คู่มือ การจัดทำข้อมูลปริมาณก๊าซเรือนกระจกระดับเมือง

องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน)

พิมพ์ครั้งที่ 2 (ฉบับปรับปรุงครั้งที่ 1, กันยายน 2559)

CO2
City Carbon Footprint

ชื่อหนังสือ คู่มือการจัดทำข้อมูลปริมาณก๊าซเรือนกระจกระดับเมือง
จัดทำโดย องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน)
คณะทำงาน นายวิษณุ ผลโพธิ์
นางสาวเมธ์วดี เสรีเสถียรทรัพย์
นางสาววรารัตน์ ชะอุ่มเครือ
นายจักรพงษ์ แย้มยิ้ม
นางสาวแอนนา เขียวชอุ่ม
นางสาวศิริพร วิริยะตั้งสกุล
นายธาดา วรุณโชติกุล
นางวีณา คำวิชัย
นางสาวปรางวลัย บัวแสน
นางสาวณัฐสิรี จุลินรักษ์
นางสาวตุลาพร วรมิตร
ที่ปรึกษา ดร.พงษ์วิภา หล่อสมบูรณ์
นายเจษฎา สกุลคู
ดร.สุวิน อภิชาติพัฒนศิริ
ดร.วิกานดา วราห์บัณฑูรวิทย์
ดร.ณัฐนี วรยศ
พิมพ์ครั้งที่ 2 : ฉบับปรับปรุงครั้งที่ 1, กันยายน 2559
จำนวน 1,000 เล่ม

บทนำ

การเพิ่มขึ้นของปริมาณก๊าซเรือนกระจกอย่างรวดเร็วเนื่องมาจากการดำเนินกิจกรรมต่าง ๆ ของมนุษย์ เช่น การใช้พลังงานในส่วนที่พักอาศัย การขนส่ง การจัดการขยะและของเสีย ส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศที่นำไปสู่ภาวะโลกร้อน ซึ่งเป็นปัญหาสิ่งแวดล้อมที่ได้รับการยอมรับว่าเป็นปัญหาที่สำคัญที่สุดในตอนนี้

"เมือง" ถือเป็นภาคส่วนสำคัญที่ส่งผลให้ปริมาณก๊าซเรือนกระจกในชั้นบรรยากาศเพิ่มมากขึ้น ร้อยละ 70 ของการใช้พลังงานของโลกที่ก่อให้เกิดก๊าซเรือนกระจกพบว่าเป็นการใช้พลังงานจากเมือง นอกจากนี้ยังพบว่ามีแนวโน้มที่จะเพิ่มขึ้น 2-3 เท่าตามจำนวนประชากรที่เพิ่มขึ้น[1] ทั้งนี้อาจจะเนื่องจากความต้องการในการใช้ทรัพยากรเพื่อตอบสนองต่อความสะดวกสบายในชีวิตประจำวันของประชากรในเขตเมือง และในอนาคตปริมาณก๊าซเรือนกระจกก็จะยิ่งเพิ่มมากขึ้นตามการขยายตัวของเมือง และเป็นแนวโน้มที่เกิดขึ้นในแทบทุกประเทศ การลดก๊าซเรือนกระจกในเขตเมืองจึงเป็นเรื่องสำคัญที่ไม่ควรมองข้าม ประกอบกับแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ฉบับที่ 11 (พ.ศ.2555 – 2559) ให้ความสำคัญต่อเรื่องการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ และระบุอย่างชัดเจนที่จะมีการปรับกระบวนทัศน์การพัฒนาและขับเคลื่อนประเทศเพื่อเตรียมพร้อมไปสู่การเป็น "เศรษฐกิจและสังคมคาร์บอนต่ำ" และเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม ดังนั้น ถ้า "เมือง" ทราบข้อมูลปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่เกิดจากกิจกรรมต่าง ๆ ที่ก่อให้เกิดก๊าซเรือนกระจกภายในขอบเขตของเมืองได้ ก็จะสามารถกำหนดแนวทางในการบริหารจัดการเพื่อลดก๊าซเรือนกระจกได้อย่างมีประสิทธิภาพ

[1] The World Resources Institute (WRI): 2012, Global Protocol for Community-Scale Greenhouse Gas Emission (GPC).Version 0.9

การจัดทำข้อมูลปริมาณก๊าซเรือนกระจกระดับเมือง (City Carbon Footprint: CCF) เป็นวิธีการในการแสดงข้อมูลปริมาณก๊าซเรือนกระจกจากกิจกรรมที่เกิดขึ้นภายในเมือง อย่างไรก็ตาม ถ้าเมืองทราบปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในขอบเขตของเมืองแล้ว ก็จะนำไปสู่การกำหนดแนวทางการลดก๊าซเรือนกระจกเพื่อมุ่งสู่การเป็นเมืองคาร์บอนต่ำตามนโยบายของประเทศและผลักดันให้เกิดการลดก๊าซเรือนกระจกกระจายทั่วประเทศได้

สารบัญ

หน้า

บทนำ 3
เอกสารอ้างอิง 7
1. บทนิยาม 8
2. ชนิดและหน่วยแสดงปริมาณก๊าซเรือนกระจก 11
    2.1 ชนิดก๊าซเรือนกระจก 11
    2.2 ค่าศักยภาพในการทำให้เกิดภาวะโลกร้อน 11
    2.3 หน่วยแสดงข้อมูล 11
3. การออกแบบและพัฒนาข้อมูลก๊าซเรือนกระจกระดับเมือง 11
    3.1 การกำหนดขอบเขตของเมือง 11
    3.2 การกำหนดขอบเขตของการดำเนินงาน 13
4. การจัดทำข้อมูลก๊าซเรือนกระจกระดับเมือง 16
    4.1 การวางแผนการเก็บรวบรวมข้อมูล 16
    4.2 การสำรวจกิจกรรมหลักที่ก่อให้เกิดการปล่อย
        และดูดกลับก๊าซเรือนกระจก 16
    4.3 การเก็บรวบรวมข้อมูล 16
    4.4 การประเมินปริมาณการปล่อยและดูดกลับก๊าซเรือนกระจก 26
    4.5 ข้อแนะนำในการเลือกใช้ค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจก 71
5. การควบคุมคุณภาพของข้อมูล 72
6. ประโยชน์ที่จะได้รับและข้อเสนอแนะ 73
    6.1 ประโยชน์ที่จะได้รับ 73
    6.2 ข้อเสนอแนะ 74

ภาคผนวก ก รายการก๊าซเรือนกระจกและค่าศักยภาพที่ก่อให้เกิดภาวะโลกร้อน 76
ภาคผนวก ข ค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นจากการบำบัดน้ำเสีย ... 77
ภาคผนวก ค ตัวอย่างค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจก รวบรวมมาจากข้อมูลทุติยภูมิ 79

คู่มือการจัดทำข้อมูล ปริมาณก๊าซเรือนกระจกระดับเมือง

คู่มือการจัดทำข้อมูลปริมาณก๊าซเรือนกระจกระดับเมืองฉบับนี้ถูกพัฒนาขึ้น เพื่อใช้เป็นแนวทางในการประเมินการปล่อยและดูดกลับก๊าซเรือนกระจกในพื้นที่ตามขอบเขตการปกครองของเมืองที่มีอาณาเขตตามภูมิศาสตร์ทางการเมือง (Geopolitical boundary) ซึ่งอยู่ภายใต้โครงการจัดทำข้อมูลปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกระดับเมืองเพื่อสนับสนุนการพัฒนาสู่เมืองคาร์บอนต่ำ โดยมีเนื้อหาครอบคลุมทั้งการกำหนดขอบเขตการจัดทำข้อมูลก๊าซเรือนกระจกในระดับเมือง การจัดทำข้อมูลก๊าซเรือนกระจกที่ใช้ในการประเมินการปล่อยและการดูดกลับก๊าซเรือนกระจก การจัดการคุณภาพของข้อมูลให้ถูกต้อง รวมถึงประโยชน์ที่จะได้รับจากการจัดทำข้อมูล ทั้งนี้เพื่อให้ผู้นำไปใช้งาน อาทิ เจ้าหน้าที่ในเขตเมือง หรือเจ้าหน้าที่ในเขตการปกครองพิเศษ สามารถประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้อย่างถูกต้องและครอบคลุมทุกกิจกรรมที่เมืองดำเนินการอยู่

เอกสารอ้างอิง

1. The World Resources Institute (WRI): 2012, Global Protocol for Community-Scale Greenhouse Gas Emission (GPC). Version 0.9

2. The World Resources Institute (WRI): 2012, Global Protocol for Community-Scale Greenhouse Gas Emission (GPC). Pilot Version 1.0

3. Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC): 2006, 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Vol.1 – Vol.5

4. องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน). แนวทางการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์องค์กร. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ : บริษัท พีทู ดีไซน์ แอนด์ พริ้นท์ จำกัด. (ฉบับปรับปรุงครั้งที่ 1) ตุลาคม 2556.

5. องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน). ช่วยโลกคลายร้อน@องค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น. กรุงเทพฯ : บริษัท พีทู ดีไซน์ แอนด์ พริ้นท์ จำกัด. กันยายน 2555.

6. องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน). อภิธานศัพท์และคำย่อด้านการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ และการบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก ปี 2557. กรุงเทพฯ : กันยายน 2557.

1. บทนิยาม

เมือง (City)	พื้นที่ศึกษาข้อมูลปริมาณก๊าซเรือนกระจก โดยกำหนดเป็นพื้นที่ตามรูปแบบการปกครอง เช่น จังหวัด เทศบาล เขตปกครองพิเศษ
การปล่อยก๊าซเรือนกระจก (Greenhouse Gas Emission)	มวลสารทั้งหมดของก๊าซเรือนกระจกที่ถูกปล่อย ณ ช่วงเวลาหนึ่ง
การดูดกลับก๊าซเรือนกระจก (Greenhouse Gas Removal)	มวลสารทั้งหมดของก๊าซเรือนกระจกที่ถูกดึงออกจากบรรยากาศในช่วงเวลาหนึ่ง
ข้อมูลปริมาณ ก๊าซเรือนกระจก	การแสดงแหล่งปล่อยก๊าซเรือนกระจก และแหล่งดูดกลับก๊าซเรือนกระจก รวมถึงปริมาณการปล่อยและดูดกลับก๊าซเรือนกระจก
แหล่งปล่อยก๊าซเรือนกระจก (Greenhouse Gas Source)	แหล่งหรือกิจกรรมที่ปล่อยก๊าซเรือนกระจกออกสู่บรรยากาศ

แหล่งกักเก็บก๊าซเรือนกระจก (Greenhouse Gas Reservoir)	แหล่งหรือองค์ประกอบทางกายภาพของชั้นชีวภาค (ไบโอสเฟียร์) ชั้นธรณีภาค (จีโอสเฟียร์) หรืออุทกภาค (ไฮโดรสเฟียร์) ซึ่งสามารถเก็บและสะสมก๊าซเรือนกระจกที่ถูกดักจับจากแหล่งปล่อยก๊าซเรือนกระจก หรือก๊าซเรือนกระจกที่ถูกดึงออกจากบรรยากาศโดยแหล่งดูดกลับก๊าซเรือนกระจก หมายเหตุ 1 มวลสารทั้งหมดของคาร์บอนที่อยู่ในแหล่งดูดกลับก๊าซเรือนกระจก ณ จุดใด ๆ ในช่วงเวลาหนึ่ง ถือเป็นสต็อกของคาร์บอนของแหล่งดูดกลับก๊าซเรือนกระจก หมายเหตุ 2 แหล่งดูดกลับก๊าซเรือนกระจกหนึ่งสามารถถ่ายก๊าซเรือนกระจกไปยังแหล่งดูดกลับก๊าซเรือนกระจกอื่นได้ หมายเหตุ 3 การสะสมของก๊าซเรือนกระจกจากแหล่งปล่อยก๊าซเรือนกระจก ก่อนที่จะเข้าไปสู่ชั้นบรรยากาศ และการเก็บสะสมของก๊าซเรือนกระจกในแหล่งดูดกลับก๊าซเรือนกระจก ถือว่าเป็นการดักจับและเก็บก๊าซเรือนกระจก (GHG Capture and Storage)
แหล่งดูดกลับก๊าซเรือนกระจก (Greenhouse Gas Sink)	แหล่งหรือกระบวนการซึ่งก๊าซเรือนกระจกถูกดึงออกจากชั้นบรรยากาศ เช่น การปลูกป่า การเพิ่มพื้นที่สีเขียว
ข้อมูลกิจกรรม (Activity Data)	ข้อมูลของกิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับการปล่อยและการดูดกลับของก๊าซเรือนกระจก

ข้อมูลปฐมภูมิ (Primary Data)	ข้อมูลที่ได้จากการตรวจวัดกิจกรรมที่เกิดขึ้นภายในเมือง หรือกิจกรรมที่อยู่ภายใต้การควบคุมหรือที่เมืองมีอำนาจในการเข้าถึงข้อมูล
ข้อมูลทุติยภูมิ (Secondary Data)	ข้อมูลที่ได้มาจากแหล่งข้อมูลอื่นนอกเหนือข้อมูลปฐมภูมิ
ค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจก (Emission Factor)	เป็นค่าที่ใช้ในการแปลงค่าข้อมูลเบื้องต้นของการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกิจกรรมต่าง ๆ เพื่อคิดเป็นค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของกิจกรรมนั้น ๆ ซึ่งในกิจกรรมประเภทเดียวกันจะมีความแตกต่างกันตามชนิดของเชื้อเพลิงและเทคโนโลยีที่ใช้
ศักยภาพในการทำให้เกิดภาวะโลกร้อน (Global Warming Potential)	ค่าศักยภาพของก๊าซเรือนกระจกในการทำให้โลกร้อน ซึ่งขึ้นอยู่กับประสิทธิภาพในการแผ่รังสีความร้อนและอายุของก๊าซนั้น ๆ ในบรรยากาศ โดยคิดเทียบกับการแผ่รังสีความร้อนของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์
รายงานก๊าซเรือนกระจก (Greenhouse Gas Report)	เอกสารการรายงานผลข้อมูลปริมาณก๊าซเรือนกระจกเพื่อใช้สื่อสารกับกลุ่มเป้าหมายที่นำข้อมูลไปใช้งาน

2. ชนิดและหน่วยแสดงปริมาณก๊าซเรือนกระจก

2.1 ชนิดก๊าซเรือนกระจก

ก๊าซเรือนกระจกที่ครอบคลุมในคู่มือฉบับนี้ ได้แก่ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) มีเทน (CH_4) ไนตรัสออกไซด์ (N_2O) ไฮโดรฟลูออโรคาร์บอน (HFCs) เพอร์ฟลูออโรคาร์บอน (PFCs) ซัลเฟอร์เฮกซะฟลูออไรด์ (SF_6) และไนโตรเจนไตรฟลูออไรด์ (NF_3) โดยให้พิจารณารายการก๊าซเรือนกระจกในภาคผนวก ก

2.2 ค่าศักยภาพในการทำให้เกิดภาวะโลกร้อน

ค่าศักยภาพในการทำให้เกิดภาวะโลกร้อนคำนวณได้จากปริมาณก๊าซเรือนกระจกแต่ละชนิดที่ปล่อยออกมาและแปลงค่าให้อยู่ในรูปของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า โดยใช้ค่าศักยภาพในการทำให้เกิดภาวะโลกร้อนในรอบ 100 ปี ของ IPCC (GWP_{100}) ดังแสดงในภาคผนวก ก

2.3 หน่วยแสดงข้อมูล

การแสดงข้อมูลปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ถูกปล่อยและดูดกลับของเมืองต้องอยู่ในหน่วยตัน (หรือกิโลกรัม) ของก๊าซเรือนกระจกแต่ละชนิด หรืออยู่ในหน่วยตัน (หรือกิโลกรัม) ของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า นอกจากนี้ควรแสดงด้วยตัวเลขจำนวนเต็ม ในกรณีที่มีตัวเลขทศนิยม การปัดเศษตัวเลขดังกล่าวเพื่อให้เป็นตัวเลขจำนวนเต็มควรเป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม กฎการปัดเศษ มาตรฐานเลขที่ มอก.929–2533

3. การออกแบบและพัฒนาข้อมูลก๊าซเรือนกระจกระดับเมือง

3.1 การกำหนดขอบเขตของเมือง

โครงสร้างโดยทั่วไปของเมืองประกอบด้วย ครัวเรือน หน่วยงานราชการและเอกชน ภาคธุรกิจการค้า อุตสาหกรรมการผลิต ระบบขนส่ง (สาธารณะและส่วนบุคคล) และการจัดการขยะและของเสีย ดังนั้น การกำหนดขอบเขตของเมือง

เพื่อการประเมินปริมาณก๊าซเรือนกระจกจึงเป็นขั้นตอนแรกที่สำคัญ ต้องมีความชัดเจนและเหมาะสม

3.1.1 กำหนดเป้าหมาย

กำหนดเป้าหมายของการคำนวณปริมาณก๊าซเรือนกระจกระดับเมือง ต้องสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของการนำผลการคำนวณไปใช้งาน เช่น เพื่อเปรียบเทียบปริมาณการปล่อยและดูดกลับก๊าซเรือนกระจกในช่วงระยะเวลาต่าง ๆ หรือเพื่อใช้สื่อสารข้อมูลสู่สาธารณะ หรือเพื่อประโยชน์อื่น ๆ ขึ้นอยู่กับความต้องการของกลุ่มเป้าหมาย

3.1.2 กำหนดขอบเขตของเมือง

การกำหนดขอบเขตของเมืองในการรวบรวมแหล่งปล่อยและดูดกลับก๊าซเรือนกระจกสามารถทำโดยใช้วิธีแบบควบคุม แบ่งเป็นการควบคุมการดำเนินงาน (Operation Control) และการควบคุมทางการเงิน (Financial Control)

1. การควบคุมการดำเนินงาน

เมืองทำการประเมินและรวบรวมปริมาณการปล่อยและดูดกลับก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นของเมือง หรือภายใต้อำนาจการควบคุมการดำเนินงานของเมือง และให้รวมถึงกิจกรรมที่เมืองมีอำนาจในการควบคุมการดำเนินงานแต่ตั้งอยู่นอกเขตเมือง

2. การควบคุมทางการเงิน

เมืองทำการประเมินและรวบรวมปริมาณการปล่อยและดูดกลับก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นของเมือง หรือภายใต้อำนาจการควบคุมการดำเนินงานของเมือง ซึ่งยึดตามสัดส่วนทางการเงินที่เกิดขึ้นจริงและมีการระบุไว้ในรายงานทางการเงินของเมืองเป็นหลัก

เมื่อกำหนดขอบเขตของเมือง ก็จะสามารถแสดงรายละเอียดได้ดังนี้

- สถานที่ตั้งและพื้นที่อาณาเขตการปกครองของเมือง
- กิจกรรมการปล่อยและดูดกลับก๊าซเรือนกระจก
- จำนวนประชากรและครัวเรือนภายในเมือง

- ข้อมูลอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องและเป็นประโยชน์ในการประเมินปริมาณก๊าซเรือนกระจกภายในเมือง

3.2 การกำหนดขอบเขตของการดำเนินงาน

เมืองต้องกำหนดขอบเขตการดำเนินงานและมีการบันทึกเป็นลายลักษณ์อักษร โดยกำหนดขอบเขตของการดำเนินงาน ดังนี้

1) การระบุแหล่งปล่อยและดูดกลับก๊าซเรือนกระจกที่เกี่ยวข้องภายในขอบเขตการดำเนินงานของเมือง

2) การจำแนกแหล่งปล่อยและดูดกลับก๊าซเรือนกระจกออกเป็นการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางตรง การปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางอ้อมที่เกิดจากการใช้พลังงาน และการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางอ้อมอื่น ๆ

3) การคัดเลือกกิจกรรมการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางอ้อมอื่น ๆ ที่จำเป็นต้องหาปริมาณและต้องมีการรายงานผล นอกจากนี้ เมืองต้องอธิบายเพิ่มเติมหากมีการเปลี่ยนขอบเขตการดำเนินงานจากเดิม

ในการกำหนดขอบเขตการดำเนินงาน ต้องระบุกิจกรรมที่มีการปล่อยและดูดกลับก๊าซเรือนกระจกที่เกี่ยวข้องกับบริบทของเมือง ซึ่งสามารถแบ่งออกได้เป็น 3 ประเภท ดังนี้

ประเภทที่ 1: การปล่อยและดูดกลับก๊าซเรือนกระจกทางตรง

การปล่อยและดูดกลับก๊าซเรือนกระจกทางตรงพิจารณานับปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ถูกปล่อยและดูดกลับจากการดำเนินกิจกรรมต่าง ๆ ในเขตพื้นที่ของเมือง จาก 3 แหล่ง ดังนี้

1) การปล่อยและดูดกลับก๊าซเรือนกระจกทางตรงที่เกิดจากการเผาไหม้อยู่กับที่ ได้แก่

- การผลิตพลังงานไฟฟ้า ความร้อน และไอน้ำ แล้วนำพลังงานที่ผลิตได้กระจายสู่เขตพื้นที่เมืองของตนเองหรือกระจายไปยังเมืองอื่น หรือผลิตขึ้นเพื่อขายต่อให้กับหน่วยงานภาครัฐ/เอกชน รวมถึงการสูญเสียพลังงานระหว่างการขนส่ง

- การเผาไหม้เชื้อเพลิงในเครื่องจักรหรืออุปกรณ์ที่ใช้ในการดำเนินกิจกรรมต่าง ๆ ในเขตเมือง เช่น เครื่องปั่นไฟ และเครื่องจักรกลเกษตร โดยที่ประชากรหรือหน่วยงานในเขตเมืองเป็นเจ้าของ หรือหน่วยงานในเขตเมืองเช่าเหมา
- การเผาไหม้เชื้อเพลิงเพื่อใช้ในการหุงต้มในเขตพื้นที่ของเมือง
- การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการเกิดปฏิกิริยาเคมีในกระบวนการผลิต

2) การปล่อยและดูดกลับก๊าซเรือนกระจกทางตรงที่เกิดจากการเผาไหม้ที่มีการเคลื่อนที่ ได้แก่

- การเผาไหม้ของเชื้อเพลิงจากกิจกรรมการขนส่งของยานพาหนะที่ประชากรหรือหน่วยงานในพื้นที่เป็นเจ้าของ หรือหน่วยงานในเขตพื้นที่เป็นผู้เช่าเหมา

3) การปล่อยและดูดกลับก๊าซเรือนกระจกทางตรงที่เกิดจากการรั่วไหลและอื่น ๆ เช่น

- การใช้ปุ๋ยหรือสารเคมี เพื่อการซักล้างหรือทำความสะอาดภายในเขตเมือง
- การจัดการขยะมูลฝอยที่เกิดขึ้นในพื้นที่เมืองด้วยวิธีการฝังกลบหรือการเทกองขยะ
- การนำขยะมูลฝอยที่เกิดขึ้นในพื้นที่เมืองมาย่อยสลายด้วยวิธีการทางชีวภาพ เช่น การนำไปทำเป็นปุ๋ยหมัก
- การบำบัดน้ำเสียและกากตะกอนจากอาคารบ้านเรือน ร้านค้า หรือแม้กระทั่งน้ำเสียจากโรงงานที่ตั้งอยู่ในเขตเมือง
- การเผาขยะประเภทต่าง ๆ โดยใช้เตาเผาขยะ และการเผาในที่โล่งแจ้ง
- การเผาไหม้ชีวมวล

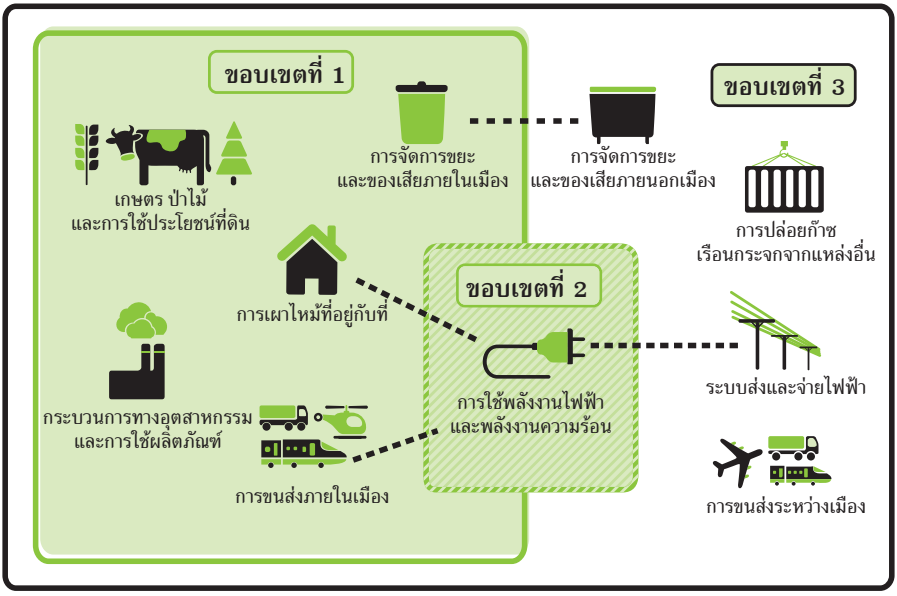
หมายเหตุ : คู่มือฉบับนี้ไม่พิจารณาการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการเล็ดลอดและรั่วไหล (Fugitive Emission) จากกิจกรรมต่าง ๆ

ประเภทที่ 2: การปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางอ้อมจากการใช้พลังงาน

พิจารณานับปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ถูกปล่อยและดูดกลับจากการนำพลังงานในรูปแบบต่าง ๆ ที่ผลิตและจัดหาจากนอกเขตพื้นที่ของเมืองเข้ามาใช้ในพื้นที่ เช่น ไฟฟ้า ความร้อน หรือไอน้ำ

ประเภทที่ 3: การปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางอ้อมอื่น ๆ

พิจารณานับปริมาณการปล่อยและการดูดกลับก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นจากกิจกรรมต่าง ๆ นอกเหนือจากที่ระบุในประเภทที่ 1 และ ประเภทที่ 2 เช่น ข้อมูลปริมาณขยะที่เกิดขึ้นภายในเขตการปกครองของเมือง แล้วนำไปกำจัดภายนอกขอบเขตการปกครอง



รูปที่ 1 ประเภทและแหล่งปล่อยก๊าซเรือนกระจกของเมือง
(ดัดแปลงมาจากเอกสาร Global Protocol for Community-Scale Greenhouse Gas Emission Inventories ที่พัฒนาโดย The World Resources Institute)

4. การจัดทำข้อมูลก๊าซเรือนกระจกระดับเมือง

4.1 การวางแผนการเก็บรวบรวมข้อมูล

เป็นการศึกษาข้อมูลกิจกรรมที่มีผลต่อการปล่อยและดูดกลับก๊าซเรือนกระจกในขอบเขตของเมือง เพื่อระบุแหล่งการปล่อยและการดูดกลับก๊าซเรือนกระจก โดยผู้จัดทำควรนำข้อมูลที่ได้เก็บรวบรวมไว้มาทบทวนว่าครบถ้วนและเหมาะสำหรับการนำมาประเมินการปล่อยและการดูดกลับก๊าซเรือนกระจกในพื้นที่ของตนหรือไม่ หากข้อมูลส่วนใดไม่ครบถ้วนควรใช้วิธีการตรวจวัดหรือสำรวจจากพื้นที่จริง หรือใช้ข้อมูลจากแหล่งอ้างอิงที่น่าเชื่อถือ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับความพร้อมของแต่ละเมือง จากนั้นระบุรายการหรือสร้างแบบฟอร์มการเก็บข้อมูลทั้งข้อมูลกิจกรรม (Activity Data) และค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจก (Emission Factor) เพื่อสะดวกต่อการเก็บรวบรวม

4.2 การสำรวจกิจกรรมหลักที่ก่อให้เกิดการปล่อยและดูดกลับก๊าซเรือนกระจก

เป็นการสำรวจเพื่อศึกษาและเก็บรวบรวมข้อมูลกิจกรรม และค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่ได้ระบุไว้ในขั้นตอนของการวางแผนการเก็บรวบรวมข้อมูล จากพฤติกรรมการใช้พลังงานภายในครัวเรือน การใช้เชื้อเพลิงในการขนส่งด้านต่าง ๆ การจัดการขยะมูลฝอยและน้ำเสีย และพฤติกรรมการเพาะปลูกหรือเลี้ยงสัตว์ในพื้นที่เมืองของประชากรที่อาศัยอยู่ในเขตพื้นที่ของเมือง โดยอาจใช้แบบสอบถามหรือใช้เครื่องมือตรวจวัดจากแหล่งการปล่อยเป็นเครื่องมือในการสำรวจข้อมูล ในขั้นตอนนี้ผู้จัดทำจะทราบถึงความพร้อมของชุดข้อมูล ปัญหาและอุปสรรคในการเก็บรวบรวมข้อมูล รวมทั้งวิธีการแก้ไขปัญหาในกรณีที่ชุดข้อมูลไม่เพียงพอต่อการประเมินการปล่อยและการดูดกลับก๊าซเรือนกระจกในเขตเมือง

4.3 การเก็บรวบรวมข้อมูล

คู่มือการจัดทำข้อมูลก๊าซเรือนกระจกฉบับนี้ ได้แบ่งกิจกรรมและข้อมูลที่ผู้จัดทำควรเก็บรวบรวมดังต่อไปนี้

4.3.1 การใช้พลังงานในที่พักอาศัย เป็นการเก็บรวบรวมข้อมูลการใช้พลังงานรูปแบบต่าง ๆ ที่ใช้ในบ้านเรือนที่พักอาศัย เช่น ข้อมูลปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้า การใช้ก๊าซหุงต้มและฟืน โดยข้อมูลที่ต้องเก็บรวบรวม ได้แก่

- ข้อมูลปริมาณเชื้อเพลิงที่ใช้ในการเผาไหม้เพื่อให้เกิดการทำงานของอุปกรณ์และ/หรือเครื่องจักรภายในครัวเรือนที่อยู่ในเขตเมือง
- ข้อมูลปริมาณเชื้อเพลิงที่ใช้ในการเผาไหม้เพื่อการหุงต้มภายในครัวเรือน ที่พักอาศัยที่อยู่ในเขตเมือง
- ข้อมูลปริมาณการใช้ไฟฟ้าของครัวเรือนที่อยู่ในเขตเมือง ในกรณีที่ไม่สามารถหาข้อมูลที่เป็นปฐมภูมิได้ สามารถหาข้อมูลที่เป็นทุติยภูมิได้จากปริมาณการใช้ไฟฟ้าของเขตพื้นที่เมืองได้จากการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค หรือตารางค่าใช้จ่ายพลังงานเฉลี่ยต่อเดือนของครัวเรือน จำแนกตามประเภทของพลังงานรายภาคและเขตการปกครอง[2] สำนักงานสถิติแห่งชาติ หรือข้อมูลจากแหล่งอื่นที่มีความสมบูรณ์และน่าเชื่อถือ

4.3.2 การใช้พลังงานไฟฟ้าในพื้นที่สาธารณะ เป็นการใช้ไฟฟ้าของพื้นที่สาธารณะที่อยู่ในส่วนการรับผิดชอบของเมือง เช่น ถนนสาธารณะ และสวนสาธารณะ การเก็บข้อมูลในส่วนนี้จะรวมถึงข้อมูลของลักษณะอุปกรณ์ไฟฟ้าที่ใช้และระยะเวลาการใช้งาน โดยข้อมูลที่ต้องทำการเก็บรวบรวม ได้แก่ ข้อมูลปริมาณการใช้ไฟฟ้าสาธารณะ ในกรณีที่ไม่สามารถหาข้อมูลที่เป็นปฐมภูมิได้ สามารถหาข้อมูลที่เป็นทุติยภูมิได้จากปริมาณการใช้ไฟฟ้าสาธารณะของเขตพื้นที่เมืองได้จากการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค หรือคำนวณได้จากระยะเวลาการเปิดใช้งานของหลอดไฟสาธารณะ โดยอาศัยข้อมูลดังนี้

- ประเภทของหลอดไฟ
- จำนวนหลอดไฟที่ติดตั้ง
- ระยะทางของถนนสาธารณะที่มีการใช้ไฟฟ้า
- ระยะเวลาการเปิดใช้งาน

[2] การสำรวจข้อมูลการใช้พลังงานของครัวเรือน
http://service.nso.go.th/nso/nso_center/project/search_center/23project-th.htm

4.3.3 การใช้พลังงานในกลุ่มธุรกิจการค้าและการบริการ เป็นการเก็บรวบรวมข้อมูลการใช้พลังงานรูปแบบต่าง ๆ ที่ใช้ในอาคารร้านค้าหรืออาคารที่ประกอบธุรกิจการบริการ เช่น ห้างสรรพสินค้า ร้านขายของชำ และร้านตัดผม ซึ่งอาคารร้านค้าในกลุ่มนี้มีการใช้พลังงานมากกว่ากลุ่มที่พักอาศัย โดยข้อมูลที่ต้องเก็บรวบรวม ได้แก่

- ข้อมูลปริมาณเชื้อเพลิงที่ใช้ในการเผาไหม้เพื่อให้เกิดการทำงานของอุปกรณ์และ/หรือเครื่องจักรภายในร้านค้าหรืออาคารที่มีการประกอบธุรกิจที่ตั้งอยู่ในเขตเมือง (ไม่รวมการเผาไหม้เพื่อการผลิตพลังงานไฟฟ้าและความร้อน)
- ข้อมูลปริมาณเชื้อเพลิงที่ใช้ในการเผาไหม้เพื่อการหุงต้มภายในร้านค้าหรืออาคารที่มีการประกอบธุรกิจที่ตั้งอยู่ในเขตเมือง
- ข้อมูลปริมาณการใช้ไฟฟ้าของร้านค้าหรืออาคารที่มีการประกอบธุรกิจ

4.3.4 การใช้พลังงานในหน่วยงานภาครัฐและเอกชน เป็นการเก็บรวบรวมข้อมูลการใช้พลังงานรูปแบบต่าง ๆ ที่ใช้ในหน่วยงานภาครัฐและเอกชนที่อยู่นอกเหนือจากกลุ่มธุรกิจการค้าและการบริการ เช่น โรงเรียน โรงพยาบาล หรือสถานีตำรวจ ที่ตั้งอยู่ในเขตความรับผิดชอบของเมือง โดยข้อมูลที่ต้องเก็บรวบรวม ได้แก่

- ข้อมูลปริมาณเชื้อเพลิงที่ใช้ในการเผาไหม้เพื่อให้เกิดการทำงานของอุปกรณ์และ/หรือเครื่องจักรภายในอาคารพาณิชย์และอาคารของรัฐ
- ข้อมูลปริมาณการใช้ไฟฟ้าของหน่วยงาน
- ข้อมูลปริมาณเชื้อเพลิงที่ใช้ในการเผาไหม้เพื่อการหุงต้ม

4.3.5 การใช้เชื้อเพลิงสำหรับผลิตพลังงาน เป็นการเก็บรวบรวมข้อมูลการใช้เชื้อเพลิงเพื่อใช้ในการผลิตพลังงาน เช่น การใช้เชื้อเพลิงในเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเพื่อผลิตกระแสไฟฟ้า โดยข้อมูลที่ต้องเก็บรวบรวม ได้แก่

- ข้อมูลปริมาณเชื้อเพลิงที่ใช้ในการผลิตพลังงานไฟฟ้าและความร้อน
- ข้อมูลปริมาณเชื้อเพลิงที่ใช้ในการเผาไหม้เพื่อการผลิตพลังงานไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าสำรองภายในสถานที่ที่อยู่ในเขตเมือง
- ข้อมูลปริมาณการใช้ไฟฟ้าของสถานที่ผลิตพลังงานไฟฟ้าและความร้อนที่อยู่ในเขตเมือง

4.3.6 การใช้พลังงานของอุตสาหกรรมการผลิต เป็นการเก็บรวบรวมข้อมูลการใช้พลังงาน รวมถึงปริมาณวัตถุดิบที่ทำปฏิกิริยาเคมีในกระบวนการผลิตแล้วก่อให้เกิดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก เช่น วัตถุดิบของอุตสาหกรรมการผลิตปูนซีเมนต์ อุตสาหกรรมการผลิตเหล็ก และอุตสาหกรรมการผลิตสารเคมี ซึ่งกลุ่มนี้จะไม่รวมการเผาไหม้ในอุตสาหกรรมการผลิตไฟฟ้าและความร้อน โดยข้อมูลที่ต้องเก็บรวบรวม ได้แก่

- ข้อมูลปริมาณเชื้อเพลิงที่ใช้ในการเผาไหม้เพื่อให้เกิดการทำงานของอุปกรณ์และ/หรือเครื่องจักรภายในโรงงานอุตสาหกรรมที่อยู่ในเขตเมือง (ไม่รวมการเผาไหม้เพื่อการผลิตพลังงานไฟฟ้าและความร้อน)
- ข้อมูลปริมาณเชื้อเพลิงที่ใช้ในการเผาไหม้เพื่อการหุงต้มภายในโรงงานอุตสาหกรรมที่อยู่ในเขตเมือง
- ข้อมูลปริมาณการใช้ไฟฟ้าของโรงงานอุตสาหกรรมที่อยู่ในเขตเมือง
- ข้อมูลปริมาณวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิต และปริมาณผลผลิตของอุตสาหกรรมที่ตั้งอยู่ในเขตการปกครองที่เมืองรับผิดชอบ

4.3.7 การใช้พลังงานในการขนส่งทางถนน เป็นการเก็บรวบรวมข้อมูลปริมาณน้ำมันเชื้อเพลิงแต่ละชนิดที่ใช้ในการขนส่งทางถนน ทั้งยานพาหนะส่วนบุคคลและยานพาหนะที่ให้บริการสาธารณะ ที่มีการขนส่งภายในเขตเมืองและขนส่งระหว่างเมือง โดยข้อมูลที่ต้องเก็บรวบรวม ได้แก่

- ข้อมูลปริมาณน้ำมันเชื้อเพลิงแต่ละชนิดที่ใช้ในกิจกรรมการขนส่งของยานพาหนะทางถนนที่อยู่ในเขตเมือง เช่น รถยนต์นั่งส่วนบุคคล รถยนต์บรรทุกส่วนบุคคล และรถจักรยานยนต์

- ข้อมูลปริมาณน้ำมันที่ใช้ในการเผาไหม้เพื่อกิจกรรมการขนส่งของยานพาหนะทางถนนระหว่างเมือง แต่มีจุดเริ่มต้นของการเดินทางอยู่ภายในเขตเมือง เช่น รถยนต์รับจ้างระหว่างจังหวัด
- ข้อมูลปริมาณการใช้ไฟฟ้าเพื่อกิจกรรมการขนส่งของยานพาหนะทางถนนที่อยู่ในเขตเมือง เช่น รถรางที่ใช้พลังงานไฟฟ้า และรถยนต์ไฟฟ้า

4.3.8 การใช้พลังงานในการขนส่งทางระบบราง เป็นการรวบรวมข้อมูลปริมาณการใช้เชื้อเพลิงและปริมาณการใช้ไฟฟ้าเพื่อการขนส่งทางระบบราง ทั้งที่มีการขนส่งภายในเขตเมืองและขนส่งระหว่างเมือง โดยข้อมูลที่ต้องเก็บรวบรวม ได้แก่

- ข้อมูลปริมาณน้ำมันเชื้อเพลิงที่ใช้ในการเผาไหม้เพื่อกิจกรรมการขนส่งทางระบบรางภายในเขตเมือง เช่น น้ำมันดีเซล น้ำมันเตา
- ข้อมูลปริมาณน้ำมันเชื้อเพลิงที่ใช้ในการเผาไหม้เพื่อการขนส่งทางระบบรางข้ามเขตเมือง แต่มีจุดเริ่มต้นของการเดินทางอยู่ภายในเขตเมือง
- ข้อมูลปริมาณการใช้ไฟฟ้าเพื่อกิจกรรมการขนส่งทางระบบรางที่อยู่ในเขตเมือง เช่น รถไฟฟ้า รถไฟใต้ดิน

4.3.9 การใช้พลังงานในการขนส่งทางน้ำ เป็นการรวบรวมข้อมูลปริมาณการใช้เชื้อเพลิงและปริมาณการใช้ไฟฟ้าเพื่อการขนส่งทางน้ำ ที่มีการขนส่งภายในเขตเมืองและขนส่งระหว่างเมือง โดยข้อมูลที่ต้องเก็บรวบรวม ได้แก่

- ข้อมูลปริมาณน้ำมันเชื้อเพลิงที่ใช้ในการเผาไหม้เพื่อกิจกรรมการขนส่งทางน้ำที่อยู่ภายในเขตเมือง เช่น เรือประมง เรือท่องเที่ยวรอบเกาะ เรือโดยสารในคลองหรือแม่น้ำ
- ข้อมูลปริมาณน้ำมันเชื้อเพลิงที่ใช้ในการเผาไหม้เพื่อกิจกรรมการขนส่งทางน้ำข้ามเขตเมือง แต่มีจุดเริ่มต้นของการเดินทางอยู่ภายในเขตเมือง เช่น เรือเฟอร์รี่ข้ามจากฝั่งแผ่นดินใหญ่มายังเกาะ

- ข้อมูลปริมาณการใช้ไฟฟ้าเพื่อกิจกรรมการขนส่งทางน้ำที่อยู่ในเขตเมือง

4.3.10 การใช้พลังงานในการขนส่งทางอากาศ เป็นการรวบรวมข้อมูลปริมาณการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงเพื่อการขนส่งทางอากาศ ทั้งที่มีการขนส่งภายในเขตเมืองและขนส่งระหว่างเมือง โดยข้อมูลที่ต้องเก็บรวบรวม ได้แก่

- ข้อมูลปริมาณน้ำมันเชื้อเพลิงเพื่อกิจการการขนส่งทางอากาศที่อยู่ในเขตเมือง เช่น เครื่องบินทำภารกิจฝนหลวง
- ข้อมูลปริมาณน้ำมันเชื้อเพลิงเพื่อกิจการการขนส่งทางอากาศข้ามเขตเมือง แต่มีจุดเริ่มต้นของการเดินทางอยู่ภายในเขตเมือง เช่น เครื่องบินพาณิชย์ที่มีจุดเริ่มต้นอยู่ในขอบเขตของเมือง

4.3.11 การจัดการของเสียด้วยวิธีฝังกลบ เป็นการรวบรวมข้อมูลขยะที่เกิดขึ้น และวิธีการจัดการขยะในเขตเมือง โดยข้อมูลที่ต้องเก็บรวบรวม ได้แก่

- ข้อมูลปริมาณขยะที่ฝังกลบในพื้นที่ของเมือง โดยทำการแยกขยะออกเป็น 5 ประเภท ได้แก่ ขยะมูลฝอยชุมชน (Municipal Solid Waste : MSW) กากตะกอนน้ำเสีย (Solid Sludge : SS) ขยะอุตสาหกรรม (Industrial Solid Waste : ISW) ขยะอันตราย (Hazardous Waste : HW) และขยะติดเชื้อ (Clinical Waste : CW)
- ข้อมูลปริมาณขยะในเขตเมืองที่นำไปฝังกลบภายนอกเขตเมือง โดยทำการแยกขยะออกเป็น 5 ประเภท ได้แก่ ขยะมูลฝอยชุมชน (Municipal Solid Waste : MSW) กากตะกอนน้ำเสีย (Solid Sludge : SS) ขยะอุตสาหกรรม (Industrial Solid Waste : ISW) ขยะอันตราย (Hazardous Waste : HW) และขยะติดเชื้อ (Clinical Waste : CW)
- ข้อมูลปริมาณขยะนอกเขตเมืองที่นำมาฝังกลบในพื้นที่ของเมือง โดยทำการแยกขยะออกเป็น 5 ประเภท ได้แก่ ขยะมูลฝอยชุมชน (Municipal

Solid Waste : MSW) กากตะกอนน้ำเสีย (Solid Sludge : SS) ขยะอุตสาหกรรม (Industrial Solid Waste : ISW) ขยะอันตราย (Hazardous Waste : HW) และขยะติดเชื้อ (Clinical Waste : CW)

- ข้อมูลองค์ประกอบขยะมูลฝอยชุมชนในเขตเมืองและนอกเขตเมือง โดยทำการแยกองค์ประกอบออกเป็น 11 ส่วน ได้แก่ กระดาษ/กล่องกระดาษ เศษผ้า เศษอาหาร เศษไม้ เศษกิ่งไม้/ต้นหญ้าจากสวน ผ้าอ้อมเด็กทำด้วยกระดาษ เศษยางและหนัง พลาสติก โลหะ แก้ว และอื่น ๆ
- ข้อมูลองค์ประกอบขยะอุตสาหกรรมในเขตเมืองและนอกเขตเมือง โดยทำการแยกองค์ประกอบออกเป็น 8 ส่วน ได้แก่ อาหาร/เครื่องดื่ม ยาสูบ ผ้า เศษไม้ กระดาษ/เยื่อกระดาษปิโตรเลียม/ตัวทำละลาย/พลาสติก เศษยาง เศษซากการก่อสร้างและการรื้อถอน และอื่น ๆ
- ข้อมูลปริมาณก๊าซชีวภาพที่เกิดขึ้นจากการจัดการขยะและถูกนำกลับมาใช้ประโยชน์
- ข้อมูลรายละเอียดประเภทของสถานที่การจัดการขยะ

4.3.12 การจัดการของเสียด้วยวิธีการทางชีวภาพ

- ข้อมูลปริมาณขยะอินทรีย์ในเขตเมืองที่จัดการโดยวิธีการทางชีวภาพภายในสถานที่ที่อยู่ในเขตเมือง โดยทำการแบ่งการจัดการขยะออกเป็น 2 ประเภท ได้แก่ การหมักทำปุ๋ย และการย่อยสลายแบบไม่ใช้ออกซิเจน
- ข้อมูลปริมาณขยะอินทรีย์ในเขตเมืองที่นำไปจัดการโดยวิธีการทางชีวภาพภายนอกเขตเมือง โดยทำการแบ่งการจัดการขยะออกเป็น 2 ประเภท ได้แก่ การหมักทำปุ๋ย และการย่อยสลายแบบไม่ใช้ออกซิเจน
- ข้อมูลปริมาณขยะอินทรีย์นอกเขตเมืองที่นำมาจัดการโดยวิธีการทางชีวภาพภายในสถานที่ที่อยู่ในเขตเมือง โดยทำการแบ่งการจัดการขยะออกเป็น 2 ประเภท ได้แก่ การหมักทำปุ๋ย และการย่อยสลายแบบไม่ใช้ออกซิเจน
- ข้อมูลปริมาณก๊าซชีวภาพที่เกิดขึ้นจากการจัดการขยะและถูกนำกลับมาใช้ประโยชน์

4.3.13 การจัดการของเสียด้วยวิธีการเผาไหม้

- ข้อมูลปริมาณขยะในเขตเมืองที่เผาในเตาเผาหรือที่โล่งภายในสถานที่ที่อยู่ในเขตเมือง โดยทำการแยกขยะออกเป็น 5 ประเภท ได้แก่ ขยะมูลฝอยชุมชน (Municipal Solid Waste : MSW) กากตะกอนน้ำเสีย (Solid Sludge : SS) ขยะอุตสาหกรรม (Industrial Solid Waste : ISW) ขยะอันตราย (Hazardous Waste : HW) และขยะติดเชื้อ (Clinical Waste : CW)
- ข้อมูลปริมาณขยะในเขตเมืองที่เผาในเตาเผาหรือที่โล่งภายนอกเขตเมือง โดยทำการแยกขยะออกเป็น 5 ประเภท ได้แก่ ขยะมูลฝอยชุมชน (Municipal Solid Waste : MSW) กากตะกอนน้ำเสีย (Solid Sludge : SS) ขยะอุตสาหกรรม (Industrial Solid Waste : ISW) ขยะอันตราย (Hazardous Waste : HW) และขยะติดเชื้อ (Clinical Waste : CW)
- ข้อมูลปริมาณขยะนอกเขตเมืองที่เผาในเตาเผาหรือที่โล่งภายในสถานที่ที่อยู่ในเขตเมือง โดยทำการแยกขยะออกเป็น 5 ประเภท ได้แก่ ขยะมูลฝอยชุมชน (Municipal Solid Waste : MSW) กากตะกอนน้ำเสีย (Solid Sludge : SS) ขยะอุตสาหกรรม (Industrial Solid Waste : ISW) ขยะอันตราย (Hazardous Waste : HW) และขยะติดเชื้อ (Clinical Waste : CW)
- ข้อมูลองค์ประกอบขยะมูลฝอยชุมชนในเขตเมืองและนอกเขตเมือง โดยทำการแยกองค์ประกอบออกเป็น 11 ส่วน ได้แก่ กระดาษ/กล่องกระดาษ ผ้า เศษอาหาร เศษไม้ เศษกิ่งไม้/ต้นหญ้าจากสวน ผ้าอ้อมเด็กทำด้วยกระดาษ เศษยางและหนัง พลาสติก โลหะ แก้ว และอื่น ๆ
- ข้อมูลองค์ประกอบขยะอุตสาหกรรมในเขตเมืองและนอกเขตเมือง โดยทำการแยกองค์ประกอบออกเป็น 8 ส่วน ได้แก่ อาหาร/เครื่องดื่ม ยาสูบ ผ้า เศษไม้ กระดาษ/เยื่อกระดาษปิโตรเลียม/ตัวทำละลาย/พลาสติก เศษยาง เศษซากการก่อสร้างและการรื้อถอน และอื่น ๆ
- ข้อมูลอัตราการเกิดขยะมูลฝอยต่อหัวประชากรในเขตเมืองต่อวัน

• ข้อมูลปริมาณของเสียในเขตเมืองที่ถูกเผาในเตาเผาหรือที่โล่งภายในสถานที่ที่อยู่ในเขตเมือง โดยทำการแยกขยะออกเป็น 2 ประเภท ได้แก่ ของเหลือทิ้งจากอุตสาหกรรมและของเหลือทิ้งจากชุมชน ซึ่งของเหลวในกลุ่มนี้ ได้แก่ น้ำมันตามธรรมชาติ ก๊าซธรรมชาติ เชื้อเพลิงฟอสซิลอื่น ๆ ตัวทำละลาย น้ำมันหล่อลื่น

• ข้อมูลปริมาณของเสียในเขตเมืองที่ถูกเผาในเตาเผาหรือที่โล่งภายนอกเขตเมือง โดยทำการแยกขยะออกเป็น 2 ประเภท ได้แก่ ของเหลือทิ้งจากอุตสาหกรรม และของเหลือทิ้งจากชุมชน

• ข้อมูลปริมาณของเสียนอกเขตเมืองที่ถูกเผาในเตาเผาหรือที่โล่งภายในสถานที่ที่อยู่ในเขตเมือง โดยทำการแยกขยะออกเป็น 2 ประเภท ได้แก่ ของเหลือทิ้งจากอุตสาหกรรม และของเหลือทิ้งจากชุมชน

• ข้อมูลรายละเอียดประเภทของเตาเผาหรือเทคโนโลยีการเผาไหม้ เช่น การเผาไหม้อย่างต่อเนื่อง การเผาไหม้แบบกึ่งต่อเนื่อง การเผาไหม้แบบประเภทกลุ่ม

4.3.14 การจัดการน้ำเสียและการปล่อยทิ้ง

ข้อมูลปริมาณน้ำเสียที่ต้องทำการเก็บรวบรวมแบ่งออกเป็น 2 ประเภท ได้แก่ น้ำเสียจากบ้านเรือน และน้ำเสียจากอุตสาหกรรม ในกรณีของน้ำเสียอุตสาหกรรมจะพิจารณาเฉพาะน้ำเสียและน้ำทิ้งที่เกิดจากโรงงานอุตสาหกรรมเท่านั้น ไม่รวมน้ำเสียและน้ำทิ้งที่ปล่อยลงสู่ระบบบำบัดของการนิคมอุตสาหกรรม นอกจากนี้ผู้เก็บข้อมูลควรทำการแยกน้ำเสียในแต่ละประเภทอุตสาหกรรมออกจากกัน เช่น การกลั่นแอลกอฮอล์ เบียร์ กาแฟ ซึ่งค่าของคุณภาพน้ำอ้างอิงจากตาราง ข1 และตาราง ข2 ในภาคผนวก ข

• ข้อมูลปริมาณน้ำเสียในเขตเมืองที่ผ่านกระบวนการบำบัดและปล่อยทิ้งภายในสถานที่ที่อยู่ในเขตเมือง

• ข้อมูลปริมาณน้ำเสียในเขตเมืองที่ผ่านกระบวนการบำบัดและปล่อยทิ้งภายนอกเขตเมือง โดยทำการแยกน้ำเสียออกเป็น 2 ประเภท ได้แก่ น้ำเสียจากบ้านเรือน และน้ำเสียจากอุตสาหกรรม

- ข้อมูลปริมาณน้ำเสียนอกเขตเมืองที่ผ่านกระบวนการบำบัดและปล่อยทิ้งภายในสถานที่ที่อยู่ในเขตเมือง โดยทำการแยกน้ำเสียออกเป็น 2 ประเภท ได้แก่ น้ำเสียจากบ้านเรือน และน้ำเสียจากอุตสาหกรรม
- ข้อมูลจำนวนประชากร/ครัวเรือนที่อาศัยอยู่ภายในเขตเมือง
- ข้อมูลรายละเอียดประเภทของการจัดการน้ำเสียจากครัวเรือน เช่น ปล่อยทิ้งแหล่งน้ำสาธารณะ ท่อระบายน้ำทิ้งที่น้ำไหลเร็ว การบำบัดรวมแบบใช้ออกซิเจน (การจัดการดีหรือไม่ดี) การย่อยสลายแบบไม่ใช้ออกซิเจนสำหรับตะกอนโคลน ถังหมักไร้ออกซิเจน บ่อบำบัดไร้ออกซิเจนแบบตื้น/ลึก ระบบบ่อเกรอะ ส้วมหลุม
- ข้อมูลรายละเอียดประเภทของระบบการจัดการน้ำเสีย เช่น ปล่อยทิ้งแหล่งน้ำสาธารณะ การบำบัดแบบใช้ออกซิเจน การย่อยสลายแบบไม่ใช้ออกซิเจน ถังหมักไร้ออกซิเจน บ่อบำบัดไร้ออกซิเจนแบบตื้น/ลึก
- ในกรณีที่ไม่สามารถหาข้อมูลปริมาณน้ำเสียที่เกิดขึ้นจริงจากอุตสาหกรรมได้ให้ใช้ข้อมูลปริมาณสินค้าที่ผลิตได้ (ตันต่อปี) จากอุตสาหกรรมสาขาต่าง ๆ ดังที่กล่าวมาแล้วข้างต้น
- ข้อมูลปริมาณก๊าซชีวภาพที่เกิดขึ้นจากการจัดการน้ำเสียและถูกนำกลับมาใช้ประโยชน์

4.3.15 การทำการปศุสัตว์ เป็นการเก็บรวบรวมข้อมูลจำนวนประชากรปศุสัตว์ที่มีการเลี้ยงบนพื้นที่ที่ตั้งอยู่ในเขตเมือง เช่น ข้อมูลจำนวนประชากรสุกร ข้อมูลจำนวนประชากรไก่

- ข้อมูลจำนวนประชากรปศุสัตว์
- รูปแบบการเลี้ยง เช่น ที่โล่งแจ้ง ภายในโรงเรือน

4.3.16 การเพาะปลูกข้าว เป็นการรวบรวมข้อมูลพื้นที่ที่ใช้เพาะปลูกข้าวรูปแบบต่าง ๆ ที่ตั้งอยู่ในเขตเมือง เช่น ข้อมูลการเพาะปลูกข้าวนาปีในเขตชลประทาน ขังน้ำตลอดทั้งปี ข้อมูลการเพาะปลูกข้าวนาปรังในเขตชลประทาน ขังน้ำ ปล่อยน้ำออกมากกว่า 1 ครั้ง

- ข้อมูลพื้นที่ที่ใช้เพาะปลูกที่อยู่ในเขตเมือง
- รูปแบบในการเพาะปลูก เช่น นาปี นาปรัง

4.3.17 การใช้ปุ๋ยเคมี การใช้ปูนขาวในพื้นที่การเกษตร เป็นการรวบรวมข้อมูลปริมาณการใช้ปุ๋ยเคมีและปริมาณการใช้ปูนขาวเพื่อปรับสภาพดินในพื้นที่การเกษตรที่อยู่ในเขตเมือง

- ข้อมูลปริมาณการใช้ปุ๋ยเคมี
- ข้อมูลปริมาณการใช้ปูนขาวในพื้นที่การเกษตร

4.3.18 พื้นที่ป่าไม้ เป็นการเก็บรวบรวมข้อมูลพื้นที่ป่าไม้และพื้นที่สีเขียวที่มีพื้นที่อยู่ในเขตเมือง

4.4 การประเมินปริมาณการปล่อยและดูดกลับก๊าซเรือนกระจก

แนวทางในการประเมินการปล่อยและดูดกลับก๊าซเรือนกระจก สามารถประเมินได้จากการตรวจวัดโดยตรง การคำนวณจากข้อมูลที่มีอยู่ และการตรวจวัดร่วมกับการคำนวณ ซึ่งวิธีการประเมินปริมาณก๊าซเรือนกระจกทั่วไปจะประเมินจากการนำข้อมูลกิจกรรมคูณกับค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ดังแสดงในสมการที่ 1

สมการที่ 1 การประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจก

$$GHG\ Emissions = Activity\ Data\ (AD) \times Emission\ Factor\ (EF)$$

โดยที่

GHG Emissions = ปริมาณก๊าซเรือนกระจก

AD = ข้อมูลกิจกรรม

EF = ค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจก

การเลือกใช้ข้อมูลในการประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ในกรณีที่เมืองมีการจัดทำข้อมูลปฐมภูมิสำหรับใช้ในการประเมินการปล่อยและดูดกลับ

ก๊าซเรือนกระจก ให้รวบรวมข้อมูลโดยตรงจากกิจกรรมภายในเขตเมือง เช่น การใช้พลังงานภายในครัวเรือน การใช้เชื้อเพลิงสำหรับการขนส่งในเมืองและระหว่างเมือง ปริมาณขยะที่ถูกนำไปกำจัด จำนวนสัตว์จากการทำปศุสัตว์ สำหรับเมืองที่ไม่มีข้อมูลกิจกรรมที่เป็นปฐมภูมิ ให้เลือกใช้ข้อมูลทุติยภูมิที่เหมาะสมจากแหล่งข้อมูลที่น่าเชื่อถือโดยเรียงลำดับดังนี้

- ปริมาณการใช้พลังงานจากการสำรวจกลุ่มประชากรตัวอย่างภายในเมือง เป็นการเก็บรวบรวมข้อมูลจากกลุ่มประชากรตัวอย่าง เพื่อนำข้อมูลที่ได้ไปแทนประชากรทั้งหมด เช่น การลงพื้นที่สำรวจการใช้พลังงานในชุมชน การสำรวจปริมาณการใช้เชื้อเพลิง
- การสร้างแบบจำลองข้อมูลการใช้พลังงานภายในเมือง เช่น การใช้ข้อมูลจากแหล่งอื่นที่มีการรวบรวมไว้แล้วมาสร้างเป็นแนวทางการใช้พลังงานภายในเมือง
- สัดส่วนจากการใช้พลังงานของประเทศในสาขาหรือกิจกรรมต่าง ๆ

สำหรับการประเมินการปล่อยและดูดกลับก๊าซเรือนกระจกจากแหล่งต่าง ๆ มีแนวทางและวิธีการประเมินดังต่อไปนี้

4.4.1 การเผาไหม้แบบอยู่กับที่

การใช้พลังงานแบบที่มีการเผาไหม้อยู่กับที่เป็นแหล่งปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางตรง โดยเป็นการประเมินภายใต้ประเภทที่ 1 ของการจัดทำข้อมูลก๊าซเรือนกระจก ซึ่งถือเป็นแหล่งที่มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกปริมาณสูง ส่วนใหญ่เกิดจากกิจกรรมการใช้พลังงานในส่วนที่พักอาศัย ภาคธุรกิจการค้า หน่วยงานภาครัฐและเอกชน การใช้ไฟฟ้าบนถนนสาธารณะ การใช้เชื้อเพลิงสำหรับผลิตพลังงาน และการใช้พลังงานในภาคอุตสาหกรรมการผลิต ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้พลังงานแบบเผาไหม้อยู่กับที่สามารถคำนวณได้จากการนำปริมาณการใช้ไฟฟ้าหรือเชื้อเพลิงประเภทต่าง ๆ คูณกับค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ดังแสดงตามสมการที่ 2

สมการที่ 2 การประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงอยู่กับที่

$$Emissions_{GHG,fuel} = Fuel\ Consumption_{fuel} \times Emission\ Factor_{GHG,fuel}$$

โดยที่

$Emissions_{GHG,fuel}$ = ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้พลังงานแบบเผาไหม้อยู่กับที่

$Fuel\ Consumption_{fuel}$ = ปริมาณการใช้เชื้อเพลิงหรือไฟฟ้าประเภท *i*

$Emission\ Factor_{GHG,fuel}$ = ค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกประเภท *i*

i = ประเภทของเชื้อเพลิงหรือไฟฟ้า

การประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการเผาไหม้อยู่กับที่มี 3 ประเภท ได้แก่

ประเภทที่ 1 ก๊าซเรือนกระจกที่เกิดจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงและการเล็ดลอดในเขตเมือง เช่น

- ก๊าซเรือนกระจกที่เกิดจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงในอาคาร โรงงานอุตสาหกรรม การแปรรูปพลังงานในเขตเมือง
- ก๊าซเรือนกระจกที่เกิดจากกิจกรรมการจัดหาพลังงาน เช่น การขุดเจาะน้ำมัน การกลั่นน้ำมันในเขตเมือง
- ก๊าซเรือนกระจกที่เกิดจากการเผาไหม้ของเครื่องจักรกลที่ใช้ในกิจกรรมการเกษตร การประมง และป่าไม้ เช่น เครื่องปั่นไฟแบบพกพา ปั๊มน้ำ

ประเภทที่ 2 ก๊าซเรือนกระจกที่เกิดจากการใช้ไฟฟ้า ความร้อน ไอน้ำ และการหล่อเย็นในเขตเมือง เช่น

- ก๊าซเรือนกระจกที่เกิดจากการใช้ไฟฟ้าในอาคารหรือสิ่งก่อสร้างในเขตเมือง โดยไม่คำนึงถึงแหล่งจ่ายไฟฟ้า

- ก๊าซเรือนกระจกที่เกิดจากการใช้ไฟฟ้าในการผลิตพลังงานภายในเขตเมือง

ประเภทที่ 3 ก๊าซเรือนกระจกที่เกิดจากการรั่วไหลระหว่างการขนส่งไฟฟ้า ความร้อน ไอน้ำ และการหล่อเย็นในเขตเมือง

4.4.2 การเผาไหม้แบบที่มีการเคลื่อนที่

กิจกรรมที่เกิดขึ้นในกลุ่มนี้จะครอบคลุมการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงในการขนส่งทั้งหมด โดยสามารถแบ่งออกเป็น 5 ประเภท ได้แก่ การใช้เชื้อเพลิงในการขนส่งทางบก (Road Transportation) การใช้เชื้อเพลิงในการขนส่งทางราง (Railways) การใช้เชื้อเพลิงในการขนส่งทางอากาศ (Civil Aviation) การใช้เชื้อเพลิงในการขนส่งทางน้ำ (Waterborne Navigation) และการใช้เชื้อเพลิงในการขนส่งด้านอื่น ๆ (Other Transportation) โดยข้อมูลกิจกรรมที่ใช้ คือ ปริมาณการใช้เชื้อเพลิง และปริมาณการใช้ไฟฟ้า จำแนกตามประเภทการขนส่ง เช่น น้ำมันเบนซิน น้ำมันดีเซล ก๊าซธรรมชาติ ไบโอดีเซล เอทานอล และน้ำมันสำหรับเครื่องบิน การประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นจากการขนส่ง ไม่ว่าจะเป็นการขนส่งภายในเมืองหรือการขนส่งระหว่างเขตเมือง จะเป็นการประเมินโดยแบ่งตามประเภทการจัดการก๊าซเรือนกระจก (Scope) ดังนี้

ประเภทที่ 1 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการขนส่งที่เกิดขึ้นภายในเมือง เป็นการประเมินปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นจากการใช้เชื้อเพลิงในการขนส่งทั้งหมดที่เกิดขึ้นภายในเมือง

ประเภทที่ 2 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้ไฟฟ้าสำหรับการขนส่งภายในเมือง เป็นการประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นจากการใช้พลังงานไฟฟ้าในการขนส่งทั้งหมดที่เกิดขึ้นภายในเมือง เช่น รถไฟฟ้า กระเช้าลอยฟ้า และรถยนต์ที่ใช้ไฟฟ้า

ประเภทที่ 3 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการขนส่งที่เกิดขึ้นระหว่างเมือง เป็นการประเมินปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นจากการใช้เชื้อเพลิงในการขนส่งที่มีจุดตั้งต้นของการเดินทางอยู่ในเขตเมืองและจุดสิ้นสุดอยู่นอกเขตเมือง

โดยรูปแบบของการขนส่งที่นำมาพิจารณา ได้แก่

- การขนส่งทางถนน โดยรวมถึงยานพาหนะที่มีการใช้ไฟฟ้าหรือเชื้อเพลิง เช่น รถยนต์ส่วนบุคคล รถแท็กซี่ (Taxi) รถประจำทาง
- การขนส่งทางราง โดยรูปแบบนี้จะรวมทั้งการขนส่งผู้โดยสารและการขนส่งสินค้าในเขตเมืองและระหว่างเมือง
- การขนส่งทางน้ำ โดยรูปแบบนี้จะรวมทั้งการขนส่งผู้โดยสารและการขนส่งสินค้าในเขตเมืองและระหว่างเมือง
- การขนส่งทางอากาศ โดยรูปแบบนี้จะรวมทั้งการขนส่งทางอากาศทุกประเภท เช่น เฮลิคอปเตอร์ (Helicopters) การขนส่งผู้โดยสารทั้งในประเทศและระหว่างประเทศ และการขนส่งสินค้า
- การขนส่งทางบกที่ไม่ใช่ถนน เช่น รถโฟล์คลิฟต์ (Forklift) รถแบคโฮ (Backhoe) และรถบดถนน (Road Roller)

การประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นจากการขนส่ง การใช้เชื้อเพลิง และจากการใช้ไฟฟ้าในการขนส่งสามารถคำนวณได้ตามสมการที่ 3 และ 4

สมการที่ 3 การประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้เชื้อเพลิงในการขนส่ง

$$Emissions = \sum_{a} [Fuel_a \times EF_a]$$

โดยที่

Emissions = ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการขนส่ง หน่วย กิโลกรัมต่อปี; kg/yr

$Fuel_a$ = เชื้อเพลิงประเภท *a* หน่วย เทระจูล; TJ

EF_a = ค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกประเภท *a* หน่วย กิโลกรัมต่อเทระจูล; kg/TJ

a = ประเภทของเชื้อเพลิง เช่น น้ำมันดีเซล น้ำมันเบนซิน หรือก๊าซ LPG

สมการที่ 4 การประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้ไฟฟ้าในการขนส่ง

$$Emissions = AD \times EF$$

โดยที่

Emissions = ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้ไฟฟ้าในการขนส่ง

AD = ปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าในการขนส่ง

EF = ค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้ไฟฟ้า

4.4.3 การจัดการขยะและของเสีย

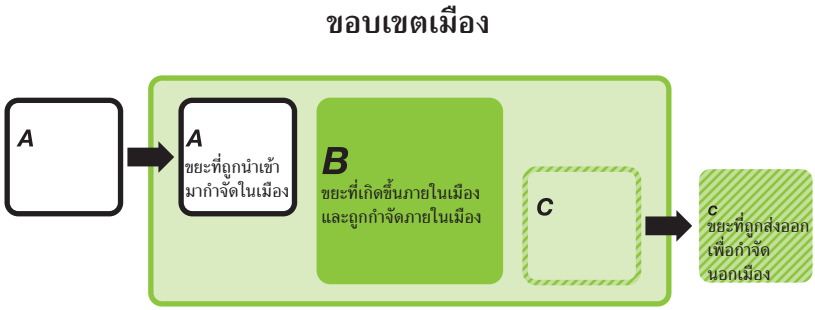
ของเสียภายในเมือง อาจเป็นของเสียชุมชนหรือของเสียอุตสาหกรรมที่เกิดขึ้นในเขตเมือง โดยของเสียเหล่านี้อาจอยู่ในรูปของขยะมูลฝอยหรือน้ำเสียที่มีสารอินทรีย์เป็นองค์ประกอบหลัก เมื่อของเสียเหล่านี้ผ่านกระบวนการจัดการหรือถูกทิ้งไว้ในสิ่งแวดล้อมเป็นเวลานานมากพอที่จะทำให้สารอินทรีย์ในขยะเกิดการย่อยสลาย จะก่อให้เกิดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกประเภทก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ก๊าซมีเทน (CH_4) และก๊าซไนตรัสออกไซด์ (N_2O) นอกจากนี้กิจกรรมการหมักเพื่อทำปุ๋ย (Composting) หรือการผลิตก๊าซชีวภาพ (Digestion) ล้วนเกี่ยวข้องกับกระบวนการทางชีวเคมีที่มีจุลินทรีย์เป็นตัวขับเคลื่อนการย่อยสลายสารอินทรีย์ และนำไปสู่การปล่อยก๊าซเรือนกระจก อีกด้วย

กระบวนการจัดการขยะและของเสียอาจเกิดขึ้นได้ทั้งภายในเมืองหรือนอกเมือง โดยการประเมินก๊าซเรือนกระจกที่เกิดจากการจัดการของเสียมีขอบเขตในการประเมิน ดังนี้

ประเภทที่ 1 พิจารณาเฉพาะก๊าซเรือนกระจกที่เกิดจากขยะและของเสียที่เกิดขึ้น และถูกนำไปจัดการในแหล่งกำจัดหรือระบบบำบัดที่ตั้งอยู่ภายในเมือง รวมถึงก๊าซเรือนกระจกที่เกิดจากขยะและของเสียที่นำเข้ามาจากพื้นที่อื่นแต่มีการบำบัดหรือกำจัดในเขตเมือง ดังแสดงคำอธิบายตามรูปที่ 2 (ตำแหน่ง A และ B ในรูป) ในกรณีที่เมืองรับกำจัดขยะให้กับเมืองอื่น ๆ ควรมีการจดบันทึกปริมาณขยะหรือของเสียแยกตามพื้นที่ที่รับมากำจัด เพื่อง่ายต่อการทวนสอบและวิเคราะห์ประเภทการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่แท้จริง

ประเภทที่ 2 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้พลังงานไฟฟ้าสำหรับกระบวนการจัดการขยะและของเสียภายในเมือง

ประเภทที่ 3 เป็นการประเมินปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากปริมาณขยะและของเสียที่เกิดขึ้นภายในเมือง และถูกนำไปบำบัดหรือกำจัดโดยอาศัยแหล่งบำบัดหรือกำจัดที่ตั้งอยู่นอกเมือง ดังแสดงคำอธิบายตามรูปที่ 2 (ตำแหน่ง C ในรูป)



รูปที่ 2 ประเภทของแหล่งปล่อยก๊าซเรือนกระจกของการจัดการขยะและของเสีย
(ดัดแปลงมาจากเอกสาร Global Protocol for Community-Scale Greenhouse Gas Emission Inventories ที่พัฒนาโดย The World Resources Institute)

สำหรับการประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการจัดการขยะและของเสียในเขตพื้นที่เมืองจะทำการประเมินอ้างอิงตามคู่มือ 2006 IPCC Guidelines โดยแบ่งออกเป็น 4 กลุ่ม ได้แก่

1) การจัดการขยะมูลฝอย

การจัดการขยะมูลฝอยในพื้นที่ก่อให้เกิดการปล่อยก๊าซมีเทน (CH_4) โดยอาศัยหลักการปฏิกิริยาการย่อยสลายอันดับหนึ่ง (First Order Decay; FOD) ของขยะ ซึ่งหลักการนี้ใช้ในการคำนวณหาการปล่อยก๊าซดังกล่าวพิจารณาจากปริมาณขยะที่ถูกนำมาฝังกลบ (Landfill) หรือเทกอง (Open Dump) ในพื้นที่ต่อปี โดยกองขยะจะเริ่มมีการย่อยสลายและปล่อยก๊าซ CH_4 ในปีที่สองของการจัดการ สมการที่ใช้ในการประเมินปริมาณการปล่อยก๊าซมีเทน (CH_4) จากการจัดการขยะมูลฝอย แสดงตามสมการที่ 5

สมการที่ 5 การประเมินการปล่อยก๊าซมีเทนจากการจัดการขยะมูลฝอย

$$CH_4\ Emissions = \left[\sum_X CH_4\ generated_{x,T} - R_T\right] \times (1 - R_T)$$

โดยที่

$CH_4\ Emissions$	=	ปริมาณการปล่อยก๊าซ CH_4 ในปีที่จัดทำบัญชีรายการ หน่วย กิกะกรัมมีเทนต่อปี; Gg CH_4/yr
$CH_4\ generated$	=	ปริมาณการปล่อยก๊าซ CH_4 ปีที่จัดทำบัญชีรายการ (คำนวณได้จากสมการที่ 6)
R_T	=	ปริมาณก๊าซ CH_4 ที่ถูกนำกลับมาใช้ใหม่ เช่น นำก๊าซ CH_4 ไปทำเป็นก๊าซชีวภาพ เพื่อผลิตกระแสไฟฟ้าหรือความร้อน หน่วย กิกะกรัมมีเทนต่อปี; Gg CH_4/yr
T	=	ปีที่จัดทำบัญชีรายการ
x	=	ประเภทของขยะในพื้นที่ที่นำไปจัดการ

สมการที่ 6 การประเมินการปล่อยก๊าซมีเทนจากการย่อยสลายของขยะในปีที่พิจารณา

$$CH_4\ generated_T = DDOCmdecomp_T \times F \times {}^{16}/_{12}$$

โดยที่

$CH_4\ generated_T$	=	ปริมาณการปล่อยก๊าซมีเทน (CH_4) จากการย่อยสลายของขยะ หน่วย กิกะกรัมมีเทนต่อปี; Gg CH_4/yr
$DDOCmdecomp_T$	=	ปริมาณสารอินทรีย์ในขยะที่สามารถย่อยสลายได้ หน่วย กิกะกรัมมีเทนต่อปี; Gg CH_4/yr
F	=	สัดส่วนการปล่อยก๊าซมีเทน (CH_4) จากบ่อฝังกลบ (ใช้ข้อมูลจากกรมควบคุมมลพิษ)
$16/12$	=	ค่าคงที่สำหรับการเปลี่ยนจากคาร์บอน (C) ไปเป็นก๊าซมีเทน (CH_4)

สำหรับปริมาณสารอินทรีย์ในขยะที่สามารถย่อยสลายได้ ($DDOCmdecomp_T$) ในปีที่เริ่มทำการฝังกลบ และในช่วงปีที่พิจารณาการปล่อยก๊าซมีเทน สามารถคำนวณได้จากสมการที่ 7 และ 8

สมการที่ 7 และ 8 การประเมินหาปริมาณอินทรียสารในขยะที่สามารถย่อยสลายได้ในปีที่เริ่มฝังกลบ

$$DDOCmdecomp_T = DDOCma_{T-1} \times (1 - e^{-k})$$
$$DDOCma_T = DDOCmd_T \times (DDOCma_{T-1} \times e^{-k})$$

โดยที่

$DDOCma_{T-1}$ = ปริมาณการสะสมของขยะมูลฝอย ณ สิ้นปี ของปีที่พิจารณา หน่วย กิกะกรัมมีเทนต่อปี; Gg CH_4/yr

$DDOCma_T$ = ปริมาณการสะสมของขยะมูลฝอย ณ สิ้นปีของปีที่เริ่มมีการจัดการขยะ หน่วย กิกะกรัมมีเทนต่อปี; Gg CH_4/yr

$DDOCmd_T$ = ปริมาณการสะสมของอินทรียสารที่สามารถย่อยสลายได้ในปีที่พิจารณา หน่วย กิกะกรัมมีเทนต่อปี; Gg CH_4/yr

k = ค่าคงที่ของการเกิดปฏิกิริยา โดย $k = \ln(2)/t_{1/2}$ (y^{-1})

$t_{1/2}$ = Half-life time (ปี)

2) การบำบัดของเสียด้วยวิธีการทางชีวภาพ

การจัดการของเสียด้วยวิธีการทางชีวภาพก่อให้เกิดการปล่อยก๊าซมีเทน (CH_4) และก๊าซไนตรัสออกไซด์ (N_2O) โดยสามารถประเมินหาการปล่อยก๊าซทั้ง 2 ชนิดได้โดยใช้สมการที่ 9 และ 10

สมการที่ 9 การประเมินการปล่อยก๊าซมีเทน (CH_4) จากการจัดการของเสียด้วยวิธีการทางชีวภาพ

$$CH_4\ Emissions = \sum_i (M_i \times EF_i) \times 10^{-3} - R$$

โดยที่

$CH_4\ Emissions$ = ปริมาณการปล่อยก๊าซ CH_4 หน่วย กิกะกรัมมีเทนต่อปี; Gg CH_4/yr

M_i = ปริมาณขยะที่ถูกจัดการด้วยวิธีการทางชีวภาพ หน่วย กิกะกรัมต่อปี; Gg/yr

EF = ค่าการปล่อยก๊าซ CH_4 หน่วย กรัมมีเทนต่อกิโลกรัมขยะ; g CH_4/kg_{waste}

i = รูปแบบของการนำขยะไปบำบัด เช่น การนำขยะไปทำเป็นปุ๋ย หรือการนำขยะไปย่อยสลายภายใต้สภาวะไร้อากาศ

R = ปริมาณก๊าซ CH_4 ที่ถูกนำกลับมาใช้ใหม่ เช่น นำก๊าซ CH_4 ไปทำเป็นก๊าซชีวภาพเพื่อผลิตกระแสไฟฟ้าหรือความร้อน หน่วย กิกะกรัมมีเทนต่อปี; Gg CH_4/yr

สมการที่ 10 การประเมินการปล่อยก๊าซไนตรัสออกไซด์ (N_2O) จากการจัดการของเสียด้วยวิธีการทางชีวภาพ

$$N_2O\ Emissions = \sum_i (M_i \times EF_i) \times 10^{-3}$$

โดยที่

$N_2O\ Emissions$ = ปริมาณการปล่อยก๊าซ N_2O หน่วย กิกะกรัมไนตรัสออกไซด์ต่อปี; Gg N_2O/yr

M_i = ปริมาณขยะที่ถูกจัดการด้วยวิธีการทางชีวภาพ หน่วย กิกะกรัมต่อปี; Gg/yr

EF = ค่าการปล่อยก๊าซ N_2O หน่วย กรัมไนตรัสออกไซด์ต่อกิโลกรัมขยะ; g N_2O/kg_{waste}

i = รูปแบบของการนำขยะไปบำบัด เช่น การนำขยะไปทำเป็นปุ๋ย หรือการนำขยะไปย่อยสลายภายใต้สภาวะไร้อากาศ

3) การเผาขยะโดยใช้เตาเผาและการเผาขยะในที่โล่ง

การเผาขยะโดยใช้เตาเผาและการเผาขยะในที่โล่งก่อให้เกิดการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) มีเทน (CH_4) และไนตรัสออกไซด์ (N_2O) สำหรับการคำนวณหาปริมาณการปล่อยก๊าซ CO_2 จะพิจารณาทั้งจากการเผาขยะมูลฝอยชุมชน รวมถึงการเผาเชื้อเพลิงเหลวเหลือทิ้งจากโรงงานและที่พักอาศัยในพื้นที่ เช่น น้ำมันที่ใช้สำหรับการประกอบอาหาร ก๊าซธรรมชาติ และเชื้อเพลิงเหลือทิ้งชนิดอื่น ๆ ที่ไม่ใช่น้ำมันหล่อลื่นและสารระเหย ซึ่งการประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกแต่ละชนิดจากการเผาขยะโดยใช้เตาเผาและการเผาขยะในที่โล่งมีวิธีการประเมินดังต่อไปนี้

- การประเมินการปล่อยก๊าซ CO_2 จากการเผาขยะโดยใช้เตาเผาและการเผาขยะในที่โล่ง

การประเมินการปล่อยก๊าซดังกล่าวจะขึ้นอยู่กับรูปแบบการเก็บข้อมูลกิจกรรมของแต่ละพื้นที่ ซึ่งสามารถแบ่งออกเป็น 2 กรณี ตามคำแนะนำของคู่มือ 2006 IPCC ได้แก่

<u>กรณีที่ 1:</u> เหมาะสำหรับพื้นที่ที่มีการเก็บข้อมูลปริมาณขยะที่นำไปเผาจำแนกตามชนิดของขยะ เช่น ขยะประเภทกระดาษ สิ่งทอ เศษอาหาร เศษไม้ ยาง และเศษหนังสัตว์ โดยสามารถคำนวณหาการปล่อยก๊าซ CO_2 ได้จากสมการที่ 11 ถึง 14

สมการที่ 11 การประเมินการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) จากการเผาขยะในพื้นที่ในกรณีที่มีการเก็บข้อมูลปริมาณขยะจำแนกตามชนิดของขยะ

$$CO_2\ Emissions = MSW \times \sum_j (WF_j \times dm_j \times CF_j \times FCF_j \times OF_j) \times {}^{44}/_{12}$$

โดยที่

$CO_2\ Emissions$ = ปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) หน่วย กิกะกรัมคาร์บอนไดออกไซด์ต่อปี; Gg CO_2/yr

MSW = ปริมาณขยะมูลฝอยที่นำไปเผาในเตาเผาและนำไปเผาในที่โล่ง (น้ำหนักเปียก) หน่วย กิกะกรัมต่อปี; Gg/yr

WF_j = สัดส่วนของขยะแต่ละประเภท

dm_j = สัดส่วนมวลแห้งของขยะชนิด j ในขยะมูลฝอยทั้งหมดที่นำไปเผา

CF_j = สัดส่วนของคาร์บอน (C) ในน้ำหนักมวลแห้งของขยะชนิด j

FCF_j = สัดส่วนของฟอสซิลคาร์บอน (Fossil Carbon[3])ในปริมาณคาร์บอนทั้งหมดที่มีอยู่ในขยะมูลฝอยชนิด j ในขยะมูลฝอยที่นำไปเผา

OF_j = สัดส่วนของก๊าซคาร์บอน (C) ที่ถูกออกซิไดซ์ (Oxidation factor)

$44/12$ = ค่าคงที่สำหรับการเปลี่ยนจากคาร์บอน (C) เป็นคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2)

j = องค์ประกอบของขยะมูลฝอยชุมชนที่ถูกนำไปเผาในเตาเผาและที่ถูกเผาในที่โล่ง เช่น กระดาษ สิ่งทอ เศษอาหาร ไม้ ยาง และเศษหนังสัตว์

สมการที่ 12 การประเมินปริมาณขยะที่เข้าเตาเผา

$$MSW_B = P * P_{frac} * MSW_P * B_{frac} * 365 * 10^{-6}$$

โดยที่

MSW_B = ปริมาณของเสียชุมชนที่นำไปเผา หน่วย กิกะกรัมต่อปี; Gg/yr

P = จำนวนประชากร หน่วย คนต่อปี; Person/yr

P_{frac} = สัดส่วนของประชากรที่เผาขยะ

MSW_P = อัตราการเกิดขยะ หน่วย กิโลกรัมขยะต่อคนต่อปี; kg_{waste}/person/yr

B_{frac} = สัดส่วนของขยะที่เกิดการเผาไหม้

365 = ค่าคงที่สำหรับการประเมินหาปริมาณขยะที่เข้าเตาเผาใน 1 ปี

[3] Fossil Carbon หมายถึง วัสดุที่ผลิตจากสารปิโตรเลียมซึ่งมีคาร์บอนเป็นองค์ประกอบ และสามารถติดไฟได้ เช่น พลาสติก ยางสังเคราะห์ และเส้นใยสังเคราะห์

สมการที่ 13 การคำนวณหาสัดส่วนของคาร์บอนในขยะชุมชน

$$CF = \sum_{i} (WF_i \times CF_i)$$

โดยที่

CF = ปริมาณรวมของคาร์บอนในขยะชุมชน

WF_i = สัดส่วนของขยะชนิด i ในขยะชุมชน

CF_i = ปริมาณคาร์บอน (C-content) ในขยะชุมชนชนิด i

สมการที่ 14 การคำนวณหาสัดส่วนฟอสซิลคาร์บอน (Fossil Carbon) ในขยะชุมชน

$$FCF = \sum_{i} (WF_i \times FCF_i)$$

โดยที่

FCF = ปริมาณ Fossil Carbon ในขยะชุมชน เช่น พลาสติก เส้นใยสังเคราะห์ และยางสังเคราะห์

WF_i = สัดส่วนของขยะชนิด i ในขยะชุมชน

CF_i = สัดส่วนของ Fossil Carbon ของขยะชนิด i ในขยะชุมชน

<u>กรณีที่ 2:</u> เหมาะสำหรับพื้นที่ที่ไม่มีการเก็บข้อมูลปริมาณขยะที่นำไปเผาจำแนกตามชนิดขยะ ซึ่งสามารถคำนวณหาการปล่อยก๊าซ CO_2 ได้จากปริมาณขยะทั้งหมดที่นำไปเผา ตามสมการที่ 15

สมการที่ 15 การประเมินการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) จากปริมาณขยะทั้งหมดที่นำไปเผา

$$CO_2\ Emissions = \sum_i (SW_i \times dm_i \times CF_i \times FCF_i \times OF_i) \times {}^{44}/_{12}$$

โดยที่

$CO_2\ Emissions$ = ปริมาณการปล่อย CO_2 จากการเผาขยะ หน่วย กิกะกรัมคาร์บอนไดออกไซด์ต่อปี; Gg CO_2/yr

SW_i = ปริมาณของขยะชนิด i (น้ำหนักเปียก) ที่ถูกนำไปเผา หน่วย กิกะกรัมต่อปี; Gg/yr

dm_i = สัดส่วนมวลแห้งของขยะชนิด i (น้ำหนักเปียก) ที่ถูกนำไปเผา

CF_i = สัดส่วนของคาร์บอน (C) ของขยะชนิด i

FCF_i = สัดส่วนของ Fossil Carbon ที่มีอยู่ในปริมาณคาร์บอนของขยะชนิด i

OF_i = สัดส่วนของคาร์บอนที่ถูกออกซิไดซ์ (Oxidation Factor) ของเชื้อเพลิงเหลวชนิด i

$44/12$ = ค่าคงที่สำหรับการเปลี่ยนจากคาร์บอน (C) เป็นคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2)

i = ประเภทของขยะที่นำไปเผาในเตาเผาและนำไปเผาในที่โล่ง เช่น ขยะมูลฝอยชุมชน ขยะมูลฝอยอุตสาหกรรม กากตะกอน ขยะอันตราย และขยะจากสถานพยาบาล

- การประเมินการปล่อยก๊าซ CH_4 จากการเผาขยะโดยใช้เตาเผาและการเผาขยะในที่โล่ง

ปริมาณของก๊าซ CH_4 ที่เกิดจากกิจกรรมนี้เกิดจากการเผาไหม้แบบไม่สมบูรณ์ (Incomplete Combustion) โดยสามารถคำนวณปริมาณการปล่อยก๊าซ CH_4 ได้จากสมการที่ 16

สมการที่ 16 การประเมินการปล่อยก๊าซมีเทนโดยการใช้เตาเผาและการเผาขยะในที่โล่ง

$$CH_4\ Emissions = \sum_i (IW_i \times EF_i) \times 10^{-6}$$

โดยที่

$CH_4\ Emissions$ = ปริมาณการปล่อยก๊าซ CH_4 หน่วย กิกะกรัมมีเทนต่อปี; Gg CH_4/yr

IW_i = ปริมาณของขยะชนิด i (น้ำหนักเปียก) ที่ถูกนำไปเผา หน่วย กิกะกรัมต่อปี; Gg/yr

EF_i = ค่าการปล่อยก๊าซ CH_4 จากการเผาขยะ หน่วย กิโลกรัมมีเทนต่อกิกะกรัมขยะ; kg CH_4/Gg_{waste}

10^{-6} = ค่าคงที่สำหรับการเปลี่ยนหน่วยจากกิโลกรัม (kg) เป็นกิกะกรัม (Gg)

i = ประเภทของขยะที่นำไปเผาในเตาเผาและนำไปเผาในที่โล่ง เช่น ขยะมูลฝอยชุมชน ขยะมูลฝอยอุตสาหกรรม กากตะกอน ขยะอันตราย และขยะจากสถานพยาบาล

- การประเมินการปล่อยก๊าซ N_2O จากการเผาขยะโดยใช้เตาเผาและการเผาขยะในที่โล่ง

การเผาขยะโดยใช้เตาเผาที่อุณหภูมิการเผาไหม้ต่ำ (500 – 950°C) หรือที่อุณหภูมิของการเผาไหม้ไม่เหมาะสมกับปริมาณของขยะที่นำไปเผา ส่งผลให้เกิดการปล่อยก๊าซ N_2O ระหว่างกระบวนการเผาไหม้ นอกจากนี้ก๊าซดังกล่าวยังสามารถเกิดได้จากการที่อุปกรณ์ควบคุมการปล่อยมลพิษออกจากเตามีประสิทธิภาพต่ำอีกด้วย โดยสามารถคำนวณหาปริมาณการปล่อยก๊าซ N_2O ได้จากสมการที่ 17

สมการที่ 17 การประเมินการปล่อยก๊าซไนตรัสออกไซด์ (N_2O) จากการเผาขยะ

$$N_2O\ Emissions = \sum_i (IW_i \times EC_i \times FGV_i) \times 10^{-9}$$

โดยที่

$N_2O\ Emissions$ = ปริมาณการปล่อยก๊าซ N_2O หน่วย กิกะกรัมไนตรัสออกไซด์ต่อปี; Gg N_2O/yr

IW_i = ปริมาณของขยะชนิด i (น้ำหนักเปียก) ที่ถูกนำไปเผา หน่วย กิกะกรัมต่อปี; Gg/yr

EC_i = ค่าความเข้มข้นของการปล่อยก๊าซ N_2O จากไอเสียหรือก๊าซทิ้งจากการเผาขยะชนิด i หน่วย มิลลิกรัมไนตรัสออกไซด์ต่อลูกบาศก์เมตร; Mg N_2O/m^3

FGV_i = ปริมาณไอเสียหรือก๊าซทิ้งจากการเผาขยะชนิด i หน่วย ลูกบาศก์เมตรต่อมิลลิกรัม; m^3/Mg

i = ประเภทของขยะที่นำไปเผาในเตาเผาและนำไปเผาในที่โล่ง เช่น ขยะมูลฝอยชุมชน ขยะมูลฝอยอุตสาหกรรม กากตะกอน ขยะอันตราย และขยะจากสถานพยาบาล

4) การจัดการน้ำเสียและการปล่อยทิ้ง

การบำบัดน้ำเสียและการปล่อยทิ้งก่อให้เกิดการปล่อยก๊าซมีเทน (CH_4) และก๊าซไนตรัสออกไซด์ (N_2O) ซึ่งวิธีการประเมินการปล่อยก๊าซดังกล่าวมีดังนี้

- การปล่อยก๊าซ CH_4 จากการบำบัดน้ำเสียและการปล่อยทิ้ง

ก๊าซ CH_4 ที่เกิดจากกิจกรรมนี้เกิดจากการย่อยสลายของสารอินทรีย์ในน้ำเสียภายใต้สภาวะไร้อากาศ (Anaerobic Condition) สำหรับพื้นที่ในเขตเมือง น้ำเสียส่วนใหญ่เกิดจากการปล่อยน้ำทิ้งจากอาคารบ้านเรือนของประชากรผู้อยู่อาศัย โดยสามารถคำนวณการปล่อยก๊าซ CH_4 จากการบำบัดน้ำเสียชุมชนได้จากสมการที่ 18 ถึง 20

สมการที่ 18 การประเมินการปล่อยก๊าซมีเทน (CH_4) จากการบำบัดน้ำเสียชุมชน

$$CH_4\ Emissions = \left[\sum_{i,j} (U_i \times T_{i,j} \times EF_j)\right](TOW - S) - R$$

โดยที่

$CH_4\ Emissions$	=	ปริมาณการปล่อยก๊าซ CH_4 หน่วย กิกะกรัมมีเทนต่อปี; Gg CH_4/yr
TOW	=	ปริมาณสารอินทรีย์ในน้ำเสีย หน่วย กิโลกรัมบีโอดีต่อปี; kg BOD/yr (คำนวณได้จากสมการที่ 20)
S	=	ปริมาณกากตะกอนในน้ำเสีย หน่วย กิโลกรัมบีโอดีต่อปี; kg BOD/yr
U_i	=	สัดส่วนของจำนวนประชากรจำแนกตามกลุ่มรายได้ i
$T_{i,j}$	=	ความสามารถของเทคโนโลยีหรือระบบที่ใช้ในการบำบัดน้ำเสียจำแนกตามกลุ่มประชากรในกลุ่ม i
i	=	ประชากรตามกลุ่มรายได้: ประชากรในพื้นที่ชนบท ประชากรในชุมชนเมืองผู้มีรายได้ต่ำ ประชากรในชุมชนเมืองผู้มีรายได้สูง
j	=	ระบบที่ใช้ในการบำบัดน้ำเสีย
EF_j	=	ค่าการปล่อยก๊าซ CH_4 หน่วย กิโลกรัมมีเทนต่อกิโลกรัมบีโอดี; kg CH_4/kg BOD (คำนวณได้จากสมการที่ 19)
R	=	ปริมาณก๊าซ CH_4 ที่ถูกนำกลับมาใช้ใหม่ เช่น นำก๊าซ CH_4 ไปทำเป็นก๊าซชีวภาพ เพื่อผลิตกระแสไฟฟ้าหรือความร้อน หน่วย กิโลกรัมมีเทนต่อปี; kg CH_4/yr

สมการที่ 19 การคำนวณหาค่าการปล่อยก๊าซมีเทน (CH_4) จากการบำบัดน้ำเสียชุมชน

$$EF_j = B_o \times MCF_j$$

โดยที่

EF_j = ค่าการปล่อยก๊าซ CH_4 จากการบำบัดน้ำเสียชุมชน หน่วย กิโลกรัมมีเทนต่อกิโลกรัมบีโอดี; kg CH_4/kg BOD

B_o = ความสามารถในการทำให้เกิดก๊าซ CH_4 ของระบบที่ใช้ในการบำบัดน้ำเสีย หน่วย กิโลกรัมมีเทนต่อกิโลกรัมบีโอดี; kg CH_4/kg BOD

MCF_j = Methane Correction Factor

j = ระบบบำบัดหรือเทคโนโลยีที่ใช้ในการจัดการน้ำเสีย

สมการที่ 20 การคำนวณหาสารอินทรีย์ในน้ำเสีย

$$TOW = P \times BOD \times 0.001 \times I \times 365$$

โดยที่

TOW = ปริมาณสารอินทรีย์ในน้ำเสีย หน่วย กิโลกรัมบีโอดีต่อปี; kg BOD/yr

P = จำนวนประชากรในปีที่พิจารณา หน่วย คนต่อปี; Person/yr

BOD = อัตราการปล่อยน้ำเสีย หน่วย กรัมต่อคนต่อปี; g/person/yr

0.001 = ค่าคงที่สำหรับการเปลี่ยนหน่วยจากกรัม (g) เป็นกิโลกรัม (kg)

I = Correction factor (ในกรณีที่ไม่มีค่า Correction factor สามารถเลือกใช้ค่าแนะนำตามคู่มือ IPCC ได้ดังนี้
- มีการเก็บน้ำเสีย = 1.25
- ไม่มีการเก็บน้ำเสีย = 1.00

- การปล่อยก๊าซไนตรัสออกไซด์ (N_2O) จากการจัดการน้ำเสียและการปล่อยทิ้ง

ก๊าซไนตรัสออกไซด์ (N_2O) เกิดจากการย่อยสลายของสารประกอบไนโตรเจน (N) ที่มีอยู่ในสิ่งปฏิกูลของมนุษย์ในน้ำเสียชุมชน ได้แก่ ยูเรีย ไนเตรท และโปรตีน โดยสามารถคำนวณการปล่อยก๊าซ N_2O จากการบำบัดน้ำเสียและการปล่อยทิ้ง ได้จากสมการที่ 21 – 22

สมการที่ 21 การประเมินการปล่อยก๊าซไนตรัสออกไซด์จากการจัดการน้ำเสียและการปล่อยทิ้ง

$$N_2O\ Emissions = N_{EFFLUENT} \times EF_{EFFLUENT} \times {}^{44}/_{28}$$

โดยที่

$N_2O\ Emissions$ = ปริมาณการปล่อยก๊าซ N_2O หน่วย กิโลกรัมไนตรัสออกไซด์ต่อปี; g N_2O/yr

$N_{EFFLUENT}$ = ปริมาณไนโตรเจน (N) ในน้ำเสีย หน่วย กิโลกรัมไนโตรเจนต่อปี; kg N/yr

$EF_{EFFLUENT}$ = ค่าการปล่อยก๊าซ N_2O จากการบำบัดน้ำเสียและการปล่อยทิ้ง หน่วย กิโลกรัมไนตรัสออกไซด์ในรูปของไนโตรเจนต่อกิโลกรัมไนโตรเจน; kg N_2O–N/kg N

$44/28$ = ค่าคงที่สำหรับการเปลี่ยนจาก kg N_2O–N ไปเป็น kg N

สมการที่ 22 การคำนวณหาปริมาณไนโตรเจน (N) ในน้ำเสีย

$$N_{EFFLUENT} = (P \times Protein \times F_{NPR} \times F_{NON-CON} \times F_{IND-COM}) - N_{SLUDGE}$$

โดยที่

$N_{EFFLUENT}$ = ปริมาณก๊าซไนโตรเจน (N) ในน้ำเสียต่อปี

P = จำนวนประชากรในพื้นที่ หน่วย คนต่อปี; Person/yr

$Protein$ = ปริมาณการบริโภคโปรตีนของประชากรในพื้นที่ หน่วย กิโลกรัมโปรตีนต่อคนต่อปี; $kg_{protein}$/person/yr

F_{NPR} = สัดส่วนของไนโตรเจน (N) ในโปรตีน (Default = 0.16) หน่วย กิโลกรัมไนโตรเจนต่อกิโลกรัมโปรตีน; kg N/$kg_{protein}$

$F_{NON-CON}$ = สัดส่วนของน้ำเสียที่ไม่มีโปรตีนปะปนอยู่

$F_{IND-COM}$ = สัดส่วนของร้านค้า อาคารพาณิชย์ และโรงงานอุตสาหกรรมที่มีการปล่อยโปรตีนลงสู่ท่อระบายน้ำ

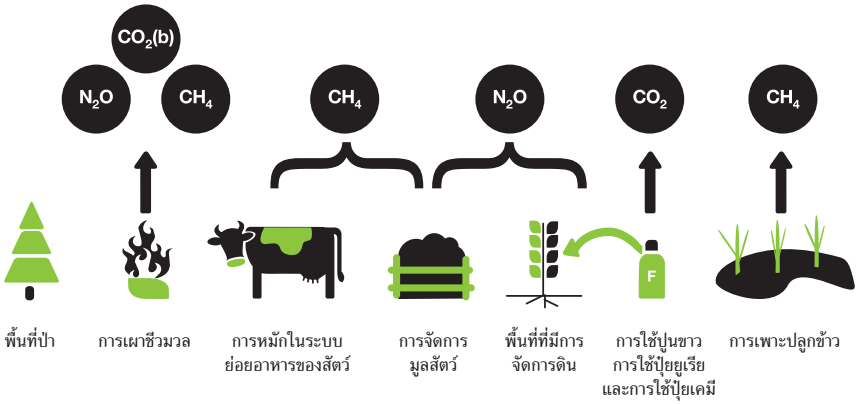
N_{SLUDGE} = ปริมาณ N ที่ถูกกำจัดออกมาให้อยู่ในรูปของกากตะกอน หน่วย กิโลกรัมไนโตรเจนต่อปี; kg N/yr

* ในกรณีที่ไม่มีระบบบำบัดน้ำเสียในพื้นที่ ให้ใช้ปริมาณน้ำเสียรวม เท่ากับ ร้อยละ 80 ของน้ำใช้ หรือปริมาณน้ำเสียรวม 150 ลิตรต่อคนต่อวัน[4] และค่าให้ใช้ค่า BOD เท่ากับ 120 มิลลิกรัมต่อลิตร[4] ในการคำนวณ

4.4.4 การเกษตร ป่าไม้ และการใช้ประโยชน์ที่ดิน

กิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับการเกษตร ป่าไม้ และการใช้ประโยชน์ที่ดิน (Agriculture, Forestry and Other Land Use : AFOLU) ก่อให้เกิดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่สำคัญ ได้แก่ คาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) มีเทน (CH_4) และไนตรัสออกไซด์ (N_2O) ตามรูปที่ 3 ซึ่งประกอบไปด้วยสาขาย่อย ดังนี้

[4] "คู่มือการจัดการน้ำเสียสำหรับบ้านเรือน" ส่วนน้ำเสียชุมชน สำนักการจัดการคุณภาพน้ำ กรมควบคุมมลพิษ 2555



รูปที่ 3 แหล่งการปล่อยและการดูดกลับก๊าซเรือนกระจก
ในกิจกรรมการเกษตร ป่าไม้ และการใช้ประโยชน์ที่ดิน
(ดัดแปลงมาจากเอกสาร Global Protocol for Community-Scale Greenhouse Gas Emission Inventories ที่พัฒนาโดย The World Resources Institute)

1) การปล่อยก๊าซเรือนกระจกในภาคปศุสัตว์

การผลิตปศุสัตว์เป็นส่วนหนึ่งที่ทำให้เกิดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ได้แก่ ก๊าซมีเทน (CH_4) และก๊าซไนตรัสออกไซด์ (N_2O) โดยก๊าซมีเทนจะถูกปล่อยจากการหมักในระบบย่อยอาหารของสัตว์ (Enteric Fermentation) ส่วนการจัดการมูลสัตว์ (Manure Management) จะมีการปล่อยก๊าซมีเทน (CH_4) และไนตรัสออกไซด์ (N_2O) ซึ่งโดยส่วนมากแล้วก๊าซเหล่านี้จะถูกปล่อยมาจากสัตว์จำพวกโคและกระบือที่มีการเลี้ยงเป็นจำนวนมากเพื่อใช้บริโภคและเป็นการค้า

วิธีการประเมินการปล่อยก๊าซมีเทน (CH_4) และก๊าซไนตรัสออกไซด์ (N_2O) จากปศุสัตว์ได้มีการจัดหมวดหมู่สัตว์ตามวิธีการประเมินของคู่มือ IPCC และการประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกลุ่มการหมักในระบบย่อยอาหารของสัตว์และการจัดการมูลสัตว์แต่ละชนิด ซึ่งสามารถจัดหมวดหมู่ของปศุสัตว์ในประเทศไทยได้เป็น โคนม (Dairy Cows) โคเนื้อ (Other Cattle) กระบือ (Buffalo) สุกร (Swine) แกะ (Sheep) แพะ (Goat) อูฐ (Camel) ม้า (Horse) กวาง (Deer) ช้าง (Elephant) และสัตว์ปีก (Poultry) ได้แก่ เป็ด ไก่ นกกระจอกเทศ

นกกระทา และห่าน การประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากปศุสัตว์ดังกล่าวแบ่งเป็นกลุ่มได้ดังนี้

- การปล่อยก๊าซมีเทนจากการหมักในระบบย่อยอาหารของสัตว์และการจัดการมูลสัตว์

การประเมินการปล่อยก๊าซมีเทน (CH_4) ที่เกิดจากกระบวนการหมักในระบบย่อยอาหารของสัตว์ และระบบการจัดการมูลสัตว์ อาหารของสัตว์เคี้ยวเอื้องนั้นจำเป็นต้องมีข้อมูลรายละเอียดค่อนข้างมาก เช่น ลักษณะอาหารของปศุสัตว์ ช่วงอายุของสัตว์ ระบบการเลี้ยงสัตว์ และอุณหภูมิในพื้นที่เลี้ยงสัตว์ ซึ่งในประเทศไทยยังขาดข้อมูลบางส่วนจึงยังไม่สามารถหาค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจก (Emission Factor) ของสัตว์แต่ละชนิดได้ ดังนั้นในการประเมินจึงใช้ค่ากลางของการปล่อยก๊าซเรือนกระจก (Default Emission Factor) จากคู่มือ IPCC ในการประเมินการปล่อยก๊าซ CH_4 ที่เกิดจากกระบวนการหมักในระบบย่อยอาหารของสัตว์ และการจัดการมูลสัตว์ ตามสมการที่ 23 ถึง 25 ดังนี้

สมการที่ 23 การประเมินการปล่อยก๊าซมีเทนจากกระบวนการหมักในระบบย่อยอาหารของสัตว์แต่ละชนิด

$$CH_{4Enteric} = EF_{(T)} \times \left(\frac{N_{(T)}}{10^6}\right)$$

โดยที่

$CH_{4Enteric}$ = ปริมาณก๊าซมีเทนจากกระบวนการหมักในระบบย่อยอาหารของสัตว์ หน่วย กิกะกรัมมีเทนต่อปี; Gg CH_4/yr

$EF_{(T)}$ = ค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสำหรับสัตว์แต่ละชนิดของปศุสัตว์ หน่วย กิโลกรัมมีเทนต่อตัวต่อปี; Kg CH_4/head/yr

$N_{(T)}$ = จำนวนสัตว์ในแต่ละชนิดของปศุสัตว์ในขอบเขตพื้นที่เมือง หน่วย ตัวต่อปี; Head/yr

T = ชนิดสัตว์ของปศุสัตว์ในขอบเขตพื้นที่เมือง

สมการที่ 24 การประเมินการปล่อยก๊าซมีเทนทั้งหมดจากกระบวนการหมักในระบบย่อยอาหารของสัตว์

$$Total\ CH_{4Enteric} = \sum_{i} E_i$$

โดยที่

$Total\ CH_{4Enteric}$ = ปริมาณการปล่อยก๊าซมีเทนทั้งหมดจากกระบวนการหมักในระบบย่อยอาหารของสัตว์ หน่วย กิกะกรัมมีเทนต่อปี; Gg CH_4/yr

E_i = ปริมาณก๊าซมีเทนที่ปล่อยออกมาจากสัตว์แต่ละชนิด

สมการที่ 25 การประเมินการปล่อยก๊าซมีเทนจากระบบการจัดการมูลสัตว์

$$Total\ CH_{4Manure} = \sum_{(T)} \frac{(EF_{(T)} \times N_{(T)})}{10^6}$$

โดยที่

$Total\ CH_{4Manure}$ = ปริมาณการปล่อยก๊าซมีเทนทั้งหมดจากระบบการจัดการมูลสัตว์ หน่วย กิกะกรัมมีเทนต่อปี; Gg CH_4/yr

$EF_{(T)}$ = ค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสำหรับสัตว์แต่ละชนิดของปศุสัตว์ หน่วย กิโลกรัมมีเทนต่อตัวต่อปี; Kg CH_4/head/yr

$N_{(T)}$ = จำนวนสัตว์ในแต่ละชนิดของปศุสัตว์ในขอบเขตพื้นที่เมือง หน่วย ตัวต่อปี; Head/yr

T = ชนิดสัตว์ของปศุสัตว์ในขอบเขตพื้นที่เมือง

- การปล่อยก๊าซไนตรัสออกไซด์โดยตรงจากระบบการจัดการมูลสัตว์

การจัดการมูลสัตว์ในแต่ละระบบการจัดการ อาทิ การจัดการแบบปล่อยในทุ่ง (Pasture/Range/Paddock) การเกลี่ยตากรายวัน (Daily Spread) การแยกเก็บแบบของแข็ง (Solid Storage) การเก็บในรูปของเหลว (Liquid/Slurry) มีผลก่อให้เกิดการปล่อยก๊าซไนตรัสออกไซด์ (N_2O) ในปริมาณที่

แตกต่างกันไป สามารถประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกโดยใช้ค่ากลางของการปล่อยก๊าซเรือนกระจก (Default Emission Factor) จากคู่มือ IPCC ในการประเมินการปล่อยก๊าซ N_2O โดยตรงที่เกิดจากระบบการจัดการมูลสัตว์ ตามสมการที่ 26 ดังนี้

สมการที่ 26 การประเมินการปล่อยก๊าซไนตรัสออกไซด์โดยตรงจากระบบการจัดการมูลสัตว์

$$N_2O_{D(mm)} = \left[\sum_S \left[\sum_T \left(N_{(T)} \times Nex_{(T)} \times MS_{(T,S)}\right)\right] \times EF_{3(S)}\right] \times \frac{44}{28}$$

โดยที่

$N_2O_{D(mm)}$ = ปริมาณก๊าซไนตรัสออกไซด์ที่ปล่อยออกมาโดยตรงจากระบบการจัดการมูลสัตว์หน่วย กิโลกรัมไนตรัสออกไซด์ต่อปี; kg N_2O/yr

$N_{(T)}$ = จำนวนสัตว์ในแต่ละชนิดของปศุสัตว์ในขอบเขตพื้นที่เมือง หน่วย ตัวต่อปี; Head/yr

$Nex_{(T)}$ = ค่าเฉลี่ยประจำปีของไนโตรเจนในมูลสัตว์ต่อตัวสัตว์แต่ละชนิด หน่วย กิโลกรัมไนโตรเจนต่อตัวต่อปี; kg N/animal/yr

$MS_{(T,S)}$ = สัดส่วนของจำนวนไนโตรเจนในมูลสัตว์ทั้งหมดรายปีในสัตว์แต่ละชนิด *T* ที่ถูกจัดการในระบบการจัดการมูลสัตว์ *S*

$EF_{3(S)}$ = ค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสำหรับการปล่อยไนตรัสออกไซด์ออกมาโดยตรงจากระบบการจัดการมูลสัตว์ (S), kg N_2O-N/kg N ในระบบการจัดการมูลสัตว์ (S)

S = ระบบการจัดการมูลสัตว์

T = ชนิดสัตว์ของปศุสัตว์ในขอบเขตพื้นที่เมือง

44/28 = ค่าคงที่สำหรับการเปลี่ยนจาก kg N_2O-N เป็น kg N_2O

2) การปล่อยและกักเก็บก๊าซเรือนกระจกจากการใช้ประโยชน์ที่ดินและการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน

ปริมาณคาร์บอนที่อยู่ในพืชพรรณและในดินจะแปรผันไปตามกิจกรรมในแต่ละพื้นที่และแต่ละช่วงเวลา อันเกิดจากทั้งกระบวนการทางธรรมชาติและกิจกรรมของมนุษย์ การจำแนกประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดินจำเป็นต่อการประมาณการ และการประเมินปริมาณก๊าซเรือนกระจกอันเป็นผลมาจากการใช้ประโยชน์ที่ดิน (Land-Use) และการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน (Land-Use Conversion)

2.1 การจำแนกประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดิน

วิธีการประเมินการปล่อยและกักเก็บก๊าซเรือนกระจก ได้มีการจัดแบ่งการใช้ประโยชน์ที่ดินสำหรับการประเมินปริมาณก๊าซเรือนกระจกออกเป็น 6 ประเภท ตามวิธีการประเมินของคู่มือ IPCC

2.1.1 พื้นที่ป่าไม้ (Forest Land) หมายถึง พื้นที่ทั้งหมดที่เต็มไปด้วยต้นไม้ หรือป่าไม้[5]

2.1.2 พื้นที่เพาะปลูก (Cropland) หมายถึง พื้นที่สำหรับการเกษตร รวมทั้งนาข้าว และระบบวนเกษตร (Agro-Forestry System)

2.1.3 พื้นที่ทุ่งหญ้า (Grassland) หมายถึง พื้นที่ทุ่งหญ้าปล่อยว่าง (Rangelands) และทุ่งหญ้าเลี้ยงสัตว์ (Pasture Land)

2.1.4 พื้นที่ชุ่มน้ำ (Wetlands) หมายถึง พื้นที่ซึ่งมีน้ำท่วมขังหรือเปียกชุ่มไปด้วยน้ำตลอด หรือเป็นบางช่วงของปี ทั้งนี้พื้นที่ดังกล่าวรวมถึงแหล่งกักเก็บน้ำที่มนุษย์สร้างขึ้นและแหล่งน้ำตามธรรมชาติ เช่น อ่างเก็บน้ำ หนอง คลอง บึง

2.1.5 พื้นที่ที่ใช้ตั้งถิ่นฐาน (Settlements) หมายถึง พื้นที่ซึ่งถูกพัฒนาเพื่อการอยู่อาศัยและการสร้างรากฐานสำหรับการคมนาคมขนส่ง

2.1.6 พื้นที่อื่น ๆ (Other Land) หมายถึง พื้นที่ซึ่งประกอบไปด้วย ดิน หิน น้ำแข็ง และพื้นที่ซึ่งไม่ตกอยู่ในประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดินใด ๆ ดังกล่าวข้างต้น

[5] คู่มือศักยภาพของพรรณไม้สำหรับส่งเสริมภายใต้โครงการกลไกการพัฒนาโครงการที่สะอาดภาคป่าไม้

2.2 ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการจำแนกประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดิน

ในการประเมินการปล่อยและกักเก็บก๊าซเรือนกระจกจำเป็นต้องจำแนกประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดินโดยคำนึงถึงปัจจัยสำคัญ 3 ประการ ได้แก่

2.2.1 ช่วงเวลา (Time-Series)

เนื่องจากประเทศไทยมีการรวบรวมประวัติและข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินที่ไม่เพียงพอ จึงจำเป็นต้องประเมินโดยอาศัยข้อมูลในอดีต หรือสมมุติให้พื้นที่ไม่มีการเปลี่ยนแปลงจนกระทั่งมีการนำที่ดินผืนนั้นไปใช้ประโยชน์ในรูปแบบอื่น เช่น ถางพื้นที่ป่าเพื่อสร้างสิ่งปลูกสร้าง

2.2.2 การคาดคะเนระดับก๊าซเรือนกระจกในช่วงเวลาใด ๆ

ในบางครั้งมักมีการพัฒนาของที่ดินจากที่ดินที่ปล่อยร้าง (Unmanaged Land) เป็นที่ดินที่จัดการแล้ว (Managed Land) ซึ่งกระบวนการนี้ทำให้ระดับก๊าซเรือนกระจก (Carbon Stock) เพิ่มสูงขึ้น ดังนั้น ควรพิจารณาการเปลี่ยนแปลงที่ดินปล่อยร้างที่กลายเป็นที่ดินที่ได้รับการจัดการแล้ว โดยคิดเป็นรายปี

2.2.3 การจัดเก็บข้อมูล

ผู้จัดเก็บข้อมูลควรกำหนดคำนิยามที่ชัดเจน และสามารถครอบคลุมกิจกรรมการใช้ประโยชน์ที่ดินได้อย่างครบถ้วน ควรใช้วิธีจัดเก็บที่โปร่งใส น่าเชื่อถือ ควรจำแนกข้อมูลอย่างเป็นระบบในแต่ละช่วงเวลา ควรตรวจสอบปริมาณพื้นที่ของการใช้ประโยชน์ที่ดินแต่ละประเภทว่าสอดคล้องกับผลรวมของพื้นที่ทั้งหมดของการประเมินเพื่อความถูกต้องของข้อมูล

2.3 การประเมินการปล่อยและกักเก็บก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์

การใช้ประโยชน์ที่ดินและการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินเป็นกิจกรรมที่ทำให้เกิดการปล่อยและกักเก็บก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ โดยวิธีการประเมินหาได้จากการประมาณการเปลี่ยนแปลงปริมาณการกักเก็บคาร์บอนในแหล่งกักเก็บคาร์บอน (1) มวลชีวภาพเหนือพื้นดิน (Above ground Biomass)

และ มวลชีวภาพใต้พื้นดิน (Below ground Biomass) (2) ซากอินทรียสาร (Dead Organic Matter) เช่น ไม้ตาย (Deadwood) เศษซากพืชร่วงหล่นสะสม (Litter) (3) อินทรียวัตถุในดิน (Soil Organic Matter) โดยมีวิธีการคิดคำนวณดังนี้

การคำนวณหาปริมาณการกักเก็บคาร์บอน (Carbon Stock) ของมวลชีวภาพเหนือพื้นดินและใต้พื้นดินของพื้นที่ ซึ่งยังคงอยู่ในประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดินเดิม และพื้นที่ซึ่งเปลี่ยนไปอยู่ในประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดินใหม่ตามรูปแบบ Tier 1 สามารถทำได้โดยใช้ตามวิธี Gain-Loss กล่าวคือ การเปลี่ยนแปลงของปริมาณการกักเก็บคาร์บอนของมวลชีวภาพต่อปีมีค่าเท่ากับผลต่างของปริมาณการกักเก็บคาร์บอนที่เพิ่มขึ้นต่อปี (ΔC_{Gain}) และปริมาณการกักเก็บคาร์บอนที่ลดลงต่อปี (ΔC_{Loss}) ปริมาณการกักเก็บคาร์บอนที่เพิ่มขึ้นต่อปี (ΔC_{Gain}) เนื่องจากการเจริญเติบโตของมวลชีวภาพเหนือผิวดินและใต้พื้นดินแต่ละประเภทพื้นที่ย่อยของประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดินนั้น ๆ ซึ่งสามารถประเมินได้จากสมการที่ 27

สมการที่ 27 การประเมินปริมาณการกักเก็บคาร์บอนที่เพิ่มขึ้นต่อปี

$$\Delta C_{Gain} = \sum_{i,j} (A_{i,j} \times G_{Total\ i,j} \times CF_{i,j})$$

โดยที่

ΔC_{Gain} = ปริมาณการกักเก็บคาร์บอน (Carbon Stock) ที่เพิ่มขึ้นต่อปี หน่วย ตันคาร์บอนต่อปี; tonnes C/yr

A = พื้นที่ที่ไม่มีการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน หน่วย เฮกตาร์; ha

G_{Total} = ค่าเฉลี่ยของการเจริญเติบโตของมวลชีวภาพรายปี หน่วย ตันน้ำหนักแห้งต่อเฮกตาร์ต่อปี; tonnes d.m./ha/yr

i = ระบบนิเวศในพื้นที่ (i = 1 ถึง n)

j = สภาพภูมิอากาศในพื้นที่ (j = 1 ถึง m)

CF = สัดส่วนปริมาณคาร์บอนของน้ำหนักแห้งในเนื้อไม้ หน่วย ตันคาร์บอนต่อตันน้ำหนักแห้ง; tonnes C/tonnes d.m.

ปริมาณการกักเก็บคาร์บอนที่ลดลงหรือสูญเสียต่อปี (ΔC_{Loss}) เนื่องจากไม้ที่ล้มตาย ไม้ที่ถูกเก็บเกี่ยวเพื่อทำเป็นเชื้อเพลิง และสิ่งรบกวน เช่น ไฟไหม้ โรคระบาดจากแมลง ภัยพิบัติทางธรรมชาติ สามารถคำนวณได้จากสมการที่ 28

สมการที่ 28 การประเมินปริมาณการกักเก็บคาร์บอนที่ลดลงต่อปี

$$\Delta C_{Loss} = L_{Wood\ Removal} + L_{Fuel\ Wood} + L_{Disturbance}$$

โดยที่

ΔC_{Loss} = ปริมาณการกักเก็บคาร์บอนที่ลดลงต่อปี หน่วย ตันคาร์บอนต่อปี; tonnes C/yr

$L_{Wood\ Removal}$ = ปริมาณคาร์บอนที่สูญเสียไปต่อปีเนื่องจากไม้ที่ล้มตายและนำไม้ออกจากพื้นที่ หน่วย ตันคาร์บอนต่อปี; tonnes C/yr

$L_{Fuel\ Wood}$ = ปริมาณคาร์บอนที่สูญเสียไปต่อปีเนื่องจากไม้ที่ถูกเก็บเกี่ยวเพื่อทำเป็นเชื้อเพลิง หน่วย ตันคาร์บอนต่อปี; tonnes C/yr

$L_{Disturbance}$ = ปริมาณคาร์บอนของชีวมวลที่สูญเสียไปต่อปี เนื่องจากการถูกรบกวนในพื้นที่ หน่วย ตันคาร์บอนต่อปี; tonnes C/yr

การคำนวณหาการเปลี่ยนแปลงปริมาณการกักเก็บคาร์บอนของอินทรียวัตถุในดินที่เปลี่ยนแปลงไปต่อปีสำหรับพื้นที่ซึ่งยังคงอยู่ในประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดินเดิม และพื้นที่ซึ่งเปลี่ยนไปอยู่ในประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดินใหม่ ทำได้โดยการหาปริมาณที่เปลี่ยนไปของดินอนินทรีย์และดินอินทรีย์ ดังสมการที่ 29 ถึง 31

สมการที่ 29 การประเมินปริมาณการกักเก็บคาร์บอนของอินทรียวัตถุในดินที่เปลี่ยนไปต่อปี

$$\Delta C_{Soils} = \Delta C_{Mineral} - L_{Organic}$$

โดยที่

ΔC_{Soils} = ปริมาณการกักเก็บคาร์บอนในดินที่เปลี่ยนไปต่อปี หน่วย ตันคาร์บอนต่อปี; tonnes C/yr

$\Delta C_{Mineral}$ = ปริมาณการกักเก็บคาร์บอนของดินอนินทรีย์ที่เปลี่ยนไปต่อปี หน่วย ตันคาร์บอนต่อปี; tonnes C/yr (คำนวณได้จากสมการที่ 30)

$L_{Organic}$ = ปริมาณการกักเก็บคาร์บอนของดินอินทรีย์ที่สูญเสียไปต่อปี หน่วย ตันคาร์บอนต่อปี; tonnes C/yr (คำนวณได้จากสมการที่ 31)

สมการที่ 30 การประเมินปริมาณการกักเก็บคาร์บอนของดินอนินทรีย์ที่เปลี่ยนไปต่อปี

$$\Delta C_{Mineral} = \frac{(SOC_0 - SOC_{(0-T)})}{D}$$

โดยที่

$\Delta C_{Mineral}$ = ปริมาณการกักเก็บคาร์บอนของดินอนินทรีย์ที่เปลี่ยนไปต่อปี หน่วย ตันคาร์บอนต่อปี; tonnes C/yr

SOC_0 = ปริมาณการกักเก็บคาร์บอนของดินอนินทรีย์ ณ ปีสุดท้ายของช่วงเวลาที่กำหนด หน่วย ตันคาร์บอน; tonnes C

$SOC_{(0-T)}$ = ปริมาณการกักเก็บคาร์บอนของดินอนินทรีย์ ณ ปีแรกเริ่มของช่วงเวลาที่กำหนด หน่วย ตันคาร์บอน; tonnes C

T = จำนวนปีของหนึ่งช่วงเวลาใด ๆ ที่กำหนด หน่วย ปี; yr

D = Time Dependence of Stock Change Factor ซึ่งสำหรับ Tier 1 กำหนดให้เป็นค่าคงที่ 20 ปี

สมการที่ 31 การประเมินปริมาณการกักเก็บคาร์บอนของดินอินทรีย์ที่สูญเสียไปต่อปี

$$L_{Organic} = \sum_{c} (A \times EF)_{c}$$

โดยที่

$L_{Organic}$ = ปริมาณการกักเก็บคาร์บอนของดินอินทรีย์ที่สูญเสียไปต่อปี หน่วย ตันคาร์บอนต่อปี; tonnes C/yr

A = พื้นที่ของดินอินทรีย์ตามโซนสภาพภูมิอากาศ หน่วย เฮกตาร์; ha

EF = ค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกตามโซนสภาพภูมิอากาศ หน่วย ตันคาร์บอนต่อเฮกตาร์ต่อปี; tonnes C/ha/yr (2006 IPCC Guideline Volume 4 Table 2.3)

3) การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากแหล่งอื่น ๆ บนพื้นดิน

- การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการเผาไหม้ในพื้นที่เกษตรและพื้นที่ป่าไม้

ก๊าซเรือนกระจกจำนวนมากทั้งก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และก๊าซอื่น ๆ เป็นผลมาจากการเผาไหม้ของมวลชีวภาพเหนือพื้นดินและมวลชีวภาพใต้ดิน (Above and Below-Ground Biomass) และซากอินทรียสาร (Dead Organic Matter) ในพื้นที่ป่า (Forest) พื้นที่เกษตรกรรม (Cropland) และพื้นที่ทุ่งหญ้า (Grassland) ทั้งนี้การรายงานควรประกอบด้วยปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทุกชนิดซึ่งพื้นที่ไฟไหม้ที่ก่อให้เกิดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกอื่น ๆ สามารถจำแนกได้เป็น 5 ประเภท ได้แก่ การเผาไหม้ทุ่งหญ้า (Grassland Burning) การเผาไหม้วัสดุเหลือทิ้งจากการเกษตร (Agricultural Residues Burning)

การเผาไหม้กองอินทรียสารที่เปื่อยเน่า เศษกิ่งไม้ในบริเวณพื้นที่ป่า (Burning of Litter, Understory, and Harvest Residues in Forest Land) การเผาไหม้เพื่อปรับพื้นที่ป่าไปใช้เพื่อการเกษตร (Forest Clearing and Conversion to Agriculture) และการเผาไหม้อื่น ๆ (Other Types of Burning) ดังสมการที่ 32

สมการที่ 32 การประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการเผาไหม้ชีวมวล

$$L_{fire} = A \times M_B \times C_f \times G_{ef} \times 10^{-3}$$

โดยที่

L_{fire} = ปริมาณก๊าซเรือนกระจกจากการเผาไหม้ หน่วยตันของก๊าซเรือนกระจกแต่ละชนิด เช่น ก๊าซมีเทน, ก๊าซไนตรัสออกไซด์; tonnes CH_4/yr, tonnes N_2O/yr

A = พื้นที่ในการเผา หน่วย เฮกตาร์; ha

M_B = ปริมาณของมวลชีวภาพที่สามารถนำมาเผาไหม้ได้

C_f = ค่าสัมประสิทธิ์การเผาไหม้ (2006 IPCC Guideline Volume 4 Table 2.6)

G_{ef} = ค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจก หน่วย กรัมของก๊าซเรือนกระจกต่อกิโลกรัมน้ำหนักแห้งที่ถูกเผาไหม้; gGHG/kg of dry matter burnt (2006 IPCC Guideline Volume 4 Table 2.5)

- การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้ปูนขาวเพื่อการปรับสภาพดินในพื้นที่การเกษตร

การเพาะปลูกพืชมีหลายกิจกรรมที่ทำให้เกิดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก การใช้วัสดุปรับปรุงดิน ปุ๋ย และการจัดการพื้นที่การเกษตรเป็นอีกกิจกรรมหลักที่สำคัญที่ก่อให้เกิดก๊าซเรือนกระจกได้ทั้งทางตรงและทางอ้อม เนื่องจากไม่มีรายงานสถิติการใช้ปูนขาวในพื้นที่การเกษตร อบก. จึงได้ประเมิน

ปริมาณการใช้ปูนขาวในการปรับสภาพดินในพื้นที่การเพาะปลูกพืชที่มีสภาพเป็นดินเปรี้ยวจัดตามระดับความรุนแรง โดยอ้างอิงข้อมูลอัตราการใส่ปูนขาวที่แนะนำให้ใส่เพื่อปรับปรุงดิน จากคู่มือเกษตรกรการจัดการดินเปรี้ยวจัดเพื่อการปลูกพืช (หน้า 6) กรมพัฒนาที่ดิน ตามระดับความรุนแรงของกรดภายใต้โครงการประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากภาคพื้นดิน ในสาขาเกษตร ป่าไม้ และการใช้ประโยชน์ที่ดิน ระดับรายจังหวัดด้วยระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ ดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ปริมาณปูนขาวที่ใช้ในการปรับสภาพดินในพื้นที่ที่มีปัญหาดินเปรี้ยวจัดตามระดับความรุนแรง

ระดับความรุนแรง	ปริมาณปูนขาวที่ใช้ ($CaCO_3$)[6] (กิโลกรัมต่อไร่)	กลุ่มชุดดินที่
ดินเปรี้ยวจัดที่เป็นกรดรุนแรงน้อย	500	กลุ่มชุดดินที่ 2, 13
ดินเปรี้ยวจัดที่เป็นกรดรุนแรงปานกลาง	1,000	กลุ่มชุดดินที่ 11, 14
ดินเปรี้ยวจัดที่เป็นกรดรุนแรงมาก	1,500	กลุ่มชุดดินที่ 9, 10

ปูนที่นิยมใช้ในการปรับสภาพดินมีหลายชนิด ได้แก่ ปูนมาร์ล หินปูนบด หินปูนฝุ่น ปูนเปลือกหอยเผา ปูนขาว ปูนคัลไซต์ ปูนโดโลไมท์ การเลือกใช้ปูนในการปรับสภาพดินต้องเลือกปูนที่มีคุณภาพดี สามารถแก้ความเป็นกรดของดินได้เร็ว โดยจากคำแนะนำการใช้ปูนในการปรับสภาพความเป็นกรดของดินตามคู่มือเกษตรกรการจัดการดินเปรี้ยวจัดเพื่อการปลูกพืชได้แนะนำชนิดปูนเพื่อใช้ในการปรับสภาพดินในพื้นที่ที่มีปัญหาดินเปรี้ยวจัดตามชนิดพืช ดังแสดงในตารางที่ 2

[6] สูตรทางเคมีของ Calcium Carbonate (แคลเซียมคาร์บอเนต) หรือ หินปูน (Limestone)

ตารางที่ 2 ชนิดปูนที่แนะนำเพื่อใช้ในการปรับสภาพดินในพื้นที่ที่มีปัญหาดินเปรี้ยวจัดตามชนิดพืช

ประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดิน	ชนิดปูนที่ใช้ในการปรับสภาพดินที่เป็นกรดจัด
นาข้าว (A1)*	หินปูนบด (หินปูนฝุ่น)
พืชไร่ (A2)*	หินปูนบด (หินปูนฝุ่น)
พืชผัก/พืชสวน (A5)*	หินปูนบด (หินปูนฝุ่น)
ไม้ผล (A4)*	ปูนโดโลไมท์
ไม้ยืนต้น (A3)*	ปูนโดโลไมท์

หมายเหตุ * เป็นรหัสชนิดพืช อ้างอิงจากกรมพัฒนาที่ดิน

การคำนวณหาปริมาณหินปูน ($M_{Limestone}$) และ ปูนโดโลไมท์ ($M_{Dolomite}$) คำนวณจากปริมาณการใช้ปูนขาวในการปรับสภาพดินในพื้นที่การใช้ประโยชน์ที่ดินทางการเกษตรในพื้นที่ดินมีปัญหากรดจัด (ดินเปรี้ยว) สามารถคำนวณได้จากสมการที่ 33

สมการที่ 33 การคำนวณปริมาณหินปูนและปูนโดโลไมท์จากปริมาณการใช้ปูนในการปรับสภาพดิน

$$M_{Limestone} = Area * Lime_{apply(Limestone)}$$
$$M_{Dolomite} = Area * Lime_{apply(Dolomite)}$$

โดยที่

$M_{limestone}$ = ปริมาณหินปูน ($CaCO_3$) หน่วย ตันต่อปี; tonnes/yr

$M_{Dolomite}$ = ปริมาณปูนโดโลไมท์ ($CaMg(CO_3)_2$) หน่วย ตันต่อปี; tonnes/yr

$Area$ = พื้นที่ปลูกพืชที่ใช้ปูนในการปรับสภาพดิน หน่วย เฮกตาร์; ha

$Lime_{apply(Limestone)}$ = ปริมาณหินปูนที่ใส่ต่อหนึ่งหน่วยพื้นที่ หน่วย ตันต่อเฮกตาร์; tonne/ha

$Lime_{apply(Dolomite)}$ = ปริมาณปูนโดโลไมท์ที่ใส่ต่อหนึ่งหน่วยพื้นที่ หน่วย ตันต่อเฮกตาร์; tonne/ha

สมการที่ 34 การประเมินการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากการใช้ปูนในการปรับสภาพดิน

$$CO_2\text{-}C\ Emissions = (M_{Limestone} * EF_{Limestone}) + (M_{Dolomite} * EF_{Dolomite})$$

โดยที่

$CO_2\text{-}C\ Emissions$ = ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ หน่วย ตันคาร์บอนต่อปี; tonne C/yr

$M_{Limestone}$ = ปริมาณหินปูน ($CaCO_3$) หน่วย ตันต่อปี; tonnes/yr

$M_{Dolomite}$ = ปริมาณปูนโดโลไมท์ ($CaMg(CO_3)_2$) หน่วย ตันต่อปี; tonnes/yr

$EF_{Limestone}$ = ค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจก หน่วย ตันคาร์บอนต่อตันหินปูน; tonne C/tonne$_{Limestone}$ (Default Value = 0.12)

$EF_{Dolomite}$ = ค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจก หน่วย ตันคาร์บอนต่อตันโดโลไมท์; tonne C/tonne$_{Dolomite}$ (Default Value = 0.13)

- การปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากการใช้ปุ๋ยยูเรียสำหรับการเพาะปลูก

การคำนวณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากการใส่ปุ๋ยยูเรียเป็นการนำปริมาณการใช้ปุ๋ยยูเรียต่อปีในพื้นที่เกษตรคูณกับค่าการปล่อยก๊าซ CO_2 ซึ่งมีค่ากลางของ IPCC เท่ากับ 0.2 ซึ่งหมายถึง ถ้าใช้ยูเรีย 1 ตันจะปล่อยก๊าซ CO_2 เท่ากับ 0.2 ตันคาร์บอน ดังสมการที่ 35

สมการที่ 35 การประเมินการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากการใส่ปุ๋ยยูเรีย

$$CO_2\text{-}C\ Emissions = M_{Urea} \times EF \times {}^{44}/_{12}$$

$$M_{Urea} = Area \times Urea_{Apply}$$

โดยที่

$CO_2\text{-}C\ Emission$	=	ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากการใช้ปุ๋ยยูเรีย หน่วย ตันคาร์บอนต่อปี; tonne C/yr
EF	=	ค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจก หน่วย ตันคาร์บอนต่อตันยูเรีย; หน่วย tonne C/tonne$_{Urea}$ (ค่า Default Value = 0.2)
M_{Urea}	=	ปริมาณปุ๋ยยูเรีย หน่วย ตันยูเรียต่อปี; tonne$_{Urea}$/yr
$Area$	=	พื้นที่เพาะปลูกพืชที่มีการใช้ปุ๋ยยูเรีย (ha; 1 ha = 6.25 ไร่, 1 ไร่ = 1,600 ตร.ม.)
$Urea_{Apply}$	=	ปริมาณการใช้ปุ๋ยยูเรียต่อหนึ่งหน่วยพื้นที่ หน่วยตันยูเรีย
$44/12$	=	ค่าคงที่สำหรับการเปลี่ยนหน่วยจากคาร์บอน (C) เป็นคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2)

เนื่องจากประเทศไทยยังไม่มีการรายงานปริมาณการใช้ปุ๋ยยูเรียที่แท้จริงในพื้นที่การเกษตร การศึกษาครั้งนี้จึงทำการวิเคราะห์ปริมาณการใช้ปุ๋ยยูเรีย M_{Urea} โดยวิธีการวิเคราะห์ปริมาณการใช้ยูเรียจากค่าแนะนำตามเอกสารกรมวิชาการเกษตร 2548 ร่วมกับรายงานการใช้ปุ๋ยตามการสำรวจจากสำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร[7] ทั้งนี้รายงานการใช้ปุ๋ยของสำนักงานเศรษฐกิจการเกษตรเป็นรายงานการใช้ปุ๋ยเคมีรวมและอัตราใส่เฉลี่ยต่อไร่ ซึ่งไม่ได้แยกปริมาณการ

[7] สืบค้นข้อมูลปัจจุบันได้จาก ศูนย์บริการข้อมูลเศรษฐกิจการเกษตร สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร http://infoservice.oae.go.th

ใส่ตามสูตรปุ๋ย จึงไม่สามารถทราบว่าในปริมาณปุ๋ยที่ใส่นั้นเป็นปุ๋ยยูเรียเท่าไร ในการศึกษาครั้งนี้จึงนำค่าอัตราการแนะนำการใช้ปุ๋ยยูเรียในพืชเศรษฐกิจ ของกรมวิชาการเกษตรมาวิเคราะห์ร่วม โดยประเมินเป็นสัดส่วนออกมาว่าในปริมาณการใช้ปุ๋ยจริงจากการสำรวจในพื้นที่นั้น มีปริมาณปุ๋ยยูเรียอยู่เท่าไร จากนั้นนำค่าอัตราการใช้ยูเรียที่วิเคราะห์ได้ไปคูณกับพื้นที่ปลูกพืชแต่ละชนิด ก็จะได้ปริมาณการใช้ยูเรียต่อปี วิธีการคำนวณจะต้องนำอัตราการใส่ปุ๋ยยูเรีย (46-0-0) ตามค่าแนะนำกับพืชเศรษฐกิจในแต่ละชนิดดิน คูณ 100% หารด้วยอัตราการใส่ปุ๋ยรวม จากนั้นนำสัดส่วนที่ได้มาคูณกับอัตราการใส่ปุ๋ยยูเรียตามการสำรวจ หาร 100 ดังแสดงตัวอย่างการคำนวณในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ตัวอย่างการคำนวณปริมาณยูเรียที่ใช้จากข้อมูลค่าแนะนำของกรมวิชาการเกษตร ร่วมกับรายงานการใช้ปุ๋ยจริงตามการสำรวจจากสำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร

ชนิดพืช	สูตรปุ๋ยเคมี	ชนิดดิน	อัตราการใส่ปุ๋ยตามค่าแนะนำ (กก./ไร่)	อัตราการใส่ปุ๋ยตามการสำรวจ (กก./ไร่)	สัดส่วนการใส่ปุ๋ย (%)	อัตราการใส่ปุ๋ยยูเรียตามการใช้จริง (กก./ไร่)
ข้าว	16-20-0	ดินเหนียว	35	40.72	73 (ได้จาก 35*100/48)	ไม่นำมาคำนวณ
	46-0-0	ดินเหนียว	13		27 (ได้จาก 13*100/48)	10.99 (ได้จาก 27*40.72/100)

หมายเหตุ : 1. อัตราการใส่ปุ๋ยตามการสำรวจ (กก./ไร่) เป็นข้อมูลที่ได้มาจากการสำรวจกลุ่มตัวอย่างของทั้งประเทศในการศึกษาจริง ถ้าทราบอัตราการใส่ปุ๋ยของพื้นที่นั้น ๆ ให้ใช้ข้อมูลจริงของพื้นที่นั้น ๆ ในการคำนวณ

2. อัตราการใส่ปุ๋ยยูเรียตามการใช้จริง (กก./ไร่) คำนวณเฉพาะปุ๋ยสูตร 46-0-0 ซึ่งเป็นปุ๋ยยูเรียเท่านั้น

- การปล่อยไนตรัสออกไซด์ทางตรงในพื้นที่ที่มีการจัดการดิน

การปล่อยไนตรัสออกไซด์ทางตรงในพื้นที่ที่มีการจัดการประกอบด้วยกิจกรรมย่อยหลายกิจกรรม เช่น การจัดการดินอินทรีย์ การใช้ยูเรียและมูลสัตว์ในพื้นที่ การใช้ปุ๋ยที่มีส่วนประกอบไนโตรเจนในดิน ไนตรัสออกไซด์ที่ปล่อยจากวัสดุเหลือทิ้งจากการเกษตรในพื้นดิน สมการที่ใช้ในการคำนวณปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก แสดงตามสมการที่ 36

สมการที่ 36 การประเมินการปล่อยก๊าซไนตรัสออกไซด์ทางตรงในพื้นที่ที่มีการจัดการดิน

$$N_2O_{Direct}-N = N_2O-N_{N\ inputs} + N_2O-N_{OS} + N_2O-N_{PRP}$$

Where:

$$N_2O-N_{N\ inputs} = \begin{bmatrix} [(F_{SN} + F_{ON} + F_{CR} + F_{SOM}) \bullet EF_1] + \\ [(F_{SN} + F_{ON} + F_{CR} + F_{SOM})_{FR} \bullet EF_{1FR}] \end{bmatrix}$$

$$N_2O-N_{OS} = \begin{bmatrix} (F_{OS,CG,Temp} \bullet EF_{2CG,Temp}) + (F_{OS,CG,Trop} \bullet EF_{2CG,Trop}) + \\ (F_{OS,F,Temp,NR} \bullet EF_{2F,Temp,NR}) + (F_{OS,F,Temp,NP} \bullet EF_{2F,Temp,NP}) + \\ (F_{OS,F,Trop} \bullet EF_{2F,Trop}) \end{bmatrix}$$

$$N_2O-N_{PRP} = [(F_{PRP,CPP} \bullet EF_{3PRP,CPP}) + (F_{PRP,SO} \bullet EF_{3PRP,SO})]$$

โดยที่

$N_2O_{Direct}-N$ = ปริมาณ N_2O-N ที่ปล่อยโดยตรงจากการจัดการดิน หน่วยกิโลกรัมไนตรัสออกไซด์ที่อยู่ในรูปของไนโตรเจนต่อปี; kg N_2O-N/yr

$N_2O-N_{N\ inputs}$ = ปริมาณ N_2O-N ที่ปล่อยโดยตรงจากการใช้ไนโตรเจนในดิน หน่วย กิโลกรัมไนตรัสออกไซด์ที่อยู่ในรูปของไนโตรเจนต่อปี; kg N_2O-N/yr

$N_2O–N_{OS}$ = ปริมาณ $N_2O–N$ ที่ปล่อยโดยตรงจากการจัดการดินอินทรีย์ หน่วย กิโลกรัมไนตรัสออกไซด์ที่อยู่ในรูปของไนโตรเจนต่อปี; kg $N_2O–N/yr$

$N_2O–N_{PRP}$ = ปริมาณ $N_2O–N$ ที่ปล่อยโดยตรงจากการใช้ยูเรียและมูลสัตว์ในพื้นที่เลี้ยงสัตว์ดิน หน่วย กิโลกรัมไนตรัสออกไซด์ที่อยู่ในรูปของไนโตรเจนต่อปี; kg $N_2O–N/yr$

F_{SN} = ปริมาณปุ๋ยไนโตรเจนสังเคราะห์ที่ใช้ในดินรายปี หน่วย กิโลกรัมไนโตรเจนต่อปี; kg N/yr

F_{ON} = ปริมาณมูลสัตว์ สิ่งปฏิกูล และสารอินทรีย์ N ที่ใส่เพิ่มลงไปในดิน หน่วย กิโลกรัมไนโตรเจนต่อปี; kg N/yr

F_{CR} = ปริมาณของ N ในวัสดุเหลือทิ้งจากการเกษตรที่เพิ่มลงในดิน หน่วย กิโลกรัมไนโตรเจนต่อปี; kg N/yr

F_{SOM} = ปริมาณ N ในดินแร่ซึ่งจะมีความสัมพันธ์กับการสูญเสียคาร์บอนจากสารอินทรีย์ในดิน หน่วย กิโลกรัมไนโตรเจนต่อปี; kg N/yr

F_{OS} = พื้นที่ที่มีการจัดการหรือใช้ดินอินทรีย์รายปี หน่วย เฮกตาร์; ha

F_{PRP} = สัดส่วนการใช้ปุ๋ยยูเรียและมูลสัตว์ในพื้นที่เลี้ยงสัตว์ดิน หน่วย กิโลกรัมไนโตรเจนต่อปี; kg N/yr

EF_1 = ค่าการปล่อยก๊าซ N_2O จากการใช้ N หน่วย กิโลกรัมไนตรัสออกไซด์ที่อยู่ในรูปของไนโตรเจนต่อกิโลกรัมไนโตรเจนที่ใช้; kg $N_2O–N/kg\ N_{input}$

EF_{1FR} = ค่าการปล่อยก๊าซ N_2O จากการใช้ N ในการปลูกข้าวที่น้ำท่วมพื้นที่ หน่วย กิโลกรัมไนตรัสออกไซด์ที่อยู่ในรูปของไนโตรเจนต่อกิโลกรัมไนโตรเจนที่ใช้; kg $N_2O–N/kg\ N_{input}$

EF_2 = ค่าการปล่อยก๊าซ N_2O จากการจัดการหรือใช้ดินอินทรีย์ หน่วย กิโลกรัมไนตรัสออกไซด์ในรูปของไนโตรเจนต่อเฮกตาร์ต่อปี; kg N_2O–N/ha/yr

EF_{3PRP} = ค่าการปล่อยก๊าซ N_2O จากการใช้ยูเรียและมูลสัตว์ในพื้นที่เลี้ยงสัตว์ดิน หน่วย กิโลกรัมไนตรัสออกไซด์ในรูปของไนโตรเจนต่อกิโลกรัมไนโตรเจนที่ใช้; kg N_2O–N/kg N_{input}

หมายเหตุ:

CG = Cropland and Grassland

F = Forest Land

Temp. = Temperature

Trop. = Tropical

NR = Nutrient Rich

NP = Nutrient Poor

CPP = โค กระบือ สัตว์ปีก และหมู

SO = แกะ และสัตว์ชนิดอื่น ๆ

จากสมการที่ 36 มีตัวข้อมูลหลักที่ใช้ในการประเมิน ได้แก่

1. ปริมาณไนโตรเจนจากการใช้ปุ๋ยเคมี (F_{SN})
2. ปริมาณไนโตรเจนที่ได้จากการใส่ปุ๋ยอินทรีย์ (F_{ON})
3. ปริมาณไนโตรเจนที่ได้จากเศษซากพืชที่ตกค้างอยู่ในพื้นที่ภายหลังจากการเก็บเกี่ยวผลผลิต (F_{CR})
4. การสูญเสียไนโตรเจนจากกระบวนการ Mineralization จากการเปลี่ยนแปลงพื้นที่ในกลุ่มดิน Mineral Soil (F_{SOM})
5. การสูญเสียไนโตรเจนจากการจัดการพื้นที่ดินอินทรีย์เพื่อทำการเกษตร (F_{OS})
6. ปริมาณไนโตรเจนใน Urine และมูลสัตว์ ที่สะสมอยู่ในพื้นที่ (F_{PRP})

ด้วยข้อจำกัดในเรื่องข้อมูลที่ยังไม่มีรายงานในหลาย ๆ ส่วน เช่น ปริมาณการใช้ปุ๋ยอินทรีย์ (F_{ON}) ปริมาณเศษซากพืช (F_{CR}) ในการศึกษาครั้งนี้จึงสามารถทำวิเคราะห์ปริมาณการใช้ปุ๋ยเคมี (F_{SN}) เพื่อนำมาประเมินการปล่อยก๊าซไนตรัสออกไซด์ได้เท่านั้น โดยมีวิธีการประเมินดังนี้

ค่าไนโตรเจนจากการใช้ปุ๋ยเคมี (F_{SN}) แบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ การใส่ปุ๋ยเคมีพื้นที่ที่มีการจัดการ (Managed Soil) และส่วนของการใส่ปุ๋ยเคมีในพื้นที่ที่เป็นพื้นที่นาข้าว (Flood Rice) โดยตัวแปรที่ใช้ในการคำนวณอธิบายไว้ในตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ตัวแปรที่ใช้ในการประเมินการปล่อยก๊าซไนตรัสออกไซด์จากการใช้ปุ๋ยจาก 2006 IPCC Guidelines

ลำดับที่	ตัวแปร	หน่วย	คำอธิบายและวิธีการคำนวณ	ที่มา				
				Volume	Chapter	Equation	Table	Page
1	F_{SN}	kg N/yr	Annual amount of synthetic fertilizer N applied to soil $F_{SN} = Area * N_{apply}$	4	11	11.1		11.7
2	EF_1	kg N_2O–N/kg N	EF_1 for N additions from mineral fertilizers, organic amendments and crop residues, and N mineralised from mineral soil as a result of loss of soil carbon ใช้ค่า Default value = 0.01	4	11		11.1	11.11

ลำดับที่	ตัวแปร	หน่วย	คำอธิบายและวิธีการคำนวณ	ที่มา				
				Volume	Chapter	Equation	Table	Page
3	EF_{1FR}	kg N_2O–N/kg N	EF_{1FR} for flooded rice fields ใช้ค่า Default value = 0.003	4	11		11.1	11.11
4	N_2O-$N_{N\ inputs}$	kg N_2O–N/kg N	Annual direct N_2O–N emissions from N inputs to managed soils	4	11	11.1		11.7

เนื่องจากประเทศไทยไม่มีรายงานปริมาณไนโตรเจนจากการใช้ปุ๋ยเคมีในพื้นที่เกษตรไว้โดยตรง ในการศึกษาครั้งนี้จึงทำการประเมินปริมาณไนโตรเจนจากการใช้ปุ๋ยเคมีบนพื้นฐานข้อมูลที่ดีที่สุดเท่าที่มีการรายงานในประเทศ เช่นเดียวกับการประเมินการใช้ปุ๋ยยูเรีย คือ ใช้วิธีการวิเคราะห์ปริมาณการใช้ปุ๋ยเคมีจากค่าแนะนำของกรมวิชาการเกษตร ร่วมกับรายงานการใช้ปุ๋ยจริงตามการสำรวจจากสำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร

การคำนวณค่า Synthetic Fertilizer N โดยการใช้ข้อมูลอัตราใส่ปุ๋ยตามการใช้จริง จากการสำรวจของสำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร ปี พ.ศ. 2550 มีวิธีการทำ คือ ใช้ค่าอัตราการใช้ปุ๋ยจริงคูณกับสัดส่วนการใส่ปุ๋ยในแต่ละชนิดดินตามค่าแนะนำของกรมวิชาการเกษตร แล้วหารด้วย 100 กิโลกรัม (สัดส่วนการใส่ปุ๋ยในแต่ละชนิดดินได้จากอัตราการใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าแนะนำกับพืชเศรษฐกิจในแต่ละชนิดดิน คูณ 100% หารด้วยอัตราการใส่ปุ๋ยรวม) เนื่องจากอัตราการใช้จริงนั้นไม่ได้ระบุสัดส่วนการใส่ปุ๋ยในแต่ละชนิดดินและไม่ได้แยกชนิดของปุ๋ยที่ใส่ จึงต้องหาสัดส่วนการใส่ปุ๋ยเพื่อให้ได้ค่าที่ใกล้เคียงกับความเป็นจริงมากที่สุด โดยการนำมาเปรียบเทียบกับชุดข้อมูลอัตราการใส่ปุ๋ยตามค่าแนะนำกับพืชเศรษฐกิจ จากนั้นจึงดึงค่า N จากการใส่ปุ๋ยเคมี ดังแสดงในตารางที่ 5

ตารางที่ 5 ตัวอย่างวิธีการวิเคราะห์ค่า N ด้วยวิธีการคำนวณปริมาณการใช้ปุ๋ยเคมีจากค่าแนะนำของกรมวิชาการเกษตร ร่วมกับรายงานการใช้ปุ๋ยจริงตามการสำรวจจากสำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร

ชนิดพืช	สูตรปุ๋ยเคมี	ชนิดดิน	อัตราการใส่ปุ๋ยตามค่าแนะนำ (กก./ไร่)	อัตราการใส่ปุ๋ยจริงตามการสำรวจ (กก./ไร่)	สัดส่วนการใส่ปุ๋ย (%)	Synthetic fertilizer N	Total Synthetic fertilizer N
ข้าว	16-20-0	ดินเหนียว	35	40.72	73 (ได้จาก 35*100/48)	4.75 (ได้จาก 40.72*73/100)	9.82
	46-0-0	ดินเหนียว	13		27 (ได้จาก 13*100/48)	5.07 (ได้จาก 40.72*27/100)	
ข้าว	16-20-0	ดินร่วน	35		73 (ได้จาก 35*100/48)	4.75 (ได้จาก 40.72*73/100)	9.82
	46-0-0	ดินร่วน	13		27 (ได้จาก 13*100/48)	5.07 (ได้จาก 40.72* 27/100)	

- การปล่อยก๊าซมีเทนในนาข้าว

การปล่อยก๊าซมีเทนจากการเพาะปลูกข้าวขึ้นอยู่กับหลายปัจจัย ปัจจัยหลักที่คู่มือ IPCC ได้ให้ความสำคัญ คือ ระบบการจัดการน้ำในนาข้าว โดยแบ่งพื้นที่นาข้าวออกเป็นนาในเขตชลประทาน (Irrigated) และนาอาศัยน้ำฝน (Rainfed) ซึ่งจะคำนึงถึงระยะเวลาการขังน้ำในนาข้าวและระดับความลึกของน้ำ ประกอบด้วย จากปัจจัยต่าง ๆ สามารถแบ่งพื้นที่นาข้าวออกเป็น 7 ประเภท ดังนี้

1) นาข้าวในเขตชลประทาน มีน้ำท่วมขังตลอดฤดูกาลเพาะปลูก (Irrigated, Continuously Flooded)
2) นาข้าวในเขตชลประทาน มีการผันน้ำออก 1 ครั้ง ระหว่างช่วงการเพาะปลูก (Irrigated, Intermittently Flooded – Single Aeration)

3) นาข้าวในเขตชลประทาน มีการผันน้ำออกมากกว่า 1 ครั้ง ในช่วงการเพาะปลูก (Irrigated, Intermittently Flooded – Multiple Aeration)

4) นาข้าวในเขตน้ำฝน มีน้ำขังระดับ 0–50 เซนติเมตร (Rainfed, Regular Rainfed)

5) นาข้าวในเขตน้ำฝน มีน้ำขังลึกระดับ > 50 เซนติเมตร (Rainfed, Deep Water)

6) นาดอนในเขตน้ำฝนมีโอกาสแล้ง (Rainfed, Drought Prone)

7) ข้าวไร่ (Upland)

ปัจจัยข้างต้นมีผลต่ออัตราการปล่อยก๊าซมีเทนจากนาข้าวที่แตกต่างกัน ซึ่งต้องอาศัยค่า Scaling Factors ที่กำหนดให้นาข้าวแต่ละประเภทเพื่อประกอบการคำนวณก๊าซมีเทน ดังสมการที่ 37

สมการที่ 37 การประเมินการปล่อยก๊าซมีเทนจากการเพาะปลูกข้าว

$$CH_{4Rice} = \sum_{i,j,k} (EF_{i,j,k} \times t_{i,j,k} \times A_{i,j,k} \times 10^{-6})$$

โดยที่

CH_{4Rice} = ปริมาณก๊าซมีเทนที่ปล่อยออกมาจากการเพาะปลูกข้าว, Gg CH_4 yr^{-1}

$EF_{i,j,k}$ = ค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกรายวันของระบบการเพาะปลูก i, j, k

$t_{i,j,k}$ = ช่วงระยะเวลาการเพาะปลูกข้าวของระบบการเพาะปลูก i, j, k

$A_{i,j,k}$ = พื้นที่การเก็บเกี่ยวข้าวรายปีภายใต้การเพาะปลูก i, j, k, ha yr^{-1}

i, j, k = เป็นตัวแทนของความแตกต่างทั้งระบบนิเวศ ระบบการจัดการน้ำ ชนิดและจำนวนของสารอินทรีย์ที่ใส่ในพื้นที่เพาะปลูก รวมถึงสภาวะอื่น ๆ ซึ่งการปล่อยก๊าซมีเทนจากข้าวอาจแปรผันต่างกัน

เมื่อคำนวณปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกครบทุกสาขาแล้ว สามารถนำผลที่ได้มาคำนวณเพื่อเปรียบเทียบความรุนแรงของผลกระทบที่จะเกิดขึ้นกับสิ่งแวดล้อม อันเนื่องมาจากการปล่อยก๊าซเรือนกระจกชนิดต่าง ๆ โดยเปลี่ยนให้อยู่ในรูปของการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเทียบเท่ากับการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2-equivalent) โดยใช้สมการที่ 38

สมการที่ 38 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกเทียบเท่ากับการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2-equivalent)

$$GHGs = (E_{ij} \times GWP_x)$$

โดยที่

$GHGs$ = ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเทียบเท่าการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ หน่วย กิกะกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า; Gg CO_2-equivalent

E_{ij} = ปริมาณก๊าซเรือนกระจก j ที่ปล่อยจากกิจกรรม i

GWP_x = ค่าศักยภาพของการทำให้เกิดภาวะโลกร้อน สำหรับคู่มือฉบับนี้จะใช้ค่า GWP_{100} โดยจะมีค่า GWP สำหรับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ก๊าซมีเทน (CH_4) และก๊าซไนตรัสออกไซด์ (N_2O) ดังนี้ CO_2 = 1, CH_4 = 25, N_2O = 298

4.5 ข้อแนะนำในการเลือกใช้ค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจก

ในการจัดทำข้อมูลปริมาณก๊าซเรือนกระจกระดับเมืองให้พิจารณาเรียงตามลำดับความสำคัญ ความน่าเชื่อถือ และคุณภาพของข้อมูล ดังต่อไปนี้

ลำดับที่ 1 ฐานข้อมูลที่ทำการศึกษาและเผยแพร่โดยองค์กรภายในประเทศที่มีส่วนเกี่ยวข้องโดยตรงกับกิจกรรมนั้น ๆ

ลำดับที่ 2 ฐานข้อมูลสิ่งแวดล้อมของวัสดุพื้นฐานและพลังงานของประเทศไทย (Thai LCI Database) ซึ่งรวบรวมและจัดการโดยศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ (ดูข้อมูลเพิ่มเติมที่ http://www.thailcidatabase.net)

ลำดับที่ 3 ข้อมูลจากวิทยานิพนธ์และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องที่ทำในประเทศซึ่งผ่านการกรองแล้ว (Peer-Reviewed Publications)

ลำดับที่ 4 ฐานข้อมูลที่เผยแพร่ทั่วไปได้แก่โปรแกรมสำเร็จรูปด้านการประเมินวัฏจักรชีวิต (LCA Software) ฐานข้อมูลเฉพาะของกลุ่มอุตสาหกรรม หรือฐานข้อมูลเฉพาะของแต่ละประเทศที่มี

ลำดับที่ 5 ข้อมูลที่ตีพิมพ์โดยองค์กรระหว่างประเทศ เช่น คณะกรรมการระหว่างรัฐบาลว่าด้วยเรื่องการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (Intergovernmental Panel on Climate Change: IPCC) องค์กรของสหประชาชาติ

5. การควบคุมคุณภาพของข้อมูล

การจัดการคุณภาพของข้อมูลและการคำนวณปริมาณก๊าซเรือนกระจกถือเป็นสิ่งสำคัญสำหรับการประเมินปริมาณก๊าซเรือนกระจก เป็นการเพิ่มความน่าเชื่อถือและความโปร่งใสของข้อมูลสำหรับการประเมินและการรายงานปริมาณก๊าซเรือนกระจก เนื่องจากคุณภาพที่ดีของข้อมูลที่เก็บรวบรวมมาได้นั้นย่อมสะท้อนถึงความถูกต้องของปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ประเมินได้

1) จัดตั้งผู้ตรวจสอบข้อมูลปริมาณก๊าซเรือนกระจก

โดยคัดเลือกสมาชิกจากบุคลากรของหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง และ/หรือผู้เชี่ยวชาญเฉพาะด้านที่ไม่ได้มีส่วนเกี่ยวข้องกับการเก็บรวบรวมข้อมูล และ/หรือคำนวณปริมาณก๊าซเรือนกระจกเพื่อพัฒนาข้อมูลปริมาณก๊าซเรือนกระจก

ให้มีคุณภาพ โดยจำเป็นต้องมีการระบุหน้าที่ความรับผิดชอบและจัดให้มีการฝึกอบรมที่เหมาะสมแก่ผู้ทำหน้าที่ตรวจสอบ

2) ปรับปรุงข้อมูลปริมาณก๊าซเรือนกระจก

จะต้องจัดทำรายงานและระบุข้อผิดพลาด เพื่อปรับปรุงข้อมูลปริมาณก๊าซเรือนกระจกให้มีคุณภาพ อาทิ การพัฒนาแผนการจัดการข้อมูลปริมาณก๊าซเรือนกระจก

3) ทบทวนโดยผู้บริหาร

ควรมีการทบทวนการจัดทำข้อมูลและปริมาณก๊าซเรือนกระจกเป็นระยะ ซึ่งเป็นการทบทวนความมีสาระสำคัญของข้อมูลปริมาณก๊าซเรือนกระจก ผลการคาดการณ์ของปริมาณก๊าซเรือนกระจก หรือข้อผิดพลาดต่าง ๆ ที่เกิดขึ้น โดยการจัดทำเป็นเอกสารหรือรายงานนำเสนอต่อผู้บริหารอย่างน้อยปีละ 1 ครั้ง เพื่อเป็นการกำหนดแนวทางการแก้ไข ปรับปรุงข้อมูลให้ดีขึ้นและสอดคล้องกับนโยบายในการพัฒนาเมืองต่อไปในอนาคต

6. ประโยชน์ที่จะได้รับและข้อเสนอแนะ

6.1 ประโยชน์ที่จะได้รับ

การจัดทำข้อมูลปริมาณก๊าซเรือนกระจกระดับเมือง จะทำให้ทราบปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นจากกิจกรรมหลักภายในเมือง รวมถึงสามารถระบุแหล่งปล่อยก๊าซเรือนกระจกภายในเมือง และสามารถระบุได้ว่ากิจกรรมใดภายในเมืองมีปริมาณก๊าซเรือนกระจกมากที่สุด ซึ่งสามารถนำไปคาดการณ์ปริมาณการปล่อยและดูดกลับก๊าซเรือนกระจกที่จะเกิดขึ้นในอนาคต ในกรณีที่ไม่มีการดำเนินการลดปริมาณก๊าซเรือนกระจก นอกจากนี้ยังใช้ข้อมูลดังกล่าวเป็นแนวทางในการวางมาตรการและนโยบายการดำเนินการลดปริมาณก๊าซเรือนกระจกของเมือง เพื่อยกระดับคุณภาพสิ่งแวดล้อมภายในเมืองและคุณภาพชีวิตของประชาชนในเขตเมือง

6.2 ข้อเสนอแนะ

ในการจัดทำข้อมูลปริมาณก๊าซเรือนกระจกระดับเมือง เมื่อดำเนินการตามคู่มือฉบับนี้แล้ว ยังคงมีสิ่งที่ผู้จัดทำยังควรต้องคำนึงถึงและให้ความสำคัญ ได้แก่

1) ควรมีการจัดทีมงานเพื่อจัดทำข้อมูลปริมาณก๊าซเรือนกระจกของเมืองให้มีคุณภาพ โดยการคัดเลือกบุคลากรที่มีความรู้ความเข้าใจ ซึ่งจำเป็นต้องระบุหน้าที่ความรับผิดชอบและมีการจัดฝึกอบรมให้แก่สมาชิกภายในทีม

2) มีการทวนสอบข้อมูลเบื้องต้น โดยบุคลากรที่ไม่ได้ร่วมเป็นทีมงาน เพื่อช่วยทวนสอบความถูกต้องของข้อมูล

3) การจัดทำเอกสารอาจจัดทำในรูปแบบกระดาษหรือไฟล์อิเล็กทรอนิกส์ก็ได้ ที่สามารถใช้เป็นข้อมูลสำหรับการทวนสอบหรือการรวบรวมข้อมูลในปีต่อ ๆไป รวมถึงการเผยแพร่สู่สาธารณะ

4) ควรมีการเก็บข้อมูลอย่างต่อเนื่องทุกปี เพื่อใช้สำหรับเปรียบเทียบกรณีเมื่อมีการดำเนินการลดก๊าซเรือนกระจก

5) เลือกใช้ข้อมูลในการคำนวณที่เป็นข้อมูลปฐมภูมิเป็นลำดับแรก ในกรณีที่ไม่มีข้อมูลปฐมภูมิจึงเลือกใช้ข้อมูลทุติยภูมิ

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก รายการก๊าซเรือนกระจกและค่าศักยภาพที่ก่อให้เกิดภาวะโลกร้อน

Name	Formula	GWP Values in IPCC Fourth Assessment Report (CO_2e)
Carbon dioxide	CO_2	1
Methane	CH_4	25
Nitrous oxide	N_2O	298
Sulfur hexafluoride	SF_6	22,800
PFC-14	CF_4	7,390
PFC-116	C_2F_6	12,200
HFC-23	CHF_3	14,800
HFC-32	CH_2F_2	675
HFC-41	CH_3F	92
HFC-125	CHF_2CF_3	3,500
HFC-134	CHF_2CHF_2	1,100
HFC-134a	CH_2FCF_3	1,430
HFC-143	CH_2FCHF_2	353
HFC-143a	CH_3CF_3	4,470
HFC-152a	CH_3CHF_2	124
HFC-227ea	CF_3CHFCF_3	3,220
HFC-236fa	$CF_3CH_2CF_3$	9,810
HFC-245ca	$CH_2FCF_2CHF_2$	693
HFC-245fa	$CHF_2CH_2CF_3$	1,030
Nitrogen trifluoride	NF_3	17,200

ที่มา : IPCC. 2007, IPCC Fourth Assessment Report: Climate Change 2007

ภาคผนวก ข ค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นจากการบำบัดน้ำเสีย

ตาราง ข1 ค่าประมาณความต้องการออกซิเจนทางเคมีของน้ำเสียขาเข้าระบบ (Chemical Oxygen Demand influent ; CODin) ของอุตสาหกรรมแต่ละประเภท

ประเภทของอุตสาหกรรม	ปริมาณ COD เฉลี่ย (กิโลกรัม COD ต่อ ลบ.ม.)	ช่วง CODin (กิโลกรัม COD ต่อ ลบ.ม.)
กลั่นแอลกอฮอล์	11	5-22
เบียร์	2.9	2-7
กาแฟ	9	3-15
ผลิตภัณฑ์จากนม	2.7	1.5-5.2
แปรรูปอาหารทะเล	2.5	
แปรรูปเนื้อสัตว์	4.1	2-7
เคมีอินทรีย์	3	0.8-5
กลั่นน้ำมัน	1	0.4-1.6
พลาสติกและเม็ดพลาสติก	3.7	0.8-5
เยื่อกระดาษและกระดาษ	9	1-15
ผลิตภัณฑ์ทำความสะอาด		0.5-1.2
ผลิตภัณฑ์แป้ง	10	1.5-42
กลั่นน้ำตาล	3.2	1-6
น้ำมันพืช		0.5-1.2
น้ำผัก-ผลไม้	5	2-10
ไวน์และน้ำส้มสายชู	1.5	0.7-3.0

ที่มา : 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Vol.5

แนวทางการคำนวณปริมาณมีเทนจากค่าการปล่อยของการจัดการน้ำเสีย โดยอ้างอิงสมการจาก IPCC แสดงค่าในตาราง ข2 โดยที่

Wi ปริมาณน้ำเสีย (ลบ.ม.)

COD ความต้องการออกซิเจนทางเคมีของน้ำเสียขาเข้า (กิโลกรัม COD ต่อ ลบ.ม.)

S สารอินทรีย์ที่ถูกกำจัดในรูปของสลัดจ์ (กิโลกรัม COD)

ตาราง ข2 ค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกแยกตามประเภทของการบำบัดน้ำเสีย

ประเภทของการบำบัดน้ำเสีย	GHG Emission (kg CO_2eq)	หมายเหตุ
กรณีน้ำเสียไม่ได้รับการบำบัด		
ปล่อยน้ำเสียลงสู่ทะเล แม่น้ำ และบึงโดยตรง	0.625×[(Wi×COD)–S]	ไม่รวมปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่เกิดจากสารอินทรีย์ภายในแหล่งน้ำ
กรณีน้ำเสียได้รับการบำบัด		
ระบบบำบัดแบบเติมอากาศ	0	
ระบบบำบัดแบบไม่เติมอากาศ	1.875 × [(Wi×COD)–S]	ประเภทที่ไม่มีการควบคุมดูแลและมีการทำงานเกินความจุ
ระบบบำบัดแบบไม่เติมอากาศ	5 × [(Wi × COD)–S]	ไม่รวมปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ดักเก็บได้จากระบบบำบัด
การกำจัดสลัดจ์แบบไม่เติมอากาศ	5 × [(Wi × COD)–S]	ไม่รวมปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ดักเก็บได้จากระบบบำบัด
บ่อบำบัดตื้นแบบไม่เติมอากาศ	1.25 × [(Wi ×COD)–S]	ความลึกไม่เกิน 2 เมตร
บ่อบำบัดลึกแบบไม่เติมอากาศ	5 × [(Wi ×COD)–S]	ความลึกมากกว่า 2 เมตร

ที่มา : แนวทางการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์องค์กร. พิมพ์ครั้งที่ 2 (ฉบับปรับปรุงครั้งที่ 1) ตุลาคม 2556

ภาคผนวก ค ตัวอย่างค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจก รวบรวมมาจากข้อมูลทุติยภูมิ

ตาราง ค1 ค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการเผาไหม้แบบอยู่กับที่สำหรับบ้านพักที่อยู่อาศัย เกษตรกรรม ป่าไม้ การประมง และการเลี้ยงปลา

ชนิดของเชื้อเพลิง		ค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกแต่ละชนิด			แหล่งข้อมูลอ้างอิง
		CO_2	CH_4	N_2O	
		(กิโลกรัม/เทระจูล)			
น้ำมันดิบ (Crude Oil)		73,300	10	0.6	IPCC Vol.2 table 2.5
อิมัลชัน (Orimulsion)		77,000	10	0.6	IPCC Vol.2 table 2.5
แก๊สโซลีนธรรมชาติ (Natural Gas Liquids)		64,200	10	0.6	IPCC Vol.2 table 2.5
แก๊สโซลีน	สำหรับยานยนต์	69,300	10	0.6	IPCC Vol.2 table 2.5
	สำหรับเครื่องบินอื่น ๆ	70,000	10	0.6	IPCC Vol.2 table 2.5
	สำหรับเครื่องบินไอพ่น	70,000	10	0.6	IPCC Vol.2 table 2.5
น้ำมันเตา (สำหรับเครื่องบิน)		71,500	10	0.6	IPCC Vol.2 table 2.5
น้ำมันเตา (สำหรับกิจกรรมอื่น ๆ)		71,900	10	0.6	IPCC Vol.2 table 2.5
น้ำมันดิบจากหิน (Shale Oil)		73,300	10	0.6	IPCC Vol.2 table 2.5
ดีเซล		74,100	10	0.6	IPCC Vol.2 table 2.5
กากกลั่น (Residual Fuel Oil)		77,400	10	0.6	IPCC Vol.2 table 2.5

ชนิดของเชื้อเพลิง		ค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกแต่ละชนิด			แหล่งข้อมูลอ้างอิง
		CO_2	CH_4	N_2O	
		(กิโลกรัม/เทระจูล)			
แอลพีจี (LPG)		63,100	5	0.1	IPCC Vol.2 table 2.5
อีเทน (Ethane)		61,600	5	0.1	IPCC Vol.2 table 2.5
แนฟทา (Naphtha)		73,300	10	0.6	IPCC Vol.2 table 2.5
ยางมะตอย (Bitumen)		80,700	10	0.6	IPCC Vol.2 table 2.5
น้ำมันหล่อลื่น (Lubricants)		73,300	10	0.6	IPCC Vol.2 table 2.5
ปิโตรเลียมโค้ก (Petroleum Coke)		97,500	10	0.6	IPCC Vol.2 table 2.5
Refinery Feedstocks		73,300	10	0.6	IPCC Vol.2 table 2.5
น้ำมันชนิดอื่น ๆ	Refinery Gas	57,600	5	0.1	IPCC Vol.2 table 2.5
	พาราฟิน แว็กซ์ (Paraffin Waxes)	73,300	10	0.6	IPCC Vol.2 table 2.5
	White Spirit and SBP	73,300	10	0.6	IPCC Vol.2 table 2.5
	ผลิตภัณฑ์จากปิโตรเลียมชนิดอื่น ๆ	73,300	10	0.6	IPCC Vol.2 table 2.5
แอนทราไซต์ (Anthracite)		98,300	300	1.5	IPCC Vol.2 table 2.5
Coking Coal		94,600	300	1.5	IPCC Vol.2 table 2.5
บิทูมินัสประเภทอื่น ๆ (Other Bituminous Coal)		94,600	300	1.5	IPCC Vol.2 table 2.5

ชนิดของเชื้อเพลิง		ค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกแต่ละชนิด			แหล่งข้อมูลอ้างอิง
		CO_2	CH_4	N_2O	
		(กิโลกรัม/เทระจูล)			
ซับบิทูมินัส (Sub–bituminous coal)		96,100	300	1.5	IPCC Vol.2 table 2.5
ลิกไนต์ (Lignite)		101,000	300	1.5	IPCC Vol.2 table 2.5
หินน้ำมันและทรายน้ำมัน (Oil Shale and Tar Sands)		107,000	300	1.5	IPCC Vol.2 table 2.5
ถ่านหินอัดสีน้ำตาล (Brown Coal Briquettes)		97,500	300	1.5	IPCC Vol.2 table 2.5
Patent Fuel		97,500	300	1.5	IPCC Vol.2 table 2.5
ถ่านโค้ก	Coke Oven Coke and Lignite Coke	107,000	300	1.5	IPCC Vol.2 table 2.5
	Gas Coke	107,001	5	0.1	IPCC Vol.2 table 2.5
น้ำมันดิน (Coal Tar)		80,700	300	1.5	IPCC Vol.2 table 2.5
Drive gases	Gas Works Gas	44,400	5	0.1	IPCC Vol.2 table 2.5
	Coke Oven Gas	44,400	5	0.1	IPCC Vol.2 table 2.5
	Blast Furnace Gas	260,000	5	0.1	IPCC Vol.2 table 2.5
	Oxygen Steel Furnace Gas	182,000	5	0.1	IPCC Vol.2 table 2.5
ก๊าซธรรมชาติ (Natural Gas)		56,100	5	0.1	IPCC Vol.2 table 2.5

ชนิดของเชื้อเพลิง		ค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกแต่ละชนิด			แหล่งข้อมูลอ้างอิง
		CO_2	CH_4	N_2O	
		(กิโลกรัม/เทระจูล)			
ขยะมูลฝอยชุมชน (non-biomass fraction)		91,700	300	4	IPCC Vol.2 table 2.5
ขยะอุตสาหกรรม		143,000	300	4	IPCC Vol.2 table 2.5
ของเสียจากน้ำมัน		73,300	300	4	IPCC Vol.2 table 2.5
พีต (Peat)		106,000	300	1.4	IPCC Vol.2 table 2.5
เชื้อเพลิงชีวภาพชนิดแข็ง (Solid Biofuels)	ไม้/ของเสียจากไม้	112,000	300	4	IPCC Vol.2 table 2.5
	น้ำมันยางดำ (Black Liquor)	95,300	3	2	IPCC Vol.2 table 2.5
	Other Primary Solid Biomass	100,000	300	4	IPCC Vol.2 table 2.5
	Charcoal	112,000	200	1	IPCC Vol.2 table 2.5
เชื้อเพลิงชีวภาพชนิดเหลว (Liquid Biofuels)	ไบโอแก๊สโซลีน (Biogasoline)	70,800	10	0.6	IPCC Vol.2 table 2.5
	ไบโอดีเซล (Biodiesels)	70,800	10	0.6	IPCC Vol.2 table 2.5
	เชื้อเพลิงชีวภาพชนิดเหลวชนิดอื่น ๆ	79,600	10	0.6	IPCC Vol.2 table 2.5

ชนิดของเชื้อเพลิง		ค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกแต่ละชนิด			แหล่งข้อมูลอ้างอิง
		CO_2	CH_4	N_2O	
		(กิโลกรัม/เทระจูล)			
ก๊าซชีวภาพ	การฝังกลบ	54,600	5	0.1	IPCC Vol.2 table 2.5
	กากตะกอน	54,600	5	0.1	IPCC Vol.2 table 2.5
	ก๊าซชีวภาพอื่น ๆ	54,600	5	0.1	IPCC Vol.2 table 2.5
Other non-fossil fuels	ขยะมูลฝอยชุมชน (biomass fraction)	100,000	300	4	IPCC Vol.2 table 2.5

ที่มา : 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Vol.2 Table 2.5

ตาราง ค2 ค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของเชื้อเพลิงและไฟฟ้า

ชนิดของเชื้อเพลิง	หน่วย	ค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกแต่ละชนิด				แหล่งข้อมูลอ้างอิง
		CO_2	CH_4	N_2O	รวม GHG	
		(กิโลกรัม/หน่วย)	(กิโลกรัม/หน่วย)	(กิโลกรัม/หน่วย)	(กิโลกรัม CO_2 eq / หน่วย)	
ประเภทการเผาไหม้อยู่กับที่						
ก๊าซธรรมชาติ	ลบ.ฟุต	5.722200E-02	1.020000E-06	1.020000E-07	0.0573	IPCC Vol.2 table 2.2, DEDE
ถ่านหินลิกไนต์	กิโลกรัม	1.057470E+00	1.047000E-05	1.570500E-05	1.0624	IPCC Vol.2 table 2.2, DEDE
น้ำมันเตา	ลิตร	3.078198E+00	1.193100E-04	2.386200E-05	3.0883	IPCC Vol.2 table 2.2, DEDE
ดีเซล	ลิตร	2.698722E+00	1.092600E-04	2.185200E-05	2.7080	IPCC Vol.2 table 2.2, DEDE
ถ่านหินแอนทราไซต์	กิโลกรัม	3.086620E+00	3.140000E-05	4.710000E-05	3.1014	IPCC Vol.2 table 2.2, DEDE
ถ่านหินซับบิทูมินัส	กิโลกรัม	2.534157E+00	2.637000E-05	3.955500E-05	2.5466	IPCC Vol.2 table 2.2, DEDE
น้ำมันก๊าด	ลิตร	2.468895E+00	1.035900E-04	2.071800E-05	2.4777	IPCC Vol.2 table 2.2, DEDE
ก๊าซหุงต้ม	ลิตร	1.679722E+00	2.662000E-05	2.662000E-06	1.6812	IPCC Vol.2 table 2.2, DEDE
ก๊าซหุงต้ม	กิโลกรัม	3.110596E+00	4.929630E-05	4.929630E-06	3.1133	LPG 1 litre = 0.54 kg (DEDE)

ชนิดของเชื้อเพลิง	หน่วย	ค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกแต่ละชนิด				แหล่งข้อมูลอ้างอิง
		CO_2	CH_4	N_2O	รวม GHG	
		(กิโลกรัม/หน่วย)	(กิโลกรัม/หน่วย)	(กิโลกรัม/หน่วย)	(กิโลกรัม CO_2eq / หน่วย)	
ประเภทการเผาไหม้ที่มีการเคลื่อนที่						
แก๊สโซลีน – ไม่มีการควบคุม	ลิตร	2.181564E+00	1.038840E-03	1.007360E-04	2.2376	IPCC Vol.2 table 3.2.1, 3.2.2, DEDE
แก๊สโซลีน – ติดตั้งเครื่องฟอกไอเสียเชิงเร่งปฏิกิริยา (catalytic converter)	ลิตร	2.181564E+00	7.870000E-04	2.518400E-04	2.2763	IPCC Vol.2 table 3.2.1, 3.2.2, DEDE
ดีเซล	ลิตร	2.698722E+00	1.420380E-04	1.420380E-04	2.7446	IPCC Vol.2 table 3.2.1, 3.2.2, DEDE
ก๊าซธรรมชาติอัด	กิโลกรัม	2.126190E+00	3.486800E-03	1.137000E-04	2.2472	IPCC Vol.2 table 3.2.1, 3.2.2, DEDE
ก๊าซหุงต้ม (LPG)	ลิตร	1.493382E+00	1.650440E-03	5.324000E-06	1.5362	IPCC Vol.2 table 3.2.1, 3.2.2, DEDE
ก๊าซหุงต้ม (LPG)	กิโลกรัม	2.765522E+00	3.056370E-03	9.859259E-06	2.8449	LPG 1 litre = 0.54 kg (DEDE)
ไฟฟ้า	kWh	N/A	N/A	N/A	0.5813	MTEC, G2G, 2009

ที่มา : แนวทางการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์องค์กร. พิมพ์ครั้งที่ 2 (ฉบับปรับปรุงครั้งที่ 1) ตุลาคม 2556

ตาราง ค3 อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจากการเดินทางด้วยรถประเภทต่าง ๆ

ประเภทรถยนต์	เชื้อเพลิง	หน่วย	อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง	แหล่งข้อมูลอ้างอิง
รถยนต์ขนาดเล็ก (1500 cc)	เบนซิน	km/L	17.770	กรมควบคุมมลพิษ, 2551
รถยนต์ขนาดกลาง (1600 cc)	เบนซิน	km/L	15.238	กรมควบคุมมลพิษ, 2551
รถยนต์ขนาดกลาง (1800 cc)	เบนซิน	km/L	13.796	กรมควบคุมมลพิษ, 2551
รถยนต์ขนาดใหญ่ (2000 cc)	เบนซิน	km/L	12.248	กรมควบคุมมลพิษ, 2551
รถยนต์เฉลี่ยทุกขนาด	เบนซิน	km/L	14.763	กรมควบคุมมลพิษ, 2551
รถกระบะบรรทุกเฉลี่ย	ดีเซล	km/L	6.369	American Petroleum Institute, 2004
รถกระบะส่วนบุคคลขนาด 1 ตัน	ดีเซล	km/L	11.111	American Petroleum Institute, 2004
รถ NGV	CNG	km/kg	11.905	American Petroleum Institute, 2004
รถ LPG	LPG	km/L	8.929	American Petroleum Institute, 2004
รถตู้โดยสาร	ดีเซล	km/L	10.204	American Petroleum Institute, 2004
รถโดยสารประจำทาง	ดีเซล	km/L	2.850	American Petroleum Institute, 2004

ประเภทรถยนต์	เชื้อเพลิง	หน่วย	อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง	แหล่งข้อมูลอ้างอิง
รถจักรยานยนต์ 4 จังหวะ เครื่องยนต์ขนาดเล็กกว่า 125 cc	เบนซิน	km/L	36.625	กรมควบคุมมลพิษ, 2551
รถจักรยานยนต์ 4 จังหวะ เครื่องยนต์ขนาด 125 cc	เบนซิน	km/L	38.655	กรมควบคุมมลพิษ, 2551
รถจักรยานยนต์ 2 จังหวะ เครื่องยนต์ขนาด 120 cc	เบนซิน	km/L	37.245	กรมควบคุมมลพิษ, 2551
รถจักรยานยนต์ 2 จังหวะ เครื่องยนต์ขนาด 150 cc	เบนซิน	km/L	27.625	กรมควบคุมมลพิษ, 2551
รถจักรยานยนต์ 4 จังหวะ เฉลี่ยทุกขนาด	เบนซิน	km/L	37.640	กรมควบคุมมลพิษ, 2551
รถจักรยานยนต์ 2 จังหวะ เฉลี่ยทุกขนาด	เบนซิน	km/L	32.435	กรมควบคุมมลพิษ, 2551

ที่มา : แนวทางการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์องค์กร. พิมพ์ครั้งที่ 2 (ฉบับปรับปรุงครั้งที่ 1) ตุลาคม 2556

ศูนย์ข้อมูลก๊าซเรือนกระจก
องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน)
เลขที่ 120 หมู่ที่ 3 ชั้น 9 อาคารรัฐประศาสนภักดี ศูนย์ราชการเฉลิมพระเกียรติฯ
ถนนแจ้งวัฒนะ แขวงทุ่งสองห้อง เขตหลักสี่ กรุงเทพฯ 10210

โทรศัพท์ **0 2141 9836, 0 2141 9838** โทรสาร **0 2143 8405**
เว็บไซต์ **www.tgo.or.th** **ghginfo**