T-VER-P-METH-14-02

ระเบียบวิธีลดก๊าซเรือนกระจกภาคสมัครใจ

สำหรับ

การดักจับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เพื่อนำไปใช้ประโยชน์ในกระบวนการทำคอนกรีต

CO_2 Capture for Utilization for Concrete Production

ฉบับที่ 01

Scope: 05 – Chemical industry

Scope: 06 – Construction

มีผลบังคับใช้ตั้งแต่วันที่

ใช้สำหรับการประชุมรับฟังความคิดเห็นเท่านั้น ยังไม่สามารถใช้อ้างอิงได้

1. ชื่อระเบียบวิธีฯ (Methodology)	การดักจับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เพื่อใช้ประโยชน์ในกระบวนการทำคอนกรีต (CO_2 Capture and Utilization for Concrete Production)
2. ประเภทโครงการ (Project Type)	การดักจับ กักเก็บ และ/หรือการใช้ประโยชน์จากก๊าซเรือนกระจก
3. สาขาและขอบข่าย (Scope)	Scope: 05 – Chemical industry Scope: 06 – Construction
4. ลักษณะโครงการ (Project Outline)	กิจกรรมโครงการต้องมีวัตถุประสงค์ในการดักจับคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ที่ปล่อยออกจากแหล่งที่มีจุดกำเนิดแน่นอน (Point source) หรือการดักจับ CO_2 จากบรรยากาศ (Direct Air Capture: DAC) เพื่อนำมาใช้ประโยชน์ในกระบวนการทำคอนกรีต (Concrete)
5. ลักษณะของกิจกรรมโครงการที่เข้าข่าย (Applicability)	กิจกรรมโครงการต้องมีกระบวนการดักจับก๊าซจากแหล่งกำเนิดและแยก CO_2 ออก (Capture) และการนำ CO_2 ไปใช้ (Utilization) ในกระบวนการผลิตคอนกรีตเพื่อกักเก็บ CO_2 แบบถาวร โดยที่สัดส่วนของปูนซีเมนต์ที่ใช้ในผลิตภัณฑ์คอนกรีตต้องไม่เพิ่มขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับกรณีฐาน
6. เงื่อนไขของกิจกรรมโครงการ (Project Conditions)	1) คอนกรีตที่ผลิตได้จากกิจกรรมโครงการต้องมีค่ากำลังอัด (Compression strength) เทียบเท่ากับคอนกรีตเดิม (กรณีฐาน) และต้องเป็นไปตามมาตรฐานทางด้านวิศวกรรมสำหรับการนำคอนกรีตไปใช้ตามลักษณะงานและมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก. 213-2520 2) คอนกรีตที่ผลิตได้จากกิจกรรมโครงการต้องมีการนำไปใช้งานเชิงพาณิชย์ 3) กิจกรรมโครงการสามารถมีขั้นตอนการเตรียมสถานะ CO_2 ให้เป็นของเหลว (Liquefaction) การเตรียมสถานะ CO_2 ให้เป็นก๊าซ (Evaporation) และการขนส่ง CO_2 ด้วยยานพาหนะหรือทางท่อได้ 4) กิจกรรมโครงการสามารถใช้สารเติมแต่งในปูนซีเมนต์หรือคอนกรีตได้ 5) กิจกรรมโครงการต้องไม่มีการรีไซเคิลคอนกรีต 6) การนำ CO_2 ไปใช้ภายใต้กิจกรรมโครงการสามารถใช้ได้เฉพาะการผลิตคอนกรีตผสมเสร็จ (Ready-mix concrete) โดยไม่ครอบคลุมถึงการผลิตคอนกรีตสำเร็จรูป (Precast concrete)

ใช้สำหรับการประชุมปรับปรุงโครงการเท่านั้น ไม่สามารถใช้อ้างอิงได้

	7) ผู้พัฒนาโครงการจะต้องมีการตรวจสอบและติดตามปริมาณ CO_2 รวมทั้งหมดที่ผลิตได้จากกระบวนการ Capture และปริมาณการใช้ CO_2 สำหรับการผลิตคอนกรีตให้มีความถูกต้องและครบถ้วน
7. วันเริ่มดำเนินโครงการ (Project Starting Date)	วันที่เจ้าของโครงการ (ผู้ว่าจ้าง) และผู้รับจ้างได้มีการลงนามร่วมกันในสัญญาจ้างก่อสร้างโครงการลดก๊าซเรือนกระจกที่จะพัฒนาเป็นโครงการ T-VER
8. นิยามศัพท์	**คอนกรีต (Concrete)** หมายถึงวัสดุผสมระหว่างปูนซีเมนต์ ทราย หิน และน้ำที่นิยมนำไปใช้ในงานก่อสร้างหลากหลายรูปแบบ เช่น คอนกรีตสด คอนกรีตสำหรับทำถนน คอนกรีตโครงสร้าง คอนกรีตสำหรับทำสะพาน เป็นต้น **ปูนซีเมนต์ (Cement)** หมายถึง วัสดุผสานสำหรับผลิตคอนกรีต ซึ่งส่วนผสมหลักคือ หินปูน ดินเหนียว ซิลิก้า อลูมิน่า ยิปซั่ม เป็นต้น โดยในกระบวนการผลิตปูนซีเมนต์จะมีการปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์ ในปฏิกิริยาเคมีที่เรียกว่า “กระบวนการเผาแบบแคลไซน์ (Calcination)” **กระบวนการแคลซิเนชั่น (Calcination)** หมายถึง กระบวนการเปลี่ยนหินปูน (Limestone) ที่มีส่วนประกอบหลักคือ $CaCO_3$ ไปเป็น CaO ซึ่งจะเกิดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) จากปฏิกิริยาเคมี **Carbonation plant** หมายถึง โรงงานหรือบริเวณที่ตั้งของกระบวนการผสมเพื่อผลิตคอนกรีตเพื่อการเกิดคาร์บอเนตในการดำเนินโครงการ **Independent Power Supply (IPS)** หมายถึง ผู้ผลิตไฟฟ้าเอกชนที่ผลิตไฟฟ้าเพื่อใช้เองโดยไม่มีการจำหน่ายเข้าสู่โครงข่ายไฟฟ้าหรือจำหน่ายไฟฟ้าให้ลูกค้าตรง **กระบวนการเกิดคาร์บอเนตโดยตรง (Direct Mineral Carbonation)** หมายถึง กระบวนการที่ใช้ CO_2 เพื่อทำปฏิกิริยากับวัสดุที่มีซีเมนต์ เช่น มวลรวมคอนกรีต (Concrete aggregate) โดยตรง ภายใต้สภาวะควบคุม เช่น ความดันและอุณหภูมิที่เหมาะสม เพื่อเปลี่ยนสารประกอบในซีเมนต์ให้กลายเป็นแคลเซียมคาร์บอเนตซึ่งเป็นสารที่มีความเสถียรทางเคมีและสามารถกักเก็บ CO_2 ได้อย่างถาวร **กระบวนการเกิดคาร์บอเนตโดยอ้อม (Indirect Mineral Carbonation)** หมายถึงกระบวนการกักเก็บคาร์บอนที่เกิดขึ้นแบบสองขั้นตอน โดยแยกการสกัดแคลเซียมออกจากวัสดุซีเมนต์ก่อน แล้วจึงทำให้เกิดการตกผลึกของแคลเซียมคาร์บอเนตจากการทำปฏิกิริยากับ CO_2 ภายหลัง

ใช้สำหรับการประชุมรับฟังความเห็นเท่านั้น ไม่สามารถใช้อ้างอิงได้

9. หมายเหตุ	

ใช้สำหรับการประชุมรับฟังความเห็นเท่านั้น ยังไม่สามารถใช้อ้างอิงได้

รายละเอียดระเบียบวิธีลดก๊าซเรือนกระจกภาคสมัครใจ
สำหรับการดักจับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เพื่อใช้ประโยชน์ในกระบวนการทำคอนกรีต
(CO_2 Capture and Utilization for Concrete Production)

1. กิจกรรมการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่นำมาใช้ในการคำนวณ

ตารางที่ 1 แหล่งกำเนิดและชนิดของก๊าซเรือนกระจก

การปล่อยก๊าซเรือนกระจก	แหล่งกำเนิดก๊าซเรือนกระจก	ชนิดของก๊าซเรือนกระจก	รายละเอียดของกิจกรรมที่มีการปล่อย/กักเก็บก๊าซเรือนกระจก
กรณีฐาน (Baseline Emission)	ปล่องไอเสียของโรงงานที่มีจุดปล่อยที่แน่นอน	CO_2	▪ การเผาไหม้เชื้อเพลิงฟอสซิล ▪ การเผาหินปูน เป็นต้น
	ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในชั้นบรรยากาศ	CO_2	กิจกรรมของมนุษย์ และธรรมชาติ
	คอนกรีตในกรณีฐาน	CO_2	มวลของคาร์บอนที่อยู่ในคอนกรีตในกรณีฐาน
	ปูนซีเมนต์ของกรณีฐาน	CO_2	กระบวนการผลิตปูนซีเมนต์
การดำเนินโครงการ (Project Emission)	คอนกรีตในการดำเนินโครงการ	CO_2	มวลของคาร์บอนในคอนกรีตในการดำเนินโครงการ
	ปูนซีเมนต์ในการดำเนินโครงการ	CO_2	กระบวนการผลิตปูนซีเมนต์
	<u>การดักจับก๊าซและแยกเอา CO_2 ออก</u>		
	▪ การรั่วไหล	CO_2	เครื่องจักร/อุปกรณ์/ระบบท่อ
	▪ การผลิตไฟฟ้าและความร้อนเพื่อใช้เองในกระบวนการ	CO_2	การเผาไหม้เชื้อเพลิงฟอสซิลในโรงไฟฟ้าที่อยู่ในขอบเขตโครงการ
	▪ การใช้ไฟฟ้าและพลังงานความร้อน (ที่ซื้อมาจากภายนอก) ในกระบวนการ	CO_2	▪ การผลิตไฟฟ้าของโรงไฟฟ้าในระบบสายส่ง ▪ การผลิตไฟฟ้าและ/หรือไอน้ำของโรงไฟฟ้าประเภท IPS
	<u>การเตรียม CO_2 ให้อยู่ในสถานะของเหลว</u>		
	▪ การผลิตไฟฟ้าเพื่อใช้เองในกระบวนการ	CO_2	การเผาไหม้เชื้อเพลิงฟอสซิลในโรงไฟฟ้าที่อยู่ในขอบเขตโครงการ

ใช้สำหรับการประชาพิจารณ์ความเห็นเท่านั้น ยังไม่สามารถใช้ประโยชน์ได้

	▪ การใช้ไฟฟ้า (ที่ซื้อมาจากภายนอก) ในกระบวนการ	CO_2	▪ การผลิตไฟฟ้าของโรงไฟฟ้าในระบบสายส่ง ▪ การผลิตไฟฟ้าของโรงไฟฟ้าประเภท IPS
	การขนส่ง CO_2		
	▪ การระบายออกหรือรั่วไหล	CO_2	เครื่องจักร/อุปกรณ์/ระบบท่อ
	▪ การใช้เชื้อเพลิงฟอสซิล	CO_2	การเผาไหม้เชื้อเพลิงของยานพาหนะที่ใช้ในการขนส่ง
	▪ การใช้ไฟฟ้า (ที่ซื้อมาจากภายนอก) ในกระบวนการ	CO_2	▪ การผลิตไฟฟ้าของโรงไฟฟ้าในระบบสายส่ง ▪ การผลิตไฟฟ้าของโรงไฟฟ้าประเภท IPS
	การเตรียม CO_2 ให้อยู่ในสถานะไอ		
	▪ การใช้เชื้อเพลิงฟอสซิล	CO_2	การเผาไหม้เชื้อเพลิงฟอสซิลที่อยู่ในขอบเขตโครงการ
	▪ การผลิตไฟฟ้าเพื่อใช้เองในกระบวนการ	CO_2	การเผาไหม้เชื้อเพลิงฟอสซิลในโรงไฟฟ้าที่อยู่ในขอบเขตโครงการ
	▪ การใช้ไฟฟ้า (ที่ซื้อมาจากภายนอก) ในกระบวนการ	CO_2	▪ การผลิตไฟฟ้าของโรงไฟฟ้าในระบบสายส่ง ▪ การผลิตไฟฟ้าและ/หรือไอน้ำของโรงไฟฟ้าประเภท IPS
	การใช้ CO_2 สำหรับการผลิตคอนกรีต		
	▪ การระบายออกหรือรั่วไหล	CO_2	เครื่องจักร/อุปกรณ์/ระบบท่อ
	▪ การใช้เชื้อเพลิงฟอสซิล	CO_2	การเผาไหม้เชื้อเพลิงฟอสซิลที่อยู่ในขอบเขตโครงการ
	▪ การผลิตไฟฟ้าเพื่อใช้เองในกระบวนการ	CO_2	การเผาไหม้เชื้อเพลิงฟอสซิลในโรงไฟฟ้าที่อยู่ในขอบเขตโครงการ
	▪ การใช้ไฟฟ้า (ที่ซื้อมาจากภายนอก) ในกระบวนการ	CO_2	▪ การผลิตไฟฟ้าของโรงไฟฟ้าในระบบสายส่ง ▪ การผลิตไฟฟ้าโรงไฟฟ้าประเภท IPS
	การใช้สารละลายในกระบวนการใช้ประโยชน์จาก CO_2	CO_2	กระบวนการผลิตสารละลาย
	การขนส่งหินกรวด ทราย น้ำ และปูนซีเมนต์		

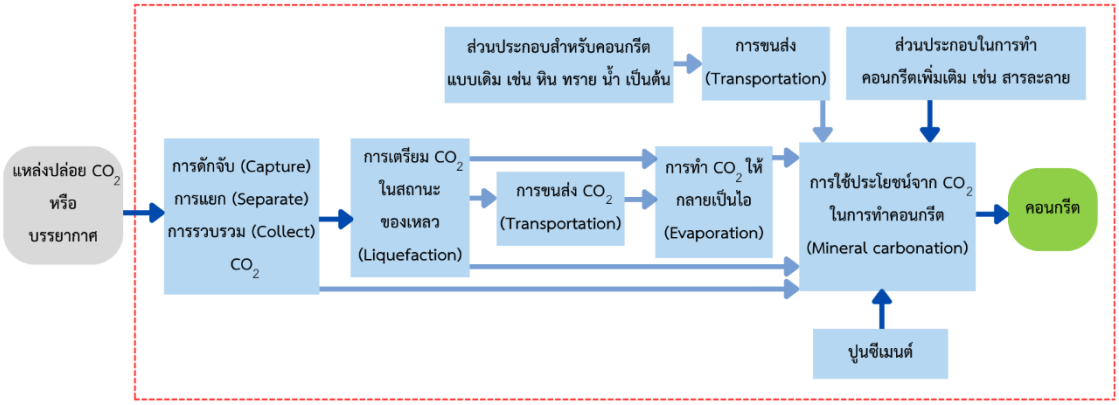
ใช้สำหรับการประชุมรับฟังความเห็นเท่านั้น ยังไม่สามารถใช้อ้างอิงได้

นอกขอบเขตโครงการ (Leakage Emission)	▪ การใช้เชื้อเพลิงฟอสซิล	CO_2	การเผาไหม้เชื้อเพลิงของยานพาหนะที่ใช้ในการขนส่ง
	▪ การใช้ไฟฟ้า (ที่ซื้อมาจากภายนอก) ในกระบวนการ	CO_2	▪ การผลิตไฟฟ้าของโรงไฟฟ้าในระบบสายส่ง ▪ การผลิตไฟฟ้าของโรงไฟฟ้าประเภท IPS

2. ลักษณะของกิจกรรมและขอบเขตโครงการ (Applicability and Scope of Project)

กิจกรรมโครงการต้องมีวัตถุประสงค์ในการดักจับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ออกจากก๊าซที่เกิดจากแหล่งกำเนิดที่มีจุดปล่อยแน่นอนหรือบรรยากาศมากักเก็บไว้ในคอนกรีตโดยที่

- การกักเก็บคาร์บอนในคอนกรีตจะต้องทำให้คุณสมบัติของคอนกรีตที่ถูกนำไปใช้งานตามประเภทต่างๆ มีคุณสมบัติเทียบเท่าคอนกรีตในกรณีฐาน หรือ เทียบเท่าตามมาตรฐานของคอนกรีตประเภทนั้นๆ
- การขนส่งปูนซีเมนต์ หิน ทราย น้ำ จากนอกขอบเขตโครงการ คือการขนส่งในส่วนที่จะถูกนำมาใช้ในการผลิตคอนกรีตที่เพิ่มขึ้นจากปริมาณการผลิตคอนกรีตในกรณีฐาน



รูปที่ 1 กระบวนการดักจับและกักเก็บคาร์บอนไดออกไซด์ในกระบวนการผลิตคอนกรีต

กิจกรรมโครงการมีกระบวนการแบ่งเป็น 5 ส่วน ตามที่แสดงดังรูปที่ 1 ได้แก่

- **การดักจับและแยก CO_2 (Capture)** ที่ดักจับได้จากแหล่งกำเนิด สามารถดำเนินการได้ที่ขั้นตอนต่าง ๆ ตามด้านล่างนี้
  - ก่อนการเผาไหม้ (Pre-combustion)
  - หลังการเผาไหม้ (Post-combustion)
  - หลังการเผาไหม้โดยใช้ออกซิเจนบริสุทธิ์ (Oxy-fuel combustion)
  - การดักจับการบรรยากาศโดยตรง (Direct Air Capture)

ตัวอย่าง ไม่สามารถใช้อ้างอิงได้ ใช้สำหรับ

ตัวอย่างเทคโนโลยีที่ใช้ในการดักจับ CO_2 (Capture)

- การดูดซับ (Adsorption)
- การดูดซึม (Absorption)
- การแยกด้วยเยื่อบาง (Membrane separation)
- การใช้ความเย็น (Cryogenic distillation)
- การดูดซับแบบเกิดปฏิกิริยา (Chemical Looping)

- **การเตรียม CO_2 (Liquefaction) ในสถานะของเหลว** เพื่อเป็น CO_2 สถานะที่เหมาะสมต่อการขนส่งที่สุด
- **การขนส่ง CO_2 (Transportation)** การนำ CO_2 ที่แยกได้ส่งไปยังบริเวณที่จะใช้ประโยชน์ในการผลิตคอนกรีต สามารถใช้การขนส่งได้หลากหลายรูปแบบ ได้แก่
  - การขนส่งทางท่อ (Pipeline)
  - การขนส่งด้วยรถบรรทุก/รถไฟ (Land transportation)

กรณีที่กระบวนการดักจับและแยก CO_2 (Capture) และการรวบรวมก๊าซ CO_2 (Collection) อยู่บริเวณเดียวกันกับ Carbonation plant ซึ่งสามารถป้อน CO_2 ให้การผลิตคอนกรีตได้โดยตรง แล้วการปล่อยปลดก๊าซเรือนกระจกจากการดำเนินโครงการในการขนส่งจะไม่ถูกพิจารณาหรือมีค่าเท่ากับศูนย์

- **การทำ CO_2 ให้กลายเป็นไอ (Evaporation)** เพื่อเป็น CO_2 สถานะที่เหมาะสมต่อการเป็นวัตถุดิบสำหรับการ mineral carbonation ใน Carbonation plant ที่สุด
- **การใช้ประโยชน์จาก CO_2** ซึ่งเกิดขึ้นใน Carbonation plant ผ่านกระบวนการ Mineral carbonation เพื่อการผลิตคอนกรีตชนิดต่างๆ เช่น คอนกรีตสด คอนกรีตสำหรับทำถนน คอนกรีตสำหรับงานโครงสร้าง (Architectural concrete) คอนกรีตสำหรับทำสะพาน ซึ่งเป็นการกักเก็บ (Storage) CO_2 ในคอนกรีตนั้น ๆ คือการเปลี่ยนฟอร์มของ CO_2 ผ่านปฏิกิริยาเคมีให้อยู่ในรูป $CaCO_3$ ซึ่งจะกลายเป็นส่วนหนึ่งของคอนกรีต เช่น

$$Ca(OH)_2 + CO_2 \leftrightharpoons CaCO_3 + H_2O$$

กิจกรรมโครงการอาจจะไม่มีกระบวนการเตรียม CO_2 ในสถานะของเหลว การขนส่ง CO_2 หรือการทำ CO_2 ให้กลายเป็นไอ ตามที่แสดงดังรูปที่ 1 ซึ่งจะขึ้นอยู่กับการดำเนินกิจกรรมจริงของโครงการ

3. การดำเนินงานเพิ่มเติมจากการดำเนินงานปกติ (Additionality)

โครงการต้องผ่านการพิสูจน์การดำเนินงานเพิ่มเติมจากการดำเนินงานปกติ (Additionality) โดยใช้ “แนวทางการพิสูจน์การดำเนินงานเพิ่มเติมจากการดำเนินงานตามปกติ (Additionality) ภายใต้

ใช้สำหรับการประชุมเท่านั้น ไม่สามารถอ้างอิงได้

โครงการลดก๊าซเรือนกระจกภาคสมัครใจตามมาตรฐานของประเทศไทย (Thailand Voluntary Emission Reduction Program: T-VER)" ที่ อบก. กำหนด

4. ข้อมูลกรณีฐาน (Baseline Scenario)

กิจกรรมโครงการการดักจับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เพื่อใช้ประโยชน์สำหรับการผลิตคอนกรีตที่เกิดขึ้นจะเป็นโครงการแห่งแรก (First of its kind) ในประเทศไทย ดังนั้นข้อมูลกรณีฐาน คือปริมาณ CO_2 ที่ถูกใช้ในกระบวนการผลิตแล้วกักเก็บในคอนกรีต

หมายเหตุ หากประเทศไทยมีโครงการ CCU สำหรับการผลิตคอนกรีต มากขึ้น อบก. จะพิจารณาทบทวนการกำหนดข้อมูลกรณีฐานให้เป็นไปตามแนวทางการกำหนดข้อมูลกรณีฐานต่ำกว่าการดำเนินงานปกติ (Below Business as Usual หรือ Below BAU) ต่อไป

ทั้งนี้หากการนำ CO_2 ไปใช้ในการผลิตคอนกรีต ส่งผลให้ปริมาณการใช้ปูนซีเมนต์ลดลง การกำหนดข้อมูลกรณีฐานต่ำกว่าการดำเนินงานปกติ (Below Business as Usual หรือ Below BAU) สามารถนำมาประยุกต์ใช้ได้โดยให้พิจารณาจากการผลิตคอนกรีตในกรณีฐานด้วยปูนซีเมนต์ไฮโดรลิกที่มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเท่ากับ 871 $kgCO_2/t$ cement

5. การคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกรณีฐาน (Baseline Emission)

การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกรณีฐานพิจารณาเฉพาะการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) จากแหล่งกำเนิดตามที่กำหนด โดยคำนวณจากปริมาณของคาร์บอนในคอนกรีตที่เพิ่มขึ้นจากการดำเนินงานในรูปแบบเดิม ร่วมกับการใช้ปูนซีเมนต์ (กระบวนการผลิตปูนซีเมนต์จะมีการปลดปล่อย CO_2)

การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกรณีฐาน สามารถคำนวณได้ดังนี้

$$BE_y = \sum_n (BE_{CO2,Store,n,y}) + BE_{Cement,y}$$ สมการที่ (1)

โดยที่

BE_y = ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกรณีฐาน ในปี y ($tCO_2/year$)

$BE_{CO2,Store,n,y}$ = ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่คำนวณผ่านผลต่างระหว่างปริมาณคาร์บอนที่กักเก็บภายในคอนกรีตประเภท n ในการดำเนินโครงการกับกรณีฐาน ในปี y ($tCO_2/year$)

$BE_{Cement,y}$ = ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกระบวนการผลิตคอนกรีตผ่านปริมาณการใช้ปูนซีเมนต์จากกรณีฐานในปี y ($tCO_2/year$)

ใช้สำหรับการประชุมปรับปรุงเท่านั้น ไม่สามารถใช้อ้างอิงได้

5.1 ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่คำนวณผ่านผลต่างระหว่างปริมาณคาร์บอนที่กักเก็บภายในคอนกรีตจากการดำเนินโครงการกับกรณีฐาน ($BE_{CO2,Store,n,y}$)

การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากสำหรับคอนกรีตจากกรณีฐาน สามารถคำนวณได้ 3 ทางเลือก ดังนี้

<u>ทางเลือกที่ 1</u> การประเมินปริมาณการกักเก็บก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในคอนกรีตจากกรณีฐาน ผ่านการตรวจวัดปริมาณคาร์บอนในคอนกรีตโดยตรง

การคำนวณปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ถูกกักเก็บในคอนกรีตจากกรณีฐาน ผ่านการคำนวณปริมาณของคาร์บอนในตัวอย่างคอนกรีต ร่วมกับการเก็บข้อมูลการผลิตคอนกรีตรวม สามารถคำนวณได้ดังนี้

$$BE_{CO2,Store,n,y} = \sum_i \left[Q_{Concrete,PJ,i,y} \times ((Q_{C,PJ,Test,i} - Q_{C,BL,Test,i}) \times 10^6 \times \frac{44}{12}) \right] \quad \text{สมการที่ (2)}$$

โดยที่

$BE_{CO2,Store,i,y}$	=	ปริมาณ CO_2 ที่คำนวณผ่านผลต่างระหว่างปริมาณคาร์บอนที่กักเก็บภายในคอนกรีตประเภท i ในการดำเนินโครงการกับกรณีฐานในปี y (tCO_2/year)
$Q_{Concrete,PJ,i,y}$	=	ปริมาณคอนกรีตประเภท i ที่ผลิตได้จากการดำเนินโครงการในปี y (t concrete/year)
$Q_{C,PJ,Test,i,y}$	=	ค่าเฉลี่ยของปริมาณคาร์บอน (C) ในตัวอย่างคอนกรีตประเภท i จากการดำเนินโครงการในปี y (gram of C/gram of tested concrete)
$Q_{C,BL,Test,i}$	=	ค่าเฉลี่ยของปริมาณคาร์บอน (C) ในตัวอย่างคอนกรีตประเภท i จากกรณีฐาน (gram of C/gram of tested concrete)
i	=	ประเภทคอนกรีต

<u>ทางเลือกที่ 2</u> การประเมินปริมาณการกักเก็บก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในคอนกรีตจากกรณีฐาน ผ่านการตรวจวัดปริมาตรของก๊าซคาร์บอนออกไซด์ที่เข้าสู่ Carbonation plant

การคำนวณปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ถูกกักเก็บในคอนกรีตจากกรณีฐานผ่านการตรวจวัดปริมาตรของก๊าซคาร์บอนออกไซด์ที่เข้าสู่ Carbonation plant และปริมาตรของก๊าซคาร์บอนออกไซด์ที่คงค้างอยู่ใน Carbonation plant (ซึ่งถูกพิจารณาเป็นการปลดปล่อยจากการดำเนินโครงการในกรณีที่การดำเนินโครงการมีลักษณะในระบบปิด หรือไม่พิจารณาส่วนนี้เพราะดึงมาจากส่วนที่จะปล่อยออกสู่บรรยากาศเป็นปกติ หรือ ดึกออกมาจากบรรยากาศ มันแค่กลับไปที่เดิม) ผ่านการพิจารณาต่อครั้งของกระบวนการผลิตคอนกรีต โดยกระบวนการผลิตคอนกรีตจะต้องถูกควบคุมพลังงานที่ใช้ในกระบวนการให้คงที่

ใช้สำหรับการประชุมเพื่อให้ความเห็นเท่านั้น ยังไม่สามารถใช้อ้างอิงได้

การคำนวณปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ถูกกักเก็บในคอนกรีตจากกรณีฐาน สามารถคำนวณได้ดังนี้ ทั้งนี้กระบวนการเกิดปฏิกิริยาต้องเป็นระบบปิด ไม่มีการรั่วไหลของก๊าซระหว่างการเกิดปฏิกิริยา

$$BE_{CO2,Store,i,y} = \sum_b (Q_{CO2,PJ,Feed,i,b,y} - Q_{CO2,PJ,Non\text{-}Store,i,b,y}) \quad \text{สมการที่ (3)}$$

โดยที่

$BE_{CO2,Store,i,y}$ = ปริมาณ CO_2 ที่คำนวณผ่านผลต่างระหว่างปริมาณคาร์บอนที่กักเก็บภายในคอนกรีตประเภท i ในการดำเนินโครงการกับกรณีฐาน ในปี y (tCO_2/year)

$Q_{CO2,PJ,Feed,i,b,y}$ = ปริมาณ CO_2 ที่ใช้ในการส่งเข้าไปใน Carbonation plant สำหรับผลิตคอนกรีตประเภท i ในกระบวนการผลิตคอนกรีตรอบที่ b ในการดำเนินโครงการ ในปี y (tCO_2/year)

$Q_{CO2,PJ,Non\text{-}Store,i,b,y}$ = ปริมาณก๊าซ CO_2 ที่เหลือคงค้างใน carbonation plant (ไม่ถูกกักเก็บในคอนกรีต) ในคอนกรีตประเภท i ในกระบวนการผลิตคอนกรีตรอบที่ b ในการดำเนินโครงการ ในปี y (tCO_2/year)

i = ประเภทคอนกรีต

b = รอบการผลิตคอนกรีต

การคำนวณปริมาณก๊าซ CO_2 ที่ใช้ในการส่งเข้าไปใน Carbonation plant สามารถคำนวณผ่านความหนาแน่น สัดส่วนของ CO_2 กับปริมาตรก๊าซที่ถูกส่งเข้าไปใน Carbonation plant ในแต่ละรอบของกระบวนการผลิตคอนกรีต (b) สามารถคำนวณได้ดังนี้

$$Q_{CO2,PJ,Feed,i,b,y} = \sum_{t,b} [\rho_{CO2,b} \times (\%V/V_{CO2,Feed,i,b,y}) \times V_{Feed,b} \times 10^3] \quad \text{สมการที่ (4)}$$

โดยที่

$Q_{CO2,PJ,Feed,i,b,y}$ = ปริมาณ CO_2 ที่ใช้ในการส่งเข้าไปใน carbonation plant สำหรับผลิตคอนกรีตประเภท i ในกระบวนการผลิตคอนกรีตรอบที่ b ในการดำเนินโครงการ ในปี y (tCO_2/year)

$\rho_{CO2,b}$ = ความหนาแน่นของ CO_2 ที่สภาวะของการดำเนินงานในกระบวนการผลิตคอนกรีตรอบที่ b (kg/m^3)

$\%V/V_{CO2,Feed,i,b,y}$ = สัดส่วนโดยปริมาตรของ CO_2 ต่อปริมาตรก๊าซ ณ จุด ที่ป้อนเข้าสู่ Carbonation plant ซึ่งตรวจวัดในกระบวนการผลิตคอนกรีตรอบที่ b ที่สภาวะของการดำเนินงาน ในปี y (%)

$V_{Feed,b}$ = ปริมาตรของ CO_2 ที่ถูกป้อนเข้าสู่ Carbonation plant ในกระบวนการผลิตคอนกรีตรอบที่ b (m^3)

i = ประเภทคอนกรีต

ใช้สำหรับการประชุมเท่านั้น ยังไม่สามารถอ้างอิงได้

b = รอบการผลิตคอนกรีต

การคำนวณปริมาณก๊าซ CO_2 ที่ไม่ถูกกักเก็บในรูปของคาร์บอนเนตในคอนกรีต สามารถคำนวณผ่านปริมาตรที่ว่าง ความดัน อุณหภูมิของบริเวณที่เกิดปฏิกิริยา ร่วมกับความหนาแน่น สัดส่วนของ CO_2 กับปริมาตรก๊าซที่ถูกส่งเข้าไปใน carbonation plant ในแต่ละรอบการผลิตคอนกรีต b สามารถคำนวณได้ดังนี้

$$Q_{CO2,PJ,Non\text{-}Store,i,b,y} = \sum_b \left(\frac{P_{After,b}\, V_{Chamber,b}}{R\, T_{After,b}} - \frac{P_{Before,b}\, V_{Chamber,b}}{R\, T_{Before,b}} \right) \times (\%V/V_{CO2,Feed,i,b,y}) \times 44.01 \times 10^{-6}$$

สมการที่ (5)

โดยที่

$Q_{CO2,PJ,Non\text{-}Store,i,b,y}$ = ปริมาณก๊าซ CO_2 ที่เหลือคงค้างใน Carbonation plant (ไม่ถูกกักเก็บในคอนกรีต) ในคอนกรีตประเภท i ในกระบวนการผลิตคอนกรีตรอบที่ b ในการดำเนินโครงการ ในปี y (tCO_2/year)

$P_{After,b}$ = ความดันภายใน Chamber หลังการดำเนินงานในกระบวนการผลิตคอนกรีตรอบที่ b (bar) (หลังเสร็จปฏิกิริยา Mineral carbonation ใน Chamber)

$P_{Before,b}$ = ความดันภายใน Chamber ก่อนการดำเนินงาน ในกระบวนการผลิตคอนกรีตรอบที่ b (bar) (ก่อนจะมีการ feed CO_2 เข้าใน Chamber)

$V_{Chamber,b}$ = ปริมาตรที่ว่างภายใน Chamber ในกระบวนการผลิตคอนกรีตรอบที่ b (m^3)

R = ค่าคงที่ของก๊าซ = 8.314472 x 10^{-5} ($m^3 \cdot bar \cdot K^{-1} \cdot mol^{-1}$)

$T_{After,b}$ = อุณหภูมิภายใน Chamber หลังการดำเนินงาน ในกระบวนการผลิตคอนกรีตรอบที่ b (K) (หลังเสร็จปฏิกิริยา Mineral carbonation ใน Chamber)

$T_{Before,b}$ = อุณหภูมิภายใน Chamber ก่อนการดำเนินงาน ในกระบวนการผลิตคอนกรีตรอบที่ b (K) (ก่อนจะมีการ feed CO_2 เข้าใน Chamber)

$\%V/V_{CO2,Feed,i,b,y}$ = สัดส่วนโดยปริมาตรของ CO_2 ต่อปริมาตรก๊าซ ณ จุด ที่ป้อนเข้าสู่ Carbonation plant ซึ่งตรวจวัด ในกระบวนการผลิตคอนกรีตรอบที่ b ที่สภาวะของการดำเนินงาน ในปี y (%)

i = ประเภทคอนกรีต

b = รอบการผลิตคอนกรีต

<u>ทางเลือกที่ 3</u> การประเมินปริมาณการกักเก็บก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในคอนกรีตจากกรณีฐาน ผ่านการใช้ค่าประเมินประสิทธิภาพของระบบ

การคำนวณปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ถูกกักเก็บในคอนกรีตจากกรณีฐาน ผ่านการใช้ค่าประเมินประสิทธิภาพของระบบที่มีค่าเท่ากับ 0.6 โดยอ้างอิงตามหลักการคิดแบบอนุรักษ์ (Conservative) ของผลการทดลอง จากผลงานตีพิมพ์ทางวิชาการของ Monkman, S. (2018)

ใช้สำหรับการประชุมเชิงปฏิบัติการเท่านั้น ไม่สามารถใช้อ้างอิงได้

การคำนวณปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ถูกกักเก็บในคอนกรีตจากกรณีฐานในกรณีนี้ สามารถคำนวณได้ดังนี้

$$BE_{CO2,Store,n,y} = \sum_b (Q_{CO2,PJ,Feed,i,b,y} \times 0.6) \quad \text{สมการที่ (6)}$$

โดยที่

$BE_{CO2,Store,i,y}$	=	ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่คำนวณผ่านผลต่างระหว่างปริมาณคาร์บอนที่กักเก็บภายในคอนกรีตประเภท i ในการดำเนินโครงการกับกรณีฐาน ในปี y (tCO_2/year)
$Q_{CO2,PJ,Feed,i,b,y}$	=	ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ใช้ในการส่งเข้าไปใน carbonation plant สำหรับผลิตคอนกรีตประเภท i ในกระบวนการผลิตคอนกรีตรอบที่ b ในการดำเนินโครงการในปี y (tCO_2/year)
0.6	=	ค่าปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดการเปลี่ยนแปลงเป็นแร่ธาตุในคอนกรีตตามหลักการคำนวณแบบอนุรักษ์ (อ้างอิงมาจากหลักการการคิดแบบอนุรักษ์ ที่จะสามารถเกิดการ Mineralization ในกระบวนการผลิตคอนกรีต ซึ่งอ้างอิงวารสารวิชาการของ [6] Monkman, S. (2018))
n	=	ประเภทคอนกรีต
b	=	รอบการผลิตคอนกรีต

5.2 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้ปูนซีเมนต์จากกรณีฐาน (BE_{Cement})

การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้ปูนซีเมนต์ในผลิตภัณฑ์คอนกรีตเดิม พิจารณาปริมาณการใช้ปูนซีเมนต์ไฮดรอลิก สามารถคำนวณได้ ดังนี้

$$BE_{Cement,y} = \sum_i Q_{Cement,BL,i,y} \times EF_{HC} \quad \text{สมการที่ (7)}$$

โดยที่

$BE_{Cement,y}$	=	ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกระบวนการผลิตคอนกรีตผ่านปริมาณการใช้ปูนซีเมนต์จากกรณีฐานในปี y (tCO_2/year)
$Q_{Cement,BL,i,y}$	=	ปริมาณปูนซีเมนต์ไฮดรอลิกที่ถูกใช้ในการผลิตคอนกรีตประเภท i จากกรณีฐานในปี y (t cement)
EF_{HC}	=	ค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการผลิตปูนซีเมนต์ไฮดรอลิก (tCO_2/t cement)
i	=	ประเภทคอนกรีต

ใช้สำหรับการประชุมรับฟังความคิดเห็นเท่านั้น ไม่สามารถอ้างอิงได้

5.2.1 ปริมาณปูนซีเมนต์ที่ถูกใช้ในการผลิตคอนกรีตจากกรณีฐาน ($Q_{Cement,BL,i,y}$)

ปริมาณปูนซีเมนต์ที่ถูกใช้ในการผลิตคอนกรีตจากกรณีฐาน พิจารณาผ่านปริมาณปูนซีเมนต์ไฮดรอลิกในตัวอย่างคอนกรีตประเภท i จากกรณีฐานเทียบกับตัวอย่างคอนกรีตจากการดำเนินโครงการ

ปริมาณปูนซีเมนต์ที่ถูกใช้ในการผลิตคอนกรีตในกรณีฐาน สามารถคำนวณได้ ดังนี้

$$Q_{Cement,BL,i,y} = \sum_i \left(Q_{Cement,PJ,i,y} \times \left(\frac{Q_{Cement,BL,Test,i}}{Q_{Cement,PJ,Test,i}}\right)\right) \quad \text{สมการที่ (8)}$$

โดยที่

$Q_{Cement,BL,i,y}$	=	ปริมาณปูนซีเมนต์ไฮดรอลิกที่ถูกใช้ในการผลิตตัวอย่างคอนกรีตประเภท i จากกรณีฐานในปี y (t cement)
$Q_{Cement,BL,Test,i}$	=	ปริมาณปูนซีเมนต์ไฮดรอลิกที่ถูกใช้ในการผลิตตัวอย่างคอนกรีตประเภท i จากกรณีฐาน (gram of cement)
$Q_{Cement,PJ,Test,i}$	=	ปริมาณปูนซีเมนต์ไฮดรอลิกที่ถูกใช้ในการผลิตตัวอย่างคอนกรีตประเภท i จากการดำเนินโครงการ (gram of cement)
i	=	ประเภทคอนกรีต

6. การคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการดำเนินโครงการ (Project Emission)

การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการดำเนินโครงการพิจารณาจาก 7 ส่วนหลักของกิจกรรมโครงการ ได้แก่ ปริมาณการใช้ปูนซีเมนต์ในการดำเนินโครงการ กระบวนการดักจับ (Capture) แยก CO_2 (Separation) และการรวบรวมก๊าซ CO_2 (Collection) กระบวนการขนส่ง CO_2 (Transportation) กระบวนการเตรียม CO_2 ในสถานะของเหลว (Liquefaction) กระบวนการเตรียม CO_2 ในสถานะไอ (Evaporation) กระบวนการทำให้เป็นแร่ (Mineral Carbonation) และ การได้มาซึ่งสารละลาย (Solvent) ที่ใช้ในการเร่งปฏิกิริยาการเกิด Mineral Carbonation ซึ่งสามารถพิจารณาแค่ในส่วนที่มีการดำเนินการจริงของโครงการ

การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการดำเนินโครงการ สามารถคำนวณได้ ดังนี้

$$PE_y = PE_{Cement,y} + PE_{Capt,y} + PE_{Liq,y} + PE_{Trans,y} + PE_{Evap,y} + PE_{MineralC,y} + PE_{Solvent,y} \quad \text{สมการที่ (9)}$$

โดยที่

PE_y	=	ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการดำเนินโครงการในปี y (tCO_2eq/year)
$PE_{Cement,y}$	=	ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้ปูนซีเมนต์จากการดำเนินโครงการในปี y (tCO_2eq/year)

ใช้สำหรับการประชาสัมพันธ์เท่านั้น ยังไม่สามารถใช้อ้างอิงได้

$PE_{Capt,y}$ = ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกระบวนการดักจับและแยก CO_2 และการรวบรวม CO_2 จากการดำเนินโครงการในปี y ($tCO_2eq/year$)

$PE_{Liq,y}$ = ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการทำให้ CO_2 อยู่ในสภาวะของเหลวจากการดำเนินโครงการในปี y ($tCO_2eq/year$)

$PE_{Trans,y}$ = ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการดำเนินโครงการในกระบวนการขนส่ง CO_2 จากการดำเนินโครงการในปี y ($tCO_2eq/year$)

$PE_{Evap,y}$ = ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการทำให้ CO_2 อยู่ในสภาวะไอจากการดำเนินโครงการในปี y ($tCO_2eq/year$)

$PE_{MineralC,y}$ = ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสำหรับการปรับให้ Chamber (Carbonation plant) มีอุณหภูมิ และความดัน เหมาะสมต่อการเกิดปฏิกิริยา Mineral carbonation จากการดำเนินโครงการในปี y ($tCO_2eq/year$)

$PE_{Solvent,y}$ = ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้สารละลายผสมคอนกรีตจากการดำเนินโครงการในปี y ($tCO_2eq/year$)

6.1 ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้ปูนซีเมนต์จากการดำเนินโครงการ ($PE_{Cement,y}$)

การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้ปูนซีเมนต์ในผลิตภัณฑ์คอนกรีตจากการดำเนินโครงการสามารถคำนวณได้ ดังนี้

$$PE_{Cement,y} = \sum_i (Q_{Cement,PJ,j,y} \times EF_{Cement,j}) \quad \text{สมการที่ (10)}$$

โดยที่

$PE_{Cement,y}$ = ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้ปูนซีเมนต์จากการดำเนินโครงการในปี y ($tCO_2eq/year$)

$Q_{Cement,PJ,j,y}$ = ปริมาณการใช้ปูนซีเมนต์ประเภท j สำหรับผลิตคอนกรีตจากการดำเนินโครงการในปี y (t cement)

$EF_{Cement,j}$ = ค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของปูนซีเมนต์ประเภท j จากการดำเนินโครงการ (tCO_2/t cement)

i = ประเภทปูนซีเมนต์

6.2 ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการดำเนินโครงการในกระบวนการดักจับและแยก CO_2 ออกจากก๊าซอื่น และรวบรวม CO_2 จากการดำเนินโครงการ ($PE_{Capt,y}$)

การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการดำเนินโครงการในกระบวนการดักจับและแยก CO_2 และรวบรวม CO_2 สามารถคำนวณได้ ดังนี้

ใช้สำหรับการประชาสัมพันธ์ ความเห็นส่วนตัว ยังไม่สามารถใช้อ้างอิงได้

$$PE_{Capt,y} = PE_{Capt,FF,y} + PE_{Capt,Elec,y} + PE_{Capt,IPS,y}$$ สมการที่ (11)

โดยที่

$PE_{Capt,y}$ = ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกระบวนการดักจับและแยก CO_2 ออกจากก๊าซอื่น และรวบรวม CO_2 จากการดำเนินโครงการในปี y (tCO_2e/year)

$PE_{Capt,FF,y}$ = ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงฟอสซิลในกระบวนการดักจับ แยก CO_2 ออกจากก๊าซอื่น และรวบรวม CO_2 จากการดำเนินโครงการในปี y (tCO_2e/year)

$PE_{Capt,Elec,y}$ = ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้ไฟฟ้าจากโครงข่ายไฟฟ้าในกระบวนการดักจับและแยก CO_2 ออกจากก๊าซอื่น และรวบรวม CO_2 จากการดำเนินโครงการในปี y (tCO_2e/year)

$PE_{Capt,IPS,y}$ = ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกการใช้ไฟฟ้าและ/หรือไอน้ำจากโรงไฟฟ้าประเภท IPS มาใช้ในกระบวนการดักจับและแยก CO_2 ออกจากก๊าซอื่น และรวบรวม CO_2 จากการดำเนินโครงการในปี y (tCO_2e/year)

6.2.1 ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงฟอสซิลในกระบวนการดักจับและแยก CO_2 ออกจากก๊าซอื่น และรวบรวม CO_2 จากการดำเนินโครงการสำหรับ ($PE_{Capt,FF,y}$)

การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงฟอสซิลในกระบวนการดักจับและแยก CO_2 ออกจากก๊าซอื่น และรวบรวม CO_2 เช่น การผลิตความร้อนเพื่อใช้กระบวนการฟื้นสภาพของสาร (Regenerative) ที่ใช้ในการดูดซึมหรือดูดซับ การผลิตไฟฟ้าและความร้อนเพื่อใช้ในกระบวนการดักจับและแยก CO_2 ออกจากก๊าซอื่น และรวบรวม CO_2 (ไม่ใช่การซื้อจากภายนอก) เป็นต้น ให้ใช้เครื่องมือการคำนวณของ T-VER-P-TOOL-02-01 "การคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงฟอสซิลจากการดำเนินโครงการหรือนอกขอบเขตโครงการ" ฉบับล่าสุด

6.2.2 ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกการใช้ไฟฟ้าจากโครงข่ายไฟฟ้าในกระบวนการดักจับและแยก CO_2 ออกจากก๊าซอื่น และรวบรวม CO_2 จากการดำเนินโครงการ ($PE_{Capt,Elec,y}$)

การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้ไฟฟ้าที่ซื้อมาจากโครงข่ายไฟฟ้าในกระบวนการดักจับและแยก CO_2 ออกจากก๊าซอื่น และรวบรวม CO_2 ดังกล่าวสามารถคำนวณจากปริมาณการใช้ไฟฟ้า ค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการผลิต/ใช้ไฟฟ้า และสัดส่วนกำลังไฟฟ้าสูญเสียในโครงข่ายไฟฟ้า ดังสมการ

$$PE_{Capt,Elec,y} = EC_{Capt,PJ,y} \times EF_{Elec,y} \times (1 + TDL_y) \times 10^{-3}$$ สมการที่ (12)

ใช้สำหรับการประชุมเพื่อความเห็นชอบเท่านั้น ไม่สามารถใช้อ้างอิงได้

โดยที่

$PE_{Capt,Elec,y}$ = ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้ไฟฟ้าจากโครงข่ายไฟฟ้าในกระบวนการดักจับ แยก CO_2 ออกจากก๊าซอื่น และรวบรวม CO_2 จากการดำเนินโครงการในปี y (tCO_2e/year)

$EC_{Capt,PJ,y}$ = ปริมาณการใช้ไฟฟ้าในกระบวนการดักจับ แยก CO_2 ออกจากก๊าซอื่น และรวบรวม CO_2 ในปี y (kWh/year)

$EF_{Elec,y}$ = ค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสำหรับการผลิต/ใช้ไฟฟ้าในปี y (tCO_2/MWh)

TDL_y = สัดส่วนค่ากำลังไฟฟ้าสูญเสียในโครงข่ายไฟฟ้าสำหรับการจ่ายไฟฟ้าไปยังจุดใช้ไฟฟ้าในปี y (%)

6.2.3 ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกการใช้ไฟฟ้าและ/หรือไอน้ำจากโรงไฟฟ้าประเภท IPS มาใช้ในกระบวนการดักจับ แยก CO_2 ออกจากก๊าซอื่น และรวบรวม CO_2 จากการดำเนินโครงการ ($PE_{Capt,IPS,y}$)

การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้ไฟฟ้าและ/หรือไอน้ำที่ซื้อมาจากโรงไฟฟ้าประเภท IPS เพื่อใช้ในกระบวนการดักจับและแยก CO_2 ออกจากก๊าซอื่น และรวบรวม CO_2 พิจารณาจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงฟอสซิลโดยใช้หลักการปันส่วน และนำผลลัพธ์ที่ได้ไปคำนวณหาการปล่อยก๊าซเรือนกระจกโดยใช้เครื่องมือการคำนวณของ T-VER-P-TOOL-02-01 "การคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงฟอสซิลจากการดำเนินโครงการหรือนอกขอบเขตโครงการ" ฉบับล่าสุด

$$FC_{Capt,IPS,y} = (1/\eta_{IPS,y}) \times TFC_{IPS,y} \times \left[\frac{(HC_{Capt,PJ,y} + (3.6 \times EC_{Capt,PJ,y}))}{(HG_{IPS,y} + (3.6 \times EG_{IPS,y}))}\right] \quad \text{สมการที่ (13)}$$

โดยที่

$FC_{Capt,IPS,y}$ = ปริมาณการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิลสำหรับการผลิตไฟฟ้าและ/หรือความร้อนในส่วนที่ซื้อมาใช้ในกระบวนการดักจับ แยก CO_2 ออกจากก๊าซอื่น และรวบรวม CO_2 จากการดำเนินโครงการในปี y (unit/year)

$TFC_{IPS,y}$ = ปริมาณการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิลทั้งหมดของโรงไฟฟ้าที่ซื้อไฟฟ้าและ/หรือไอน้ำมาใช้ จากการดำเนินโครงการในปี y (unit/year)

$HC_{Capt,PJ,y}$ = ปริมาณความร้อนที่ใช้ในกระบวนการดักจับ แยก CO_2 ออกจากก๊าซอื่น และรวบรวม CO_2 จากการดำเนินโครงการในปี y (MJ/year)

$HG_{IPS,y}$ = ปริมาณความร้อนทั้งหมดที่ผลิตได้ของโรงไฟฟ้าที่ซื้อไฟฟ้าและ/หรือไอน้ำมาใช้จากการดำเนินโครงการในปี y (MJ/year)

$EG_{IPS,y}$ = ปริมาณไฟฟ้าทั้งหมดที่ผลิตได้ของโรงไฟฟ้าที่ซื้อไฟฟ้าและ/หรือไอน้ำมาใช้ จากการดำเนินโครงการในปี y (kWh/year)

$\eta_{IPS,y}$ = ค่าประสิทธิภาพเฉลี่ยรายปีของโรงไฟฟ้าในปี y (ค่าอยู่ระหว่าง 0 – 1)

ใช้สำหรับการประชาพิจารณ์ความเห็นเท่านั้น ไม่สามารถอ้างอิงได้

6.3 ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการดำเนินโครงการในกระบวนการเตรียม CO_2 ในสถานะของเหลว ($PE_{Liq,y}$)

การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการดำเนินโครงการในกระบวนการเตรียม CO_2 ในสถานะของเหลว สามารถคำนวณได้ ดังนี้

$$PE_{Liq,y} = PE_{Liq,Elec,y} + PE_{Liq,IPS,y} \quad \text{สมการที่ (14)}$$

โดยที่

$PE_{Liq,y}$ = ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการดำเนินโครงการในกระบวนการเตรียม CO_2 ในสถานะของเหลว (tCO_2e/year)

$PE_{Liq,Elec,y}$ = ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้ไฟฟ้าจากโครงข่ายไฟฟ้าในกระบวนการเตรียม CO_2 ในสถานะของเหลว จากการดำเนินโครงการในปี y (tCO_2e/year)

$PE_{Liq,IPS,y}$ = ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้ไฟฟ้าและ/หรือไอน้ำจากโรงไฟฟ้าประเภท IPS มาใช้ในกระบวนการเตรียม CO_2 ในสถานะของเหลว จากการดำเนินโครงการในปี y (tCO_2e/year)

6.3.1 ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้ไฟฟ้าจากโครงข่ายไฟฟ้าในกระบวนการเตรียม CO_2 ในสถานะของเหลวจากการดำเนินโครงการ ($PE_{Liq,Elec,y}$)

การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้ไฟฟ้าที่ซื้อมาจากโครงข่ายไฟฟ้าในกระบวนการเตรียม CO_2 ในสถานะของเหลว ดังกล่าวสามารถคำนวณจากปริมาณการใช้ไฟฟ้า ค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการผลิต/ใช้ไฟฟ้า และสัดส่วนกำลังไฟฟ้าสูญเสียในโครงข่ายไฟฟ้า ดังสมการ

$$PE_{Liq,Elec,y} = EC_{Liq,PJ,y} \times EF_{Elec,y} \times (1 + TDL_y) \times 10^{-3} \quad \text{สมการที่ (15)}$$

โดยที่

$PE_{Liq,Elec,y}$ = ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้ไฟฟ้าจากโครงข่ายไฟฟ้าในกระบวนการเตรียม CO_2 ในสถานะของเหลว จากการดำเนินโครงการในปี y (tCO_2e/year)

$EC_{Liq,PJ,y}$ = ปริมาณการใช้ไฟฟ้าในกระบวนการเตรียม CO_2 ในสถานะของเหลวจากการดำเนินโครงการในปี y (kWh/year)

$EF_{Elec,y}$ = ค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสำหรับการผลิต/ใช้ไฟฟ้าในปี y (tCO_2/MWh)

TDL_y = สัดส่วนค่ากำลังไฟฟ้าสูญเสียในโครงข่ายไฟฟ้าสำหรับการจ่ายไฟฟ้าไปยังจุดใช้ไฟฟ้าในปี y (%)

ใช้สำหรับการประชุมรับฟังความคิดเห็นเท่านั้น ไม่สามารถใช้อ้างอิงได้

6.3.2 ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้ไฟฟ้าจากโรงไฟฟ้าประเภท IPS มาใช้ในกระบวนการเตรียม CO_2 ในสถานะของเหลวจากการดำเนินโครงการ ($PE_{Liq,IPS,y}$)

การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้ไฟฟ้าที่ซื้อมาจากโรงไฟฟ้าประเภท IPS เพื่อใช้ในกระบวนการเตรียม CO_2 ในสถานะของเหลว พิจารณาจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงฟอสซิลโดยใช้หลักการปันส่วนและนำผลลัพธ์ที่ได้ไปคำนวณหาการปล่อยก๊าซเรือนกระจกโดยใช้เครื่องมือการคำนวณของ T-VER-P-TOOL-02-01 "การคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงฟอสซิลจากการดำเนินโครงการหรือนอกขอบเขตโครงการ" ฉบับล่าสุด

$$FC_{Liq,IPS,y} = \left(1/\eta_{IPS,y}\right) \times TFC_{IPS,y} \times \left[\frac{\left(3.6 \times EC_{Liq,PJ,y}\right)}{\left(HG_{IPS,y} + \left(3.6 \times EG_{IPS,y}\right)\right)}\right] \quad \text{สมการที่ (16)}$$

โดยที่

$FC_{Liq,IPS,y}$ = ปริมาณการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิลสำหรับการผลิตไฟฟ้าในส่วนที่ซื้อมาใช้ในกระบวนการเตรียม CO_2 ในสถานะของเหลวจากการดำเนินโครงการในปี y (unit/year)

$TFC_{IPS,y}$ = ปริมาณการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิลทั้งหมดของโรงไฟฟ้าที่ซื้อไฟฟ้ามาใช้จากการดำเนินโครงการในปี y (unit/year)

$HG_{IPS,y}$ = ปริมาณความร้อนทั้งหมดที่ผลิตได้ของโรงไฟฟ้าที่ซื้อไฟฟ้ามาใช้จากการดำเนินโครงการในปี y (MJ/year)

$EG_{IPS,y}$ = ปริมาณไฟฟ้าทั้งหมดที่ผลิตได้ของโรงไฟฟ้าที่ซื้อไฟฟ้ามาใช้จากการดำเนินโครงการในปี y (kWh/year)

$\eta_{IPS,y}$ = ค่าประสิทธิภาพเฉลี่ยรายปีของโรงไฟฟ้าในปี y (ค่าอยู่ระหว่าง 0 – 1)

6.4 ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกระบวนการขนส่ง CO_2 จากการดำเนินโครงการ ($PE_{Trans,y}$)

การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกระบวนการขนส่ง CO_2 ที่ได้จากกระบวนการดักจับและแยก CO2 ออกจากก๊าซอื่น และรวบรวม CO_2 ไปยังกระบวนการใช้ประโยชน์เพื่อกักเก็บในรูปของคาร์บอนเนต (Mineral carbonation) ในคอนกรีต จากการดำเนินโครงการสามารถคำนวณได้ ดังนี้

$$PE_{Trans,y} = PE_{Trans,FF,y} + PE_{Trans,Elec,y} + PE_{Trans,IPS,y} \quad \text{สมการที่ (17)}$$

โดยที่

$PE_{Trans,y}$ = ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกระบวนการขนส่ง CO_2 จากการดำเนินโครงการในปี y (tCO_2eq/year) ซึ่งถ้าบริเวณของกิจกรรมของ

ใช้สำหรับการประชุมเชิงปฏิบัติการ ยังไม่สามารถใช้อ้างอิงได้

กระบวนการดักจับ แยก CO_2 ออกจากก๊าซอื่น และรวบรวม CO_2 และ carbonation plant อยู่ในบริเวณเดียวกัน ค่า $PE_{Trans,y}$= 0

$PE_{Trans,FF,y}$ = ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงฟอสซิลในเครื่องจักร/อุปกรณ์/ยานพาหนะสำหรับการขนส่ง CO_2 จากการดำเนินโครงการในปี y ($tCO_2eq/year$)

$PE_{Trans,Elec,y}$ = ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้ไฟฟ้าจากโครงข่ายไฟฟ้าในการขนส่ง CO_2 ผ่านท่อจากการดำเนินโครงการในปี y ($tCO_2eq/year$)

6.4.1 ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงฟอสซิลในเครื่องจักร/อุปกรณ์/ยานพาหนะสำหรับการขนส่ง CO_2 จากการดำเนินโครงการ ($PE_{Trans,FF,y}$)

การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงฟอสซิลในกระบวนการขนส่ง CO_2 จะพิจารณาจากการใช้ในยานพาหนะต่างๆ สำหรับการขนส่ง CO_2 จากกระบวนการดักจับและแยก CO_2 ออกจากก๊าซอื่น และรวบรวม CO_2 ไปยังกระบวนการใช้ประโยชน์เพื่อกักเก็บในรูปของคาร์บอนเนต (mineral carbonation) ในคอนกรีตจากการดำเนินโครงการ การปล่อยก๊าซเรือนกระจกให้คำนวณโดยใช้เครื่องมือการคำนวณของ T-VER-P-TOOL-02-01 "การคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงฟอสซิลจากการดำเนินโครงการหรือนอกขอบเขตโครงการ" ฉบับล่าสุด

6.4.2 ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้ไฟฟ้าจากโครงข่ายไฟฟ้าในการขนส่ง CO_2 ผ่านท่อจากการดำเนินโครงการ ($PE_{Trans,Elec,y}$)

การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้ไฟฟ้าที่ซื้อมาจากโครงข่ายไฟฟ้าในกระบวนการขนส่ง CO_2 ผ่านท่อ ซึ่งสามารถคำนวณจากสมการ

$$PE_{Trans,Elec,y} = EC_{Trans,PJ,y} \times EF_{Elec,y} \times (1 + TDL_y) \times 10^{-3}$$ สมการที่ (18)

โดยที่

$PE_{Trans,Elec,y}$ = ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้ไฟฟ้าจากโครงข่ายไฟฟ้าในการขนส่ง CO_2 ผ่านท่อจากการดำเนินโครงการในปี y ($tCO_2eq/year$)

$EC_{Trans,PJ,y}$ = ปริมาณการใช้ไฟฟ้าในกระบวนการขนส่ง CO_2 จากการดำเนินโครงการในปี y ($kWh/year$)

$EF_{Elec,y}$ = ค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสำหรับการผลิต/ใช้ไฟฟ้าในปี y (tCO_2/MWh)

TDL_y = สัดส่วนค่ากำลังไฟฟ้าสูญเสียในโครงข่ายไฟฟ้าสำหรับการจ่ายไฟฟ้าไปยังจุดใช้ไฟฟ้าในปี y (%)

ใช้สำหรับการประชุมรับฟังความคิดเห็นเท่านั้น ไม่สามารถใช้อ้างอิงได้

6.4.3. ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้ไฟฟ้าจากโรงไฟฟ้าประเภท IPS มาใช้ในกระบวนการขนส่ง CO_2 ผ่านท่อจากการดำเนินโครงการ ($PE_{Trans,IPS,y}$)

การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้ไฟฟ้าที่ซื้อมาจากโรงไฟฟ้าประเภท IPS เพื่อใช้ในกระบวนการขนส่ง CO_2 ผ่านท่อ พิจารณาจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงฟอสซิลโดยใช้หลักการปันส่วน และนำผลลัพธ์ที่ได้ไปคำนวณหาการปล่อยก๊าซเรือนกระจกโดยใช้เครื่องมือการคำนวณของ T-VER-P-TOOL-02-01 "การคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงฟอสซิลจากการดำเนินโครงการหรือนอกขอบเขตโครงการ" ฉบับล่าสุด

$$FC_{Trans,IPS,y} = \left(1/\eta_{IPS,y}\right) \times TFC_{IPS,y} \times \left[\frac{\left(3.6 \times EC_{Trans,PJ,y}\right)}{\left(HG_{IPS,y} + 3.6 \times EG_{IPS,y}\right)}\right] \quad \text{สมการที่ (19)}$$

โดยที่

$FC_{Trans,IPS,y}$ = ปริมาณการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิลสำหรับการผลิตไฟฟ้าในส่วนที่ซื้อมาใช้ในกระบวนการขนส่ง CO_2 จากการดำเนินโครงการในปี y (unit/year)

$TFC_{IPS,y}$ = ปริมาณการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิลทั้งหมดของโรงไฟฟ้าที่ซื้อไฟฟ้ามาใช้ จากการดำเนินโครงการในปี y (unit/year)

$HG_{IPS,y}$ = ปริมาณความร้อนทั้งหมดที่ผลิตได้ของโรงไฟฟ้าที่ซื้อไฟฟ้ามาใช้จากการดำเนินโครงการ ในปี y (MJ/year)

$EG_{IPS,y}$ = ปริมาณไฟฟ้าทั้งหมดที่ผลิตได้ของโรงไฟฟ้าที่ซื้อไฟฟ้ามาใช้จากการดำเนินโครงการ ในปี y (kWh/year)

$\eta_{IPS,y}$ = ค่าประสิทธิภาพเฉลี่ยรายปีของโรงไฟฟ้าในปี y (ค่าอยู่ระหว่าง 0 – 1)

6.5 ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกระบวนการเตรียม CO_2 ในสถานะไอจากการดำเนินโครงการ ($PE_{Evap,y}$)

การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกระบวนการเตรียม CO_2 ในสถานะไอจากการดำเนินโครงการสามารถคำนวณได้ ดังนี้

$$PE_{Evap,y} = PE_{Evap,Elec,y} + PE_{Evap,IPS,y} \quad \text{สมการที่ (20)}$$

โดยที่

$PE_{Evap,Elec,y}$ = ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้ไฟฟ้าจากโครงข่ายไฟฟ้าในกระบวนการเตรียม CO_2 ในสถานะไอ จากการดำเนินโครงการในปี y (tCO_2e/year)

$PE_{Evap,IPS,y}$ = ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้ไฟฟ้าและ/หรือไอน้ำจากโรงไฟฟ้าประเภท IPS มาใช้ในกระบวนการเตรียม CO_2 ในสถานะไอ จากการดำเนินโครงการในปี y (tCO_2e/year)

ใช้สำหรับการประชุมปรึกษาหารือเท่านั้น ยังไม่สามารถใช้อ้างอิงได้

6.5.1 ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้ไฟฟ้าจากโครงข่ายไฟฟ้าในกระบวนการเตรียม CO_2 ในสถานะไอจากการดำเนินโครงการ ($PE_{Evap,Elec,y}$)

การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้ไฟฟ้าที่ซื้อมาจากโครงข่ายไฟฟ้าในกระบวนการเตรียม CO_2 ในสถานะไอ ดังกล่าวสามารถคำนวณจากปริมาณการใช้ไฟฟ้า ค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการผลิต/ใช้ไฟฟ้า และสัดส่วนกำลังไฟฟ้าสูญเสียในโครงข่ายไฟฟ้า ดังสมการ

$$PE_{Evap,Elec,y} = EC_{Evap,PJ,y} \times EF_{Elec,y} \times (1 + TDL_y) \times 10^{-3} \quad \text{สมการที่ (21)}$$

โดยที่

$EC_{Evap,PJ,y}$ = ปริมาณการใช้ไฟฟ้าในกระบวนการเตรียม CO_2 ในสถานะไอจากการดำเนินโครงการ ในปี y (kWh/year)

$EF_{Elec,y}$ = ค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสำหรับการผลิต/ใช้ไฟฟ้าในปี y (tCO_2/MWh)

TDL_y = สัดส่วนค่ากำลังไฟฟ้าสูญเสียในโครงข่ายไฟฟ้าสำหรับการจ่ายไฟฟ้าไปยังจุดใช้ไฟฟ้าในปี y (%)

6.5.2 ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้ไฟฟ้าและ/หรือไอน้ำจากโรงไฟฟ้าประเภท IPS มาใช้ในกระบวนการเตรียม CO_2 ในสถานะไอจากการดำเนินโครงการ ($PE_{Evap,IPS,y}$)

การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้ไฟฟ้าและ/หรือไอน้ำที่ซื้อมาจากโรงไฟฟ้าประเภท IPS เพื่อใช้ในกระบวนการเตรียม CO_2 ในสถานะไอ พิจารณาจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงฟอสซิลโดยใช้หลักการปันส่วนและนำผลลัพธ์ที่ได้ไปคำนวณหาการปล่อยก๊าซเรือนกระจกโดยใช้เครื่องมือการคำนวณของ T-VER-P-TOOL-02-01 "การคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงฟอสซิลจากการดำเนินโครงการหรือนอกขอบเขตโครงการ" ฉบับล่าสุด

$$FC_{EV,IPS,y} = \left(1/\eta_{IPS,y}\right) \times TFC_{IPS,y} \times \left[\frac{\left(HC_{Evap,PJ,y} + (3.6 \times EC_{Evap,PJ,y})\right)}{\left(HG_{IPS,y} + (3.6 \times EG_{IPS,y})\right)}\right] \quad \text{สมการที่ (22)}$$

โดยที่

$FC_{Evap,IPS,y}$ = ปริมาณการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิลสำหรับการผลิตไฟฟ้าและ/หรือความร้อนในส่วนที่ซื้อมาใช้ในกระบวนการเตรียม CO_2 ในสถานะไอจากการดำเนินโครงการ ในปี y (unit/year)

$TFC_{IPS,y}$ = ปริมาณการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิลทั้งหมดของโรงไฟฟ้าที่ซื้อไฟฟ้าและ/หรือไอน้ำมาใช้จากการดำเนินโครงการ ในปี y (unit/year)

$HC_{Evap,PJ,y}$ = ปริมาณความร้อนที่ใช้ในกระบวนการเตรียม CO_2 ในสถานะไอจากการดำเนินโครงการในปี y (MJ/year)

ใช้สำหรับการปรึกษาเท่านั้น ยังไม่สามารถใช้อ้างอิงได้

$HG_{IPS,y}$ = ปริมาณความร้อนทั้งหมดที่ผลิตได้ของโรงไฟฟ้าที่ซื้อไฟฟ้าและ/หรือไอน้ำมาใช้จากการดำเนินโครงการในปี y (MJ/year)

$EG_{IPS,y}$ = ปริมาณไฟฟ้าทั้งหมดที่ผลิตได้ของโรงไฟฟ้าที่ซื้อไฟฟ้าและ/หรือไอน้ำมาใช้ จากการดำเนินโครงการในปี y (kWh/year)

$\eta_{IPS,y}$ = ค่าประสิทธิภาพเฉลี่ยรายปีของโรงไฟฟ้าในปี y (ค่าอยู่ระหว่าง 0 – 1)

6.6 ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกระบวนการผลิตสารประกอบคาร์บอเนต (Mineral carbonation) จากการดำเนินโครงการ ($PE_{MineralC,y}$)

การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการดำเนินโครงการในกระบวนการผลิตสารประกอบคาร์บอเนต (Mineral carbonation) สามารถคำนวณได้ดังนี้

$$PE_{MineralC,y} = PE_{MineralC,Elec,y} + PE_{MineralC,IPS,y} \quad \text{สมการที่ (23)}$$

โดยที่

$PE_{MineralC,y}$ = ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกระบวนการผลิตสารประกอบคาร์บอเนต (Mineral carbonation)จากการดำเนินโครงการในปี y ($tCO_2eq/year$)

$PE_{MineralC,Elec,y}$ = ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้ไฟฟ้าจากโครงข่ายไฟฟ้าในกระบวนการผลิตสารประกอบคาร์บอเนต (Mineral carbonation) จากการดำเนินโครงการในปี y ($tCO_2e/year$)

$PE_{MineralC,IPS,y}$ = ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้ไฟฟ้าและ/หรือไอน้ำจากโรงไฟฟ้าประเภท IPS มาใช้ในกระบวนการผลิตสารประกอบคาร์บอเนต (Mineral carbonation) จากการดำเนินโครงการในปี y ($tCO_2e/year$)

6.6.1 ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการดำเนินโครงการสำหรับการใช้ไฟฟ้าจากโครงข่ายไฟฟ้าในกระบวนการผลิตสารประกอบคาร์บอเนต (Mineral carbonation) ($PE_{MineralC,Elec,y}$)

การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้ไฟฟ้าที่ซื้อมาจากโครงข่ายไฟฟ้าในกระบวนการผลิตสารประกอบคาร์บอเนต (Mineral carbonation) ดังกล่าวสามารถคำนวณจากปริมาณการใช้ไฟฟ้า ค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการผลิต/ใช้ไฟฟ้า และสัดส่วนกำลังไฟฟ้าสูญเสียในโครงข่ายไฟฟ้า ดังสมการ

$$PE_{MineralC,Elec,y} = EC_{MineralC,PJ,y} \times EF_{Elec,y} \times (1 + TDL_y) \times 10^{-3} \quad \text{สมการที่ (24)}$$

โดยที่

$PE_{MineralC,Elec,y}$ = ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้ไฟฟ้าจากโครงข่ายไฟฟ้าในกระบวนการผลิตสารประกอบคาร์บอเนต (Mineral carbonation)

เอกสารประกอบการจัดทำโครงการเพื่อขอขึ้นทะเบียนเป็นโครงการ T-VER ไม่สามารถใช้อ้างอิงได้

จากการดำเนินโครงการ ในปี y (tCO_2e/year)

$EC_{MineralC,PJ,y}$ = ปริมาณการใช้ไฟฟ้าในกระบวนการผลิตสารประกอบคาร์บอเนต (Mineral carbonation) จากการดำเนินโครงการในปี y (kWh/year)

$EF_{Elec,y}$ = ค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสำหรับการผลิต/ใช้ไฟฟ้าในปี y (tCO_2/MWh)

TDL_y = สัดส่วนค่ากำลังไฟฟ้าสูญเสียในโครงข่ายไฟฟ้าสำหรับการจ่ายไฟฟ้าไปยังจุดใช้ไฟฟ้าในปี y (%)

6.6.2 ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้ไฟฟ้าจากโรงไฟฟ้าประเภท IPS มาใช้ในกระบวนการผลิตสารประกอบคาร์บอเนต (Mineral carbonation) จากการดำเนินโครงการ ($PE_{MineralC,IPS,y}$)

การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้ไฟฟ้าที่ซื้อมาจากโรงไฟฟ้าประเภท IPS เพื่อใช้ในกระบวนการผลิตสารประกอบคาร์บอเนต (Mineral carbonation) พิจารณาจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงฟอสซิลโดยใช้หลักการปันส่วน และนำผลลัพธ์ที่ได้ไปคำนวณหาการปล่อยก๊าซเรือนกระจกโดยใช้เครื่องมือการคำนวณของ T-VER-P-TOOL-02-01 "การคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงฟอสซิลจากการดำเนินโครงการหรือนอกขอบเขตโครงการ" ฉบับล่าสุด

$$FC_{MineralC,IPS,y} = (1/\eta_{IPS,y}) \times TFC_{IPS,y} \times \left[\frac{(3.6 \times EC_{MineralC,PJ,y})}{(HG_{IPS,y} + (3.6 \times EG_{IPS,y}))}\right] \quad \text{สมการที่ (25)}$$

โดยที่

$FC_{MineralC,IPS,y}$ = ปริมาณการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิลสำหรับการผลิตไฟฟ้าในส่วนที่ซื้อมาใช้ในกระบวนการผลิตสารประกอบคาร์บอเนต (Mineral carbonation) จากการดำเนินโครงการในปี y (unit/year)

$TFC_{IPS,y}$ = ปริมาณการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิลทั้งหมดของโรงไฟฟ้าที่ซื้อไฟฟ้ามาใช้จากการดำเนินโครงการในปี y (unit/year)

$HG_{IPS,y}$ = ปริมาณความร้อนทั้งหมดที่ผลิตได้ของโรงไฟฟ้าที่ซื้อไฟฟ้ามาใช้จากการดำเนินโครงการในปี y (MJ/year)

$EG_{IPS,y}$ = ปริมาณไฟฟ้าทั้งหมดที่ผลิตได้ของโรงไฟฟ้าที่ซื้อไฟฟ้ามาใช้จากการดำเนินโครงการในปี y (kWh/year)

$\eta_{IPS,y}$ = ค่าประสิทธิภาพเฉลี่ยรายปีของโรงไฟฟ้าในปี y (%)

6.7 ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้สารละลายผสมคอนกรีตจากการดำเนินโครงการ ($PE_{Solvent,y}$)

การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้สารละลายจากการดำเนินโครงการ สามารถคำนวณได้ดังนี้

ใช้สำหรับการประชุมเพื่อให้ความเห็นชอบ ไม่สามารถนำไปใช้อ้างอิงได้

$$PE_{Solvent,y} = \sum_s (Q_{C,Solvent,PJ,s,y} \times \frac{44}{12}) + \sum_s ((FC_{Solvent,s,y} \times EF_{Solvent,s,y}) \quad \text{สมการที่ (26)}$$

โดยที่

$PE_{Sovent,y}$ = ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้สารละลายผสมคอนกรีตจากการดำเนินโครงการในปี y (tCO_2e/year)

$Q_{C,Solvent,PJ,s,y}$ = ปริมาณคาร์บอน (C) ในสารละลายประเภท s สำหรับผสมคอนกรีตจากการดำเนินโครงการ ในปี y (ton of C)

$FC_{Solvent,s,y}$ = ปริมาณการใช้สารสะลายประเภท s ในปี y (ton of Solvent/year)

$EF_{Solvent,s,y}$ = ค่า Emission factor ของสารละลายประเภท s (tCO_2eq/ton of Solvent)

s = ประเภทสารสะลาย

6.7.1 ปริมาณคาร์บอนในสารละลายสำหรับผสมคอนกรีตจากการดำเนินโครงการ ($Q_{C,Solvent,PJ,s,y}$)

การหาปริมาณของคาร์บอนในสารละลายประเภท s ที่ในกระบวนการทำคอนกรีตในการดำเนินโครงการ สามารถคำนวณได้ ดังนี้

$$Q_{C,Solvent,PJ,s,y} = Q_{Solvent,PJ,s,y} \times \frac{\text{Molar mass of C in solvent}_s}{\text{Total molar mass of solvent}_s}) \times \rho_{Solvent,S} \quad \text{สมการที่ (27)}$$

โดยที่

$Q_{C,Solvent,PJ,s,y}$ = ปริมาณคาร์บอน (C) ในสารละลายประเภท s สำหรับผสมคอนกรีตจากการดำเนินโครงการ ในปี y (ton of C)

$Q_{Solvent,PJ,s,y}$ = ปริมาตรของสารละลายประเภท s สำหรับผสมคอนกรีตจากการดำเนินโครงการในปี y (m^3)

Molar mass of C in $solvent_s$ = มวลของคาร์บอนใน 1 โมล (mol) ของสารละลายประเภท s (gram)

Total molar mass of $solvent_s$ = มวลของสารละลายประเภท s จำนวน 1 โมล (gram)

$\rho_{Solvent,S}$ = ความหนาแน่นของสารละลายประเภท s (kg/Liter, kg/dm^3)

6.7.2 ค่า Emission factor ของสารละลาย ($EF_{SOLVENT,s,y}$)

การหาค่า Emission factor สำหรับสารละลายชนิด s สามารถอ้างอิงได้จากแหล่งข้อมูลดังต่อไปนี้

ร่างสำหรับการประชุมรับฟังความคิดเห็นเท่านั้น ยังไม่สามารถใช้อ้างอิงได้

ทางเลือกที่ 1 ค่า Emission factor ของสารเคมี

- กรณีที่ไม่มีในรายชื่อสารเคมี สามารถอ้างอิงโดยใช้หลักการ Conservative ซึ่งจะใช้ค่าสูงสุดจากสารเคมีในกลุ่มเดียวกัน ซึ่งอ้างอิงข้อมูลจาก Emission factor ของสารเคมี จากคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์ของ อบก.
- กรณีที่ไม่มีในรายชื่อของกลุ่มสารเคมีเดียวกัน สามารถอ้างอิงค่าได้จากวิธีการคิด Emission factor ตามแนวทางการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์ ที่ อบก. กำหนด

ทางเลือกที่ 2 ใช้ค่า Emission factor จากฐานข้อมูล website เช่น https://carboncloud.com/ เป็นต้น

ทางเลือกที่ 3 ใช้ค่า Emission factor จากโปรแกรมสำหรับคำนวณ เช่น SimaPro เป็นต้น

7. การคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกนอกขอบเขตโครงการ (Leakage Emission)

การปล่อยก๊าซเรือนกระจกนอกขอบเขตโครงการพิจารณาจากการขนส่งวัสดุส่วนผสมในการทำคอนกรีต ในส่วนที่จะถูกใช้ในการนำมาผลิตคอนกรีตที่เพิ่มขึ้นจากปริมาณการผลิตคอนกรีตในกรณีฐาน สามารถคำนวณได้ ดังนี้

$$LE_y = LE_{Trans,OB,FF,y} + LE_{Trans,OB,Elec,y} + LE_{Trans,OB,IPS,y} \quad \text{สมการที่ (28)}$$

โดยที่

LE_y = การปล่อยก๊าซเรือนกระจกนอกขอบเขตโครงการในปี y ($tCO_2eq/year$)

$LE_{Trans,OB,FF,y}$ = ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิลสำหรับการขนส่งวัสดุส่วนผสมในการทำคอนกรีต ในส่วนที่จะถูกใช้ในการนำมาผลิตคอนกรีตที่เพิ่มขึ้นจากปริมาณการผลิตคอนกรีตในกรณีฐาน ในปี y ($tCO_2e/year$)

$LE_{Trans,OB,Elec,y}$ = ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้ไฟฟ้าจากโครงข่ายไฟฟ้าสำหรับการขนส่งวัสดุส่วนผสมในการทำคอนกรีต ในส่วนที่จะถูกใช้ในการนำมาผลิตคอนกรีตที่เพิ่มขึ้นจากปริมาณการผลิตคอนกรีตในกรณีฐาน ในปี y ($tCO_2e/year$)

$LE_{Trans,OB,IPS,y}$ = ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้ไฟฟ้าจากโรงไฟฟ้าประเภท IPS สำหรับการขนส่งวัสดุส่วนผสมในการทำคอนกรีต ในส่วนที่จะถูกใช้ในการนำมาผลิตคอนกรีตที่เพิ่มขึ้นจากปริมาณการผลิตคอนกรีตในกรณีฐาน ในปี y ($tCO_2e/year$)

ใช้สำหรับการประชุมเพื่อความเข้าใจเท่านั้น ยังไม่สามารถอ้างอิงได้

7.1 ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิลสำหรับการขนส่งวัสดุส่วนผสมในการทำคอนกรีต ในส่วนที่จะถูกใช้ในการนำมาผลิตคอนกรีตที่เพิ่มขึ้นจากปริมาณการผลิตคอนกรีตในกรณีฐาน ($LE_{Trans,OB,FF,y}$)

การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงฟอสซิลจากการขนส่งวัสดุส่วนผสมในการทำคอนกรีต ในส่วนที่จะถูกใช้ในการนำมาผลิตคอนกรีตที่เพิ่มขึ้นจากปริมาณการผลิตคอนกรีตในกรณีฐาน ในปี y (tCO_2e/year) ให้ใช้เครื่องมือการคำนวณของ T-VER-P-TOOL-02-01 "การคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงฟอสซิลจากการดำเนินโครงการหรือนอกขอบเขตโครงการ" ฉบับล่าสุด

7.2 ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้ไฟฟ้าจากการขนส่งวัสดุส่วนผสมในการทำคอนกรีต ในส่วนที่จะถูกใช้ในการนำมาผลิตคอนกรีตที่เพิ่มขึ้นจากปริมาณการผลิตคอนกรีตในกรณีฐาน ($LE_{Trans,OB,Elec,y}$)

การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้ไฟฟ้าที่ซื้อมาจากโครงข่ายไฟฟ้าจากการขนส่งวัสดุส่วนผสมในการทำคอนกรีต ในส่วนที่จะถูกใช้ในการนำมาผลิตคอนกรีตที่เพิ่มขึ้นจากปริมาณการผลิตคอนกรีตในกรณีฐาน สามารถคำนวณจากปริมาณการใช้ไฟฟ้า ค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการผลิต/ใช้ไฟฟ้า และสัดส่วนกำลังไฟฟ้าสูญเสียในโครงข่ายไฟฟ้า ดังสมการ

$$LE_{Trans,OB,Elec,y} = EC_{Trans,OB,PJ,y} \times EF_{Elec,y} \times (1 + TDL_y) \times 10^{-3} \quad \text{สมการที่ (29)}$$

โดยที่

$EC_{Trans,OB,PJ,y}$ = ปริมาณการใช้ไฟฟ้าจากการขนส่งวัสดุส่วนผสมในการทำคอนกรีต ในส่วนที่จะถูกใช้ในการนำมาผลิตคอนกรีตที่เพิ่มขึ้นจากปริมาณการผลิตคอนกรีตในกรณีฐาน ในปี y (tCO_2e/year)

$EF_{Elec,y}$ = ค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสำหรับการผลิต/ใช้ไฟฟ้าในปี y (tCO_2/MWh)

TDL_y = สัดส่วนค่ากำลังไฟฟ้าสูญเสียในโครงข่ายไฟฟ้าสำหรับการจ่ายไฟฟ้าไปยังจุดใช้ไฟฟ้าในปี y

7.3 ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการดำเนินโครงการสำหรับการใช้ไฟฟ้าและ/หรือไอน้ำจากโรงไฟฟ้าประเภท IPS มาใช้ในกระบวนการขนส่งวัสดุส่วนผสมในการทำคอนกรีตจากนอกขอบเขตโครงการ ($LE_{Trans,OB,IPS,y}$)

การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้ไฟฟ้าที่ซื้อมาจากโรงไฟฟ้าประเภท IPS เพื่อใช้ในการขนส่งวัสดุส่วนผสมในการทำคอนกรีต ในส่วนที่จะถูกใช้ในการนำมาผลิตคอนกรีตที่เพิ่มขึ้นจากปริมาณการผลิตคอนกรีตในกรณีฐาน พิจารณาจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงฟอสซิลโดยใช้หลักการปันส่วน และนำ

ใช้สำหรับการประชุมเพื่อแลกเปลี่ยนความคิดเห็นเท่านั้น ยังไม่สามารถใช้อ้างอิงได้

ผลลัพธ์ที่ได้ไปคำนวณหาการปล่อยก๊าซเรือนกระจกโดยใช้เครื่องมือการคำนวณของ T-VER-P-TOOL-02-01 "การคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงฟอสซิลจากการดำเนินโครงการหรือนอกขอบเขตโครงการ" ฉบับล่าสุด

$$FC_{Trans,OB,IPS,y} = \left(1/\eta_{IPS,y}\right) \times TFC_{IPS,y} \times \left[\frac{\left(3.6 \times EC_{trans,OB,PJ,y}\right)}{\left(HG_{IPS,y} + \left(3.6 \times EG_{IPS,y}\right)\right)}\right] \quad \text{สมการที่ (30)}$$

โดยที่

$FC_{Trans,OB,IPS,y}$ = ปริมาณการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิลสำหรับการผลิตไฟฟ้าในส่วนที่ซื้อมาใช้ในการขนส่งวัสดุส่วนผสมในการทำคอนกรีต ในส่วนที่จะถูกใช้ในการนำมาผลิตคอนกรีตที่เพิ่มขึ้นจากปริมาณการผลิตคอนกรีตในกรณีฐาน ในปี y (tCO_2e/year)

$TFC_{IPS,y}$ = ปริมาณการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิลทั้งหมดของโรงไฟฟ้าที่ซื้อไฟฟ้ามาใช้ ในปี y (unit/year)

$HG_{IPS,y}$ = ปริมาณความร้อนทั้งหมดที่ผลิตได้ของโรงไฟฟ้าที่ซื้อไฟฟ้ามาใช้ ในปี y (MJ/year)

$EG_{IPS,y}$ = ปริมาณไฟฟ้าทั้งหมดที่ผลิตได้ของโรงไฟฟ้าที่ซื้อไฟฟ้ามาใช้ ในปี y (kWh/year)

$\eta_{IPS,y}$ = ค่าประสิทธิภาพเฉลี่ยรายปีของโรงไฟฟ้าในปี y (ค่าอยู่ระหว่าง 0 – 1)

8. การคำนวณการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก (Emission Reduction)

การลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากโครงการ สามารถคำนวณได้ ดังนี้

$$ER_y = BE_y - PE_y - LE_y \quad \text{สมการที่ (31)}$$

โดยที่

ER_y = การลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในปี y (tCO_2e/year)

BE_y = การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกรณีฐานในปีy (tCO_2e/year)

PE_y = การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการดำเนินโครงการในปีy (tCO_2e/year)

LE_y = การปล่อยก๊าซเรือนกระจกนอกขอบเขตโครงการในปี y (tCO_2e/year)

ใช้สำหรับการประชุมปรึกษาหารือเพื่อความเห็นชอบเท่านั้น ยังไม่สามารถใช้งานได้

9. การติดตามผลการดำเนินโครงการ (Monitoring Plan)

9.1 ขั้นตอนการติดตามผล

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

2) ข้อมูลทั้งหมดที่รวบรวมเป็นส่วนหนึ่งของการติดตามผลการลดก๊าซเรือนกระจก ซึ่งควรจัดเก็บข้อมูลในรูปแบบไฟล์อิเล็กทรอนิกส์และมีระยะเวลาเก็บรักษาเป็นไปตามแนวทางที่ อบก. กำหนด หรือตามระบบคุณภาพขององค์กรแต่มีระยะเวลาไม่น้อยกว่าที่ อบก. กำหนด และควรตรวจสอบข้อมูลให้ถูกต้องตามวิธีการติดตามผลที่ระบุในพารามิเตอร์ที่ต้องติดตามผลที่ระบุไว้ในตารางหัวข้อที่ 9.3

9.2 พารามิเตอร์ที่ต้องติดตามผล

พารามิเตอร์	$Q_{Concrete,PJ,i,y}$
หน่วย	t concrete/year
ความหมาย	ปริมาณคอนกรีตประเภท i ที่ผลิตได้จากการดำเนินโครงการในปี y
แหล่งข้อมูล	บักทึกปริมาณคอนกรีตที่ถูกใช้งานจากผู้ผลิตคอนกรีต
วิธีการติดตามผล	การชั่งน้ำหนักบรรทุกของคอนกรีต
ความถี่ในการติดตามผล	มีการตรวจสอบอย่างต่อเนื่อง และบันทึกข้อมูลอย่างน้อยเป็นรายเดือน

พารามิเตอร์	$Q_{Cement,PJ,j,y}$
หน่วย	t concrete/year
ความหมาย	ปริมาณการใช้ปูนซีเมนต์ประเภท j สำหรับผลิตคอนกรีตจากการดำเนินโครงการในปี y
แหล่งข้อมูล	บักทึกปริมาณปูนซีเมนต์ที่ถูกใช้งานจากผู้ผลิตคอนกรีต
วิธีการติดตามผล	การชั่งน้ำหนัก
ความถี่ในการติดตามผล	มีการตรวจสอบอย่างต่อเนื่อง และบันทึกข้อมูลอย่างน้อยเป็นรายเดือน

พารามิเตอร์	$Q_{C,PJ,Test,i,y}$
หน่วย	gram of C/gram of project tested concrete
ความหมาย	ค่าเฉลี่ยของปริมาณคาร์บอน (C) ในตัวอย่างคอนกรีตประเภท i จากการดำเนินโครงการในปี y

แหล่งข้อมูล	ผลการวิเคราะห์ปริมาณของคาร์บอนในตัวอย่างคอนกรีตประเภท i ในกรณีฐาน ผ่านทางใช้เครื่องมือหรือเทคนิคการวิเคราะห์ทางวิทยาศาสตร์ที่น่าเชื่อถือ
วิธีการติดตามผล	วิเคราะห์ปริมาณของคาร์บอนในตัวอย่างคอนกรีตประเภท i ในการดำเนินโครงการผ่านทางใช้เครื่องมือหรือเทคนิคการวิเคราะห์ทางวิทยาศาสตร์ที่น่าเชื่อถือ
ความถี่ในการติดตามผล	มีการตรวจสอบอย่างต่อเนื่อง และบันทึกข้อมูลอย่างน้อยเป็นรายเดือน

พารามิเตอร์	$\rho_{CO2,b}$
หน่วย	kg/m^3
ความหมาย	ความหนาแน่นของ CO_2 ที่สภาวะของการดำเนินงานในกระบวนการผลิตคอนกรีตรอบที่ b
แหล่งข้อมูล	ตารางแสดงความหนาแน่นของ CO_2 ที่สภาวะการดำเนินงานต่าง ๆ
วิธีการติดตามผล	ใช้ค่าตามตารางให้ตรงกับสภาวะของ CO_2 ที่ใช้ในการส่งเข้าไปใน carbonation plant
ความถี่ในการติดตามผล	ทุกครั้งในการผลิตคอนกรีตประเภท n ในกระบวนการผลิตคอนกรีตรอบที่ b

พารามิเตอร์	$\%V/V_{CO2,Feed,i,b,y}$
หน่วย	-
ความหมาย	สัดส่วนโดยปริมาตรของ CO2 ต่อปริมาตรก๊าซ ณ จุด ที่ป้อนเข้าสู่ Carbonation plant ซึ่งตรวจวัดในกระบวนการผลิตคอนกรีตรอบที่ b ที่สภาวะของการดาเนินงาน ในปี y
แหล่งข้อมูล	บันทึกข้อมูลจากโครงการ
วิธีการติดตามผล	วิเคราะห์สัดส่วนโดยปริมาตรอย่างต่อเนื่อง ร่วมกับการตรวจวัดความดันและอุณหภูมิของก๊าซเพื่อนำไปคำนวณหาสัดส่วนที่สภาวะมาตรฐาน โดยที่ Gas Chromatography ต้องได้รับการอนุมัติจากหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง
ความถี่ในการติดตามผล	การตรวจสอบอย่างต่อเนื่อง และการบันทึกรายเดือนเป็นอย่างน้อยสำหรับการผลิตคอนกรีตประเภท n ในกระบวนการผลิตคอนกรีตรอบที่ b

พารามิเตอร์	$V_{Feed,b}$
หน่วย	m^3
ความหมาย	ปริมาตรของ CO_2 ถูกป้อนเข้าสู่ Carbonation plant ในกระบวนการผลิตคอนกรีตรอบที่ b
แหล่งข้อมูล	บันทึกข้อมูลจากโครงการ
วิธีการติดตามผล	วัดปริมาตรก๊าซอย่างต่อเนื่อง ร่วมกับการตรวจวัดความดันและอุณหภูมิของก๊าซเพื่อนำไปคำนวณหาปริมาตรที่สภาวะมาตรฐาน โดยที่ Flow meter ต้องได้รับการอนุมัติจาก หน่วยงานที่เกี่ยวข้อง
ความถี่ในการติดตามผล	การตรวจสอบอย่างต่อเนื่อง และการบันทึกรายเดือนเป็นอย่างน้อยสำหรับการผลิตคอนกรีตประเภท n ในกระบวนการผลิตคอนกรีตรอบที่ b

พารามิเตอร์	$V_{Chamber,b}$
หน่วย	m^3
ความหมาย	ปริมาตรที่ว่างภายใน Chamber ในกระบวนการผลิตคอนกรีตรอบที่ b
แหล่งข้อมูล	บันทึกข้อมูลจากโครงการ

เอกสารฉบับนี้เป็นทรัพย์สินขององค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน) ไม่สามารถนำไปใช้งานอื่นได้

วิธีการติดตามผล	ตรวจวัดจากโครงการ
ความถี่ในการติดตามผล	การตรวจสอบอย่างต่อเนื่อง และการบันทึกรายเดือนเป็นอย่างน้อย

พารามิเตอร์	$P_{After,b}$ และ $P_{before,b}$
หน่วย	bar
ความหมาย	$P_{After,b}$ คือ ความดันภายใน Chamber ก่อนการดาเนินงาน ในกระบวนการผลิตคอนกรีตรอบที่ b (ก่อนจะมีการ feed CO_2 เข้าใน Chamber) $P_{before,b}$ คือ ความดันภายใน Chamber หลังการดำเนินงาน ในกระบวนการผลิตคอนกรีตรอบที่ b (หลังเสร็จปฏิกิริยา mineral carbonation ใน Chamber)
แหล่งข้อมูล	บันทึกข้อมูลจากโครงการ
วิธีการติดตามผล	ตรวจวัดความดันอย่างต่อเนื่อง ร่วมกับวัดปริมาตรก๊าซและอุณหภูมิของก๊าซเพื่อนำไปคำนวณหาปริมาตรที่สภาวะมาตรฐาน โดยที่ pressure gauge ต้องได้รับการอนุมัติจากหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง
ความถี่ในการติดตามผล	การตรวจสอบอย่างต่อเนื่อง และการบันทึกรายเดือนเป็นอย่างน้อย

พารามิเตอร์	$T_{After,b}$ และ $T_{before,b}$
หน่วย	K
ความหมาย	$T_{After,b}$ คืออุณหภูมิภายใน Chamber หลังการดำเนินงาน ในกระบวนการผลิตคอนกรีตรอบที่ b (หลังเสร็จปฏิกิริยา mineral carbonation ใน Chamber) $T_{before,b}$ คืออุณหภูมิภายใน Chamber ก่อนการดำเนินงาน ในกระบวนการผลิตคอนกรีตรอบที่ b (ก่อนจะมีการ feed CO_2 เข้าใน Chamber)
แหล่งข้อมูล	บันทึกข้อมูลจากโครงการ
วิธีการติดตามผล	ตรวจวัดอุณหภูมิอย่างต่อเนื่อง ร่วมกับตรวจวัดปริมาตรก๊าซและความดันของก๊าซเพื่อนำไปคำนวณหาปริมาตรที่สภาวะมาตรฐาน โดยที่ industrial thermometer ต้องได้รับการอนุมัติจากหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง
ความถี่ในการติดตามผล	การตรวจสอบอย่างต่อเนื่อง และการบันทึกรายเดือนเป็นอย่างน้อย

พารามิเตอร์	$Q_{Cement,PJ,i,y}$
หน่วย	t cement
ความหมาย	ปริมาณปูนซีเมนต์ที่ถูกใช้ในการผลิตคอนกรีตประเภท i จากการดำเนินโครงการในปี y
แหล่งข้อมูล	บันทึกปริมาณการใช้ปูนซีเมนต์ในการผลิตคอนกรีตจากการดำเนินโครงการ
วิธีการติดตามผล	ตรวจสอบความสัมพันธ์ของค่าการบันทึกปริมาณปูนซีเมนต์ที่ถูกใช้กับปริมาณของการผลิตคอนกรีตที่ผลิต
ความถี่ในการติดตามผล	การตรวจสอบอย่างต่อเนื่อง และการบันทึกรายเดือนเป็นอย่างน้อย

พารามิเตอร์	$Q_{Cement,PJ,Test,i}$
หน่วย	gram of cement
ความหมาย	ปริมาณปูนซีเมนต์ที่ถูกใช้ในการผลิตตัวอย่างคอนกรีตประเภท i จากการดำเนินโครงการ

เอกสารประกอบการพิจารณาเท่านั้น ยังไม่สามารถใช้อ้างอิงได้

แหล่งข้อมูล	บันทึกปริมาณการใช้ปูนซีเมนต์ในการผลิตคอนกรีตจากการดำเนินโครงการ
วิธีการติดตามผล	
ความถี่ในการติดตามผล	การตรวจสอบอย่างต่อเนื่อง และการบันทึกรายเดือนเป็นอย่างน้อย

พารามิเตอร์	$EC_{Capt,PJ,y}$, $EC_{LQ,PJ,y}$, $EC_{Trans,PJ,y}$, $EC_{Evap,PJ,y}$, $EC_{MineralC,PJ,y}$ และ $EC_{Trans,OB,PJ,y}$
หน่วย	kWh/year
ความหมาย	$EC_{Capt,PJ,y}$ คือปริมาณการใช้ไฟฟ้าในกระบวนการดักจับ แยก CO_2 ออกจากก๊าซอื่น และรวบรวม CO_2 ในปี y $EC_{Liq,PJ,y}$ คือปริมาณการใช้ไฟฟ้าในกระบวนการเตรียม CO_2 ในสถานะของเหลวในปี y $EC_{Trans,PJ,y}$ คือปริมาณการใช้ไฟฟ้าในกระบวนการขนส่ง CO_2 ในปี y $EC_{Evap,PJ,y}$ คือปริมาณการใช้ไฟฟ้าในกระบวนการเตรียม CO_2 ในสถานะไอ ในปี y $EC_{MineralC,PJ,y}$ คือปริมาณการใช้ไฟฟ้าในกระบวนการทำให้เป็นแร่ (Mineral carbonation) ในปี y $EC_{Trans,OB,PJ,y}$ คือปริมาณการใช้ไฟฟ้าจากการขนส่งวัสดุส่วนผสมในการทำคอนกรีตนอกขอบเขตโครงการ ในปี y
แหล่งข้อมูล	บันทึกข้อมูลจากโครงการ
วิธีการติดตามผล	ตรวจวัดปริมาณไฟฟ้าสำหรับใช้ในกระบวนการที่เกี่ยวข้องโดยใช้เครื่องมือตรวจวัด เช่น kWh meter ฯลฯ หรือบันทึกจากเอกสารการซื้อไฟฟ้ารายเดือน เช่น ใบเสร็จรับเงิน ฯลฯ ทั้งนี้เครื่องมือตรวจวัดต้องได้รับการสอบเทียบโดยหน่วยงานที่ได้รับการรับรองตามข้อกำหนดของผู้ผลิต
ความถี่ในการติดตามผล	การตรวจสอบอย่างต่อเนื่อง และการบันทึกรายเดือนเป็นอย่างน้อย

พารามิเตอร์	$EF_{Elec,y}$
หน่วย	tCO_2/MWh
ความหมาย	ค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการผลิต/ใช้ไฟฟ้า ในปี y
แหล่งข้อมูล	รายงานค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการผลิต/ใช้พลังงานไฟฟ้า (Emission Factor) สำหรับโครงการและกิจกรรมลดก๊าซเรือนกระจกที่ประกาศโดย อบก.
วิธีการติดตามผล	**<u>สำหรับการจัดทำเอกสารข้อเสนอโครงการ</u>** ให้ใช้ค่า $EF_{Elec,y}$ ล่าสุดที่ อบก. ประกาศ **<u>สำหรับการติดตามผลการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก</u>** ให้ใช้ค่า $EF_{Elec,y}$ ที่ อบก. ประกาศตามปี พ.ศ. ของช่วงระยะเวลาที่ขอรับรองคาร์บอนเครดิต ทั้งนี้กรณีที่ปี พ.ศ. ของช่วงระยะเวลาที่ขอรับรองคาร์บอนเครดิตนั้นยังไม่มีค่า $EF_{Elec,y}$ ที่ อบก. ประกาศ ให้ใช้ค่า $EF_{Elec,y}$ ล่าสุดที่ อบก. ประกาศแทนในปีนั้น

พารามิเตอร์	TDL_y
หน่วย	-

ความหมาย	สัดส่วนค่ากำลังไฟฟ้าสูญเสียในโครงข่ายไฟฟ้าสำหรับการจ่ายไฟฟ้าไปยังจุดใช้ไฟฟ้าในปี y
แหล่งข้อมูล	ทางเลือกที่ 1 รายงานการตรวจวัด กรณีที่มีข้อมูลปริมาณไฟฟ้าที่ออกจากผู้ผลิตและปริมาณไฟฟ้าที่ผู้ใช้ไฟฟ้าได้รับ ทางเลือกที่ 2 ใช้ค่าล่าสุดที่ อบก. ประกาศ (ค่าเท่ากับ 0.0596) ซึ่งอ้างอิงข้อมูลจากรายงานดุลยภาพพลังงานของประเทศไทย ปี พ.ศ. 2566 กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน
วิธีการติดตามผล	1) ถ้าใช้ทางเลือกที่ 1 ผู้พัฒนาโครงการจะต้องมีการติดตามค่าดังกล่าวทุกปีตลอดการติดตามผลการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก 2) ถ้าใช้ทางเลือกที่ 2 ผู้พัฒนาโครงการจะต้องใช้ค่านี้ตลอดการติดตามผลการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก
ความถี่ในการติดตามผล	กำหนดหนึ่งครั้งในปีแรกของรอบระยะเวลาคิดคาร์บอนเครดิต

พารามิเตอร์	$\eta_{IPS,y}$
หน่วย	-
ความหมาย	ค่าประสิทธิภาพเฉลี่ยรายปีของโรงไฟฟ้าในปี y (ค่าอยู่ระหว่าง 0 – 1)
แหล่งข้อมูล	รายงานการตรวจวัดและการทำดุลพลังงาน (Energy balance) ของโรงไฟฟ้า
วิธีการติดตามผล	วัดโดยใช้เครื่องมือตรวจวัดของโรงไฟฟ้า ประกอบด้วย • ปริมาณไฟฟ้า • ปริมาณและค่าความดันของไอน้ำ • ปริมาณและอุณหภูมิของไอเสียจากปล่อง • มวลหรือปริมาตรของเชื้อเพลิงฟอสซิลที่ใช้
ความถี่ในการติดตามผล	-

พารามิเตอร์	$TFC_{IPS,y}$
หน่วย	unit/year
ความหมาย	ปริมาณการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิลทั้งหมดของโรงไฟฟ้าที่ซื้อไฟฟ้าและ/หรือไอน้ำมาใช้ในปี y
แหล่งข้อมูล	รายงานการตรวจวัดและรายการบันทึกของโรงไฟฟ้า
วิธีการติดตามผล	วัดมวลหรือปริมาตรของเชื้อเพลิงโดยใช้เครื่องมือตรวจวัดของโรงไฟฟ้า
ความถี่ในการติดตามผล	การตรวจสอบอย่างต่อเนื่อง และการบันทึกรายเดือนเป็นอย่างน้อย

พารามิเตอร์	$HC_{Capt,PJ,y}$ และ $HC_{Evap,PJ,y}$
หน่วย	MJ/year
ความหมาย	$HC_{Capt,PJ,y}$ คือปริมาณความร้อนที่ใช้ในกระบวนการดักจับ แยก CO_2 ออกจากก๊าซอื่นและรวบรวม CO_2 ในปี y $HC_{Evap,PJ,y}$ คือปริมาณความร้อนที่ใช้ในกระบวนการเตรียม CO_2 ในสถานะไอ ในปี y
แหล่งข้อมูล	รายงานการตรวจวัดและรายการบันทึก

เอกสารฉบับนี้ใช้สำหรับการพิจารณาเท่านั้น ไม่สามารถใช้อ้างอิงได้

วิธีการติดตามผล	วัดปริมาณและความดันไอน้ำสำหรับใช้ในกระบวนการดักจับและแยก CO_2 ออกจากก๊าซ โดยใช้เครื่องมือตรวจวัด และคำนวณหาค่าปริมาณความร้อน หรือบันทึกจากเอกสารการซื้อไอน้ำรายเดือน เช่น ใบเสร็จรับเงิน ฯลฯ ทั้งนี้เครื่องมือตรวจวัดต้องได้รับการสอบเทียบโดยหน่วยงานที่ได้รับการรับรองตามข้อกำหนดของผู้ผลิต
ความถี่ในการติดตามผล	การตรวจสอบอย่างต่อเนื่อง และการบันทึกรายเดือนเป็นอย่างน้อย

พารามิเตอร์	$HG_{IPS,y}$
หน่วย	MJ/year
ความหมาย	ปริมาณความร้อนทั้งหมดที่ผลิตได้ของโรงไฟฟ้าที่ซื้อไฟฟ้าและ/หรือไอน้ำมาใช้ ในปี y
แหล่งข้อมูล	รายงานการตรวจวัดและรายการบันทึกของโรงไฟฟ้า
วิธีการติดตามผล	วัดปริมาณและค่าความดันของไอน้ำโดยใช้เครื่องมือตรวจวัดของโรงไฟฟ้า
ความถี่ในการติดตามผล	-

พารามิเตอร์	$EG_{IPS,y}$
หน่วย	kWh/year
ความหมาย	ปริมาณไฟฟ้าทั้งหมดที่ผลิตได้ของโรงไฟฟ้าที่ซื้อไฟฟ้าและ/หรือไอน้ำมาใช้ ในปี y
แหล่งข้อมูล	รายงานการตรวจวัดและรายการบันทึกของโรงไฟฟ้า
วิธีการติดตามผล	ตรวจวัดปริมาณไฟฟ้าโดยใช้เครื่องมือตรวจวัดของโรงไฟฟ้า
ความถี่ในการติดตามผล	-

พารามิเตอร์	$Q_{c,Solvent,PJ,s,y}$
หน่วย	ton of C
ความหมาย	ปริมาณคาร์บอน (C) ในสารละลายประเภท s สำหรับผสมคอนกรีตจากการดำเนินโครงการ ในปี y
แหล่งข้อมูล	บันทึกข้อมูลจากโครงการ
วิธีการติดตามผล	ผลการวิเคราะห์ปริมาณของคาร์บอนในตัวอย่างคอนกรีตประเภท n ในกรณีฐาน ผ่านทางใช้เครื่องมือหรือเทคนิคการวิเคราะห์ทางวิทยาศาสตร์ที่น่าเชื่อถือ
ความถี่ในการติดตามผล	การสุ่มตรวจอย่างน้อยปีละครั้ง สำหรับแต่ละชนิดของคอนกรีต

พารามิเตอร์	$FC_{Solvent,s,y}$
หน่วย	ton of Solvent/year
ความหมาย	ปริมาณการใช้สารสะลายประเภท s ในปี y
แหล่งข้อมูล	บันทึกค่าปริมาณการใช้สารละลายสำหรับการผลิตคอนกรีต
วิธีการติดตามผล	ตรวจสอบผ่านความสัมพันธ์ของปริมาตรการใช้สารละลายกับปริมาณคอนกรีตที่ผลิตได้
ความถี่ในการติดตามผล	การสุ่มตรวจอย่างน้อยปีละครั้ง สำหรับแต่ละชนิดของคอนกรีต

ร่างเอกสารประกอบความเห็นเท่านั้น ไม่สามารถใช้อ้างอิงได้

9.3 พารามิเตอร์ที่ไม่ต้องติดตามผล

พารามิเตอร์	$Q_{C,BL,Test,i}$
หน่วย	gram of C/gram of project tested concrete
ความหมาย	ค่าเฉลี่ยของปริมาณคาร์บอนในตัวอย่างคอนกรีตประเภท i ในกรณีฐาน
แหล่งข้อมูล	ผลการวิเคราะห์ปริมาณของคาร์บอนในตัวอย่างคอนกรีตประเภท i ในกรณีฐาน ผ่านทางใช้เครื่องมือหรือเทคนิคการวิเคราะห์ทางวิทยาศาสตร์ที่น่าเชื่อถือ
ค่าที่นำไปใช้	-

พารามิเตอร์	R
หน่วย	$m^3 \cdot bar \cdot K^{-1} \cdot mol^{-1}$
ความหมาย	ค่าคงที่ของก๊าซ
แหล่งข้อมูล	ค่าการคำนวณทางทฤษฎี
ค่าที่นำไปใช้	8.314472×10^{-5}

พารามิเตอร์	$Q_{Cement,BL,test,i}$
หน่วย	gram of cement
ความหมาย	ปริมาณปูนซีเมนต์ไฮดรอลิกที่ถูกใช้ในการผลิตตัวอย่างคอนกรีตประเภท I จากกรณีฐาน
แหล่งข้อมูล	**ทางเลือกที่ 1** ค่าอ้างอิงจากการบันทึกค่าจากการใช้ปูนซีเมนต์ที่ใช้ในการผลิตตัวอย่างคอนกรีตในกรณีฐานของโรงงาน **ทางเลือกที่ 2** ค่าอ้างอิงสัดส่วนมาตรฐานสำหรับการผลิตคอนกรีตในการดำเนินโครงการ ตามที่คุณภาพที่ผู้ที่ดูแลกำหนด
ค่าที่นำไปใช้	-

พารามิเตอร์	EF_{HC}
หน่วย	tCO_2eq/ton of cement
ความหมาย	ค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการผลิตปูนซีเมนต์ไฮดรอลิก
แหล่งข้อมูล	สมาคมอุตสาหกรรมปูนซีเมนต์ไทย www.thaicma.or.th
ค่าที่นำไปใช้	0.871 tCO_2/t cement

พารามิเตอร์	$EF_{Cement,j}$
หน่วย	tCO_2eq/ton of cement
ความหมาย	ค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของปูนซีเมนต์ประเภท j จากการดำเนินโครงการ
แหล่งข้อมูล	สมาคมอุตสาหกรรมปูนซีเมนต์ไทย www.thaicma.or.th
ค่าที่นำไปใช้	กรณี 1 ใช้ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ (ค่าเท่ากับ 910 $kgCO_2$ /t cement) กรณี 2 ใช้ปูนซีเมนต์ไฮดรอลิก (ค่าเท่ากับ 871 $kgCO_2$ /t cement)

ร่างประกาศ อบก. ฉบับปรับปรุงครั้งที่ 1 ปี 2564 ยังไม่สามารถใช้อ้างอิงได้

พารามิเตอร์	Molar mass of C in $solvent_s$
หน่วย	gram
ความหมาย	มวลของคาร์บอนใน 1 โมล (mol) ของสารละลายประเภท s
แหล่งข้อมูล	การคำนวณมวลโมเลกุลผ่านสมการเคมีและตารางธาตุ โดยพิจารณาเฉพาะคาร์บอน
ค่าที่นำไปใช้	-

พารามิเตอร์	Total molar mass of $solvent_s$
หน่วย	gram
ความหมาย	มวลของสารละลายประเภท s จำนวน 1 โมล
แหล่งข้อมูล	การคำนวณมวลโมเลกุลผ่านสมการเคมีและตารางธาตุ
ค่าที่นำไปใช้	-

พารามิเตอร์	$\rho_{Solvent,S}$
หน่วย	kg/Liter หรือ kg/dm^3
ความหมาย	ความหนาแน่นของสารละลายประเภท s
แหล่งข้อมูล	คำอธิบายหรือฉลากสินค้า (สารเคมี)
ค่าที่นำไปใช้	-

พารามิเตอร์	$EF_{SOLVENT,s,y}$
หน่วย	tCO_2eq/ton of Solvent
ความหมาย	ค่า Emission factor สำหรับสารละลายประเภท s
แหล่งข้อมูล	ข้อมูล Carbon Footprint of Product (CFP) ของสารละลาย
ค่าที่นำไปใช้	-

10. เอกสารอ้างอิง

1. Verified Carbon Standard
   VCS Methodology: VM0032 CO_2 Utilization in Concrete Production, Version 1.0, 5 April 2021
2. Gold Standard
   Methodology: Carbon sequestration through accelerated carbonation of concrete aggregate, Version 1.0, 7-03-2022
3. Al-Mamoori, A., Krishnamurthy, A., Rownaghi, A. A., & Rezaei, F. (2017). Carbon capture and utilization update. Energy Technology, 5(6), 834-849.
4. Hunt AJ, Sin EHK, Marriott R, Clark JH. Generation, capture, and utilization of industrial carbon dioxide. ChemSusChem 2010;3:306–22. https://doi.org/10.1002/cssc.200900169.

ใช้สำหรับการประชุมรับฟังความคิดเห็นเท่านั้น ยังไม่สามารถใช้อ้างอิงได้

5. Ravikumar, D., Zhang, D., Keoleian, G., Miller, S., Sick, V., & Li, V. (2021). Carbon dioxide utilization in concrete curing or mixing might not produce a net climate benefit. Nature communications, 12(1), 855.
6. Monkman, S. (2018). Sustainable ready mixed concrete production using waste CO_2: A case study. *Am. Concr. Ins*, *330*, 163-174
7. Initiative, C. S. (2009). Cement industry energy and CO_2 performance: getting the numbers right. *World Business Council for Sustainable Development*.

ใช้สำหรับการประชุมรับฟังความเห็นเท่านั้น ยังไม่สามารถใช้อ้างอิงได้

บันทึกการแก้ไข T-VER-P-METH-14-02

ฉบับที่	แก้ไขครั้งที่	วันที่บังคับใช้	รายการแก้ไข
01	-		การเริ่มใช้ครั้งแรก

ใช้สำหรับการประชุมรับฟังความเห็นเท่านั้น ยังไม่สามารถใช้อ้างอิงได้