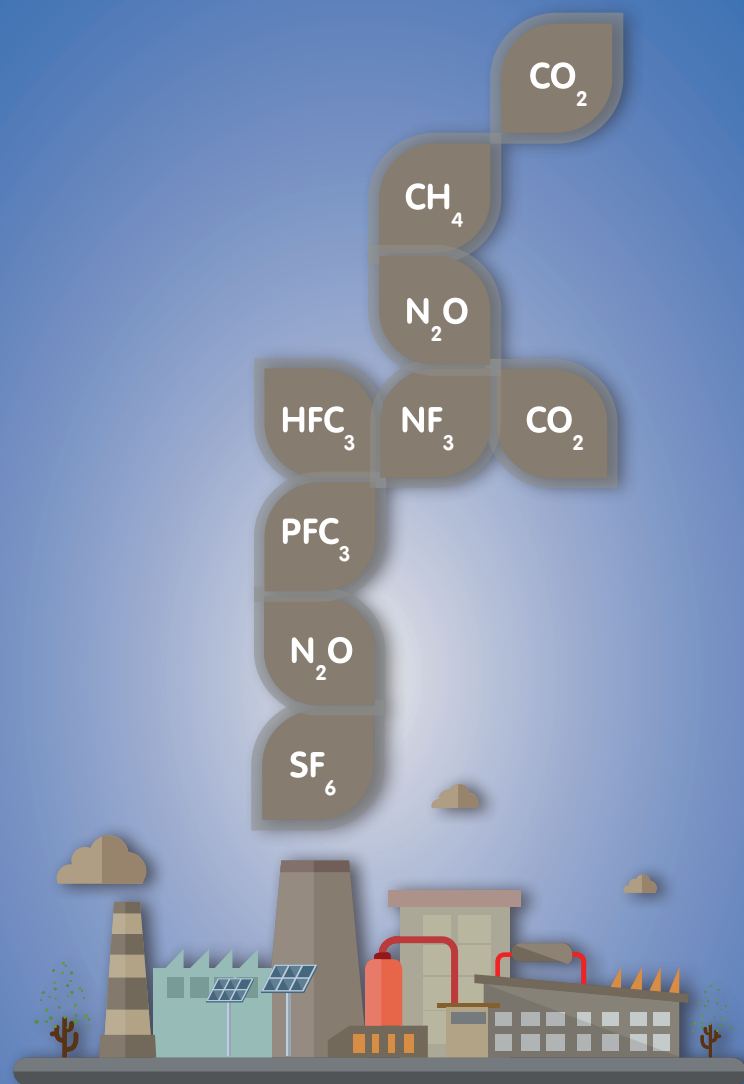




องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน)
 เลขที่ 120 หมู่ที่ 3 ชั้น 9 อาคารบี ศูนย์ราชการเฉลิมพระเกียรติฯ
 ถนนแจ้งวัฒนะ แขวงทุ่งสองห้อง เขตหลักสี่ กรุงเทพฯ 10210
 โทรศัพท์ 0 2141 9830-31, 0 2141 9834
 โทรสาร 0 2143 8403
 Website : www.tgo.or.th
<http://thaicarbonlabel.tgo.or.th>

ISBN 978-616-91798-6-3



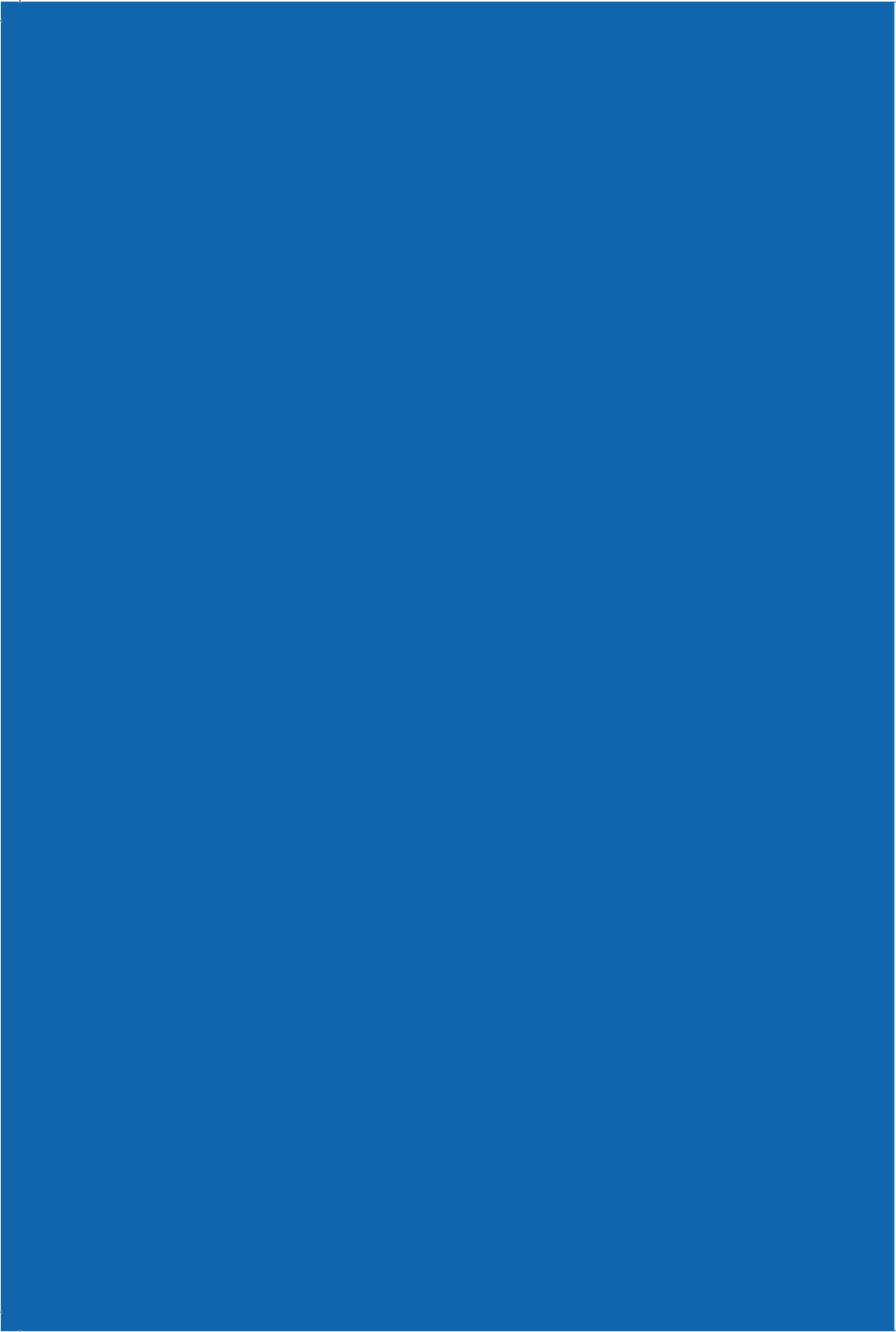
คู่มือการจัดทำคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กร
 ภาสาอุตสาหกรรม



คู่มือการจัดทำคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กร ภาสาอุตสาหกรรม



องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน)
 กันยายน 2558



คู่มือการจัดทำคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กร รายสาขาอุตสาหกรรม



องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน)
กันยายน 2558



คู่มือการจัดทำคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กร
รายสาขาอุตสาหกรรม

ชื่อหนังสือ	คู่มือการจัดทำคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กร รายสาขาอุตสาหกรรม
จัดทำโดย	องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน) 120 หมู่ที่ 3 ชั้น 9 อาคารบี ศูนย์ราชการเฉลิมพระเกียรติฯ ถนนแจ้งวัฒนะ แขวงทุ่งสองห้อง เขตหลักสี่ กรุงเทพฯ 10210
กองบรรณาธิการ	ดร. พงษ์วิภา หล่อสมบูรณ์ นายปฐม ชัยพุกชล นายธาดา วารุณโชนกุล นางสาวชฎาพร นรงค์เพชร
ออกแบบและจัดพิมพ์	บริษัทอมรินทร์พริ้นติ้งแอนด์พับลิชชิ่ง จำกัด (มหาชน) 376 ถนนชัยพฤกษ์ แขวงตลิ่งชัน เขตตลิ่งชัน กรุงเทพฯ 10170 โทรศัพท์ 0-2422-9000, 0-2882-1010 โทรสาร 0-2433-2742, 0-2434-1385 E-mail : aprint@amarin.co.th Homepage : http://www.amarin.com
พิมพ์ครั้งที่ 1	กันยายน 2558
จำนวน	2,000 เล่ม
ISBN	978-616-91798-6-3



บทนำ

ปัญหาการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ นับเป็นวิกฤตการณ์สิ่งแวดล้อมที่สำคัญซึ่งก่อให้เกิดผลกระทบที่ร้ายแรงในวงกว้าง โดยปัญหาดังกล่าวเป็นผลที่เกิดขึ้นจากการดำเนินกิจกรรมต่างๆ ของมนุษย์ โดยเฉพาะกิจกรรมทางเศรษฐกิจทั้งในภาคอุตสาหกรรม เกษตรกรรม การขนส่ง และการตัดไม้ทำลายป่า รวมทั้งการทำลายทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมในรูปแบบอื่นๆ ทำให้มีการเพิ่มขึ้นของปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกและความเข้มข้นของก๊าซเรือนกระจกในชั้นบรรยากาศ จนส่งผลกระทบต่อสมดุลของภูมิอากาศในระดับโลก ปัญหาการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศมีความแตกต่างจากปัญหาสิ่งแวดล้อมอื่นๆ กล่าวคือ เป็นกระบวนการเปลี่ยนแปลงที่มีผลกระทบในระดับโลก มิได้มีขอบเขตเฉพาะพื้นที่ใดพื้นที่หนึ่งที่เป็นแหล่งปล่อยก๊าซเรือนกระจก ด้วยเหตุผลดังกล่าว การดำเนินงานเพื่อแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นจึงไม่อาจบรรลุผลได้ด้วย การดำเนินงานของประเทศใดประเทศหนึ่ง หรือภูมิภาคใดภูมิภาคหนึ่งแต่โดยลำพัง แต่จำเป็นต้องอาศัยทุกประเทศร่วมมือกันจึงจะมีโอกาสสำเร็จได้

ประเทศไทยมีส่วนร่วมในการดำเนินกิจกรรมลดก๊าซเรือนกระจกพร้อมกันกับนานาประเทศ และได้กำหนดเป้าหมายในการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกร้อยละ 7 - 20 โดยความสมัครใจ ดังนั้น ทุกภาคส่วนที่เกี่ยวข้องจึงต้องมีส่วนร่วมในการลดก๊าซเรือนกระจกจากส่วนที่ตนรับผิดชอบ เพื่อให้บรรลุตามเป้าหมายที่กำหนดไว้

อุตสาหกรรมเป็นภาคส่วนสำคัญที่ต้องเข้ามามีบทบาทในการลดก๊าซเรือนกระจกที่เกิดจากกิจกรรมของตน โดยในช่วง 10 ปีที่ผ่านมา ภาคอุตสาหกรรมของประเทศไทยมีอัตราการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเพิ่มขึ้นมากที่สุด เฉลี่ย

ร้อยละ 7 ต่อปี¹ เพื่อให้เกิดการลดก๊าซเรือนกระจกในภาคอุตสาหกรรมอย่างมีประสิทธิภาพ องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน) หรือ อบก. จึงได้ส่งเสริมให้มีการจัดทำคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กรในภาคอุตสาหกรรม ตั้งแต่ปีงบประมาณ 2551 ผลการดำเนินงานที่ผ่านมาทำให้ได้แนวทางการประเมินและทวนสอบคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กร ตลอดจนสามารถสร้างระบบทวนสอบที่เป็นไปตามมาตรฐานสากลและกลุ่มผู้เชี่ยวชาญด้านคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กร ดังนั้น เพื่อนำไปสู่การขยายผลอย่างต่อเนื่อง อบก. จึงได้ร่วมกับผู้เชี่ยวชาญในการจัดทำคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กรในรายอุตสาหกรรม รวบรวมองค์ความรู้และประสบการณ์ จัดทำเป็นคู่มือการจัดทำคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กรรายสาขาอุตสาหกรรมที่สำคัญ เช่น อุตสาหกรรมปิโตรเลียมและปิโตรเคมี ซีเมนต์ วัสดุก่อสร้าง เซรามิก เยื่อ และกระดาษ อาหาร เพื่อให้อุตสาหกรรมหรือผู้ที่สนใจสามารถนำไปประยุกต์ใช้เพื่อวัดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก และรายงานผลได้อย่างถูกต้องตรงประเด็น เพื่อใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานในการบริหารจัดการเพื่อลดก๊าซเรือนกระจกในระดับองค์กรได้อย่างยั่งยืนต่อไป

กองบรรณาธิการ
กันยายน 2558

¹ไม่รวมภาคการเปลี่ยนแปลงการใช้พื้นที่และป่าไม้ ที่มา: ประเด็นท้าทายข้อเสนอเชิงนโยบายและการเจรจาของไทยเรื่องการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศโลก (<http://measwatch.org/sites/default/files/bookfile/3.pdf>)



สารบัญ

บทที่ 1	การประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในกลุ่มปิโตรเลียมและปิโตรเคมี	1
บทที่ 2	การประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในกลุ่มอุตสาหกรรมซีเมนต์	17
บทที่ 3	การประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในกลุ่มอุตสาหกรรมวัสดุก่อสร้าง	57
บทที่ 4	การประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในกลุ่มอุตสาหกรรมเซรามิก	79
บทที่ 5	การประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ในกลุ่มอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์	89
บทที่ 6	การประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ในกลุ่มอุตสาหกรรมเยื่อและกระดาษ	101
บทที่ 7	การประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ในกลุ่มอุตสาหกรรมบรรจุภัณฑ์กระดาษลูกฟูก	111
บทที่ 8	การประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในกลุ่มอุตสาหกรรมอาหาร	121
บทที่ 9	การประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในกลุ่มอุตสาหกรรมน้ำตาล	143
บทที่ 10	การประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในกลุ่มอุตสาหกรรมปศุสัตว์	151
บทที่ 11	การประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในกลุ่มอุตสาหกรรมโรงไฟฟ้า	175
บทที่ 12	แนวทางการเตรียมความพร้อมทวนสอบคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กร	183
บทที่ 13	การทวนสอบคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กร	209





บทที่ 1

การประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ในกลุ่มปิโตรเลียมและปิโตรเคมี

ดร. วิกานดา วรหัตถ์พันธุ์

ภาควิชาวิศวกรรมเคมี มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ผศ. ดร. หาญพล พึ่งรัมย์

มนต์ชัย จิตติปัญญากุล

ศูนย์ความเป็นเลิศทางด้านพลังงานเชิงนิเวศเศรษฐกิจ

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

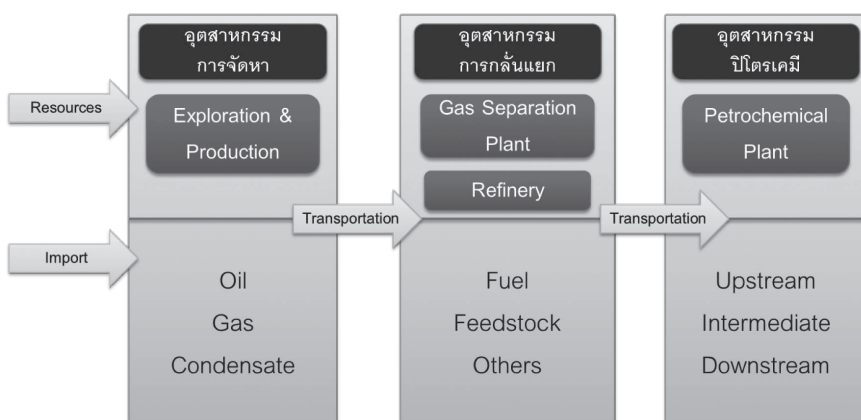
1. บทนำ

อุตสาหกรรมปิโตรเลียมและปิโตรเคมี เป็นอุตสาหกรรมที่มีความสำคัญต่อประเทศ เนื่องจากเป็นอุตสาหกรรมต้นทางในการผลิตพลังงานภายในประเทศ รวมถึงเป็นต้นทางของผลิตภัณฑ์ต่อเนื่องจากปิโตรเคมีที่นำไปใช้กับอุตสาหกรรมอื่นๆ อีกหลายประเภท อุตสาหกรรมปิโตรเลียมและปิโตรเคมีของไทยนั้น มีอัตราการส่งออกมากเป็นอันดับต้นๆ ของอาเซียน โดยผลิตภัณฑ์ปิโตรเคมีขั้นต้นส่งออกมากเป็นอันดับหนึ่ง และยังมีแนวโน้มการขยายตัวของการส่งออกมากขึ้นเรื่อยๆ นอกจากนี้ อุตสาหกรรมปิโตรเลียมและปิโตรเคมี นับเป็นหนึ่งในอุตสาหกรรมที่มีการใช้พลังงานสูง ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่สำคัญ และเนื่องจากกลุ่มอุตสาหกรรมนี้เป็นอุตสาหกรรมเฉพาะที่เกี่ยวข้องกับสารไฮโดรคาร์บอนโดยตรง และมีกระบวนการเฉพาะ

ที่อาจก่อให้เกิดก๊าซเรือนกระจกที่แตกต่างกับอุตสาหกรรมอื่นๆ ในการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กร สำหรับอุตสาหกรรมปิโตรเลียมและปิโตรเคมีจึงมีความเฉพาะเจาะจง และมีความแตกต่างจากอุตสาหกรรมอื่นๆ

2. รายละเอียดของอุตสาหกรรม

อุตสาหกรรมปิโตรเลียมและปิโตรเคมี หมายถึงอุตสาหกรรมการกลั่นแยก ได้แก่โรงกลั่นน้ำมัน โรงแยกก๊าซ และอุตสาหกรรมปิโตรเคมี ซึ่งแบ่งออกเป็นขั้นต้น ขั้นกลางและขั้นปลาย



รูปที่ 1 แผนภาพแสดงอุตสาหกรรมปิโตรเลียมและปิโตรเคมี

อุตสาหกรรมปิโตรเคมีขั้นต้น เป็นอุตสาหกรรมเพื่อการผลิตผลิตภัณฑ์ปิโตรเคมีลำดับแรกที่ใช้เป็นวัตถุดิบสำหรับการผลิตผลิตภัณฑ์ปิโตรเคมีขั้นต่อเนื่อง แบ่งออกเป็น 2 กลุ่มใหญ่ๆ ได้แก่ กลุ่ม โอเลฟินส์ได้แก่ เอทิลีน โพรพิลีน และ มิกซ์ซีลีส ส่วนอีกกลุ่มคือกลุ่ม อะโรเมติกส์ ได้แก่ เบนซีน โทลูอิน และไซลีน

อุตสาหกรรมปิโตรเคมีขั้นกลาง เป็นอุตสาหกรรมที่ใช้ปิโตรเคมีขั้นต้นเป็นวัตถุดิบในการผลิตเพื่อป้อนให้กับอุตสาหกรรมขั้นปลาย เช่น เอทิลีนไดคลอไรด์ (ethylene dichloride: EDC) ไวนิลคลอไรด์ - โมโนเมอร์ (vinyl chloride monomer: VCM) เอทิลีนออกไซด์ (ethylene oxide: EO) เอทิลีนไกลคอล (ethylene glycol: EG) เอทิลเบนซีน (ethyl benzene: EB) สไตรีนโมโนเมอร์ (styrene monomer: SM) ไซโคลเฮกเซน (cyclohexane) คาโพรแลคตัม (caprolactam) คิวมิน (cumene) ฟีนอล (phenol)

อุตสาหกรรมปิโตรเคมีขั้นปลาย เป็นอุตสาหกรรมใช้ผลิตภัณฑ์จากอุตสาหกรรมปิโตรเคมีขั้นต้นหรือขั้นกลางมาเป็นวัตถุดิบเพื่อผลิตผลิตภัณฑ์ขั้นสุดท้ายก่อนที่จะนำไปแปรรูปในอุตสาหกรรมต่อเนื่อง เช่น โพลีเอทิลีน ความหนาแน่นต่ำ (LDPE) โพลีเอทิลีนความหนาแน่นต่ำเชิงเส้น (LLDPE) โพลีเอทิลีนความหนาแน่นสูง (HDPE) โพลีไวนิลคลอไรด์ (PVC) โพลีโพรพิลีน (PP) และโพลีสไตรีน (PS) ยางบิวทาไดอิน (BR) ยางสไตรีนบิวทาไดอิน (SBR) ยางบิวทิล (butyl rubber) ยางไนทริล (nitrile rubber) ยางอีพีดีเอ็ม (ethylene propylene diene elastomer rubber: EPDM)

3. แนวทางการจัดทำคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กร

3.1 การกำหนดขอบเขตขององค์กร

โครงสร้างขององค์กรในกลุ่มอุตสาหกรรมปิโตรเลียมและปิโตรเคมี มีลักษณะซับซ้อน เช่น อาจมีหน่วยสนับสนุนต่างๆ อาจมีทั้งโรงงานย่อยๆ มีส่วนผลิตพลังงาน ส่วนผลิตน้ำ หรือในขอบเขตเดียวกัน อาจมีทั้งการผลิตขั้นต้น และขั้นปลาย อาจมีสำนักงานอยู่ในบริเวณเดียวกัน หรืออาจแยกกันอยู่คนละพื้นที่ นอกจากนี้ ยังอาจมีความซับซ้อนของการถือครองกรรมสิทธิ์ต่างๆ ร่วมกัน ดังนั้น ในการกำหนดขอบเขตต่างๆ ควรต้องระมัดระวังให้ครอบคลุมตามแนวทางการกำหนดขอบเขตขององค์กรที่เลือก ได้แก่ แบบปันส่วนกรรมสิทธิ์

(Equity Shared) และแบบควบคุม (Control Approach) ซึ่งอาจเป็นแบบ ควบคุมการดำเนินงาน (Operational Control) หรือแบบควบคุมทางการเงิน (Financial Control) ก็ได้

3.2 การระบุแหล่งปล่อยก๊าซเรือนกระจก

การระบุแหล่งปล่อยก๊าซเรือนกระจก อ้างอิงตามการกำหนดขอบเขต การดำเนินงาน สามารถแบ่งออกเป็น 3 ประเภท ได้แก่

ประเภทที่ 1 (Scope 1) คือการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางตรง จาก กิจกรรมขององค์กร พบว่ากิจกรรมที่สำคัญที่เป็นแหล่งปล่อยก๊าซเรือนกระจก ในอุตสาหกรรมปิโตรเลียมและปิโตรเคมี ได้แก่ การเผาไหม้เชื้อเพลิงทั้งที่มี การนำเชื้อเพลิงเข้ามา หรือใช้เชื้อเพลิงหรือก๊าซเหลือในกระบวนการของ โรงงานอุตสาหกรรม การเผาไหม้สำหรับห่อเผาทิ้ง หรือแฟลร์ (Flare) กระบวนการเฉพาะสำหรับอุตสาหกรรม และการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจาก แหล่งอื่นๆ ที่คล้ายกับอุตสาหกรรมอื่น ได้แก่ การใช้เชื้อเพลิงในยานพาหนะ อุปกรณ์หรือเครื่องจักรที่มีการเผาไหม้ ระบบสนับสนุนต่างๆ การรั่วซึม (Fugitive) ของสารทำความเย็น การใช้สารดับเพลิง

ประเภทที่ 2 (Scope 2) การปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางอ้อมที่เกี่ยวข้อง กับพลังงาน ได้แก่ กรณีที่มีการซื้อไฟฟ้า ไอน้ำ น้ำร้อน น้ำเย็น จากโรงงาน ภายนอกที่อยู่นอกเหนือขอบเขตขององค์กรเข้ามาใช้

ประเภทที่ 3 (Scope 3) การปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางอ้อมจาก กิจกรรมประเภทอื่นๆ เช่น การจัดการของเสีย การขนส่ง หรือการได้มาซึ่ง วัตถุดิบต่างๆ ที่อยู่นอกเหนือขอบเขตขององค์กร

ตารางที่ 1 แสดงกิจกรรมขององค์กร และแหล่งปล่อยก๊าซเรือนกระจก

ประเภท	แหล่งปล่อยก๊าซเรือนกระจก	
	กิจกรรม	รายการปล่อยก๊าซเรือนกระจก
ประเภทที่ 1	การเผาอยู่กับที่ (Stationary combustion) จากกิจกรรมต่อไปนี้ - พลังงานที่ใช้ในกระบวนการผลิต - เชื้อเพลิงต่างๆ ที่ใช้ในกระบวนการผลิตสาธารณูปโภค - Fire pump - Generator - การใช้เชื้อเพลิงในโรงอาหาร - เครื่องตัดหญ้า - หม้อต้มไอน้ำ - การซ่อมดับเพลิง - อื่นๆ	- ดีเซล - เบนซิน - ก๊าซธรรมชาติ (Natural gas) - ปิโตรเลียมเหลว (LPG) - Fuel gas - Cracked Gas - Etc.
ประเภทที่ 1	การเผาที่มีเคลื่อนที่ (Mobile combustion) จากกิจกรรมต่อไปนี้ - รถยนต์ทั่วไป - Forklift - รถเข็น - รถเครน 6 ล้อ - อื่นๆ	- ดีเซล - เบนซิน - ก๊าซธรรมชาติอัดสำหรับยานยนต์ (Compressed Natural Gas: CNG) - ปิโตรเลียมเหลว (LPG) - Etc.

ประเภท	แหล่งปล่อยก๊าซเรือนกระจก	
	กิจกรรม	รายการปล่อยก๊าซเรือนกระจก
ประเภทที่ 1	กระบวนการเฉพาะทาง*	- Flare - Coke Combustion - Fluid Catalytic Cracking Units (FCCU) - Hydrogen Plant - Fugitive emissions from Chemical Production - Storage tank - Etc.
ประเภทที่ 1	สารดับเพลิงที่เป็นก๊าซเรือนกระจก	ถังดับเพลิง CO ₂
ประเภทที่ 1	ก๊าซเรือนกระจกจากระบบบำบัดน้ำเสีย	มีเทนจากระบบบำบัดน้ำเสีย
ประเภทที่ 1	ก๊าซเรือนกระจกจากปุ๋ยที่ใช้ดูแลพื้นที่สีเขียว	ไนตรัสออกไซด์จากการใช้ปุ๋ย
ประเภทที่ 1	ก๊าซเรือนกระจกจาก Septic tank	มีเทนจาก Septic tank
ประเภทที่ 1	สารทำความเย็น	R-134a R-404c Etc.
ประเภทที่ 1	การรั่วซึมของ SF ₆ จากเซอร์กิตเบรกเกอร์ สวิตช์เกียร์	SF ₆
ประเภทที่ 2	การใช้ไฟฟ้า (กรณีซื้อ)	ไฟฟ้า
ประเภทที่ 2	การใช้ไอน้ำ (กรณีซื้อ)	ไอน้ำ

ประเภท	แหล่งปล่อยก๊าซเรือนกระจก	
	กิจกรรม	รายการปล่อยก๊าซเรือนกระจก
ประเภทที่ 3	สามารถเลือกกิจกรรมตามท้องถื่น สนใจเพื่อประเมินเพิ่มเติม	

* กรณีกระบวนการเฉพาะทางสามารถหารายละเอียดเพิ่มเติมได้ใน API 2009 และ IPCC 2006

4. แนวทางการคำนวณปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก

4.1 วิธีคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก

ประเภทที่ 1

● การเผาไหม้อยู่กับที่

- การคำนวณการเผาไหม้เชื้อเพลิงต่างๆ ที่ใช้ในกระบวนการผลิต
มีวิธีการในการคำนวณได้หลายวิธีได้แก่
 - การคำนวณโดยใช้ค่า Emission Factor ที่อ้างอิงในการ
คำนวณจากแหล่งอ้างอิงต่างๆ เช่น ค่า Emission Factor
จาก IPCC, TGO โดยต้องระมัดระวังในการเลือกค่าที่ใช้ให้
เหมาะสม ซึ่งจำเป็นต้องทราบ ชนิดเชื้อเพลิง ปริมาณ
เชื้อเพลิง และค่าความร้อนที่เหมาะสม เช่น หากใช้ค่า
emission factor อ้างอิงของ อบก. ต้องใช้ปริมาณที่สัมพันธ์
กับค่าความร้อนต่ำ (Low Heating Value: LHV) หรือ
ค่าความร้อนสุทธิ (Net Calorific Value: NCV)
 - การคำนวณโดยใช้การดุลสมการการเผาไหม้ ซึ่งเป็นการ
คำนวณองค์ประกอบคาร์บอน ในเชื้อเพลิงเพื่อนำมาคำนวณ
การเปลี่ยนองค์ประกอบคาร์บอนไปเป็นคาร์บอนไดออกไซด์
ด้วยการเผาไหม้ และควรระมัดระวังการคำนวณก๊าซประเภท
N₂O ที่เกิดจากการเผาไหม้ด้วย

- การคำนวณโดยอาศัยลักษณะองค์ประกอบของเชื้อเพลิง โดยเฉพาะองค์ประกอบเชื้อเพลิงที่เป็นก๊าซ ซึ่งจะมีลักษณะการคำนวณโดยหลักการเดียวกับวิธีการตุลสมการเผาไหม้ แต่เป็นการคำนวณแยกย่อยในรายองค์ประกอบที่มีไฮโดรคาร์บอนหลายชนิดในเชื้อเพลิง ซึ่งสามารถดูเอกสารวิธีการคำนวณอ้างอิงตาม API compendium ได้ และควรต้องทำการคำนวณการเกิดก๊าซ N_2O จากการเผาไหม้ด้วย
- การคำนวณสำหรับกระบวนการเฉพาะทางต่างๆ
 - วิธีการคำนวณสำหรับกระบวนการเฉพาะทางมีหลายกระบวนการซึ่งรายละเอียดและวิธีการคำนวณสามารถศึกษาได้จาก American Petroleum Institute (API). Compendium of Greenhouse Gas Emissions Estimation Methodologies for the Oil and Natural Gas Industry, 2009 และ Intergovernmental Panel on Climate Change. 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, 2006
- สารดับเพลิงที่เป็นก๊าซเรือนกระจก
 - วิธีการคำนวณสำหรับสารดับเพลิงที่เป็นก๊าซเรือนกระจกสามารถคำนวณได้โดยใช้ Emission Factor ของชนิดสารดับเพลิง ซึ่งสามารถหาได้จากแนวทางการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์องค์กรของ อบก. และต้องทราบปริมาณสารดับเพลิงที่ปล่อยออกมา ในที่นี้ส่วนใหญ่จะไม่สามารถหาปริมาณสารดับเพลิงที่ปล่อยออกได้โดยตรง จึงจำเป็นต้องใช้วิธีการทางอ้อมโดยใช้ข้อมูลปริมาณสารดับเพลิงที่เติมถึงดับเพลิงที่ใช้ไปและให้ปริมาณการเติมเท่ากับปริมาณที่ปล่อยออก

$$\text{ปริมาณการปล่อย GHG} = \text{ปริมาณสารดับเพลิงที่ใช้} \times \text{EF ของสารดับเพลิง}$$

- ก๊าซเรือนกระจกจากปุ๋ยที่ใช้ดูแลพื้นที่สีเขียว

การประเมินก๊าซเรือนกระจกจากการใช้ปุ๋ยนั้นจะพิจารณาปุ๋ยไนโตรเจน ซึ่งในขั้นตอนการใช้ปุ๋ยไนโตรเจนส่วนหนึ่งจะเกิดปฏิกิริยาจากไนโตรเจนกลายเป็นไนตรัสออกไซด์ที่เป็นก๊าซเรือนกระจก

- วิธีการคำนวณก๊าซเรือนกระจกจากการใช้ปุ๋ย สามารถคำนวณได้โดยใช้สมการจาก IPCC 2006, Volume 4, CHAPTER 11 N₂O EMISSIONS FROM MANAGED SOILS, AND CO₂ EMISSIONS FROM LIME AND UREA APPLICATION

- ก๊าซเรือนกระจกจาก Septic tank

ระบบ Septic tank เป็นระบบปิดและไม่มีการเติมอากาศ ดังนั้นสภาวะในระบบจึงเป็นแบบไร้อากาศ (Anaerobic) ซึ่งสามารถเกิดมีเทนที่เป็นก๊าซเรือนกระจกได้

- วิธีการคำนวณสำหรับสารดับเพลิงที่เป็นก๊าซเรือนกระจก สามารถคำนวณได้โดยใช้สมการจาก IPCC 2006, Volume 5, CHAPTER 6 WASTEWATER TREATMENT AND DISCHARGE, 6.2.2 Domestic wastewater

- ก๊าซเรือนกระจกจากระบบบำบัดน้ำเสีย

- วิธีการคำนวณสำหรับจากระบบบำบัดน้ำเสียสามารถประเมินตามประเภทของการบำบัดน้ำเสีย โดยใช้แนวทางการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์องค์กรของ อบก. ตามตารางด้านล่าง หรืออ้างอิงตามสมการการคำนวณจาก IPCC 2006, Volume 5, CHAPTER 6 WASTEWATER TREATMENT AND DISCHARGE, 6.2.3 Industrial wastewater

ค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกแยกตามประเภทของการบำบัดน้ำเสีย		
ประเภทของการบำบัดน้ำเสีย	GHG Emission	หมายเหตุ
กรณีน้ำเสียไม่ได้รับการบำบัด		
ปล่อยน้ำเสียลงสู่ทะเล แม่น้ำ และบึงโดยตรง	$0.625 \times [(W_i \times \text{COD}) - S]$	ไม่รวมปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่เกิดจากสารอินทรีย์ภายในแหล่งน้ำ
กรณีน้ำเสียได้รับการบำบัด		
ระบบบำบัดแบบเติมอากาศ	0	
ระบบบำบัดแบบไม่เติมอากาศ	$1.875 \times [(W_i \times \text{COD}) - S]$	ประเภทที่ไม่มีการควบคุมดูแลและมีการทำงานเกินความจุ
ระบบบำบัดแบบไม่เติมอากาศ	$5 \times [(W_i \times \text{COD}) - S]$	ไม่รวมปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ดักเก็บได้จากกระบวนการบำบัด
ระบบกำจัดสลัดจ์แบบไม่เติมอากาศ	$5 \times [(W_i \times \text{COD}) - S]$	ไม่รวมปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ดักเก็บได้จากกระบวนการบำบัด
บ่อบำบัดดินแบบไม่เติมอากาศ	$1.25 \times [(W_i \times \text{COD}) - S]$	ความลึกไม่เกิน 2 เมตร
บ่อบำบัดลึกแบบไม่เติมอากาศ	$5 \times [(W_i \times \text{COD}) - S]$	ความลึกมากกว่า 2 เมตร

W_i = ปริมาณน้ำเสีย (ลบ.ม.)

COD = ความต้องการออกซิเจนทางเคมีของน้ำเสียขาเข้า (กิโลกรัม COD ต่อลบ.ม.)

S = สารอินทรีย์ที่ถูกกำจัดในรูปของสลัดจ์ (กิโลกรัม COD)

- สารทำความเย็นและการรั่วซึมของ SF₆
 - วิธีการคำนวณสำหรับสารทำความเย็นที่เป็นก๊าซเรือนกระจกและการรั่วซึมของ SF₆ วิธีการจะคล้ายกับการคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของสารดับเพลิง โดยสามารถคำนวณได้โดยใช้ Emission Factor ของชนิดสารทำความเย็น ซึ่งสามารถหาได้จากแนวทางการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์องค์กรของ อบก. และต้องทราบปริมาณสารทำความเย็นที่รั่วซึมออกมา ในที่นี้ส่วนใหญ่จะไม่สามารถหาปริมาณที่รั่วซึมออกมาได้โดยตรง ซึ่งสามารถใช้วิธีการทางอ้อมได้ โดยการใช้สมมุติฐานข้อมูล ปริมาณสารทำความเย็นที่เดิมเข้าระบบ เท่ากับปริมาณสารทำความเย็นที่รั่วซึมออกมา

ปริมาณการปล่อย GHG = ปริมาณสารทำความเย็นที่รั่วซึม x EF ของสารทำความเย็น

ประเภทที่ 2

- ไฟฟ้าที่ซื้อจากหน่วยงานภายนอกองค์กร
 - วิธีการคำนวณปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้ไฟฟ้า อันดับแรก ต้องดูว่าองค์กรที่ทำการประเมินนั้นซื้อไฟฟ้ามาจากแหล่งใด กรณีที่ซื้อจากการไฟฟ้าของประเทศไทยสามารถใช้ค่า Emission Factor ของการผลิตไฟฟ้าของประเทศไทยได้ ซึ่งสามารถหาได้จากแนวทางการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์องค์กรของ อบก. ในกรณีที่ซื้อมาจากบริษัทผลิตไฟฟ้าในพื้นที่ใกล้เคียงจะต้องใช้ Emission Factor ของการผลิตไฟฟ้าจากผู้ผลิตนั้นๆ ในการคำนวณ

ปริมาณการปล่อย GHG = ปริมาณการใช้ไฟฟ้า x EF การผลิตไฟฟ้า

- ไอน้ำที่ซื้อจากหน่วยงานภายนอกองค์กร
 - วิธีการคำนวณปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้ไอน้ำ สามารถคำนวณได้โดยใช้ Emission Factor การผลิตไอน้ำของบริษัทที่ผู้ผลิตโดยตรง

$$\text{ปริมาณการปล่อย GHG} = \text{ปริมาณการใช้ไอน้ำ} \times \text{EF การผลิตไอน้ำ}$$

5. สัดส่วนการปล่อยก๊าซเรือนกระจก

การปล่อยก๊าซเรือนกระจกในอุตสาหกรรมปิโตรเลียมและปิโตรเคมี สัดส่วนหลักจากการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจะเป็นสัดส่วนของการใช้พลังงาน เนื่องจากอุตสาหกรรมกลุ่มนี้เป็นอุตสาหกรรมที่มีการใช้พลังงานค่อนข้างสูง แต่ก็อาจมีความแตกต่างกันตามประเภทของอุตสาหกรรม เช่น หากเป็น อุตสาหกรรมการสำรวจและผลิต มักมีสัดส่วนการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้พลังงานใกล้เคียงกันกับ หอเผาทิ้งหรือแฟลร์ (Flare) เนื่องจากคุณลักษณะของผลิตภัณฑ์ที่ได้ซึ่งมีปริมาณก๊าซ CO₂ อยู่ในเนื้อก๊าซในอ่าวไทย มาก สำหรับอุตสาหกรรมปิโตรเคมีขั้นต้นจะมีสัดส่วนการใช้พลังงานจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงสูงกว่า ส่วนอุตสาหกรรมปิโตรเคมีขั้นปลายมักมีสัดส่วนการใช้พลังงานจากการใช้ไฟฟ้ามากกว่า ดังนั้นสัดส่วนการปล่อยก๊าซเรือนกระจกอาจอยู่ใน scope 1 หรือ 2 มากกว่า ขึ้นอยู่กับว่ามีการรับพลังงานเข้ามา หรือว่าทำการผลิตงานพลังงานใช้เอง

6. ข้อควรระวังในการบันทึกข้อมูลสำหรับการคำนวณค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กร

ในการประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในกลุ่มอุตสาหกรรมนี้ มีลักษณะเฉพาะที่ควรระมัดระวังและพิจารณา ได้แก่

- ❖ ลักษณะการใช้พลังงานสูง รวมถึงมีการใช้พลังงานอย่างหลากหลาย ตัวอย่างเช่น ใช้เชื้อเพลิงหลากหลายชนิดในการเผาไหม้เป็นพลังงาน เช่น การนำเอาก๊าซเชื้อเพลิงที่เกิดจากกระบวนการผลิตนำกลับมาใช้ด้วย ซึ่งลักษณะการคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของเชื้อเพลิงต่างๆ เหล่านี้มีหลายวิธี โดยวิธีที่ดีที่สุดควรใช้ข้อมูลปฐมภูมิ ที่มีลักษณะการเก็บค่าองค์ประกอบของก๊าซเชื้อเพลิง และนำมาคำนวณตามวิธีการของ API compendium ซึ่งเป็นคู่มือการคำนวณของกลุ่มอุตสาหกรรมนี้โดยเฉพาะ ข้อควรระมัดระวังในการคำนวณการเผาไหม้นอกจากนี้ยังต้องระมัดระวังค่าความร้อนที่นำมาใช้ ให้เหมาะสมกับการคำนวณด้วย เช่น หากมีการอ้างอิงค่าการคำนวณจาก API มักจะอ้างอิงตามค่าความร้อนสูง (HHV) แต่หากมีการคำนวณการเผาไหม้โดยอ้างอิงการคำนวณตาม IPCC นั้นจะต้องอ้างอิงตามค่าความร้อนต่ำ (LHV)
- ❖ กลุ่มอุตสาหกรรมนี้มักจะมีระบบการผลิตไฟฟ้าเพื่อใช้เองภายในด้วย โดยเฉพาะอย่างยิ่ง อุตสาหกรรมการกลั่นแยก และอุตสาหกรรมปิโตรเคมีขั้นต้น ซึ่งในการคำนวณต่างๆ จะต้องพิจารณาอย่างระมัดระวังไม่ให้มีการนับซ้ำ เนื่องจากหากเป็นการผลิตเอง จะถูกนำไปคิดการเผาไหม้เชื้อเพลิงเป็น scope 1 และส่วนที่เป็นการซื้อจากภายนอกเข้ามานั้น จะไปอยู่ที่ scope 2
- ❖ หอเผาทิ้งในอุตสาหกรรมปิโตรเลียมและปิโตรเคมี หรือแฟลร์ (Flare) มีความสำคัญอย่างมาก เนื่องจากเป็นอุปกรณ์ความปลอดภัยที่สร้างความมั่นใจว่าการระบายและกำจัดก๊าซที่ระบอบอก (Flare Gas) ที่ถูกปล่อยออกจากระบบการผลิตจะถูกเผาไหม้อย่างสมบูรณ์เพื่อความปลอดภัย โดยเฉพาะอย่างยิ่งในกรณีที่มีความดันเกิดขึ้นในระบบการผลิตอย่างกะทันหันจากเหตุฉุกเฉิน เช่น ไฟฟ้าดับหรือกระบวนการผลิตขัดข้อง จำเป็นต้องมีการระบายความดัน

เป็นต้น การคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสำหรับหอเผาทั้งนั้น จำเป็นจะต้องถูกคำนวณ โดยต้องหาค่าประกอบของก๊าซที่ระบายออก (Flare Gas) ซึ่งในหลายกรณี สามารถทำการคำนวณโดยอาศัยองค์ประกอบของก๊าซที่อยู่ในระบบที่มีการเผาทั้ง และอาจมีการกำหนดปริมาณจากการทำดุลมวลสารในระบบ ซึ่งลักษณะการคำนวณของ Flare combustion ตาม API compendium นั้นจะกำหนดค่า default สำหรับการเผาไหม้ที่ร้อยละ 98 ซึ่งต่างจากการคำนวณ combustion อื่นๆ โดยต้องคำนวณการปล่อย CH_4 และ N_2O จากการเผาไหม้ด้วย

- ❖ กระบวนการเฉพาะสำหรับอุตสาหกรรมปิโตรเคมี ที่มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกมีหลายชนิดซึ่งจำเป็นต้องคำนึงถึง และทำการคำนวณให้ถูกต้อง ได้แก่ กระบวนการผลิตไฮโดรเจน กระบวนการแครกกิง กระบวนการผลิตเอทิลีน coke combustion FCCU (Fluid Catalytic Cracking Unit) กระบวนการ Amine Treating และหอดูดซับต่างๆ เป็นต้น เนื่องจากอุตสาหกรรมนี้เกี่ยวข้องกับองค์ประกอบ hydrocarbon เป็นหลัก ดังนั้นจึงมีความเป็นไปได้ที่จะมีแหล่งปล่อยก๊าซเรือนกระจกออกมาด้วยจากกระบวนการต่างๆ
- ❖ การรั่วซึมของถังเก็บต่างๆ ทั้งวัตถุดิบและผลิตภัณฑ์ จำเป็นต้องมีการพิจารณาด้วยว่ามีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกหรือไม่

7. เอกสารอ้างอิง

1) แนวทางการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กร : องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน).

2) Intergovernmental Panel on Climate Change. 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, 2006.

3) American Petroleum Institute (API). Compendium of Greenhouse Gas Emissions Estimation Methodologies for the Oil and Natural Gas Industry, 2009.





บทที่ 2

การประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ในกลุ่มอุตสาหกรรมซีเมนต์

ดร. ญัฐนี วรรณศ

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

1. บทนำ

อุตสาหกรรมซีเมนต์เป็นอุตสาหกรรมโครงสร้างพื้นฐานที่มีความสำคัญต่อการพัฒนาระบบเศรษฐกิจของประเทศ เมื่อภาคเศรษฐกิจโดยเฉพาะอย่างยิ่งภาคอุตสาหกรรมและธุรกิจการก่อสร้างในแต่ละประเทศมีแนวโน้มขยายตัวอย่างต่อเนื่อง จึงส่งผลให้ความต้องการใช้ปูนซีเมนต์เพิ่มสูงขึ้นตาม จากข้อมูลสถิติการผลิตซีเมนต์ของโลกในช่วงปี 2001 - 2013 ที่ผ่านมา พบว่าประเทศที่มีอัตราการเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจสูงอย่างประเทศจีนและอินเดียมีปริมาณการผลิตซีเมนต์สูงที่สุดในปี 2013 ถึง 2,359 ล้านตัน และ 272 ล้านตัน (Activity Report 2013 by CEMBUREAU: The European Cement Association, 2013) และเมื่อพิจารณาปริมาณความต้องการซีเมนต์ทั่วโลก พบว่ามีปริมาณเพิ่มสูงขึ้นจาก 1.83 พันล้านตัน ในปี 2002 เป็น 3.74 พันล้านตัน ในปี 2012 และมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นถึง 5.90 พันล้านตัน ในปี 2020 (the Global Cement Report, 2012)

สำหรับประเทศไทยมีการผลิตและมีการใช้ปูนซีเมนต์ค่อนข้างสูง โดยในปี 2557 ประเทศไทยมีปริมาณการผลิตปูนซีเมนต์สูงถึง 36.15 ล้านตัน

และมีปริมาณการส่งออกอยู่ที่ 6.85 ล้านตัน ซึ่งในกระบวนการต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับการผลิตปูนซีเมนต์ มีการใช้วัตถุดิบ เชื้อเพลิง และอื่นๆ รวมถึงมีการเกิดปฏิกิริยาเคมีซึ่งสามารถก่อให้เกิดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้

กระบวนการผลิตปูนซีเมนต์

ปูนซีเมนต์ เป็นวัสดุผงสีเทาที่มีองค์ประกอบของแคลเซียมออกไซด์หรือปูนขาว (CaO) ซิลิกอนไดออกไซด์หรือซิลิกา (SiO_2) อะลูมิเนียมออกไซด์หรืออะลูมินา (Al_2O_3) และออกไซด์ของเหล็ก (Fe_2O_3) ที่สามารถแข็งตัวได้เมื่อนำมาผสมกับน้ำ ซึ่งกรรมวิธีในการผลิตซีเมนต์แบ่งออกได้เป็น 2 ประเภทหลัก ได้แก่ กรรมวิธีการผลิตแบบเปียก (Wet process) และกรรมวิธีการผลิตแบบแห้ง (Dry process) ขึ้นอยู่กับปริมาณน้ำและความชื้นในเนื้อวัตถุดิบ และเมื่อพิจารณาวัตถุดิบที่มีอยู่ในประเทศรวมถึงการที่กรรมวิธีการผลิตแบบเปียกมีการใช้พลังงานค่อนข้างสูง ดังนั้น อุตสาหกรรมการผลิตซีเมนต์ที่มีอยู่ในประเทศไทยจึงมีแต่กรรมวิธีการผลิตแบบแห้ง โดยขั้นตอนการผลิตซีเมนต์ด้วยกรรมวิธีการผลิตแบบแห้งแบ่งออกเป็น 2 ส่วนหลัก ได้แก่ ส่วนของการผลิตปูนเม็ด และส่วนของการผลิตซีเมนต์ผง โดยขั้นตอนของการผลิตปูนเม็ดจะเริ่มต้นจาก

(1) การนำวัตถุดิบออกจากแหล่ง

ขั้นตอนนี้เกี่ยวข้องกับการนำวัตถุดิบออกจากแหล่งทั้งหมด โดยนับตั้งแต่กระบวนการทำเหมืองจนถึงการขนส่งวัตถุดิบที่ได้จากการทำเหมืองไปยังกระบวนการต่อไป ซึ่งวัตถุดิบหลักที่ใช้ในการผลิตปูนเม็ด ได้แก่ หินปูน หรือแคลเซียมคาร์บอเนต (CaCO_3) หินดินดาน (Shale) และดินเหนียว (Clay) ซึ่งวัตถุดิบเหล่านี้จะถูกนำไปผสมรวมกับวัสดุเหลือทิ้งต่างๆ ภายหลัง เพื่อให้วัตถุดิบมีองค์ประกอบของแร่ธาตุตามที่ต้องการ

(2) ขั้นตอนการเตรียมวัตถุดิบด้วยการบดหยาบ

ขั้นตอนนี้เริ่มจากการนำวัตถุดิบที่ได้จากการทำเหมืองมาทำการบดหยาบ เพื่อลดขนาดวัตถุดิบตามที่กำหนด ก่อนจะนำไปผสมกับวัตถุดิบอื่นๆ เพื่อควบคุมสัดส่วนของแร่ธาตุและองค์ประกอบทางเคมี

(3) ขั้นตอนการเตรียมวัตถุดิบด้วยการบดละเอียด

ขั้นตอนนี้เป็นการนำวัตถุดิบผสมที่ได้จากขั้นตอนที่ (2) ป้อนเข้าสู่หม้อบดวัตถุดิบ (Raw Mill) ที่ทำหน้าที่บด (Grinding) วัตถุดิบผสมให้กลายเป็นผงละเอียด ซึ่งจะถูกเรียกว่าวัตถุดิบสำเร็จหรือ Raw Meal และเมื่อผ่านการบดเรียบร้อยแล้ววัตถุดิบสำเร็จดังกล่าวจะถูกส่งไปจัดเก็บยังย้งผสมหรือไซโล เพื่อทำการผสมให้เป็นเนื้อเดียวกัน

(4) ขั้นตอนการเผาปูน/ผลิตปูนเม็ด

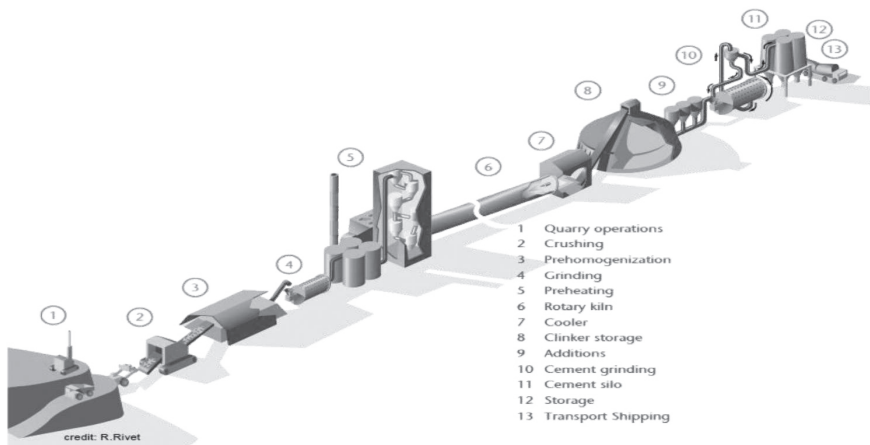
ขั้นตอนนี้เริ่มต้นจากการนำวัตถุดิบสำเร็จส่งผ่านชุดเพิ่มความร้อน (Preheater) เพื่อเพิ่มอุณหภูมิและไล่ความชื้นที่ยังคงเหลืออยู่ แล้วส่งต่อไปยังหม้อเผา (Kiln) โดยในช่วงแรกวัตถุดิบสำเร็จจะถูกให้ความร้อนจนอุณหภูมิเพิ่มสูงขึ้นถึง 600 - 800°C ซึ่งจะทำให้เกิดปฏิกิริยาที่เรียกว่า Calcination ที่ทำให้ CaCO_3 เกิดการแตกตัวออกเป็น CaO และ CO_2 และเมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้นถึง 1200 - 1450°C วัตถุดิบจะเริ่มหลอมเหลว แคลเซียมออกไซด์และซิลิกอนออกไซด์จะรวมตัวกันเป็นแคลเซียมซิลิเกต ซึ่งเป็นส่วนประกอบหลักของซีเมนต์ หลังจากนั้นความร้อนจะถูกระบายออกจากวัตถุดิบอย่างรวดเร็ว ซึ่งวัตถุดิบที่เย็นตัวจะเกิดการจับตัวเป็นเม็ดขนาดเล็กมีเส้นผ่านศูนย์กลางไม่เกิน 2.5 cm. เรียกว่าปูนเม็ดหรือ Clinker แล้วจะถูกเก็บไว้ที่ย้งเก็บ

(5) ขั้นตอนการผลิตซีเมนต์ผง

ขั้นตอนนี้เป็นขั้นตอนของการนำปูนเม็ด (Clinker) มาบดผสมกับ ยิปซัม (Gypsum) และส่วนผสมเพิ่มคุณสมบัติอื่นๆ เช่น ตะกรัน (Slag) เถ้าลอย (Fly ash) และหินปูน (Limestone) โดยส่วนใหญ่ จะอาศัยเครื่องบดแบบ Roller Press เพื่อให้ส่วนผสมมีขนาด เล็กลงก่อนที่จะถูกนำไปบดให้ละเอียดเป็นผงในหม้อบดซีเมนต์ (Cement Mill) โดยความละเอียดและอัตราส่วนระหว่างปูนเม็ด และส่วนผสมอื่นๆ ต้องเป็นไปตามที่กำหนด จากนั้นซีเมนต์ที่ได้ จะถูกเก็บไว้ในถังเก็บซีเมนต์ผง (Cement Silo)

(6) ขั้นตอนการบรรจุและการกระจายสินค้า

ขั้นตอนนี้เป็นขั้นตอนของการบรรจุและจัดส่งซีเมนต์ผงซึ่งจะถูก แบ่งออกเป็น 2 ลักษณะ คือ 1) การบรรจุและจัดส่งซีเมนต์ผง แบบคันรถหรือแบบบัลค์ (Bulk) ซึ่งซีเมนต์ผงจากไซโลจะถูกลำเลียง ลงสู่เต้าปูนของรถบรรทุกซีเมนต์ผงโดยตรง และ 2) การบรรจุ และจัดส่งซีเมนต์แบบถุง (Bag) ซึ่งซีเมนต์ผงจากไซโลจะถูก ลำเลียงเข้าเครื่องบรรจุซีเมนต์ลงถุง จากนั้นจึงลำเลียงซีเมนต์ บรรจุลงบนรถบรรทุกเพื่อจัดส่งต่อไป



รูปที่ 1 แผนภาพอย่างง่ายของเหมืองและโรงงานผลิตซีเมนต์ด้วยกรรมวิธีแบบแห้ง
(ที่มา: WBCSD, CSI, Safety in the Cement Industry: Guidelines for measuring and reporting, version 4.0)

เนื่องจากอุตสาหกรรมซีเมนต์เป็นอุตสาหกรรมที่มีการใช้วัตถุดิบจำพวกคาร์บอนेटและมีการใช้เชื้อเพลิงในปริมาณที่ค่อนข้างสูง จึงมีผลทำให้อุตสาหกรรมซีเมนต์กลายเป็นหนึ่งในอุตสาหกรรมที่มีปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่ค่อนข้างสูงตามไปด้วย ในกรณีของประเทศไทย จากการศึกษาการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในภาคอุตสาหกรรมปี 2011 (องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก, 2014) พบว่าอุตสาหกรรมซีเมนต์มีปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสูงที่สุดเมื่อเทียบกับอุตสาหกรรมประเภทอื่น โดยปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของอุตสาหกรรมซีเมนต์คิดเป็นสัดส่วนสูงถึงร้อยละ 56.7 ของปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งหมดในภาคอุตสาหกรรม ดังนั้นอุตสาหกรรมซีเมนต์จึงเป็นหนึ่งในอุตสาหกรรมเป้าหมายหลักในการบริหารจัดการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของประเทศ โดยการจัดทำคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กรก็เป็นกลยุทธ์หนึ่งที่จะนำไปสู่

การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก ซึ่งนอกจากจะช่วยให้องค์กรสามารถประเมินปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของตนเองอย่างมีระบบแล้ว การประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ในเชิงลึกยังสามารถแสดงให้เห็นถึงศักยภาพในการลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากแต่ละกิจกรรมได้อีกด้วย

2. แนวทางการจัดทำคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กร

2.1 การกำหนดขอบเขตองค์กร

ในการจัดทำคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กร ขั้นตอนที่ต้องดำเนินการเป็นอันดับแรก ได้แก่ การกำหนดองค์กรที่จะทำการประเมินให้ชัดเจน โดยองค์กรนั้นอาจจะหมายถึงทั้งเครือบริษัท หรืออาจเป็นเพียงหน่วยงานใดหน่วยงานหนึ่งของบริษัทก็ได้ ที่มีการบริหารและการดำเนินงานภายในตัวเอง ซึ่งเมื่อกำหนดองค์กรที่แน่ชัดเรียบร้อยแล้ว ขั้นตอนสำคัญถัดไปคือการกำหนดขอบเขตขององค์กร (Organization Boundaries) และการกำหนดขอบเขตการดำเนินงาน (Operational Boundaries) โดยการกำหนดขอบเขตขององค์กรนั้นก็เพื่อให้ทราบถึงขอบเขตว่าการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์จะพิจารณาครอบคลุมการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของหน่วยธุรกิจ (Business unit) อาคาร สิ่งปลูกสร้าง พื้นที่ หรือสิ่งอำนวยความสะดวกในส่วนใดบ้าง โดยการกำหนดขอบเขตในลักษณะนี้สามารถกำหนดได้โดยอาศัยแนวทางใดแนวทางหนึ่งใน 3 แนวทาง ได้แก่ การกำหนดขอบเขตจากการปันส่วนตามกรรมสิทธิ์ (Equity share) การถืออำนาจควบคุมทางการเงิน (Financial Control) และการถืออำนาจควบคุมทางการดำเนินงาน (Operational Control) โดยองค์กรแต่ละองค์กรในบริษัทหรือในเครือบริษัทเดียวกันจะต้องเลือกแนวทางในการกำหนดขอบเขตขององค์กรในลักษณะเดียวกัน เพื่อไม่ให้เกิดการนับซ้ำ (Double Counting) หรือการละเลย (Omission) แผลงปล่อยก๊าซเรือนกระจกใดๆ ขององค์กร ซึ่งโดยทั่วไปแล้วอุตสาหกรรมซีเมนต์ในประเทศไทยส่วนใหญ่จะอาศัยแนวทางการพิจารณาตามการควบคุมทางการเงิน

ดำเนินงาน เนื่องจากเป็นวิธีที่ง่าย ไม่ซับซ้อน และสะท้อนความเป็นจริงของ
กิจกรรมการดำเนินงานขององค์กรได้เป็นอย่างดี

ทั้งนี้ในการกำหนดขอบเขตขององค์กรตามอำนาจควบคุมการดำเนินงาน
องค์กรจะต้องทำการประเมินและรวบรวมปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก
จากกิจกรรมของทุกหน่วยธุรกิจ พื้นที่ และสิ่งอำนวยความสะดวกต่างๆ ที่อยู่
ภายใต้การควบคุมการดำเนินงานขององค์กร โดยไม่คำนึงถึงสัดส่วนความ
เป็นเจ้าของหรือสัดส่วนการลงทุนทางการเงิน ซึ่งขอบเขตขององค์กรที่อยู่ใน
ในอุตสาหกรรมซีเมนต์มักจะครอบคลุมพื้นที่ สิ่งปลูกสร้าง และสิ่งอำนวยความสะดวก
ต่างๆ ดังต่อไปนี้

- 1.1 เหมืองวัตถุดิบ หมายถึง พื้นที่เหมืองหินปูน เหมืองหินดินดาน
และเหมืองอื่นๆ พร้อมทั้งอาคาร เครื่องจักร และอุปกรณ์ที่ติดตั้ง
ในพื้นที่เหล่านั้น ที่องค์กรมีอำนาจในการควบคุมการดำเนินงาน
ซึ่งโดยทั่วไปจะสามารถระบุขอบเขตได้จากใบประทวนบัตร
หรือเอกสารตามกฎหมายที่องค์กรได้รับการอนุญาต
- 1.2 โรงงานผลิตซีเมนต์ หมายถึง พื้นที่ สิ่งปลูกสร้าง เครื่องจักร และ
อุปกรณ์ต่างๆ ที่ติดตั้งอยู่ในพื้นที่และสิ่งปลูกสร้างนั้น และองค์กร
มีอำนาจในการควบคุมการดำเนินงาน ซึ่งจะครอบคลุมทั้งในส่วน
ของการผลิตปูนเม็ด การผลิตซีเมนต์ผง การบรรจุและจัดเก็บ
สินค้า และส่วนสนับสนุนการผลิตอื่นๆ ซึ่งโดยทั่วไปจะพิจารณา
ขอบเขตตามใบอนุญาตประกอบกิจการโรงงาน (แบบ ร.ง.4)
หรือเอกสารตามกฎหมายอื่นๆ
- 1.3 อาคารสำนักงาน หมายถึง ส่วนของพื้นที่และอาคารสำนักงาน
รวมถึงอุปกรณ์ต่างๆ ที่ติดตั้งไว้ในพื้นที่หรืออาคารสำนักงานนั้น
และองค์กรมีอำนาจในการควบคุมการดำเนินงาน โดยทั่วไปจะ
พิจารณาขอบเขตตามเอกสารทะเบียนบ้าน โฉนด ใบอนุญาต
ก่อสร้าง/ต่อเติมอาคาร หรือเอกสารตามกฎหมายอื่นๆ

- 1.4 อาคารบริการต่างๆ หมายถึง ส่วนของพื้นที่และอาคารบริการอื่นๆ รวมถึงเครื่องจักรและอุปกรณ์ที่มีการติดตั้งไว้ในพื้นที่และอาคารเหล่านั้น ที่นอกเหนือไปจากที่ถูกนับรวมไว้ในส่วนของโรงงานผลิตซีเมนต์และอาคารสำนักงาน และองค์กรมีอำนาจในการควบคุมการดำเนินงาน ซึ่งโดยทั่วไปจะพิจารณาตามใบอนุญาตก่อสร้าง/ต่อเติมอาคาร หรือเอกสารตามกฎหมายอื่นๆ
- 1.5 บ้านพัก หมายถึง พื้นที่และสิ่งปลูกสร้างในลักษณะของที่อยู่อาศัย รวมถึงอุปกรณ์ที่มีการติดตั้งไว้ในพื้นที่และอาคารเหล่านั้นทั้งหมด และองค์กรมีอำนาจในการควบคุมการดำเนินงาน ซึ่งโดยทั่วไปจะพิจารณาขอบเขตโดยอาศัยเอกสารทะเบียนบ้าน โฉนด ใบอนุญาตก่อสร้าง/ต่อเติมอาคาร หรือเอกสารตามกฎหมายอื่นๆ
- 1.6 พื้นที่สาธารณะและอื่นๆ หมายถึง พื้นที่และสิ่งปลูกสร้าง รวมถึงเครื่องจักรและอุปกรณ์ที่มีการติดตั้งไว้ในพื้นที่และสิ่งปลูกสร้างเหล่านั้นที่นอกเหนือไปจากที่ถูกนับรวมไว้ในส่วนใดส่วนหนึ่งตามข้อ 1.1 - 1.5 และองค์กรมีอำนาจในการควบคุมการดำเนินงาน ซึ่งโดยทั่วไปมักจะพิจารณาขอบเขตโดยอาศัยโฉนด ใบอนุญาตก่อสร้าง/ต่อเติมอาคาร หรือเอกสารตามกฎหมายอื่นๆ
- 1.7 ยานพาหนะ หมายถึง ยานพาหนะและเครื่องจักรที่มีการเคลื่อนที่ทุกประเภทที่อยู่ภายใต้การควบคุมการดำเนินงานขององค์กร ซึ่งยังไม่ได้มีการระบุไว้ตามข้อ 1.1 - 1.6 โดยพิจารณาครอบคลุมทั้งในส่วนที่องค์กรเป็นเจ้าของและในส่วนที่องค์กรเช่าหาระยะยาว ซึ่งโดยทั่วไปจะพิจารณาตามเอกสารทะเบียนรถ สัญญาเช่าซื้อ/เช่าเหมา หรือเอกสารตามกฎหมายอื่นๆ
- 1.8 อื่นๆ หมายถึง พื้นที่ สิ่งปลูกสร้าง เครื่องจักร อุปกรณ์ และสิ่งอำนวยความสะดวกอื่นๆ ที่อยู่ภายใต้การควบคุมการดำเนินงานขององค์กรทั้งหมด แต่ยังไม่ได้มีการระบุไว้ตามข้อ 1.1 - 1.7

เมื่อทำการกำหนดขอบเขตขององค์กรเป็นที่เรียบร้อยแล้ว ขั้นตอนถัดไปคือการกำหนดขอบเขตการดำเนินงาน (Operational Boundaries) ซึ่งได้แก่การกำหนดขอบเขตของการประเมินปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่จะครอบคลุมกิจกรรมหรือแหล่งปล่อยก๊าซเรือนกระจกใดบ้างภายในขอบเขตขององค์กรที่กำหนดไว้ เนื่องจากตามปกติแล้วองค์กรมีกิจกรรมมากมายที่ล้วนแล้วสามารถก่อให้เกิดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้ไม่ว่าจะเป็นทางตรงหรือทางอ้อม และก๊าซเรือนกระจกที่ปล่อยออกมาจากกิจกรรมเหล่านั้นก็แตกต่างกันไป โดยในปัจจุบันการจัดทำคาร์บอนฟุตพริ้นท์ในระดับองค์กรจะต้องพิจารณาให้ครอบคลุมกิจกรรมหรือแหล่งที่มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในกลุ่มของคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) มีเทน (CH_4) ไนตรัสออกไซด์ (N_2O) ไฮโดรฟลูออโรคาร์บอน (HFCs) เพอฟลูออโรคาร์บอน (PFCs) ซัลเฟอร์เฮกซะฟลูออไรด์ (SF_6) และไนโตรเจนไตรฟลูออไรด์ (NF_3) เป็นอย่างน้อย ซึ่งกิจกรรม/แหล่งปล่อยก๊าซเรือนกระจกต่างๆ เหล่านี้จะถูกจำแนกออกเป็น 3 ประเภทด้วยกัน คือ แหล่งปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางตรง (Direct GHG Emissions) แหล่งปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางอ้อมจากการใช้พลังงาน (Energy Indirect GHG Emissions) และแหล่งปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางอ้อมอื่นๆ (Other Indirect GHG Emissions) ดังแสดงรายละเอียดด้านล่าง ซึ่งการกำหนดขอบเขตการดำเนินงานจะเป็นการกำหนดว่าในการจัดทำคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กรนั้น จะดำเนินการครอบคลุมกิจกรรม/แหล่งปล่อยก๊าซเรือนกระจกประเภทใดบ้าง

(1) แหล่งปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางตรง (Direct GHG Emissions)

แหล่งปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางตรง หรือที่เรียกว่า แหล่งปล่อยก๊าซเรือนกระจกประเภทที่ 1 ได้แก่ แหล่งหรือกิจกรรมที่อยู่ภายใต้การควบคุมการดำเนินงานขององค์กรที่มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกออกมาโดยตรง เช่น การเผาไหม้เชื้อเพลิงในหม้อไอน้ำ เตาเผา ยานพาหนะที่องค์กรเป็นผู้ควบคุมการดำเนินงาน การเกิดปฏิกิริยาเคมีในอุปกรณ์หรือกระบวนการต่างๆ

ที่องค์กรเป็นผู้ดำเนินการ การย่อยสลายของอินทรีย์วัตถุที่เกิดขึ้นในที่ และการใช้/การรั่วซึมของก๊าซเรือนกระจกจากอุปกรณ์หรือเครื่องจักรที่อยู่ภายใต้ การควบคุมการดำเนินงานขององค์กร

(2) แหล่งปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางอ้อมจากการใช้พลังงาน (Energy Indirect GHG Emissions)

แหล่งปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางอ้อมจากการใช้พลังงาน หรือ แหล่งปล่อยก๊าซเรือนกระจกในประเภทที่ 2 ได้แก่ แหล่งหรือกิจกรรมที่อยู่ ภายใต้การควบคุมการดำเนินงานขององค์กรที่มีการใช้พลังงานซึ่งนำเข้ามาจาก หน่วยงานที่อยู่ภายนอกขอบเขตที่กำหนดไว้ ซึ่งในการผลิตพลังงานเหล่านี้ ก่อให้เกิดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก แต่ไม่ได้อยู่ภายใต้การควบคุมขององค์กร เช่น การใช้ไฟฟ้าจากระบบสายส่งของประเทศในอุปกรณ์/เครื่องจักรที่องค์กร เป็นผู้ควบคุมการดำเนินงาน โดยรูปแบบของพลังงานที่พิจารณาในกรณีนี้ จะครอบคลุมทั้งพลังงานไฟฟ้า (Electricity) พลังงานความร้อน (Heat) ไอน้ำ (Steam) และน้ำหล่อเย็น (Chilled water)

(3) แหล่งปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางอ้อมอื่นๆ (Other Indirect GHG Emissions)

แหล่งปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางอ้อมอื่นๆ หรือแหล่งปล่อยก๊าซ เรือนกระจกประเภทที่ 3 ได้แก่ การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากแหล่งอื่นๆ นอกจากที่ระบุไว้ในข้อ (1) และ (2) ซึ่งการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในกลุ่มนี้ เป็นผลจากการดำเนินกิจกรรมขององค์กร แต่องค์กรไม่ได้มีอำนาจควบคุม การดำเนินงานของแหล่งปล่อยก๊าซ เช่น การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจาก กระบวนการผลิตวัตถุดิบที่องค์กรซื้อเพื่อนำมาใช้ในกิจกรรมขององค์กร การขนส่งวัตถุดิบขององค์กรโดยยานพาหนะที่องค์กรไม่ได้มีอำนาจควบคุมการ ดำเนินงาน

อย่างไรก็ตาม เมื่อพิจารณาตามข้อกำหนดต่างๆ แล้วองค์กรจะต้องทำการประเมินปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกให้ครอบคลุมแหล่งปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งหมดที่อยู่ในประเภทที่ 1 และประเภทที่ 2 เป็นอย่างน้อย ส่วนการประเมินแหล่งปล่อยก๊าซเรือนกระจกประเภทที่ 3 ขึ้นอยู่กับความสนใจขององค์กร โดยตัวอย่างของกิจกรรมหรือแหล่งปล่อยก๊าซเรือนกระจกในแต่ละประเภทที่เกี่ยวข้องกับอุตสาหกรรมซีเมนต์ มีดังนี้

2.2 กิจกรรมที่มีการปล่อยและดูดกลับก๊าซเรือนกระจก

กิจกรรมหรือแหล่งปล่อยก๊าซเรือนกระจกในแต่ละประเภทที่เกี่ยวข้องกับอุตสาหกรรมซีเมนต์จะขึ้นอยู่กับขอบเขตขององค์กรที่กำหนดไว้ ซึ่งโดยทั่วไป กิจกรรมหรือแหล่งปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่พบในกรณีที่ขอบเขตขององค์กรครอบคลุมทั้งในส่วนของเหมือง โรงงานผลิตและจ่ายซีเมนต์ อาคารสำนักงาน บ้านพัก และพื้นที่ต่างๆ จะประกอบไปด้วย

1. แหล่งปล่อยก๊าซเรือนกระจกประเภทที่ 1: การปล่อยและดูดกลับก๊าซเรือนกระจกทางตรง
 - 1.1 การเกิดปฏิกิริยา Calcination ของวัตถุดิบที่ป้อนเข้าสู่หม้อเผาปูนที่อยู่ภายใต้การควบคุมการดำเนินงานขององค์กร
 - 1) กระบวนการ Calcination ของ Clinker
 - 2) กระบวนการ Calcination ของ Bypass Dust
 - 3) กระบวนการ Calcination ของ Cement Kiln Dust
 - 1.2 การเผาไหม้ Organic Carbon ในวัตถุดิบที่ป้อนเข้าสู่หม้อเผาปูนที่อยู่ภายใต้การควบคุมการดำเนินงานขององค์กร
 - 1.3 การเผาไหม้เชื้อเพลิงที่ป้อนเข้าสู่หม้อเผาปูนที่อยู่ภายใต้การควบคุมการดำเนินงานขององค์กร

- 1.4 การเผาไหม้เชื้อเพลิงในอุปกรณ์/เครื่องจักร/อื่นๆ ที่นอกเหนือไปจากหม้อเผาปูนที่อยู่ภายใต้การควบคุมการดำเนินงานขององค์กร
 - 1) การเผาไหม้เชื้อเพลิงที่ผสมอยู่ในวัฏระเบิด
 - 2) การเผาไหม้เชื้อเพลิงในอุปกรณ์และเครื่องจักรอื่นๆ ที่ตั้งอยู่กับที่
 - 3) การเผาไหม้เชื้อเพลิงในอุปกรณ์และเครื่องจักรที่มีการเคลื่อนที่
 - 4) การเผาไหม้เชื้อเพลิงในยานพาหนะ
- 1.5 การใช้และการรั่วซึมของก๊าซเรือนกระจกในอุปกรณ์/เครื่องจักร/กระบวนการที่อยู่ภายใต้การควบคุมการดำเนินงานขององค์กร
 - 1) การรั่วซึมของสารทำความเย็นจากระบบทำความเย็น/ระบบปรับอากาศ
 - 2) การรั่วซึมของ SF₆ จากระบบและอุปกรณ์ทางไฟฟ้า
 - 3) การรั่วซึมของก๊าซมีเทนจากกระบวนการสำรองจัดเก็บและจัดการถ่านหิน
 - 4) การใช้คาร์บอนไดออกไซด์ในสารดับเพลิงและในกระบวนการผลิต
- 1.6 การเกิดก๊าซมีเทนจากบ่อพักน้ำทิ้งและระบบ Septic Tank ที่อยู่ภายใต้การควบคุมการดำเนินงานขององค์กร
- 1.7 การใช้ปุ๋ยและปูนขาวดูแลพื้นที่สีเขียวที่อยู่ภายใต้การควบคุมการดำเนินงานขององค์กร
- 1.8 การรั่วซึมของไอเชื้อเพลิงจากถังที่ใช้ในการกักเก็บเชื้อเพลิงที่อยู่ภายใต้การควบคุมการดำเนินงานขององค์กร

2. แหล่งปล่อยก๊าซเรือนกระจกประเภทที่ 2: การปล่อยและดูดกลับก๊าซเรือนกระจกทางอ้อมจากการใช้พลังงาน
 - 2.1 การซื้อไฟฟ้าจากหน่วยงานภายนอกขอบเขตขององค์กร เช่น การซื้อไฟฟ้าจากระบบสายส่งของประเทศและการซื้อไฟฟ้าจากโรงไฟฟ้าขององค์กรอื่น
 - 2.2 การซื้อความร้อนจากหน่วยงานภายนอกขอบเขตขององค์กร เช่น การซื้อลมร้อน/ไอน้ำจากโรงงานหรือกระบวนการผลิตขององค์กรอื่น
3. แหล่งปล่อยก๊าซเรือนกระจกประเภทที่ 3: การปล่อยและดูดกลับก๊าซเรือนกระจกทางอ้อมอื่นๆ
 - 3.1 การขนส่งเชื้อเพลิงโดยยานพาหนะที่องค์กรไม่ได้มีอำนาจในการควบคุมดูแล
 - 3.2 การขนส่งวัตถุดิบโดยยานพาหนะที่องค์กรไม่ได้มีอำนาจในการควบคุมดูแล
 - 3.3 การขนส่งผลิตภัณฑ์โดยยานพาหนะที่องค์กรไม่ได้มีอำนาจในการควบคุมดูแล
 - 3.4 การเดินทางไป - กลับระหว่างบ้านและที่พักของพนักงานในองค์กรโดยยานพาหนะที่องค์กรไม่ได้มีอำนาจในการควบคุมดูแล
 - 3.5 การเดินทางธุรกิจของพนักงานในองค์กรโดยยานพาหนะที่องค์กรไม่ได้มีอำนาจในการควบคุมดูแล
 - 3.6 การใช้วัตถุดิบที่องค์กรไม่ได้ผลิตเอง
 - 3.7 การใช้วัสดุ/สารเคมีที่องค์กรไม่ได้ผลิตเอง
 - 3.8 การใช้กระดาษที่องค์กรไม่ได้ผลิตเอง
 - 3.9 การใช้น้ำที่องค์กรไม่ได้ผลิตเอง

โดยองค์กรจะต้องทำการกำหนดช่วงระยะเวลาในการติดตามผลการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของแต่ละกิจกรรมข้างต้นให้ครอบคลุมช่วงระยะเวลา 12 เดือน แต่ทั้งนี้องค์กรสามารถกำหนดช่วงระยะเวลาในการประเมินเองได้ แต่ช่วงเวลาดังกล่าวจะต้องมีความสอดคล้องกันในการดำเนินงานในแต่ละปี

3. แนวทางการประเมินปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก

การประเมินปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสามารถทำได้หลายวิธี แต่โดยส่วนใหญ่อุตสาหกรรมซีเมนต์มักจะเลือกใช้วิธีการประเมิน 2 วิธีด้วยกัน ได้แก่ (1) การคำนวณปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกโดยอาศัยข้อมูลกิจกรรมร่วมกับค่า Emission Factor (EF) และ (2) การคำนวณปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกตามสมดุลเคมีภายใต้ปฏิกิริยาเคมีที่เกิดขึ้นในกระบวนการต่างๆ ซึ่งตัวอย่างแนวทางในการประเมินปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของแต่ละกิจกรรมที่มีการยกตัวอย่างในหัวข้อที่ผ่านมา มีดังต่อไปนี้

3.1 การประเมินปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกโดยตรง

ในกรณีของแหล่งปล่อยก๊าซเรือนกระจกโดยตรง หรือแหล่งปล่อยก๊าซเรือนกระจกประเภทที่ 1 ซึ่งการรายงานปริมาณการปล่อยก๊าซจะต้องรายงานแยกตามชนิดของก๊าซ การประเมินจะเริ่มจากการคำนวณหาปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกแต่ละชนิดในหน่วยตัน (ton) แล้วจึงทำการเปลี่ยนปริมาณดังกล่าวให้อยู่ในหน่วยของตันเทียบเท่าคาร์บอนไดออกไซด์ (ton CO₂e) โดยอาศัยค่าศักยภาพในการทำให้เกิดโลกร้อน (Global Warming Potential: GWP₁₀₀) ของก๊าซเรือนกระจกชนิดต่างๆ ซึ่งในปัจจุบันโดยทั่วไปจะอ้างอิงจาก IPCC Fourth Assessment Report, 2007

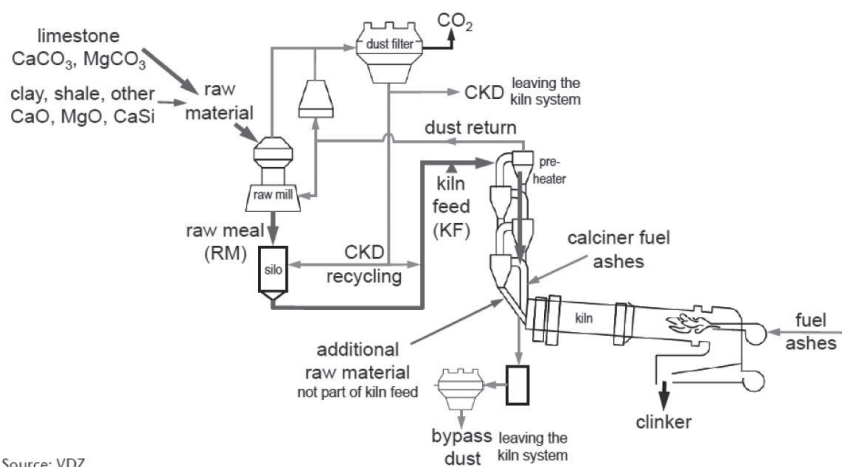
3.1.1 การเกิดปฏิกิริยา Calcination

ในกระบวนการผลิตปูนเม็ด วัตถุดิบสำเร็จ (Raw Meal) ซึ่งมี หินปูน (CaCO_3) และแมกนีไซต์หรือโดโลไมต์ (MgCO_3) เป็นองค์ประกอบหลัก จะถูกนำไปบดละเอียดแล้วนำไปให้ความร้อนจนกระทั่งเกิดปฏิกิริยา Calcination ขึ้น โดยระหว่างกระบวนการ Calcination ดังกล่าว CaCO_3 และ MgCO_3 จะถูก เปลี่ยนเป็น CaO และ MgO ตามลำดับ ซึ่งปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นส่งผลให้เกิดการปล่อย CO_2 ออกมาสู่บรรยากาศ ดังแสดงในปฏิกิริยาที่ 1 - 2



โดยการคำนวณปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เกิดจาก ปฏิกิริยา Calcination ดังสมการข้างต้นสามารถทำได้ 2 วิธีหลักคือ (1) คำนวณโดยอาศัยข้อมูลรายละเอียดของวัตถุดิบที่ป้อนเข้าสู่หม้อเผา ที่เรียกว่า Input method และ (2) คำนวณโดยอาศัยข้อมูลรายละเอียดของ ผลิตภัณฑ์ที่ออกมาจากหม้อเผาที่เรียกว่า Output method ซึ่งตามหลักการ แล้วไม่ว่าจะใช้วิธีใดในการคำนวณ ผลที่ได้ก็จะมีค่าเท่ากัน แต่เนื่องจาก ตามปกติแล้วข้อมูลที่องค์กรในอุตสาหกรรมซีเมนต์ส่วนใหญ่มีการเก็บรวบรวม และมีการตรวจสอบความถูกต้องอย่างเหมาะสม มักจะเป็นข้อมูลในด้าน ของผลิตภัณฑ์ ดังนั้นวิธีการที่องค์กรส่วนใหญ่มักจะเลือกใช้คือวิธีการที่ (2) ซึ่งวิธีในการประเมินปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เกิดจากปฏิกิริยา Calcination ขององค์ประกอบคาร์บอนที่อยู่ในวัตถุดิบ สามารถอ้างอิงจาก วิธีการ Output method ใน 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories (updated January, 2013) และ CO_2 and Energy Accounting and Reporting Standard for the Cement Industry (updated May, 2011) ของ World Business Council for Sustainable Development (WBCSD)

เมื่อพิจารณาวัตถุดิบที่ป้อนเข้าสู่ระบบของหม้อเผาปูนซีเมนต์ เมื่อผ่านกระบวนการต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง พบว่า Output ที่ออกมาจากระบบของหม้อเผาปูนซีเมนต์จะสามารถแบ่งออกได้เป็น 3 ส่วน ได้แก่ (1) Clinker (2) Cement Kiln Dust: CKD และ (3) Bypass Dust ดังแสดงในรูปที่ 2



Source: VDZ

รูปที่ 2 Input และ Output ที่เข้าและออกจากระบบหม้อเผาปูนซีเมนต์
ที่มา: CO₂ and Energy Accounting and Reporting Standard
for the Cement Industry

โดยการคำนวณปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เกิดจากปฏิกิริยา Calcination จะต้องพิจารณาการเกิดปฏิกิริยาที่ทำให้ได้ Output ทั้ง 3 ส่วนนี้ แต่ทั้งนี้หากมี CKD หรือ Bypass dust ถูกป้อนกลับเข้าไปเป็นวัตถุดิบให้กับระบบในการคำนวณจะไม่นับรวมปฏิกิริยาเคมีของ CKD และ Bypass dust ดังกล่าว

ปริมาณการปล่อย CO₂ จากปฏิกิริยา Calcination ของ Clinker

ตามหลักการของ IPCC และ WBSCD ก๊าซ CO₂ ที่เกิดจากปฏิกิริยา Calcination ขององค์ประกอบคาร์บอนในวัตถุดิบจะเป็นไปตามปฏิกิริยา (1) และ (2) ดังนั้นหากทราบปริมาณ CaO และ MgO ที่มีอยู่ใน Clinker ทั้งหมด ก็จะหาปริมาณการปล่อย CO₂ ได้จากการคูณสมการเคมี โดยอาศัยน้ำหนักโมเลกุลของสารแต่ละชนิด ดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 มวลโมเลกุลของสารที่แสดงในปฏิกิริยาที่ (1) และ (2)

สาร	มวลโมเลกุล	สาร	มวลโมเลกุล
CaCO ₃	100.1 kg/kmol	MgO	40.3 kg/kmol
MgCO ₃	84.3 kg/kmol	CO ₂	44 kg/kmol
CaO	56.1 kg/kmol	C	12 kg/kmol

ซึ่งจากการคูณสมการเคมีในปฏิกิริยา (1) และ (2) โดยอาศัยมวลโมเลกุลดังแสดงในตาราง 1 พบว่าทุก 1 kg ของ CaO และ MgO จะก่อให้เกิดก๊าซ CO₂ เท่ากับ 44/56.1 kg และ 44/40.3 kg ตามลำดับ โดยทั้งนี้สัดส่วนของ CaO และ MgO ของ Clinker ที่นำมาพิจารณาจะต้องมีการหักลบสัดส่วนของ CaO และ MgO ที่มีอยู่ในวัตถุดิบอยู่แล้วตั้งแต่ก่อนการป้อนเข้าสู่หม้อเผา หรือที่เรียกว่า Free Cao และ Free MgO ตามลำดับออกก่อน โดยสมการในการประเมินปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากปฏิกิริยา Calcination ของ Clinker เป็นดังนี้

$$\begin{aligned} \text{CO}_{2,\text{Clinker}} (\text{ton/month}) &= \frac{\text{Clinker production (ton/month)} \times \% \text{CaO} \times 44}{56.1 \times 100} \quad (\text{สมการ 1}) \\ &+ \frac{\text{Clinker production (ton/month)} \times \% \text{MgO} \times 44}{40.3 \times 100} \end{aligned}$$

อย่างไรก็ตามหากองค์กรไม่มีผลการตรวจวัดสัดส่วนของ CaO และ MgO ที่น่าเชื่อถือ IPCC และ WBCSD ได้กำหนดค่า Default สำหรับค่า Emission Factor ของ Clinker (EF_{Cl}) ไว้เท่ากับ $510 \text{ kgCO}_2/\text{tonClinker}$ และ $525 \text{ kgCO}_2/\text{tonClinker}$ ตามลำดับ ซึ่งในกรณีนี้ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากปฏิกิริยา Calcination ของ Clinker สามารถหาได้จากสมการ

$$CO_{2, \text{Clinker}} (\text{ton/month}) = \frac{\text{Clinker production (ton/month)} \times EF_{Cl} (\text{kgCO}_2/\text{ton}_{Cl})}{1000} \quad (\text{สมการ 2})$$

ปริมาณการปล่อย CO_2 จากปฏิกิริยา Calcination ของ Bypass Dust

จากหลักการของ IPCC และ WBCSD การประเมินปริมาณการปล่อย CO_2 ที่เกิดจากการเกิดปฏิกิริยา Calcination ของ Bypass dust ที่ออกจากระบบของหม้อเผาปูนสามารถคำนวณได้โดยอาศัย ค่าปริมาณฝุ่น Bypass dust ที่ออกจากระบบกับ Emission Factor ซึ่งโดยทั่วไปแล้ว Bypass dust ที่ออกจากระบบจะเกิดปฏิกิริยา Calcination โดยสมบูรณ์ และมีค่า Emission Factor เท่ากับ Emission Factor ของ Clinker โดยหากทราบค่าปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งหมดที่เกิดจากปฏิกิริยา Calcination ของ Clinker ที่ผลิตได้ในแต่ละเดือน จะสามารถหาค่า Emission Factor ของ Clinker ได้ดังสมการ

$$EF_{Cl} (\text{kgCO}_2/\text{ton}_{Cl}) = \frac{CO_2 \text{ emission (kg/month)}}{\text{Clinker production (ton/month)}} \quad (\text{สมการ 3})$$

ปริมาณการปล่อย CO₂ จากปฏิกิริยา Calcination ของ Bypass dust (CO_{2,BD}) หาได้จาก

$$\text{CO}_{2,\text{BD}} \text{ (ton/month)} = \frac{\text{Bypassdust volume (ton/month)} \times \text{EF}_{\text{Cl}} \text{ (kgCO}_2\text{/ton)}}{1000} \quad (\text{สมการ 4})$$

ปริมาณการปล่อย CO₂ จากปฏิกิริยา Calcination ของ CKD

สำหรับการประเมินปริมาณการปล่อย CO₂ จากปฏิกิริยา Calcination ในส่วนของ CKD (CO_{2,CKD}) สามารถหาได้จาก

$$\text{CO}_{2,\text{CKD}} \text{ (ton/month)} = \frac{\text{CKD volume (ton/month)} \times \text{EF}_{\text{CKD}} \text{ (kgCO}_2\text{/ton)}}{1000} \quad (\text{สมการ 5})$$

โดย WBSCD ได้กำหนดสมการที่ใช้ในการคำนวณค่าแฟกเตอร์การปล่อยก๊าซของปฏิกิริยา Calcination ของ CKD (EF_{CKD}) ดังนี้

$$\text{EF}_{\text{CKD}} \text{ (kgCO}_2\text{/ton)} = \frac{\frac{\text{EF}_{\text{Clin}}}{1+\text{EF}_{\text{Cl}}} \times d}{1 - \frac{\text{EF}_{\text{Clin}}}{1+\text{EF}_{\text{Cl}}} \times d} \quad (\text{สมการ 6})$$

เมื่อ d หมายถึง Calcination rate หากองค์กรไม่มีข้อมูลในส่วนนี้ WBSCD ได้กำหนดค่า default สำหรับกรณีของ Dry process kilns และกรณีของ Half dry หรือ Half wet หรือ Wet Kiln ไว้ให้ค่าเท่ากับ 0 และ 1 ตามลำดับ

ในกรณีที่หม้อเผาปูนซีเมนต์ขององค์กรเป็นแบบ Dry process kiln ซึ่งค่า d มีค่าเท่ากับศูนย์ ค่า EF_{CKD} จึงมีค่าเท่ากับศูนย์ไปด้วย ซึ่งมีผลทำให้ในกรณีนี้ถึงแม้จะมีการปล่อย CKD ออกจากระบบของหม้อเผาปูนซีเมนต์ แต่ปริมาณการปล่อยก๊าซ CO_2 ในส่วนนี้ก็จะมามีค่าเท่ากับศูนย์

หมายเหตุ CKD ที่นำมาคำนวณจะครอบคลุมเฉพาะ CKD ที่ปล่อยออกมาจากระบบเท่านั้น ไม่นับรวมที่ป้อนกลับไปเป็นวัตถุดิบ

3.1.2 กระบวนการเผาไหม้ Organic Carbon

วัตถุดิบที่ป้อนเข้าสู่หม้อเผาปูนซีเมนต์นอกจากจะประกอบไปด้วย วัตถุดิบจำพวกคาร์บอนเตแล้ว ยังประกอบไปด้วยวัตถุดิบที่มีองค์ประกอบของ Organic Carbon ซึ่ง Carbon ในส่วนดังกล่าวจะเกิดการเผาไหม้ในหม้อเผาปูนซีเมนต์เกือบทั้งหมด โดยสัดส่วนของ Organic Carbon ที่อยู่ในวัตถุดิบ โดยทั่วไปจะอยู่ในช่วง 0.1 - 0.3% (dry weight) ขึ้นอยู่กับชนิดของวัตถุดิบ และแหล่งวัตถุดิบที่ใช้ ทั้งนี้ WBCSD ได้กำหนดค่า Default value ของ สัดส่วน Organic carbon ในวัตถุดิบไว้ที่ 0.2% หรือ 2 kg ต่อตันของวัตถุดิบ (Raw meal)

ดังนั้นหากทราบปริมาณการผลิต Clinker และสัดส่วนการใช้ วัตถุดิบต่อตันของ Clinker (Raw Meal: Clinker) ก็จะสามารถหาปริมาณ ของ Organic carbon ที่อยู่ในวัตถุดิบได้ ซึ่งหากองค์กรไม่มีการเก็บรวบรวม ข้อมูลของค่า Raw meal: Clinker ไว้ WBCSD ได้มีการกำหนดค่า default ของสัดส่วนดังกล่าวให้มีค่าเท่ากับ 1.55

โดยปริมาณ Organic carbon ทั้งหมดที่มีอยู่ในวัตถุดิบ (Total Organic Carbon: TOC) สามารถหาได้จาก

$$TOC_{(ton)} = \frac{Clinker\ production\ (ton) \times Raw\ meal: Clinker \times 0.2}{100} \quad (สมการ\ 7)$$

และปริมาณการปล่อย CO₂ จากการเผาไหม้ TOC จะเป็นไปตามปฏิกิริยาเคมี



ดังนั้นหากสมมติให้ TOC ที่มีอยู่ในวัตถุดิบเกิดการเผาไหม้ทั้งหมด เมื่อทำการดุลสมการเคมีโดยอาศัยมวลโมเลกุลตามตารางที่ 1 พบว่าในแต่ละตันของ TOC จะก่อให้เกิด CO₂ ในปริมาณ 44/12 ตัน

3.1.3 กระบวนการเผาไหม้เชื้อเพลิงสำหรับหม้อเผาปูนซีเมนต์

การประเมินปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงสำหรับหม้อเผาปูนซีเมนต์ (Kiln Fuel) ทำโดยการอาศัยข้อมูลปริมาณการใช้เชื้อเพลิง (FC_i) ค่าความร้อนของเชื้อเพลิง (HV_i) และ ค่า Emission Factor ของการเผาไหม้เชื้อเพลิง (EF_i) แยกตามรายชนิดของเชื้อเพลิง และนำมาคำนวณตามสมการ

$$CO_{2,i} \text{ (ton/month)} = FC_i \text{ (ton/month)} \times \frac{HV_i \text{ (GJ/ton)}}{1000} \times \frac{EF_{CO_{2,i}} \text{ (kgCO}_2\text{/TJ)}}{1000} \quad (\text{สมการ 8})$$

$$CH_{4,i} \text{ (ton/month)} = FC_i \text{ (ton/month)} \times \frac{HV_i \text{ (GJ/ton)}}{1000} \times \frac{EF_{CH_{4,i}} \text{ (kgCH}_4\text{/TJ)}}{1000} \quad (\text{สมการ 9})$$

$$N_2O_i \text{ (ton/month)} = FC_i \text{ (ton/month)} \times \frac{HV_i \text{ (GJ/ton)}}{1000} \times \frac{EF_{N_2O,i} \text{ (kgN}_2\text{O/TJ)}}{1000} \quad (\text{สมการ 10})$$

โดยข้อมูลปริมาณการใช้เชื้อเพลิงและค่าความร้อนของเชื้อเพลิงเป็นค่าที่ได้จากการตรวจวัดขององค์กร ในขณะที่ค่า Emission Factor ของ

การเผาไหม้เชื้อเพลิงที่ใช้ในการประเมินสามารถอ้างอิงจาก 2006 IPCC Guidelines ซึ่งจากการที่หม้อเผาปูนซีเมนต์เป็นอุปกรณ์/เครื่องจักรในอุตสาหกรรมที่ตั้งอยู่กับที่ ดังนั้นค่าที่ใช้สามารถอ้างอิงได้ตามตารางที่ 2.3 ของ Chapter 2: Stationary Combustion, Volume 2: Energy, p.2.18 - 2.19

ทั้งนี้ตามข้อกำหนดของแนวทางการประเมินปริมาณการปล่อย/ดูดกลับก๊าซเรือนกระจกเพื่อขอการรับรองจากองค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก ได้มีการกำหนดให้แยกการประเมินปริมาณการปล่อย CO₂ จากการเผาไหม้เชื้อเพลิงในกลุ่มของเชื้อเพลิงชีวมวล (Biomass) ดังนั้นในการประเมินปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เกิดจากการเผาไหม้ชีวมวลเพื่อรวมไว้ในส่วนของการประเมินปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากแหล่งปล่อยก๊าซประเภทที่ 1 จะพิจารณาเฉพาะปริมาณการปล่อย CH₄ และ N₂O เท่านั้น

และเมื่อประเมินปริมาณการปล่อยก๊าซแต่ละชนิดแยกตามรายเชื้อเพลิงตามสมการ 8 - 10 แล้ว ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกแต่ละชนิดจะถูกนำเสนอในหน่วยของตันเทียบเท่าของการปล่อย CO₂ โดยอาศัยค่า GWP ของก๊าซแต่ละชนิดดังสมการ

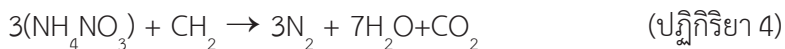
$$\text{GHG (tonCO}_2\text{-eq/month)} = \sum \text{GHG}_i \text{ (ton/month)} \times \text{GWP}_i \quad (\text{สมการ 11})$$

หมายเหตุ ในกรณีที่มีการอ้างอิงค่า Emission Factor จาก IPCC ค่าความร้อนของเชื้อเพลิงที่ใช้ต้องเป็นค่าในลักษณะของ Lower Heating Value (LHV) หรือ Net Calorific Value (NCV) เท่านั้น

3.1.4 กระบวนการเผาไหม้เชื้อเพลิงที่ใช้ผสมกับวัตถุระเบิด

ในกระบวนการทำเหมือง จำเป็นต้องมีการใช้วัตถุระเบิดเพื่อเปิดหน้าเหมืองและลดขนาดหินปูนก่อนที่จะใช้รถชุดและรถตักต่อไป ซึ่งวัตถุระเบิดที่ใช้ในกระบวนการทำเหมืองขององค์กรส่วนใหญ่ ได้แก่ Ammonium

Nitrate with Fuel Oil หรือที่เรียกสั้นๆ ว่า ANFO โดยส่วนผสมหลักของวัตถุระเบิดดังกล่าวจะประกอบไปด้วย Ammonium Nitrate (NH_4NO_3) และ น้ำมันดีเซล สมดุลทางเคมีของปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นจากการใช้ ANFO เป็นดังนี้



ที่มา: Code of Practice, Safe storage of solid ammonium nitrate, ^{2nd} edition, Government of Western Australia Department of Mines and Petroleum Resources Safety

จากสมดุลทางเคมีดังแสดงข้างต้น จะเห็นว่าก๊าซเรือนกระจกเกิดจากองค์ประกอบคาร์บอน (C) ของน้ำมันเชื้อเพลิงหรือน้ำมันดีเซลที่อยู่ใน ANFO เป็นหลัก โดยปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นกับน้ำมันดีเซลนั้น โดยสมดุลทางเคมีจะเป็นเช่นเดียวกับปฏิกิริยาการเผาไหม้ ดังนั้นแนวทางหนึ่งในการประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้ ANFO จึงสามารถประเมินได้จากผลคูณของปริมาณการใช้น้ำมันดีเซลที่ผสมอยู่ใน ANFO กับ Emission Factor ของการเผาไหม้น้ำมันดีเซล

IPCC ได้กำหนดให้ค่า Emission Factor ของการเผาไหม้เชื้อเพลิงในกระบวนการทำเหมืองซึ่งถือเป็นแหล่งปล่อยก๊าซในสาขาอุตสาหกรรมในกลุ่มของแหล่งปล่อยก๊าซที่อยู่กับที่ ไว้ใน 2006 IPCC Guidelines ตารางที่ 2.3, Chapter 2: Stationary Combustion, Volume 2: Energy, p.2.18 - 2.19

3.1.5 กระบวนการเผาไหม้เชื้อเพลิงในอุปกรณ์/เครื่องจักรอื่นๆ ที่ตั้งอยู่กับที่

นอกเหนือไปจากหม้อเผาปูนซีเมนต์ ในกรณีที่ต้องมีการใช้ อุปกรณ์หรือเครื่องจักรอื่นซึ่งตั้งอยู่กับที่ (Stationary Equipment) และใน อุปกรณ์หรือเครื่องจักรดังกล่าวมีการเผาไหม้เชื้อเพลิง สามารถประเมินปริมาณ

การปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้โดยอาศัยข้อมูลปริมาณการใช้เชื้อเพลิง (FC_i) ค่าความร้อนของเชื้อเพลิง (HV_i) และค่า Emission Factor ของการเผาไหม้เชื้อเพลิง (EF_i) แยกตามรายชนิดของเชื้อเพลิง แต่เนื่องจากอุปกรณ์/เครื่องจักรในที่นี้ทั่วไปจะใช้เชื้อเพลิงเหลว ดังนั้นสมการที่ใช้จึงเป็นดังนี้

$$CO_{2,i} \text{ (ton/month)} = FC_i \text{ (liter/month)} \times \frac{HV_i \text{ (MJ/liter)}}{10^6} \times \frac{EF_{CO_2,i} \text{ (kgCO}_2\text{/TJ)}}{1000} \text{ (สมการ 12)}$$

$$CH_{4,i} \text{ (ton/month)} = FC_i \text{ (liter/month)} \times \frac{HV_i \text{ (MJ/liter)}}{10^6} \times \frac{EF_{CH_4,i} \text{ (kgCH}_4\text{/TJ)}}{1000} \text{ (สมการ 13)}$$

$$N_2O_i \text{ (ton/month)} = FC_i \text{ (liter/month)} \times \frac{HV_i \text{ (MJ/liter)}}{10^6} \times \frac{EF_{N_2O,i} \text{ (kgN}_2\text{O/TJ)}}{1000} \text{ (สมการ 14)}$$

แต่หากอุปกรณ์หรือเครื่องจักรที่ใช้มีการใช้เชื้อเพลิงที่เป็นเชื้อเพลิงของแข็งสามารถใช้สมการ 8 - 10 ได้ เช่นเดียวกับกรณีของหม้อเผาปูนซีเมนต์

และเมื่อได้ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกแต่ละชนิดแล้ว ให้ทำการคำนวณปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในหน่วยของตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า โดยอาศัยสมการที่ 11

โดยค่า Emission Factor ของเชื้อเพลิงชนิดต่างๆ และค่า GWP สามารถอ้างอิงได้จากตารางที่ 2.3, Chapter 2: Stationary Combustion, Volume 2: Energy, p.2.18 - 2.19, 2006 IPCC Guidelines และ IPCC Fourth Assessment Report, 2007 ตามลำดับ

เนื่องจากค่าความร้อนของเชื้อเพลิงในอุปกรณ์และเครื่องจักรในที่นี้ไม่ได้ถูกกำหนดให้มีการตรวจวัดเหมือนในกรณีของเชื้อเพลิงที่ใช้ในหม้อเผา

ปูนซีเมนต์ ดังนั้นค่าความร้อนของเชื้อเพลิงในกรณีนี้จึงสามารถอ้างอิงจากค่าความร้อนสุทธิ (Net Calorific Value: NCV) ของกรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน ซึ่งสามารถหาได้จากรายงานประจำปี “สถิติพลังงานของประเทศไทย”

3.1.6 กระบวนการเผาไหม้เชื้อเพลิงในอุปกรณ์และเครื่องจักรที่มีการเคลื่อนที่

นอกเหนือไปจากการใช้หม้อเผาปูนซีเมนต์และอุปกรณ์/เครื่องจักรที่ตั้งอยู่กับที่ หากองค์กรมีการใช้อุปกรณ์/เครื่องจักรที่มีการเคลื่อนที่ (Mobile Equipment & Off-Road Vehicle) ในกระบวนการต่างๆ เช่น รถเจาะ รถขุด รถตัก รถแทรกเตอร์ และรถยก (Forklift) เป็นต้น ซึ่งเชื้อเพลิงที่ใช้ในอุปกรณ์และเครื่องจักรเหล่านี้มักจะเป็นเชื้อเพลิงเหลว ดังนั้นสามารถประเมินปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้จากสมการ 12 - 14 และสามารถอ้างอิงค่าความร้อนของเชื้อเพลิงจากค่าความร้อนสุทธิ (Net Calorific Value: NCV) จากรายงานประจำปี “สถิติพลังงานของประเทศไทย” ของกระทรวงพลังงานได้เช่นกัน

แต่สำหรับค่า Emission Factor ของการเผาไหม้เชื้อเพลิงแต่ละชนิดจะอ้างอิงจาก 2006 IPCC Guidelines, Volume 2: Energy, Chapter 3: Mobile Combustion, Table 3.3.1, p. 3.36 เนื่องจากเป็นเครื่องจักรที่ไม่สามารถนำมาวิ่งบนท้องถนนทั่วไปได้ (Off-road)

3.1.7 กระบวนการเผาไหม้เชื้อเพลิงในยานพาหนะ

นอกจากอุปกรณ์และเครื่องจักรแล้ว ในกรณีที่องค์กรมีการใช้ยานพาหนะต่างๆ เช่น รถตู้ รถกระบะ และ รถอเนกประสงค์ (SUV) รวมไปถึงรถบรรทุกต่างๆ สำหรับการขนถ่ายวัตถุดิบ เชื้อเพลิง สารเคมี และอื่นๆ ซึ่งโดยทั่วไปเชื้อเพลิงที่ใช้ในยานพาหนะก็ยังคงเป็นเชื้อเพลิงเหลว ดังนั้นจึงสามารถ

ประเมินปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้จากสมการ 12 - 14 และสามารถอ้างอิงค่าความร้อนของเชื้อเพลิงจากค่าความร้อนสุทธิ (Net Calorific Value: NCV) จากรายงานประจำปี “สถิติพลังงานของประเทศไทย” ของกระทรวงพลังงานได้เช่นกัน

โดย Emission Factor ของการเผาไหม้เชื้อเพลิงแต่ละชนิดที่ใช้ในเชื้อเพลิงสามารถอ้างอิงได้จาก 2006 IPCC Guidelines, Volume 2: Energy, Chapter 3: Mobile Combustion, Table 3.2.1 (p. 3.16) และ Table 3.2.2 (p.3.21)

3.1.8 การรั่วซึมของ CH₄ จากกระบวนการจัดการถ่านหิน

เนื่องจากในกระบวนการจัดการถ่านหินไม่ว่าจะเป็นการขนส่ง การบดหรือลดขนาด จะทำให้ก๊าซมีเทนที่ถูกกักอยู่ในถ่านหินเกิดการรั่วไหลออกมา ซึ่งการประเมินปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการรั่วไหลของ CH₄ จากกระบวนการจัดการถ่านหินนี้สามารถคำนวณโดยอาศัยปริมาณถ่านหินที่องค์กรมีการใช้หรือมีการจัดซื้อเข้ามาใช้ร่วมกับค่าแฟกเตอร์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกของกระบวนการจัดการถ่านหินหลังการทำเหมือง (EF_{postmining}) ได้ดังสมการ

$$\text{GHG (tonCO}_2\text{-eq/month)} = \frac{\text{Coal}_{\text{import}} \text{ (ton/month)} \times \text{EF}_{\text{postmining}} \text{ (kgCH}_4\text{/ton)} \times \text{GWP}_{\text{CH}_4}}{1000} \quad (\text{สมการ 15})$$

โดยค่าแฟกเตอร์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกต่อตันของถ่านหินสามารถหาได้จากผลคูณของ ค่า Emission Factor ของก๊าซมีเทนในหน่วย m³ ต่อตันของถ่านหิน (EF_{postmining}) กับค่าความหนาแน่นของก๊าซมีเทน (D_{CH₄}) ดังสมการ

$$EF_{\text{postmining}} (\text{kgCH}_4/\text{ton}) = EF_{\text{postmining}} (\text{m}^3\text{CH}_4/\text{ton}) \times D_{\text{CH}_4} (\text{kg}/\text{m}^3) \quad (\text{สมการ 16})$$

ค่า $EF_{\text{postmining}}$ และ D_{CH_4} อ้างอิงจาก 2006 IPCC Guidelines, Volume 2: Energy, Chapter 4: Fugitive Emission, หัวข้อ 4.1.4.2 หน้า 4.19 มีค่าเท่ากับ $0.1 \text{ m}^3/\text{kg}$ และ $0.67 \text{ kg}/\text{m}^3$ ตามลำดับ

3.1.9 การใช้ CO_2 ในกระบวนการผลิตและในสารดับเพลิง

ในกระบวนการที่มีความเสี่ยงต่อการลุกไหม้ของเชื้อเพลิง เช่น กระบวนการบัดล่านหินซึ่งเป็นกระบวนการที่อุณหภูมิค่อนข้างสูง ดังนั้นจึงจำเป็นต้องมีการใช้ก๊าซ CO_2 ในการป้องกันไม่ให้อ่านหินลุกติดไฟก่อนป้อนเข้าหม้อเผาปูนซีเมนต์ ซึ่งการใช้ CO_2 ดังกล่าวก็คือการปล่อยก๊าซเรือนกระจกออกสู่สิ่งแวดล้อมโดยตรง รวมไปถึงในกรณีที่หากองค์กรมีการใช้และปล่อย CO_2 ในกระบวนการอื่น เช่น การใช้สารดับเพลิงซึ่งมีส่วนผสมของคาร์บอนไดออกไซด์

โดยสามารถคำนวณปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้จากผลรวมของปริมาณการใช้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ($\text{CO}_{2,\text{use}}$) ดังสมการ

$$\text{GHG}(\text{tonCO}_2\text{-eq/month}) = \frac{\Sigma \text{CO}_{2,\text{use}} (\text{kg/month})}{1000} \quad (\text{สมการ 17})$$

3.1.10 การรั่วไหลของสารทำความเย็นกลุ่ม HFCs

ในกรณีที่องค์กรมีการใช้ระบบทำความเย็นซึ่งมีการใช้สารทำความเย็นในกลุ่มของ HFCs เช่น R-134a เป็นสารทำงาน ซึ่งตามข้อกำหนดของแนวทางประเมินการปล่อยและดูดกลับก๊าซเรือนกระจกขององค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก ได้กำหนดไว้ว่าหากองค์กรมีการปล่อยสารทำความเย็น HFCs ออกสู่บรรยากาศในระหว่างระยะเวลาที่มีการติดตามผล เช่น เกิดการ

รั่วไหลในระหว่างการใช้งานหรือการซ่อมบำรุง ต้องมีการรายงานปริมาณการปล่อยดังกล่าว ซึ่งการประเมินปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เกิดจากการรั่วไหลของสารทำความเย็นกลุ่ม HFCs สามารถประเมินได้โดยอาศัยข้อมูลปริมาณการเติมสารความเย็นที่เติมเข้าไปทดแทนปริมาณที่รั่วไหลออกจากระบบ ($SF_{6,add}$) และที่ถูกปล่อยทิ้งจากการเปลี่ยนระบบหรือถูกถ่ายทิ้งเมื่อหมดอายุการใช้งาน ($SF_{6,rpl}$) โดยสามารถคำนวณได้ดังสมการ

$$GHG_1(\text{tonCO}_2\text{-eq/month}) = \frac{(\text{HFC}_{i,add} + \text{HFC}_{i,rpl}) (\text{kg/month}) \times GWP_i}{1000} \quad (\text{สมการ 18})$$

3.1.11 การรั่วไหลของ SF_6

ในกรณีที่มีการใช้ระบบหรืออุปกรณ์ไฟฟ้าที่มีการใช้ซัลเฟอร์เฮกซะฟลูออไรด์ (Sulfur Hexafluoride: SF_6) เป็นสารป้องกันการลัดวงจรหรือป้องกันการอาร์ค เช่น circuit breaker และ switch gear เป็นต้น ตามข้อกำหนดของแนวทางประเมินการปล่อยและดูดกลับก๊าซเรือนกระจกขององค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก ได้กำหนดไว้ว่า หากองค์กรมีการปล่อยสารดังกล่าวออกสู่บรรยากาศในระหว่างระยะเวลาที่มีการติดตามผล เช่น เกิดการรั่วไหลในระหว่างการใช้งานหรือการซ่อมบำรุง ต้องมีการรายงานปริมาณการปล่อยดังกล่าว ซึ่งสามารถประเมินได้โดยอาศัยข้อมูลปริมาณการเติมซัลเฟอร์เฮกซะฟลูออไรด์ที่เติมเข้าไปทดแทนปริมาณที่รั่วไหลออกจากระบบ ($SF_{6,add}$) และที่ถูกปล่อยทิ้งจากการเปลี่ยนระบบหรือถ่ายทิ้งเมื่อระบบหมดอายุการใช้งาน ($SF_{6,rpl}$) โดยสามารถคำนวณปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้ดังสมการ

$$GHG(\text{tonCO}_2\text{-eq/month}) = \frac{(\text{SF}_{6,add} + \text{SF}_{6,rpl}) (\text{kg/month}) \times GWP_{SF6}}{1000} \quad (\text{สมการ 19})$$

3.1.12 การปล่อยก๊าซมีเทนจากการจัดการน้ำทิ้ง

ในกรณีที่องค์กรมีระบบการจัดการน้ำทิ้ง แต่เป็นเพียงการปล่อยน้ำทิ้งลงสู่บ่อกักก่อนนำวนกลับมาใช้ใหม่ ปริมาณการปล่อยก๊าซมีเทนในแต่ละเดือนสามารถประเมินจากวิธีการของการประเมินการปล่อยก๊าซมีเทนของการจัดการน้ำเสียอุตสาหกรรม ซึ่งคำนวณได้จากปริมาณการปล่อยน้ำทิ้ง (W) สัดส่วน COD ในน้ำทิ้ง (COD) ปริมาณ Sludge ที่นำออกไปจากบ่อ (S) อัตราส่วนการเกิด CH₄ ต่อ COD สูงสุด (B₀) และ Methane Correction Factor (MCF) ได้ดังสมการ

$$\text{CH}_4(\text{tonCO}_2\text{-eq/month}) = \frac{[(W \times \text{COD}) - S] \times B_0 \times \text{MCF} \times \text{GWP}_{\text{CH}_4}}{1000} \quad (\text{สมการ 20})$$

โดย B₀ และ MCF อ้างอิงจาก 2006 IPCC Guidelines, Volume 5: Waste, Chapter 6: Waste water treatment and discharge, หัวข้อ 6.2.3.2 หน้า 6.21 มีค่าเท่ากับ 0.25 kgCH₄/kgCOD และ 0.1 (Sea, river and lake discharge) ตามลำดับ

นอกเหนือจากน้ำที่ใช้ในโรงงาน กระบวนการผลิต และกิจกรรมต่างๆ ของโรงงานแล้ว โดยส่วนใหญ่องค์กรยังมีการปล่อยน้ำทิ้งซึ่งมาจากน้ำใช้ ไม่ว่าจะเป็นจากบ้านพักหรืออาคารสำนักงานต่างๆ ซึ่งปริมาณการปล่อย CH₄ ในส่วนนี้สามารถคำนวณได้จาก

$$\text{CH}_4(\text{tonCO}_2\text{-eq/month}) = \frac{(\text{TOW} - S) \times \text{EF}_j - R}{1000} \times 25 \quad (\text{สมการ 21})$$

โดย TOW = ปริมาณ BOD ที่เกิดขึ้นจากน้ำใช้ทั้งหมด (kgBOD/ปี) โดยสามารถประเมินได้จากจำนวนคนที่ก่อให้เกิด BOD (คน)

คูณด้วยค่าสมมูลประชากรของที่อ้างอิงจากค่าของกรมควบคุมมลพิษ (http://www.pcd.go.th/info_serv/en_water_wt.html) คูณกับจำนวนวันทั้งหมด ในขณะที่ S และ R ซึ่งได้แก่ ปริมาณสารอินทรีย์ที่ถูกกำจัดออกไปในรูปของสลัดจ์ และปริมาณของก๊าซมีเทนจากระบบบำบัดที่ถูกนำกลับมาใช้ประโยชน์ ซึ่งในกรณีขององค์กรมีค่าเท่ากับ 0 ในส่วนของค่า Emission Factor สามารถหาได้จาก

$$EF_j = B_o \times MCF_j \quad (\text{สมการ 22})$$

โดยที่ B_o คือค่า CH_4 สูงสุดที่จะเกิดขึ้นจาก BOD ที่ปล่อยออกมาพร้อมกับน้ำทิ้ง ($kgCH_4/kgBOD$) และ MCF คือค่า Methane Correction Factor ของเทคโนโลยีที่ใช้ในการจัดการน้ำทิ้งที่เกิดจากน้ำใช้

ในกรณีของระบบ Septic สามารถอ้างอิง Factor ต่างๆ จาก 2006 IPCC Guidelines, Volume 5: Waste, Chapter 6: Waste water treatment and discharge, หัวข้อ 6.2.2 Domestic wastewater ซึ่ง B_o และ MCF มีค่าเท่ากับ $0.6 kgCH_4/kgBOD$ และ 0.5 (Septic System ตามลำดับ)

3.2 การประเมินปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกโดยอ้อมจากการใช้พลังงาน

3.2.1 การใช้พลังงานไฟฟ้าจากระบบสายส่งของประเทศ

ในส่วนของการประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางอ้อมจากการใช้พลังงานไฟฟ้าสามารถประเมินได้จากปริมาณการใช้ไฟฟ้าที่รับมาจากหน่วยงานภายนอก ($Elec_{import}$) ร่วมกับค่า Emission Factor ของการใช้ไฟฟ้า (EF_{elec}) โดยในกรณีนี้ค่า Emission Factor ที่ใช้ให้ใช้ค่าในลักษณะของ

Gate-to-Gate ซึ่งในส่วนของการประเมินในส่วนนี้ไม่จำเป็นต้องทำการประเมินปริมาณแอมกรายก๊าซ โดยให้ประเมินปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งหมดให้อยู่ในหน่วยของตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า โดยสามารถคำนวณได้จากสมการ

$$GHG_{elect} \text{ (tonCO}_2\text{-eq)} = \frac{Elec_{import} \text{ (kWh/month)} \times EF_{elec} \text{ (kgCO}_2\text{-eq/kWh)}}{1000} \quad (\text{สมการ 23})$$

โดยทั้งนี้ปริมาณการใช้ไฟฟ้าสามารถอ้างอิงจากปริมาณการใช้ไฟฟ้าที่แสดงในใบเสร็จหรือใบแจ้งหนี้ที่หน่วยงานภายนอกเรียกเก็บจากองค์กร แต่ในกรณีที่ใบเสร็จที่นำมาใช้อ้างอิงมีการวัดปริมาณการใช้ไฟฟ้าครอบคลุมไปถึงหน่วยงานที่อยู่นอกขอบเขตขององค์กร องค์กรจะต้องทำการแยกปริมาณการใช้ไฟฟ้าในส่วนนี้ออกก่อน โดยอาศัยข้อมูลจากมิเตอร์ย่อยที่องค์กรทำการติดตั้งไว้ โดยนำค่าที่ตรวจวัดได้มาหักลบกับปริมาณการใช้ไฟฟ้าที่หน่วยงานภายนอกเรียกเก็บ

ในกรณีที่ไฟฟ้าที่ใช้เป็นไฟฟ้าจากระบบสายส่งของประเทศสามารถอ้างอิงค่า Emission Factor ได้จากฐานข้อมูลของประเทศไทย (Thai National Database) ซึ่งสามารถอ้างอิงได้จาก Default Emission Factor ที่ประกาศโดยองค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก ซึ่งค่าดังกล่าวแสดงไว้บนเว็บไซต์ www.tgo.or.th แต่หากเป็นไฟฟ้าที่นำเข้ามาใช้จากหน่วยงานอื่น องค์กรต้องอ้างอิงค่า Emission Factor ของหน่วยงานนั้น โดยค่าที่ใช้ต้องเป็นค่า Emission Factor ในลักษณะของ Gate-to-Gate

3.3 การประเมินปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกโดยอ้อมอื่นๆ

โดยทั่วไปแล้วกิจกรรมในส่วนนี้ของอุตสาหกรรมซีเมนต์ที่มีนัยสำคัญและมีศักยภาพในการบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก ได้แก่ กิจกรรมการขนส่ง

ไม่ว่าจะเป็นวัตถุดิบ การขนส่งเชื้อเพลิง หรือการขนส่งผลิตภัณฑ์ ดังนั้น ในที่นี้จะแสดงรายละเอียดแนวทางการประเมินปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ของกิจกรรมการขนส่งเพียงเท่านั้น หากองค์กรต้องการปริมาณการปล่อยก๊าซ เรือนกระจกของกิจกรรมอื่นๆ สามารถหารรายละเอียดเพิ่มเติมได้จากคู่มือ “แนวทางการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กร” ซึ่งจัดทำขึ้นโดยองค์การ บริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก

3.3.1 การขนส่งวัตถุดิบ เชื้อเพลิง และผลิตภัณฑ์

ในส่วนของกระบวนการขนส่ง ซึ่งยานพาหนะที่ใช้ไม่ได้ อยู่ ภายใต้การควบคุมดูแลขององค์กร ไม่ว่าจะเป็นการขนส่งวัตถุดิบ การขนส่ง เชื้อเพลิง หรือการขนส่งผลิตภัณฑ์ โดยทั่วไปสามารถประเมินได้ 2 วิธี ขึ้นอยู่กับ ลักษณะของข้อมูลกิจกรรมที่มีอยู่ ดังนี้

วิธีการที่ 1: กรณีที่ทราบปริมาณการใช้เชื้อเพลิง

ในกรณีที่ทราบปริมาณการใช้เชื้อเพลิงแต่ละชนิด (FC_i) ที่ถูก นำมาใช้ในการกระบวนการขนส่ง การประเมินปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก สามารถคำนวณได้จากสมการ

$$GHG_i(\text{tonCO}_2\text{-eq/month}) = FC_i(\text{unit/month}) \times \frac{EF_i(\text{kgCO}_2\text{-eq/unit})}{1000} \quad (\text{สมการ 24})$$

โดยค่า Emission Factor ของเชื้อเพลิงแต่ละชนิดสามารถ อ้างอิงได้จากค่า Default Emission Factor ที่ประกาศโดยองค์การบริหาร จัดการก๊าซเรือนกระจก ซึ่งค่าดังกล่าวแสดงไว้บนเว็บไซต์ www.tgo.or.th ซึ่งเป็นค่าที่ได้จากการปรับค่าแฟกเตอร์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกของ IPCC โดยอาศัยค่าความร้อนของเชื้อเพลิงแต่ละชนิดของประเทศไทย

วิธีการที่ 2: สำหรับกรณีที่ไม่ทราบปริมาณการใช้เชื้อเพลิงแต่ทราบปริมาณการขนส่งและระยะทางในการขนส่ง

ในกรณีที่ทราบปริมาณการใช้เชื้อเพลิงที่ใช้ในกระบวนการขนส่ง แต่ทราบปริมาณการขนส่ง (W_{trans}) และระยะทางการขนส่ง (D_{trans}) ของวัตถุดิบ/เชื้อเพลิง/ผลิตภัณฑ์ ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสามารถคำนวณได้โดยอาศัยสมการดังต่อไปนี้

- กรณีที่มีการบรรทุกน้ำหนัก

$$GHG_i(\text{tonCO}_2\text{-eq/month}) = W_{trans}(\text{ton/month}) \times D_{trans}(\text{km}) \times \frac{EF_i(\text{kgCO}_2\text{-eq/tkm})}{1000} \quad (\text{สมการ 25})$$

โดยระยะทางที่ใช้ในการคำนวณจะเป็นระยะห่างระหว่างต้นทางและปลายทาง ในขณะที่ค่า Emission Factor ที่ใช้จะขึ้นอยู่กับประเภทของรถและรูปแบบของการขนส่ง ซึ่งสามารถอ้างอิงได้จากค่า Default Emission Factor ที่ประกาศโดยองค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก ซึ่งค่าดังกล่าวแสดงไว้บนเว็บไซต์ www.tgo.or.th

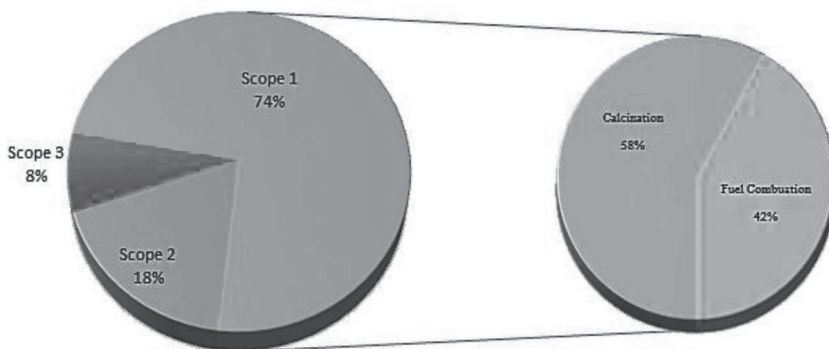
- กรณีที่ไม่มีการบรรทุกน้ำหนัก (วิ่งรถเปล่า)

$$GHG_i(\text{tonCO}_2\text{-eq/month}) = D_{trans}(\text{km}) \times \frac{EF_i(\text{kgCO}_2\text{-eq/tkm})}{1000} \quad (\text{สมการ 26})$$

โดยระยะทางที่ใช้ในการคำนวณจะเป็นระยะทางรวม (คำนวณจากผลคูณของระยะห่างระหว่างต้นทางและปลายทางคูณกับจำนวนเที่ยวทั้งหมดที่มีการขนส่ง) ในขณะที่ค่า Emission Factor ที่ใช้จะขึ้นอยู่กับประเภทของรถและรูปแบบของการขนส่ง ซึ่งสามารถอ้างอิงได้จากค่า Default Emission Factor ที่ประกาศโดยองค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก ซึ่งค่าดังกล่าวแสดงไว้บนเว็บไซต์ www.tgo.or.th

4. สัดส่วนการปล่อยก๊าซเรือนกระจก

สัดส่วนการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของแต่ละอุตสาหกรรมการผลิตซีเมนต์อาจมีความแตกต่างกันไปตามขนาดของอุตสาหกรรมและขอบเขตขององค์กร รวมไปถึงขอบเขตของการดำเนินงานที่กำหนดไว้ แต่โดยทั่วไปแล้วปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกส่วนใหญ่จะเกิดจากแหล่งปล่อยก๊าซเรือนกระจกประเภทที่ 1 โดยมีสัดส่วนอยู่ที่ประมาณร้อยละ 74 ของปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งหมด และกิจกรรมที่ก่อให้เกิดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสูงที่สุด ได้แก่ การเกิดปฏิกิริยา Calcination ในกระบวนการผลิตปูนซีเมนต์ รองลงมาคือกิจกรรมการเผาไหม้เชื้อเพลิงในหม้อเผาปูน โดยกิจกรรมทั้งสองนี้มีปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกคิดเป็นสัดส่วนสูงถึงร้อยละ 58 และ 42 ของปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งหมดที่ปล่อยจากแหล่งปล่อยก๊าซเรือนกระจกประเภทที่ 1 สำหรับแหล่งปล่อยก๊าซประเภทที่ 2 และ 3 มีสัดส่วนการปล่อยก๊าซเพียงประมาณร้อยละ 18 และ 8 ของปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งหมดขององค์กรเท่านั้น ดังแสดงในรูปที่ 3



รูปที่ 3 สัดส่วนการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของอุตสาหกรรมซีเมนต์
(ที่มา: Cement and Concrete Institute Concrete Industry Greenhouse Gas Emissions. 2010, The Cement Industry Federation)

5. ข้อควรระวังในการบันทึกข้อมูลสำหรับการคำนวณค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กร

ในการประเมินปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของอุตสาหกรรมซีเมนต์มีข้อเสนอแนะและข้อควรระวังดังต่อไปนี้

1) ในการกำหนดขอบเขตขององค์กรควรเริ่มต้นการพิจารณาจากการดำเนินกิจกรรมขององค์กรเป็นหลัก ก่อนการพิจารณาเอกสารที่แสดงถึงความรับผิดชอบตามกฎหมาย ยกตัวอย่างเช่น ในกรณีของเหมืองต้องพิจารณารวมเหมืองที่องค์กรเป็นผู้ดำเนินการ ถึงแม้ว่าเหมืองดังกล่าวหน่วยงานภายนอกจะได้รับประทานบัตรก็ตาม หรือในกรณีที่องค์กรเป็นผู้ดำเนินการควบคุมระบบผลิตกระแสไฟฟ้าสำหรับใช้ในองค์กรแต่ระบบดังกล่าวมีหน่วยงานภายนอกเป็นเจ้าของ องค์กรก็จำเป็นที่จะต้องพิจารณารวมระบบผลิตไฟฟ้าดังกล่าวไว้ในขอบเขตขององค์กรด้วย

2) ในส่วนของกิจกรรม เช่น การเผาไหม้เชื้อเพลิงสำหรับการซ่อมบำรุงการใช้สารดับเพลิง และการใช้ปุ๋ยในพื้นที่สีเขียวขององค์กรในอุตสาหกรรมซีเมนต์ อาจนับเป็นกิจกรรมที่ไม่มีนัยสำคัญซึ่งสามารถยกเว้นจากการรายงานการปล่อยก๊าซเรือนกระจกขององค์กรได้ เนื่องจากโดยทั่วไปแล้วมีปริมาณน้อยมากเมื่อเทียบกับกิจกรรมอื่นๆ แต่ทั้งนี้ในฐานะ องค์กรควรมีการเก็บข้อมูลและประเมินปริมาณดังกล่าวในเบื้องต้น เพื่อยืนยันว่าแหล่งปล่อยก๊าซเรือนกระจกดังกล่าวเป็นแหล่งปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่ไม่มีนัยสำคัญ

3) ในการนำปริมาณการใช้เชื้อเพลิงและค่าความร้อนของเชื้อเพลิงที่เป็นค่าที่ได้จากการตรวจวัดมาใช้ในการประเมินปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ค่าดังกล่าวต้องมีการตรวจวัดบนหลักการพื้นฐานเดียวกัน เช่น หากค่าความร้อนที่ตรวจวัดเป็นการวัดโดยอาศัยหลักการของ Dry Basis ปริมาณการใช้เชื้อเพลิงก็ต้องตรวจวัดโดยอาศัยหลักการของ Dry Basis เช่นเดียวกัน

4) เนื่องจากชนิดของเชื้อเพลิงที่มีการใช้ในหม้อเผาปูนมีความหลากหลาย มีทั้งเชื้อเพลิงฟอสซิล เชื้อเพลิงชีวมวล และเชื้อเพลิงที่ได้มาจากเศษวัสดุเหลือทิ้ง/ของเสียทั้งจากภาคครัวเรือนและภาคอุตสาหกรรม ซึ่งเชื้อเพลิงเหล่านี้จะถูกบดผสมกันก่อนใช้งาน ดังนั้นเนื่องจากเชื้อเพลิงแต่ละชนิดจะมีความแตกต่างของค่า Emission Factor ค่อนข้างมาก ดังนั้น องค์กรจะต้องทำการแยกประเมินปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของเชื้อเพลิงแต่ละชนิด และต้องทำการเลือกอ้างอิงค่า Emission Factor ให้เหมาะสม เช่น แยกการประเมินปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกระหว่างที่เกิดจากการเผาไหม้ถ่านหินลิกไนต์ (Lignite) และการเผาไหม้ถ่านหินบิทูมินัส (Bituminous) หรือแยกการประเมินปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกระหว่างที่เกิดจากการเผาไหม้เศษไม้ (Woodchip) และการเผาไหม้แกลบ (Rice Husk) หรือแยกการประเมินปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกระหว่างที่เกิดจากการเผาไหม้เศษยางรถยนต์และการเผาไหม้ขยะชุมชน (Municipal Waste)

5) เนื่องจากชนิดของเชื้อเพลิงที่มีการใช้ในอุปกรณ์/เครื่องจักร/ยานพาหนะ ที่นอกเหนือจากหม้อเผาปูนที่องค์กรส่วนใหญ่มีการใช้ค่อนข้างหลากหลายและมีการใช้เชื้อเพลิงในหลายกิจกรรมของแต่ละหน่วยงาน ดังนั้น หากองค์กรให้หน่วยงานแต่ละหน่วยงานเป็นผู้ทำการรายงานปริมาณการใช้เชื้อเพลิงและปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เกิดจากการใช้เชื้อเพลิงเหล่านั้น และนำผลรวมของค่าที่แต่ละหน่วยงานทำการรายงานมาเป็นคนค่าขององค์กร ควรที่จะต้องมีการตรวจสอบปริมาณการใช้เชื้อเพลิงของแต่ละหน่วยงานและทำสมดุลกับปริมาณการใช้เชื้อเพลิงทั้งหมดขององค์กร เพื่อป้องกันการนับซ้ำหรือการสูญหายของข้อมูล

6) เนื่องจากกิจกรรมการปล่อยก๊าซเรือนกระจกมีหลายประเภทและในแต่ละกิจกรรมต้องอาศัยข้อมูลหลายส่วนในหลายลักษณะ อีกทั้งข้อมูลที่ต้องใช้เหล่านั้นในบางครั้งต้องอาศัยหลายหน่วยงานในการเก็บรวบรวมข้อมูล ดังนั้น องค์กรควรมีการประชุมชี้แจงลักษณะของข้อมูลที่ต้องการและกำหนดช่วง

ระยะเวลาในการติดตามข้อมูลของแต่ละเดือนให้ชัดเจน เนื่องจากโดยทั่วไป ช่วงระยะเวลาการติดตามข้อมูลของแต่ละหน่วยงานย่อยในแต่ละเดือนอาจจะมี ความเหลื่อมล้ำ เช่น บางหน่วยงานอ้างอิงระยะเวลาในการติดตามข้อมูล ในแต่ละเดือนตามรอบของการออกใบแจ้งหนี้ บางหน่วยงานอ้างอิงจากวัน ตามปฏิทิน บางหน่วยงานอ้างอิงจากการกำหนดระยะเวลาตามระเบียบปฏิบัติ ที่กำหนดไว้

6. เอกสารอ้างอิง

1) ACTIVITY REPORT 2013 by CEMBUREAU: The European Cement Association, 2013. Available source: <http://www.cembureau.be>

2) In Energy. 2010. Cement and Concrete Institute Concrete Industry Greenhouse Gas Emissions, Weltevreden Road Northcliff 2195.

3) IPCC. 2006. 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories.

4) The Global Cement Report. 2012. Available source: <http://www.cemnet.com>.

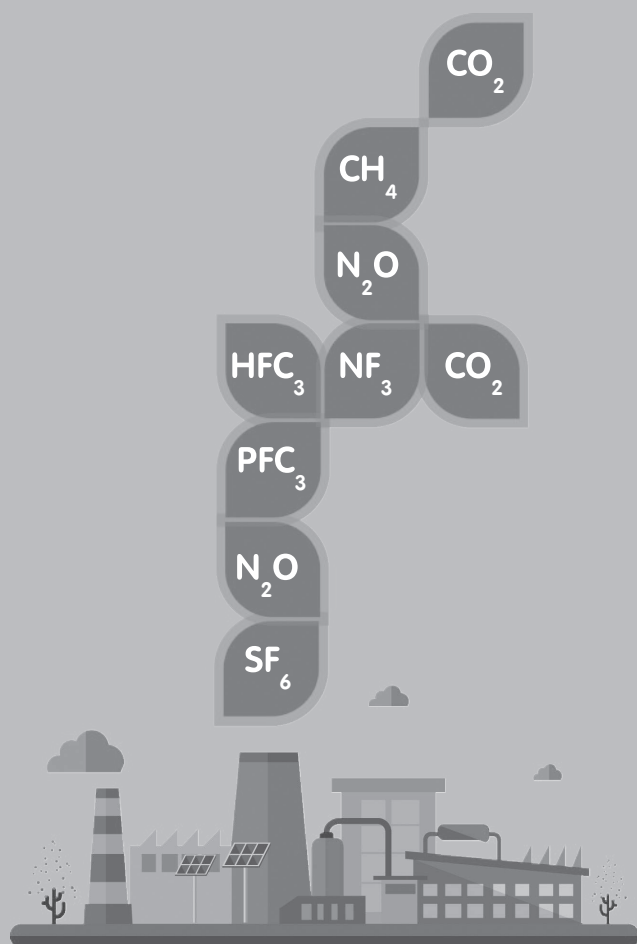
5) WBCSD. CSI. Safety in the Cement Industry: Guidelines for measuring and reporting, version 4.0.

6) WBCSD. 2011. CO₂ and Energy Accounting and Reporting Standard for the Cement Industry.

7) The Cement Industry Federation, Available source: <http://www.cement.org.au>

8) วรุณ รักสกุลกานต์. 2557. การปล่อยก๊าซเรือนกระจกในภาคอุตสาหกรรมของประเทศไทย, ศูนย์ข้อมูลก๊าซเรือนกระจก.

9) องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน). 2554. แนวทางการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กร, องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน).







บทที่ 3

การประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ในกลุ่มอุตสาหกรรมวัสดุก่อสร้าง

ผศ. ดร. รัตนาวรรณ มั่งคั่ง

ชนนนท์ นุชเนตร

กิตติวรรณ กิจปรกรณ์สันติ

ศูนย์เชี่ยวชาญเฉพาะทางด้านกลยุทธ์ธุรกิจที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม

คณะสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

1. บทนำ

อุตสาหกรรมวัสดุก่อสร้าง นับเป็นอุตสาหกรรมหนึ่งที่มีการปล่อยปริมาณก๊าซเรือนกระจกปริมาณสูง อันเนื่องมาจากการใช้พลังงาน โดยเฉพาะอย่างยิ่งการใช้เชื้อเพลิงในกระบวนการเผาให้ความร้อนแก่หินปูน ซึ่งเป็นวัตถุดิบหลักที่ใช้ในการผลิตปูนซีเมนต์ การเผากระเบื้องในการผลิตกระเบื้องเซรามิก

2. แนวทางการจัดทำคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กร

2.1 การกำหนดขอบเขตองค์กร

ลักษณะกิจกรรมของอุตสาหกรรมวัสดุก่อสร้าง (การผลิตกระเบื้อง) ประกอบด้วยหลายหน่วยผลิตในห่วงโซ่การผลิต ได้แก่ การทำเหมืองดิน โรงงาน

ผลิตกระเบื้องเซรามิก โรงงานผลิตกล่องกระดาษที่ใช้เป็นบรรจุภัณฑ์ และโกดังเก็บสินค้า ซึ่งในแต่ละกิจกรรมอาจจะอยู่ภายใต้การดำเนินการขององค์กรเดียวกันหรือคนละองค์กรก็ได้ ซึ่งต้องอ้างอิงกับความเป็นนิติบุคคลขององค์กรในเอกสารโรงงาน (ร.ง. 4) ขององค์กรหลัก ที่ต้องการดำเนินการคาร์บอนฟุตพริ้นท์องค์กร หากแต่ละหน่วยการผลิตมี ร.ง. 4 คนละชื่อ ก็สามารถดำเนินการแยกได้ แต่หากอยู่ภายใต้ชื่อเดียวกันใน ร.ง. 4 และเป็นผู้ควบคุมการดำเนินงานทั้งหมด ให้พิจารณาขอบเขตการคำนวณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ครอบคลุมตลอดสายโซ่การผลิตทั้งหมด

ในการกำหนดขอบเขตขององค์กร ต้องพิจารณาจากกำหนดเป้าหมายของการคำนวณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กรให้สอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของการนำผลการศึกษาไปใช้งาน โดยสามารถทำได้โดยวิธีการแบบใดแบบหนึ่งดังนี้

1) แบบควบคุม (Control Approach)

กำหนดขอบเขตการรวบรวมแหล่งปล่อยและแหล่งดูดซับก๊าซเรือนกระจกแบบควบคุม ซึ่งมีทางเลือกในการกำหนดขอบเขตขององค์กรแบ่งเป็นการควบคุมการดำเนินงาน (Operational Control) และการควบคุมทางการเงิน (Financial Control)

1.1) ควบคุมการดำเนินงาน

ระบุกิจกรรมองค์กรเฉพาะส่วนที่อยู่ภายใต้อำนาจการควบคุมการดำเนินงานขององค์กร ไม่นับรวมกิจกรรมขององค์กรมีส่วนเป็นเจ้าของ แต่ไม่มีอำนาจควบคุมการดำเนินงาน

1.2) ควบคุมทางการเงิน

ระบุกิจกรรมองค์กรเฉพาะส่วนที่อยู่ภายใต้อำนาจการควบคุมทางการเงินเท่านั้น (อ้างอิงตามรายงานทางการเงินขององค์กร)

2) แบบปันส่วนตามกรรมสิทธิ์ (Equity Share)

ระบุกิจกรรมองค์กรเฉพาะส่วนที่ร่วมทุน โดยสามารถระบุเป็นสัดส่วนของลักษณะการร่วมทุน หรือลงทุนในอุปกรณ์หรือหน่วยผลิตนั้นๆ

2.2 กิจกรรมที่มีการปล่อยและดูดกลับก๊าซเรือนกระจก

แหล่งปล่อย (Source) ดูดกลับ (Sink) และกักเก็บก๊าซเรือนกระจก (Reservoir) สามารถแบ่งออกได้เป็น 3 ประเภท ได้แก่

ประเภทที่ 1 กิจกรรมการปล่อยก๊าซเรือนกระจกโดยตรง (Direct GHG) ได้แก่ ก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นโดยตรงจากกิจกรรมต่างๆ ภายในองค์กร ดังนี้

1) การปล่อยและดูดกลับก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นจากการเผาไหม้ที่อยู่กับที่ ตัวอย่างเช่น

1.1) การผลิตไฟฟ้า ความร้อน และไอน้ำ เพื่อใช้เองภายในองค์กร และ/หรือเพื่อการส่งออก หรือแจกจ่ายให้แก่ผู้ใช้งานนอกขอบเขตองค์กร และการสูญเสียที่เกิดขึ้นในระหว่างการส่งผ่านพลังงานไฟฟ้า ความร้อน หรือไอน้ำ

1.2) การเผาไหม้ของเชื้อเพลิงจากการใช้งานของอุปกรณ์และ/หรือเครื่องจักรที่องค์กรเป็นเจ้าของหรือเช่าเหมามา แต่องค์กรรับผิดชอบค่าใช้จ่ายของน้ำมันเชื้อเพลิง เช่น น้ำมันดีเซล (Generator) ก๊าซธรรมชาติ (ระบบเตาเผา)

1.3) การเผาไหม้ของเชื้อเพลิงที่ใช้ในการหุงต้มภายในองค์กร โดยองค์กรเป็นผู้รับผิดชอบการดำเนินงานดังกล่าว เช่น ก๊าซ LPG ในห้องปฏิบัติการ

2) การปล่อยและดูดกลับก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นจากกระบวนการ เช่น การเผาให้ความร้อนวัตถุดิบคาร์บอเนต (Dolomite, Limestone, Soda ash)

3) การปล่อยและดูดกลับก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นจากการเผาไหม้ที่มีการเคลื่อนที่ ตัวอย่างเช่น การเผาไหม้ของเชื้อเพลิงจากกิจกรรมการขนส่งของ

ยานพาหนะที่องค์กรเป็นเจ้าของหรือเช่าเหมามา แต่องค์กรรับผิดชอบค่าใช้จ่ายของน้ำมันเชื้อเพลิง เช่น น้ำมันแก๊สโซลีน ใช้ในรถผู้บริหาร

4) การปล่อยและดุดกลับก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นจากการรั่วไหลและอื่นๆ (Fugitive Emissions) ตัวอย่างเช่น

4.1) การรั่วซึมของก๊าซเรือนกระจกออกสู่บรรยากาศภายนอกที่เกิดขึ้น ณ บริเวณรอยเชื่อมต่อท่อของอุปกรณ์ที่ตั้งอยู่ภายในองค์กร เช่น สารทำความเย็นหรือการรั่วไหลของก๊าซเรือนกระจกจากอุปกรณ์ต่างๆ ที่ตั้งอยู่ภายในองค์กร ในขณะที่การซ่อมบำรุง

4.2) การรั่วไหลของก๊าซเรือนกระจกจากหน่วยผลิตย่อยภายในโรงงาน เช่น การรั่วไหลของก๊าซซัลเฟอร์เฮกซะฟลูออไรด์ (SF_6) จากการใช้น้ำมันสวิตช์เกียร์

4.3) การใช้อุปกรณ์ดับเพลิงประเภทที่สามารถก่อให้เกิดก๊าซเรือนกระจกได้ เช่น สารดับเพลิง (CO_2)

4.4) ก๊าซมีเทนที่เกิดขึ้นจากกระบวนการบำบัดน้ำเสียและหลุมฝังกลบ เช่น ก๊าซมีเทนจากระบบบำบัดน้ำเสีย ก๊าซมีเทนจากบ่อเกรอะ

4.5) ก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นจากการใช้ปุ๋ยหรือสารเคมีเพื่อการชลประทานหรือทำความสะอาดภายในองค์กร

5) การปล่อยและดุดกลับก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นจากการเผาไหม้ชีวมวล

ประเภทที่ 2 กิจกรรมที่มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางอ้อมจากการใช้พลังงาน ได้แก่ ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่เกิดจากการผลิตไฟฟ้าความร้อนหรือไอน้ำที่ถูกนำเข้ามาจากภายนอกเพื่อใช้งานภายในองค์กร

ประเภทที่ 3 กิจกรรมที่มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางอ้อมอื่นๆ (Other indirect GHGs) ได้แก่ ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นจากกิจกรรมต่างๆ นอกเหนือจากที่ระบุในประเภทที่ 1 และประเภทที่ 2 ซึ่งองค์กรสามารถวัดหรือประเมินเพื่อการรายงานผลเพิ่มเติมได้

ตารางที่ 1 แสดงกิจกรรมขององค์กรและแหล่งปล่อยก๊าซเรือนกระจก

ขอบเขตองค์กร	แหล่งปล่อยก๊าซเรือนกระจก
ประเภทที่ 1	- ก๊าซธรรมชาติ (ระบบเตาเผา) - ก๊าซธรรมชาติ (Co-generator) - น้ำมันแก๊สโซลีน (รถผู้บริหาร) - สารดับเพลิง (CO₂) - น้ำมันดีเซล (Generator) - ก๊าซโซลีน (เครื่องตัดหญ้า) - ก๊าซ LPG (ห้องปฏิบัติการ) - น้ำมันสวิตช์เกียร์ (SF₆) - การเผาให้ความร้อนวัตถุดิบคาร์บอเนต (Dolomite, Limestone, Soda ash) - ก๊าซมีเทนจากระบบบำบัดน้ำเสีย - ก๊าซมีเทนจากบ่อเกรอะ
ประเภทที่ 2	- ไฟฟ้า (โรงผลิตกระเบื้อง) - ไฟฟ้า (คลังสินค้า) - ไฟฟ้า (โรงเตรียมวัตถุดิบ)
ประเภทที่ 3	- การผลิตวัตถุดิบ - การขนส่งวัตถุดิบ - การขนส่งและกระจายสินค้า - การใช้น้ำประปา - การใช้วัสดุสำนักงาน (เช่น กระดาษ อุปกรณ์สิ้นเปลืองอื่นๆ)

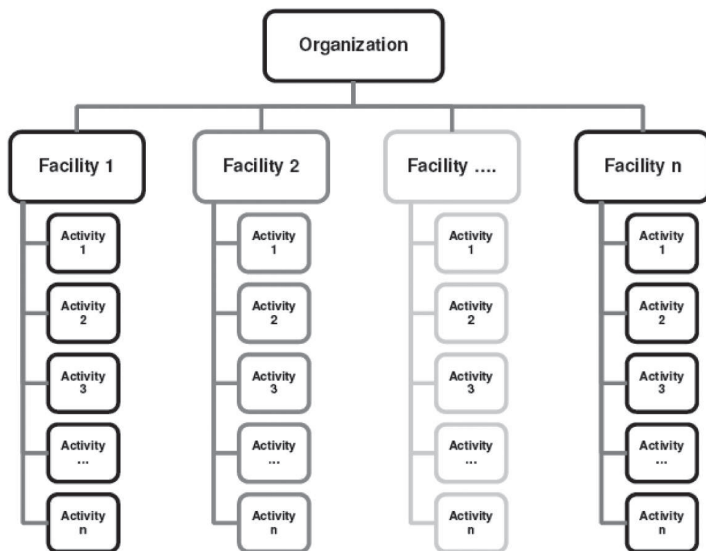
ขอบเขตองค์กร	แหล่งปล่อยก๊าซเรือนกระจก
	- การใช้เชื้อเพลิงจากผู้เข้าพื้นที่ภายในองค์กร - การเดินทางของพนักงาน - การเดินทางเพื่อติดต่อธุรกิจ - การจัดการของเสีย (เช่น การบำบัดน้ำเสียและการควบคุมมลพิษทางอากาศ)
ชีวมวล	- แกลบ
อื่นๆ	- สารทำความเย็น (R 22) ***รายงานแยกแต่ไม่นับรวม

ในอุตสาหกรรมวัสดุก่อสร้าง พบว่ามีการใช้ชีวมวลประเภทแกลบเพื่อทดแทนการใช้เชื้อเพลิงประเภทฟอสซิล ซึ่งก๊าซเรือนกระจกที่เกิดจากการเผาไหม้ชีวมวล ประกอบด้วย ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ก๊าซมีเทน และก๊าซไนตรัสออกไซด์ ในกรณีนี้ไม่นับปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากการเผาไหม้ชีวมวล แต่ยังคงรายงานปริมาณการปล่อยก๊าซมีเทนและก๊าซไนตรัสออกไซด์ (ซึ่งมีการรายงานแยกรายก๊าซ (6 ก๊าซ) เฉพาะกิจกรรมในขอบเขตประเภทที่ 1)

2.3 การจัดทำข้อมูลบัญชีรายการก๊าซเรือนกระจก

(1) ข้อมูลกิจกรรมองค์กรที่ระบุแหล่งปล่อย ดูกลับ และกักเก็บก๊าซเรือนกระจกในเชิงปริมาณ ซึ่งมักอ้างอิงตัวเลขทางบัญชีจากรายงานทางการเงินประจำปี ที่สอดคล้องกับหลักฐานการจัดซื้อ เบิกจ่าย และส่วนที่ใช้ในกิจกรรมองค์กรตามจริง (หักจากส่วนคงค้างหรือสำรองใช้) ทั้งนี้ การรวบรวมข้อมูลบัญชีรายการก๊าซเรือนกระจก ต้องจำแนกรายการข้อมูลตามรายการกิจกรรมของแต่ละหน่วยการผลิต (Facility Level)

(2) ข้อมูลค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจก (Emission Factor, EF)



รูปที่ 1 การจำแนกรายการข้อมูลตามรายการกิจกรรมของแต่ละหน่วยการผลิต (Facility Level)

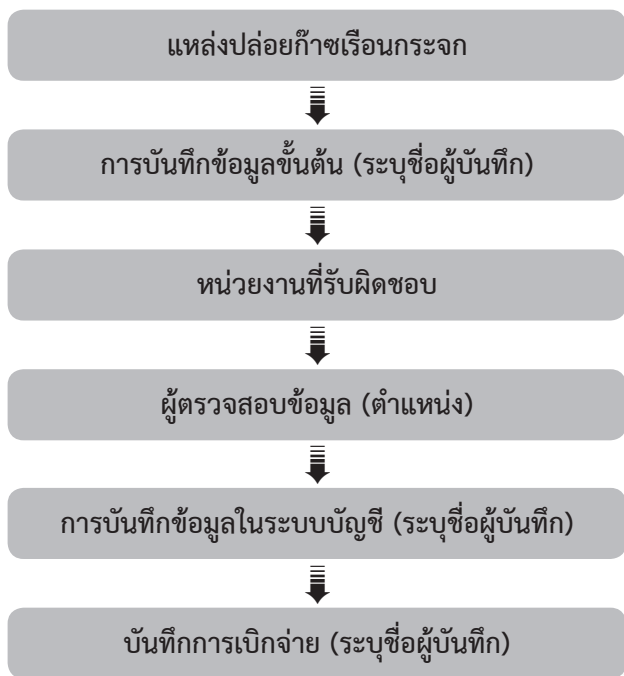
ก่อนดำเนินการรวบรวมข้อมูล ต้องมีการคัดเลือกและกำหนดปีฐาน โดยอาจกำหนดตามปฏิทินในปีล่าสุดที่สามารถรวบรวมข้อมูลได้ หรือใช้ค่าเฉลี่ยของหลายๆ ปีหรือตามปีที่เคยคำนวณมา หรืออื่นๆ ตามความเหมาะสมของการนำผลการประเมินปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกไปประยุกต์ใช้งาน หรืออาจเลือกปีฐานจากปีที่มีการคำนวณและทวนสอบปริมาณการปล่อยและดุดกลับก๊าซเรือนกระจกแล้วและมีข้อมูล ในกรณีที่ไม่เคยเก็บข้อมูลและทำการคำนวณปริมาณก๊าซเรือนกระจกขององค์กรมาก่อน องค์กรอาจกำหนดปีฐานจากปี que เริ่มทำการเก็บข้อมูลเพื่อการคำนวณได้ โดยอธิบายถึงเหตุผลที่เลือกปีนั้นๆ เป็นปีฐาน ทั้งนี้ องค์กรอาจสามารถเปลี่ยนแปลงปีฐานได้ในภายหลัง แต่ต้องระบุเหตุผลของการเปลี่ยนแปลงการกำหนดปีฐาน (เป็นประโยชน์ในการเปรียบเทียบข้อมูลบัญชีรายการปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ใช้ในการคำนวณในช่วงระยะเวลาที่ผ่านมา)

ในการดำเนินการรวบรวมข้อมูล ควรมีการระบุกระบวนการและวิธีการรวบรวม ตลอดจนระบบการจัดการคุณภาพข้อมูลบัญชีรายการก๊าซเรือนกระจก (GHG Management System) โดยละเอียด ครอบคลุมตั้งแต่การบันทึกข้อมูล การถ่ายโอนข้อมูล การคำนวณข้อมูลเบื้องต้น การส่งมอบข้อมูล (รวมทั้งการตรวจสอบสมมูลมวลสาร การป้องกันความผิดพลาดจากการวัด การป้องกันความผิดพลาดของคน ฯลฯ) จนกระทั่งการนำข้อมูลที่รวบรวมได้ในตารางผ่านคำนวณ ตลอดจนแหล่งที่มาของข้อมูลค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่รวบรวมมาใช้ในการคำนวณ ทั้งนี้ ควรจัดทำการประเมินความไม่แน่นอนของข้อมูล (เพื่อนำไปสู่แผนการจัดการความไม่แน่นอนของข้อมูลในปีต่อไป)

ตารางที่ 2 ตัวอย่างแหล่งที่มาของข้อมูลบัญชีรายการก๊าซเรือนกระจกในอุตสาหกรรมวัสดุก่อสร้าง (การผลิตกระเบื้อง)

ขอบเขตองค์กร	บัญชีรายการก๊าซเรือนกระจก	แหล่งที่มาของข้อมูล
ประเภทที่ 1	ก๊าซธรรมชาติ (ระบบเตาเผา)	ใบแจ้งหนี้
	ก๊าซธรรมชาติ (ระบบ Co-Generator)	ใบแจ้งหนี้
	น้ำมันก๊าซโซลีน (รถผู้บริหาร)	ใบแจ้งหนี้ (Fleet card)
	สารดับเพลิง (CO ₂)	ใบแจ้งหนี้
	ก๊าซโซลีน (เครื่องตัดหญ้า)	ใบแจ้งหนี้
	ก๊าซ LPG (ห้องปฏิบัติการ)	ใบแจ้งหนี้
	การให้ความร้อนแก่วัตถุดิบคาร์บอนเนต	บันทึกการเบิกใช้
	น้ำมันสวิตช์เกียร์ (SF ₆)	รายงานการบำรุงรักษา (ไม่มีการเติม)
	ก๊าซมีเทนจากระบบบำบัดน้ำเสีย	บันทึกปริมาณน้ำเสีย
	ก๊าซมีเทนจากบ่อเกรอะ	การคำนวณ (จำนวนพนักงาน)

ขอบเขตองค์กร	บัญชีรายการก๊าซเรือนกระจก	แหล่งที่มาของข้อมูล
ประเภทที่ 2	- ไฟฟ้า (โรงผลิต)	ใบแจ้งหนี้
	- ไฟฟ้า (คลังสินค้า)	ใบแจ้งหนี้
	- ไฟฟ้า (โรงเตรียมวัตถุดิบ)	ใบแจ้งหนี้
ประเภทที่ 3	การใช้กระดาช	บันทึกการเบิกใช้
	การกำจัดขยะ	บันทึกการชั่งน้ำหนัก
ชีวมวล	แกลบ	บันทึกการเบิกใช้
อื่นๆ	สารทำความเย็น (R 22)	เอกสารการคำนวณจากผู้ให้บริการ



รูปที่ 2 ตัวอย่างระบบการจัดการคุณภาพข้อมูลบัญชีรายการก๊าซเรือนกระจก (GHG Management System) ในอุตสาหกรรมวัสดุก่อสร้าง (การผลิตกระเบื้อง)

ตารางที่ 3 ตัวอย่างการประเมินความไม่แน่นอนของข้อมูลในอุตสาหกรรม
วัสดุก่อสร้าง (การผลิตกระเบื้อง)

ลำดับ	กิจกรรม	หน่วย	แหล่งที่มาของข้อมูล	การประเมินความไม่แน่นอน			
				ระดับ คุณภาพ ของข้อมูล	ระดับ คุณภาพ ของ EFs	ผลคูณ	ระดับ คุณภาพ
ประเภทที่ 1							
1	ก๊าซธรรมชาติ (โรงผลิต - ระบบเตาเผา)	MMBTU	ใบแจ้งหนี้	3	3	9	2
2	ก๊าซธรรมชาติ (ระบบ Co-generator)	MMBTU	ใบแจ้งหนี้	3	3	9	2
3	น้ำมันก๊าซโซลีน (รถผู้บริหาร)	L	ใบแจ้งหนี้ (Fleet card)	3	3	9	2
4	สารดับเพลิง (CO ₂)	kg	ใบแจ้งหนี้	3	3	9	2
5	น้ำมันดีเซล (Generator)	L	ใบแจ้งหนี้	3	3	9	2
6	ก๊าซโซลีน (เครื่องตัดหญ้า)	L	ใบแจ้งหนี้	3	3	9	2
7	ก๊าซ LPG (ห้องปฏิบัติการ)	kg	ใบแจ้งหนี้	3	3	9	2
8	การให้ความร้อนแก่วัตถุดิบ คาร์บอน	kg	ข้อมูลจากระบบ SAP				
9	น้ำมันสวิตช์เกียร์ (SF ₆)	L	รายงานการบำรุงรักษา (ไม่มีการเติม)	3	3	9	2
10	ก๊าซมีเทนจากระบบบำบัด น้ำเสีย	kg	บันทึกปริมาณน้ำเสีย	3	3	9	2
11	ก๊าซมีเทนจากบ่อเกรอะ	kg	การคำนวณ (จำนวน พนักงาน)	1	3	3	1

ลำดับ	กิจกรรม	หน่วย	แหล่งที่มาของข้อมูล	การประเมินความไม่แน่นอน			
				ระดับคุณภาพของข้อมูล	ระดับคุณภาพของ EFs	ผลคูณ	ระดับคุณภาพ
ประเภทที่ 2							
12	ไฟฟ้า (โรงผลิต)	kWh	ใบแจ้งหนี้	3	3	9	2
13	ไฟฟ้า (คลังสินค้า)	kWh	ใบแจ้งหนี้	3	3	9	2
14	ไฟฟ้า (โรงเตรียมวัตถุดิบ)	kWh	ใบแจ้งหนี้	3	3	9	2
ประเภทที่ 3							
15	การใช้กระดาษ	kg	บันทึกการเบิกใช้	6	3	18	3
16	การจัดการของเสีย	kg	บันทึกการเบิกใช้	6	3	18	3
ชีวมวล							
17	แกลบ	kg	บันทึกการเบิกใช้	3	3	9	2
อื่นๆ							
18	สารทำความเย็น (R 22)	L	เอกสารการคำนวณจากผู้ให้บริการ	3	3	9	2

ตารางที่ 4 ตัวอย่างข้อมูลค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในอุตสาหกรรม
วัสดุก่อสร้าง (การผลิตกระเบื้อง)

บัญชีรายการก๊าซเรือนกระจก	ค่าการปล่อย ก๊าซเรือนกระจก	หน่วย	แหล่งที่มา
ก๊าซธรรมชาติ	0.0573	kgCO ₂ eq/sfc	TGO CFO Emission 26 Jan 14/Natural gas
	0.0532	kgCO ₂ eq/1,000BTU	TGO CFO Emission 26 Jan 14/Natural gas

บัญชีรายการก๊าซเรือนกระจก	ค่าการปล่อย ก๊าซเรือนกระจก	หน่วย	แหล่งที่มา
น้ำมันเตา	3.0883	kgCO ₂ eq/L	TGO CFO Emission 26 Jan 14/Residual fuel oil
น้ำมันแก๊สโซลีน (ที่มีการเคลื่อนที่)	2.2376	kgCO ₂ eq/L	TGO CFO Emission 26 Jan 14/ Gasoline (Mobile)
น้ำมันดีเซล (ที่มีการเคลื่อนที่)	2.7446	kgCO ₂ eq/L	TGO CFO Emission 26 Jan 14/Diesel (Mobile)
น้ำมันดีเซล (เผาไหม้อยู่กับที่)	2.7080	kgCO ₂ eq/L	TGO CFO Emission 26 Jan 14/Diesel (Stationary)
สารดับเพลิง	1.0000	kgCO ₂ eq/kg	TGO CFO Guideline Oct 13/CO ₂
ก๊าซ LPG (เผาไหม้อยู่กับที่)	3.1133	kgCO ₂ eq/kg	TGO CFO Emission 26 Jan 14/PLG (Stationary)
น้ำมันสวิตซ์เกียร์ (SF ₆)	22,800.0000	kgCO ₂ eq/L	TGO CFO Guideline Oct 13/Sulphur hexafluoride
สารทำความเย็น (R 22)	1,810.0000	kgCO ₂ eq/L	TGO CFP Emission 27 Feb 14/ Chlorodifluoro- methane (R-22)

บัญชีรายการก๊าซเรือนกระจก	ค่าการปล่อย ก๊าซเรือนกระจก	หน่วย	แหล่งที่มา
การเผาวัตถุดิบ Calcite (CaCO_3)	0.43971	$\text{kgCO}_2\text{eq/kg}$	การคำนวณสมมูล มวล
การเผาวัตถุดิบ Dolomite ($\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$)	0.47732	$\text{kgCO}_2\text{eq/kg}$	IPCC Vol.3, chapter 2, table 2.1 และการ คำนวณสมมูลมวล
การเผาวัตถุดิบ Soda ash (Na_2CO_3)	0.41492	$\text{kgCO}_2\text{eq/kg}$	IPCC Vol.3, chapter 2, table 2.1 และการ คำนวณสมมูลมวล
การเผาวัตถุดิบ Magnesite (MgCO_3)	0.52197	$\text{kgCO}_2\text{eq/kg}$	IPCC Vol.3, chapter 2, table 2.1 และการ คำนวณสมมูลมวล
การเผาวัตถุดิบ Siderite (FeCO_3)	0.37987	$\text{kgCO}_2\text{eq/kg}$	IPCC Vol.3, chapter 2, table 2.1 และการ คำนวณสมมูลมวล
การเผาวัตถุดิบ Rhodochrosite (MnCO_3)	0.38286	$\text{kgCO}_2\text{eq/kg}$	IPCC Vol.3, chapter 2, table 2.1 และการ คำนวณสมมูลมวล
ไฟฟ้า	0.5813	$\text{kgCO}_2\text{eq/kWh}$	TGO CFO Emission 26 Jan 14/ Thailand Grid Mix Electricity

บัญชีรายการก๊าซเรือนกระจก	ค่าการปล่อย ก๊าซเรือนกระจก	หน่วย	แหล่งที่มา
ก๊าซมีเทน	25.0000	kgCO ₂ eq/kg	TGO CFO Guideline Oct 13/Methane
การใช้กระดาษ	0.7350	kgCO ₂ eq/kg	TGO CFP Emission 27 Feb 14/ กระดาษ
การจัดการขยะ	2.5300	kgCO ₂ eq/kg	TGO CFP Guideline Oct 13/การฝังกลบ วัสดุที่มีคาร์บอน เป็นองค์ประกอบ
แกลบ (อยู่กับที่)			
CO ₂	1.4400	kgCO ₂ eq/kg	IPCC Vol. 2 table 2.2, อ้างอิง ค่าพลังงานความร้อน แกลบเท่ากับ 3440 kcal/kg (DEDE, 2013)
CH ₄	0.0108	kgCO ₂ eq/kg	
N ₂ O	0.0172	kgCO ₂ eq/kg	

ค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของการเผาไหม้เชื้อเพลิงชีวมวลประเภทอื่นๆ สามารถอ้างอิงค่าพลังงานความร้อนจากรายงานพลังงานของประเทศไทย ประจำปี กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน และอ้างอิงค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของ Wood/wood waste, Charcoal หรือ Other primary solid biomass จาก IPCC.2006. Chapter 2: Stationary Combustion table 2.2

3. แนวทางการคำนวณปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก

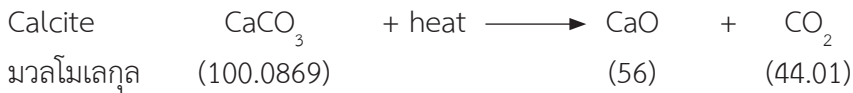
1. คัดเลือกวิธีการคำนวณ เลือกและใช้วิธีการคำนวณปริมาณการปล่อยและดูดกลับก๊าซเรือนกระจกที่คลาดเคลื่อนน้อยที่สุด และลดความไม่แน่นอนอย่างสมเหตุสมผล อาจพิจารณาเลือกจาก

- 1.1 การตรวจวัดปริมาณการปล่อยและดูดกลับก๊าซเรือนกระจก โดยตรง ณ แหล่งปล่อยหรือดูดซับก๊าซเรือนกระจกอย่างต่อเนื่องหรือเว้นช่วงเป็นระยะ โดยใช้เครื่องมือหรืออุปกรณ์ การตรวจวัดที่ได้มาตรฐานตามวิธีการตามมาตรฐานสากล ซึ่งจะทำให้ได้ข้อมูลปริมาณการปล่อยและดูดกลับก๊าซเรือนกระจกที่มีความถูกต้องสูง

- 1.2 จากการคำนวณด้วยการสร้างโมเดลหรือการทำสมการมวลสารสมดุล หรือการวิเคราะห์สหสัมพันธ์ facility-specific หรือการคำนวณโดยใช้ข้อมูลกิจกรรมต่างๆ ที่เกิดขึ้นภายในองค์กร คูณกับค่าการปล่อยหรือดูดกลับก๊าซเรือนกระจก และแสดงผลให้อยู่ในรูปของตัน (กิโลกรัม) คาร์บอนไดออกไซด์ เทียบเท่า (CO_2 equivalent)

$$\text{ปริมาณก๊าซเรือนกระจก} = \text{ข้อมูลกิจกรรม} \times \text{ค่าการปล่อยหรือดูดกลับก๊าซเรือนกระจก}$$

ตัวอย่าง การคำนวณค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจก (ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์) จากการเผาให้ความร้อนแก่วัตถุดิบคาร์บอเนต ตัวอย่างเช่น Calcite (CaCO_3), Dolomite ($\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$), Soda ash (Na_2CO_3) ซึ่งเป็นวัตถุดิบหลักในการผลิตกระเบื้องเซรามิกด้วยวิธีการคำนวณมวลสมดุล แสดงดังนี้



ดังนั้น การเผาไหม้ CaCO_3 ปริมาณ 1 กิโลกรัม ทำให้เกิดปริมาณ CO_2 เท่ากับ 0.43971 กิโลกรัม (สมมติฐานสัดส่วนของการเกิดปฏิกิริยา calcination เท่ากับ 100%)

- 1.3 จากการตรวจวัดร่วมกับการคำนวณ ตัวอย่างเช่น การนำข้อมูลปริมาณการใช้เชื้อเพลิงที่จัดเก็บและข้อมูลปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ซึ่งได้จากการตรวจวัด มาทำการคำนวณปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดจากการเผาไหม้ โดยอาศัยสมการมวลสารสมดุล การคำนวณก๊าซมีเทนจากการบำบัดน้ำเสีย โดยอาศัยค่าตรวจวัดพารามิเตอร์ทางน้ำ (COD) มาใช้ในการคำนวณปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก

ตัวอย่าง อุตสาหกรรมวัสดุก่อสร้าง (การผลิตกระเบื้อง) เป็นอุตสาหกรรมหนึ่งที่มีการใช้น้ำในกระบวนการผลิตปริมาณมาก และน้ำเสียจากกระบวนการผลิตจะมีค่า COD ในระดับต่ำเมื่อเปรียบเทียบกับอุตสาหกรรมอื่นๆ เช่น อุตสาหกรรมอาหาร การบำบัดน้ำเสีย โดยส่วนใหญ่ใช้วิธีทางเคมีและแบบใช้ออกซิเจน และบางโรงงานอาจมีบ่อพักเก็บน้ำหลังการบำบัดแล้ว ซึ่งบ่อพักน้ำอาจกลายเป็นแหล่งปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากน้ำเสียได้อีกทางหนึ่ง

ตารางที่ 5 ตัวอย่างการคำนวณปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ถูกปล่อยออกจากระบบ
บำบัดน้ำเสียในอุตสาหกรรมวัสดุก่อสร้าง (การผลิตกระเบื้อง)

ปริมาณน้ำเสีย (เดือนที่ 1) (ลบ.ม.) (A)	COD เข้าระบบ (กก/ลบ.ม.) (B)	COD ออกจากระบบ (กก/ลบ.ม.) (C)	GHG Emission (เดือนที่ 1) (kg CO ₂ eq) [5x((AxB)-(S))]
55,428.00	0.0019	0.0013	526.57

สูตรคำนวณ

$$\text{GHG Emission} = 5 * (W_i * \text{COD}) - S$$

W_i = ปริมาณน้ำเสีย (ลบ.ม.)

COD = ความต้องการออกซิเจนทางเคมีของน้ำเสียขาเข้า
(กิโลกรัม COD ต่อ ลบ.ม.)

S = สารอินทรีย์ที่ถูกกำจัดในรูปของสลัดจ์ (กิโลกรัม COD)

*หมายเหตุ : การคำนวณปริมาณมีเทนที่เกิดขึ้นจากบ่อกักเก็บน้ำหลังบำบัดแล้วแบบใช้ออกซิเจน
โดยบ่อกักเก็บน้ำมีวิธีการจัดการแบบไม่เติมอากาศ (ความลึกมากกว่า 2 เมตร)
และไม่มีการนำสลัดจ์ไปกำจัด (S เท่ากับ 0)

ค่า $\text{COD}_{in} = 19 \text{ mg/L}$, $\text{COD}_{out} = 13.11 \text{ mg/L}$

**อ้างอิงวิธีคำนวณตามแนวทางการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กร (อบก.) ตุลาคม 2556

- คัดเลือกวิธีการรวบรวมข้อมูลกิจกรรม หากมีการใช้ข้อมูลกิจกรรม
ประกอบการคำนวณ ต้องมีการคัดเลือกและเก็บข้อมูลกิจกรรม
การปล่อยและดูดซับก๊าซเรือนกระจกที่ไม่ขัดแย้งกับวิธีการคำนวณ
ที่ได้เลือกไว้ ทั้งนี้ข้อมูลทั้งหมดควรได้รับการบันทึกไว้ในรูปแบบที่
เหมาะสมสำหรับใช้วิเคราะห์และทวนสอบได้อีกอย่างน้อย 2 ปี

3. คัดเลือกหรือพัฒนาค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่ทราบแหล่งที่มา เหมาะสมใช้กับแหล่งปล่อยหรือดูดซับก๊าซเรือนกระจกแต่ละแหล่ง เป็นค่าปัจจุบันในขณะที่ใช้คำนวณ ที่คำนึงถึงความไม่แน่นอนในการคำนวณ และนำมาใช้คำนวณเพื่อให้ได้ผลลัพธ์ที่ถูกต้อง ตลอดจนไม่ขัดแย้งกับความตั้งใจในการใช้งานบัญชีรายการปริมาณก๊าซเรือนกระจก ในกรณีที่ไม่สามารถจัดเก็บข้อมูลค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกแบบปฐมภูมิได้ สามารถเลือกใช้ข้อมูลทุติยภูมิที่เรียงตามลำดับความสำคัญของความน่าเชื่อถือและคุณภาพของข้อมูลได้ ดังนี้
- ฐานข้อมูลที่ทำการศึกษาและเผยแพร่โดยองค์กรภายในประเทศที่มีส่วนเกี่ยวข้องโดยตรงกับกิจกรรมนั้นๆ
 - ฐานข้อมูลสิ่งแวดล้อมของวัสดุพื้นฐานและพลังงานของประเทศไทย (Thai LCI Database) ซึ่งรวบรวมและจัดการโดยศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ (ดูข้อมูลเพิ่มเติมที่ <http://www.thailcidatabase.net>)
 - ข้อมูลจากวิทยานิพนธ์และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องที่ทำในประเทศ ซึ่งผ่านการกรองแล้ว (peer-reviewed publications) ฐานข้อมูลที่เผยแพร่ทั่วไป ได้แก่ โปรแกรมสำเร็จรูปด้านการประเมินวัฏจักรชีวิต (LCA Software) ฐานข้อมูลเฉพาะของกลุ่มอุตสาหกรรม หรือฐานข้อมูลเฉพาะของแต่ละประเทศ เป็นต้น
 - ข้อมูลที่ตีพิมพ์โดยองค์กรระหว่างประเทศ เช่น คณะกรรมการระหว่างรัฐบาลว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (Intergovernmental Panel on Climate Change: IPCC) องค์กรของสหประชาชาติ

คำนวณปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกด้วยการฝังสูตรคำนวณ
ในตารางแผ่นคำนวณ พร้อมทั้งจัดทำรายงานการปล่อยก๊าซเรือนกระจกตาม
รูปแบบที่ อบก. กำหนด

ประเภท	รายการ	ค่า LC3		ค่าใช้จ่ายอื่นๆ	ค่า CO2 หน่วย: CO2e	คิดค่า					หน่วย	สัดส่วน (%)	ค่ารวมทั้งหมด
		ค่าเงิน	ค่าเงิน			ค่าเงิน	ค่าเงิน	ค่าเงิน	ค่าเงิน	ค่าเงิน			
ประเภทที่ 1	น้ำมันดีเซล	1,000	20,000.0	ราคาน้ำมันดีเซล	0.0000						1,000	0.00	
	น้ำมันดีเซล	1,000	20,000.0	ราคาน้ำมันดีเซล	0.0000						1,000	0.00	
	น้ำมันดีเซล	1,000	20,000.0	ราคาน้ำมันดีเซล	0.0000						1,000	0.00	
	น้ำมันดีเซล	1,000	20,000.0	ราคาน้ำมันดีเซล	0.0000						1,000	0.00	
	น้ำมันดีเซล	1,000	20,000.0	ราคาน้ำมันดีเซล	0.0000						1,000	0.00	
	น้ำมันดีเซล	1,000	20,000.0	ราคาน้ำมันดีเซล	0.0000						1,000	0.00	
	น้ำมันดีเซล	1,000	20,000.0	ราคาน้ำมันดีเซล	0.0000						1,000	0.00	
	น้ำมันดีเซล	1,000	20,000.0	ราคาน้ำมันดีเซล	0.0000						1,000	0.00	
	น้ำมันดีเซล	1,000	20,000.0	ราคาน้ำมันดีเซล	0.0000						1,000	0.00	
	น้ำมันดีเซล	1,000	20,000.0	ราคาน้ำมันดีเซล	0.0000						1,000	0.00	
ประเภทที่ 2	น้ำมันดีเซล	1,000	20,000.0	ราคาน้ำมันดีเซล	0.0000						1,000	0.00	
	น้ำมันดีเซล	1,000	20,000.0	ราคาน้ำมันดีเซล	0.0000						1,000	0.00	
	น้ำมันดีเซล	1,000	20,000.0	ราคาน้ำมันดีเซล	0.0000						1,000	0.00	
	น้ำมันดีเซล	1,000	20,000.0	ราคาน้ำมันดีเซล	0.0000						1,000	0.00	
	น้ำมันดีเซล	1,000	20,000.0	ราคาน้ำมันดีเซล	0.0000						1,000	0.00	
	น้ำมันดีเซล	1,000	20,000.0	ราคาน้ำมันดีเซล	0.0000						1,000	0.00	
	น้ำมันดีเซล	1,000	20,000.0	ราคาน้ำมันดีเซล	0.0000						1,000	0.00	
	น้ำมันดีเซล	1,000	20,000.0	ราคาน้ำมันดีเซล	0.0000						1,000	0.00	
	น้ำมันดีเซล	1,000	20,000.0	ราคาน้ำมันดีเซล	0.0000						1,000	0.00	
	น้ำมันดีเซล	1,000	20,000.0	ราคาน้ำมันดีเซล	0.0000						1,000	0.00	
ประเภทที่ 3	น้ำมันดีเซล	1,000	20,000.0	ราคาน้ำมันดีเซล	0.0000						1,000	0.00	
	น้ำมันดีเซล	1,000	20,000.0	ราคาน้ำมันดีเซล	0.0000						1,000	0.00	
	น้ำมันดีเซล	1,000	20,000.0	ราคาน้ำมันดีเซล	0.0000						1,000	0.00	
	น้ำมันดีเซล	1,000	20,000.0	ราคาน้ำมันดีเซล	0.0000						1,000	0.00	
	น้ำมันดีเซล	1,000	20,000.0	ราคาน้ำมันดีเซล	0.0000						1,000	0.00	
	น้ำมันดีเซล	1,000	20,000.0	ราคาน้ำมันดีเซล	0.0000						1,000	0.00	
	น้ำมันดีเซล	1,000	20,000.0	ราคาน้ำมันดีเซล	0.0000						1,000	0.00	
	น้ำมันดีเซล	1,000	20,000.0	ราคาน้ำมันดีเซล	0.0000						1,000	0.00	
	น้ำมันดีเซล	1,000	20,000.0	ราคาน้ำมันดีเซล	0.0000						1,000	0.00	
	น้ำมันดีเซล	1,000	20,000.0	ราคาน้ำมันดีเซล	0.0000						1,000	0.00	

รูปที่ 3 ตารางแผ่นคำนวณในรายงานการปล่อยก๊าซเรือนกระจกตามรูปแบบที่ อบก. กำหนด

รายงานการปล่อยและดูดกลับก๊าซเรือนกระจก ขององค์กร



ชื่อบริษัท : บริษัท วิศุทธาธรรมการเบียร์ จำกัด
ที่อยู่/ที่ตั้งโรงงาน : 143 ม.1 อ.หนองแค จ.สระบุรี
วันที่รายงานผล : 20 พฤศจิกายน 2557
ระยะเวลาในการติดตามผล : 1 มกราคม - 31 ธันวาคม 2555

เพื่อการตรวจสอบและรับรองผลการปล่อยก๊าซเรือนกระจก
โดย องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน)

รูปที่ 4 รายงานการปล่อยก๊าซเรือนกระจกตามรูปแบบที่ อบก. กำหนด

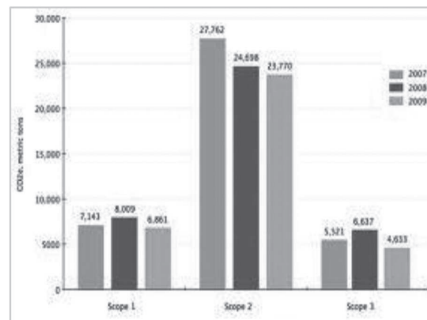
ทั้งนี้ต้องทำการคำนวณซ้ำใหม่ ในกรณีต่อไปนี้

- ❖ มีการเปลี่ยนแปลงขอบเขตองค์กร
- ❖ มีการเปลี่ยนแปลงเชิงโครงสร้างองค์กรที่กระทบต่อรูปแบบกิจกรรม และแหล่งที่มาของการปล่อยก๊าซเรือนกระจก
- ❖ มีการเปลี่ยนแปลงช่วงระยะเวลาในการเก็บข้อมูล
- ❖ มีการเปลี่ยนแปลงวิธีการคำนวณ

4. สัดส่วนการปล่อยก๊าซเรือนกระจก

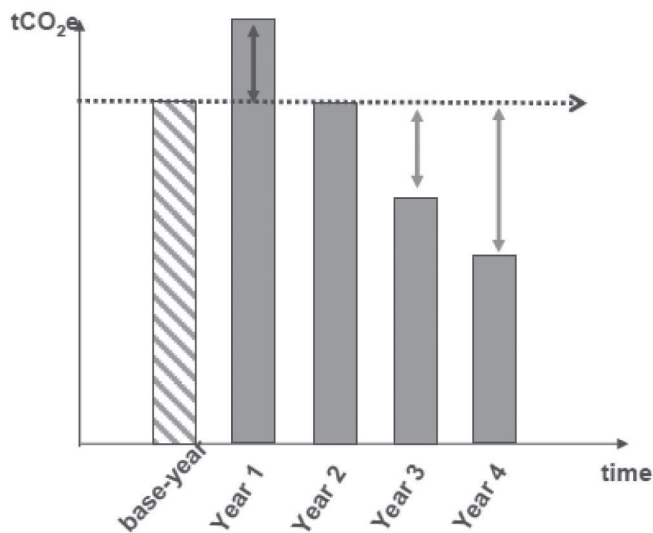
การแสดงผลปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกและการรายงานผล ปริมาณก๊าซเรือนกระจกขององค์กรสามารถแสดงได้หลายรูปแบบ ทั้งเป็น ข้อมูลรายปีหรือข้อมูลเชิงเปรียบเทียบกับปีที่ผ่านมา

SCOPE	EMISSIONS (tCO ₂)
Scope 1	7,265
Scope 2	52
Scope 3	327,634
Total	334,951



รูปที่ 5 ตัวอย่างการรายงานผลปริมาณก๊าซเรือนกระจกขององค์กร

นอกจากนี้ สามารถแสดงข้อมูลเชิงเปรียบเทียบกับค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์
ในปีฐานได้



รูปที่ 6 ตัวอย่างการรายงานผลปริมาณก๊าซเรือนกระจกขององค์กรเชิงเปรียบเทียบ
กับค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์ในปีฐาน

ทั้งนี้ ไม่สามารถนับรวมการรายงานปริมาณการลดเขยคาร์บอนได้ แต่สามารถรายงานแยก ยกเว้นในกรณีที่ขอดำเนินการผ่านระบบฉลากลดเขยคาร์บอน จะสามารถนำตัวเลขที่ลดได้จากการจัดซื้อคาร์บอนเครดิต โดยคาร์บอนเครดิตที่อนุญาตให้นำมาลดเขยได้ ได้แก่ คาร์บอนเครดิตจากโครงการกลไกการพัฒนาที่สะอาด (Clean Development Mechanism: CDM) ที่เรียกว่า Certified Emission Reductions (CERs) คาร์บอนเครดิตจากโครงการลดก๊าซเรือนกระจกภาคสมัครใจตามมาตรฐานสากล (Verified Emission Reductions: VERs) ที่อยู่ในประเทศไทยเท่านั้น และคาร์บอนเครดิตจากโครงการลดก๊าซเรือนกระจกภาคสมัครใจตามมาตรฐานของประเทศไทย (Thailand Voluntary Emission Reductions: TVERs) ซึ่งกำลังจะเกิดขึ้นในอนาคต





บทที่ 4

การประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ในกลุ่มอุตสาหกรรมเซรามิก

ดร. วศิน มหัตนรินทร์กุล

รุจน์ ภูนิยม

สมาคมเครือข่ายบริการวิชาการ

1. บทนำ

เซรามิกเป็นผลิตภัณฑ์ที่อยู่คู่กับมนุษยชาติมานานนับพันปี โดยคนจีนเป็นชาติที่บุกเบิกเครื่องปั้นดินเผาในรุ่นแรกๆ จนมีการใช้คำว่า “ไชน่าแวร์” เพื่อเป็นเกียรติให้กับคนจีน ในปัจจุบันชีวิตประจำวันของเราล้วนต้องใช้งานหรือเป็นเจ้าของผลิตภัณฑ์เครื่องปั้นดินเผาหรือเซรามิก ทั้งในรูปแบบที่เป็นของใช้ในชีวิตประจำวัน ของฝาก และของที่ระลึก อีกทั้งยังมีความต้องการในตลาดอยู่ในปริมาณสูง จึงมีการผลิตในรูปแบบอุตสาหกรรมในปริมาณมากในแต่ละปี ประเทศไทยถือเป็นฐานการผลิตเพื่อส่งออกที่สำคัญแห่งหนึ่งของโลก ดังนั้นแนวทางการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กรกลุ่มเซรามิกนั้นจึงมีความน่าสนใจในการศึกษาและเป็นแนวทางสำหรับองค์กรที่กำลังเริ่มดำเนินการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กร

2. แนวทางการจัดทำคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กร ของกลุ่มอุตสาหกรรมเซรามิก

2.1 การกำหนดขอบเขตองค์กร

การกำหนดขอบเขตการรวบรวมแหล่งปล่อยและแหล่งดูดกลับก๊าซเรือนกระจกตามแนวทางการประเมิน มีหลักคือ แบบควบคุม (Operational Control หรือ Financial Control) หรือแบบปันส่วนตามกรรมสิทธิ์ (Equity Share)

จากการดำเนินการในรอบที่ผ่านมา อุตสาหกรรมเซรามิกทั้งหมดเลือกแบบควบคุมการดำเนินการ (Operational Control) โดยกำหนดขอบเขตการควบคุมระดับโรงงานโดยไม่รวมสำนักงานใหญ่ เนื่องจากความเหมาะสมกับการนำไปใช้งานในการสื่อสารกับลูกค้าอุตสาหกรรมเซรามิก และสะดวกต่อการประเมินเพราะมีการแยกนิติบุคคลโดยชัดเจนจากสำนักงานใหญ่

2.2 กิจกรรมที่มีการปล่อยและดูดกลับก๊าซเรือนกระจก

เมื่อกำหนดขอบเขตขององค์กรแล้ว ก็จะสามารถวางกรอบของข้อมูลโดยระบุขอบเขตในแผนผังโครงสร้างของโรงงานและแผนผังบริเวณของโรงงาน ทั้งนี้ขึ้นกับขอบเขตของโรงงาน ว่าโรงงานมีกิจกรรมมากเท่าใด

จากนั้น จึงจัดทำแผนผังกระบวนการผลิตที่จะทำประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจก พร้อมระบุสารขาเข้าและขาออก จากการวิเคราะห์สารขาเข้าขาออกช่วยให้มองเห็นแหล่งปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้ครบถ้วน โดยเริ่มจากขาเข้า ได้แก่ วัตถุดิบ พลังงาน กิจกรรม ได้แก่ กระบวนการผลิต และสนับสนุนสารขาออก ได้แก่ สินค้า ของเสีย และแหล่งปล่อยต่างๆ จากนั้น นำมาจำแนกประเภทของกิจกรรมต่อไป

2.2.1 ด้านวัตถุดิบ

วัตถุดิบที่ใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิก สามารถแบ่งกลุ่มได้ดังนี้ (1) วัตถุดิบประเภทดิน (Clays) ซึ่งเป็นตัวให้ความเหนียวและช่วยให้สามารถขึ้นรูปเนื้อดินได้ง่าย (2) วัตถุดิบประเภทสารช่วยหลอม (Fluxes) ซึ่งเป็นแร่ที่ประกอบด้วยอัลคาไลน์หรืออัลคาไลน์เอิร์ท ซึ่งจะหลอมตัวระหว่างเผาและทำปฏิกิริยากับสารประกอบตัวอื่นๆ เพื่อฟอร์มตัวเป็นแก้ว (3) วัตถุดิบประเภทตัวเติม (Fillers) เช่น ททรายแก้ว (Silica) จะทำหน้าที่หลักในการควบคุมค่าการขยายตัวเนื่องจากความร้อนของเนื้อดินหลังการเผา (4) วัตถุดิบประเภทอื่น เช่น สารเคลือบ และสีต่างๆ

2.2.2 กระบวนการผลิต

กระบวนการผลิตของโรงงานเซรามิก โดยส่วนใหญ่ประกอบด้วย การนำดินมาทำการขึ้นรูปขึ้นงานเพื่อให้ได้รูปทรงต่างๆ ตามต้องการ ติดอุปกรณ์ประกอบและขัดแต่งชิ้นงาน ทิ้งให้แห้ง นำงานที่แห้งมาทำการเรียงเข้าเตาเพื่อเผาชิ้นงานที่อุณหภูมิ 700 - 900 องศาเซลเซียส เรียกว่าบิสกิต นำบิสกิตจุ่มลงในน้ำเคลือบทิ้งไว้ให้แห้ง ชิ้นงานบิสกิตที่เคลือบแล้วนำไปเผาอีกครั้งที่อุณหภูมิประมาณ 1,100 - 1,300 องศาเซลเซียส ตรวจสอบคุณภาพ แล้วนำชิ้นงานที่เสร็จสมบูรณ์มาประกอบอุปกรณ์เพิ่ม แล้วจึงทำการบรรจุหีบห่อส่งออกขายต่อไป



2.2.3 พลังงาน

พลังงานความร้อน ใช้ในกระบวนการเผา โรงงานเซรามิกส่วนใหญ่ใช้พลังงานความร้อนจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงประเภทก๊าซปิโตรเลียมเหลว LPG ในการผลิตแบบปริมาณมาก และการใช้พลังงานความร้อนจากไฟฟ้าในการเผาสำหรับการผลิตปริมาณน้อย

พลังงานไฟฟ้า ใช้ในเครื่องจักรในกระบวนการเตรียมดินขึ้นรูปเครื่อง automation และระบบสายพานลำเลียงต่างๆ

2.2.4 ของเสีย

ของเสียจากกระบวนการผลิต เช่น น้ำเสียจากกระบวนการผลิตน้ำเคลือบ การล้าง สีนํ้าเซรามิกที่ไม่ผ่านการตรวจ บรรจุภัณฑ์ชำรุด

2.2.5 กระบวนการสนับสนุนอื่นๆ

เช่น การขนส่งวัตถุดิบภายใน การเดินทาง การผลิตไฟฟ้าสำรอง การบำบัดของเสีย กิจกรรมของพนักงานที่อยู่ในขอบเขตของโรงงาน

ตารางที่ 1 แสดงกิจกรรมขององค์กรและแหล่งปล่อยก๊าซเรือนกระจก

ประเภท	กิจกรรมที่มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจก	ตัวอย่างกิจกรรม
ประเภทที่ 1	การเผาไหม้อยู่กับที่	การเผาไหม้เชื้อเพลิงประเภทต่างๆ เช่น น้ำมันดีเซลหรือเบนซิน ก๊าซ LPG ในเตาเผา LPG ที่ใช้ในงานซ่อมบำรุง
	การเผาไหม้ที่มีการเคลื่อนที่	การเผาไหม้เชื้อเพลิง เช่น น้ำมันดีเซลหรือเบนซิน ในยานพาหนะประเภทต่างๆ
	กระบวนการแปรสภาพเป็นก๊าซ (Gasification) ในการผลิต	กระบวนการแปรสภาพเป็นก๊าซ (Gasification) กลุ่มสารเคมีที่เกิดปฏิกิริยาจะเป็นกลุ่มที่มีองค์ประกอบ Carbon คือประเภท Carbonate อันได้แก่ Calcium Carbonate, Barium Carbonate, Dolomite (Zirconium carbonate)
	การรั่วไหลและอื่นๆ	การรั่วไหลของสารทำความเย็น การปล่อยก๊าซมีเทนจากระบบบำบัดน้ำเสียจากกระบวนการผลิตและสาธารณูปโภค และการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เกิดจากการฝังกลบขยะในบริเวณ
ประเภทที่ 2	การใช้พลังงานไฟฟ้า	ก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นจากการผลิตไฟฟ้าที่ส่งผ่าน และ/หรือซื้อมาโดยองค์กร

3. แนวทางการคำนวณปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก

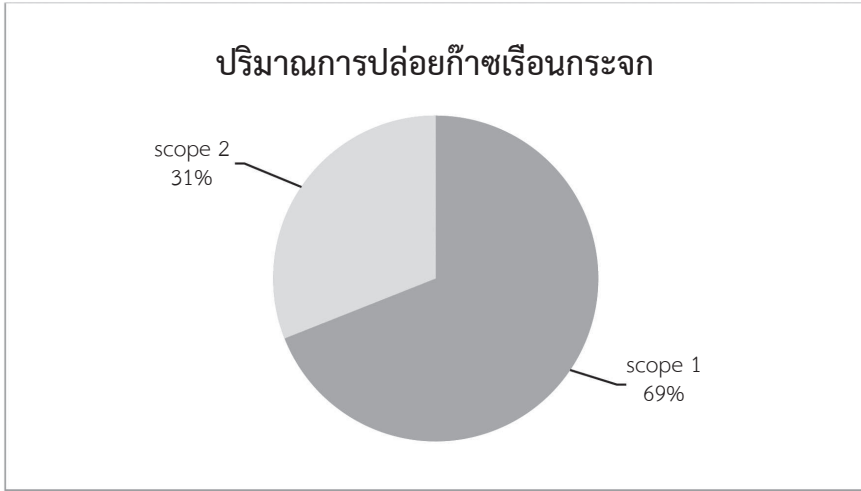
จากข้อมูลข้างต้นเมื่อพิจารณาครบถ้วนแล้ว จึงนำไปคำนวณและจัดทำบัญชีก๊าซเรือนกระจก ตัวอย่างเช่น แหล่งปล่อยก๊าซเรือนกระจกหลักที่อยู่ในกระบวนการผลิต ในด้านปริมาณแหล่งปล่อยที่มีปริมาณสูงเกิดจากการเผาไหม้เชื้อเพลิง LPG เพื่อใช้ความร้อนในการเผาเซรามิก ซึ่งเป็นการเผาไหม้อยู่กับที่ (stationary combustion) การคำนวณที่เหมาะสมที่สุดคือการนำปริมาณการใช้เชื้อเพลิงสำหรับการเผาไหม้ คูณกับค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจก (EF) (เนื่องจากโรงงานเซรามิกในประเทศไทยส่วนใหญ่ไม่มีการตรวจจับปริมาณก๊าซที่จุดปล่อย) อีกรายการที่น่าสนใจคือใช้สารเคมีในการเคลือบและผ่านกระบวนการเผาด้วยความร้อนสูง ทำให้เกิดกระบวนการแปรสภาพเป็นก๊าซ (Gasification) กลุ่มสารเคมีที่เกิดปฏิกิริยาจะเป็นกลุ่มที่มีองค์ประกอบ Carbon คือประเภท Carbonate อันได้แก่ Calcium Carbonate, Barium Carbonate, Dolomite (Zirconium carbonate) ซึ่งเมื่อเผาจะทำให้เกิดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO₂) การคำนวณก๊าซเรือนกระจกจากกระบวนการแปรสภาพเป็นก๊าซ เนื่องจากไม่มีการตรวจจับปริมาณก๊าซที่จุดปล่อยและไม่มีค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจก (EF) ที่อ้างอิงได้ การคำนวณจึงต้องคำนวณจากปริมาณการใช้สารเคมีแต่ละชนิด คูณกับค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่คำนวณขึ้น โดยค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกคำนวณจากสัดส่วนโดยน้ำหนักของ CO₂ Gasification ของปฏิกิริยาจากสารแต่ละชนิด เช่น Calcium carbonate



เมื่อเกิดปฏิกิริยาจะเกิด CO₂ ซึ่งมีมวลโมเลกุล 44.01 คิดเป็นสัดส่วนคือ 43.97% ของมวลโมเลกุล Calcium carbonate

$$\text{คือ EF} = 44.01/100.09 = 0.4397$$

เมื่อคำนวณทุกรายการแล้ว พบว่า โดยทั่วไปสัดส่วนการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของโรงงานอุตสาหกรรมเซรามิกโดยเฉลี่ย (ไม่รวม Scope 3) คือ



4. ข้อควรระวังในการบันทึกข้อมูลสำหรับการคำนวณค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กร

การประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของโรงงานในอุตสาหกรรมเซรามิก นอกเหนือจากกระบวนการผลิตเซรามิกแล้ว ในส่วนอื่นต้องพิจารณาให้ครบถ้วนตามขอบเขตที่ระบุด้วย ในบางกรณีอาจเป็นประเด็นที่ทำให้เกิดการประเมินเกินกว่าความเป็นจริง เช่น บางโรงงานมีการฝังกลบขยะจากเซรามิกในขอบเขตขององค์กรซึ่งเป็นของเสียอันเกิดจากผลิตภัณฑ์มีตำหนิ ไม่ผ่านการตรวจสอบ (ซึ่งของเสียบางโรงงานอาจสูงถึงร้อยละ 30 ของปริมาณผลิต) ซึ่งต้องกลายเป็นขยะหากใช้วิธีคำนวณปริมาณก๊าซเรือนกระจกจากการกำจัดขยะจากการคูณกับ “ค่าปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ถูกปล่อยออกจากการกองขยะแบบต้น” โดยตรง จะมีปริมาณ CO₂ เทียบเท่าสูงมาก ดังนั้นการพิจารณาต้องดูองค์ประกอบทาง

เคมีของขยะด้วย ในกรณีของขยะเซรามิกถือว่าไม่มีองค์ประกอบของคาร์บอน จึงสามารถประเมินปริมาณ CO_2 เทียบเท่าเป็นศูนย์ได้

ตารางที่ 2 แสดงตัวอย่างองค์ประกอบของขยะเซรามิกโดยทั่วไป ซึ่งไม่พบองค์ประกอบของคาร์บอน

Composition of ceramic body	
องค์ประกอบ	wt(%)
SiO_2	67.35
Al_2O_3	19.79
Fe_2O_3	2.52
Na_2O_3	0.15
K_2O	4.13
TiO_2	0.92
MgO	2.00
CaO	2.32

5. ข้อเสนอแนะในการลดปริมาณก๊าซเรือนกระจก

เมื่อพิจารณาผลคำนวณปริมาณก๊าซเรือนกระจกพบว่า การใช้เชื้อเพลิง LPG ในการผลิตความร้อนเพื่อใช้ในการเผาเซรามิก ซึ่งมีสัดส่วนก๊าซเรือนกระจก สูงถึงร้อยละ 60 - 70 (ขึ้นอยู่กับการใช้ความร้อน บางโรงงานอาจใช้พลังงานไฟฟ้า ผลิตความร้อนทดแทนบางส่วน) ดังนั้นหากจัดลำดับความสำคัญในการ ลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก จึงควรดำเนินการลดการปล่อยก๊าซ เรือนกระจกในส่วนเตาเผาเป็นอันดับแรก โดยปรับปรุงประสิทธิภาพของเตา เช่น

- (1) การปรับปรุงประสิทธิภาพการเผาไหม้ : ทำได้โดยการใช้หัวเผาประสิทธิภาพสูง เช่น Self-Recuperative Burner และดูแลระบบการควบคุมประสิทธิภาพการเผาไหม้ให้ทำงานสมบูรณ์อยู่เสมอ (ควบคุมส่วนผสมเชื้อเพลิงและอากาศ)
- (2) การลดการสูญเสียความร้อนทางปล่องไอเสีย : ทำโดยความดันภายในเตาไม่สมดุลกับความดันบรรยากาศ ถ้าความดันภายในเตาต่ำกว่าความดันบรรยากาศ อากาศเย็นจากภายนอกจะเข้าสู่เตา ส่งผลให้อุณหภูมิเตาลดลงและการสูญเสียความร้อนออกทางปล่องจะสูงขึ้น ควรควบคุมความดันภายในเตาโดยการติดตั้งบานปรับ (Damper) ที่ปล่องไอเสีย เพื่อให้ความดันสูงกว่าบรรยากาศเล็กน้อย
- (3) การลดการสูญเสียความร้อนผ่านพื้นผิวเตา : ทำได้โดยเลือกใช้ฉนวนความร้อนที่มีประสิทธิภาพสูงและหมั่นตรวจสอบความร้อนที่ผิวเตา หากพบความร้อนที่ผิวสูงต้องซ่อมแซมฉนวนให้สมบูรณ์
- (4) การลดการสูญเสียความร้อนจากช่องเปิดหรือรูรั่วของเตา : ทำโดยลดช่องว่างต่างๆ ที่เป็นสาเหตุให้ความร้อนรั่วไหล ตลอดจนลดขนาดช่องเข้าออกของชิ้นงานให้มีขนาดใกล้เคียงกับขนาดของชิ้นงานมากที่สุด เพื่อลดปริมาณความร้อนสูญเสีย
- (5) การลดการสูญเสียจากการผลิตชิ้นงานไม่ได้ตามคุณภาพที่กำหนด : เนื่องจากการผลิตเซรามิกทั่วไปมีของเสียในปริมาณสูงถึงร้อยละ 30 การปรับปรุงกระบวนการผลิต การลดของเสีย จะส่งผลการใช้พลังงานลดลง
- (6) การบริหารการผลิต : ทำได้โดยจัดให้มีกระบวนการวางแผนการผลิตแบบต่อเนื่อง ลดการเปิดเตาโดยไม่จำเป็น และวางแผนให้ต่อเนื่องมากที่สุดเพื่อลดพลังงานในการอุ่นเตา





บทที่ 5

การประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ในกลุ่มอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์

รศ. ดร. เศรษฐ์ สัมภิตตะกุล

วสันต์ พุฒิพุทธ

หน่วยวิจัยเพื่อการจัดการพลังงานและเศรษฐกิจ
สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

1. บทนำ

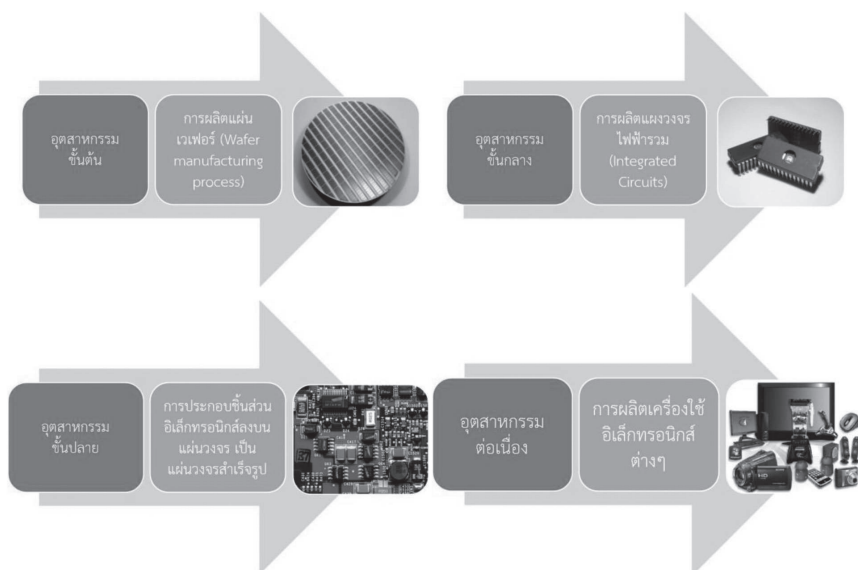
ในปัจจุบัน อุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์มีบทบาทเป็นอย่างมาก ทั้งต่อระบบอุตสาหกรรมและการค้าของประเทศ ดังที่เห็นได้จากสัดส่วนมูลค่าการส่งออกรวมถึงร้อยละ 24 ของมูลค่าการส่งออกของประเทศ เป็นเงินกว่า 53,000 ล้านบาท โดยมีจำนวนผู้ประกอบการกว่า 2,000 ราย และสร้างงานให้กับคนในประเทศกว่า 500,000 อัตรา (สถาบันไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์, 2554) จากข้อมูลดังกล่าวจึงเห็นได้ว่า อุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์เป็นตัวแปรสำคัญในการประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของประเทศไทย

อุตสาหกรรมที่เกี่ยวข้องกับการผลิตชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ เริ่มดำเนินการในประเทศไทยมากกว่า 40 ปี โดยในช่วงแรกโรงงานที่ตั้งขึ้นจะเป็นการผลิตเครื่องใช้ไฟฟ้าภายในบ้าน เช่น วิทยุ โทรทัศน์ และตู้เย็น ซึ่งชิ้นส่วนที่นำมาใช้ประกอบนั้นเป็นการนำเข้าชิ้นส่วนสำเร็จรูปมาประกอบเท่านั้น ต่อมารัฐบาลได้มี

นโยบายส่งเสริมอุตสาหกรรมการผลิตเพื่อส่งออก จึงทำให้โรงงานเพื่อผลิตชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ต่างๆ เช่น แผงวงจรไฟฟ้า และแผ่นวงจรพิมพ์ได้เปิดตัวและขยายตัวขึ้นอย่างมาก

อุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์แบ่งออกเป็น 4 กลุ่ม ได้แก่

1. อุตสาหกรรมขั้นต้น เป็นการผลิตเวเฟอร์ (Wafer) จากสินแร่ซิลิคอนผ่านกระบวนการต่างๆ
2. อุตสาหกรรมชั้นกลาง เป็นการผลิตแผงวงจรไฟฟ้ารวม (IC) และแผ่นวงจรพิมพ์ (PCB)
3. อุตสาหกรรมชั้นปลาย เป็นการประกอบอุปกรณ์ชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ ลงบนแผ่นวงจรพิมพ์เป็นแผ่นวงจรสำเร็จรูป (PCBA)
4. อุตสาหกรรมต่อเนื่อง เป็นการนำเอาชิ้นส่วนต่างๆ มาประกอบขึ้นเป็นผลิตภัณฑ์ต่างๆ



รูปที่ 1 ลำดับของอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์

2. แนวทางการจัดทำคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กร

2.1 การกำหนดขอบเขตองค์กร

การกำหนดขอบเขตของบริษัทหรือโรงงานในอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์นั้น แม้จะมีความซับซ้อนในเชิงการบริหารงานเนื่องจากส่วนใหญ่จะเป็นกลุ่มธุรกิจ ซึ่งประกอบไปด้วยบริษัทหรือโรงงานต่างๆ อยู่รวมกัน แต่การแบ่งขอบเขตการทำงานจะมีความชัดเจน เพราะสามารถแบ่งการดำเนินงานได้ตามใบอนุญาตประกอบกิจการโรงงาน (ร.ง. 4) ดังนั้น การกำหนดขอบเขตเพื่อประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจก (System boundary) สามารถพิจารณาได้ภายใต้อำนาจการบริหารงานของผู้จัดการโรงงานได้ โดยพิจารณาทั้งส่วนของสำนักงานและส่วนพื้นที่การผลิต ทั้งนี้ การกำหนดขอบเขตขององค์กร (Organization boundary) เพื่อการรายงานปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในขั้นตอนสุดท้าย บริษัทหรือโรงงานอาจเลือกแบบวิธีควบคุม (Control approach) หรือวิธีปันส่วนกรรมสิทธิ์ (Equity share) ก็ได้ ตามแต่ลักษณะขององค์กรหรือการตกลงร่วมกัน

2.2 กิจกรรมที่มีการปล่อยและดูดกลับก๊าซเรือนกระจก

การระบุแหล่งปล่อยก๊าซเรือนกระจกขององค์กรนั้น ทำตามหลักการของการกำหนดขอบเขตการดำเนินงาน (Operational boundary) ซึ่งแบ่งออกเป็น 3 ประเภทของแหล่งปล่อยก๊าซเรือนกระจก ได้แก่

- ❖ การปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางตรง
- ❖ การปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางอ้อมจากการใช้พลังงาน
- ❖ การปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางอ้อมอื่นๆ

โดยในการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางตรงและการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางอ้อมนั้น ถือเป็นข้อกำหนดขั้นต่ำสำหรับการรายงานปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกตามแนวทางการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กรประเทศไทย ซึ่งต้องพิจารณาและรายงานผลในทุกองค์กร สามารถแสดงให้เห็นได้ในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 แสดงกิจกรรมขององค์กรและแหล่งปล่อยก๊าซเรือนกระจก

ประเภท	รูปแบบกิจกรรม	กิจกรรม
ประเภทที่ 1 การปล่อยก๊าซ เรือนกระจกทางตรง	การเผาไหม้แบบอยู่กับที่	กิจกรรมที่มีการเผาไหม้เชื้อเพลิงชนิดต่างๆ ที่ใช้กับอุปกรณ์สนับสนุนการผลิตขององค์กร เช่น Motor สำหรับ Generator เพื่อผลิตไฟฟ้า ยามฉุกเฉิน หรือเครื่องสูบน้ำในระบบดับเพลิง
		กิจกรรมการเผาไหม้เชื้อเพลิงที่ใช้ในงานซ่อมบำรุง เช่น แก๊สหุงต้ม (LPG) สำหรับงานตัด
		กิจกรรมการเผาไหม้เชื้อเพลิงในกิจกรรมที่องค์กรเป็นเจ้าของหรือมีอำนาจควบคุม เช่น แก๊สหุงต้มที่ใช้ในการทำครัวภายในโรงอาหาร หรือน้ำมันเชื้อเพลิงที่ใช้ในการเผาไหม้ขณะซ้อมดับเพลิงประจำปี
	การเผาไหม้แบบเคลื่อนที่	กิจกรรมการเผาไหม้เชื้อเพลิงของยานพาหนะที่องค์กรเป็นเจ้าของ เช่น รถยนต์สำหรับฝ่ายขาย รถบรรทุกสำหรับขนถ่ายวัตถุดิบและสินค้า รถ Fork Lift
		กิจกรรมการเผาไหม้เชื้อเพลิงของยานพาหนะที่องค์กรเช่าเหมาระยะยาว เช่น รถรับส่งผู้บริหารและพนักงาน

ประเภท	รูปแบบกิจกรรม	กิจกรรม
	การรั่วไหลและอื่นๆ	การใช้สารทำความเย็นในระบบทำความเย็น เช่น สารทำความเย็น R-134a, R-407c
		การใช้อุปกรณ์ดับเพลิงแบบใช้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ทั้งในการใช้งานจริงและการซ้อมดับเพลิง
		การใช้ปุ๋ยเคมีในการปลูกต้นไม้และสนาม
		ก๊าซมีเทนในการบำบัดน้ำเสียขององค์กร
		ก๊าซมีเทนในการจัดการของเสียด้วย Septic tank (การใช้ห้องน้ำ)
		การใช้งาน SF ₆ ในระบบ Gas Circuit Breaker
ประเภทที่ 2 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้พลังงานทางอ้อม		การใช้พลังงานไฟฟ้าที่ถูกซื้อมาจากภายนอกเพื่อใช้ภายในองค์กร

สำหรับการปล่อยก๊าซเรือนกระจกประเภทที่ 3 ซึ่งจัดอยู่ในประเภทของการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางอ้อมอื่นๆ ซึ่งอยู่นอกเหนือข้อกำหนดของการรายงานปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กรตามแนวทางการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กรประเทศไทย ที่เปิดโอกาสให้องค์กรสามารถทำการประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกประเภทที่ 3 หรือไม่พิจารณาก็ได้ โดยกิจกรรมที่ควรให้ความสำคัญในการพิจารณาการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ได้แก่

การเดินทางของพนักงานโดยรถยนต์ส่วนบุคคลและแบบที่องค์กรเป็นผู้จัดหาให้ (องค์กรไม่ได้เป็นเจ้าของรถหรือเช่าเหมาระยะยาว) การใช้เชื้อเพลิงในการขนส่ง วัสดุดิบและผลิตภัณฑ์โดยผู้รับเหมาช่วงจากภายนอก การใช้วัสดุสิ้นเปลือง ในสำนักงาน เช่น กระดาษและบรรจุภัณฑ์ต่างๆ

3. แนวทางการคำนวณปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก

แนวทางการคำนวณปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นจากกิจกรรมภายในองค์กรของอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์ตามแหล่งปล่อยก๊าซเรือนกระจกประเภทต่างๆ นั้น สามารถอ้างอิงได้จากแนวทางการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กรขององค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก ซึ่งกำหนดวิธีการได้มาซึ่งปริมาณก๊าซเรือนกระจกไว้ 3 วิธี ได้แก่ วิธีการตรวจวัด วิธีการคำนวณ และวิธีการตรวจวัดร่วมกับวิธีการคำนวณ โดยส่วนมากของการประเมินปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กร มักจะเลือกใช้วิธีการคำนวณหรือวิธีการตรวจวัดร่วมกับวิธีการคำนวณ ด้วยเหตุผลจากข้อจำกัดของเครื่องมืออุปกรณ์ที่ใช้ในการตรวจวัดก๊าซเรือนกระจก ทั้งนี้วิธีการคำนวณจะใช้หลักการในการคำนวณตามสมการ

$$\text{ปริมาณก๊าซเรือนกระจก} = \text{ข้อมูลกิจกรรม} \times \text{ค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจก}$$

4. สัดส่วนการปล่อยก๊าซเรือนกระจก

เมื่อทราบถึงแนวทางในการวิเคราะห์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกิจกรรมต่างๆ ภายในองค์กรแล้ว ก็สามารถประเมินปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของบริษัทในกลุ่มอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์ได้โดยกิจกรรมทั้งหมด และค่าประมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในแต่ละกิจกรรมนั้น แสดงได้ดังตารางที่ 2 ดังนี้

ตารางที่ 2 สัดส่วนการปล่อยก๊าซเรือนกระจก

กิจกรรม	สัดส่วน (ร้อยละ)
การปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางตรง	
1) การเผาไหม้เชื้อเพลิงในเครื่องจักรและระบบสนับสนุน	
การใช้น้ำมันดีเซลผลิตไฟฟ้าโดยเครื่องกำเนิดไฟฟ้าสำรองเพื่ออุปกรณ์สำคัญ	0.01 - 0.02
2) การเผาไหม้เชื้อเพลิงในยานพาหนะขององค์กรและยานพาหนะที่องค์กรเช่าเหมาระยะยาว	
การใช้น้ำมันดีเซลใน Fork Lift ขององค์กร	0.06 - 0.07
การใช้น้ำมันเบนซินในยานพาหนะขององค์กร	0.3 - 0.5
การใช้น้ำมันดีเซลในยานพาหนะที่องค์กรเช่าเหมาระยะยาว	0.2 - 0.4
การใช้น้ำมันดีเซลในการเดินทางไป - กลับระหว่างองค์กรและที่พักของพนักงานภายในองค์กรด้วยการรับเหมาจ้าง (กรณีที่องค์กรเป็นผู้รับผิดชอบ)	21 - 25
การใช้น้ำมันเบนซินในการเดินทางไป - กลับระหว่างองค์กรและที่พักของพนักงานภายในองค์กรด้วยการรับเหมาจ้าง	0.03 - 0.05
3) การใช้สารทำความเย็นในระบบทำความเย็น	
R-134a	0 - 0.001
4) การใช้เชื้อเพลิงและสารเคมีในกระบวนการบำบัดเพลิง	
การเผาไหม้ของน้ำมันเบนซินจากกิจกรรมบำบัดเพลิงในองค์กร	0.0005 - 0.0007
การเผาไหม้ของ LPG จากกิจกรรมบำบัดเพลิงในองค์กร	0.0006 - 0.0009
การใช้อุปกรณ์ดับเพลิงแบบใช้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์	0.0007 - 0.0008

กิจกรรม	สัดส่วน (ร้อยละ)
5) การใช้สารเคมีอื่นๆ ในกิจกรรมขององค์กร	
การใช้ปุ๋ยเคมีในการปลูกต้นไม้และสนาม	0.0008 - 0.001
6) การบำบัดน้ำเสียขององค์กร	
ก๊าซมีเทนในการบำบัดน้ำเสียขององค์กร	0.7 - 1
ก๊าซมีเทนในการจัดการของเสียด้วย Septic tank	0.7 - 1
การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้พลังงานทางอ้อม	
ปริมาณการใช้ไฟฟ้าทางสายส่ง	75 - 98
การปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางอ้อมอื่นๆ	
การใช้กระดาษในสำนักงาน	0.5 - 0.9
การใช้น้ำประปา	0.0002 - 0.0005

5. ข้อควรระวังในการบันทึกข้อมูลสำหรับการคำนวณค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กร

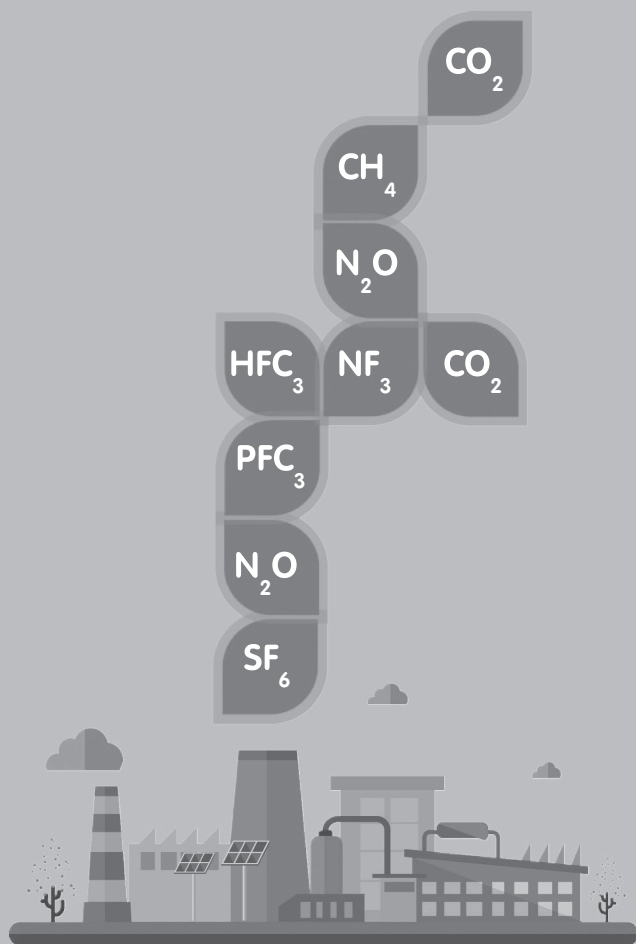
แนวทางในการรวบรวมข้อมูลและการจัดการคุณภาพข้อมูลถือเป็นสิ่งสำคัญสำหรับการคำนวณปริมาณการปล่อยและดูดกลับก๊าซเรือนกระจกขององค์กร เนื่องจากข้อมูลที่เก็บรวบรวมได้มีผลต่อความถูกต้องของปริมาณการปล่อยและดูดกลับก๊าซเรือนกระจกที่ประเมินได้ขององค์กร โดยแนวทางในการเก็บข้อมูลกิจกรรมต่างๆ ที่มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางตรงและทางอ้อมของอุตสาหกรรมสามารถแบ่งได้ดังแสดงในตาราง

ตารางที่ 3 รูปแบบการเก็บข้อมูลกิจกรรม

รูปแบบการเก็บข้อมูล	กิจกรรม
1. จัดเก็บข้อมูลจากระบบ Fleet card	- เชื้อเพลิงในรถยนต์ขององค์กร (รถยนต์สำหรับฝ่ายขาย รถบรรทุกสำหรับขนถ่ายวัตถุดิบและสินค้า รถยนต์ของผู้บริหาร)
	- น้ำมันเชื้อเพลิงในรถยนต์เช่าเหมาระยะยาว
2. จัดเก็บข้อมูลโดยใช้การตรวจสอบใบเสร็จจากฝ่ายบัญชี	- เชื้อเพลิงใน Motor สำหรับ Generator เพื่อผลิตไฟฟ้ายามฉุกเฉินหรือเครื่องสูบน้ำในระบบดับเพลิง
	- น้ำมันเชื้อเพลิงที่ใช้ในการเผาไหม้ขณะซ่อมดับเพลิงประจำปี
	- แก๊สหุงต้มที่ใช้ในการทำครัวภายในโรงอาหาร
	- การใช้เชื้อเพลิงในงานตัดเพื่อซ่อมบำรุง
	- ยานพาหนะสำหรับใช้งานในองค์กร (รถ Folk lift)
	- สารทำความเย็นในระบบทำความเย็น (สารทำความเย็น R-134a, R-407c)
	- อุปกรณ์ดับเพลิงแบบใช้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ทั้งในการใช้งานจริงและการซ่อมดับเพลิง
	- ปุ๋ยเคมีในการปลูกต้นไม้และสนาม
	- พลังงานไฟฟ้าที่ถูกซื้อมาจากภายนอกเพื่อใช้ภายในองค์กร

รูปแบบการเก็บข้อมูล	กิจกรรม
3. การบันทึกเข้าระบบฐานข้อมูลขององค์กร	- SF ₆ ในระบบ Gas Circuit Breaker
4. การคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก	
4.1 การคำนวณปริมาณการปล่อยก๊าซมีเทนใน Septic tanks โดยใช้ข้อมูลจำนวนพนักงานในองค์กร	- ก๊าซมีเทนในการจัดการของเสียด้วย Septic tank (การใช้ห้องน้ำ)
4.2 การคำนวณปริมาณการปล่อยก๊าซมีเทนในการบำบัดน้ำเสีย โดยการคำนวณปริมาณน้ำเสียจาก 80% ของปริมาณน้ำใช้ และการวัดปริมาณ COD จากฐานข้อมูลขององค์กร	- ก๊าซมีเทนในการบำบัดน้ำเสียขององค์กร

การจัดการคุณภาพข้อมูลนั้นควรจัดเก็บอย่างเป็นระบบ เนื่องจากข้อมูลที่เป็นใบเสร็จนั้นต้องได้รับการตรวจสอบทางบัญชี จึงต้องมีการจัดเก็บข้อมูลแยกไว้ หรือการใช้ข้อมูลที่เก็บไว้ในระบบฐานข้อมูลของบริษัทซึ่งผ่านการตรวจสอบภายในองค์กรแล้ว แต่อาจจะเกิดความยุ่งยากจากการเรียกดูข้อมูลเนื่องจากปริมาณใบเสร็จมีปริมาณมากและไม่ได้มีการแยกหรือทำสำเนาไว้สำหรับการวิเคราะห์ก๊าซเรือนกระจก ซึ่งต้องใช้เวลาในการเรียกและตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูล และข้อมูลบางส่วนที่ต้องดึงข้อมูลจากระบบซึ่งไม่ได้จัดเก็บในฐานข้อมูล เช่น ข้อมูลปริมาณการใช้น้ำมันใน Fleet card ซึ่งต้องอาศัยข้อมูลจากระบบเก็บข้อมูลตามธนาคารของ Fleet card นั้นๆ พบว่าบางครั้งอาจเรียกข้อมูลได้ไม่ครบหนึ่งปีหรือมีการสูญหายของข้อมูลได้ ซึ่งอาจต้องเรียกขอฐานข้อมูลจากองค์กรภายนอกจึงอาจทำให้เกิดความล่าช้าได้ รวมถึงภายในองค์กรไม่ได้มีการจัดทำกระบวนการทำงาน (Procedure) สำหรับการเก็บข้อมูลก๊าซเรือนกระจก ทำให้อาจเกิดความล่าช้าในการเรียกดูข้อมูลต่างๆ เนื่องจากต้องประสานงานเพื่อเรียกดูข้อมูลจากหลายส่วนงานนอกเหนือจากฝ่ายผลิต เช่น ฝ่ายบัญชี ฝ่ายพัสดุ







บทที่ 6

การประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ในกลุ่มอุตสาหกรรมเยื่อและกระดาษ

ดร. สุวิน อภิชาติพัฒนศิริ

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล

1. บทนำ

อุตสาหกรรมเยื่อและกระดาษเป็นอุตสาหกรรมที่มีความสำคัญของภาคเศรษฐกิจและสังคม เนื่องจากเป็นส่วนประกอบในอุตสาหกรรมต่างๆ เกือบทุกประเภท สำหรับในปี 2556 เยื่อกระดาษและเศษกระดาษมีมูลค่าการส่งออก 136.94 เหรียญสหรัฐ เพิ่มสูงขึ้นถึงร้อยละ 84.03 เมื่อเปรียบเทียบกับปีก่อน โดยประเทศคู่ค้าหลัก คือ จีน ส่วนกระดาษและผลิตภัณฑ์กระดาษมีมูลค่าการส่งออก 1,613.65 ล้านเหรียญสหรัฐ เพิ่มสูงขึ้นร้อยละ 4.29 เมื่อเทียบกับปีก่อน โดยประเทศคู่ค้าที่สำคัญ คือ เวียดนาม เกาหลีใต้ ออสเตรเลีย และอินโดนีเซีย ซึ่งทำให้มีปริมาณการผลิตเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องตามแนวโน้มเศรษฐกิจ [1] ส่งผลให้ปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าและไอน้ำในการผลิตเพิ่มมากขึ้น และส่งผลต่อการเพิ่มขึ้นของปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกอย่างหลีกเลี่ยงไม่ได้

ดังนั้น การประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กร (Carbon Footprint for Organization: CFO) ซึ่งเป็นเครื่องมือที่ใช้ในการประเมินปริมาณการปล่อยและดูดกลับก๊าซเรือนกระจกที่เกิดจากกิจกรรมต่างๆ ขององค์กร จึงมีส่วนช่วย

ในการค้นหาแหล่งปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่มีนัยสำคัญ อันนำไปสู่มาตรการการลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้อย่างมีประสิทธิภาพต่อไป โดยบทความนี้จะได้กล่าวถึงการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของอุตสาหกรรมเยื่อและกระดาษตามแนวทางการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กรขององค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน) ซึ่งสามารถใช้เป็นแนวทางเริ่มต้นในการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กรต่อไป

2. แนวทางการจัดทำคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กรของกลุ่มอุตสาหกรรมเยื่อและกระดาษ

2.1 การกำหนดขอบเขตองค์กร

การกำหนดขอบเขตขององค์กร (Organization Boundary) เพื่อรวบรวมแหล่งปล่อยและดูดกลับก๊าซเรือนกระจก สามารถทำได้โดยวิธีการแบบใดแบบหนึ่ง ประกอบด้วย แบบควบคุม (Control Approach) ซึ่งสามารถแบ่งออกเป็น การควบคุมการดำเนินงาน (Operational Control) และการควบคุมทางการเงิน (Financial Control) หรือแบบปันส่วนตามกรรมสิทธิ์ (Equity Share) ซึ่งหากหน่วยธุรกิจที่มีการปล่อยและดูดกลับก๊าซเรือนกระจกอยู่ภายใต้การกำกับดูแลของหลายองค์กร ทุกองค์กรที่เกี่ยวข้องกับหน่วยธุรกิจดังกล่าวต้องใช้วิธีการเก็บรวบรวมข้อมูลแบบเดียวกัน สำหรับกรณีศึกษานี้ทำการเลือกแบบควบคุมการดำเนินงาน โดยอ้างอิงขอบเขตตามใบอนุญาตประกอบกิจการโรงงาน (ร.ง.4)

2.2 กิจกรรมที่มีการปล่อยและดูดกลับก๊าซเรือนกระจก

การระบุกิจกรรมที่มีการปล่อยและดูดกลับก๊าซเรือนกระจกอ้างอิงตามการกำหนดขอบเขตการดำเนินงาน (Operational Boundary) ซึ่งสามารถแบ่งออกได้เป็น 3 ประเภท ประกอบด้วย ประเภทที่ 1 คือ การปล่อยและดูดกลับก๊าซเรือนกระจกทางตรง ซึ่งหากโรงงานผลิตไฟฟ้าและไอน้ำใช้เอง การปล่อยก๊าซ

เรือนกระจกประเภทนี้จะมีปริมาณมากที่สุดจากกิจกรรมการเผาไหม้เชื้อเพลิงที่โรงผลิตกำลัง (Combined Heat and Power Plant) โดยปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดขึ้นจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงชีวมวลแข็งต้องทำการรายงานแยกออกจากประเภทที่ 1 แต่หากเป็นปริมาณมีเทนและไนตรัสออกไซด์ก็ให้รายงานรวมกับประเภทที่ 1 นอกจากนี้ยังรวมทั้งการเผาไหม้เชื้อเพลิงในเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ปั๊มน้ำดับเพลิง เครื่องอบแห้งน้ำยาเคลือบกระดาษ การซ่อมดับเพลิง และยานพาหนะขององค์กรที่องค์กรรับผิดชอบค่าใช้จ่ายของเชื้อเพลิงและรวมถึงการรั่วไหลของสารทำความเย็น สารดับเพลิง และ SF₆ ในระบบไฟฟ้า การเกิดปฏิกิริยาในการกำจัดซัลเฟอร์ออกไซด์ (SO_x) และไนโตรเจนออกไซด์ (NO_x) จากการเผาไหม้ถ่านหิน การเกิดมีเทนในระบบบำบัดน้ำเสียระหว่างการเก็บถ่านหินและจากบ่อเกรอะ ในส่วนของประเภทที่ 2 คือ การปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางอ้อมจากการใช้พลังงานไฟฟ้าและไอน้ำที่ถูกนำเข้ามาจากภายนอกองค์กรโดยมีรายละเอียดดังนี้

ตารางที่ 1 แสดงกิจกรรมขององค์กรและแหล่งปล่อยก๊าซเรือนกระจก

ประเภท	กิจกรรมที่มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจก	ตัวอย่างกิจกรรม
ประเภทที่ 1	การเผาไหม้อยู่กับที่	การเผาไหม้เชื้อเพลิงที่โรงผลิตกำลัง เครื่องกำเนิดไฟฟ้า ปั๊มน้ำดับเพลิง เครื่องอบแห้งน้ำยาเคลือบกระดาษ การซ่อมดับเพลิง ที่องค์กรรับผิดชอบ ค่าใช้จ่ายของเชื้อเพลิง
	การเผาไหม้ที่มีการเคลื่อนที่	การเผาไหม้เชื้อเพลิงของยานพาหนะที่ องค์กรรับผิดชอบค่าใช้จ่ายของเชื้อเพลิง

ประเภท	กิจกรรมที่มีการปล่อย ก๊าซเรือนกระจก	ตัวอย่างกิจกรรม
	การรั่วไหลและอื่นๆ	การรั่วไหลของสารทำความเย็น สารดับเพลิง และ SF ₆ ในระบบไฟฟ้า การเกิดปฏิกิริยาในการกำจัด SO _x และ NO _x จากการเผาไหม้ถ่านหิน การเกิดมีเทนในระบบบำบัดน้ำเสีย ระหว่างการเก็บถ่านหินและจาก บ่อเกรอะ
ประเภทที่ 2	การใช้พลังงานไฟฟ้า	พลังงานไฟฟ้าที่ถูกนำเข้าจากภายนอก องค์กร

สำหรับประเภทที่ 3 คือ การปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางอ้อมอื่นๆ โดย
ควรเป็นกิจกรรมที่มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกอย่างมีนัยสำคัญ และสามารถนำ
ไปสู่มาตรการในการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ตัวอย่างกิจกรรมที่มีนัยสำคัญ
เช่น กิจกรรมที่เกิดจากการจ้างเหมารับช่วงการดำเนินงาน (Outsource) และ
รถเช่า เป็นต้น

3. แนวทางการคำนวณปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก

การประเมินปริมาณการปล่อยและดูดกลับก๊าซเรือนกระจกสามารถใช้
วิธีการตรวจวัด การคำนวณ หรือการตรวจวัดร่วมกับการคำนวณ ซึ่งการประเมิน
ปริมาณการปล่อยและดูดกลับก๊าซเรือนกระจกที่เหมาะสมสำหรับอุตสาหกรรมเยื่อ
และกระดาษ คือ การคำนวณ ซึ่งสามารถใช้สมการต่อไปนี้

$$\text{ปริมาณก๊าซเรือนกระจก} = \text{ข้อมูลกิจกรรม} \times \text{ค่าการปล่อยหรือดูดกลับก๊าซเรือนกระจก}$$

โดยขอแนะนำในการเลือกใช้ค่าการปล่อยและดูดกลับก๊าซเรือนกระจก แสดงไว้ในภาคผนวก ฉ ของแนวทางการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กร สำหรับข้อมูลกิจกรรมที่คัดเลือกต้องไม่ขัดแย้งกับวิธีการคำนวณและควรได้รับการบันทึกในรูปแบบที่เหมาะสมสำหรับใช้วิเคราะห์และทวนสอบได้อีกอย่างน้อย 2 ปี [2]

สำหรับค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่มีนัยสำคัญซึ่งต้องทำการคำนวณ ประกอบด้วย การเผาไหม้ถ่านหิน เศษเยื่อ และเชื้อเพลิงชีวมวลแข็ง รวมทั้งไฟฟ้า และไอน้ำ ซึ่งแสดงไว้ดังต่อไปนี้

3.1 ถ่านหิน

ค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เกิดจากการเผาไหม้ของถ่านหิน สามารถคำนวณโดยเริ่มจากการแยกประเภทของถ่านหินที่ใช้ ซึ่ง IPCC [3] ได้กำหนดนิยามถ่านหิน Anthracite, Coking Coal, Other Bituminous Coal, Sub-Bituminous และ Lignite ไว้ Volume 2, Chapter 1, Table 1.1 และอุตสาหกรรมเยื่อ กระดาษ และการพิมพ์ ถูกกำหนดใน Volume 2, Chapter 2, Table 2.1 ให้จัดอยู่ในกลุ่ม Manufacturing Industries and Construction ดังนั้นข้อมูลค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสามารถหาได้จาก Table 2.3 ซึ่งข้อมูลกิจกรรมระบุให้ใช้ Net Calorific Value (NCV) หรือ Lower Heating Value (LHV) ในหน่วย TJ

ในกรณีที่ต้องทำการเปลี่ยนจาก Gross Calorific Value (GCV) หรือ Higher Heating Value (HHV) เป็น NCV สามารถใช้สมการใน Volume 2, Chapter 1, Box 1.1 ซึ่งกำหนดให้ NCV และ GCV ของสภาวะ As Received (รวมความชื้นทั้งหมด) ในหน่วย MJ/kg เป็นไปตามสมการ

$$NCV = GCV - 0.212 H - 0.0245 M - 0.008 Y$$

โดยที่ H, M และ Y คือ เปอร์เซ็นต์ไฮโดรเจน ความชื้น และออกซิเจน ตามลำดับ

3.2 เศษเยื่อ

เศษเยื่อถูกจัดอยู่ในกลุ่ม Industrial Waste ตามนิยามใน Volume 2, Chapter 1, Table 1.1 ซึ่งสามารถหาค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้เช่นเดียวกับถ่านหิน และข้อมูลกิจกรรมก็ใช้เป็น NCV ในหน่วย TJ เช่นกัน

3.3 เชื้อเพลิงชีวมวลแข็ง

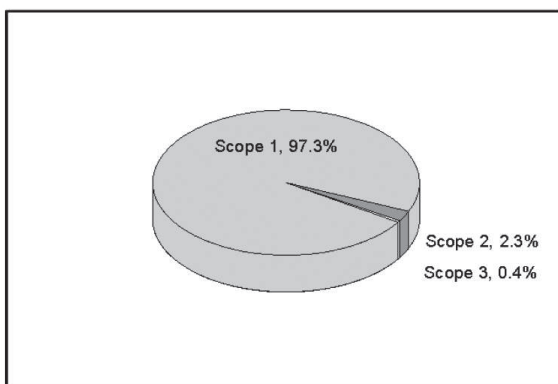
เชื้อเพลิงชีวมวลแข็ง สามารถแยกออกได้ตาม Volume 2, Chapter 1, Table 1.1 เป็น Wood/Wood Waste, Sulphite Lyres (Black Liquor), Other Primary Solid Biomass และ Charcoal ตัวอย่าง Wood/Wood Waste เช่น เปลือกไม้ (Bark) และเชื้อเพลิงอัดเม็ด (Bark Pellet) เป็นต้น สำหรับ Other Primary Solid Biomass เช่น เหง้ามัน กากปาล์ม กากอ้อย ชังข้าวโพด และสลัดจ์จากระบบบำบัดน้ำเสีย ส่วนการหาค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกและหน่วยของข้อมูลกิจกรรมก็ยังคงเป็นเช่นเดียวกับถ่านหิน และเศษเยื่อ

3.4 ไฟฟ้าและไอน้ำ

ICFPA [4] แนะนำให้ทำการปันส่วนค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของ ไฟฟ้าและไอน้ำด้วย Efficiency Method โดยแยกออกได้เป็น Simplified Efficiency Method ซึ่งเป็นวิธีที่มีความซับซ้อนน้อย เพราะตั้งสมมติฐานว่า หน่วยการทำงานย่อย (Site) มีประสิทธิภาพเหมือนกัน โดยเป็นวิธีที่เพียงพอสำหรับหลายโรงงาน และ Detailed Efficiency Method ที่มีความซับซ้อนมากขึ้น แต่จะสามารถชี้เฉพาะลงไปถึงหน่วยการทำงานย่อยซึ่งถูกออกแบบให้มีประสิทธิภาพแตกต่างกัน

4. สัดส่วนการปล่อยก๊าซเรือนกระจก

จากการประเมินปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของโรงงานตัวอย่าง อุตสาหกรรมเยื่อและกระดาษ พบว่ามีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในประเภทที่ 1 มากที่สุด ถึงร้อยละ 97.3 ซึ่งเกิดเนื่องจากการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงของโรงผลิตกำลังเพื่อผลิตไฟฟ้าและไอน้ำใช้เองเป็นหลัก ส่วนประเภทที่ 2 และ 3 มีเพียงร้อยละ 2.3 และ 0.4 ตามลำดับเท่านั้น

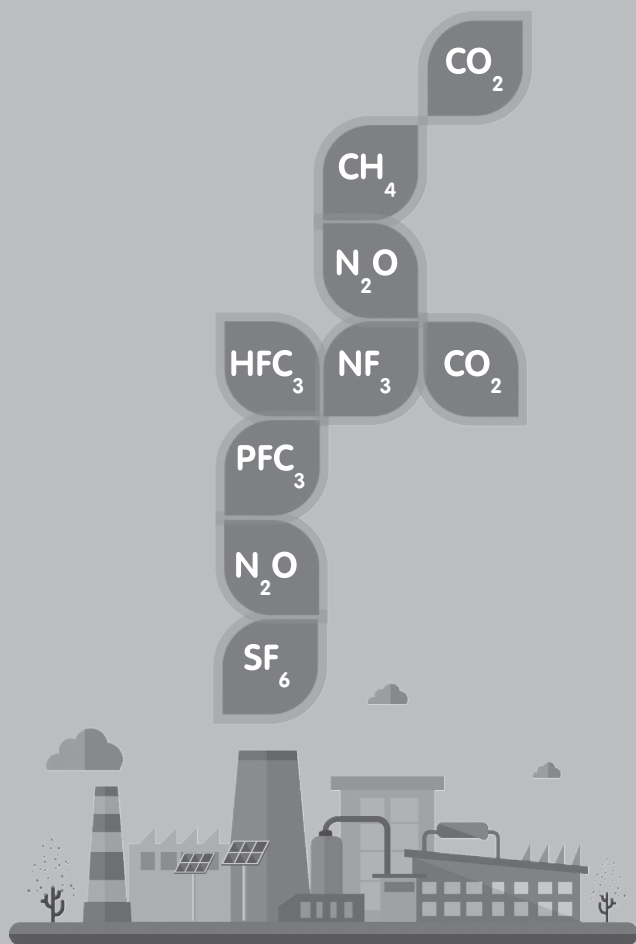


5. ข้อเสนอแนะและข้อควรระวังในการประเมินปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก

เนื่องจากความถูกต้องเป็นส่วนหนึ่งของหลักการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กร ซึ่งหากเลือกการประเมินโดยใช้การคำนวณปริมาณการปล่อยและดูดกลับก๊าซเรือนกระจก ควรให้ความสำคัญกับการเลือกใช้ทั้งข้อมูลกิจกรรมและค่าการปล่อยและดูดกลับก๊าซเรือนกระจกที่มีความถูกต้องมากที่สุด โดยเฉพาะข้อมูลการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงของโรงผลิตกำลังซึ่งต้องใช้ค่าความร้อนของเชื้อเพลิงเป็นส่วนประกอบในการคำนวณ การตรวจวัดค่าความร้อนของเชื้อเพลิงทุกชนิดอย่างสม่ำเสมอ จึงส่งผลอย่างมากต่อความถูกต้องของการปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก

6. เอกสารอ้างอิง

- 1) สำนักงานเศรษฐกิจอุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม, สรุปภาวะเศรษฐกิจอุตสาหกรรมปี 2556 และแนวโน้มปี 2557 [online]. Available: http://www.oie.go.th/sites/default/files/attachments/industry_overview/annual2013.pdf
- 2) องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน). 2556. แนวทางการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กร. พิมพ์ครั้งที่ 2 (ฉบับปรับปรุงครั้งที่ 1, ตุลาคม 2556)
- 3) IPCC. 2006. IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories [On-line]. Available: <http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/index.html>
- 4) ICFPA. 2005. Calculation Tools for Estimating Greenhouse Gas Emissions from Pulp and Paper Mills, version 1.1 [On-line]. Available: <http://www.ghgprotocol.org/calculation-tools/pulp-and-paper>







บทที่ 7

การประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ในกลุ่มอุตสาหกรรมบรรจุภัณฑ์กระดาษลูกฟูก

พงศ์ศักดิ์ โอหารส
บริษัท พัฒนยั่งยืน จำกัด

1. บทนำ

อุตสาหกรรมบรรจุภัณฑ์กระดาษลูกฟูก เป็นอุตสาหกรรมที่มีความสำคัญต่ออุตสาหกรรมอื่นๆ เนื่องจากใช้บรรจุสินค้าเพื่อการบริโภคภายในประเทศและส่งออก โดยบรรจุภัณฑ์กระดาษมีส่วนการใช้งานสูงสุดในบรรดาบรรจุภัณฑ์ประเภทต่างๆ แม้ว่าบรรจุภัณฑ์กระดาษจะมีลักษณะเฉพาะตัวที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมแต่มีข้อจำกัด เช่น ไม่สามารถป้องกันความชื้น รวมทั้งความแข็งแรงน้อยกว่าบรรจุภัณฑ์ประเภทอื่นๆ ทำให้ต้องมีการผลิตใหม่มากขึ้นตามอัตราการเติบโตของเศรษฐกิจ ส่งผลให้มีการใช้วัตถุดิบและเชื้อเพลิงสำหรับผลิตและปล่อยก๊าซเรือนกระจกมากขึ้น

2. แนวทางการจัดทำคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กร

2.1 การกำหนดขอบเขตองค์กร

กรณีศึกษาของกลุ่มอุตสาหกรรมบรรจุภัณฑ์กระดาษลูกฟูกในครั้งนี้ เป็นบริษัทที่อยู่ในรูปแบบของกลุ่มธุรกิจขนาดใหญ่ โดยมีส่วนของสำนักงานใหญ่

ดูแลการดำเนินงานของธุรกิจในเรื่องทั้งหมด ซึ่งในการกำหนดขอบเขตขององค์กรในการรวบรวมแหล่งปล่อยและแหล่งดูดกลับก๊าซเรือนกระจก เป็นแบบควบคุมการดำเนินงาน (Operational Control)

2.2 กิจกรรมที่มีการปล่อยและดูดกลับก๊าซเรือนกระจก

การระบุแหล่งการปล่อยและดูดกลับก๊าซเรือนกระจกที่เกี่ยวข้องภายในขอบเขตของการดำเนินงานขององค์กร สามารถแบ่งออกได้เป็น 3 ประเภท ได้แก่

ประเภทที่ 1 การปล่อยและดูดกลับก๊าซเรือนกระจกทางตรงขององค์กร ประกอบด้วย (1) การเผาไหม้อยู่กับที่ เช่น การผลิตไอน้ำเพื่อใช้เองภายในองค์กร โดยมีการเผาไหม้เชื้อเพลิง (2) การเผาไหม้ที่มีการเคลื่อนที่ เช่น การเผาไหม้ของเชื้อเพลิงของยานพาหนะภายในองค์กร และ (3) การรั่วไหลและอื่นๆ เช่น ก๊าซมีเทนที่เกิดขึ้นจากกระบวนการบำบัดน้ำเสียและสารทำความเย็นของระบบปรับอากาศ

ประเภทที่ 2 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางอ้อมจากการใช้พลังงานซึ่งมาจากใช้พลังงานไฟฟ้าภายในองค์กร

ประเภทที่ 3 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางอ้อมอื่นๆ ประกอบด้วย (1) การได้มาซึ่งวัตถุดิบ เช่น จากการผลิตวัตถุดิบประเภทกระดาษคราฟต์ และ (2) การขนส่งผลิตภัณฑ์ เช่น จากการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงของรถยนต์ กรณีที่มีการขนส่งผลิตภัณฑ์

โดยกิจกรรมขององค์กรที่มีการปล่อยและดูดกลับก๊าซเรือนกระจกแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 แสดงกิจกรรมขององค์กรและแหล่งปล่อยก๊าซเรือนกระจก

ประเภท		กิจกรรม
ประเภทที่ 1 การปล่อยและดูดกลับ ก๊าซเรือนกระจก ทางตรงขององค์กร	การเผาไหม้อยู่กับที่	- การผลิตไอน้ำเพื่อใช้เองภายในองค์กร โดยมีการเผาไหม้เชื้อเพลิงก๊าซธรรมชาติ หรือ Pyrolysis Fuel Oil (Cracker Bottom) - การซ่อมบำรุง โดยมีการเผาไหม้เชื้อเพลิง ก๊าซปิโตรเลียมเหลวและก๊าซอะเซทิลีน - การปรุงอาหารโดยมีการเผาไหม้เชื้อเพลิง ก๊าซปิโตรเลียมเหลว
	การเผาไหม้ที่มีการเคลื่อนที่	- การเผาไหม้ของเชื้อเพลิงก๊าซปิโตรเลียมเหลว จากกิจกรรมการขนส่งของยานพาหนะ ภายในองค์กร - การเผาไหม้ของเชื้อเพลิงแก๊สโซลีนจาก กิจกรรมการขนส่งของยานพาหนะของ องค์กร - การเผาไหม้ของเชื้อเพลิงน้ำมันดีเซลจาก กิจกรรมการขนส่งของยานพาหนะของ องค์กร
	การรั่วไหลและอื่นๆ	- ก๊าซมีเทนที่เกิดขึ้นจากกระบวนการบำบัด น้ำเสีย - ก๊าซมีเทนที่เกิดขึ้นจากกระบวนการบำบัด ของเสีย (ห้องน้ำ) - สารทำความเย็นของระบบปรับอากาศ - การใช้อุปกรณ์ดับเพลิงประเภทบรรจุด้วย ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ - การใช้สารหล่อลื่นประเภทบรรจุด้วย ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์

ประเภท		กิจกรรม
ประเภทที่ 2 การปล่อย ก๊าซเรือนกระจกทางอ้อม จากการใช้พลังงาน	การใช้พลังงานไฟฟ้า	- ปริมาณการใช้ไฟฟ้าขององค์กร (ก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นจากการผลิตไฟฟ้า ที่ซื้อเข้า)
ประเภทที่ 3 การปล่อย ก๊าซเรือนกระจก ทางอ้อมอื่นๆ ¹	การได้มาของวัตถุดิบ	- การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการผลิต วัตถุดิบประเภทกระดาษคราฟต์
	การขนส่งผลิตภัณฑ์	- การเผาไหม้ของเชื้อเพลิงน้ำมันดีเซลจาก กิจกรรมการขนส่งผลิตภัณฑ์ของยานพาหนะ

หมายเหตุ ¹สำหรับการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในประเภทที่ 3 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากทางอ้อมอื่นๆ องค์กรสามารถเลือกแหล่งปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่คาดว่าจะเป็กิจกรรมที่มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกมากและมีข้อมูลเพียงพอในการทวนสอบ

3. แนวทางการคำนวณปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก

ในการคัดเลือกและใช้วิธีการคำนวณปริมาณการปล่อยและดูดกลับก๊าซเรือนกระจกเพื่อให้ได้ผลลัพธ์อย่างถูกต้อง ไม่ขัดแย้งกัน สามารถคำนวณซ้ำได้ และช่วยลดความไม่แน่นอน ที่สำคัญ คือ มีความสมเหตุสมผล ประกอบด้วย

1. การตรวจวัดและคำนวณหาปริมาณการปล่อยและดูดกลับก๊าซเรือนกระจกโดยตรง ณ แหล่งปล่อยหรือดูดกลับก๊าซเรือนกระจกอย่างต่อเนื่องหรือเว้นช่วงเป็นระยะโดยใช้เครื่องมือหรืออุปกรณ์การตรวจวัดที่ได้มาตรฐานตามวิธีการตามมาตรฐานสากล

2. จากการคำนวณ เช่น การสร้างโมเดล หรือการทำสมการดุลมวล หรือการวิเคราะห์สหสัมพันธ์ (Facility-Specific) หรือการคำนวณโดยใช้ข้อมูลกิจกรรมต่างๆ ที่เกิดขึ้นภายในองค์กร คูณกับค่าการปล่อยหรือดูดกลับก๊าซ

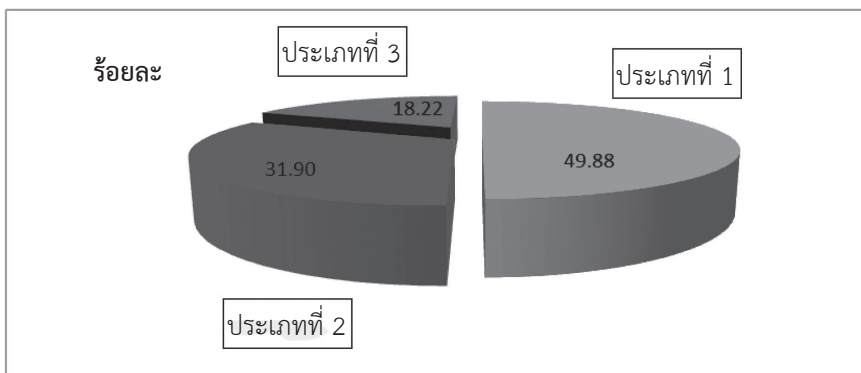
เรือนกระจกและแสดงผลให้อยู่ในรูปของมวล (ตันหรือกิโลกรัม) คาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า (CO₂ Equivalent)

3. จากการตรวจวัดร่วมกับการคำนวณ สำหรับกรณีศึกษา กลุ่มอุตสาหกรรมบรรจุภัณฑ์กระดาษลูกฟูก เลือกใช้วิธีการตรวจวัดร่วมกับการคำนวณเป็นส่วนใหญ่ โดยคำนวณอ้างอิงจากสมการ

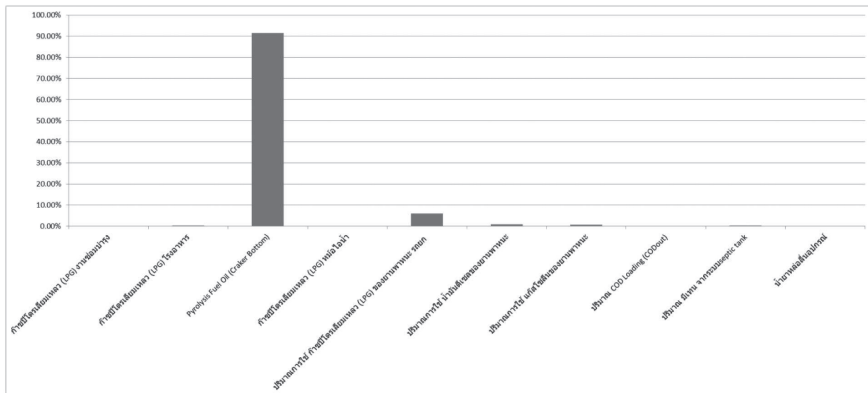
$$\text{ปริมาณก๊าซเรือนกระจก} = \text{ข้อมูลกิจกรรม} \times \text{ค่าการปล่อยหรือดูดกลับก๊าซเรือนกระจก}$$

4. สัดส่วนการปล่อยก๊าซเรือนกระจก

ผลการคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกหรือคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กรสำหรับกลุ่มอุตสาหกรรมบรรจุภัณฑ์กระดาษลูกฟูก พบว่าสัดส่วนค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กร ส่วนใหญ่อยู่ในประเภทที่ 1 (Scope 1) ซึ่งเป็นการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางตรง ร้อยละ 49.88 ดังแสดงในแผนภูมิที่ 1 และโดยส่วนใหญ่เกิดจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงเพื่อผลิตไอน้ำ ซึ่งมากกว่าร้อยละ 90 ของประเภทที่ 1 ทั้งหมด รองลงมาคือ เกิดจากการใช้เชื้อเพลิงของยานพาหนะขององค์กร ดังแสดงในแผนภูมิที่ 2



แผนภูมิที่ 1 สัดส่วนคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กรกลุ่มอุตสาหกรรมบรรจุภัณฑ์กระดาษลูกฟูก



แผนภูมิที่ 2 สัดส่วนคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กร ประเภทที่ 1 (Scope 1)
การปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางตรง กลุ่มอุตสาหกรรมบรรจุภัณฑ์กระดาษลูกฟูก

5. ข้อควรระวังในการบันทึกข้อมูลสำหรับการคำนวณค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กร

สำหรับบริษัทกรณีศึกษา ซึ่งมีแผนขยายผลิตภัณฑ์ของบริษัทเป็นการเฉพาะ ทำให้มีการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงสำหรับงานขายเป็นปริมาณมาก ซึ่งคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กรงานขายจัดอยู่ใน ประเภทที่ 1 และในการคำนวณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กรจากรายการนี้ ต้องใช้ปริมาณของน้ำมันเชื้อเพลิงที่เป็นตัวเลขที่ใช้จริง แต่ส่วนใหญ่บริษัทได้ทำการบันทึกเป็นค่าใช้จ่ายในหน่วยบาทต่อกิโลเมตร ในการคำนวณจึงจำเป็นต้องใช้ข้อมูลหุตุยภูมิของราคาน้ำมันย้อนหลัง และคำนวณย้อนกลับเป็นปริมาณน้ำมันที่ใช้ ซึ่งทำให้ไม่ได้ปริมาณการใช้น้ำมันที่ถูกต้อง มีผลทำให้การคำนวณค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กรจากรายการดังกล่าวอาจไม่สมบูรณ์เท่าที่ควร

นอกจากนี้ คาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กรประเภทที่ 1 ที่สำคัญอีกประเด็น คือ การปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เกิดจากการรั่วไหลของสารทำความเย็น

ซึ่งอุตสาหกรรมประเภทนี้มีการใช้สารทำความเย็นในอุปกรณ์เครื่องปรับอากาศที่ทำงาน เครื่องปรับอากาศสำหรับตู้ควบคุมไฟเครื่องจักร ซึ่งในการซ่อมบำรุงส่วนใหญ่ไม่ได้ทำการบันทึกปริมาณการรั่วไหลไว้ ทำให้ต้องใช้ค่าทุติยในการคำนวณภูมิ ทำให้ไม่ได้ปริมาณการรั่วไหลที่แท้จริง ในกรณีนี้ บริษัทควรกำหนดเป็นเงื่อนไขในการจ้างงานผู้รับเหมาให้ระบุปริมาณของสารทำความเย็นที่เติมเข้าไป และบริษัทต้องทำบันทึกให้ชัดเจน

สำหรับประเภทที่ 2 (Scope 2) การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้พลังงานทางอ้อมของอุตสาหกรรมบรรจุภัณฑ์กระดาษลูกฟูก ทั้งหมดเกิดจากปริมาณการใช้ไฟฟ้าซึ่งซื้อเข้ามาใช้ในกระบวนการผลิต โดยส่วนใหญ่บริษัทมีอุปกรณ์ตรวจวัดการใช้ปริมาณไฟฟ้าของเครื่องจักร แต่พบว่าอุปกรณ์ดังกล่าวไม่ได้มีการสอบเทียบเครื่องมือ จะทำให้การนำไปใช้ในการคำนวณค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กรจากประเภทที่ 2 ไม่สมบูรณ์ แต่ทั้งนี้สามารถใช้ปริมาณการใช้ไฟฟ้าจากมิเตอร์ไฟฟ้ารวมของโรงงานที่เชื่อมโยงกับการไฟฟ้าฝ่ายผลิตมาทำการคำนวณได้

ส่วนประเภทที่ 3 (Scope 3) การปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางอ้อมอื่นๆ ของอุตสาหกรรมบรรจุภัณฑ์กระดาษลูกฟูก มีความหลากหลายค่อนข้างมาก เช่น การได้มาของวัตถุดิบสำหรับการผลิต การเผาไหม้ของเชื้อเพลิงขนส่งวัตถุดิบ การเผาไหม้ของเชื้อเพลิงขนส่งผลิตภัณฑ์ โดยส่วนสำคัญที่ควรนำมาพิจารณาในการคำนวณควรเลือกรายการที่มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสูง เช่น การได้มาของวัตถุดิบสำหรับการผลิต สำหรับอุตสาหกรรมบรรจุภัณฑ์กระดาษลูกฟูก การได้มาของวัตถุดิบประเภทกระดาษคราฟต์สำหรับการผลิตเป็นกระดาษลูกฟูก มีค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่สูงที่สุด เนื่องจากปริมาณการใช้ที่มากตามปริมาณการผลิต แต่ทั้งนี้รายการนี้จะเป็นประเภทที่ 1 ของอุตสาหกรรมเยื่อและกระดาษ แต่ในเรื่องของปริมาณสามารถออกแบบการผลิตให้ใช้ปริมาณวัตถุดิบที่น้อยลง เพื่อลดปริมาณการใช้ทรัพยากรช่วยผลิต ซึ่งจะมีผลทำให้ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากประเภทที่ 1 และประเภทที่ 2 ลดน้อยลง

6. ข้อเสนอแนะสำหรับการคำนวณค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กร

ประเภทที่ 1

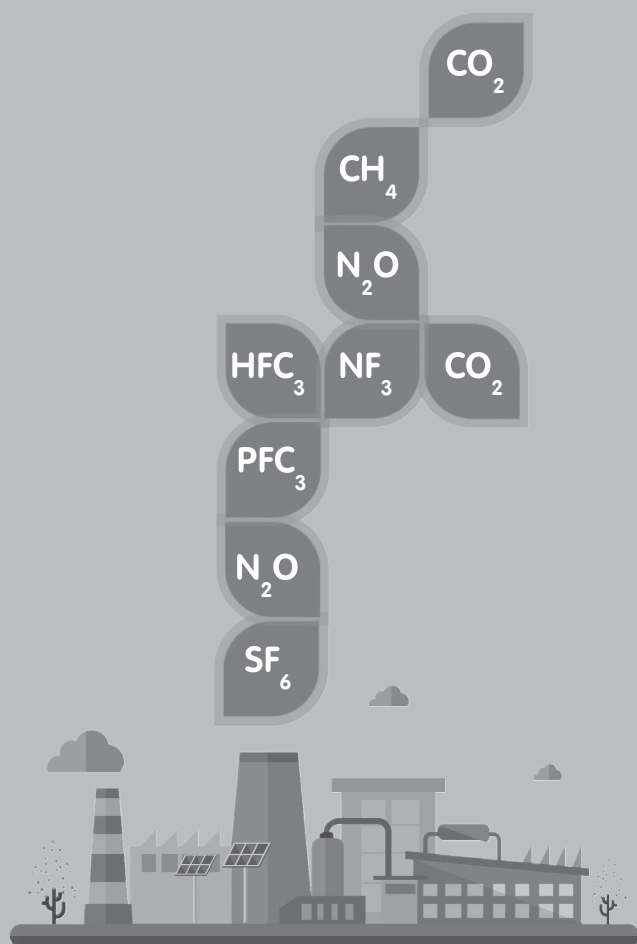
- ค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกส่วนใหญ่เกิดจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงของ Boiler ซึ่งโรงงานที่มีการใช้เชื้อเพลิงก๊าซธรรมชาติสามารถใช้ข้อมูลในการคำนวณตามปริมาณจากใบแจ้งหนี้ของผู้จำหน่าย อย่างไรก็ตาม ควรมีการบันทึกข้อมูลจากมาตรวัดของโรงงานจะทำให้ค่าที่คำนวณได้มีความน่าเชื่อถือมากที่สุด

ประเภทที่ 2

- ค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกส่วนใหญ่เกิดจากปริมาณการใช้ไฟฟ้า ซึ่งโรงงานมีมิเตอร์หรืออุปกรณ์ตรวจวัดการใช้ปริมาณไฟฟ้าของเครื่องจักร ดังนั้นโรงงานควรมีการสอบเทียบเครื่องมืออย่างน้อยปีละ 1 ครั้ง

7. เอกสารอ้างอิง

- 1) แนวทางการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กร : องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน)







บทที่ 8

การประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ในกลุ่มอุตสาหกรรมอาหาร

ผศ. ดร. รัตนาวรรณ มั่งคั่ง

ธนนัท นุชเนตร

กิตติวรรณ กิจปรกรณ์สันติ

ศูนย์เชี่ยวชาญเฉพาะทางด้านกลยุทธ์ธุรกิจที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม

คณะสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

1. บทนำ

อุตสาหกรรมอาหาร นับเป็นอุตสาหกรรมที่มีการปล่อยปริมาณก๊าซเรือนกระจกในปริมาณสูง อันเนื่องมาจากการใช้พลังงาน น้ำ บรรจุภัณฑ์ และวัตถุดิบทั้งหลายจากการเกษตรกรรม ปศุสัตว์ ประมง และเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ รวมทั้งกลุ่มเครื่องปรุงรสต่างๆ

2. แนวทางการจัดทำคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กร

2.1 การกำหนดขอบเขตองค์กร

การกำหนดขอบเขตขององค์กรต้องพิจารณาจากกำหนดเป้าหมายของการคำนวณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กรให้สอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของการนำผลการศึกษาไปใช้งาน โดยสามารถทำได้โดยวิธีการแบบใดแบบหนึ่ง ดังนี้

1) แบบควบคุม (Control approach)

กำหนดขอบเขตการรวบรวมแหล่งปล่อยและแหล่งดูดซับก๊าซเรือนกระจกแบบควบคุม ซึ่งมีทางเลือกในการกำหนดขอบเขตขององค์กร แบ่งเป็นการควบคุมการดำเนินงาน (Operational control) และการควบคุมทางการเงิน (Financial control)

1.1) ควบคุมการดำเนินงาน

ระบุกิจกรรมองค์กรเฉพาะส่วนที่อยู่ภายใต้อำนาจการควบคุมการดำเนินงานขององค์กร ไม่นับรวมกิจกรรมขององค์กรมีส่วนเป็นเจ้าของแต่ไม่มีอำนาจควบคุมการดำเนินงาน

1.2) ควบคุมทางการเงิน

ระบุกิจกรรมองค์กรเฉพาะส่วนที่อยู่ภายใต้อำนาจการควบคุมทางการเงินเท่านั้น (อ้างอิงตามรายงานทางการเงินขององค์กร)

2) แบบปันส่วนตามกรรมสิทธิ์ (Equity share)

ระบุกิจกรรมองค์กรเฉพาะส่วนที่ร่วมทุน โดยสามารถระบุเป็นสัดส่วนของลักษณะการร่วมทุน หรือลงทุนในอุปกรณ์หรือหน่วยผลิตนั้นๆ

2.2 กิจกรรมที่มีการปล่อยและดูดกลับก๊าซเรือนกระจก

แหล่งปล่อย (Source) ดูดกลับ (Sink) และกักเก็บก๊าซเรือนกระจก (Reservoir) สามารถแบ่งออกได้เป็น 3 ประเภท ได้แก่

ประเภทที่ 1 กิจกรรมการปล่อยก๊าซเรือนกระจกโดยตรง (Direct GHG) ได้แก่ ก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นโดยตรงจากกิจกรรมต่างๆ ภายในองค์กร ดังนี้

1) การปล่อยและดูดกลับก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นจากการเผาไหม้ที่อยู่กับที่ ตัวอย่างเช่น

1.1) การผลิตไฟฟ้า ความร้อน และไอน้ำ เพื่อใช้เองภายในองค์กร และ/หรือเพื่อการส่งออก หรือแจกจ่ายให้แก่ผู้ใช้งานนอกขอบเขตองค์กร และการสูญเสียที่เกิดขึ้นในระหว่างการส่งผ่านพลังงานไฟฟ้า ความร้อน หรือไอน้ำ

1.2) การเผาไหม้ของเชื้อเพลิงจากการใช้งานของอุปกรณ์และ/หรือ เครื่องจักรที่องค์กรเป็นเจ้าของหรือเช่าเหมามา แต่องค์กรรับผิดชอบค่าใช้จ่ายของน้ำมันเชื้อเพลิง เช่น น้ำมันดีเซล (Generator) ก๊าซธรรมชาติ (ระบบเตาเผา)

1.3) การเผาไหม้ของเชื้อเพลิงที่ใช้ในการหุงต้มภายในองค์กร โดย องค์กรเป็นผู้รับผิดชอบการดำเนินงานดังกล่าว เช่น ก๊าซ LPG ในห้องปฏิบัติการ

2) การปล่อยและดูดกลับก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นจากกระบวนการ เช่น การเผาให้ความร้อนวัตถุดิบคาร์บอเนต (Dolomite, Limestone, Soda ash)

3) การปล่อยและดูดกลับก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นจากการเผาไหม้ที่มี การเคลื่อนที่ ตัวอย่างเช่น การเผาไหม้ของเชื้อเพลิงจากกิจกรรมการขนส่ง ของยานพาหนะที่องค์กรเป็นเจ้าของหรือเช่าเหมามา แต่องค์กรรับผิดชอบ ค่าใช้จ่ายของน้ำมันเชื้อเพลิง เช่น น้ำมันก๊าซโซลีนที่ใช้กับรถผู้บริหาร

4) การปล่อยและดูดกลับก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นจากการรั่วไหลและ อื่นๆ (Fugitive Emissions) ตัวอย่างเช่น

4.1) การรั่วซึมของก๊าซเรือนกระจกออกสู่บรรยากาศภายนอก ที่เกิดขึ้น ณ บริเวณรอยเชื่อมต่อท่อของอุปกรณ์ที่ตั้งอยู่ภายในองค์กร เช่น สารทำความเย็น หรือการรั่วไหลของก๊าซเรือนกระจกจากอุปกรณ์ต่างๆ ที่ตั้งอยู่ ภายในองค์กรในขณะทำการซ่อมบำรุง

4.2) การรั่วไหลของก๊าซเรือนกระจกจากหน่วยผลิตย่อยภายใน โรงงาน เช่น การรั่วไหลของก๊าซซัลเฟอร์เฮกซาฟลูออไรด์ (SF₆) จากการใช้น้ำมัน สวิตช์เกียร์

4.3) การใช้อุปกรณ์ดับเพลิงประเภทที่สามารถก่อให้เกิดก๊าซเรือนกระจกได้ เช่น สารดับเพลิง (CO_2)

4.4) ก๊าซมีเทนที่เกิดขึ้นจากกระบวนการบำบัดน้ำเสียและหลุมฝังกลบ เช่น ก๊าซมีเทนจากระบบบำบัดน้ำเสีย ก๊าซมีเทนจากบ่อเกรอะ

4.5) ก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นจากการใช้ปุ๋ยหรือสารเคมีเพื่อการชักล้างหรือทำความสะอาดภายในองค์กร

5) การปล่อยและดูดกลับก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นจากการเผาไหม้ชีวมวล

ประเภทที่ 2 กิจกรรมที่มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางอ้อมจากการใช้พลังงาน ได้แก่ ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่เกิดจากการผลิตไฟฟ้าความร้อนหรือไอน้ำที่ถูกนำเข้ามาจากภายนอกเพื่อใช้งานภายในองค์กร

ประเภทที่ 3 กิจกรรมที่มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางอ้อมอื่นๆ (Other indirect GHG) ได้แก่ ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นจากกิจกรรมต่างๆ นอกเหนือจากที่ระบุในประเภทที่ 1 และประเภทที่ 2 ซึ่งองค์กรสามารถวัดหรือประเมินเพื่อการรายงานผลเพิ่มเติมได้

ตารางที่ 1 แสดงกิจกรรมขององค์กรและแหล่งปล่อยก๊าซเรือนกระจก

ขอบเขตองค์กร	แหล่งปล่อยก๊าซเรือนกระจก
ประเภทที่ 1	- ก๊าซธรรมชาติ (Co-generator) - ก๊าซธรรมชาติ (Boiler) - ถ่านหิน (Co-generator) - น้ำมันแก๊สโซลีน (รถผู้บริหาร) - สารดับเพลิง (CO_2) - น้ำมันเตา (Co-generator)

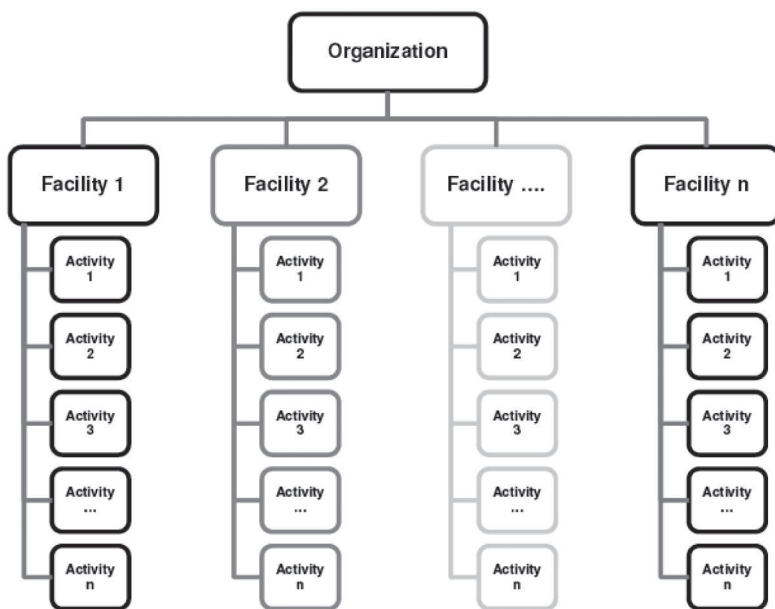
ขอบเขตองค์กร	แหล่งปล่อยก๊าซเรือนกระจก
	- น้ำมันดีเซล (Generator) - ก๊าซโซลีน (เครื่องตัดหญ้า) - ก๊าซ LPG (ห้องปฏิบัติการ) - น้ำมันสวิตช์เกียร์ (SF₆) - ก๊าซมีเทนจากระบบบำบัดน้ำเสีย - ก๊าซมีเทนจากบ่อเกรอะ - แอลกอฮอล์ (ห้องปฏิบัติการ)
ประเภทที่ 2	- ไฟฟ้า (โรงชำแหละ) - ไฟฟ้า (โรงอาหารแปรรูป 1) - ไฟฟ้า (โรงอาหารแปรรูป 2) - ไฟฟ้า (คลังสินค้า, ระบบทำความเย็น) - ไฟฟ้า (อาคารปฏิบัติการ) - ไฟฟ้า (ระบบผลิตน้ำประปา - ระบบบำบัดน้ำเสีย)
ประเภทที่ 3	- การผลิตวัตถุดิบ - การขนส่งวัตถุดิบ - การขนส่งและกระจายสินค้า - การใช้น้ำประปา - การใช้วัสดุสำนักงาน (เช่น กระดาษ อุปกรณ์สิ้นเปลืองอื่นๆ) - การใช้เชื้อเพลิงจากผู้เช่าพื้นที่ภายในองค์กร - การเดินทางของพนักงาน - การเดินทางเพื่อติดต่อธุรกิจ - การจัดการของเสีย (เช่น การบำบัดน้ำเสียและการควบคุมมลพิษทางอากาศ)

ขอบเขตองค์กร	แหล่งปล่อยก๊าซเรือนกระจก
ชีวมวล	- กะลาปาล์ม - ชี้นไม้ - แกลบ - ชานอ้อย
อื่นๆ	- สารทำความเย็น (R 22) ***รายงานแยกแต่ไม่นับรวม

2.3 การจัดทำข้อมูลบัญชีรายการก๊าซเรือนกระจก

(1) ข้อมูลกิจกรรมองค์กรที่ระบุแหล่งปล่อย ดูดกลับ และกักเก็บก๊าซเรือนกระจกในเชิงปริมาณ ซึ่งมีอ้างอิงตัวเลขทางบัญชีจากรายงานทางการเงินประจำปี ที่สอดคล้องกับหลักฐานการจัดซื้อ เบิกจ่าย และส่วนที่ใช้ในกิจกรรมองค์กรตามจริง (หักจากส่วนคงค้างหรือสำรองใช้) ทั้งนี้ การรวบรวมข้อมูลบัญชีรายการก๊าซเรือนกระจก ต้องจำแนกรายการข้อมูลตามรายการกิจกรรมของแต่ละหน่วยการผลิต (Facility Level)

(2) ข้อมูลค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจก (Emission Factor, EF)



รูปที่ 1 การจำแนกรายการข้อมูลตามรายการกิจกรรมของแต่ละหน่วยการผลิต
(Facility level)

ก่อนดำเนินการรวบรวมข้อมูล ต้องมีการคัดเลือกและกำหนดปีฐาน โดยอาจกำหนดตามปีปฏิทินในปีล่าสุดที่สามารถรวบรวมข้อมูลได้ หรือใช้ค่าเฉลี่ยของหลายๆ ปี หรือตามปีที่เคยคำนวณมา หรืออื่นๆ ตามความเหมาะสมของการนำผลการประเมินปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกไปประยุกต์ใช้งาน หรืออาจเลือกปีฐานจากปีที่มีการคำนวณและทวนสอบปริมาณการปล่อยและดูกลับก๊าซเรือนกระจกแล้วและมีข้อมูล ในกรณีที่ไม่เคยเก็บข้อมูลและทำการคำนวณปริมาณก๊าซเรือนกระจกขององค์กรมาก่อน องค์กรอาจกำหนดปีฐานจากปีที่เริ่มทำการเก็บข้อมูลเพื่อการคำนวณได้ โดยอธิบายถึงเหตุผลที่เลือกปีนั้นๆ เป็นปีฐาน ทั้งนี้ องค์กรอาจสามารถเปลี่ยนแปลงปีฐานได้ในภายหลัง

แต่ต้องระบุเหตุผลของการเปลี่ยนแปลงการกำหนดปีฐาน (เป็นประโยชน์ในการเปรียบเทียบข้อมูลบัญชีรายการปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ใช้ในการคำนวณในช่วงระยะเวลาที่ผ่านมา)

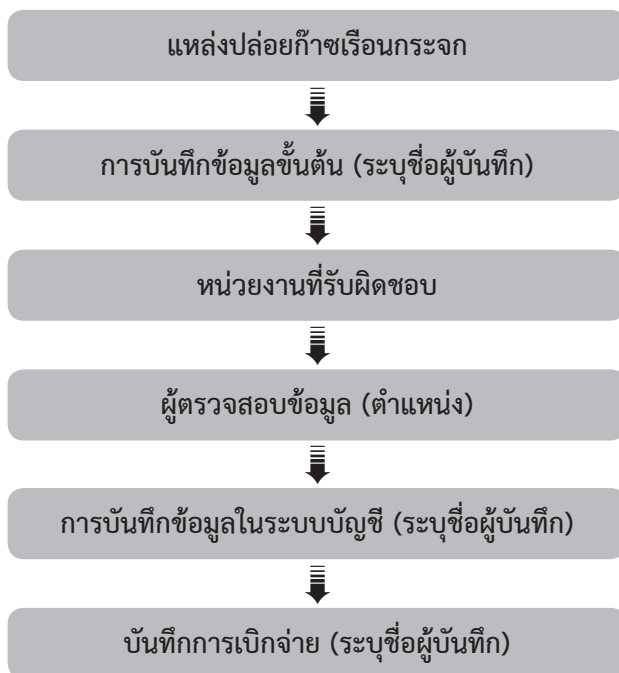
ในการดำเนินการรวบรวมข้อมูลควรมีการระบุกระบวนการและวิธีการรวบรวม ตลอดจนระบบการจัดการคุณภาพข้อมูลบัญชีรายการก๊าซเรือนกระจก (GHG Management System) โดยละเอียด ครอบคลุมตั้งแต่การบันทึกข้อมูล การถ่ายโอนข้อมูล การคำนวณข้อมูลเบื้องต้น การส่งมอบข้อมูล (รวมทั้งการตรวจสอบสมมูลมวลสาร การป้องกันความผิดพลาดจากการวัด การป้องกันความผิดพลาดของคน ฯลฯ) จนกระทั่งการนำข้อมูลที่รวบรวมได้ในตารางแผ่นคำนวณ ตลอดจนแหล่งที่มาของข้อมูลค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่รวบรวมมาใช้ในการคำนวณ ทั้งนี้ ควรจัดทำการประเมินความไม่แน่นอนของข้อมูล (เพื่อนำไปสู่แผนการจัดการความไม่แน่นอนของข้อมูลในปีต่อไป)

ตารางที่ 2 ตัวอย่างแหล่งที่มาของข้อมูลบัญชีรายการก๊าซเรือนกระจกในอุตสาหกรรมอาหาร

ขอบเขตองค์กร	บัญชีรายการก๊าซเรือนกระจก	แหล่งที่มาของข้อมูล
ประเภทที่ 1	ก๊าซธรรมชาติ (Co-generator)	ใบแจ้งหนี้
	ก๊าซธรรมชาติ (Boiller)	ใบแจ้งหนี้
	ถ่านหิน (Co-generator)	บันทึกการเบิกใช้
	น้ำมันแก๊สโซลีน (รถผู้บริหาร)	ใบแจ้งหนี้ (Fleet card)
	สารดับเพลิง (CO ₂)	ใบแจ้งหนี้
	น้ำมันเตา (Co-generator)	บันทึกการเบิกใช้
	น้ำมันดีเซล (Generator)	ใบแจ้งหนี้

ขอบเขตองค์กร	บัญชีรายการก๊าซเรือนกระจก	แหล่งที่มาของข้อมูล
	ก๊าซโซลีน (เครื่องตัดหญ้า)	ใบแจ้งหนี้
	ก๊าซ LPG (ห้องปฏิบัติการ)	ใบแจ้งหนี้
	น้ำมันสวิตช์เกียร์ (SF ₆)	รายงานการบำรุงรักษา (ไม่มีการเติม)
	ก๊าซมีเทนจากระบบบำบัดน้ำเสีย	บันทึกปริมาณน้ำเสีย
	ก๊าซมีเทนจากบ่อเกรอะ	การคำนวณ (จำนวนพนักงาน)
	แอลกอฮอล์ (ห้องปฏิบัติการ)	บันทึกการเบิกใช้
ประเภทที่ 2	ไฟฟ้า (โรงชำแหละ)	ใบแจ้งหนี้
	ไฟฟ้า (โรงอาหารแปรรูป 1)	ใบแจ้งหนี้
	ไฟฟ้า (โรงอาหารแปรรูป 2)	ใบแจ้งหนี้
	ไฟฟ้า (คลังสินค้า, ระบบทำความเย็น)	ใบแจ้งหนี้
	ไฟฟ้า (อาคารปฏิบัติการ)	ใบแจ้งหนี้
	ไฟฟ้า (ระบบผลิตน้ำประปา - ระบบบำบัดน้ำเสีย)	ใบแจ้งหนี้
ประเภทที่ 3	การใช้กระดาษ	บันทึกการเบิกใช้
	การกำจัดขยะ	บันทึกการชั่งน้ำหนัก
ชีวมวล	- กะลาปาล์ม - ชี้นไม้ - แกลบ - ชานอ้อย	บันทึกการเบิกใช้
	สารทำความเย็น (R 22)	เอกสารการคำนวณจากผู้ให้บริการ

ตารางที่ 3 ตัวอย่างระบบการจัดการคุณภาพข้อมูลบัญชีรายการก๊าซเรือนกระจกในอุตสาหกรรมอาหาร



ตารางที่ 4 ตัวอย่างการประเมินความไม่แน่นอนของข้อมูลในอุตสาหกรรมอาหาร

ลำดับ	กิจกรรม	หน่วย	แหล่งที่มาของข้อมูล	การประเมินความไม่แน่นอน			
				ระดับคุณภาพของข้อมูล	ระดับคุณภาพของ EFs	ผลคูณ	ระดับคุณภาพ
ประเภทที่ 1							
1	ก๊าซธรรมชาติ (Co-generator)	MMBTU	ใบแจ้งหนี้	3	3	9	2
2	ก๊าซธรรมชาติ (Boiler)	MMBTU	ใบแจ้งหนี้	3	3	9	2
3	ถ่านหิน (Co-generator)	kg	บันทึกการเบิกใช้	1	3	3	1
4	น้ำมันแก๊สโซลีน (รถผู้บริหาร)	L	ใบแจ้งหนี้ (Fleet card)	3	3	9	2
5	สารดับเพลิง (CO ₂)	kg	ใบแจ้งหนี้	3	3	9	2
6	น้ำมันเตา (Co-generator)	L	บันทึกการเบิกใช้	3	3	9	2
7	น้ำมันดีเซล (Generator)	L	ใบแจ้งหนี้	3	3	9	2
8	ก๊าซโซลีน (เครื่องตัดหญ้า)	L	ใบแจ้งหนี้	3	3	9	2
9	ก๊าซ LPG (ห้องปฏิบัติการ)	kg	ใบแจ้งหนี้	3	3	9	2
10	น้ำมันสวิตช์เกียร์ (SF ₆)	L	รายงานการบำรุงรักษา (ไม่มีการเติม)	3	3	9	2
11	ก๊าซมีเทนจากระบบบำบัดน้ำเสีย	kg	บันทึกปริมาณน้ำเสีย	3	3	9	2
12	ก๊าซมีเทนจากบ่อเกรอะ	kg	การคำนวณ (จำนวนพนักงาน)	1	3	3	1
13	แอลกอฮอล์ (ห้องปฏิบัติการ)	L	บันทึกการเบิกใช้	3	3	9	2

ลำดับ	กิจกรรม	หน่วย	แหล่งที่มาของข้อมูล	การประเมินความไม่แน่นอน			
				ระดับคุณภาพของข้อมูล	ระดับคุณภาพของ EFs	ผลคูณ	ระดับคุณภาพ
ประเภทที่ 2							
14	ไฟฟ้า (โรงชำแหละ)	L	ใบแจ้งหนี้	3	3	9	2
15	ไฟฟ้า (โรงอาหารแปรรูป 1)	L	ใบแจ้งหนี้	3	3	9	2
16	ไฟฟ้า (โรงอาหารแปรรูป 2)	L	ใบแจ้งหนี้	3	3	9	2
17	ไฟฟ้า (คลังสินค้า, ระบบทำความเย็น)	L	ใบแจ้งหนี้	3	3	9	2
18	ไฟฟ้า (อาคารปฏิบัติการ)	L	ใบแจ้งหนี้	3	3	9	2
19	ไฟฟ้า (ระบบผลิตน้ำประปา - ระบบบำบัดน้ำเสีย)	L	ใบแจ้งหนี้	3	3	9	2
ประเภทที่ 3							
20	การใช้กระดาษ	kg	บันทึกการเบิกใช้	6	3	18	3
21	การจัดการของเสีย	kg	บันทึกการเบิกใช้	6	3	18	3
ชีวมวล							
22	กะลาปาล์ม	kg	บันทึกการเบิกใช้	3	3	9	2
อื่นๆ							
23	สารทำความเย็น (R 22)	L	เอกสารการคำนวณจากผู้ให้บริการ	3	3	9	2

ตารางที่ 5 ตัวอย่างข้อมูลค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในอุตสาหกรรมอาหาร

บัญชีรายการก๊าซเรือนกระจก	ค่าการปล่อย ก๊าซเรือนกระจก	หน่วย	แหล่งที่มา
ก๊าซธรรมชาติ	0.0573	kgCO ₂ eq/sfc	TGO CFO Emission 26 Jan 14/Natural gas
น้ำมันเตา	3.0883	kgCO ₂ eq/L	TGO CFO Emission 26 Jan 14/Residual fuel oil
ถ่านหิน (Bituminous)	2.5466	kgCO ₂ eq/kg	TGO CFO Emission 26 Jan 14/Bituminous
น้ำมันแก๊สโซลีน (ที่มีการเคลื่อนที่)	2.2376	kgCO ₂ eq/L	TGO CFO Emission 26 Jan 14/Gasoline (Mobile)
น้ำมันดีเซล (ที่มีการเคลื่อนที่)	2.7446	kgCO ₂ eq/L	TGO CFO Emission 26 Jan 14/Diesel (Mobile)
น้ำมันดีเซล (เผาไหม้อยู่กับที่)	2.7080	kgCO ₂ eq/L	TGO CFO Emission 26 Jan 14/Diesel (Stationary)
สารดับเพลิง	1.0000	kgCO ₂ eq/kg	TGO CFO Guideline Oct 13/CO ₂
ก๊าซ LPG (เผาไหม้อยู่กับที่)	3.1133	kgCO ₂ eq/kg	TGO CFO Emission 26 Jan 14/PLG (Stationary)
น้ำมันสวิตซ์เกียร์ (SF ₆)	22,800.0000	kgCO ₂ eq/L	TGO CFO Guideline Oct 13/Sulphur hexafluoride

บัญชีรายการก๊าซเรือนกระจก	ค่าการปล่อย ก๊าซเรือนกระจก	หน่วย	แหล่งที่มา
สารทำความเย็น (R 22)	1,810.0000	kgCO ₂ eq/L	TGO CFP Emission 27 Feb 14/ Chlorodifluoro- methane (R-22)
ไฟฟ้า	0.5813	kgCO ₂ eq/kWh	TGO CFO Emission 26 Jan 14/Thailand Grid Mix Electricity
ก๊าซมีเทนจากระบบบำบัดน้ำเสีย แบบตะกอนเร่ง (Activated Sludge, AS)	0.0000	kgCO ₂ eq/kg	TGO CFO Guideline Oct 13 waste water treatment (AS)
ก๊าซมีเทน	25.0000	kgCO ₂ eq/kg	TGO CFO Guideline Oct 13/Methane
การใช้กระดาษ	0.7350	kgCO ₂ eq/kg	TGO CFP Emission 27 Feb 14/กระดาษ
การจัดการขยะ	2.5300	kgCO ₂ eq/kg	TGO CFP Guideline Oct 13/วัสดุที่มีคาร์บอน เป็นองค์ประกอบ

3. แนวทางการคำนวณปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก

คำนวณปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ตามขั้นตอนต่อไปนี้

1. คัดเลือกวิธีการคำนวณ เลือกและใช้วิธีการคำนวณปริมาณการปล่อยและดูดกลับก๊าซเรือนกระจกที่คลาดเคลื่อนน้อยที่สุด และลดความไม่แน่นอนอย่างสมเหตุสมผล อาจพิจารณาเลือกจาก

- 1.1 การตรวจวัดปริมาณการปล่อยและดูดกลับก๊าซเรือนกระจกโดยตรง ณ แหล่งปล่อยหรือดูดซับก๊าซเรือนกระจกอย่างต่อเนื่องหรือเว้นช่วงเป็นระยะ โดยใช้เครื่องมือหรืออุปกรณ์การตรวจวัดที่ได้มาตรฐานตามวิธีการตามมาตรฐานสากลซึ่งจะทำให้ได้ข้อมูลปริมาณการปล่อยและดูดกลับก๊าซเรือนกระจกที่มีความถูกต้องสูง
- 1.2 จากการคำนวณด้วยการสร้างโมเดลหรือการทำสมการมวลสารสมดุล หรือการวิเคราะห์สหสัมพันธ์ Facility-specific หรือการคำนวณโดยใช้ข้อมูลกิจกรรมต่างๆ ที่เกิดขึ้นภายในองค์กร คูณกับค่าแฟกเตอร์การปล่อยหรือดูดกลับก๊าซเรือนกระจก และแสดงผลให้อยู่ในรูปของตัน (กิโลกรัม) คาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า (CO₂ equivalent)

ปริมาณก๊าซเรือนกระจก = ข้อมูลกิจกรรม x ค่าการปล่อยหรือดูดกลับก๊าซเรือนกระจก

- 1.3 จากการตรวจวัดร่วมกับการคำนวณ ตัวอย่างเช่น การนำข้อมูลปริมาณการใช้เชื้อเพลิงที่จัดเก็บและข้อมูลปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ซึ่งได้จากการตรวจวัดมาทำการคำนวณปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดจากการเผาไหม้ โดยอาศัยสมการมวลสารสมดุลเป็นต้นคำนวณปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก
2. คัดเลือกวิธีการรวบรวมข้อมูลกิจกรรมหากมีการใช้ข้อมูลกิจกรรมประกอบการคำนวณ ต้องมีการคัดเลือกและเก็บข้อมูลกิจกรรมการปล่อยและดูดซับก๊าซเรือนกระจกที่ไม่ขัดแย้งกับวิธีการคำนวณที่ได้เลือกไว้ ทั้งนี้ข้อมูลทั้งหมดควรได้รับการบันทึกไว้ในรูปแบบที่เหมาะสมสำหรับใช้วิเคราะห์และทวนสอบได้อีกอย่างน้อย 2 ปี

3. คัดเลือกหรือพัฒนาค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่ทราบแหล่งที่มา เหมาะสมใช้กับแหล่งปล่อยหรือดูดซับก๊าซเรือนกระจกแต่ละแหล่ง เป็นค่าปัจจุบันในขณะที่ใช้คำนวณ ที่คำนึงถึงความไม่แน่นอนในการคำนวณ และนำมาใช้คำนวณเพื่อให้ได้ผลลัพธ์ที่ถูกต้อง ตลอดจนไม่ขัดแย้งกับความตั้งใจในการใช้งานบัญชีรายการปริมาณก๊าซเรือนกระจกในกรณีที่ไม่สามารถจัดเก็บข้อมูลค่าแฟกเตอร์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกแบบปฐมภูมิได้ สามารถเลือกใช้ข้อมูลทุติยภูมิที่เรียงตามลำดับความสำคัญของความน่าเชื่อถือและคุณภาพของข้อมูลได้ดังนี้
- ฐานข้อมูลที่ทำการศึกษาและเผยแพร่โดยองค์กรภายในประเทศที่มีส่วนเกี่ยวข้องโดยตรงกับกิจกรรมนั้นๆ
 - ฐานข้อมูลสิ่งแวดล้อมของวัสดุพื้นฐานและพลังงานของประเทศไทย (Thai LCI Database) ซึ่งรวบรวมและจัดการโดยศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ (ดูข้อมูลเพิ่มเติมที่ <http://www.thailcidatabase.net>)
 - ข้อมูลจากวิทยานิพนธ์และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องที่ทำในประเทศ ซึ่งผ่านการกรองแล้ว (Peer - reviewed publications) ฐานข้อมูลที่เผยแพร่ทั่วไป ได้แก่ โปรแกรมสำเร็จรูปด้านการประเมินวัฏจักรชีวิต (LCA software) ฐานข้อมูลเฉพาะของกลุ่มอุตสาหกรรม หรือฐานข้อมูลเฉพาะของแต่ละประเทศ เป็นต้น
 - ข้อมูลที่ตีพิมพ์โดยองค์กรระหว่างประเทศ เช่น คณะกรรมการระหว่างรัฐบาลว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (Intergovernmental Panel on Climate Change: IPCC) องค์กรของสหประชาชาติ

ตารางที่ 6 ตัวอย่างการคำนวณปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ถูกปล่อยออกจาก
ระบบบำบัดน้ำเสียในอุตสาหกรรมอาหาร

ปริมาณน้ำเสีย (ลบ.ม.) (A)	COD เข้าระบบ (กก/ลบ.ม.) (B)	COD ออกจากระบบ (กก/ลบ.ม.) (C)	GHG Emission (kg CO ₂ eq) [5x((AxB)-(S))]
130,000.00	5.17	1.1	2,639,000.00

สูตรคำนวณ

$$\text{GHG Emission} = 5 * (W_i * \text{COD}) - S$$

W_i = ปริมาณน้ำเสีย (ลบ.ม)

COD = ความต้องการออกซิเจนทางเคมีของน้ำเสียขาเข้า
(กิโลกรัม COD ต่อ ลบ.ม.)

S = สารอินทรีย์ที่ถูกกำจัดในรูปของสลัดจ์ (กิโลกรัม COD)

***หมายเหตุ :** บำบัดน้ำเสียด้วยระบบบำบัดน้ำเสียแบบไม่ใช้ออกซิเจน ไม่มีการนำสลัดจ์ไปกำจัด
(S เท่ากับ 0) น้ำเสียที่ออกจากระบบบำบัดน้ำเสียแบบไม่ใช้ออกซิเจนเข้าสู่ระบบ
บำบัดแบบใช้อากาศต่อไป

****อ้างอิงวิธีคำนวณตามแนวทางการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กร (อบก.)** ตุลาคม 2556

จากนั้น คำนวณปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกด้วยการฝังสูตร
คำนวณในตารางแผ่นคำนวณ พร้อมทั้งจัดทำรายงานการปล่อยก๊าซเรือนกระจก
ตามรูปแบบที่ อบก. กำหนด

ประเภท	รายการ	ค่า LC		กรณีขายหรือรับซื้อ	ค่า CO2 (kgCO2 eq./kgC)	สินค้า						มูลค่าเงินบาท	มูลค่าเงินบาท	อัตราแลกเปลี่ยน	ค่าเงินบาท	ค่าเงินบาท
		หน่วย	ปริมาณ			Bar	Gas	PC	Th	Th	Th					
ประเภทที่ 1	น้ำมัน C	ลิตร	50,000.0	ขายตามหนังสือ	0.0883											
	น้ำมัน B	ลิตร	25,000.0	ขายตามหนังสือ	0.0883											
	น้ำมัน A	ลิตร	250.0	ขายตามหนังสือ	0.0883											
	น้ำมัน D	ลิตร	250.0	ขายตามหนังสือ	0.0883											
	น้ำมัน E	ลิตร	250.0	ขายตามหนังสือ	0.0883											
	น้ำมัน F	ลิตร	250.0	ขายตามหนังสือ	0.0883											
	น้ำมัน G	ลิตร	250.0	ขายตามหนังสือ	0.0883											
	น้ำมัน H	ลิตร	250.0	ขายตามหนังสือ	0.0883											
	น้ำมัน I	ลิตร	250.0	ขายตามหนังสือ	0.0883											
	น้ำมัน J	ลิตร	250.0	ขายตามหนังสือ	0.0883											
ประเภทที่ 2	น้ำมัน	ลิตร	5,000,000.0	ขายตามหนังสือ	0.0883											
	น้ำมัน	ลิตร	10,000,000.0	ขายตามหนังสือ	0.0883											
	น้ำมัน	ลิตร	15,000,000.0	ขายตามหนังสือ	0.0883											
	น้ำมัน	ลิตร	20,000,000.0	ขายตามหนังสือ	0.0883											
ประเภทที่ 3	น้ำมัน	ลิตร	5,000,000.0	ขายตามหนังสือ	0.0883											
	น้ำมัน	ลิตร	10,000,000.0	ขายตามหนังสือ	0.0883											
	น้ำมัน	ลิตร	15,000,000.0	ขายตามหนังสือ	0.0883											
	น้ำมัน	ลิตร	20,000,000.0	ขายตามหนังสือ	0.0883											
ประเภทที่ 4	น้ำมัน	ลิตร	5,000,000.0	ขายตามหนังสือ	0.0883											
	น้ำมัน	ลิตร	10,000,000.0	ขายตามหนังสือ	0.0883											
	น้ำมัน	ลิตร	15,000,000.0	ขายตามหนังสือ	0.0883											
	น้ำมัน	ลิตร	20,000,000.0	ขายตามหนังสือ	0.0883											
													รวมทั้งหมด	3,875,436.5	291.4	kgCO2 eq.

รูปที่ 2 ตารางแผ่นคำนวณในรายงานการปล่อยก๊าซเรือนกระจกตามรูปแบบที่ อบก. กำหนด

รายงานการปล่อยและดูดกลับก๊าซเรือนกระจก



ชื่อบริษัท : วี อุตสาหกรรม จำกัด

ที่อยู่/ที่ตั้งโรงงาน : 45 ถนนเอกชัย ตำบลโคกขาม อำเภอเมือง จ.สมุทรสาคร

วันที่รายงานผล : 20 พฤศจิกายน 2556

ระยะเวลาในการติดตามผล : 1 มกราคม – 31 ธันวาคม 2555

เพื่อการทวนสอบและรับรองผลการบ่งชี้พื้นที่ขององค์กร
โดย องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน)

รูปที่ 3 รายงานการปล่อยก๊าซเรือนกระจกตามรูปแบบที่ อบก. กำหนด

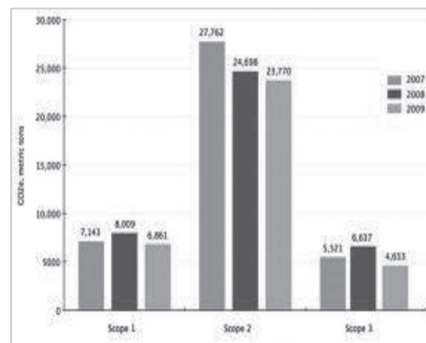
ทั้งนี้ต้องทำการคำนวณซ้ำใหม่ ในกรณีต่อไปนี้

- ❖ มีการเปลี่ยนแปลงขอบเขตองค์กร
- ❖ มีการเปลี่ยนแปลงเชิงโครงสร้างองค์กรที่กระทบต่อรูปแบบกิจกรรม และแหล่งที่มาของการปล่อยก๊าซเรือนกระจก
- ❖ มีการเปลี่ยนแปลงช่วงระยะเวลาในการเก็บข้อมูล
- ❖ มีการเปลี่ยนแปลงวิธีการคำนวณ

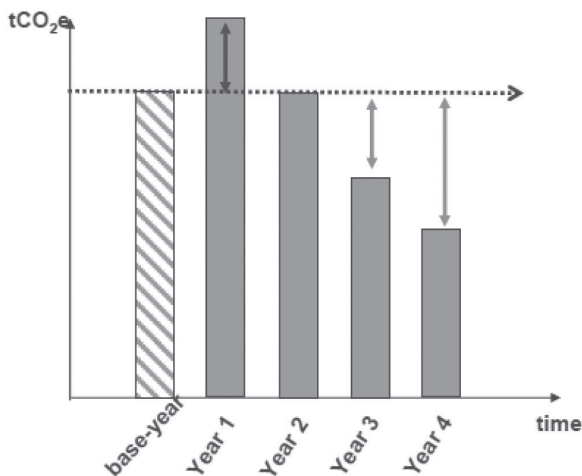
4. สัดส่วนการปล่อยก๊าซเรือนกระจก

การแสดงผลปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกและการรายงานผล ปริมาณก๊าซเรือนกระจกขององค์กรสามารถแสดงได้หลายรูปแบบ ทั้งเป็นข้อมูล รายปี หรือข้อมูลเชิงเปรียบเทียบเกี่ยวกับปีที่ผ่านมา

SCOPE	EMISSIONS (tCO ₂)
Scope 1	7,265
Scope 2	52
Scope 3	327,634
Total	334,951



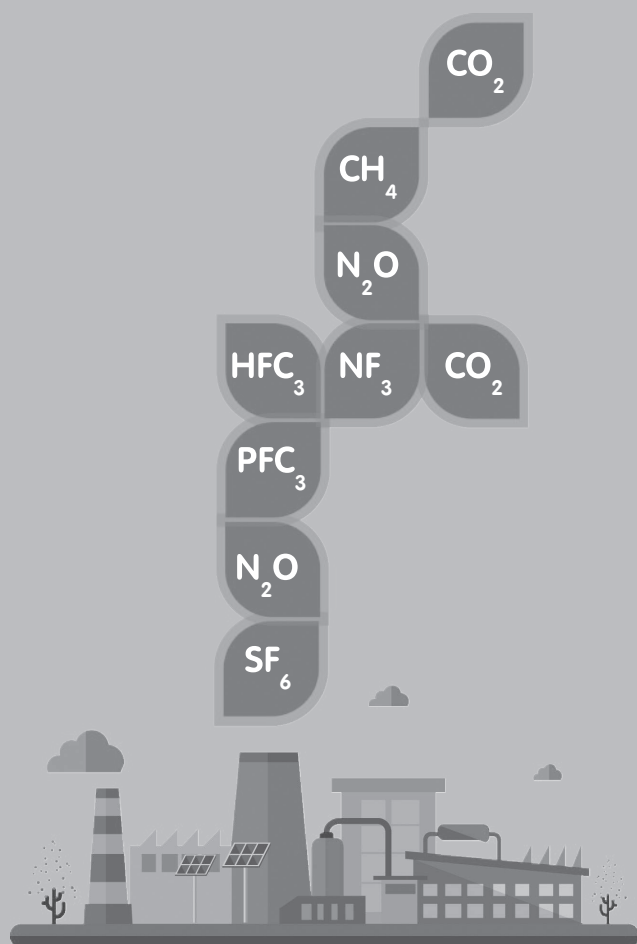
รูปที่ 4 ตัวอย่างการรายงานผลปริมาณก๊าซเรือนกระจกขององค์กร



รูปที่ 5 ตัวอย่างการรายงานผลปริมาณก๊าซเรือนกระจกขององค์กรเชิงเปรียบเทียบ
กับค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์ในปีฐาน

นอกจากนี้ สามารถแสดงข้อมูลเชิงเปรียบเทียบกับค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์
ในปีฐานได้

ทั้งนี้ ไม่สามารถนับรวมการรายงานปริมาณการชดเชยคาร์บอนได้
แต่สามารถรายงานแยก ยกเว้นในกรณีที่ขอดำเนินการผ่านระบบฉลากชดเชย
คาร์บอน จะสามารถนำตัวเลขที่ลดได้จากการจัดซื้อคาร์บอนเครดิต โดยคาร์บอน
เครดิตที่อนุญาตให้นำมาชดเชยได้ ได้แก่ คาร์บอนเครดิตจากโครงการกลไก
การพัฒนาที่สะอาด (Clean Development Mechanism: CDM) ที่เรียกว่า
Certified Emission Reductions (CERs) คาร์บอนเครดิตจากโครงการลดก๊าซ
เรือนกระจกภาคสมัครใจตามมาตรฐานสากล (Verified Emission Reductions:
VERs) ที่อยู่ในประเทศไทยเท่านั้น และคาร์บอนเครดิตจากโครงการลดก๊าซ
เรือนกระจกภาคสมัครใจตามมาตรฐานของประเทศไทย (Thailand Voluntary
Emission Reductions: TVERs) ซึ่งกำลังจะเกิดขึ้นในอนาคต







บทที่ 9

การประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ในกลุ่มอุตสาหกรรมน้ำตาล

รศ. ดร. เศรษฐ์ สัมภัตตะกุล

ดร. รัตชยุดา กองบุญ

หน่วยวิจัยเพื่อการจัดการพลังงานและเศรษฐกิจ
สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

1. บทนำ

อุตสาหกรรมน้ำตาลทรายมีความสำคัญอย่างมากต่อภาคเกษตรกรรม และภาคอุตสาหกรรม เนื่องจากสร้างรายได้จากการส่งออกเข้าสู่ประเทศหลายหมื่นล้านบาทต่อปี โดยที่ผ่านมาประเทศไทยได้ส่งออกน้ำตาลมากเป็นอันดับสองของโลก รองจากประเทศบราซิล อย่างไรก็ตาม อุตสาหกรรมน้ำตาลทรายเป็นอุตสาหกรรมที่มีปัจจัยเสี่ยงต่อผลกระทบทางสิ่งแวดล้อม โดยเฉพาะอย่างยิ่งผลกระทบด้านการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ

2. แนวทางการจัดทำคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กร

2.1 การกำหนดขอบเขตองค์กร

โครงสร้างขององค์กรในกลุ่มอุตสาหกรรมน้ำตาล โดยทั่วไปหากเป็นบริษัทใหญ่จะอยู่ในรูปแบบของกลุ่มธุรกิจ เช่น กลุ่มธุรกิจน้ำตาล ประกอบด้วย

โรงงานผลิตน้ำตาลหลาย ๆ โรงงาน และกลุ่มธุรกิจพลังงาน ซึ่งอาจเป็นสำนักงานใหญ่ดูแลการดำเนินงานของธุรกิจในเครือ ส่วนโรงงานขนาดเล็กหรือขนาดกลาง โครงสร้างองค์กรมักแบ่งออกเป็นส่วนของโรงงานน้ำตาลและส่วนสำนักงาน ซึ่งอาจมีหรือไม่มีสำนักงานใหญ่ที่ตั้งแยกจากส่วนของโรงงาน ดังนั้น การกำหนดขอบเขตขององค์กรเพื่อรวบรวมแหล่งปล่อยและดูดกลับก๊าซเรือนกระจก สามารถทำได้ทั้ง 2 แบบ คือ แบบควบคุม (Control Approach) ซึ่งสามารถแบ่งออกเป็น การควบคุมการดำเนินงาน (Operation Control) และการควบคุมทางการเงิน (Financial Control) หรือแบบปันส่วนตามกรรมสิทธิ์ (Equity Share) ซึ่งแต่ละองค์กรจะกำหนดขอบเขตขององค์กรตามลักษณะและความเหมาะสม ขึ้นอยู่กับข้อตกลงของแต่ละองค์กร สำหรับกรณีศึกษาที่ผ่านมา โรงงานน้ำตาลเลือกแบบควบคุมการดำเนินงาน

2.2 กิจกรรมที่มีการปล่อยและดูดกลับก๊าซเรือนกระจก

ในการระบุกิจกรรมที่มีการปล่อยและดูดกลับก๊าซเรือนกระจกที่สัมพันธ์กับการดำเนินงานขององค์กรในกลุ่มอุตสาหกรรมน้ำตาล อ้างอิงตามหลักการกำหนดขอบเขตของการดำเนินงาน สามารถแบ่งออกเป็น 3 ประเภท เช่นเดียวกันกับอุตสาหกรรมอื่น ได้แก่

ประเภทที่ 1 คือ การปล่อยและดูดกลับก๊าซเรือนกระจกทางตรงในกรณีที่องค์กรมีการกำหนดขอบเขตแบบควบคุมการดำเนินงาน พบว่า กิจกรรมที่มีโอกาสเป็นแหล่งปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่สำคัญ ในส่วนของโรงงาน เช่น การใช้เชื้อเพลิงในยานพาหนะ อุปกรณ์ และเครื่องจักรทั้งในกิจกรรมการผลิตและสนับสนุน รวมไปถึงส่วนงานอื่นๆ ที่เกี่ยวข้อง การใช้สารทำความเย็น การใช้สารดับเพลิง การใช้สารป้องกันการอาร์คในระบบไฟฟ้า การบำบัดน้ำเสียทั้งจากกระบวนการผลิตและสาธารณูปโภค

ประเภทที่ 2 การปล่อยและดูดกลับก๊าซเรือนกระจกจากการใช้พลังงานทางอ้อม เช่น การใช้ไฟฟ้าและไอน้ำ โดยตัวอย่างกิจกรรมที่เป็นแหล่งปล่อยก๊าซเรือนกระจกในแต่ละประเภท มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

ตารางที่ 1 แสดงกิจกรรมขององค์กรและแหล่งปล่อยก๊าซเรือนกระจก

ประเภท	กิจกรรมที่มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจก	ตัวอย่างกิจกรรม
ประเภทที่ 1	การเผาไหม้อยู่กับที่	การเผาไหม้เชื้อเพลิงประเภทต่างๆ เช่น - น้ำมันดีเซลหรือเบนซิน - ก๊าซ LPG - ก๊าซอาร์กอนที่ใช้ในงานซ่อมบำรุง - การเผาไหม้เชื้อเพลิงชีวมวลในกระบวนการผลิตไอน้ำในโรงงาน ซึ่งจะทำการรายงานแยกปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์นอกเหนือจากทั้ง 3 ประเภท
	การเผาไหม้ที่มีการเคลื่อนที่	การเผาไหม้เชื้อเพลิง เช่น น้ำมันดีเซลหรือเบนซิน ในยานพาหนะประเภทต่างๆ
	การรั่วไหลและอื่นๆ	- การรั่วไหลของสารทำความเย็น - การปล่อยก๊าซมีเทนจากระบบบำบัดน้ำเสียจากกระบวนการผลิตและสาธารณูปโภค - การปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เกิดจากการฝังกลบใบอ้อย
ประเภทที่ 2	การใช้พลังงานไฟฟ้า	ก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นจากการผลิตไฟฟ้าที่ส่งผ่าน และ/หรือซื้อมาโดยองค์กร
	การใช้พลังงานความร้อน ไอน้ำ	ก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นจากการผลิตความร้อนและไอน้ำที่ส่งผ่าน และ/หรือซื้อมาโดยองค์กร

สำหรับการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในประเภทที่ 3 กล่าวคือ การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากทางอ้อมอื่นๆ ซึ่งองค์กรสามารถเลือกแหล่งปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่คาดว่าจะเป็นการปล่อยก๊าซเรือนกระจกมาก และสามารถนำไปสู่แนวทางการลดได้อย่างเป็นรูปธรรม เช่น การใช้น้ำมันดีเซลในการขนส่งวัตถุดิบอ้อย การใช้บรรจุภัณฑ์สำหรับผลิตภัณฑ์

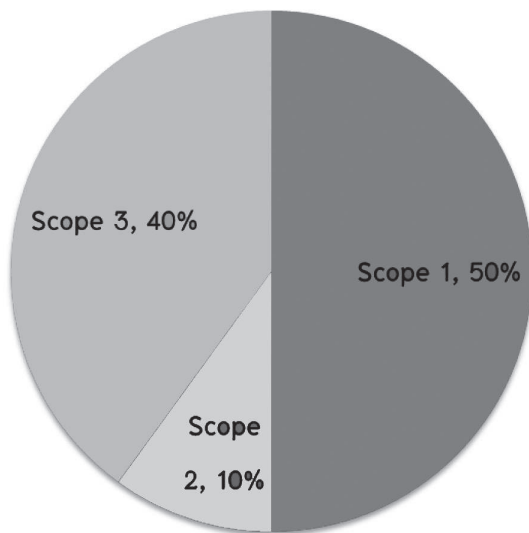
3. แนวทางการคำนวณปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก

แนวทางการคำนวณปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เกิดจากกิจกรรมในอุตสาหกรรมน้ำตาล สามารถคำนวณได้ด้วยวิธีการตรวจวัด วิธีการคำนวณ และวิธีการตรวจวัดร่วมกับวิธีการคำนวณ ซึ่งในอุตสาหกรรมน้ำตาลโดยส่วนใหญ่มักใช้วิธีการคำนวณหรือวิธีการตรวจวัดร่วมกับวิธีการคำนวณ ขึ้นอยู่กับความเหมาะสมของแต่ละแหล่งปล่อยก๊าซเรือนกระจก สำหรับในการคำนวณจะอ้างอิงตามสมการโดยทั่วไป กล่าวคือ

$$\text{ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก} = \text{ข้อมูลกิจกรรม} \times \text{ค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจก}$$

ทั้งนี้ องค์กรต้องคัดเลือกและพัฒนาค่าการปล่อยและดูดกลับก๊าซเรือนกระจกให้อยู่ในรูปแบบที่เหมาะสม ไม่ว่าจะเป็นการคัดเลือกและเก็บข้อมูลกิจกรรม ซึ่งข้อมูลกิจกรรมต่างๆ ควรมีการบันทึกข้อมูลในรูปแบบที่เหมาะสมสำหรับใช้วิเคราะห์และทวนสอบได้อีกอย่างน้อย 2 ปี และในกรณีที่องค์กรใช้ข้อมูลทุติยภูมิในการคำนวณ ควรนำข้อมูลมาจากแหล่งอ้างอิงที่เหมาะสมตามลำดับความสำคัญ ความน่าเชื่อถือ และคุณภาพของข้อมูล ดังแสดงไว้ในภาคผนวก ฉ. ของแนวทางการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กร

4. สัดส่วนการปล่อยก๊าซเรือนกระจก

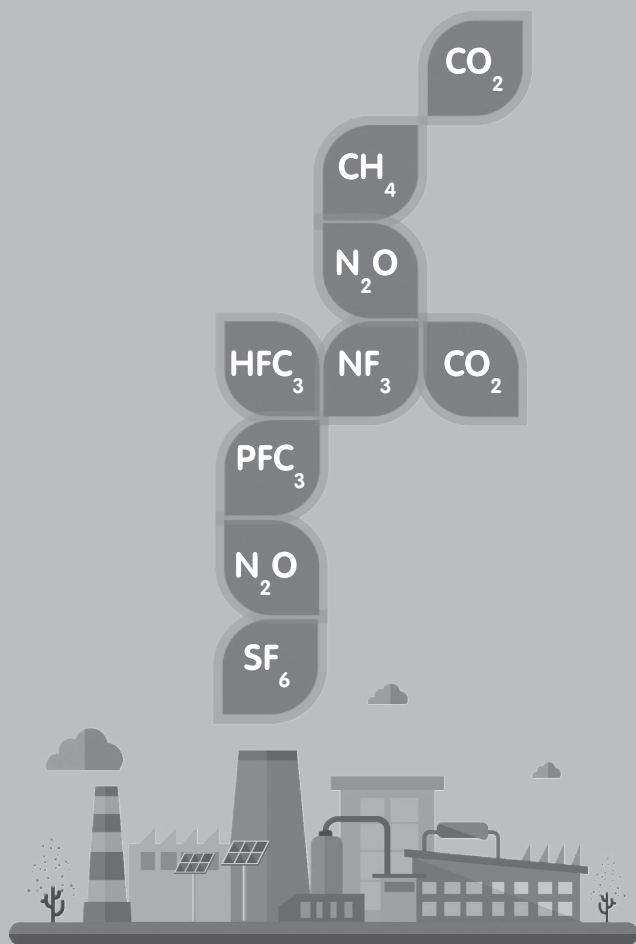


จากสัดส่วนการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของอุตสาหกรรมน้ำตาล พบว่า กิจกรรมภายใต้ขอบเขตประเภทที่ 1 มีสัดส่วนการปล่อยก๊าซเรือนกระจกมากที่สุด ประมาณร้อยละ 50 รองลงมาคือ ประเภทที่ 3 ซึ่งมาจากน้ำมันดีเซลที่ใช้ในการขนส่งวัตถุดิบอ้อยเข้าสู่โรงงานน้ำตาลประมาณร้อยละ 40 และสุดท้ายคือ ประเภทที่ 2 ประมาณร้อยละ 10

5. ข้อควรระวังในการบันทึกข้อมูลสำหรับการคำนวณค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กร

ในการประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของอุตสาหกรรมน้ำตาล เนื่องจากข้อมูลที่นำมาใช้ประเมินมาจากหลายฝ่าย ไม่ว่าจะเป็นจากข้อมูลการบันทึกปริมาณการใช้ของแต่ละฝ่าย ข้อมูลจากฝ่ายบัญชี และอื่นๆ เพื่อให้ได้มาซึ่งข้อมูลสำหรับประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกขององค์กร ซึ่งในทางปฏิบัติ

ข้อมูลเหล่านี้จะถูกจัดเก็บไว้หลายรูปแบบ หรือบางข้อมูลอาจไม่ได้มีการบันทึกไว้ ดังนั้นผู้ประเมินควรมีการตรวจสอบข้อมูลให้ครบถ้วน สำหรับองค์กรที่ต้องการประเมินปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกควรมีการจัดทำระเบียบปฏิบัติงาน (Procedure) ในรูปของฐานข้อมูล เพื่อแสดงถึงการเก็บรวบรวมข้อมูล การคำนวณและการจัดทำรายงานปริมาณการปล่อยและดูดกลับก๊าซเรือนกระจก รวมไปถึงสมมติฐานต่างๆ ที่ใช้ในการคำนวณให้ครบถ้วนและชัดเจน สามารถตรวจสอบได้







บทที่ 10

การประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ในกลุ่มอุตสาหกรรมปศุสัตว์

รศ. ดร. กิติกร จามรดุสิต

ภาณุวัฒน์ ประเสริฐพงษ์

ศูนย์วิจัยและฝึกอบรมนิเวศวิทยาอุตสาหกรรม

คณะสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล

1. บทนำ

ภาคปศุสัตว์ถือเป็นแหล่งปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่สำคัญแหล่งหนึ่งของประเทศไทย ข้อมูลจากการจัดทำรายงานแห่งชาติฉบับที่สอง เสนอต่ออนุสัญญาสหประชาชาติว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (UNFCCC) เมื่อปี พ.ศ. 2553 (ค.ศ. 2010) พบว่าภาคปศุสัตว์เป็นภาคสำคัญของการปล่อยก๊าซมีเทนในสาขาเกษตรกรรม โดยมีสัดส่วนการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในหน่วยคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าคิดเป็นร้อยละ 26 ของปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ปล่อยทั้งหมดในสาขาเกษตรกรรม โดยแยกออกเป็นปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นจากกิจกรรมกระบวนการย่อยอาหารของสัตว์เคี้ยวเอื้อง (Enteric Fermentation) คิดเป็นสัดส่วนร้อยละ 16 และปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เกิดจากกิจกรรมการจัดการมูลสัตว์ (Manure management) อีกร้อยละ 10 ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับสัดส่วนปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งหมดในสาขาเกษตรกรรมแล้ว ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เกิดจาก

ภาคปศุสัตว์มีส่วนปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกคิดเป็นอันดับสองรองจากกิจกรรมการปลูกข้าว (Rice cultivation)

โคนมถือเป็นสัตว์เศรษฐกิจที่สำคัญของภาคปศุสัตว์ไทย โดยปี 2552 - 2556 จำนวนโคนมของประเทศไทยทั้งหมดมีอัตราเพิ่มร้อยละ 4.45 ต่อปี ในปี 2556 มีจำนวน 589,020 ตัว เพิ่มขึ้นจากปี 2555 ซึ่งมีจำนวน 573,963 ตัว ร้อยละ 2.62 และจำนวนแม่โครีดนมมีอัตราเพิ่มร้อยละ 3.15 ต่อปี โดยในปี 2556 มีแม่โครีดนม 250,714 ตัว เพิ่มขึ้นจาก 240,340 ตัว ของปี 2555 ร้อยละ 4.32 ส่วนผลผลิตน้ำนมดิบในช่วงปี 2552 - 2556 มีอัตราเพิ่มร้อยละ 7.66 ต่อปี โดยปี 2556 มีผลผลิต 1,125,188 ตัน เพิ่มขึ้นจาก 1,064,321 ตัน ของปี 2555 ร้อยละ 5.72 เนื่องจากการเพิ่มขึ้นของจำนวนแม่โครีดนมเฉลี่ยในรอบปี และอัตราการให้น้ำนมที่สูงขึ้น ซึ่งเป็นผลมาจากราคาน้ำนมดิบอยู่ในเกณฑ์สูง และความต้องการน้ำนมดิบที่เพิ่มขึ้น ส่งผลให้เกษตรกรหันมาให้ความสำคัญในการเลี้ยงโคนมและการบริหารจัดการฟาร์มให้ได้มาตรฐาน เพื่อการเพิ่มปริมาณผลผลิตที่สูงขึ้น (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2557) ปัจจุบันการเลี้ยงโคนมในประเทศไทยกว่าร้อยละ 70 เป็นฟาร์มขนาดเล็กถึงขนาดกลาง เฉลี่ยแม่โครีดนมประมาณ 20 ตัวต่อฟาร์ม (Knip, 2006) มีเพียงร้อยละ 30 ที่เป็นฟาร์มขนาดใหญ่ มีการบริหารจัดการการเลี้ยงโคนมที่มีมาตรฐานสูง และบางแห่งมีการบริหารจัดการอาหารสัตว์เพื่อรองรับการเลี้ยงโคนมภายในฟาร์มของตนเองได้เป็นอย่างดี

บทความนี้เป็นบทความทางวิชาการที่นำเสนอข้อสังเกตที่ได้จากการประเมินปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นจากกิจกรรมต่างๆ ภายในฟาร์มเลี้ยงโคนม โดยนำเอากรณีศึกษาของการประเมินปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกขององค์กรตามแนวทางการประเมินปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กรประเทศไทย ของฟาร์มเลี้ยงโคนมที่จัดอยู่ในประเภทฟาร์มขนาดใหญ่ที่มีการบริหารจัดการการเลี้ยงโคนมที่ได้มาตรฐาน และมีการบริหารจัดการอาหารสัตว์เพื่อรองรับการเลี้ยงโคนมภายในฟาร์มของตนเองได้เอง โดยหวังว่า

ข้อสังเกตที่นำเสนอดังกล่าวจะสามารถใช้เป็นตัวอย่างเพื่อการประเมินปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ปล่อยจากกิจกรรมขององค์กรประเภทฟาร์มโคนม หรือสามารถเป็นข้อเสนอเชิงนโยบายที่สามารถนำสู่การประเมินปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่เกิดจากภาคปศุสัตว์ไทยโดยเฉพาะโคนมได้ต่อไปในอนาคต

2. แนวทางการจัดทำคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กร

2.1 การกำหนดขอบเขตขององค์กร

รูปแบบขององค์กรในลักษณะของฟาร์มปศุสัตว์อาจมีความแตกต่างกับองค์กรในลักษณะของโรงงานอุตสาหกรรมที่มีความชัดเจนในเรื่องของขอบเขตขององค์กรที่แสดงให้เห็นในภาพของพื้นที่ส่วนของกระบวนการผลิตและสำนักงาน ดังนั้น การกำหนดขอบเขตเพื่อการประเมินปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก (System boundary) ในลักษณะของฟาร์มปศุสัตว์สามารถกำหนดได้จากขอบเขตที่องค์กรหรือเจ้าของฟาร์มสามารถควบคุมการดำเนินงานของกิจกรรมที่เกิดขึ้นได้เองทั้งหมด หรืออาจกำหนดจากขอบเขตของพื้นที่ที่เป็นเจ้าของ ทั้งนี้ การกำหนดขอบเขตขององค์กร (Setting organization boundary) เพื่อการรายงานปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในขั้นตอนสุดท้าย ทางองค์กรหรือเจ้าของฟาร์มอาจสามารถเลือกแบบวิธีควบคุม (Control approach) หรือวิธีปันส่วนกรรมสิทธิ์ (Equity share) ก็ได้ตามแต่ลักษณะขององค์กร หรือการตกลงร่วมกันระหว่างผู้ร่วมทุน

2.2 กิจกรรมที่มีการปล่อยและดูดกลับก๊าซเรือนกระจก

การระบุแหล่งปล่อยก๊าซเรือนกระจกขององค์กร อ้างอิงตามหลักการของขั้นตอนการกำหนดขอบเขตการดำเนินงาน (Setting of operational boundary) ซึ่งแบ่งแยกออกเป็น 3 ประเภทของแหล่งปล่อยก๊าซเรือนกระจก ได้แก่ 1) การปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางตรงขององค์กร 2) การปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางอ้อมจากการใช้พลังงาน 3) การปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางอ้อมอื่นๆ เมื่อพิจารณา

กิจกรรมสำคัญที่อาจเป็นแหล่งปล่อยก๊าซเรือนกระจกขององค์กรในลักษณะของฟาร์มโคนมตามการกำหนดขอบเขตการดำเนินงานเฉพาะประเภทที่ 1 และ 2 ที่ถือเป็นข้อกำหนดขั้นต่ำสำหรับการรายงานปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกตามแนวทางการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กรประเทศไทย สามารถแสดงให้เห็นดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 แสดงกิจกรรมขององค์กรและแหล่งปล่อยก๊าซเรือนกระจก

ประเภท	รูปแบบกิจกรรม	กิจกรรม
ประเภทที่ 1	การเผาไหม้อยู่กับที่	กิจกรรมการเผาไหม้เชื้อเพลิงที่ใช้กับอุปกรณ์หรือเครื่องจักรกลทางการเกษตรที่อยู่กับที่ เช่น ปั๊มน้ำ เครื่องปั่นไฟฟ้า
		กิจกรรมการเผาไหม้เชื้อเพลิงที่ใช้ในงานซ่อมบำรุง เช่น แก๊สหุงต้ม (LPG) สำหรับงานตัด แก๊สอะเซทิลีนที่ใช้กับงานเชื่อม
		กิจกรรมการเผาไหม้เชื้อเพลิงที่ใช้ในคอกปศุสัตว์ เช่น แก๊สหุงต้มที่ใช้สำหรับอุ่นน้ำนมสำหรับลูกโค
		กิจกรรมการเผาไหม้เชื้อเพลิงอื่นๆ ที่องค์กรเป็นเจ้าของหรือมีอำนาจควบคุม อาทิเช่น แก๊สหุงต้มที่ใช้ในกิจกรรมการทำครัวภายในโรงอาหาร หรือน้ำมันเชื้อเพลิงที่ใช้ในการเผาไหม้ขณะซ่อมดับเพลิงประจำปี
		ก๊าซมีเทนและไนตรัสออกไซด์ที่เกิดจากการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงชีวมวล (ควรทำการแยกรายงานปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดจากการเผาไหม้ชีวมวลต่างหากนอกเหนือจากทั้ง 3 ประเภท)

ประเภท	รูปแบบกิจกรรม	กิจกรรม
	การเผาไหม้ที่มีการเคลื่อนที่	กิจกรรมการเผาไหม้เชื้อเพลิงของยานพาหนะที่องค์กรเป็นเจ้าของหรือเช่าเหมา แต่องค์กรรับผิดชอบค่าใช้จ่ายของเชื้อเพลิง
		กิจกรรมการเผาไหม้เชื้อเพลิงของเครื่องจักรกลทางการเกษตรที่มีการเคลื่อนที่ โดยที่องค์กรเป็นเจ้าของหรือเช่าเหมา แต่องค์กรรับผิดชอบค่าใช้จ่ายของเชื้อเพลิง
	การรั่วไหลและอื่นๆ	การปล่อยก๊าซมีเทนจากกิจกรรมกระบวนการย่อยอาหารของสัตว์เคี้ยวเอื้อง
		การปล่อยก๊าซมีเทนและไนตรัสออกไซด์จากกิจกรรมการจัดการมูลสัตว์
		การรั่วไหลของสารทำความเย็นในอุปกรณ์ต่างๆ เช่น เครื่องปรับอากาศ อุปกรณ์ทำน้ำเย็น
		การใช้อุปกรณ์ดับเพลิงประเภทที่มีองค์ประกอบของก๊าซเรือนกระจก เช่น อุปกรณ์ดับเพลิงประเภทคาร์บอนไดออกไซด์
		ก๊าซเรือนกระจกที่เกิดจากการใช้ปุ๋ย
		ก๊าซมีเทนที่เกิดจากกระบวนการบำบัดน้ำเสียภายในฟาร์ม
		ก๊าซมีเทนที่เกิดจากระบบ Septic Tank (การใช้สุขาของพนักงาน)
ประเภทที่ 2		การใช้พลังงานไฟฟ้าที่ถูกซื้อมาจากภายนอกเพื่อใช้ภายในองค์กร

สำหรับการปล่อยก๊าซเรือนกระจกประเภทที่ 3 ซึ่งจัดอยู่ในประเภทของการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางอ้อมอื่นๆ ซึ่งอยู่นอกเหนือข้อกำหนดของการรายงานปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กร ตามแนวทางการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กรประเทศไทยที่เปิดโอกาสให้องค์กรสามารถทำการประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกประเภทที่ 3 ได้ โดยควรแยกบันทึกแหล่งปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางอ้อมนั้นๆ ออกจากการปล่อยก๊าซเรือนกระจกประเภทที่ 1 และ 2

การปล่อยก๊าซเรือนกระจกประเภทที่ 3 ที่ควรให้ความสำคัญสำหรับองค์กรประเภทฟาร์มโคนม ได้แก่ การเผาไหม้เชื้อเพลิงที่เกิดขึ้นจากการใช้เดินทางของพนักงานและการขนส่งสินค้า รวมถึงวัตถุดิบหรือผลิตภัณฑ์พลาสติกที่มีการใช้งาน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับแนวนโยบายการลดปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่เกิดจากการปล่อยก๊าซเรือนกระจกประเภทที่ 3 ของแต่ละองค์กร รวมถึงปริมาณข้อมูลที่องค์กรสามารถเก็บรวบรวมได้ เพื่อนำมาใช้คำนวณปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกประเภทดังกล่าว

3. แนวทางการคำนวณปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก

แนวทางการคำนวณปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นจากกิจกรรมภายในองค์กรของฟาร์มโคนม ตามแหล่งปล่อยก๊าซเรือนกระจกประเภทต่างๆ นั้น สามารถอ้างอิงได้จากแนวทางการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กรประเทศไทย ซึ่งกำหนดวิธีการได้มาซึ่งปริมาณก๊าซเรือนกระจกไว้ 3 วิธี ได้แก่ วิธีการตรวจวัด วิธีการคำนวณ และวิธีการตรวจวัดร่วมกับวิธีการคำนวณ

โดยส่วนมากของการประเมินปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กร มักจะเลือกใช้วิธีการคำนวณหรือวิธีการตรวจวัดร่วมกับวิธีการคำนวณ ด้วยเหตุผลจากข้อจำกัดของเครื่องมืออุปกรณ์ที่ใช้ในการตรวจวัดก๊าซเรือนกระจก ทั้งนี้ วิธีการคำนวณจะใช้หลักการในการคำนวณตามสมการ

$$\text{ปริมาณก๊าซเรือนกระจก} = \text{ข้อมูลกิจกรรม} \times \text{ค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจก}$$

ทั้งนี้ข้อมูลกิจกรรมจะได้อาจมาจากการเก็บรวบรวมข้อมูลกิจกรรมในแต่ละแหล่งปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่ทำการระบุตามขอบเขตขององค์กร ซึ่งควรได้รับการบันทึกไว้ในรูปแบบที่เหมาะสมและสามารถนำมาใช้วิเคราะห์และทวนสอบได้อีกอย่างน้อย 2 ปี

สำหรับค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสามารถคัดเลือกมาจากแหล่งอ้างอิงที่เหมาะสม เป็นที่ยอมรับ และเป็นค่าปัจจุบันในขณะที่ใช้คำนวณ (อาทิเช่นฐานข้อมูลค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่ประกาศโดยองค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก หรือค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่ได้จากงานวิจัยที่ได้รับการเผยแพร่ในวารสารทางวิชาการที่ได้มาตรฐาน เป็นต้น) ซึ่งสามารถนำมาใช้ในการคำนวณปริมาณก๊าซเรือนกระจกตามกิจกรรมต่างๆ ได้ แต่ควรมีข้อสังเกตในการเลือกใช้ค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในการคำนวณปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นกิจกรรมขององค์กร หรือคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กรที่มีความแตกต่างจากค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในกรณีของการคำนวณปริมาณก๊าซเรือนกระจกตลอดวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์หรือคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์ กล่าวคือ ค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เลือกนำมาสำหรับการคำนวณปริมาณ ก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นจากกิจกรรมขององค์กร ควรเลือกใช้ค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่ได้จากการประเมินเฉพาะในขอบเขตตั้งแต่ขั้นตอนการได้มาซึ่งวัตถุดิบ (Raw material extraction) จนถึงแค่ในส่วนของการผลิต (Manufacturing) หรือในลักษณะของ Gate to Gate เท่านั้น ในขณะที่ค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่ใช้ในกรณีของการคำนวณปริมาณก๊าซเรือนกระจกตลอดวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์หรือคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์ จะเลือกใช้ค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่ได้จากการประเมินตลอดทั้งวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ หรือ Cradle to Grave

การคำนวณการปล่อยก๊าซมีเทนและไนตรัสออกไซด์จากกิจกรรมกระบวนการย่อยอาหารของสัตว์เคี้ยวเอื้องและการจัดการมูลสัตว์ ซึ่งถือเป็นกิจกรรมหลักขององค์กรประเภทฟาร์มปศุสัตว์ นั้นจะใช้แนวทางการคำนวณตามคู่มือการคำนวณปริมาณการปล่อยและดูดกลับก๊าซเรือนกระจกที่จัดทำขึ้นโดยคณะกรรมการระหว่างรัฐบาลว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (The Intergovernmental Panel on Climate Change) หรือ IPCC ที่ได้รับการปรับปรุงและกำหนดใช้ครั้งล่าสุดเมื่อปี พ.ศ. 2549 (ค.ศ. 2006) โดยมีชื่อว่า 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories โดยอยู่ในภาคส่วนของการเกษตรและป่าไม้และการเปลี่ยนแปลงการใช้พื้นที่ (Agriculture, Forestry, and Other Land Use) โดยสามารถเลือกระดับความยากง่ายของการคำนวณที่แบ่งออกเป็น 3 ระดับ ได้แก่

- เทียร์ 1 (Tier 1) เป็นระดับการประเมินและการคำนวณที่ง่ายที่สุด โดยทำการคำนวณตามวิธีการของ IPCC ที่ใช้ค่าแฟกเตอร์การปล่อยและค่าข้อมูลกิจกรรมอ้างอิงตามคำแนะนำในคู่มือวิธีการคำนวณปริมาณปล่อยและการดูดกลับก๊าซเรือนกระจก 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories หรือสามารถเลือกใช้ข้อมูลกิจกรรมของประเทศหรือตามความเหมาะสมของสภาพการณ์ก็ได้
- เทียร์ 2 (Tier 2) เป็นการประเมินที่มีความแม่นยำมากกว่าเทียร์ 1 โดยคำนวณในภาคหรือสาขาที่มีข้อมูลค่าแฟกเตอร์การปล่อยเฉพาะของประเทศที่ได้จากการศึกษาและวิจัยภายใต้สภาวะและเงื่อนไขของประเทศนั้นๆ
- เทียร์ 3 (Tier 3) เป็นการประเมินที่มีความแม่นยำมากที่สุด โดยประเทศที่ต้องการประเมินมีความพร้อมทั้งในด้านข้อมูลที่ต้องการตามหลักวิทยาศาสตร์ และมีการตีพิมพ์เผยแพร่สู่สาธารณะ รวมถึงการพัฒนารูปแบบวิธีการคำนวณที่เป็นเอกลักษณ์ของประเทศ

สำหรับในกรณีศึกษาที่ผู้เขียนได้มีโอกาสทำการประเมินปริมาณก๊าซเรือนกระจกขององค์กรประเภทฟาร์มโคนมนั้น ผู้เขียนได้เลือกกระตักการคำนวณตามแนวทางของ IPCC ในระดับเทียร์ 2 ซึ่งมีการเก็บข้อมูลเฉพาะจากพื้นที่ทำการศึกษาที่มีมากกว่าในระดับเทียร์ 1 และการเลือกใช้ค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่มีความเฉพาะของประเทศไทย ทั้งนี้ผู้ทำการประเมินสามารถเลือกกระตักการคำนวณได้ตามความเหมาะสม แต่ต้องคำนึงถึงความแม่นยำของผลลัพธ์ที่ได้จากการประเมินปริมาณก๊าซเรือนกระจกจากการเลือกกระตักเพื่อรับการทวนสอบด้วยเป็นสำคัญ

แนวทางคำนวณการปล่อยก๊าซมีเทนและไนตรัสออกไซด์จากกิจกรรมกระบวนการย่อยอาหารของสัตว์เคี้ยวเอื้อง และการจัดการมูลสัตว์ตามแนวทางของ IPCC ในระดับเทียร์ 1

ดังที่ได้กล่าวแล้วข้างต้น การประเมินปริมาณก๊าซเรือนกระจกตามแนวทางของ IPCC ในระดับเทียร์ 1 นั้นเป็นระดับที่ง่ายที่สุด แต่ผลลัพธ์ที่คำนวณได้จะมีความแม่นยำน้อยที่สุด ทั้งนี้ หากองค์กรประเภทฟาร์มปศุสัตว์ในระดับท้องถิ่น ซึ่งยังไม่มีกรเก็บรวบรวมข้อมูลและความรู้ที่ตีมากพอนั้น ผู้เขียนก็ขอแนะนำให้ทดลองทำการประเมินตามแนวทางในระดับเทียร์ 1 ก่อนเพื่อเป็นการเริ่มต้น และในอนาคตควรมีการศึกษาและพัฒนาการเก็บรวบรวมข้อมูล และการคำนวณในระดับที่ยากขึ้นถัดไป รายละเอียดการคำนวณการปล่อยก๊าซมีเทนและไนตรัสออกไซด์จากกิจกรรมกระบวนการย่อยอาหารของสัตว์เคี้ยวเอื้อง และการจัดการมูลสัตว์ตามแนวทางของ IPCC ในระดับเทียร์ 1 มีดังนี้

การคำนวณการปล่อยก๊าซมีเทนและไนตรัสออกไซด์จากกิจกรรมกระบวนการย่อยอาหารของสัตว์เคี้ยวเอื้อง และการจัดการมูลสัตว์มีความจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องมข้อมูลจำนวนประชากรสัตว์เฉลี่ยในหนึ่งปี (Annual average population) ซึ่งสามารถหาได้จากสมการดังนี้

$$\text{จำนวนประชากรสัตว์เฉลี่ยใน 1 ปี} = \text{ระยะเวลาที่สัตว์มีชีวิต (วัน)} \times (\text{จำนวนสัตว์ที่เลี้ยงในหนึ่งปี} / 365)$$

ตัวเลขจำนวนประชากรสัตว์เฉลี่ยในหนึ่งปีที่ได้จากสมการข้างต้นจะนำไปใช้เป็นข้อมูลหลักในการคำนวณหาปริมาณการปล่อยก๊าซมีเทน และไนตรัสออกไซด์จากกิจกรรมกระบวนการย่อยอาหารของสัตว์เคี้ยวเอื้อง และการจัดการมูลสัตว์ต่อไป ซึ่งมีรายละเอียดขั้นตอนการคำนวณ ดังนี้

แนวทางการคำนวณปริมาณการปล่อยก๊าซมีเทนที่เกิดจากกิจกรรมกระบวนการย่อยอาหารของสัตว์

1. แยกชนิดและประเภทสัตว์ตามหมวดหมู่ที่ได้กำหนดไว้ในตารางที่ 10.1 ของคู่มือ 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories ของภาคการเกษตร ป่าไม้ และการเปลี่ยนแปลงการใช้พื้นที่ บทย่อยที่ 10 เพื่อให้ได้ความชัดเจนในการนำไปใช้เลือกค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกแนะนำที่กำหนดไว้ในคู่มือตามหมวดหมู่ที่กำหนด

หมวดหมู่หลักของประเภทสัตว์	หมวดหมู่ย่อยของประเภทสัตว์
TABLE 10.1 REPRESENTATIVE LIVESTOCK CATEGORIES ^{1,2}	
Main categories	Subcategories
Mature Dairy Cow or Mature Dairy Buffalo	• High-producing cows that have calved at least once and are used principally for milk production • Low-producing cows that have calved at least once and are used principally for milk production
Other Mature Cattle or Mature Non-dairy Buffalo	Females: • Cows used to produce offspring for meat • Cows used for more than one production purpose: milk, meat, draft Males: • Bulls used principally for breeding purposes • Bullocks used principally for draft power
Growing Cattle or Growing Buffalo	• Calves pre-weaning • Replacement dairy heifers • Growing / fattening cattle or buffalo post-weaning • Feedlot-fed cattle on diets containing > 90 % concentrates
Mature Ewes	• Breeding ewes for production of offspring and wool production • Milking ewes where commercial milk production is the primary purpose
Other Mature Sheep (>1 year)	• No further sub-categorisation recommended

2. เมื่อได้ชนิดและประเภทของสัตว์ตามหมวดหมู่ที่กำหนดในคู่มือแล้ว ให้ทำการเลือกค่าแฟกเตอร์การปล่อยแนะนำตามชนิดของสัตว์ ระดับการพัฒนาประเทศ และน้ำหนักตามตารางที่ 10.10 และตามประเภทของสัตว์ในตารางที่ 10.11 ในคู่มือ 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories ของภาคการเกษตร ป่าไม้ และการเปลี่ยนแปลงการใช้พื้นที่ในหน่วย $\text{kg CH}_4 \text{ head}^{-1} \text{ yr}^{-1}$

TABLE 10.10 ENTERIC FERMENTATION EMISSION FACTORS FOR TIER 1 METHOD ¹ ($\text{KG CH}_4 \text{ HEAD}^{-1} \text{ YR}^{-1}$)			
Livestock	Developed countries	Developing countries	Liveweight
Buffalo	55	55	300 kg
Sheep	8	5	65 kg - developed countries; 45 kg - developing countries
Goats	5	5	40 kg
Camels	46	46	570 kg
Horses	18	18	550 kg
Mules and Asses	10	10	245 kg
Deer	20	20	120 kg
Alpacas	8	8	65 kg
Swine	1.5	1.0	
Poultry	Insufficient data for calculation	Insufficient data for calculation	
Other (e.g., Llamas)	To be determined ¹	To be determined ¹	

3. รวบรวมข้อมูลจำนวนประชากรสัตว์ที่มีชีวิตอยู่ในระยะเวลาที่ต้องการคำนวณตามแต่ละประเภท (ทั้งนี้สามารถใช้สมการจำนวนประชากรสัตว์เฉลี่ยในหนึ่งปีในการคำนวณค่าดังกล่าวได้ตามข้างต้น)

4. ทำการคำนวณปริมาณการปล่อยก๊าซมีเทนที่ปล่อยจากกิจกรรม กระบวนการย่อยอาหารของสัตว์ประเภทต่างๆ ในหน่วย $\text{Gg CH}_4 \text{ yr}^{-1}$ ตามสมการ

ปริมาณการปล่อยก๊าซมีเทน = ค่าแฟกเตอร์การปล่อยมีเทน $\times$ (จำนวนประชากรสัตว์/ 10^6)

Regional characteristics	Cattle category	Emission factor ^{2,3} (kg CH ₄ head ⁻¹ yr ⁻¹)	Comments
North America: Highly productive commercialized dairy sector feeding high quality forage and grain. Separate beef cow herd, primarily grazing with feed supplements seasonally. Fast-growing beef steers/heifers finished in feedlots on grain. Dairy cows are a small part of the population.	Dairy	128	Average milk production of 8,400 kg head ⁻¹ yr ⁻¹ .
	Other Cattle	53	Includes beef cows, bulls, calves, growing steers/heifers, and feedlot cattle.
Western Europe: Highly productive commercialised dairy sector feeding high quality forage and grain. Dairy cows also used for beef calf production. Very small dedicated beef cow herd. Minor amount of feedlot feeding with grains.	Dairy	117	Average milk production of 6,000 kg head ⁻¹ yr ⁻¹ .
	Other Cattle	57	Includes bulls, calves, and growing steers/heifers.
Eastern Europe: Commercialised dairy sector feeding mostly forages. Separate beef cow herd, primarily grazing. Minor amount of feedlot feeding with grains.	Dairy	99	Average milk production of 2,550 kg head ⁻¹ yr ⁻¹ .
	Other Cattle	58	Includes beef cows, bulls, and young.

5. ทำการรวมปริมาณการปล่อยก๊าซมีเทนทั้งหมดที่เกิดขึ้นจากกิจกรรม กระบวนการย่อยอาหาร ซึ่งได้จากการรวบรวมผลการคำนวณ ปริมาณการปล่อยก๊าซมีเทนที่เกิดขึ้นจากกระบวนการย่อยอาหาร ของสัตว์ประเภทต่างๆ และรายงานผลในหน่วย $\text{Gg CH}_4 \text{ yr}^{-1}$

แนวทางการคำนวณปริมาณก๊าซมีเทนที่เกิดจากการจัดการมูลสัตว์

1. แยกชนิดและประเภทสัตว์ตามหมวดหมู่ที่ได้กำหนดไว้ในตาราง ที่ 10.2 ของคู่มือ 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories ของภาคการเกษตร ป่าไม้ และ

การเปลี่ยนแปลงการใช้พื้นที่ บทย่อยที่ 10 เพื่อให้ได้ความชัดเจน ในการนำไปใช้เลือกค่าแฟกเตอร์การปล่อยแนะนำที่กำหนดไว้ในคู่มือ ตามหมวดหมู่ที่กำหนด

2. เมื่อได้ชนิดและประเภทของสัตว์ตามหมวดหมู่ที่กำหนดในคู่มือแล้ว ให้ทำการเลือกค่าแฟกเตอร์การปล่อยแนะนำตามชนิดของสัตว์ ภูมิภาคและอุณหภูมิเฉลี่ยทั้งปีของพื้นที่ ตามตารางที่ 10.14 และ 10.15 ในคู่มือ 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories ของภาคการเกษตร ป่าไม้ และการเปลี่ยนแปลง การใช้พื้นที่ ในหน่วย $\text{kg CH}_4 \text{ head}^{-1} \text{ yr}^{-1}$
3. รวบรวมข้อมูลจำนวนประชากรสัตว์ที่มีชีวิตอยู่ในระยะเวลาที่ ต้องการคำนวณตามแต่ละประเภท (ทั้งนี้สามารถใช้สมการจำนวน ประชากรสัตว์เฉลี่ยในหนึ่งปีในการคำนวณค่าดังกล่าวได้ตามข้างต้น)
4. ทำการคำนวณปริมาณการปล่อยก๊าซมีเทนที่ปล่อยจากกิจกรรม การจัดการมูลสัตว์ในสัตว์แต่ละประเภทในหน่วย $\text{Gg CH}_4 \text{ yr}^{-1}$ แยกตาม แต่ละชนิดและประเภทของสัตว์ที่มีอยู่ตามสมการ

$$\text{ปริมาณการปล่อยก๊าซมีเทน} = (\text{ค่าแฟกเตอร์การปล่อยมีเทน} \times \text{จำนวน ประชากรสัตว์}) / 10^6 \text{ จากการจัดการมูลสัตว์}$$

5. ทำการรวมปริมาณการปล่อยก๊าซมีเทนทั้งหมดที่เกิดขึ้นของการ จัดการมูลสัตว์ ซึ่งได้จากการรวบรวมผลการคำนวณปริมาณการ ปล่อยก๊าซมีเทนที่เกิดขึ้นจากการจัดการมูลสัตว์ประเภทต่างๆ และ รายงานผลในหน่วย $\text{Gg CH}_4 \text{ yr}^{-1}$

ภูมิภาค		
ประเภทสัตว์		
อุณหภูมิเฉลี่ยของพื้นที่		
TABLE 10.14 MANURE MANAGEMENT METHANE EMISSION FACTORS BY TEMPERATURE FOR CATTLE, SWINE, AND BUFFALO ^a (KG CH ₄ /HEAD ¹ ·YR ¹)		
Regional characteristics	Livestock species	CH ₄ emission factors by average annual temperature (°C) ^b
		Cool Temperate Warm
North America: Liquid-based systems are commonly used for dairy cows and swine manure. Other cattle manure is usually managed as a solid and deposited on pastures or ranges.	Dairy Cows	≤ 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 ≥ 28
	Other Cattle	48 50 53 55 58 63 65 68 71 74 78 81 85 89 93 98 105 110 112
	Market Swine	1 1 1 1 1 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2
	Breeding Swine	10 11 11 12 12 13 13 14 15 15 16 17 18 18 19 20 22 23 23
	Dairy Cows	19 20 21 22 23 24 26 27 28 29 31 32 34 35 37 39 41 44 45
Western Europe: Liquid/slurry and pit storage systems are commonly used for cattle and swine manure. Limited cropland is available for spreading manure.	Dairy Cows	21 23 25 27 29 34 37 40 43 47 51 55 59 64 70 75 83 90 92
	Other Cattle	6 7 7 8 8 10 11 12 13 14 15 16 17 18 20 21 24 25 26
	Market Swine	6 6 7 7 8 9 9 10 11 11 12 13 14 15 16 18 19 21 21
	Breeding Swine	9 10 10 11 12 13 14 15 16 17 19 20 22 23 25 27 29 32 33
	Buffalo	4 4 5 5 5 6 7 7 8 9 9 10 11 12 13 14 15 16 17

TABLE 10.15 MANURE MANAGEMENT METHANE EMISSION FACTORS BY TEMPERATURE FOR SHEEP, GOATS, CAMELS, HORSES, MULES AND ASSES, AND POULTRY ^a (KG CH ₄ /HEAD ¹ ·YR ¹)			
Livestock	CH ₄ emission factor by average annual temperature (°C)		
	Cool (<15°C)	Temperate (15 to 25°C)	Warm (>25°C)
Sheep			
Developed countries	0.19	0.28	0.37
Developing countries	0.10	0.15	0.20
Goats			
Developed countries	0.13	0.20	0.26
Developing countries	0.11	0.17	0.22
Camels			
Developed countries	1.58	2.37	3.17
Developing countries	1.28	1.92	2.56

การคำนวณการปล่อยก๊าซไนตรัสออกไซด์จากการจัดการมูลสัตว์

ก๊าซไนตรัสออกไซด์ที่เกิดขึ้นจากการจัดการมูลสัตว์สามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ประเภท ได้แก่ ก๊าซไนตรัสออกไซด์ที่ปล่อยโดยตรงจากการจัดการมูลสัตว์ (Direct N₂O emissions) และก๊าซไนตรัสออกไซด์ที่ปล่อยทางอ้อม (Indirect N₂O emissions) ซึ่งเกิดจากปริมาณไนโตรเจนที่ระเหยจากปัสสาวะของสัตว์

การคำนวณปริมาณการปล่อยก๊าซไนตรัสออกไซด์โดยตรงจากการจัดการมูลสัตว์มีขั้นตอนดังนี้

1. แยกชนิด และประเภทสัตว์ตามหมวดหมู่ที่ได้กำหนดไว้ในตารางที่ 10.2 ของคู่มือ 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories ของภาคการเกษตร ป่าไม้ และการเปลี่ยนแปลงการใช้พื้นที่ บทย่อยที่ 10 เพื่อให้ได้ความชัดเจนในการนำไปใช้เลือกค่าแฟกเตอร์การปล่อยแนะนำที่กำหนดไว้ในคู่มือตามหมวดหมู่ที่กำหนด
2. รวบรวมข้อมูลจำนวนประชากรสัตว์ที่มีชีวิตอยู่ในระยะเวลาที่ต้องการคำนวณตามแต่ละประเภท (Number of head of livestock species/category)
3. เมื่อได้ชนิดและประเภทของสัตว์ตามหมวดหมู่ที่กำหนดในคู่มือแล้ว ให้ทำการคำนวณค่าปริมาณไนโตรเจนเฉลี่ยที่เกิดจากการขับถ่ายของสัตว์แยกชนิดและประเภท (Annual average nitrogen excretion per head per species) ดังสมการ

$$\text{ปริมาณไนโตรเจนเฉลี่ย} = \text{อัตราไนโตรเจนที่เกิดจากการขับถ่าย} \times \text{มวลสัตว์} \times 365 \text{ เกิดจากการขับถ่ายของสัตว์}$$

ค่าอัตราไนโตรเจนที่เกิดจากการขับถ่าย (Default N excretion rate) ในหน่วย $\text{kg N (1000 kg animal mass)}^{-1} \text{ day}^{-1}$ สามารถหาได้ตารางที่ 10.19 ของคู่มือ 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories

Category of animal	Region							
	North America	Western Europe	Eastern Europe	Oceania	Latin America	Africa	Middle East	Asia
Dairy Cattle	0.44	0.48	0.35	0.44	0.48	0.60	0.70	0.47
Other Cattle	0.31	0.33	0.35	0.50	0.36	0.63	0.79	0.34
Swine ^b	0.50	0.68	0.74	0.73	1.64	1.64	1.64	0.50
Market	0.42	0.51	0.55	0.53	1.57	1.57	1.57	0.42
Breeding	0.24	0.42	0.46	0.46	0.55	0.55	0.55	0.24
Poultry	0.83	0.83	0.82	0.82	0.82	0.82	0.82	0.82
Hens ≥ 1 yr	0.83	0.96	0.82	0.82	0.82	0.82	0.82	0.82
Pullets	0.62	0.55	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60
Other Chickens	0.83	0.83	0.82	0.82	0.82	0.82	0.82	0.82
Broilers	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10
Turkeys	0.74	0.74	0.74	0.74	0.74	0.74	0.74	0.74
Ducks	0.83	0.83	0.83	0.83	0.83	0.83	0.83	0.83
Sheep	0.42	0.85	0.90	1.13	1.17	1.17	1.17	1.17
Goats	0.45	1.28	1.28	1.42	1.37	1.37	1.37	1.37
Horses (and mules, asses)	0.30	0.26	0.30	0.30	0.46	0.46	0.46	0.46
Camels ^c	0.38	0.38	0.38	0.38	0.46	0.46	0.46	0.46
Buffalo ^c	0.32	0.32	0.32	0.32	0.32	0.32	0.32	0.32
Mink and Polecat ($\text{kg N head}^{-1} \text{ yr}^{-1}$)	4.59	4.59	4.59	4.59	4.59	4.59	4.59	4.59

สำหรับค่ามวลสัตว์ (typical animal mass for livestock category) ในหน่วย kg animal^{-1} สามารถหาได้จากตาราง 10 A-4 ถึง 10 A-9 ซึ่งอยู่ในภาคผนวกที่ 10 A.2

Table 10A-4 Manure Management Methane Emission Factor Derivation for Dairy Cows													
Annual Average Temperature (°C)			Manure Management System MCFs										
			Lagoon/ Slurry	Solid Storage	Drylot	Pasture/ Range/ Paddock	Daily Spread	Digester	Burned for Fuel	Other			
Cool	10		66%	17%	2.0%	1.0%	1.0%	0.1%	10.0%	10.0%	1.0%		
	11		68%	19%	2.0%	1.0%	1.0%	0.1%	10.0%	10.0%	1.0%		
	12		70%	20%	2.0%	1.0%	1.0%	0.1%	10.0%	10.0%	1.0%		
	13		71%	22%	2.0%	1.0%	1.0%	0.1%	10.0%	10.0%	1.0%		
	14		73%	25%	2.0%	1.0%	1.0%	0.1%	10.0%	10.0%	1.0%		
Temp	15		74%	27%	4.0%	1.5%	1.5%	0.5%	10.0%	10.0%	1.0%		
	16		75%	29%	4.0%	1.5%	1.5%	0.5%	10.0%	10.0%	1.0%		
	17		76%	32%	4.0%	1.5%	1.5%	0.5%	10.0%	10.0%	1.0%		
	18		77%	35%	4.0%	1.5%	1.5%	0.5%	10.0%	10.0%	1.0%		
	19		77%	39%	4.0%	1.5%	1.5%	0.5%	10.0%	10.0%	1.0%		
	20		78%	42%	4.0%	1.5%	1.5%	0.5%	10.0%	10.0%	1.0%		
	21		78%	46%	4.0%	1.5%	1.5%	0.5%	10.0%	10.0%	1.0%		
	22		78%	50%	4.0%	1.5%	1.5%	0.5%	10.0%	10.0%	1.0%		
	23		79%	55%	4.0%	1.5%	1.5%	0.5%	10.0%	10.0%	1.0%		
	24		79%	60%	4.0%	1.5%	1.5%	0.5%	10.0%	10.0%	1.0%		
	25		79%	65%	4.0%	1.5%	1.5%	0.5%	10.0%	10.0%	1.0%		
Warm	26		79%	71%	5.0%	2.0%	2.0%	1.0%	10.0%	10.0%	1.0%		
	27		80%	78%	5.0%	2.0%	2.0%	1.0%	10.0%	10.0%	1.0%		
	28		80%	80%	5.0%	2.0%	2.0%	1.0%	10.0%	10.0%	1.0%		
Region	Dairy Cow Characteristics			Manure Management System Usage (MFS%)									
	Mass ^a kg	B _a ^a m ³ CH ₄ /kg VS	VS ^a kg/bd/day										
North America ^c	604	0.24	5.4	15.0%	27.0%	26.3%	0.0%	10.8%	18.4%	0.0%	0.0%	2.6%	
Western Europe	600	0.24	5.1	0.0%	35.7%	36.8%	0.0%	20.0%	7.0%	0.0%	0.0%	0.5%	
Eastern Europe	550	0.24	4.5	0.0%	17.5%	60.0%	0.0%	18.0%	2.5%	0.0%	0.0%	2.0%	
Oceania	500	0.24	3.5	16.0%	1.0%	0.0%	0.0%	76.0%	8.0%	0.0%	0.0%	0.0%	
Latin America	400	0.13	2.9	0.0%	1.0%	1.0%	0.0%	36.0%	62.0%	0.0%	0.0%	0.0%	
Africa	275	0.13	1.9	0.0%	0.0%	1.0%	0.0%	83.0%	5.0%	0.0%	6.0%	4.0%	
Middle East	275	0.13	1.9	0.0%	1.0%	2.0%	0.0%	80.0%	2.0%	0.0%	17.0%	0.0%	
Asia	350	0.13	2.8	4.0%	38.0%	0.0%	0.0%	20.0%	29.0%	2.0%	7.0%	0.0%	
Indian Subcontinent	275	0.13	2.6	0.0%	1.0%	0.0%	0.0%	27.0%	19.0%	1.0%	51.0%	0.0%	

ค่ามวลสัตว์

ค่าสัดส่วนปริมาณไนโตรเจน
จากการขับถ่าย

คำนวณสัตว์

กำลังคำนวณปริมาณไนโตรเจน
จากการขับถ่าย

- ทำการเลือกค่าสัดส่วนปริมาณไนโตรเจนจากการขับถ่ายตามชนิดและประเภทของสัตว์ ตามลักษณะระบบการจัดการมูลสัตว์ (Fraction of total annual nitrogen excretion for each livestock species/category) โดยสามารถหาได้จากตารางที่ 10 A-4 ถึง 10 A-9 ซึ่งอยู่ในภาคผนวกที่ 10 A.2 ของคู่มือ 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories
- เลือกค่าแฟกเตอร์การปล่อยก๊าซไนตรัสออกไซด์โดยตรงแนะนำจากตารางที่ 10.21 ของคู่มือ 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories

6. ทำการคำนวณหาค่าปริมาณก๊าซไนตรัสออกไซด์ที่ปล่อยโดยตรงจากการจัดการมูลสัตว์ ในหน่วย $\text{kg N}_2\text{O yr}^{-1}$ แยกตามแต่ละชนิดและประเภทของสัตว์ที่มีอยู่ตามสมการ

$$\text{ปริมาณก๊าซไนตรัสออกไซด์} = \text{จำนวนประชากรสัตว์} \times \text{ปริมาณไนโตรเจนจากการขับถ่าย} \times \text{ค่าสัดส่วนปริมาณไนโตรเจนจากการขับถ่าย} \times \text{ค่าแฟกเตอร์การปล่อยแนะนำ} \times (44/28)$$

การคำนวณปริมาณการปล่อยก๊าซไนตรัสออกไซด์ทางอ้อมจากการจัดการมูลสัตว์ มีขั้นตอนดังนี้

1. แยกชนิดและประเภทสัตว์ตามหมวดหมู่ที่ได้กำหนดไว้ในตารางที่ 10.2 ของคู่มือ 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories ของภาคการเกษตร ป่าไม้ และการเปลี่ยนแปลงการใช้พื้นที่ บทย่อยที่ 10 เพื่อให้ได้ความชัดเจนในการนำไปใช้เลือกค่าแฟกเตอร์การปล่อยแนะนำที่กำหนดไว้ในคู่มือตามหมวดหมู่ที่กำหนด
2. รวบรวมข้อมูลจำนวนประชากรสัตว์ที่มีชีวิตอยู่ในระยะเวลาที่ต้องการคำนวณตามแต่ละประเภท (Number of head of livestock species/category)
3. ทำการหาค่าปริมาณไนโตรเจนเฉลี่ยที่เกิดจากการขับถ่ายของสัตว์แยกชนิดและประเภท (Annual average nitrogen excretion per head per species) ค่าสัดส่วนปริมาณไนโตรเจนจากการขับถ่ายตามชนิดและประเภทของสัตว์ ตามลักษณะระบบการจัดการมูลสัตว์ (Fraction of total annual nitrogen excretion for each livestock species/category) เช่นเดียวกับการคำนวณปริมาณการปล่อยก๊าซไนตรัสออกไซด์โดยตรงจากการจัดการมูลสัตว์ข้างต้น

4. ทำการหาค่าสัดส่วนร้อยละปริมาณไนโตรเจนจากมูลสัตว์ที่ระเหยไป
ในรูปของ NH_3 และ NO_x จากการจัดการมูลสัตว์ โดยการเลือกค่า
ร้อยละปริมาณไนโตรเจนจากมูลสัตว์ที่ระเหยไปในรูปของ NH_3 และ
 NO_x จากการจัดการมูลสัตว์ (Percent of managed manure
nitrogen for livestock category that volatilises as NH_3 and
 NO_x in the manure management system) จากตาราง 10.22
ของคู่มือ 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse
Gas Inventories แล้วนำไปหารด้วย 100

ทำการคำนวณหาค่าปริมาณไนโตรเจนจากมูลสัตว์ที่สูญหายไปในรูปของ
 NH_3 และ NO_x ตามสมการ

$$\text{ปริมาณไนโตรเจนมูลสัตว์ที่สูญหาย} = \text{จำนวนประชากร (สัตว์)} \times \text{ปริมาณ} \\ \text{ไนโตรเจนจากการขับถ่าย} \times \text{ค่าสัดส่วนปริมาณไนโตรเจน} \times \text{สัดส่วนร้อยละ} \\ \text{จากการขับถ่ายจากมูลสัตว์ที่ระเหยไป}$$

6. ทำการคำนวณหาปริมาณการปล่อยก๊าซไนตรัสออกไซด์ทางอ้อม
จากการจัดการมูลสัตว์ในหน่วย $\text{kg N}_2\text{O yr}^{-1}$ แยกตามแต่ละชนิดและ
ประเภทของสัตว์ที่มีอยู่ตามสมการ

$$\text{ปริมาณ } \text{N}_2\text{O} \text{ ทางอ้อม} = \text{ปริมาณไนโตรเจนจากมูลสัตว์ที่สูญหาย} \\ \times 0.01 \times (44/28)$$

ค่า 0.01 เป็นค่าแฟกเตอร์แนะนำสำหรับการปล่อยก๊าซไนตรัสออกไซด์
จากการสะสมของไนโตรเจนในชั้นบรรยากาศบนดินและน้ำ ซึ่งมีหน่วยเป็น kg
 $\text{N}_2\text{O-N (kg NH}_3\text{-N + NO}_x\text{-N volatilised)}^{-1}$

TABLE 10.22 DEFAULT VALUES FOR NITROGEN LOSS DUE TO VOLATILISATION OF NH_3 AND NO_x FROM MANURE MANAGEMENT		
Animal type	Manure management system (MMS) ^a	N loss from MMS due to volatilisation of N-NH_3 and N-NO_x (%) ^b Frac _{GasMS} (Range of Frac _{GasMS})
Swine	Anaerobic lagoon	40% (25 – 75)
	Pit storage	25% (15 – 30)
	Deep bedding	40% (10 – 60)
	Liquid/slurry	48% (15 – 60)
	Solid storage	45% (10 – 65)
Dairy Cow	Anaerobic lagoon	35% (20 – 80)
	Liquid/Slurry	40% (15 – 45)
	Pit storage	28% (10 – 40)
	Dry lot	20% (10 – 35)
	Solid storage	30% (10 – 40)
	Daily spread	7% (5 – 60)
Poultry	Poultry without litter	55% (40 – 70)
	Anaerobic lagoon	40% (25 – 75)
	Poultry with litter	40% (10 – 60)

4. สัดส่วนการปล่อยก๊าซเรือนกระจก

สัดส่วนการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกรณีศึกษาฟาร์มโคนมขนาดใหญ่ภายในประเทศ ซึ่งมีจำนวนโคเฉลี่ยประมาณ 2,500 - 3,000 ตัวต่อปี พบว่าสัดส่วนการปล่อยก๊าซเรือนกระจกโดยตรงจากองค์กร (ประเภทที่ 1) มีสัดส่วนปริมาณการปล่อยมากที่สุดถึงกว่าร้อยละ 85 เมื่อเปรียบเทียบกับปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เกิดจากองค์กรทั้งหมด ในขณะที่ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการซื้อพลังงานไฟฟ้าจากภายนอกองค์กร (ประเภทที่ 2) มีสัดส่วนปริมาณการปล่อยคิดเป็นร้อยละ 14 ของปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เกิดจากองค์กรทั้งหมด ในขณะที่ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางอ้อมอื่นๆ (คิดเฉพาะกิจกรรมการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เกิดจากปริมาณกระดาช ฤพลาสติค

และน้ำประปาที่ใช้ภายในองค์กร) มีสัดส่วนเพียงร้อยละ 1 ของปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เกิดจากองค์กรทั้งหมด ทั้งนี้ปริมาณสัดส่วนของการปล่อยก๊าซเรือนกระจกมากกว่าร้อยละ 60 จากการปล่อยก๊าซเรือนกระจกโดยตรงประเภทที่ 1 นี้ เกิดขึ้นมาจากกิจกรรมการปล่อยก๊าซมีเทนและไนตรัสออกไซด์จากกิจกรรมกระบวนการย่อยอาหารของสัตว์เคี้ยวเอื้อง และการจัดการมูลสัตว์

5. ข้อเสนอแนะและข้อควรระวังในการประเมินปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก

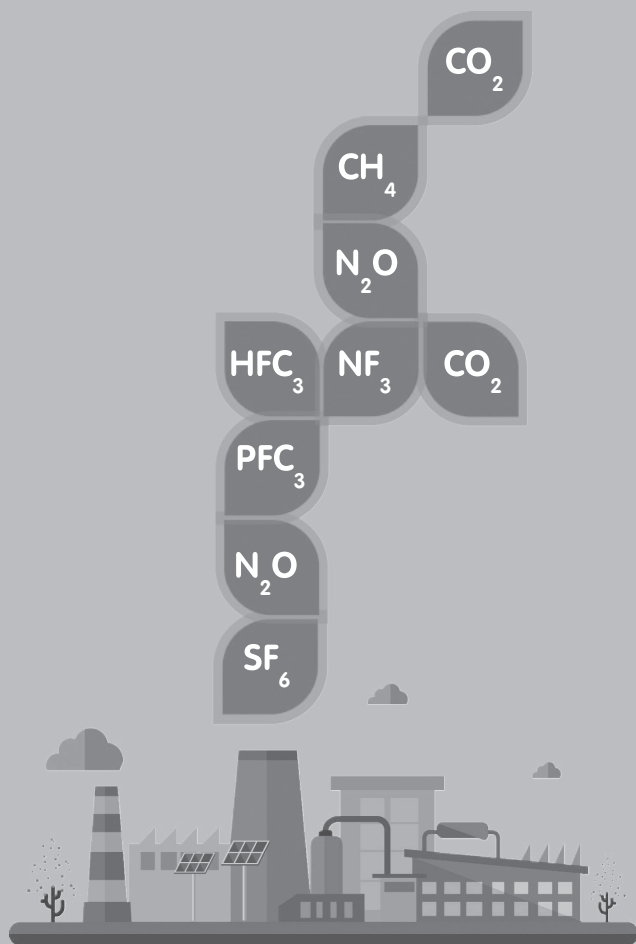
จากกรณีศึกษาถึงปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ปล่อยจากกิจกรรมกระบวนการย่อยอาหารของสัตว์เคี้ยวเอื้องและการจัดการมูลสัตว์ จัดเป็นแหล่งปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่มีปริมาณสูงมากที่สุดอย่างมีนัยสำคัญต่อการประเมินปริมาณก๊าซเรือนกระจกในฟาร์มโคนม การเลือกแนวทางการประเมินปริมาณก๊าซเรือนกระจกจากกิจกรรมกระบวนการย่อยอาหารของสัตว์เคี้ยวเอื้องและการจัดการมูลสัตว์ในระดับ tiers 1 อาจส่งผลต่อความคลาดเคลื่อนของปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่คำนวณได้ ทั้งนี้ด้วยการคำนวณในระดับดังกล่าวมีการใช้ตัวเลขค่ากลางที่นำเสนอจำนวนมาก ซึ่งตัวเลขดังกล่าวเป็นตัวเลขที่ไม่ได้มีความจำเพาะเจาะจงกับสถานภาพของข้อมูลในแต่ละพื้นที่ที่ต้องการประเมิน การยกระดับการคำนวณใน tiers ที่สูงขึ้นจะสามารถลดความคลาดเคลื่อนของปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่จำเพาะเจาะจงได้มากขึ้น แต่ในทางกลับกันจำนวนข้อมูลและความจำเพาะเจาะจงของข้อมูลที่ต้องทำการเก็บรวบรวมจะมากขึ้น ข้อเสนอแนะสำหรับผู้ที่ยังไม่เริ่มทำการประเมินและยังไม่มีเคยมีการเก็บรวบรวมข้อมูลที่มีความละเอียดมาก่อนเลย ก็เสนอแนะให้ลองใช้การคำนวณในระดับ tiers 1 ก่อน ในขณะเดียวกันก็ควรจะทำแผนการจัดการเพื่อการเก็บรวบรวมข้อมูลที่มีความจำเพาะเจาะจงที่มากขึ้นในอนาคต เพื่อยกระดับการคำนวณสู่ tiers ที่สูงขึ้น อันจะนำมาซึ่งความถูกต้องของปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่คำนวณได้จากกิจกรรมดังกล่าว

6. เอกสารอ้างอิง

1) องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (2556) แนวทางการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กร พิมพ์ครั้งที่ 2 จำนวน 72 หน้า กรุงเทพมหานคร.

2) บริษัทฟาร์มโชคชัย จำกัด (2557) รายงานการปล่อยและดูดกลับก๊าซเรือนกระจกขององค์กรบริษัทฟาร์มโชคชัย จำกัด จำนวน 41 หน้า นครราชสีมา.

3) The Intergovernmental Panel on Climate Change (2006) IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories: Chapter 10 Emission from livestock and manure management





บทที่ 11

การประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ในกลุ่มอุตสาหกรรมโรงไฟฟ้า

ผศ. ดร. จิมา ศรลัมพ์

ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ดร. วิกานดา วรหัตถ์พันธุ์วิทย์

ภาควิชาวิศวกรรมเคมี มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

อ. วีรพล ยิ้มสมบูรณ์

มหาวิทยาลัยพะเยา

1. บทนำ

การผลิตไฟฟ้าเป็น sector ที่มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเป็นจำนวนมาก
ทั้งนี้ หากพิจารณากิจกรรมที่มีผลต่อการปล่อยก๊าซเรือนกระจกมากที่สุดใน
โรงไฟฟ้า ได้แก่ กิจกรรมการเผาไหม้เชื้อเพลิงเพื่อผลิตไฟฟ้า

2. แนวทางการจัดทำคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กรของกลุ่ม อุตสาหกรรมโรงไฟฟ้า

2.1 การกำหนดขอบเขตองค์กร

ในสาขาการผลิตไฟฟ้านั้น “องค์กร” คือ โรงงานผลิตพลังงานไฟฟ้า
หรือผู้ประกอบการกิจการไฟฟ้า แปลความตามพระราชบัญญัติประกอบกิจการ

พลังงาน พ.ศ. 2550 จัดเป็นโรงงานลำดับที่ 88 ตามกฎกระทรวง ฉบับที่ 23 (พ.ศ. 2557) ออกตามความในพระราชบัญญัติโรงงาน พ.ศ. 2535 ดังนั้น ในแง่ของการกำหนดขอบเขตทางภูมิศาสตร์ที่เหมาะสมสามารถใช้ใบ รง. 4 ออกโดยกระทรวงอุตสาหกรรม หรือใบอนุญาตผลิตพลังงานควบคุม ออกโดยกระทรวงพลังงานก็ได้ โดยพิจารณาที่อยู่ในใบดังกล่าวให้สอดคล้องกับความเป็นจริง

2.2 กิจกรรมที่มีการปล่อยและดูดกลับก๊าซเรือนกระจก

การประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กรของโรงไฟฟ้า พิจารณาแยกตามประเภทกิจกรรมที่มีการปล่อยและดูดกลับก๊าซเรือนกระจกได้ดังต่อไปนี้

ประเภท (scope) 1 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางตรง (direct emission) : มีกิจกรรมหลักๆ ได้แก่ การเผาไหม้เชื้อเพลิงแบบอยู่กับที่ และแบบเคลื่อนที่ (stationary combustion และ mobile combustion) ในส่วนของการเผาไหม้เชื้อเพลิงแบบอยู่กับที่ (stationary combustion) ปัจจุบันเชื้อเพลิงที่ใช้ในการผลิตไฟฟ้ามากที่สุดในประเทศไทย ได้แก่ ก๊าซธรรมชาติ และยังมีเชื้อเพลิงอื่นๆ และเชื้อเพลิงสำรองอื่นๆ อาทิ ดีเซล น้ำมันเตา น้ำมันปาล์ม และถ่านหิน

ประเภท (scope) 2 การปล่อยทางอ้อมจากการใช้พลังงาน (energy indirect emission) : ได้แก่ การนำเข้าพลังงานมายังโรงไฟฟ้า เช่น

- ❖ การนำเข้าไฟฟ้าเพื่อใช้ในอาคารอำนวยการหรือใช้ในการผลิตไฟฟ้าระหว่างมีการ shutdown/ black out พิจารณา kWh ที่นำเข้าคูณด้วย CFO electricity emission factor (Thailand grid mix electricity)
- ❖ การนำเข้าไอน้ำหรือน้ำเย็นเพื่อใช้งานหรือขายต่อ กรณีนี้โรงไฟฟ้าต้องขอให้องค์กรคู่ค้าจัดหาค่า emission factor ในรูปของ kgCO_2/ton ไอน้ำหรือน้ำเย็น หรือ kgCO_2/kWh ไอน้ำหรือน้ำเย็น

3. แนวทางการคำนวณปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก

3.1 การคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงเพื่อผลิตไฟฟ้า มีวิธีการดังนี้

3.1.1 การใช้ก๊าซธรรมชาติ ใช้วิธีการสมดุลมวล (mass balance) ซึ่งมีสมมติฐานว่าไฮโดรคาร์บอนในเชื้อเพลิงจะถูกเปลี่ยนเป็นคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ทั้งหมด (ร้อยละ 100) ที่เครื่อง generator ทั้งนี้ CO_2 ในเนื้อก๊าซจะผ่านออกโดยไม่ทำปฏิกิริยาใดๆ ข้อมูลที่ต้องใช้ในการคำนวณ ได้แก่ ปริมาณก๊าซธรรมชาติ (MMBTU/month), HHV หรือ GHV (scf/MMBTU) และองค์ประกอบก๊าซ การประเมิน CH_4 และ N_2O ใช้ปริมาณก๊าซธรรมชาติคูณด้วย emission factor ทั้งนี้การประเมิน CH_4 และ N_2O พิจารณาจากสถิติการเกิดก๊าซดังกล่าวจากโรงไฟฟ้าทั่วโลกถึงแม้จะมีการตั้งสมมติฐานไว้ก่อนหน้านี้เกี่ยวกับการเปลี่ยนไฮโดรคาร์บอนเป็น CO_2 ทั้งหมด

การคำนวณดังกล่าวอ้างอิง API (American Petroleum Institute) Compendium 2009 ซึ่งหากเปรียบเทียบกับกรคำนวณโดยใช้ค่า emission factor ของก๊าซธรรมชาติจะมีความต่างในการประเมินไม่เกินร้อยละ 10

3.1.2 การใช้เชื้อเพลิงอื่นๆ ใช้วิธีการประเมินโดยการนำ activity data (ปริมาณเชื้อเพลิง) คูณด้วย emission factor ซึ่งประกาศโดย อบก.

3.1.3 การใช้น้ำมันปาล์มเป็นเชื้อเพลิง ปัจจุบันยังไม่มีค่า emission factor ของน้ำมันปาล์มโดยเฉพาะ ให้ใช้ค่า other liquid biofuel, default emission factor, IPCC 2006 ทั้งนี้เนื่องจากเป็นเชื้อเพลิงชีวมวล ให้ทำการแยกนำเสนอค่า GHGs ไม่รวมในค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งหมด

3.1.4 การเผาไหม้อยู่กับที่อื่นๆ ที่ไม่มีนัยสำคัญ กิจกรรมของโรงไฟฟ้าที่จัดว่าเป็นการปล่อย GHGs แบบไม่มีนัยสำคัญ และเป็นการเผาไหม้อยู่กับที่ได้แก่

❖ การใช้เชื้อเพลิงดีเซลสำหรับ emergency diesel generator, และ fire pump ซึ่งการเผาไหม้เชื้อเพลิงในสองกิจกรรมนี้ถูกบังคับให้มีการข้อมูเดินเครื่องตามกฎหมายทุกสัปดาห์ อย่างไรก็ตาม โรงไฟฟ้าส่วนใหญ่มักไม่มีการเก็บข้อมูลการใช้งานดีเซลในกิจกรรมนี้โดยละเอียด เนื่องจากไม่ใช่กิจกรรมหลักในการผลิต การประเมินมักใช้ค่าประสิทธิภาพของปั๊มที่ระบุตามเนมเพลทและระยะเวลาในการเดินเครื่อง ซึ่งค่อนข้างจะคงที่ทุกสัปดาห์ในการประเมิน หรืออาจใช้หลักฐานการสั่งซื้อเชื้อเพลิงสำหรับกิจกรรมนี้ กรณีพิสูจน์ได้ว่าปริมาณการสั่งซื้อและปริมาณการใช้งานใกล้เคียงกัน

❖ การเผาไหม้เชื้อเพลิง LPG และการใช้อะเซทิลีนในงานเชื่อมพิจารณาหลักฐานการสั่งซื้อจากระบบฐานข้อมูลจัดซื้อจัดจ้างของโรงไฟฟ้า (เช่น ระบบ ERP) สำหรับ การเผาไหม้ LPG นำข้อมูลการใช้คูณ emission factor ของ LPG แบบ stationary combustion ส่วนอะเซทิลีน (C_2H_2) พิจารณาโมลของ CO_2 ที่เกิดขึ้นจาก stoichiometry ของสมการ combustion

3.2 การเผาไหม้แบบเคลื่อนที่ (mobile combustion)

พิจารณาการเผาไหม้เชื้อเพลิงจากรถที่โรงไฟฟ้าเป็นเจ้าของหรือโรงไฟฟ้าจ่ายเงินค่าเชื้อเพลิงทั้งจากการเช่ารถ หรือรถพนักงานปฏิบัติงานที่โรงไฟฟ้า ให้เบิกค่าน้ำมัน กรณีมีข้อมูลปริมาณน้ำมันใช้ข้อมูลดังกล่าวคูณ emission factor หากการเบิกมีอัตราคงที่ให้พิจารณาตามที่หน่วยงานประกาศและใช้เบิก

3.3 การรั่วไหลของ GHGs (fugitive emission)

กิจกรรมของโรงไฟฟ้าที่มีการรั่วไหลของ GHGs อาทิเช่น

❖ การรั่วไหลบริเวณท่อส่งเชื้อเพลิง ไม่คิดพิจารณาเนื่องจากในการประเมินการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงพิจารณาปริมาณที่ทำการวัดโดยบริษัทคู่ค้า บริเวณมิเตอร์ก่อนเข้าโรงไฟฟ้า การพิจารณาการรั่วไหลบริเวณท่อภายในโรงไฟฟ้าจะทำให้เกิดการคิดซ้ำ

❖ การรั่วไหลจากการใช้ CO_2 ในกิจกรรมต่างๆ เช่น การดับเพลิงโดยถังดับเพลิงแบบ portable หรือการติดตั้งและใช้งานถังดับเพลิงที่ generator หรือการใช้สำหรับไล่ (purge) ไฮโดรเจนก๊าซช่วงบำรุงรักษา

❖ การรั่วไหลของก๊าซมาตรฐาน (standard gas) จากการใช้ gas chromatography โดยก๊าซดังกล่าวมีส่วนประกอบของ GHGs

❖ การรั่วไหลของ SF_6 ของ switch gear ที่สถานโก ขึ้นอยู่กับวิธีปฏิบัติของโรงไฟฟ้า บางโรงมีการเปลี่ยนเป็นรายปี ในบางโรงมีการตรวจสอบเกจวัดความดันของ SF_6 อย่างสม่ำเสมอและไม่มีการเปลี่ยนหากความดันปกติ โรงไฟฟ้าควรพิจารณาตรวจสอบปริมาณ SF_6 ที่มีอยู่อย่างต่อเนื่อง เนื่องจากเป็น GHG ที่มีค่า global warming potential สูงถึง 22,800 (IPCC, 2006) กรณีมีการรั่วไหลของ SF_6 ให้พิจารณาค่าการปล่อยเป็นของปีนั้นๆ ทั้งหมด

❖ การเกิดการปล่อยออกของ CO_2 จาก degasification ในกระบวนการผลิตน้ำ demineralized water เนื่องจากโดยธรรมชาติน้ำมีปริมาณ CO_2 และ carbonate ในน้ำขึ้นอยู่กับความดันและ pH ของน้ำ ให้พิจารณาตามหลัก carbon cycle ในน้ำเพื่อพิจารณาปริมาณ CO_2 ที่ถูก degas จากน้ำ

❖ การระบายออกของ CH_4 จากระบบบำบัดน้ำเสีย และ septic tank เนื่องจากโรงไฟฟ้ามีลักษณะสมบัติน้ำเสียที่มีค่าความสกปรก (BOD, COD) ต่ำมาก เนื่องจากไม่มีกิจกรรมใดๆ ก่อให้เกิดความสกปรกและเป็นการใช้น้ำในการลดอุณหภูมิเป็นหลัก โรงไฟฟ้าสามารถนำเสนอลักษณะการจัดการที่ดีของระบบการจัดการน้ำเสียเพื่อแสดงว่าไม่มีการปล่อย GHGs ออกจากระบบบำบัดน้ำเสีย กรณีโรงไฟฟ้ามี septic tank บริเวณอาคารสำนักงาน สามารถประเมินจากการคำนวณที่เกี่ยวข้องกับการประมาณโดยจำนวนคนปฏิบัติงาน (IPCC, 2006)

❖ การใช้ปุ๋ยเคมีที่ทำให้เกิดการปล่อย N_2O พิจารณาจากปริมาณการใช้รายปีคูณ emission factor ของปุ๋ยแต่ละสูตร

❖ กรณีโรงไฟฟ้ามีการหมักปุ๋ยคอก พิจารณาจากปริมาณการผลิตปุ๋ยคอก และ emission factor จากการทำ composting

3.4 Scope 2 การปล่อยทางอ้อมจากการใช้พลังงาน (energy indirect emission)

จากการนำเข้าพลังงาน ได้แก่ ไฟฟ้า ไอน้ำ และน้ำเย็นเข้ามายังโรงไฟฟ้า อาทิเช่น

❖ การนำเข้าไฟฟ้าเพื่อใช้ในอาคารอำนวยการหรือใช้ในการผลิตไฟฟ้า ระหว่างมีการ shutdown/black out พิจารณา KWh ที่นำเข้า คูณด้วย CFO electricity emission factor (Thailand grid mix electricity)

❖ การนำเข้าไอน้ำหรือน้ำเย็นเพื่อใช้งานหรือขายต่อ กรณีนี้โรงไฟฟ้าต้องขอให้องค์กรผู้ค้าจัดหาค่า emission factor ในรูปของ kgCO_2/ton ไอน้ำหรือน้ำเย็น หรือ kgCO_2/kWh ไอน้ำหรือน้ำเย็น ทั้งนี้ ค่าการประเมินจากองค์กรผู้ค้าซึ่งอาจเป็นโรงไฟฟ้าอีกที่หนึ่ง ต้องเป็นการประเมินแบบ CFO และมีการปันส่วน (allocation) โดยวิธีการที่เหมาะสม อาทิเช่น efficiency method ตามเอกสาร Allocation of GHG Emission from a Combined Heat and Power (CHP) Plant, WRI calculation tool Scope 3 การปล่อยทางอ้อมอื่นๆ (other indirect emission) โรงไฟฟ้าอาจพิจารณาจากกิจกรรมที่ส่งผลต่อการลด GHGs ของโรงไฟฟ้า อาทิ เช่นการใช้น้ำ การจัดการขยะทั้งขยะอันตรายและไม่อันตราย

4. สัดส่วนการปล่อยก๊าซเรือนกระจก

จุดเด่นของการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของโรงไฟฟ้า คือการประเมินดังกล่าวค่อนข้างง่าย ไม่ซับซ้อน โรงไฟฟ้าอาจมีข้อมูลกิจกรรมที่ต้องเก็บไม่เกิน 20 กิจกรรม โดยเป็นกิจกรรมที่มีนัยสำคัญในการประเมินเพียงการเผาไหม้

เชื้อเพลิงหลักและเชื้อเพลิงสำรองเพื่อการผลิตไฟฟ้า ในปัจจุบันแนวโน้มความต้องการให้โรงไฟฟ้าประเมิน CFO มีเพิ่มมากขึ้น เพื่อใช้ประโยชน์ภายในโรงไฟฟ้าหรือกลุ่มบริษัทเอง และจากการเรียกร้องของบริษัทคู่ค้า ซึ่งต้องการนำค่า emission factor การผลิตไฟฟ้า ไอน้ำ และน้ำเย็นจากบริษัทเราไปใช้ในการประเมินฟุตพริ้นท์และอื่นๆ นอกจากนี้ การลด GHGs จากกิจกรรมการผลิตไฟฟ้าเกี่ยวพันโดยตรงกับต้นทุน พิจารณาโดยใช้หลักการเดียวกับการปรับปรุงค่า heat rate

5. ข้อเสนอแนะและข้อควรระวังในการประเมินปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก

สำหรับแนวทางในการลด GHGs ของโรงไฟฟ้า ประเด็นสำคัญที่สุดควรพิจารณา ร่วมกับการปรับปรุงค่า heat rate (ปริมาณเชื้อเพลิงต่อ kWh) ซึ่งจัดเป็น key performance indicator ของโรงไฟฟ้าอยู่แล้ว โรงไฟฟ้าควรเก็บข้อมูล heat rate ก่อนและหลังการปรับปรุงเพื่อเป็นหลักฐานประกอบความพยายามในการลด GHGs นอกจากนี้ การมองในภาพรวมของประเทศ ได้แก่ การลด transmission loss จากระบบสายส่ง อาจเป็นทางเลือกที่สามารถลดการสูญเสียได้เป็นจำนวนมาก แต่มีการลงทุนมหาศาลและมีปัจจัยอื่นๆ ให้พิจารณา มากกว่าการลดก๊าซเรือนกระจก





บทที่ 12

แนวทางการเตรียมความพร้อมทวนสอบ คาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กร

ผศ. ดร. รัตนาวรรณ มั่งคั่ง

ธนนันท นุชเนตร

กิตติวรรณ กิจปกรณสันติ

ศูนย์เชี่ยวชาญเฉพาะทางด้านกลยุทธ์ธุรกิจที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม

คณะสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

1. การแสดงข้อมูล

ในการแสดงข้อมูลคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กรสำหรับใช้สื่อสารต่อสาธารณะ หรือใช้รายงานผลการดำเนินงานด้านสิ่งแวดล้อม ตัวอย่างเช่น การเปิดเผยข้อมูลคาร์บอนฟุตพริ้นท์สำหรับโครงการคาร์บอน ดิสคลอสเชอร์ โปรเจกต์ (Carbon Disclosure Project : CDP) จำเป็นต้องแสดงข้อมูลที่ถูกต้องและน่าเชื่อถือ โดยต้องเป็นตัวเลขค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กรที่ผ่านการทวนสอบจากผู้ทวนสอบภายนอกว่าสอดคล้องตามมาตรฐานการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กร หรือการซื้อคาร์บอนเครดิตคาร์บอนเครดิตจากโครงการกลไกการพัฒนาที่สะอาด (Clean Development Mechanism : CDM) ที่เรียกว่า Certified Emission Reductions (CERs) คาร์บอนเครดิตจากโครงการลดก๊าซเรือนกระจกภาคสมัครใจตามมาตรฐานสากล (Verified Emission Reductions : VERs) หรือคาร์บอนเครดิตจากโครงการลดก๊าซเรือนกระจก

ภาคสมัครใจตามมาตรฐานของประเทศไทย (Thailand Voluntary Emission Reductions: TVERs) ก็จำเป็นต้องคำนึงถึงความถูกต้องของปริมาณคาร์บอนเครดิต จึงจำเป็นต้องมีการทวนสอบโดยบุคคลภายนอกเพื่อให้เกิดความน่าเชื่อถือเช่นกัน

2. การทวนสอบ

การทวนสอบคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กร หมายถึง กระบวนการตรวจสอบข้อมูลอย่างเป็นระบบ มีความเป็นอิสระ และบันทึกเป็นลายลักษณ์อักษร เพื่อประเมินความถูกต้องของการแสดงปริมาณก๊าซเรือนกระจกเมื่อเทียบกับเกณฑ์การทวนสอบที่กำหนดไว้

3. วัตถุประสงค์ของการทวนสอบ

วัตถุประสงค์การทวนสอบคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กร คือเพื่อให้ค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กรที่ต้องการแสดงมีความถูกต้อง โปร่งใส และมีความน่าเชื่อถือ อ้างอิงตามเกณฑ์ที่กำหนดในแนวทางการประเมินและทวนสอบคาร์บอนฟุตพริ้นท์องค์กร (อบก., 2556 (ก)) ซึ่งสอดคล้องตามมาตรฐาน ISO 14064-1 (ISO, 2006 (a)) และ ISO 14064-3 (ISO, 2006 (b)) โดยองค์กรต้องพิจารณาเลือกระดับของการรับรองการทวนสอบคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กร ซึ่งบ่งชี้ความละเอียดของการตรวจสอบข้อมูลโดยคำนึงถึงข้อผิดพลาดที่อาจเกิดขึ้น การละเว้นข้อมูลที่ไม่มีความสำคัญ และการนำเสนอข้อมูลที่คลาดเคลื่อนจากความเป็นจริง

การทวนสอบผลการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กรแบ่งออกเป็น 2 แบบ คือ แบบสมเหตุสมผลและแบบจำกัด

(1) ระดับของการรับรองแบบสมเหตุสมผล (Reasonable level of assurance) เป็นการทวนสอบตรวจสอบข้อมูลทั้งหมดที่นำมาใช้ในการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กร¹

(2) ระดับของการรับรองแบบจำกัด (Limited level of assurance) เป็นการทวนสอบตรวจสอบข้อมูลเพียงบางส่วนที่นำมาใช้ในการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กร²

อย่างไรก็ตาม การเลือกใช้การทวนสอบระดับใดนั้น ขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์ในการนำข้อมูลคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กรไปประยุกต์ใช้ เช่น การซื้อขายคาร์บอนเครดิตต้องการความถูกต้องของตัวเลข จึงจำเป็นต้องใช้การทวนสอบแบบสมเหตุสมผล ส่วนการใช้ข้อมูลค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กรเพื่อรายงานปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก/รายงานสิ่งแวดล้อม/รายงานความยั่งยืนขององค์กร/รายงาน GRI (Global Report Initiatives) สามารถใช้การทวนสอบแบบจำกัดได้

4. แนวทางการทวนสอบ

แนวทางการทวนสอบคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กร ตามแนวทางการทวนสอบคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กรขององค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน) หรือ อบก. (อบก., 2556 (ข)) ถือเป็นมาตรฐานระดับประเทศ ซึ่งมีการกำหนดหลักการ ข้อกำหนด เกณฑ์ และข้อปฏิบัติในการทวนสอบสาระสำคัญเกี่ยวกับการคัดเลือกผู้ทวนสอบ การกำหนดระดับของการรับรองคาร์บอนฟุตพริ้นท์ วัตถุประสงค์ เกณฑ์ และขอบเขตการทวนสอบ การประเมินข้อมูลก๊าซเรือนกระจก การจัดการระบบข้อมูลบัญชีรายการก๊าซ

¹ตรวจสอบความสอดคล้องตามเกณฑ์การทวนสอบ แต่ไม่ให้การรับรองแบบสมบูรณ์

²ตรวจสอบแล้วไม่พบความไม่สอดคล้องตามเกณฑ์การทวนสอบ

เรือนกระจก การประเมินผลการแสดงปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์และการจัดทำ
ถ้อยแถลงการณืทวนสอบ อ้างอิงข้อกำหนดทั่วไปตามมาตรฐาน ISO 14064-3
Specification with guidance for the validation and verification of
greenhouse gas assertions (ISO, 2006(b)) และข้อกำหนดเพิ่มเติม
ตามความเหมาะสมของบริบทในประเทศไทย

5. ภาพรวมของกระบวนการทวนสอบ

ภาพรวมของกระบวนการทวนสอบทั้งหมด สามารถจำแนกตาม
ขั้นตอนกระบวนการทวนสอบคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กรได้ดังนี้

**ขั้นตอนที่ 1 องค์กรผู้ขอรับการทวนสอบจัดทำรายงานการปล่อย
และดูดกลับก๊าซเรือนกระจก**

องค์กรผู้ขอรับการทวนสอบ ต้องจัดทำเอกสารที่จำเป็นสำหรับการ
ทวนสอบประกอบด้วย รายการการคำนวณการปล่อยและดูดกลับก๊าซเรือน
กระจก (ไฟล์เอกสาร) ดังรูปที่ 1 และรายงานการคำนวณการปล่อยและดูดกลับ
ก๊าซเรือนกระจก (ไฟล์ตารางคำนวณ) ดังรูปที่ 2 พร้อมเอกสารแนบที่เป็น
การแสดงข้อมูลอื่นๆ ที่จะเป็นประโยชน์ต่อการทวนสอบ (เช่น ใบอนุญาต
ประกอบกิจการ ร.ง. 4 (รูปที่ 3) เอกสารแสดงนโยบายการจัดการก๊าซเรือนกระจก
เอกสารแสดงการยืนยันขอบเขตองค์กร (รูปที่ 4) แผนผังแสดงพิกัดของมิเตอร์
ต่างๆ ในโรงงาน เอกสารแสดงผลการสอบเทียบมิเตอร์ เป็นต้น) เพื่อเป็นข้อมูล
พื้นฐานสำหรับการทวนสอบในเบื้องต้น

รายงานการปล่อยและดูดกลับก๊าซเรือนกระจก

เริ่มวันที่ : _____
 ที่อยู่/ที่ตั้งโรงงาน : _____
 วันที่รายงานผล : _____
 ระยะเวลาในการติดตามผล : _____

เพื่อความสมบูรณ์และบริบูรณ์ของข้อมูลขอสงวนสิทธิ์
 โดย องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน)

รูปที่ 1 รายงานการปล่อยและดูดกลับก๊าซเรือนกระจกตามรูปแบบที่ อบก. กำหนด
 (ดาวน์โหลดเอกสารได้ที่ไฟล์รายงานการปล่อยและดูดกลับก๊าซเรือนกระจก
<http://thaicarbonlabel.tgo.or.th/carbonorg/index.php?page=7>)

TGO/CI-01 VOL. 2013																																																													
1	ชื่อองค์กร : จากผลผลิตขององค์กร ชื่อเอกสารบันทึก : สำหรับจำแนกใช้ สม. เลขเอกสาร : สม. 0000 ชื่อองค์กร : สำหรับจำแนกใช้ สม.																																																												
ส่วนอื่นๆ : ให้ระบุข้อมูล/วิธีการขององค์กร และขอเสนอ ขาดไป																																																													
ข้อมูลการขึ้นทะเบียน																																																													
รูปขององค์กร	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td colspan="2">ข้อมูลขององค์กร</td></tr> <tr><td>หมายเลข 1</td><td></td></tr> <tr><td>หมายเลข 2</td><td></td></tr> <tr><td>หมายเลข 3</td><td></td></tr> <tr><td>ระยะเวลาบันทึกผล</td><td>(ปีรวม)</td></tr> <tr><td>ข้อมูลองค์กร</td><td></td></tr> <tr><td>1</td><td></td></tr> <tr><td>2</td><td></td></tr> <tr><td>3</td><td></td></tr> <tr><td>4</td><td></td></tr> <tr><td>5</td><td></td></tr> <tr><td>สถานที่ตั้ง</td><td></td></tr> <tr><td>วันที่ขึ้นทะเบียน</td><td></td></tr> </table>	ข้อมูลขององค์กร		หมายเลข 1		หมายเลข 2		หมายเลข 3		ระยะเวลาบันทึกผล	(ปีรวม)	ข้อมูลองค์กร		1		2		3		4		5		สถานที่ตั้ง		วันที่ขึ้นทะเบียน																																			
ข้อมูลขององค์กร																																																													
หมายเลข 1																																																													
หมายเลข 2																																																													
หมายเลข 3																																																													
ระยะเวลาบันทึกผล	(ปีรวม)																																																												
ข้อมูลองค์กร																																																													
1																																																													
2																																																													
3																																																													
4																																																													
5																																																													
สถานที่ตั้ง																																																													
วันที่ขึ้นทะเบียน																																																													
ภาพแสดงกระบวนการ 	ตารางแสดงข้อมูลการปล่อย (GHG) และ/หรือดูดกลับ <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td>1</td><td></td></tr> <tr><td>2</td><td></td></tr> <tr><td>3</td><td></td></tr> <tr><td>4</td><td></td></tr> <tr><td>5</td><td></td></tr> <tr><td>6</td><td></td></tr> <tr><td>7</td><td></td></tr> <tr><td>8</td><td></td></tr> <tr><td>9</td><td></td></tr> <tr><td>10</td><td></td></tr> <tr><td>11</td><td></td></tr> <tr><td>12</td><td></td></tr> <tr><td>13</td><td></td></tr> <tr><td>14</td><td></td></tr> <tr><td>15</td><td></td></tr> <tr><td>16</td><td></td></tr> <tr><td>17</td><td></td></tr> <tr><td>18</td><td></td></tr> <tr><td>19</td><td></td></tr> <tr><td>20</td><td></td></tr> <tr><td>21</td><td></td></tr> <tr><td>22</td><td></td></tr> <tr><td>23</td><td></td></tr> <tr><td>24</td><td></td></tr> <tr><td>25</td><td></td></tr> <tr><td>26</td><td></td></tr> <tr><td>27</td><td></td></tr> <tr><td>28</td><td></td></tr> <tr><td>29</td><td></td></tr> <tr><td>30</td><td></td></tr> </table>	1		2		3		4		5		6		7		8		9		10		11		12		13		14		15		16		17		18		19		20		21		22		23		24		25		26		27		28		29		30	
1																																																													
2																																																													
3																																																													
4																																																													
5																																																													
6																																																													
7																																																													
8																																																													
9																																																													
10																																																													
11																																																													
12																																																													
13																																																													
14																																																													
15																																																													
16																																																													
17																																																													
18																																																													
19																																																													
20																																																													
21																																																													
22																																																													
23																																																													
24																																																													
25																																																													
26																																																													
27																																																													
28																																																													
29																																																													
30																																																													
วันที่/เวลา	ลายเซ็น/ชื่อ																																																												

รูปที่ 2 รายงานการคำนวณปริมาณปล่อยและดูดกลับก๊าซเรือนกระจกตามรูปแบบ
 ที่ อบก. กำหนด
 (ดาวน์โหลดเอกสารได้ที่ไฟล์บัญชีรายการก๊าซเรือนกระจก
<http://thaicarbonlabel.tgo.or.th/carbonorg/index.php?page=7>)

รูปที่ 3 ตัวอย่างใบอนุญาตประกอบกิจการโรงงาน (ร.ง. 4)

รูปที่ 4 เอกสารแสดงการยืนยันขอบเขตขององค์กร

องค์กรผู้ขอรับการทวนสอบต้องทำการตรวจสอบความถูกต้องของเอกสารก่อนส่งเอกสารให้แก่หน่วยงานตรวจรับรอง/ผู้ทวนสอบ โดยมีประเด็นสำคัญที่ต้องพิจารณา ได้แก่

(1) ไฟล์เอกสารหรือรายงานการปล่อยและดูดกลับก๊าซเรือนกระจกขององค์กร ซึ่งเป็นส่วนที่รวบรวมรายละเอียดของการประเมินการปล่อยและดูดกลับก๊าซเรือนกระจกทั้งหมด

- ระดับการทวนสอบ (สมเหตุสมผลหรือจำกัด)
- กำหนดขอบเขตองค์กร (การควบคุมการดำเนินงาน/ทางการเงิน)
- การจำแนกกิจกรรมองค์กรในแต่ละขอบเขต (ต้องทำการจำแนกกิจกรรมทั้งหมดขององค์กรที่ส่งผลต่อการปล่อยและดูดกลับก๊าซเรือนกระจกทั้งที่อยู่ในขอบเขต 1, 2 และ 3)

- การระบุแหล่งปล่อยก๊าซเรือนกระจกในแต่ละขอบเขต (ในขอบเขต 1 และ 2 จำเป็นต้องทำการระบุให้ครบถ้วน ส่วนขอบเขต 3 อยู่ที่องค์กรทำการพิจารณาเลือก)

- ประเมินความมีสาระสำคัญของแต่ละแหล่งปล่อย
- อธิบายระบบการจัดการข้อมูลบัญชีรายการก๊าซเรือนกระจก (ต้องสอดคล้องกับการดำเนินการจริงขององค์กร)

- ตรวจสอบหน่วยคาร์บอนฟุตพริ้นท์แสดงเป็นตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า (tCO_2e)

- ตรวจสอบการประเมินความไม่แน่นอนของข้อมูล

- ตรวจสอบเอกสารแนบเพิ่มเติมในส่วนของข้อมูลสนับสนุน

(2) ไฟล์ตารางคำนวณเป็นส่วนที่แสดงรายการคำนวณค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากบัญชีรายการก๊าซเรือนกระจก และสำหรับใช้ในการตรวจสอบ

ความถูกต้องของวิธีการคำนวณค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจก จุดสำคัญที่ต้องทำการตรวจสอบมีดังนี้

- ตรวจสอบความสอดคล้องของไฟล์เอกสารและไฟล์คำนวณคาร์บอนฟุตพริ้นท์
- ตรวจสอบไฟล์คำนวณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ (เฉพาะขอบเขต 1 ที่ต้องแยกรายก๊าซ)
- ตรวจสอบค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกและหน่วย (อ้างอิงตามการประกาศล่าสุดบนเว็บไซต์ของ อบก.)
- ตรวจสอบนัยสำคัญของตัวเลขและหน่วยคาร์บอนฟุตพริ้นท์แสดงเป็นตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า (tCO_2e)
- ตรวจสอบการแนบเอกสารเพิ่มเติมในส่วน of ข้อมูลสนับสนุนแสดงรายการคำนวณ

องค์กรที่ขอรับการทวนสอบคาร์บอนฟุตพริ้นท์องค์กร ต้องจัดทำและส่งรายงานการปล่อยและดูดกลับก๊าซเรือนกระจกให้แก่องค์กรผู้ทวนสอบล่วงหน้า 2 - 4 สัปดาห์ก่อนวันทวนสอบ (หรือแล้วแต่ตกลงกับผู้ทวนสอบ) เพื่อทำการตรวจสอบรายงานการปล่อยและดูดกลับก๊าซเรือนกระจกในเบื้องต้นก่อนการเยี่ยมชมโรงงาน

ขั้นตอนที่ 2 องค์กรผู้ขอรับการทวนสอบติดต่อหน่วยงานตรวจรับรอง

องค์กรผู้ขอรับการทวนสอบทำการติดต่อที่มีการขึ้นทะเบียนกับ อบก. โดยสามารถตรวจสอบรายชื่อหน่วยงานตรวจรับรองได้ที่ <http://thaicarbonlabel.tgo.or.th/carbonorg/index.php?page=5> ดังรูปที่ 5



คาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กร

คาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กรคือ

- คาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กรในภาคอุตสาหกรรม
- คาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กรในองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น

ขั้นตอนขึ้นทะเบียน

รายชื่อบริษัทและองค์กรที่ขึ้นทะเบียน

รายชื่อที่ปรึกษา

รายชื่อผู้ทวนสอบ

มาตรฐานที่เกี่ยวข้อง

เอกสาร Download

Emission Factor

รายชื่อผู้ทวนสอบ

รายชื่อผู้ทวนสอบประเภทนิติบุคคล (List of registered verifiers entity)	
1.	 รายชื่อ : ศูนย์เชี่ยวชาญเฉพาะด้านกลยุทธธุรกิจที่เป็นมิตรสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ที่อยู่ : ภาควิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ เลขที่ 50 ถ.พหลโยธิน ต.ลาดยาว จ.อุตรดิตถ์ กรุงเทพฯ โทรศัพท์ : 02 562 5555 ต่อ 1508, 084 664 5797 Email : fscir@msc.ku.ac.th Website : www.vgreen.sci.ku.ac.th/
2.	 รายชื่อ : หน่วยวิจัยเพื่อการจัดการพลังงานและเศรษฐกิจ สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ที่อยู่ : สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ 239 ถ.พยุหะวดี ต.สุเทพ อ.เมือง จ.เชียงใหม่

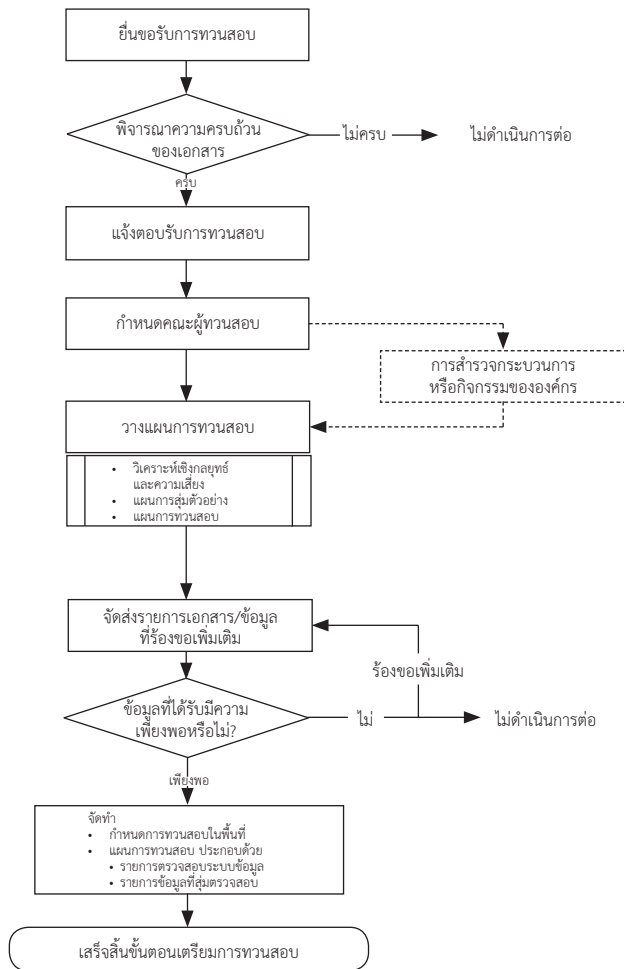
รูปที่ 5 รายชื่อหน่วยงานตรวจรับรองคาร์บอนฟุตพริ้นท์องค์กรตามแนวทางการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์องค์กรขององค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน) หรือ อบก.

ในการติดต่อเพื่อขอรับการทวนสอบจากผู้หน่วยงานตรวจรับรองนั้น องค์กรผู้ขอรับการทวนสอบต้องทำการพิจารณาคัดเลือกหน่วยงานตรวจรับรอง จากความรู้ความเชี่ยวชาญ และประสบการณ์เฉพาะทางตามประเภทอุตสาหกรรม และต้องทำการชี้แจงขอบเขตงานเพื่อทำการตกลงรายละเอียดในการขอรับการทวนสอบ (ผู้ทวนสอบสามารถไม่ตอบรับได้ด้วยเหตุผล เช่น ไม่มีความเชี่ยวชาญเฉพาะทางหรือไม่สามารถปฏิบัติตามเงื่อนไขเวลา) โดยทำความตกลงกับผู้ทวนสอบในประเด็นต่อไปนี้

- ระดับการทวนสอบ (Level of assurance)
- วัตถุประสงค์ของการทวนสอบ (Objective)
- เกณฑ์ข้อกำหนดในการทวนสอบ (Criteria)
- ขอบเขตขององค์กรที่พิจารณาในการทวนสอบ (Scope)
- ความมีสาระสำคัญที่พิจารณาในการทวนสอบ (Materiality)

ขั้นตอนที่ 3 หน่วยงานตรวจรับรองตรวจสอบเอกสาร (Document review)

หน่วยงานตรวจรับรองดำเนินการตรวจสอบเอกสารเบื้องต้นหากพบว่าไม่ครบตามกำหนด ก็จะไม่ดำเนินการต่อจนกว่าองค์กรที่ขอรับการทวนสอบคาร์บอนฟุตพริ้นท์องค์กรจะส่งเอกสารที่ต้องการให้ครบถ้วน จากนั้นองค์กรผู้ทวนสอบจะกำหนดคณะผู้ทวนสอบ ประกอบด้วย หัวหน้าผู้ทวนสอบและทีมผู้ทวนสอบจำนวน 2 คน รวมเป็น 3 คน และดำเนินการตรวจสอบเอกสารเพื่อที่ผู้ทวนสอบจะใช้เป็นข้อมูลในการจัดทำแผนการทวนสอบและแผนการสุ่มข้อมูล ทั้งนี้ ผู้ทวนสอบอาจขอให้ส่งเอกสารเพิ่มเติม (หากต้องการ) ก่อนที่จะมีการกำหนดวันเยี่ยมชมโรงงาน นอกจากนี้ ผู้ทวนสอบอาจจะขอทำการเข้าเยี่ยมชมโรงงานเบื้องต้นก่อนวันทวนสอบจริงในกรณีจำเป็น เช่น กรณีที่เป็นโรงงานขนาดใหญ่ มีกระบวนการผลิตค่อนข้างซับซ้อน โดยกระบวนการเตรียมการทวนสอบ แสดงดังรูปที่ 6



รูปที่ 6 กระบวนการเตรียมการทวนสอบ

ขั้นตอนที่ 4 คณะผู้ทวนสอบจากหน่วยงานตรวจรับรองจัดทำแผนการทวนสอบ

คณะผู้ทวนสอบจากหน่วยงานตรวจรับรองกำหนดการเยี่ยมชมโรงงานหรือแผนการทวนสอบ (รูปที่ 7) โดยจำนวนวันที่ใช้ในการทวนสอบจากความซับซ้อนของกิจกรรมขององค์กร ซึ่งองค์กรขนาดเล็กที่มีความซับซ้อนของกิจกรรมไม่มาก อาจใช้จำนวนวันในการทวนสอบเพียง 1 วัน หากองค์กรมีขนาดใหญ่หรือมีกิจกรรมที่ซับซ้อนก็จะทำให้ต้องใช้จำนวนวันในการทวนสอบเพิ่มขึ้น จากนั้นจะส่งกำหนดการเยี่ยมชมโรงงานให้กับองค์กรที่ขอรับการทวนสอบคาร์บอนฟุตพริ้นท์องค์กร เพื่อรับทราบรายละเอียดกิจกรรมการทวนสอบในวันที่มีการเยี่ยมชมโรงงาน

VERIFICATION PLAN	

Date:	8 July, 2014
Client:	PS Group Co., Ltd.
Purpose of verification:	GHG assertion reporting (Organisation level)
Criteria of verification:	TGO National Guideline on Carbon Footprint of Organisation
Scope of verification:	Scopes 1 & 2 & 3
Level of assurance:	Reasonable level
Level of materiality:	5%
Verification team:	1. Asst. Prof. Dr. Rattanawan Mungklung (Team leader) / fscivm@ku.ac.th 2. Mr. Tananon Nudchanate (Team member) / tananon.n21@gmail.com 3. Kittiwat ktpakomsanti (Team member) / kkitiwat@gmail.com
Verification schedule:	
Time	Activity
09.00-09.15	Opening meeting (by the team leader) - Introduction of verification team - Purpose of verification - Verification scope, criteria and level of assurance including level of materiality - Verification schedule
09.15-09.30	Company presentation (by the representative of company) - Introduction of personnel - Company profile - Organisation activities and boundary - Production processing activities (core and support processes) - GHG sources & GHG assertion calculation and result
09.30-11.00	Site tour of company's activities - Overview of organisation activities, with the particular focus on these activities: - Main electric meter & sub-meters (including control room) - Power receiving unit - Boiler - Compressor - NG meter - Diesel tank - LPG tank - Maintenance site - Wastewater treatment
11.00-12.00	GHG information system (Interview) - Overview of GHG information system, with the particular focus on these activities: - Roles and responsibilities of personnel - Responsible person for data collection (measuring, recording, and transferring) - Responsible person for data gathering (calculation) - Responsible person for internal auditing - Responsible person for management review
12.00-13.00	Lunch break
13.00-15.00	Document review - Bills of electricity use - Bills of NG use - Bills of tanker oil A use - Bills and records of diesel use - Bills and records of gasoline - Bills and records of LPG use - Bills of refrigerant use - Bills of fire extinguisher use - Calibration records and maintenance plan
15.00-15.30	Internal meeting of the verification team <i>Note - Pls arrange a small meeting room for this activity</i>
15.30-16.00	Closing meeting - Main findings - List of CARs, CLs, and FARs - Deadline of responses to CARs, CLs, and FARs

รูปที่ 7 ตัวอย่างกำหนดการเยี่ยมชมโรงงาน (แผนการทวนสอบ)

ขั้นตอนที่ 5 คณะผู้ทวนสอบจากหน่วยงานตรวจรับรองเยี่ยมชม โรงงาน (Site visit)

สำหรับขั้นตอนการทวนสอบในวันที่มีการเยี่ยมชมโรงงานนั้น เริ่มจากการกล่าวต้อนรับคณะผู้ทวนสอบโดยผู้บริหารขององค์กรที่ขอรับการทวนสอบ จากนั้นเปิดประชุมโดยหัวหน้าคณะผู้ทวนสอบ ซึ่งจะทำการแนะนำคณะผู้ทวนสอบ ชี้แจงรายละเอียดกำหนดการและกิจกรรมการทวนสอบ ต่อมาตัวแทนขององค์กรที่ขอรับการทวนสอบนำเสนอรายละเอียดเกี่ยวกับรายงานการปล่อยและดูดกลับก๊าซเรือนกระจกขององค์กร และแนะนำเส้นทางการเดินเยี่ยมชมกิจกรรมขององค์กร ซึ่งทางคณะผู้ทวนสอบจะระบุจุดที่ต้องการเยี่ยมชมเป็นพิเศษ เช่น มิเตอร์ไฟฟ้า มิเตอร์ท่อส่งก๊าซธรรมชาติ ระบบผลิตไอน้ำ ถังสำรองน้ำมัน โรงอาหาร พื้นที่ซ่อมบำรุง และระบบบำบัดน้ำเสีย เป็นต้น

ในการจัดเตรียมไฟล์นำเสนอขององค์กรที่ขอรับการทวนสอบเพื่อนำเสนอต่อคณะผู้ทวนสอบ ควรมีเนื้อหาที่เป็นสาระสำคัญเกี่ยวกับรายละเอียดเกี่ยวกับรายงานการปล่อยและดูดกลับก๊าซเรือนกระจกขององค์กร ซึ่งประกอบไปด้วยข้อมูลดังต่อไปนี้

- ข้อมูลบริษัทรายละเอียดทั่วไป เช่น ลักษณะของธุรกิจ ผลิตภัณฑ์ พื้นที่ จำนวนพนักงาน
- ขอบเขตองค์กรกำหนดเป็นแบบภายใต้การควบคุมการดำเนินงาน/ทางการเงินหรือแบบการปันส่วนตามกรรมสิทธิ์
- นโยบายการจัดการก๊าซเรือนกระจกขององค์กร
- วัตถุประสงค์ เป้าหมายการประยุกต์ใช้ผล และระดับการทวนสอบ วัตถุประสงค์ในการนำรายงานการปล่อยและดูดกลับก๊าซเรือนกระจกไปใช้ขององค์กร เช่น เพื่อแสดงปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกขององค์กรสู่สาธารณชน และต้องระบุระดับของการทวนสอบให้ชัดเจน เนื่องจากจะมีผลต่อการนำรายงานไปใช้

- แหล่งปล่อยก๊าซเรือนกระจกและความมีสาระสำคัญ แสดงแหล่งปล่อยก๊าซเรือนกระจกและระบุแหล่งปล่อยที่มีความสำคัญ

- วิธีการคำนวณและสรุปผลค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์องค์กร ผลการประเมินการปล่อยและดูดกลับก๊าซเรือนกระจกทั้ง 3 ขอบเขต รวมทั้งอธิบายวิธีการคำนวณคร่าวๆ เพื่อให้ผู้ทวนสอบเข้าใจ

- การประเมินความไม่แน่นอนของข้อมูลอธิบายผลการประเมินความไม่แน่นอนที่ได้ และแนวทางในการปรับปรุงความน่าเชื่อถือของข้อมูล

จากนั้น คณะผู้ทวนสอบจะทำการเยี่ยมชมโดยรอบบริเวณพื้นที่โรงงาน เพื่อตรวจสอบประเด็นที่สำคัญต่อการประเมินการปล่อยและดูดกลับก๊าซเรือนกระจก ดังต่อไปนี้

(1) ขอบเขตและกิจกรรมองค์กรผู้ทวนสอบจะทำการตรวจสอบขอบเขตการประเมินและกิจกรรมขององค์กรที่ระบุไว้ในรายงานจากผังขององค์กร (Layout) และการเดินเยี่ยมชมบริเวณพื้นที่โดยรอบ

(2) แหล่งปล่อยและดูดกลับก๊าซเรือนกระจกขององค์กรผู้ทวนสอบเยี่ยมชมบริเวณโดยรอบพื้นที่ขององค์กรหรือจุดที่ผู้ทวนสอบคาดว่าจะแหล่งปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่สำคัญ เพื่อตรวจสอบความครบถ้วนของแหล่งปล่อยก๊าซเรือนกระจกขององค์กร โดยพื้นที่สำคัญได้แก่

- มิเตอร์ไฟฟ้าจากภายนอก/ภายในโรงงาน
- ระบบหม้อไอน้ำ
- ระบบบำบัดน้ำเสีย
- ห้องปฏิบัติการ
- โรงอาหาร
- พื้นที่ซ่อมบำรุง

(3) ระบบบันทึกข้อมูล โดยในระหว่างการเดินเยี่ยมชมโรงงานของผู้ทวนสอบ จะมีการสัมภาษณ์พนักงานบริเวณหน้างานถึงวิธีการบันทึกข้อมูล รวมทั้งการของคู่มือพื้นฐานการบันทึกข้อมูล เช่น หลักฐานการบันทึกปริมาณการใช้ก๊าซธรรมชาติประจำวัน เพื่อเป็นการตรวจสอบระบบการบันทึกและความถูกต้องของข้อมูล

หลังจากเยี่ยมชมกิจกรรมองค์กรแล้ว คณะผู้ทวนสอบจะแจ้งยืนยันการกำหนดขอบเขตการดำเนินงานในการประเมินการปล่อยและดูดกลับก๊าซเรือนกระจก การระบุแหล่งปล่อยและดูดกลับก๊าซเรือนกระจกกับทางโรงงาน จากนั้นจะดำเนินการตรวจสอบที่มาของข้อมูลที่ใช้ในการจัดทำบัญชีรายการก๊าซเรือนกระจก ซึ่งองค์กรที่ขอรับการทวนสอบต้องจัดเตรียมเอกสารที่แสดงที่มาของข้อมูลทุกรายการไว้ให้พร้อมรับการตรวจสอบเอกสารหลักฐาน เพื่อยืนยันความถูกต้องของปริมาณบัญชีรายการเรือนกระจกที่นำมาใช้ในการประเมินการปล่อยและดูดกลับก๊าซเรือนกระจก โดยมีรายการเอกสารที่ต้องนำมาแสดงในวันทวนสอบดังนี้

(1) บันทึกข้อมูลบัญชีรายการก๊าซเรือนกระจกแสดงปริมาณชุดข้อมูลนำมาใช้ในการคำนวณ (Record) ตัวอย่างเช่น

- บันทึกตัวเลขจากมิเตอร์ไฟ/น้ำมันเชื้อเพลิง
- บันทึกปริมาณการสั่งซื้อน้ำมันเชื้อเพลิง/ชีวมวล
- บันทึกปริมาณการเบิกจ่ายน้ำมันเชื้อเพลิง/ชีวมวล
- บันทึกเบิกจ่ายถังดับเพลิง
- บันทึกเบิกจ่ายวัสดุใช้สอย
- ไฟล์เอกสาร/ตารางคำนวณที่ใช้ในการรวบรวมข้อมูล
- ไฟล์ตารางคำนวณที่ใช้ในการคำนวณข้อมูลดิบ
- ฯลฯ

(2) เอกสารแสดงใบอนุญาตประกอบกิจการโรงงาน และ ที่มาของข้อมูล บัญชีรายการก๊าซเรือนกระจก (Document) ตัวอย่างเช่น

- ใบอนุญาตประกอบกิจการโรงงาน (ร.ง. 4)
- แผนผังโรงงาน
- เอกสารคำสั่งแต่งตั้งคณะทำงานคาร์บอนฟุตพริ้นท์องค์กร
- บิลค่าไฟ / บิลน้ำมันเชื้อเพลิง
- เอกสารการสอบเทียบเครื่องมือตรวจวัด
- เอกสารแผนการซ่อมบำรุงเครื่องจักร
- ฯลฯ

(3) ระเบียบปฏิบัติของการรวบรวมและควบคุมคุณภาพข้อมูลบัญชี รายการก๊าซเรือนกระจก (Procedure) ตัวอย่างเช่น

- วิธีการรวบรวมข้อมูลบัญชีรายการก๊าซเรือนกระจก
- วิธีการควบคุมคุณภาพข้อมูลบัญชีรายการก๊าซเรือนกระจก
- การตรวจสอบภายในระบบการจัดการข้อมูลบัญชีรายการก๊าซ เรือนกระจก
- การทบทวนโดยผู้บริหาร
- ฯลฯ

พร้อมกันนี้จะมีการสัมภาษณ์ผู้บริหารเกี่ยวกับนโยบาย กลยุทธ์ และ แผนงานการจัดการก๊าซเรือนกระจกขององค์กรและบุคคลที่เกี่ยวข้องกับการ จัดทำบัญชีรายการก๊าซเรือนกระจก เพื่อตรวจสอบระบบการจัดการเพื่อควบคุม คุณภาพของข้อมูลที่ใช้ในการจัดทำบัญชีรายการก๊าซเรือนกระจก เพื่อให้แน่ใจ ว่าข้อมูลที่ใช้ในการจัดทำบัญชีรายการก๊าซเรือนกระจกมีความถูกต้องหรือมี

ความคลาดเคลื่อนไม่เกินร้อยละ 5 ของปริมาณการปล่อยจริง สำหรับโรงงานที่มีการดำเนินการตามมาตรฐานระบบการจัดการสิ่งแวดล้อม

ตัวอย่างคำถามที่มักใช้ในการสัมภาษณ์ในวันทวนสอบ ณ โรงงาน ได้แก่

- ชนิดของเชื้อเพลิงที่นำมาใช้เป็นเชื้อเพลิงชีวภาพเป็นส่วนประกอบหรือไม่
- จำนวนปริมาณก๊าซไบโอเจนิกคาร์บอนไดออกไซด์อย่างไร
- การเลือกใช้ข้อมูลจากการบันทึกภายในเทียบกับข้อมูลภายนอกองค์กรเป็นอย่างไร ตรงกันหรือไม่
- การรวบรวมข้อมูลในรายเดือนเป็นรายปีทำได้อย่างไร
- การบันทึกข้อมูลที่เกี่ยวข้องการเผาไหม้แยกส่วนตามกระบวนการเพื่อการจัดการและการรวมข้อมูลเพื่อคำนวณในขอบเขตองค์กรและเวลาที่จัดทำรายงาน เช่น ปริมาณน้ำมันเชื้อเพลิงสำหรับการขนส่งภายในและที่จำหน่ายให้กับพนักงานเพื่อเป็นสวัสดิการ
- ได้มีการตรวจวัดองค์ประกอบของก๊าซที่ปล่อยจากการเผาไหม้หรือไม่
- ตรวจวัดประสิทธิภาพของการเผาไหม้ด้วยความถี่อย่างไร และมีสมมติฐานที่ใช้ในการประเมินก๊าซเรือนกระจกอย่างไร และอ้างอิงในแหล่งข้อมูลใด
- การเผาไหม้สารประกอบคาร์บอนทั้งที่เป็นสารอินทรีย์หรือสารอนินทรีย์มีการประเมินปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับปฏิกิริยาออกซิเดชันหรือไม่ เช่น อุณหภูมิ อัตราการป้อนและความเข้มข้นของออกซิเจน ความดัน
- GWP ที่ใช้สำหรับก๊าซเรือนกระจกแต่ละชนิด การเลือกใช้ค่า GWP เป็นไปตามที่กำหนดหรือไม่ และค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของ

วัตถุดิบหรือกิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางอ้อม (ประเภทที่ 3) ใช้ค่า GWP ไตในการคำนวณ

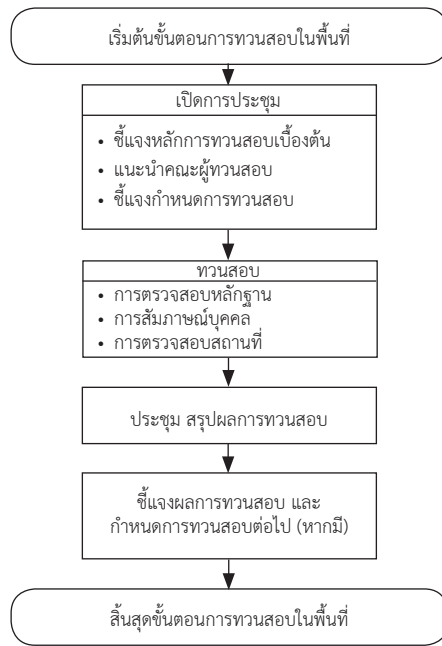
- มีความถี่ในตรวจสอบและสอบเทียบอุปกรณ์ตรวจวัดเป็นอย่างไร
- การสอบเทียบได้ดำเนินการกับหน่วยงานใดและมีผลการสอบเทียบหรือไม่
- เครื่องมือเหล่านี้ได้สอบเทียบครั้งสุดท้ายเมื่อไหร่

ภายหลังจากการตรวจสอบหลักฐานเอกสารและสัมภาษณ์บุคคล คณะผู้ทวนสอบจะร้องขอให้องค์กรผู้รับการทวนสอบจัดห้องประชุมเป็นการภายในสำหรับคณะผู้ทวนสอบ เพื่อสรุปผลการพิจารณาสิ่งที่พบ ข้อบกพร่อง และข้อควรแก้ไข (คำแนะนำ ซึ่งไม่มีผลต่อการสรุปผลการทวนสอบว่าผ่านหรือไม่ผ่าน) ซึ่งต่อมาจะจัดส่งรายงานผลการทวนสอบอย่างเป็นทางการให้กับทางองค์กรผู้รับการทวนสอบ พร้อมทั้งกำหนดเวลาในการปรับแก้รายงานและรายการคำนวณการปล่อยและดูดกลับก๊าซเรือนกระจกมีความถูกต้องและสมบูรณ์ ขั้นตอนกระบวนการทวนสอบในพื้นที่ แสดงดังรูปที่ 8

ขั้นตอนที่ 6 คณะผู้ทวนสอบจัดทำร่างถ้อยแถลงการณ์ (Draft verification statement)

คณะผู้ทวนสอบจัดทำร่างถ้อยแถลงการณ์เพื่อให้บริษัทพิจารณา เมื่อการทวนสอบสิ้นสุดลง โดยจะประกอบไปด้วยรายละเอียดของกลุ่มเป้าหมายในการใช้ข้อมูลการแสดงปริมาณก๊าซเรือนกระจก ระดับของการรับรอง วัตถุประสงค์ ขอบเขต เกณฑ์ที่ใช้ในการทวนสอบ ประเภทของข้อมูลที่ใช้ในการทวนสอบ (การคำนวณ ประมาณการ การจดบันทึก) ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ทำการประเมินได้ และข้อสรุปของผู้ทวนสอบ

เมื่อคณะผู้ทวนสอบดำเนินการทวนสอบครบถ้วนตามวัตถุประสงค์ ขอบเขต และเกณฑ์การทวนสอบแล้ว คณะผู้ทวนสอบต้องดำเนินการสรุปผล



รูปที่ 8 กระบวนการทวนสอบในพื้นที่

การทวนสอบตามหลักฐานที่เป็นรูปธรรมที่พบ ที่รวบรวมได้ระหว่างการทวนสอบว่าการแสดงปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กรสอดคล้องกับผลการดำเนินงานแท้จริง และสนับสนุนความน่าเชื่อถือโดยข้อมูลบัญชีรายการก๊าซเรือนกระจกที่มีความสมบูรณ์ ไม่ขัดแย้ง ถูกต้อง และโปร่งใส หรือหากพบข้อบกพร่องใดอันเกิดจากหลักฐานที่พบ หรือไม่สามารถแสดงหลักฐานที่สนับสนุนความถูกต้องของข้อมูลบัญชีรายการก๊าซเรือนกระจกได้ คณะผู้ทวนสอบต้องทำการแจ้งข้อบกพร่องเหล่านั้นแก่องค์กรผู้รับการทวนสอบเพื่อดำเนินการแก้ไข โดยประเภทของข้อบกพร่องที่พบในการทวนสอบมีดังต่อไปนี้

(1) Corrective Action Request (CAR) หมายถึง การประเมินปริมาณที่มีความคลาดเคลื่อนเกินระดับความมีสาระสำคัญการประเมินปริมาณที่ไม่

สอดคล้องตามข้อกำหนดระบบการจัดการคุณภาพข้อมูลบัญชีรายการก๊าซเรือนกระจกที่อาจก่อให้เกิดความผิดพลาด คลาดเคลื่อน ไม่เป็นเหตุเป็นผล โดยผู้ทวนสอบจะทำการแจ้งให้ทำการแก้ไขให้ลุล่วง เพื่อที่จะสามารถรับรองผลของการประเมินการปล่อยและดูดกลับก๊าซเรือนกระจกได้

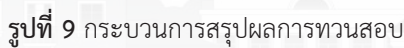
(2) Clarification Request (CL) หมายถึง ข้อมูลไม่ชัดเจนหรือเพียงพอต่อการประเมินความสอดคล้อง ความถูกต้อง หรือความสมบูรณ์ของข้อมูล ผู้ทวนสอบจะทำการร้องขอเอกสารเพิ่มเติมเพื่อยืนยันความถูกต้อง (ทั้งนี้ CL อาจกลายเป็น CAR ได้ หากไม่สามารถแสดงข้อมูลเพิ่มเติมได้ตามที่ผู้ทวนสอบร้องขอ)

(3) Forward Action Request (FAR) ช้อแนะนำให้พิจารณาแก้ไขปรับปรุง ซึ่งไม่ส่งผลต่อการให้การรับรองของผู้ทวนสอบ แต่องค์กรควรที่จะนำไปใช้การปรับปรุงการจัดทำบัญชีรายการก๊าซเรือนกระจก และการประเมินการปล่อยและดูดกลับก๊าซเรือนกระจกให้เกิดความถูกต้องมากขึ้น

ทั้งนี้ คณะผู้ทวนสอบและองค์กรผู้รับการทวนสอบต้องตกลงระยะเวลาที่ใช้ดำเนินการแก้ไขหรือชี้แจงข้อมูลเพิ่มเติม ตามเรื่องที่ได้รับ CAR และ CL ที่รับทราบไป พร้อมทั้งระบุช่องทางการสื่อสาร เช่น ส่งสำเนาเอกสารทางไปรษณีย์ทางอีเมล เป็นต้น และหากยังจำเป็นต้องมาทวนสอบในพื้นที่เพิ่มเติม เนื่องจากข้อมูลยังไม่ครบถ้วนตามแผนการทวนสอบ ก็จะต้องทำการนัดวันและเวลาเพิ่มที่ทั้งสองฝ่ายมีความพร้อม

ร่างอัยการณทวนสอบที่ได้จัดทำขึ้น จะต้องส่งกลับไปยังองค์กรผู้รับการทวนสอบเพื่อให้ความเห็นชอบต่อรายละเอียดของเนื้อหา และ ทบทวนความถูกต้อง จึงจะสามารถจัดทำอัยการณทวนสอบที่เป็นทางการ หากมีแจ้งกลับเพื่อขอให้แก้ไขในส่วนที่มีนัยสำคัญต่อผลการทวนสอบ หัวหน้าคณะผู้ทวนสอบต้องพิจารณาให้การอนุมัติแก้ไขก่อนจัดส่งอัยการณทวนสอบฉบับที่เป็นทางการแก่ผู้รับการทวนสอบ ซึ่งถือว่ากระบวนการทวนสอบโดยปกติสิ้นสุด

คณะผู้ทวนสอบจัดทำรายงานผลการทวนสอบ ซึ่งประกอบด้วย สาร
สำคัญของการดำเนินงาน ผลการทวนสอบ และทำการสรุปรายงานขอให้แก้ไข
และประเด็นที่พบต่างๆ รวมทั้งการดำเนินการแก้ไขข้อผิดพลาดของบริษัท
(รูปที่ 9)



ถ้อยแถลงการณ์ผลการทวนสอบของผู้ทวนสอบคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กร ในรายละเอียดจะทำการระบุถึงกลุ่มเป้าหมายที่ต้องใช้ข้อมูลการแสดงปริมาณก๊าซเรือนกระจก ชี้แจงระดับของการรับรองผลการทวนสอบในครั้งนี้อธิบายถึงวัตถุประสงค์ของการจัดทำรายงานการปล่อยและดูดกลับก๊าซเรือนกระจกขององค์กร ขอบเขตในการประเมิน หรือเกณฑ์ข้อกำหนดในการทวนสอบ พร้อมทั้งอธิบายประเภทข้อมูลและข้อมูลสารสนเทศที่ใช้สนับสนุนการแสดงปริมาณก๊าซเรือนกระจก ว่ามาจากวิธีการคำนวณตามทฤษฎี การประมาณการ และ/หรือเป็นข้อมูลที่ได้จากการจดบันทึก เพื่อใช้ร่วมกับการแสดงปริมาณก๊าซเรือนกระจกของผู้รับผิดชอบข้อมูล และต้องรวมข้อสรุปของผู้ทวนสอบต่อการแสดงปริมาณก๊าซเรือนกระจก รวมถึงการระบุข้อจำกัดและข้อยกเว้น

ตัวอย่างของเนื้อความของส่วนสรุปผลในถ้อยแถลงการณ์ทวนสอบแบบจำกัด

ผลการทวนสอบ รายงานการปล่อยและดูดกลับก๊าซเรือนกระจกขององค์กร ตามแนวทางการทวนสอบคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กร ไม่พบหลักฐานที่แสดงว่ามีข้อมูลที่มีสาระสำคัญที่ไม่ถูกต้อง และไม่พบว่ามีแสดงปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กรที่ไม่สมควร ตัวอย่างแสดงดังรูปที่ 10

4. สรุปผลการทวนสอบ

ผลการทวนสอบ รายงานการปล่อยและดูดกลับก๊าซเรือนกระจกขององค์กร ตามวิธีในข้อ 3. ไม่พบหลักฐานที่แสดงว่ามีข้อมูลที่มีสาระสำคัญที่ไม่ถูกต้อง และไม่พบว่ามี การแสดงปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กรที่ไม่สมควร

คาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กรภายใต้ขอบเขตบริษัท A จำกัด ที่ถูกรายงาน

ประเภทที่ 1	7,000.00	ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า
ประเภทที่ 2	3,000.00	ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า

รวมค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์ ที่แสดงเพื่อขอการรับรองกับองค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก เท่ากับ 10,000.00 ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า ดังแสดงเครื่องหมายคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กร



รูปที่ 10 ตัวอย่างของถ้อยแถลงการณทวนสอบคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของค์กรแบบจำกัด

ตัวอย่างของเนื้อความของส่วนสรุปผลในถ้อยแถลงการณทวนสอบแบบสมเหตุผล

ผลการทวนสอบ รายงานการปล่อยและดูดกลับก๊าซเรือนกระจกขององค์กร ตามแนวทางการทวนสอบคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กร พบว่า ข้อมูลที่มีสาระสำคัญมีความถูกต้อง (Materially correct) และมีการแสดงปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กรตามสมควร (Fair representation) ดังตัวอย่างแสดงในรูปที่ 11

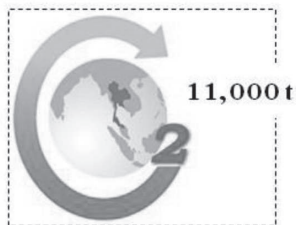
4. สรุปผลการทวนสอบ

ผลการทวนสอบ รายงานการปล่อยและดูดกลับก๊าซเรือนกระจกขององค์กร ตามวิธีในข้อ 3. พบว่าข้อมูลที่มีสาระสำคัญมีความถูกต้อง และมีการแสดงปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กรตามสมควร

คาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กรภายใต้ขอบเขตบริษัท B จำกัด ที่ถูกรายงาน

ประเภทที่ 1	4,500.00	ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า
ประเภทที่ 2	6,500.00	ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า

รวมค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์ ที่แสดงเพื่อขอการรับรองกับองค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก เท่ากับ 11,000.00 ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า ดังแสดงเครื่องหมายคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กร



รูปที่ 11 ตัวอย่างของถ้อยแถลงการณ์ทวนสอบคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กรแบบสมเหตุสมผล

6. เอกสารอ้างอิง

1) อบก., 2556 (ก). แนวทางการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กร พิมพ์ครั้งที่ 1 (ตุลาคม 2556) อบก., 2556 (ข). แนวทางการทวนสอบคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กร พิมพ์ครั้งที่ 1 (ตุลาคม 2556).

2) ISO, 2006 (a). ISO 14064-1 Greenhouse Gases - Part 1: specifies principles and requirements at the organization level for quantification and reporting of greenhouse gas (GHG) emissions

3) ISO, 2006 (b). ISO 14064-3 Greenhouse Gases - Part 3: Specification with guidance for the validation and verification of greenhouse gas assertions





บทที่ 13

การทวนสอบคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กร

อุริตา นรนาถตระกูล

สำนักงานคณะกรรมการการมาตรฐานแห่งชาติ

1. บทนำ

คาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กร เป็นการคำนวณหาปริมาณการปล่อยและดูดกลับก๊าซเรือนกระจก (Greenhouse gas emissions and removals) ที่เกิดขึ้นจากกิจกรรมขององค์กร ซึ่งในปัจจุบันองค์กรสามารถนำมาใช้เป็นเครื่องมือหนึ่งในการแสดงความมุ่งมั่นในการลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกขององค์กร ความน่าเชื่อถือในความถูกต้องของการคำนวณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กร สามารถใช้กระบวนการที่เรียกว่า การทวนสอบ (Verification) ซึ่งเป็นกระบวนการที่ทำอย่างเป็นระบบ มีความเป็นอิสระ และมีการจัดทำบันทึกเป็นลายลักษณ์อักษร เพื่อประเมินการแสดงผลปริมาณก๊าซเรือนกระจกหรือคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กร โดยการประเมินเทียบกับเกณฑ์การทวนสอบทีู่กกำหนดไว้

2. หลักการสำหรับการทวนสอบ

การที่จะทำให้คาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กรและผลการทวนสอบคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กรมีความน่าเชื่อถือนั้น กระบวนการทวนสอบต้องดำเนินการโดยหน่วยงานที่เป็นบุคคลที่สาม ที่เรียกว่า หน่วยงานทวนสอบ

(Verification Body) ซึ่งการดำเนินการทวนสอบคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กรของหน่วยงานทวนสอบ ต้องดำเนินการโดยอยู่บนพื้นฐานของหลักการดังต่อไปนี้

1) **ความเป็นอิสระ** หน่วยงานทวนสอบต้องดำเนินกิจกรรมการทวนสอบอย่างเป็นอิสระ ปราศจากอคติและผลประโยชน์ใดๆ มั่นใจได้ว่าสิ่งที่ตรวจพบและข้อสรุปที่ได้จากการทวนสอบอยู่บนพื้นฐานของข้อเท็จจริงตามหลักฐานที่ปรากฏ

2) **การดำเนินการทวนสอบอย่างมีจรรยาบรรณ** หน่วยงานทวนสอบต้องแสดงให้เห็นถึงความซื่อสัตย์ การรักษาความลับ และมีวิจรรณญาณที่เป็นอิสระ

3) **การเสนอผลการทวนสอบตามข้อเท็จจริง** หน่วยงานทวนสอบต้องนำเสนอสิ่งที่ตรวจพบ ข้อสรุปและรายงานจากการทวนสอบตามข้อเท็จจริงและถูกต้อง

4) **การทวนสอบอย่างมืออาชีพ** หน่วยงานทวนสอบต้องดำเนินงานอย่างมืออาชีพ มีทักษะและความชำนาญที่จำเป็นเพื่อการทวนสอบ พิจารณาตัดสินโดยคำนึงถึงวัตถุประสงค์และความเชื่อมั่นของผู้ใช้บริการและกลุ่มเป้าหมาย

3. กระบวนการทวนสอบ

กระบวนการทวนสอบคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กร มีลำดับขั้นตอนที่สำคัญ ได้แก่

1. การทบทวนข้อตกลง (Pre-engagement)
2. การวางแผนการทวนสอบ (Verification plan)
3. การทวนสอบ (Verification)
4. การจัดทำถ้อยแถลงการทวนสอบ (Making Verification statement)

4. ขั้นตอนการทบทวนข้อตกลง (Pre-engagement)

ขั้นตอนการทบทวนข้อตกลง เป็นขั้นตอนแรกของกระบวนการทวนสอบ ที่หน่วยงานทวนสอบต้องดำเนินการ ประกอบด้วย

1. การทบทวนความเป็นกลางสำหรับการทวนสอบ (Impartiality Review) หน่วยงานทวนสอบต้องตรวจสอบว่าบุคคลที่จะทำหน้าที่เป็นผู้ทวนสอบเพื่อดำเนินการทวนสอบคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กร จะต้องเป็นบุคคลที่ไม่มีส่วนเกี่ยวข้องกับการคำนวณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กร

2. การทบทวนความสามารถที่ต้องการสำหรับการทวนสอบ (Competence Review) หน่วยงานทวนสอบต้องพิจารณาว่าบุคคลที่จะทำหน้าที่เป็นคณะผู้ทวนสอบคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กรเป็นคณะบุคคลที่มีความสามารถ

3. การทบทวนข้อตกลงหรือสัญญาการทวนสอบ (Agreement/Contract) หน่วยงานทวนสอบต้องทบทวนข้อตกลงหรือสัญญาการทวนสอบกับลูกค้าในประเด็นระดับของการรับรอง (Level of assurance) ซึ่งเกณฑ์ในการทวนสอบคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กรของ TGO กำหนดระดับการรับรองไว้ 2 ระดับ คือ ระดับการรับรองแบบสมเหตุสมผล (Reasonable) และระดับการรับรองแบบจำกัด (Limited) รวมทั้งในประเด็นวัตถุประสงค์ของการทวนสอบและเกณฑ์ที่จะใช้ในการทวนสอบ ซึ่งในการทวนสอบคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กร วัตถุประสงค์และเกณฑ์การทวนสอบคือความสอดคล้องกับแนวทางการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กร และหลักเกณฑ์และเงื่อนไขการขึ้นทะเบียนและรับรองคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กร ที่องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน) หรือ อบก. กำหนดไว้ นอกจากนี้ หน่วยงานทวนสอบยังต้องทบทวนกับลูกค้าในประเด็นขอบเขตการทวนสอบและความมีสาระสำคัญ ซึ่ง อบก. กำหนดที่ร้อยละ 5

4. การแต่งตั้งคณะผู้ทวนสอบ (Team Appointment) หน่วยงานทวนสอบต้องแต่งตั้งคณะผู้ทวนสอบที่ประกอบด้วยหัวหน้าคณะผู้ทวนสอบ ผู้ทวนสอบ และหรือผู้เชี่ยวชาญ เพื่อทำหน้าที่ทวนสอบคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กร โดยคณะผู้ทวนสอบต้องประกอบด้วยบุคคลที่มีความสามารถ คือ มีความรู้และประสบการณ์ในประเด็นต่างๆ ได้แก่ การชั่งชั่งข้อผิดพลาดในการคำนวณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กร แหล่งกำเนิด แหล่งปล่อย และแหล่งดูดซับก๊าซเรือนกระจกจากกิจกรรมขององค์กร วิธีการคำนวณปริมาณก๊าซเรือนกระจก รวมทั้งคุณวุฒิเฉพาะด้านตามที่ อบก. กำหนด

5. ขั้นตอนการวางแผนการทวนสอบ (Verification plan)

ขั้นตอนการวางแผนการทวนสอบ เป็นขั้นตอนที่หน่วยงานทวนสอบต้องจัดทำแผนการทวนสอบสำหรับการทวนสอบคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กร ประกอบด้วย

1. การวิเคราะห์เชิงกลยุทธ์และการประเมินความเสี่ยง (Strategic Review and Risk Analysis) หน่วยงานทวนสอบต้องวิเคราะห์เชิงกลยุทธ์โดยพิจารณาลักษณะ ขนาด และความซับซ้อนของกิจกรรมการทวนสอบคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กร ความน่าเชื่อถือและความสมบูรณ์ครบถ้วนของข้อมูลก๊าซเรือนกระจกและการคำนวณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กร และหน่วยงานทวนสอบต้องประเมินความเสี่ยง โดยต้องดำเนินการประเมินสาเหตุและความรุนแรงของข้อผิดพลาดที่อาจเกิดขึ้น การละเว้น และการนำเสนอที่คลาดเคลื่อนของข้อมูลก๊าซเรือนกระจกและการคำนวณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กร ซึ่งความเสี่ยงสามารถแบ่งออกเป็นความเสี่ยงที่เกิดจากความคลาดเคลื่อนของข้อมูลเอง ความเสี่ยงที่เกิดจากการที่องค์กรไม่ได้ดำเนินการควบคุม ป้องกันหรือตรวจสอบความคลาดเคลื่อนของข้อมูล และความเสี่ยงที่เกิดจากผู้ทวนสอบไม่สามารถตรวจพบความคลาดเคลื่อนของข้อมูล เพื่อให้ได้ข้อมูลสำหรับการวางแผนการทวนสอบ

2. การคัดเลือกและแต่งตั้งคณะผู้ทวนสอบ (Selecting team and communication to clients) หน่วยงานทวนสอบต้องคัดเลือกบุคคลที่มีความสามารถที่จะเป็นคณะผู้ทวนสอบ เพื่อแต่งตั้งเป็นคณะผู้ทวนสอบ และแจ้งรายชื่อคณะผู้ทวนสอบให้ลูกค้าทราบก่อนดำเนินการทวนสอบ

3. การจัดทำแผนการทวนสอบ (Verification Plan) คณะผู้ทวนสอบต้องจัดทำแผนการทวนสอบ ซึ่งต้องระบุข้อมูล ระดับของการรับรอง วัตถุประสงค์ การทวนสอบ เกณฑ์การทวนสอบ ขอบเขตการทวนสอบ ความมีสาระสำคัญของข้อมูล กิจกรรม และกำหนดเวลาการทวนสอบ

4. การจัดทำแผนการสุ่มตัวอย่างสำหรับการทวนสอบ (Sampling Plan) คือ รายการข้อมูลที่สุ่มตัวอย่างและรายการตรวจสอบระบบข้อมูลที่คณะผู้ทวนสอบจะดำเนินการตรวจสอบความถูกต้อง ความตรงกันของข้อมูล และความสอดคล้องกับเกณฑ์การทวนสอบ ทั้งนี้เนื่องจากการทวนสอบไม่สามารถที่จะตรวจสอบข้อมูลได้ทั้งหมด ดังนั้นจึงต้องกำหนดแผนการสุ่มตัวอย่างจากผลการประเมินความเสี่ยง เพื่อให้สามารถรวบรวมหลักฐานจากจำนวนและประเภทข้อมูลที่สามารถเข้าถึงได้ในประเด็นต่างๆ เช่น แหล่งกำเนิดก๊าซเรือนกระจก แหล่งดูดกลับก๊าซเรือนกระจก ข้อมูลก๊าซเรือนกระจก วิธีการคำนวณ การเลือกใช้ค่า emission factor ในการคำนวณ กระบวนการหรือวิธีการรวบรวมข้อมูลที่ใช้ในการคำนวณก๊าซเรือนกระจก การควบคุมข้อมูลความสามารถของบุคลากรที่เกี่ยวข้องกับการคำนวณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กร เป็นต้น

6. ขั้นตอนการทวนสอบ (Verification)

1. การเปิดประชุมชี้แจงระหว่างคณะผู้ทวนสอบกับลูกค้า (Top interview) ในประเด็นข้อตกลงในการทวนสอบ แนะนำคณะผู้ทวนสอบ กระบวนการทวนสอบ กำหนดการทวนสอบ และแนะนำเจ้าหน้าที่ที่เกี่ยวข้องกับข้อมูลที่ใช้ในการคำนวณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กร

2. การทวนสอบในพื้นที่ (On-site visit) หน่วยงานทวนสอบจะดำเนินการการสุ่มตรวจสอบในประเด็นการกำหนดขอบเขตขององค์กรสำหรับการคำนวณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กร สาธารณูปโภค (facility) กิจกรรมขององค์กรที่เป็นแหล่งปล่อยก๊าซเรือนกระจก แหล่งดูดกลืนก๊าซเรือนกระจก ระบบข้อมูลก๊าซเรือนกระจก

3. การประเมินข้อมูลก๊าซเรือนกระจก (Data Evaluation) แบ่งเป็น

3.1 การประเมินระบบและการควบคุมข้อมูลก๊าซเรือนกระจก คณะผู้ทวนสอบต้องประเมินระบบและการควบคุมข้อมูลก๊าซเรือนกระจกขององค์กร เพื่อหาสาเหตุของความผิดพลาดที่อาจเกิดขึ้น การละเว้น และการนำเสนอที่คลาดเคลื่อน และทำการตรวจสอบหลักฐานอื่นๆ เพื่อสอบยืนยันความถูกต้อง โดยพิจารณาประเด็นต่างๆ ดังนี้

- ❖ การคัดเลือกและจัดการข้อมูล
- ❖ การเก็บรวบรวม ประมวลผล และการรายงานผล
- ❖ กระบวนการที่ทำให้มั่นใจว่าข้อมูลมีความแม่นยำถูกต้อง
- ❖ การออกแบบและการดูแลระบบข้อมูลก๊าซเรือนกระจก
- ❖ ผลของการประเมินก่อนหน้านี้ หากมีผลดังกล่าว

3.2 การประเมินความถูกต้องของข้อมูลก๊าซเรือนกระจก เป็นการค้นหาหลักฐานที่บ่งชี้สาเหตุของข้อผิดพลาดจากความไม่ถูกต้อง ความไม่สมบูรณ์ หรือความไม่สอดคล้องกันของข้อมูลในรายงาน ข้อมูลดิบ และข้อมูลสนับสนุน คณะผู้ทวนสอบควรประเมินข้อมูลก๊าซเรือนกระจกขององค์กรในประเด็นดังต่อไปนี้

- ❖ ความสมบูรณ์ ความไม่ขัดแย้ง ความถูกต้อง ความโปร่งใส ความตรงประเด็น และหลักเชิงอนุรักษ์นิยม
- ❖ ความเหมาะสมของวิธีในการคำนวณปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่เลือกใช้

- ❖ ความเหมาะสมของการเลือกปีฐานและวิธีในการคำนวณปริมาณก๊าซเรือนกระจกของปีฐาน (ถ้ามี)
- ❖ การสอบย้อนความถูกต้องของข้อมูลก๊าซเรือนกระจกโดยอาศัยวิธีในการคำนวณปริมาณก๊าซเรือนกระจกแบบอื่น
- ❖ ความไม่แน่นอนในข้อมูลก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นจากแหล่งข้อมูลที่แตกต่างกัน หรือวิธีการคำนวณปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ต่างกัน
- ❖ ระดับของการรับรองและค่าความมีสาระสำคัญ ที่ อบก. กำหนด
- ❖ การจัดโปรแกรมในการบำรุงรักษาและการสอบเทียบเครื่องมืออุปกรณ์ที่ใช้ในการติดตามและตรวจวัดปริมาณการปล่อยหรือดูดกลับก๊าซเรือนกระจก (ถ้ามี)

4. คณะผู้ทวนสอบต้องรวบรวมหลักฐานที่ได้จากการทวนสอบ ซึ่งโดยทั่วไปจะรวบรวมหลักฐาน 3 ประเภท ได้แก่ หลักฐานเชิงกายภาพ หลักฐานเชิงเอกสาร และหลักฐานเชิงคำรับรอง เพื่อประเมินความสอดคล้องกับเกณฑ์การทวนสอบ และสรุปผลการทวนสอบ (Nomination of nonconformity) ซึ่งแบ่งเป็นรายการขอให้แก้ไขและป้องกัน (CAR) ประเด็นให้ชี้แจงเพิ่มเติม (CL) และประเด็นเพื่อการปรับปรุง (OFI) และนำเสนอต่อองค์กร เพื่อให้องค์กรดำเนินการต่อข้อสรุปนั้นๆ และนำเสนอผลต่อคณะผู้ทวนสอบเพื่อทำรายงานผลการทวนสอบและถ้อยแถลงการทวนสอบต่อไป

5. คณะผู้ทวนสอบจะดำเนินการประชุมปิดการทวนสอบ (Closing meeting) ร่วมกับองค์กร เพื่อนำเสนอผลการทวนสอบและแจ้งสิ่งที่จะดำเนินการต่อไปโดยองค์กรและคณะผู้ทวนสอบ

7. ขั้นตอนการจัดทำถ้อยแถลงการทวนสอบ (Making Verification statement)

1. คณะผู้ทวนสอบตรวจสอบการแก้ไขหรือการดำเนินการใดๆ ของลูกค้าต่อผลการทวนสอบ (Review of corrective action by non-conformity) ว่าเหมาะสมและครบถ้วนหรือไม่ และบันทึกเป็นเอกสารไว้ใช้ประกอบในการรายงานผลการทวนสอบ

2. การประเมินข้อมูลก๊าซเรือนกระจกซ้ำ (Re-evaluation of data) ในกรณีที่มีการดำเนินการแก้ไขใดๆ ของลูกค้าต่อผลการทวนสอบ ส่งผลกระทบต่อ การเปลี่ยนแปลงข้อมูลก๊าซเรือนกระจก คณะผู้ทวนสอบต้องดำเนินการ ประเมินข้อมูลก๊าซเรือนกระจกซ้ำ

3. การประเมินระดับของการรับรองและค่าความมีสาระสำคัญ (Evaluation of materiality and level of assurance) คณะผู้ทวนสอบต้อง ดำเนินการประเมินการทวนสอบว่ามีความสอดคล้องกับระดับของการรับรอง และค่าความมีสาระสำคัญที่ อบก. กำหนดหรือไม่

4. การอนุมัติผลการทวนสอบโดยหัวหน้าคณะผู้ทวนสอบ (Approval of statement by team leader) หัวหน้าคณะผู้ทวนสอบต้องทบทวนผลการ ทวนสอบทั้งหมดของคณะผู้ทวนสอบก่อนการลงนามรายงานการทวนสอบ

5. ก่อนการจัดทำถ้อยแถลงการทวนสอบ หน่วยงานทวนสอบต้อง ตรวจสอบว่ากระบวนการทวนสอบได้ดำเนินการอย่างครบถ้วนสมบูรณ์ สรุปค่า ความมีสาระสำคัญ และยืนยันระดับการรับรองตามที่ อบก. กำหนด (Review Verification statement)

6. การจัดทำถ้อยแถลงการทวนสอบ (Issue Verification statement) ถ้อยแถลงการทวนสอบที่หน่วยงานทวนสอบเป็นผู้ออก เป็นเอกสารที่ใช้เป็น หลักฐานว่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กรที่แสดงนั้นมีความน่าเชื่อถือและ

สอดคล้องกับข้อกำหนดของแนวทางการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กร
ที่ อบก. กำหนด หากผลการทวนสอบพบว่าต้องระบุข้อจำกัดหรือข้อยกเว้นของ
การทวนสอบ ต้องระบุในแถลงการทวนสอบอย่างชัดเจน

8. ประโยชน์/ผลที่ได้รับจากการทวนสอบ

- ❖ แสดงความสำเร็จในการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กร
- ❖ ความน่าเชื่อถือของคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กร
- ❖ สอดคล้องกับความต้องการของผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย
- ❖ สามารถขึ้นทะเบียนกับ อบก.

9. เอกสารอ้างอิง

1) ISO 14064-3:2006, Greenhouse Gases - Part 3: Specification with guidance for the validation and verification of greenhouse gas assertions.

2) ISO 14065:2007, Greenhouse gases - requirements for greenhouse gas validation and verification bodies for use in accreditation or other forms of recognition.

