
- 2) ตรวจพบเปลวไฟในนาที่ m ( $Flame_m$ )

มีฉะนั้น  $\eta_{flare,m}$  เท่ากับ 0%

การวัดประสิทธิภาพระบบเผาทำลายก๊าซชีวภาพผู้พัฒนาโครงการ สามารถดำเนินการได้ 2 วิธีดังนี้

**ทางเลือก B.1** การตรวจวัดโดยหน่วยงานตรวจวัดที่ได้มาตรฐานอย่างน้อยปีละ 2 ครั้ง<sup>3</sup>

**ทางเลือก B.2** การวัดประสิทธิภาพของระบบเผาทำลายก๊าซชีวภาพทุกนาที่

**ตัวอย่างแนวปฏิบัติการตรวจวัดเปลวไฟ (ทางเลือก B)**

ผู้พัฒนาโครงการอาจเลือกอุปกรณ์ตรวจวัดเปลวไฟที่เหมาะสมและคุ้มค่าสำหรับการดำเนินกิจกรรมของโครงการ เพื่อให้มั่นใจว่าปริมาณการลดก๊าซเรือนกระจกไม่ถูกประเมินเกินจริง โดยมีตัวอย่างดังนี้

ตัวอย่างที่ 1 กิจกรรมโครงการเกี่ยวข้องกับการติดตั้งและการทำงานของระบบกักเก็บก๊าซชีวภาพจากหลุมฝังกลบและระบบเผาทำลายก๊าซชีวภาพ

เพื่อติดตามการทำงานของระบบเผาทำลายก๊าซชีวภาพ ผู้พัฒนาโครงการควรติดตั้งเครื่องตรวจจับ UV/IR ซึ่งไวต่อทั้งความยาวคลื่นอัลตราไวโอเล็ตและอินฟราเรด และตรวจจับเปลวไฟโดยการเปรียบเทียบสัญญาณของทั้งสองช่วง เครื่องตรวจจับนี้ทำงานอย่างต่อเนื่อง

ตัวอย่างที่ 2 กิจกรรมโครงการเกี่ยวข้องกับการติดตั้งและการทำงานของระบบรวบรวมกักเก็บก๊าซชีวภาพมาใช้ประโยชน์และระบบเผาทำลายก๊าซชีวภาพในโรงงานอุตสาหกรรม เพื่อติดตามการทำงานของระบบเผาทำลายก๊าซชีวภาพ ผู้พัฒนาโครงการควรติดตั้งอุปกรณ์วัดอุณหภูมิ (thermocouples) เพื่อติดตามการทำงานของเปลวไฟ ซึ่งทำการวัดอุณหภูมิอย่างต่อเนื่อง

<sup>2</sup> ตัวอย่างเช่น ค่า default ที่ใช้จะเป็น 80% แทนที่จะเป็น 90%

<sup>3</sup> กรณีช่วงระยะเวลาติดตามผล (Monitoring period) น้อยกว่าหนึ่งปี ควรดำเนินการตรวจวัดอย่างน้อย 2 ครั้งในช่วงระยะเวลาติดตามผลและการตรวจวัดแต่ละครั้งมีระยะห่างในกรอบเวลาสูงสุดหกเดือน

### ทางเลือก B.1: การตรวจวัดโดยหน่วยงานตรวจวัดที่ได้มาตรฐานอย่างน้อยปีละ 2 ครั้ง

ค่า  $\eta_{flare,calc,m}$  คำนวณจากค่าเฉลี่ยของการวัดประสิทธิภาพของระบบเผาทำลายก๊าซชีวภาพปีละ 2 ครั้ง ในปี  $y$  ( $\eta_{flare,calc,y}$ ) โดยมีการปรับค่าจากปัจจัยความไม่แน่นอน 5% ดังนี้

$$\eta_{flare,calc,y} = 1 - \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n \left( \frac{F_{CH_4,EG,t}}{F_{CH_4,RG,t}} \right) - 0.05 \quad \text{สมการที่ (2)}$$

โดยที่

- $\eta_{flare,calc,y}$  = ประสิทธิภาพของระบบเผาทำลายก๊าซชีวภาพ ในปี  $y$
- $F_{CH_4,EG,t}$  = ปริมาณของก๊าซมีเทนในก๊าซไอเสียของระบบเผาทำลายก๊าซชีวภาพบนฐานแห่งที่สภาวะอ้างอิง ในช่วงเวลา  $t$  (kg)
- $F_{CH_4,RG,t}$  = ปริมาณของก๊าซมีเทนในก๊าซชีวภาพเหลือทิ้งบนฐานแห่งที่สภาวะอ้างอิง
- $t$  = จำนวน 2 ครั้งในปี  $y$  จากการวัดประสิทธิภาพของระบบเผาทำลายก๊าซชีวภาพ โดยใช้เวลาตรวจวัดแต่ละครั้งอย่างน้อย 1 ชั่วโมง และห่างกันอย่างน้อย 6 เดือน

ค่า  $F_{CH_4,EG,t}$  ได้จากการตรวจวัดเป็นไปตามมาตรฐานที่เหมาะสมและค่า  $F_{CH_4,RG,t}$  คำนวณตามขั้นตอนที่ 1 และประกอบด้วยผลรวมของปริมาณก๊าซมีเทนในนาที่  $m$  ในช่วงเวลา  $t$

#### **ตัวอย่างแนวปฏิบัติการวัดประสิทธิภาพของระบบเผาทำลายก๊าซชีวภาพ (ทางเลือก B.1)**

ผู้พัฒนาโครงการอาจเลือกแนวทางในการวัดประสิทธิภาพของระบบเผาทำลายก๊าซชีวภาพที่เหมาะสมและคุ้มค่าสำหรับกิจกรรมของโครงการ โดยมีตัวอย่างดังนี้

กิจกรรมโครงการเกี่ยวข้องกับการติดตั้งและการทำงานของระบบกักเก็บก๊าซชีวภาพขนาดเล็กและระบบเผาทำลายก๊าซชีวภาพ ผู้พัฒนาโครงการดำเนินการวัดประสิทธิภาพของระบบเผาทำลายก๊าซชีวภาพโดยหน่วยงานที่ได้รับการรับรองเป็นรายครั้งปี นิติบุคคลที่ได้รับการรับรองนี้ดำเนินการวัดสองครั้งต่อปี

โดยจะตรวจวัดปริมาณก๊าซมีเทนในก๊าซชีวภาพเหลือทิ้ง (kg) และปริมาณก๊าซมีเทนในก๊าซไอเสียจากระบบเผาทำลายก๊าซชีวภาพ (kg) อย่างน้อย 1 ชั่วโมง ประสิทธิภาพของระบบเผาทำลายก๊าซชีวภาพในปี  $y$  คำนวณจากค่าเฉลี่ยของการวัด 2 ครั้งบนฐานแห่งที่สภาวะอ้างอิง โดยลบปัจจัยความไม่แน่นอนที่ 5 %

## ทางเลือก B.2 การวัดประสิทธิภาพของระบบเผาทำลายก๊าซชีวภาพทุกนาที่

ค่าประสิทธิภาพของระบบเผาทำลายก๊าซชีวภาพ ( $\eta_{\text{flare,calc,m}}$ ) อ้างอิงจากการตรวจสอบปริมาณก๊าซมีเทนในก๊าซไอเสีย ปริมาณก๊าซชีวภาพเหลือทิ้ง และปริมาณอากาศที่ใช้ในกระบวนการในนาที่  $m$  และในปี  $y$  ดังนี้

$$\eta_{\text{flare,calc,m}} = 1 - \frac{F_{\text{CH}_4,\text{EG,m}}}{F_{\text{CH}_4,\text{RG,m}}} \quad \text{สมการที่ (5)}$$

โดยที่

- $\eta_{\text{flare,calc,m}}$  = ประสิทธิภาพของระบบเผาทำลายก๊าซชีวภาพ ในนาที่  $m$
- $F_{\text{CH}_4,\text{EG,m}}$  = ปริมาณของก๊าซมีเทนในก๊าซไอเสียของระบบเผาทำลายก๊าซชีวภาพบนฐานแห้งที่สภาวะอ้างอิง ในนาที่  $m$  (kg)
- $F_{\text{CH}_4,\text{RG,m}}$  = ปริมาณของก๊าซมีเทนในก๊าซชีวภาพเหลือทิ้งบนฐานแห้งที่สภาวะอ้างอิง ในนาที่  $m$  (kg)

ค่า  $F_{\text{CH}_4,\text{RG,m}}$  คำนวณตามขั้นตอนที่ 1

ค่า  $F_{\text{CH}_4,\text{EG,m}}$  คำนวณตามขั้นตอนที่ 2.1 - 2.4 ดังนี้

### ขั้นตอนที่ 2.1 การคำนวณปริมาณก๊าซมีเทนในก๊าซไอเสียบนฐานแห้ง

ปริมาณก๊าซมีเทนในก๊าซไอเสียคำนวณได้จากปริมาตรการไหลของก๊าซไอเสียและความเข้มข้นของก๊าซมีเทนที่วัดได้ในก๊าซไอเสียดังนี้

$$F_{\text{CH}_4,\text{EG,m}} = V_{\text{EG,m}} \times f_{\text{C}_{\text{H}_4,\text{EG,m}}} \times 10^{-6} \quad \text{สมการที่ (6)}$$

โดยที่

- $F_{\text{CH}_4,\text{EG,m}}$  = ปริมาณก๊าซมีเทนในก๊าซไอเสียจากระบบเผาทำลายก๊าซชีวภาพบนฐานแห้งที่สภาวะอ้างอิง ในนาที่  $m$  (kg)
- $V_{\text{EG,m}}$  = ปริมาตรก๊าซไอเสียจากระบบเผาทำลายก๊าซชีวภาพบนฐานแห้งที่สภาวะอ้างอิง ในนาที่  $m$  ( $\text{m}^3$ )
- $f_{\text{C}_{\text{H}_4,\text{EG,m}}}$  = ปริมาณก๊าซมีเทนในก๊าซไอเสียจากระบบเผาทำลายก๊าซชีวภาพบนฐานแห้งที่สภาวะอ้างอิง ในนาที่  $m$  ( $\text{mg}/\text{m}^3$ )



### ขั้นตอนที่ 2.2 การคำนวณปริมาตรของก๊าซไอเสีย ( $V_{EG,m}$ )

การคำนวณปริมาตรเฉลี่ยของก๊าซไอเสียในนาที่  $m$  ตามการคำนวณของกระบวนการเผาไหม้ขึ้นอยู่กับองค์ประกอบทางเคมีของก๊าซชีวภาพเหลือทิ้ง ปริมาณอากาศที่ใช้ในการเผาไหม้และองค์ประกอบของก๊าซไอเสีย มีการคำนวณดังนี้

$$V_{EG,m} = Q_{EG,m} \times M_{RG,m} \quad \text{สมการที่ (7)}$$

โดยที่

$$V_{EG,m} = \text{ปริมาตรของก๊าซไอเสียบนฐานแห้งที่สภาวะอ้างอิง ในนาที่ } m \text{ (m}^3\text{)}$$

$$Q_{EG,m} = \text{ปริมาตรของก๊าซไอเสียบนฐานแห้งที่สภาวะอ้างอิงต่อกิโลกรัมของก๊าซชีวภาพเหลือทิ้งบนฐานแห้งที่สภาวะอ้างอิง ในนาที่ } m \text{ (m}^3 \text{ exhaust gas/kg residual gas)}$$

$$M_{RG,m} = \text{ปริมาณก๊าซชีวภาพเหลือทิ้งบนฐานแห้งที่สภาวะอ้างอิง ในนาที่ } m \text{ (kg)}$$

### ขั้นตอนที่ 2.3 การคำนวณปริมาณของก๊าซชีวภาพเหลือทิ้ง ( $M_{RG,m}$ )

ผู้พัฒนาโครงการอาจเลือกตรวจสอบปริมาณของก๊าซชีวภาพเหลือทิ้งในนาที่  $m$  โดยตรงหรือตามขั้นตอนที่กำหนดในขั้นตอนนี้ ค่า  $M_{RG,m}$  ได้จากการคำนวณปริมาตรและความหนาแน่นของก๊าซชีวภาพเหลือทิ้ง ความหนาแน่นของก๊าซชีวภาพเหลือทิ้งจะถูกกำหนดตามสัดส่วนของส่วนประกอบทั้งหมดในก๊าซชีวภาพ

$$M_{RG,m} = P_{RG,ref,m} \times V_{RG,m} \quad \text{สมการที่ (8)}$$

โดยที่

$$M_{RG,m} = \text{ปริมาณก๊าซเหลือทิ้งบนฐานแห้งที่สภาวะอ้างอิง ในนาที่ } m \text{ (kg)}$$

$$P_{RG,ref,m} = \text{ความหนาแน่นของก๊าซชีวภาพเหลือทิ้งที่สภาวะอ้างอิง ในนาที่ } m \text{ (kg/m}^3\text{)}$$

$$V_{RG,m} = \text{ปริมาตรก๊าซชีวภาพเหลือทิ้งที่สภาวะอ้างอิง ในนาที่ } m \text{ (m}^3\text{)}$$

และ

$$P_{RG,ref,m} = \frac{P_{ref}}{R_u \times T_{ref}} \times MM_{RG,m} \quad \text{สมการที่ (9)}$$

โดยที่

$$\begin{aligned}
 P_{RG,ref,m} &= \text{ความหนาแน่นของก๊าซชีวภาพเหลือทิ้งที่สภาวะอ้างอิงในหน้าที่ } m \text{ (kg/m}^3\text{)} \\
 P_{ref} &= \text{ความดันบรรยากาศที่สภาวะอ้างอิง (Pa)} \\
 R_u &= \text{ค่าคงที่ก๊าซในอุดมคติ (Pa}\cdot\text{m}^3\text{/kmol}\cdot\text{K)} \\
 MM_{RG,m} &= \text{มวลโมเลกุลของก๊าซชีวภาพเหลือทิ้งในหน้าที่ } m \text{ (kg/ kmol)} \\
 T_{ref} &= \text{อุณหภูมิที่สภาวะอ้างอิง (K)}
 \end{aligned}$$

ค่า  $MM_{RG,m}$  คำนวณตามสมการที่ 10 โดยผู้พัฒนาโครงการอาจเลือกอย่างใดอย่างหนึ่ง a) ใช้สัดส่วนปริมาตรที่วัดได้ของแต่ละองค์ประกอบ  $i$  ของก๊าซชีวภาพเหลือทิ้งหรือ b) อย่างง่าย โดยใช้สัดส่วนปริมาตรของก๊าซมีเทนและพิจารณาความแตกต่างเป็น 100% เป็นก๊าซไนโตรเจน ( $N_2$ ) โดยใช้สมการเช่นเดียวกันโดยไม่คำนึงถึงตัวเลือกที่ถูกเลือก

$$MM_{RG,m} = \sum_i (V_{i,RG,m} \times MM_i) \quad \text{สมการที่ (10)}$$

โดยที่

$$\begin{aligned}
 MM_{RG,m} &= \text{มวลโมเลกุลของก๊าซชีวภาพเหลือทิ้งในหน้าที่ } m \text{ (kg/km)} \\
 MM_i &= \text{มวลโมเลกุลของส่วนประกอบก๊าซชีวภาพเหลือทิ้ง } i \text{ (kg/km)} \\
 V_{i,RG,m} &= \text{สัดส่วนปริมาตรของส่วนประกอบ } i \text{ ในก๊าซชีวภาพเหลือทิ้งบนฐานแห้งที่} \\
 &\quad \text{สภาวะอ้างอิงในชั่วโมง } h \\
 i &= \text{ส่วนประกอบของก๊าซชีวภาพเหลือทิ้ง ในกรณี} \\
 &\quad \text{ทางเลือก (a) ค่า } i = \text{CH}_4, \text{CO, CO}_2, \text{O}_2, \text{H}_2, \text{H}_2\text{S, NH}_3, \text{N}_2 \text{ หรือ} \\
 &\quad \text{ทางเลือก (b) ค่า } i = \text{CH}_4 \text{ และ } \text{N}_2
 \end{aligned}$$

**ขั้นตอนที่ 2.4 การคำนวณปริมาตรของก๊าซไอเสียบนฐานแห้งที่สภาวะอ้างอิงต่อกิโลกรัมของก๊าซชีวภาพเหลือทิ้ง ( $Q_{EG,m}$ )**

ค่า  $Q_{EG,m}$  คำนวณได้ตามสมการที่ 11

$$Q_{EG,m} = Q_{CO_2,EG,m} + Q_{O_2,EG,m} + Q_{N_2,EG,m} \quad \text{สมการที่ (11)}$$

โดยที่

- $Q_{EG,m}$  = ปริมาตรของก๊าซไอเสียพื้นฐานแห้งต่อกิโลกรัมของก๊าซชีวภาพเหลือทิ้งพื้นฐาน  
 แห่งที่สภาวะอ้างอิงในหน้าที่  $m$  ( $m^3/kg$  residual gas)
- $Q_{CO_2,EG,m}$  = ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในก๊าซไอเสียต่อกิโลกรัมของก๊าซชีวภาพเหลือ  
 ทิ้งพื้นฐานแห้งที่สภาวะอ้างอิงในหน้าที่  $m$  ( $m^3/kg$  residual gas)
- $Q_{O_2,EG,m}$  = ปริมาณก๊าซออกซิเจนในก๊าซไอเสียต่อกิโลกรัมของก๊าซชีวภาพเหลือทิ้งพื้นฐาน  
 แห่งที่สภาวะอ้างอิงในหน้าที่  $m$  ( $m^3/kg$  residual gas)
- $Q_{N_2,EG,m}$  = ปริมาณก๊าซไนโตรเจนในก๊าซไอเสียต่อกิโลกรัมของก๊าซชีวภาพเหลือทิ้งพื้นฐาน  
 แห่งที่สภาวะอ้างอิงในหน้าที่  $m$  ( $m^3/kg$  residual gas)

และ

$$Q_{O_2,EG,m} = n_{O_2,EG,m} \times VM_{ref} \quad \text{สมการที่ (12)}$$

โดยที่

- $Q_{O_2,EG,m}$  = ปริมาณก๊าซออกซิเจนในก๊าซไอเสียต่อกิโลกรัมของก๊าซชีวภาพเหลือทิ้งพื้นฐาน  
 แห่งที่สภาวะอ้างอิงในหน้าที่  $m$  ( $m^3/kg$  residual gas)
- $n_{O_2,EG,m}$  = ปริมาณก๊าซออกซิเจนในก๊าซไอเสียต่อกิโลกรัมของก๊าซชีวภาพเหลือทิ้งที่ถูกเผา  
 ทำลายพื้นฐานแห้งที่สภาวะอ้างอิงในหน้าที่  $m$  (kmol / kg residual gas)
- $VM_{ref}$  = ปริมาตรของหนึ่งโมลของก๊าซในอุดมคติที่อุณหภูมิและความดันอ้างอิง ( $m^3/kmol$ )

$$Q_{n_2,EG,m} = VM_{ref} \times \left( \left( \frac{MF_{N,RG,m}}{2 \times AM_N} \right) + \left( \frac{1 - v_{O_2,air}}{v_{O_2,air}} \right) \times (F_{O_2,RG,m} + n_{O_2,RG,m}) \right) \quad \text{สมการที่ (13)}$$

โดยที่

- $Q_{N_2,EG,m}$  = ปริมาณก๊าซไนโตรเจนในก๊าซไอเสียต่อกิโลกรัมของก๊าซชีวภาพเหลือทิ้งพื้นฐาน  
 แห่งที่สภาวะอ้างอิงในหน้าที่  $m$  ( $m^3 / kg$  residual gas)
- $VM_{ref}$  = ปริมาตรของหนึ่งโมลของก๊าซในอุดมคติที่อุณหภูมิและความดันอ้างอิง ( $m^3 / kmol$ )
- $MF_{N,RG,m}$  = ปริมาณก๊าซไนโตรเจนในก๊าซชีวภาพเหลือทิ้งในหน้าที่  $m$
- $AM_N$  = มวลอะตอมของไนโตรเจน (kg/kmol)
- $v_{O_2,air}$  = ปริมาตรของก๊าซออกซิเจนในอากาศ

$F_{O_2, RG, m}$  = ปริมาณ Stoichiometric ของโมลของก๊าซออกซิเจนที่จำเป็นสำหรับการออกซิเดชันที่สมบูรณ์ของก๊าซชีวภาพเหลือทิ้งใน 1 กิโลกรัมในนาที่ m (kmol/ kg residual gas)

$n_{O_2, EG, m}$  = ปริมาณก๊าซออกซิเจนในก๊าซไอเสียต่อกิโลกรัมของก๊าซชีวภาพเหลือทิ้งที่ถูกเผาทำลายบนฐานแห้งที่สภาวะอ้างอิงในนาที่ m (kmol/ kg residual gas)

$$Q_{CO_2, EG, m} = \frac{MF_{C, RG, m} \times VM_{ref}}{AM_C} \quad \text{สมการที่ (14)}$$

โดยที่

$Q_{CO_2, EG, m}$  = ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในก๊าซไอเสียต่อกิโลกรัมของก๊าซชีวภาพเหลือทิ้งบนฐานแห้งที่สภาวะอ้างอิงในนาที่ m ( $m^3$  / kg residual gas)

$MF_{C, RG, m}$  = สัดส่วนโดยมวลของคาร์บอนในก๊าซชีวภาพเหลือทิ้งในนาที่ m

$AM_C$  = มวลอะตอมของคาร์บอน (kg/kmol)

$VM_{ref}$  = ปริมาตรของหนึ่งโมลของก๊าซในอุดมคติที่อุณหภูมิอ้างอิงและความดัน ( $m^3$  / kmol)

$$n_{O_2, EG, m} = \frac{v_{O_2, EG, m}}{\left(1 - \left(\frac{v_{O_2, EG, m}}{v_{O_2, air}}\right)\right)} \times \left( \left( \frac{MF_{C, RG, m}}{AM_C} + \frac{MF_{N, RG, m}}{2 \times AM_N} + \left( \frac{1 - v_{O_2, air}}{v_{O_2, air}} \right) \times F_{O_2, RG, m} \right) \right) \quad \text{สมการที่ (15)}$$

โดยที่

$n_{O_2, EG, m}$  = ปริมาณก๊าซออกซิเจนในก๊าซไอเสียต่อกิโลกรัมของก๊าซชีวภาพเหลือทิ้งรวบรวบนพื้นฐานแห้งที่สภาวะอ้างอิงในนาที่ m (kmol / kg residual gas)

$v_{O_2, EG, m}$  = สัดส่วนปริมาตรของก๊าซออกซิเจนในก๊าซไอเสียบนฐานแห้งที่สภาวะอ้างอิงในนาที่ m

$v_{O_2, air}$  = สัดส่วนปริมาตรของก๊าซออกซิเจนในอากาศ

$MF_{C, RG, m}$  = สัดส่วนโดยมวลของคาร์บอนในก๊าซชีวภาพเหลือทิ้งในนาที่ m

$AM_C$  = มวลอะตอมของคาร์บอน (kg / kmol)

$MF_{N, RG, m}$  = สัดส่วนโดยมวลของก๊าซไนโตรเจนในก๊าซชีวภาพเหลือทิ้งในนาที่ m

$AM_N$  = มวลอะตอมของก๊าซไนโตรเจน (kg / kmol)

$F_{O_2, RG, m}$  = ปริมาณ Stoichiometric ของโมลของก๊าซออกซิเจนที่จำเป็นสำหรับการออกซิเดชันที่สมบูรณ์ของก๊าซชีวภาพเหลือทิ้ง 1 กิโลกรัมในนาที่ m (kmol / kg residual gas)

$$F_{O_2, RG, m} = \frac{MF_{C, RG, m}}{AM_C} + \frac{MF_{H, RG, m}}{4AM_H} - \frac{MF_{O, RG, m}}{2AM_O} \quad \text{สมการที่ (16)}$$

โดยที่

- $F_{O_2, RG, m}$  = ปริมาณ Stoichiometric ของโมลของก๊าซออกซิเจนจำเป็นสำหรับการออกซิเดชันที่สมบูรณ์ของก๊าซชีวภาพเหลือทิ้ง 1 กิโลกรัมในนาที่ m (kmol / kg residual gas)
- $MF_{C, RG, m}$  = สัดส่วนโดยมวลของคาร์บอนในก๊าซชีวภาพเหลือทิ้งในนาที่ m
- $AM_C$  = มวลอะตอมของคาร์บอน (kg / kmol)
- $MF_{O, RG, m}$  = สัดส่วนโดยมวลของก๊าซออกซิเจนในก๊าซชีวภาพเหลือทิ้งในนาที่ m
- $AM_O$  = มวลอะตอมของก๊าซออกซิเจน (kg / kmol)
- $MF_{H, RG, m}$  = สัดส่วนโดยมวลของก๊าซไฮโดรเจนในก๊าซชีวภาพเหลือทิ้งในนาที่ m
- $AM_H$  = มวลอะตอมของก๊าซไฮโดรเจน (kg / kmol)

ค่าสัดส่วนโดยมวลของคาร์บอน ก๊าซไฮโดรเจน ก๊าซออกซิเจนและก๊าซไนโตรเจนในก๊าซชีวภาพเหลือทิ้งโดยใช้สัดส่วนโดยปริมาตรของส่วนประกอบ i ในก๊าซชีวภาพเหลือทิ้ง คำนวณได้ตามสมการที่ 17 ในการใช้สมการนี้ ผู้พัฒนาโครงการอาจเลือกที่จะ a) ใช้สัดส่วนโดยปริมาตรที่วัดได้ของแต่ละองค์ประกอบ i ของก๊าซชีวภาพเหลือทิ้งหรือ (b) ตรวจสอบสัดส่วนโดยปริมาตรของก๊าซมีเทนและพิจารณาความแตกต่างเป็น 100% ว่าเป็นก๊าซไนโตรเจน สมการเดียวกันนี้ใช้ได้โดยไม่ต้องคำนึงถึงตัวเลือกที่ถูกเลือก

$$MF_{j, RG, m} = \frac{\sum_i v_{i, RG, m} \times AM_j \times NA_{j,i}}{MM_{RG, m}} \quad \text{สมการที่ (17)}$$

โดยที่

- $MF_{j, RG, m}$  = สัดส่วนโดยมวลขององค์ประกอบ j ในก๊าซชีวภาพเหลือทิ้งในนาที่ m
- $v_{i, RG, m}$  = ปริมาตรของส่วนประกอบ i ในก๊าซชีวภาพเหลือทิ้งบนฐานแห้งในนาที่ m
- $AM_j$  = มวลอะตอมของธาตุ j (kg / kmol)
- $NA_{j,i}$  = จำนวนอะตอมของธาตุ j ในส่วนประกอบ i
- $MM_{RG, m}$  = มวลโมเลกุลของก๊าซชีวภาพเหลือทิ้งในนาที่ m (kg / kmol)
- j = องค์ประกอบ C, O, H และ N

- i = ส่วนประกอบของก๊าซชีวภาพเหลือทิ้ง หากตัวเลือก (a) ถูกเลือกเพื่อวัดสัดส่วนโดยปริมาตร  $i = \text{CH}_4, \text{CO}, \text{CO}_2, \text{O}_2, \text{H}_2, \text{H}_2\text{S}, \text{NH}_3, \text{N}_2$  หรือหากเลือกตัวเลือก (b) แล้ว  $i = \text{CH}_4$  และ  $\text{N}_2$

สำหรับประสิทธิภาพระบบเผาทำลายก๊าซชีวภาพแบบปิดในนาที่  $m$  ( $\eta_{\text{flare},m}$ ) จะถูกปรับเป็นแนวทางอนุรักษ์นิยมโดยการลบประสิทธิภาพ 10 % ตัวอย่างเช่น หากค่าที่วัดได้คือ 99% ค่าที่นำไปใช้จะเป็น 89%

## 5. ขั้นตอนวิธีการติดตามผล

### 5.1 ขั้นตอนการติดตามผล

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

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

### 5.2. พารามิเตอร์ที่ต้องติดตามผล

พารามิเตอร์	$F_{\text{CH}_4, \text{EG}, t}$
หน่วย	kg
ความหมาย	ปริมาณก๊าซมีเทนในก๊าซไอเสียจากระบบเผาทำลายก๊าซชีวภาพบนฐานแห้งที่สถานะอ้างอิงในช่วงเวลา $t$
แหล่งข้อมูล	ผลการตรวจวัดจากหน่วยงานที่ได้รับการรับรอง
การติดตามผล	ตรวจวัดการไหลของก๊าซมีเทนในก๊าซไอเสียเป็นไปตามมาตรฐานที่เหมาะสม เวลา $t$ เป็นการตรวจวัดการไหลของมวลอย่างน้อย 1 ชั่วโมง และห่างกันอย่างน้อย 6 เดือน อัตราการไหลเฉลี่ยต่อการเผาทำลายในเวลา $t$ ต้องมากกว่าอัตราการไหลเฉลี่ยย้อนหลัง 6 เดือน

ความถี่ในการติดตามผล	2 ครั้งต่อปี
ขั้นตอน QA / QC	ตามมาตรฐาน
ความคิดเห็นอื่นๆ	จำเป็นต้องมีการตรวจวัดพารามิเตอร์นี้ในกรณีที่ใช้ระบบเผาทำลายก๊าซชีวภาพแบบปิดและผู้พัฒนาโครงการเลือก B.1 เพื่อกำหนดประสิทธิภาพระบบเผาทำลายก๊าซชีวภาพ

พารามิเตอร์	$T_{EG,m}$
หน่วย	องศาเซลเซียส
ความหมาย	อุณหภูมิของระบบเผาทำลายก๊าซชีวภาพในนาที่ $m$
แหล่งข้อมูล	ตรวจวัดจากผู้พัฒนาโครงการ
การติดตามผล	<p>ตรวจวัดอุณหภูมิของระบบเผาทำลายก๊าซชีวภาพด้วยอุปกรณ์ที่เหมาะสม และการตรวจวัดนอกอุณหภูมิการทำงานที่ระบุโดยผู้ผลิตอาจระบุว่าจะระบบเผาทำลายก๊าซชีวภาพทำงานไม่ถูกต้องและอาจจำเป็นต้องมีการบำรุงรักษา</p> <p>ผู้ผลิตระบบเผาทำลายก๊าซชีวภาพจะต้องจัดเตรียมแนวทางการตรวจสอบอุณหภูมิของระบบเผาทำลายก๊าซชีวภาพที่เหมาะสม ซึ่งคาดว่าจะอยู่ในระยะ 1 ส่วน 3 ของระบบเผาทำลายก๊าซชีวภาพ</p> <p>ในกรณีที่ติดตั้งอุปกรณ์ตรวจวัดอุณหภูมิมากกว่า 1 ตัว ผู้ผลิตระบบเผาทำลายก๊าซชีวภาพจะต้องแนะนำเงื่อนไขที่จะติดตั้งในแต่ละตำแหน่งที่เหมาะสมที่สุดสำหรับการตรวจสอบการทำงานของระบบ</p>
ความถี่ในการติดตามผล	1 ครั้งต่อนาที่
ขั้นตอน QA / QC	ควรเปลี่ยนหรือสอบเทียบอุปกรณ์วัดอุณหภูมิตามตารางการบำรุงรักษา
ความคิดเห็นอื่นๆ	<p>การเปลี่ยนแปลงที่ไม่คาดคิด เช่นอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้น / ลดลงอย่างฉับพลันอาจเกิดขึ้นได้จากหลายสาเหตุ เหตุการณ์เหล่านี้ควรถูกบันทึกไว้พร้อมกับการดำเนินการแก้ไขใดๆ ที่ดำเนินการเพื่อแก้ไขปัญหา</p> <p>การตรวจสอบพารามิเตอร์นี้สามารถใช้ได้ในกรณีที่เลือกใช้ระบบเผาทำลายก๊าซชีวภาพแบบปิด และการตรวจวัดต้องเป็นไปตามข้อกำหนดของผู้ผลิต</p>

พารามิเตอร์	$V_{i,RG,m}$
หน่วย	-
ความหมาย	สัดส่วนปริมาตรของส่วนประกอบ $i$ ในก๊าซชีวภาพเหลือทิ้งบนฐานแห้งที่สภาวะอ้างอิงในชั่วโมง $h$
แหล่งข้อมูล	การตรวจวัดโดยผู้พัฒนาโครงการโดยใช้เครื่องวิเคราะห์ก๊าซแบบต่อเนื่อง
การติดตามผล	การตรวจวัดอาจทำทั้งบนฐานแห้งหรือฐานเปียก ทั้งนี้กรณีใช้ฐานเปียกให้ดำเนินการแปลงเป็นฐานแห้ง
ความถี่ในการติดตามผล	ดำเนินการตรวจวัดอย่างต่อเนื่องโดยเฉลี่ยเป็นนาที่
ขั้นตอน QA / QC	เครื่องวิเคราะห์จะต้องได้รับการสอบเทียบตามคำแนะนำของผู้ผลิต

ความคิดเห็นอื่นๆ	ผู้พัฒนาโครงการสามารถตรวจวัดปริมาณ $\text{CH}_4$ , $\text{CO}$ และ $\text{CO}_2$ ของก๊าซชีวภาพเหลือทิ้งเท่านั้น และพิจารณาส่วนที่เหลือเป็น $\text{N}_2$ การตรวจวัดพารามิเตอร์นี้ใช้ได้เฉพาะในกรณีของระบบเผาทำลายก๊าซชีวภาพแบบปิด และการตรวจวัดประสิทธิภาพระบบเผาทำลายก๊าซชีวภาพแบบปิด การตรวจวัดปริมาณก๊าซมีเทนจะต้องใกล้เคียงกับอุปกรณ์สำหรับตรวจวัดการไหลของก๊าซชีวภาพ
------------------	---

พารามิเตอร์	$V_{\text{RG,m}}$
หน่วย	$\text{m}^3$
ความหมาย	ปริมาตรก๊าซชีวภาพเหลือทิ้งที่สภาวะอ้างอิง ในนาที่ m
แหล่งข้อมูล	การตรวจวัดโดยผู้พัฒนาโครงการโดยใช้เครื่องวัดอัตราการไหล
การติดตามผล	เครื่องมือที่บันทึกได้ด้วยสัญญาณอิเล็กทรอนิกส์ (อะนาล็อกหรือ ดิจิตอล)
ความถี่ในการติดตามผล	ต่อเนื่อง โดยเป็นค่าเฉลี่ยนาที่
ขั้นตอน QA / QC	เครื่องวัดอัตราการไหลจะต้องได้รับการสอบเทียบตามคำแนะนำของผู้ผลิต
ความคิดเห็นอื่นๆ	1) ใช้ในกรณีที่ผู้พัฒนาโครงการเลือกใช้ระบบเผาทำลายก๊าซชีวภาพแบบปิด และการตรวจวัดประสิทธิภาพระบบเผาทำลายก๊าซชีวภาพอย่างต่อเนื่อง รวมทั้งกรณีที่ผู้พัฒนาโครงการเลือกที่จะคำนวณ $V_{\text{RG,m}}$ แทนการตรวจวัด 2) การตรวจวัดพารามิเตอร์นี้ต้องดำเนินการตามข้อกำหนดของผู้ผลิตสำหรับอัตราการไหล/ค่าความหนาแน่นความร้อน โดยอัตราการไหลมีหน่วยเป็น $\text{m}^3 / \text{h}$

พารามิเตอร์	$M_{\text{RG,m}}$
หน่วย	kg
ความหมาย	ปริมาณก๊าซชีวภาพเหลือทิ้งบนฐานแห้งที่สภาวะอ้างอิง ในนาที่ m
แหล่งข้อมูล	-
การติดตามผล	เครื่องมือที่บันทึกได้ด้วยสัญญาณอิเล็กทรอนิกส์ (อะนาล็อกหรือดิจิตอล)
ความถี่ในการติดตามผล	ต่อเนื่อง โดยเป็นค่าเฉลี่ยนาที่
ขั้นตอน QA / QC	การสอบเทียบโดยห้องปฏิบัติการได้รับการรับรอง ทั้งนี้จำนวนการสอบเทียบ และความถี่ในการสอบเทียบเป็นไปตามคำแนะนำของผู้ผลิต
ความคิดเห็นอื่นๆ	1) ใช้ในกรณีที่ใช้ระบบเผาทำลายก๊าซชีวภาพแบบปิด และการตรวจสอบประสิทธิภาพระบบเผาทำลายก๊าซชีวภาพอย่างต่อเนื่องและกรณีผู้พัฒนาโครงการเลือกที่จะคำนวณ $M_{\text{RG,m}}$ แทนการคำนวณ 2) การตรวจวัดพารามิเตอร์นี้ต้องดำเนินการตามข้อกำหนดของผู้ผลิต สำหรับอัตราการไหล/ค่าความหนาแน่นความร้อน โดยอัตราการไหลมีหน่วยเป็น $\text{m}^3 / \text{h}$

พารามิเตอร์	$V_{\text{O}_2,\text{EG,m}}$
หน่วย	-



ความหมาย	สัดส่วนปริมาตรของก๊าซออกซิเจนในก๊าซไอเสียบนฐานแห้งที่สภาวะอ้างอิงในนาที่
แหล่งข้อมูล	การตรวจวัดโดยผู้พัฒนาโครงการโดยใช้เครื่องวิเคราะห์ก๊าซแบบต่อเนื่อง
การติดตามผล	เครื่องวิเคราะห์การสู่มตัวอย่างแบบสกัดด้วยน้ำและอนุภาคหรือเครื่องวิเคราะห์ในแหล่งกำเนิดเพื่อการวิเคราะห์พื้นฐานเปียก จุดตรวจวัดจะอยู่ส่วนบนของระบบเผาทำลายก๊าซชีวภาพ (80% ของความสูงเปลวไฟ) การสู่มตัวอย่างจะต้องดำเนินการด้วยหัววัดการสู่มตัวอย่างที่เหมาะสมกับระดับอุณหภูมิที่สูง (เช่น หัววัด inconel)
ความถี่ในการติดตามผล	ต่อเนื่อง โดยเป็นค่าเฉลี่ยนาที่
ขั้นตอน QA / QC	เครื่องวิเคราะห์จะต้องได้รับการสอบเทียบตามคำแนะนำของผู้ผลิต การตรวจสอบศูนย์และการตรวจสอบค่าทั่วไปควรดำเนินการโดยเปรียบเทียบกับก๊าซมาตรฐาน
ความคิดเห็นอื่นๆ	การตรวจสอบพารามิเตอร์นี้ใช้ได้เฉพาะในกรณีระบบเผาทำลายก๊าซชีวภาพแบบปิดและการตรวจวัดประสิทธิภาพอย่างต่อเนื่อง

พารามิเตอร์	$F_{C_{CH_4,EG,m}}$
หน่วย	$mg/m^3$
ความหมาย	ปริมาณก๊าซมีเทนในก๊าซไอเสียจากระบบเผาทำลายก๊าซชีวภาพบนฐานแห้งที่สภาวะอ้างอิง ในนาที่ m
แหล่งข้อมูล	การวัดโดยผู้พัฒนาโครงการโดยใช้เครื่องวิเคราะห์ก๊าซแบบต่อเนื่อง
การติดตามผล	เครื่องวิเคราะห์การสู่มตัวอย่างแบบสกัดด้วยน้ำและอนุภาคหรือเครื่องวิเคราะห์ในแหล่งกำเนิดเพื่อการวิเคราะห์พื้นฐานแบบเปียก จุดตรวจวัดจะอยู่ส่วนบนของระบบเผาทำลายก๊าซชีวภาพ (80% ของความสูงเปลวไฟ) การสู่มตัวอย่างจะต้องดำเนินการด้วยหัววัดการสู่มตัวอย่างที่เหมาะสมกับระดับอุณหภูมิที่สูง (เช่น หัววัด inconel)
ความถี่ในการติดตามผล	ต่อเนื่อง โดยเป็นค่าเฉลี่ยนาที่
ขั้นตอน QA / QC	เครื่องวิเคราะห์จะต้องได้รับการสอบเทียบตามคำแนะนำของผู้ผลิต การตรวจสอบศูนย์และการตรวจสอบค่าทั่วไปควรดำเนินการโดยเปรียบเทียบกับก๊าซมาตรฐาน
ความคิดเห็นอื่นๆ	ใช้ได้เฉพาะในกรณีระบบเผาทำลายก๊าซชีวภาพแบบปิดและการตรวจวัดประสิทธิภาพอย่างต่อเนื่อง เครื่องมือวัดอ่านค่าเป็น ppmv หรือ % โดยคูณด้วย 0.716 จะได้หน่วยเป็น $mg/m^3$

พารามิเตอร์	Flame <sub>m</sub>
หน่วย	การเปิดและการปิดระบบระบบเผาทำลายก๊าซชีวภาพ
ความหมาย	การตรวจนับเปลวไฟของระบบเผาทำลายก๊าซชีวภาพในนาที่ m
แหล่งข้อมูล	การตรวจวัด
การติดตามผล	ตรวจวัดโดยใช้เครื่องตรวจนับเปลวไฟแบบออพติคอลแบบติดตั้งกับระบบ เช่น เครื่องตรวจนับอัลตราไวโอเล็ต หรืออินฟราเรด เป็นต้น
ความถี่ในการติดตามผล	1 ครั้งต่อนาที่ บันทึกการตรวจนับเปลวไฟเป็นนาที่ในกรณีเปิดระบบ และบันทึกการตรวจนับเปลวไฟเป็นนาที่ในกรณีปิดระบบ

ขั้นตอน QA / QC	อุปกรณ์จะต้องได้รับการบำรุงรักษาและสอบเทียบตามคำแนะนำของผู้ผลิต
ความคิดเห็นอื่นๆ	ใช้ได้กับระบบเผาทำลายก๊าซชีวภาพทุกประเภท

พารามิเตอร์	Maintenance <sub>y</sub>
หน่วย	วันที่
ความหมาย	กิจกรรมการบำรุงรักษาในปี y
แหล่งข้อมูล	ผู้พัฒนาโครงการ
การติดตามผล	บันทึกการบำรุงรักษาทุกด้านรวมถึงรายละเอียดของบุคคลากร ชั้นส่วนที่เปลี่ยนหรือจำเป็นต้องเปลี่ยน แหล่งที่มาของชั้นส่วนอะไหล่ หมายเลขซีเรียลและใบรับรองการสอบเทียบ
ความถี่ในการติดตามผล	ทุกปี
ขั้นตอน QA / QC	บันทึกการบำรุงรักษาต้องเก็บไว้อย่างน้อย 2 ปี หลังจากการเลิกใช้ระบบเผาทำลายก๊าซชีวภาพ
ความคิดเห็นอื่นๆ	1) ใช้สำหรับกรณีระบบเผาทำลายก๊าซชีวภาพแบบปิดและผู้พัฒนาโครงการเลือกตัวเลือก B เพื่อคำนวณประสิทธิภาพระบบเผาทำลายก๊าซชีวภาพ 2) บันทึกการบำรุงรักษาจำเป็นสำหรับเปรียบเทียบกับตารางการบำรุงรักษาโดยผู้ผลิต (SPEC <sub>Flare</sub> )

พารามิเตอร์	GWP <sub>CH<sub>4</sub></sub>
หน่วย	tCO <sub>2</sub> e/tCH <sub>4</sub>
ความหมาย	ศักยภาพในการทำให้เกิดภาวะโลกร้อนของก๊าซมีเทน
แหล่งข้อมูล	ใช้ข้อมูลจากรายงานประเมินสถานการณ์ด้านการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (IPCC Assessment Report) ที่จัดทำโดยคณะกรรมการระหว่างรัฐบาลว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (Intergovernmental Panel on Climate Change หรือ IPCC ที่ประกาศโดย อบก.
วิธีการติดตามผล	<b>สำหรับการจัดทำเอกสารข้อเสนอโครงการ</b> - ใช้ค่า GWP <sub>CH<sub>4</sub></sub> ล่าสุดตามที่ อบก. ประกาศ <b>สำหรับการติดตามผลการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก</b> - ใช้ค่า GWP <sub>CH<sub>4</sub></sub> ตามที่ อบก. ประกาศ สำหรับประเมินปริมาณก๊าซเรือนกระจกตามช่วงระยะเวลาคิดเครดิต (Crediting Period) ที่ขอรับรองปริมาณก๊าซเรือนกระจก

### 5.3 พารามิเตอร์ที่ไม่ต้องติดตามผล

#### 5.3.1 พารามิเตอร์ที่ไม่ต้องติดตามผลจากการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการเผาทำลายก๊าซชีวภาพ

พารามิเตอร์ที่ไม่ต้องติดตามผลรวมถึงค่าคงที่ที่ใช้ในสมการดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ค่าคงที่ที่ใช้ในสมการ

พารามิเตอร์	หน่วย SI	ความหมาย	ค่า
$MM_{CH_4}$	kg/kmol	มวลโมเลกุลของก๊าซมีเทน	16.04
$MM_{CO}$	kg/kmol	มวลโมเลกุลของก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์	28.01
$MM_{CO_2}$	kg/kmol	มวลโมเลกุลของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์	44.01
$MM_{O_2}$	kg/kmol	มวลโมเลกุลของก๊าซออกซิเจน	32.00
$MM_{H_2}$	kg/kmol	มวลโมเลกุลของก๊าซไฮโดรเจน	2.02
$MM_{N_2}$	kg/kmol	มวลโมเลกุลของก๊าซไนโตรเจน	28.02
$AM_C$	kg/kmol (g/mol)	มวลอะตอมของคาร์บอน	12.00
$AM_H$	kg/kmol (g/mol)	มวลอะตอมของไฮโดรเจน	1.01
$AM_O$	kg/kmol (g/mol)	มวลอะตอมของออกซิเจน	16.00
$AM_N$	kg/kmol (g/mol)	มวลอะตอมของไนโตรเจน	14.01
$P_{ref}$	N/m <sup>3</sup> หรือ Pa	ความดันบรรยากาศที่สถานะอ้างอิง	101,325
$R_u$	J / kmol·K	ค่าคงที่ก๊าซในอุดมคติ	0.008314472
$T_{ref}$	K	อุณหภูมิที่สถานะอ้างอิง	273.15
$V_{O_2,air}$	-	O <sub>2</sub> เศษส่วนปริมาตรของอากาศ	0.21
$GWP_{CH_4}$	tCO <sub>2</sub> / tCH <sub>4</sub>	ศักยภาพภาวะโลกร้อนของก๊าซมีเทน	25
$MV_n$	m <sup>3</sup> /kmol	ปริมาตรของหนึ่งโมลของก๊าซในอุดมคติใดๆ ที่สถานะอ้างอิง	22.414
$\rho_{CH_4, n}$	kg/m <sup>3</sup>	ความหนาแน่นของก๊าซมีเทนที่สถานะอ้างอิง	0.716
$NA_{i,j}$	-	จำนวนอะตอมของธาตุ j ในส่วนประกอบ i	
$VM_{ref}$	kg/m <sup>3</sup>	ปริมาตรของหนึ่งโมลของก๊าซในอุดมคติที่อุณหภูมิอ้างอิงและความดัน	22.4

พารามิเตอร์	$SPEC_{flare}$
หน่วย	อุณหภูมิ มีหน่วยเป็น °C อัตราการไหลหรือฟลักซ์ความร้อน มีหน่วยเป็น kg/h หรือ m <sup>3</sup> /h กำหนดการบำรุงรักษา มีหน่วยเป็น จำนวนวัน
ความหมาย	ข้อกำหนดการทำงานของระบบเผาทำลายก๊าซชีวภาพจากผู้ผลิต เช่น อุณหภูมิ อัตราการไหลและตารางการบำรุงรักษา
แหล่งข้อมูล	ผู้ผลิตระบบเผาทำลายก๊าซชีวภาพ

ค่าการนำไปใช้	เอกสารใน PDD จะกำหนดข้อกำหนดการทำงานของระบบเผาทำลายก๊าซชีวภาพที่กำหนดโดยผู้ผลิต ดังต่อไปนี้ (a) อัตราการไหลขาเข้าต่ำสุดและสูงสุดหากจำเป็นเปลี่ยนเป็นอัตราการไหลที่สภาวะอ้างอิงหรือฟลักซ์ความร้อน (b) อุณหภูมิในการทำงานต่ำสุดและสูงสุด และ (c) ระยะเวลาสูงสุดเป็นจำนวนวันระหว่างเหตุการณ์การบำรุงรักษา
ความคิดเห็นอื่นๆ	ใช้ได้เฉพาะในกรณีเลือกใช้ระบบเผาทำลายก๊าซชีวภาพแบบปิด ไม่จำเป็นต้องกำหนดการบำรุงรักษาหากเลือกตัวเลือก A เพื่อกำหนดประสิทธิภาพของระบบเผาทำลายก๊าซธรรมชาติแบบปิด

## 6. เอกสารอ้างอิง

CDM Methodological tool:

TOOL06: Project emissions from flaring version 04.0

TOOL08: Tool to determine the mass flow of a greenhouse gas in a gaseous stream version 03.0

## บันทึกการแก้ไข TVER-TOOL-02-04

ฉบับที่	แก้ไขครั้งที่	วันที่บังคับใช้	รายการแก้ไข
01	-	30 พ.ย. 2565	การเริ่มใช้ครั้งแรก