

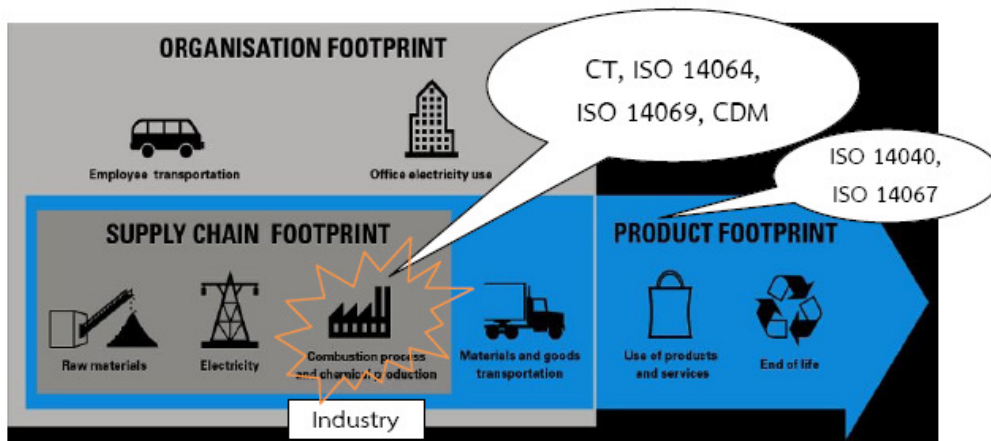
แนวคิดการบริหารจัดการสิ่งแวดล้อม เพื่อลดการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก

จากการศึกษาวิจัยที่ผ่านมา¹ เป็นที่แน่ชัดว่าอุตสาหกรรมเหมืองแร่เป็นอุตสาหกรรมหนึ่งที่มีส่วนสำคัญที่ก่อให้เกิดภาวะก๊าซเรือนกระจก และเป็นอุตสาหกรรมประเภทหนึ่งที่อยู่ในข่ายที่ดำเนินโครงการกลไกการพัฒนาที่สะอาดตามพิธีสารเกียวโต ดังนั้นการดำเนินการบริหารจัดการด้านสิ่งแวดล้อมอย่างมีประสิทธิภาพนี้ นอกจากจะก่อให้เกิดประโยชน์คุ้มค่าในการรักษาสิ่งแวดล้อม ช่วยลดภาวะก๊าซเรือนกระจกแล้วยังสามารถให้ผลตอบแทนด้านเศรษฐศาสตร์ในรูปแบบของการขายคาร์บอนเครดิตได้อีกด้วย ซึ่งปัจจุบันแนวคิดการลดก๊าซเรือนกระจกนี้เป็นที่ยอมรับในระดับสากลแล้วว่า นอกจากจะสามารถช่วยลดผลกระทบโลกร้อน ซึ่งเป็นปัญหาสำคัญของโลกแล้ว ยังสามารถนำไปใช้ในการวิเคราะห์เพื่อใช้ในการปรับปรุงประสิทธิภาพและลดต้นทุนด้านอื่นๆ ขององค์กรได้อีกด้วย เช่น การปรับปรุงกระบวนการผลิต เพื่อลดการใช้พลังงานไฟฟ้าและเชื้อเพลิง การปรับปรุงการขนส่งเพื่อลดการใช้น้ำมัน รวมถึงนำผลการลดก๊าซเรือนกระจกที่ได้ไปช่วยในด้านการส่งเสริมการตลาด และช่วยในการสร้างภาพลักษณ์ที่ดีต่อสังคม เป็นต้น ด้วยเหตุนี้การบริหารจัดการด้านสิ่งแวดล้อมจึงเป็นกลไกสำคัญของอุตสาหกรรมเหมืองแร่ในการปรับปรุงพัฒนาอย่างยั่งยืน

สำหรับแนวคิดและมาตรฐานสากลต่างๆ ที่สามารถช่วยให้การบริหารจัดการด้านสิ่งแวดล้อมเกิดการลดการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้นั้น ทุกๆ แนวคิดจะมีความสัมพันธ์กันตลอดวัฏจักรชีวิตทั้งภายในและภายนอกองค์กร ซึ่งตัวอย่างเครื่องมือที่สามารถนำมาส่งเสริมแนวคิดในการลดก๊าซเรือนกระจกของภาคอุตสาหกรรมเหมืองแร่ได้นั้น แสดงได้ดังรูปที่ 1²

¹ สำนักบริหารสิ่งแวดล้อม กรมอุตสาหกรรมพื้นฐานและการเหมืองแร่. คู่มือการดำเนินโครงการกลไกการพัฒนาที่สะอาด (CDM) สำหรับอุตสาหกรรมเหมืองแร่. 2553

² ดัดแปลงจาก <http://www.sustainability.sgs.com/consumergoods/carbon-footprint.htm>



รูปที่ 1 แนวคิดการบริหารจัดการสิ่งแวดล้อมเพื่อลดการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก

- **หลักการเทคโนโลยีสะอาด (Cleaner Technology: CT)** เป็นการลดมลพิษที่แหล่งกำเนิด และให้มีของเสียเกิดขึ้นน้อยที่สุดหรือไม่มีเลย ด้วยการเปลี่ยนวัตถุดิบ การใช้ซ้ำและการนำกลับมาใช้ใหม่ เพื่อให้การใช้วัตถุดิบ พลังงาน และทรัพยากรธรรมชาติเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ ก่อให้เกิดผลกระทบ ความเสี่ยง ต่อมมนุษย์และสิ่งแวดล้อมน้อยที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้
- **การประเมินวัฏจักรชีวิต (Life cycle assessment/Life cycle analysis: LCA)** ตามมาตรฐาน ISO 14040: 2006 (Environmental management -- Life cycle assessment -- Principles and framework) เป็นเครื่องมือในการประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมที่สามารถบ่งบอกถึงสาเหตุที่แท้จริงของปัญหาได้อย่างถูกต้องที่ครอบคลุมทุกขั้นตอนตลอดวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ ตั้งแต่การได้มาซึ่งวัตถุดิบ การผลิต การขนส่ง และจำหน่าย การใช้ และการจัดการซากหลังหมดอายุการใช้งาน รวมทั้งสามารถนำไปสนับสนุนการตัดสินใจในการปรับปรุงแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นได้ ปัจจุบันการศึกษา LCA ของอุตสาหกรรมเหมือง



แรงแนนมีผู้วิจัยไว้พอสมควร เช่น Durucan et al. (2006)³, Kwame and Akim (2011)⁴ เป็นต้น

- *คาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์ (ISO 14067: Carbon footprint of products)* หมายถึง ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ปล่อยออกมาจากผลิตภัณฑ์แต่ละหน่วยตลอดวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ ตั้งแต่การได้มาซึ่งวัตถุดิบ การขนส่ง การประกอบขึ้น ส่วน การใช้งาน และการจัดการซากผลิตภัณฑ์หลังใช้งาน โดยคำนวณออกมาในรูปของคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า
- *คาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กร (ISO/WD TR 14069 GHG -- Quantification and reporting of GHG emissions for organizations (Carbon footprint of organization)* เป็นวิธีการประเมินปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ปล่อยออกมาจากกิจกรรมทั้งหมดขององค์กร และคำนวณออกมาในรูปตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า

โดยการวัดคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กรเป็นการคำนวณหาปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นทั้งหมด โดยพิจารณาจาก 3 ส่วนหลัก หรือเรียกว่า Scope ดังนี้

Scope I: การคำนวณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ทางตรง (Direct Emissions) จากกิจกรรมต่างๆ ขององค์กรโดยตรง เช่น การใช้ LPG และเชื้อเพลิงอื่นๆ ในห้อง Lab การใช้สารเคมีต่างๆ อาทิ สารทำความสะอาด สารในห้องปฏิบัติการ สารเคมีในระบบบำบัดน้ำเสีย หรือการขนส่งโดยพาหนะขององค์กร เป็นต้น

Scope II: การคำนวณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ทางอ้อมจากการใช้พลังงาน (Energy Indirect Emissions) ได้แก่ การใช้กระแสไฟฟ้าที่ไม่ได้ผลิตเอง

³ Durucan et al. (2006). Mining life cycle modeling: a cradle-to-gate approach to environmental management in the minerals industry. J Clean Prod.14:1057–1070.

⁴ Kwame, A., Akim, A., 2011. Application of life cycle assessment in the mining industry. Int J Life Cycle Assess, 16:82–89.



Scope III: การคำนวณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ทางอ้อมด้านอื่นๆ (Other Indirect Emissions) เช่น การเดินทางของพนักงานด้วยพาหนะที่ไม่ใช่ขององค์กร การใช้วัสดุอุปกรณ์ต่างๆ หรือการใช้น้ำ เป็นต้น

- กลไกการพัฒนาที่สะอาด (Clean Development Mechanism: CDM) เป็นระบบการจัดการอย่างหนึ่งในพิธีสารเกียวโต ซึ่งอนุญาตให้ประเทศอุตสาหกรรมที่ให้คำมั่นสัญญาในการลดการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก สามารถไปลงทุนหรือซื้อขายโครงการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกกับประเทศกำลังพัฒนาซึ่งจะถูกกว่าได้ โดยกลไกการพัฒนาที่สะอาดนี้เปรียบเสมือนแรงจูงใจให้ผู้ประกอบการอุตสาหกรรมหันมาสนใจการปล่อยก๊าซเรือนกระจกให้ลดลง เพื่อทำกำไรทางด้านเศรษฐศาสตร์

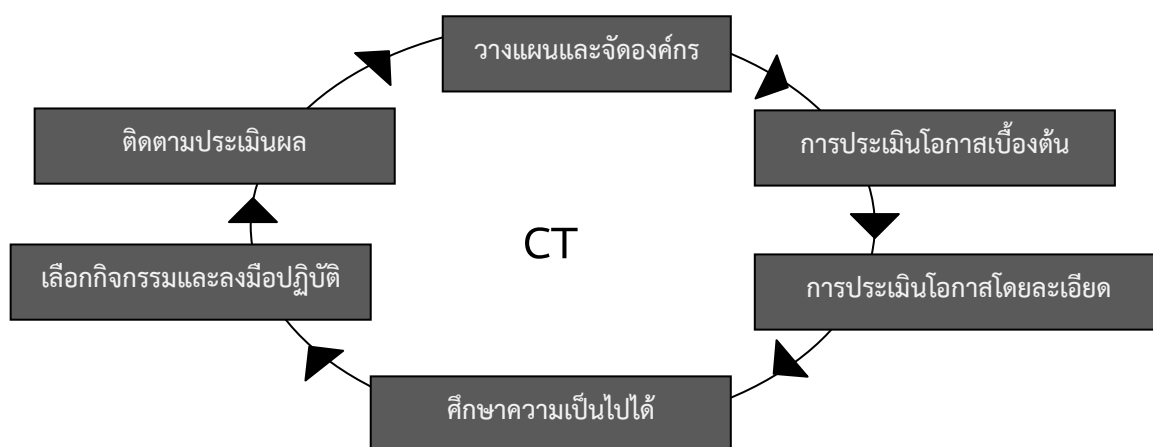
โดยรายละเอียดของแต่ละเครื่องมือมีดังต่อไปนี้



1 เทคโนโลยีสะอาด (Clean Technology: CT)

เทคโนโลยีสะอาด (Clean Technology: CT) คือ การพัฒนาเปลี่ยนแปลง ปรับปรุงอย่างต่อเนื่องของกระบวนการผลิตหรือการบริการ โดยก่อให้เกิดผลกระทบหรือ ความเสี่ยงที่เกิดขึ้นต่อมนุษย์และสิ่งแวดล้อมน้อยที่สุดเท่าที่จะทำได้ในขณะนั้น โดยมีความ คุ่มค่าทางเศรษฐศาสตร์ ด้วยวิธีการลดมลพิษจากแหล่งกำเนิด การใช้ซ้ำ และการนำกลับมา ใช้ใหม่ มุ่งเน้นการจัดการสิ่งแวดล้อมด้วยหลักการของการลดมลพิษที่แหล่งกำเนิด ด้วย วิธีการบริหารจัดการการใช้ทรัพยากรการผลิตให้คุ้มค่าหรือเกิดประโยชน์สูงสุด โดยคำนึงถึง ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์เป็นอันดับแรก โดยมีหลักการการตรวจสอบและประเมินผล กระบวนการผลิต เพื่อระบุแหล่งที่เกิดปัญหา สาเหตุของปัญหา และการค้นหาคำตอบเพื่อ แก้ปัญหานั้น ซึ่งหลักการดังกล่าวจะนำมาเป็นวิธีการปฏิบัติงานขององค์กรนั้นๆ เพื่อให้การ ทำ CT ในองค์กรประสบผลสำเร็จ

สำหรับการดำเนินการป้องกันมลพิษในสถานประกอบการให้ประสบความสำเร็จและมี ประสิทธิภาพ ประกอบด้วย 6 ขั้นตอน คือ การวางแผนและจัดตั้งองค์กร การตรวจประเมิน เบื้องต้น การประเมินโอกาสโดยละเอียด การศึกษาความเป็นไปได้ การลงมือปฏิบัติ และการ ตรวจติดตามประเมินผล (รูปที่ 2) ซึ่งแต่ละขั้นตอนประกอบด้วยงานที่ต้องทำต่างๆ ดังตาราง ที่ 1



รูปที่ 2 แสดงขั้นตอนการนำเทคโนโลยีสะอาดไปใช้

ตารางที่ 1 ขั้นตอนการดำเนินการเทคโนโลยีสะอาดและกิจกรรมที่ต้องดำเนินการ

ขั้นตอน	งานที่ทำ
1. การวางแผนและจัดตั้งองค์กร	- การสร้างแรงจูงใจและการสนับสนุนจากผู้บริหาร - การจัดตั้งทีมงานป้องกันมลพิษ (ทีม CT) - การกำหนดนโยบายและเป้าหมายของการทำ CT - บ่งชี้ปัญหา/อุปสรรค และหาแนวทางแก้ไข
2. การตรวจประเมินเบื้องต้น	- เก็บรวบรวมข้อมูล/จัดทำแผนผังกระบวนการผลิต - ประเมินมวลและพลังงานที่เข้า - ออกโดยรวม - กำหนดพื้นที่หรือบริเวณในการประเมินโดยละเอียด
3. การประเมินโอกาสโดยละเอียด	- ประเมินและจัดทำสมดุลมวลสารโดยละเอียด - วิเคราะห์หาจุดที่เป็นแหล่งกำเนิด/สาเหตุของการสูญเสีย - ทำรายการทางเลือกทั้งหมด - ประเมินโอกาสหรือทางเลือกที่เป็นไปได้
4. การศึกษาความเป็นไปได้	- ประเมินความเป็นไปได้เบื้องต้น - ประเมินความเป็นไปได้ทางเทคนิค - ประเมินความเป็นไปได้ทางเศรษฐศาสตร์ - ประเมินผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม - คัดเลือกและจัดลำดับโอกาส CT
5. การลงมือปฏิบัติ	- ทำแผนการปฏิบัติสำหรับกิจกรรม CT - ดำเนินงานตามแผนกิจกรรม CT
6. ติดตามประเมินผล	- การจัดทำระบบการติดตามประเมินผลการปฏิบัติงาน - วิเคราะห์ปัญหา/อุปสรรค - การดำเนินการอย่างต่อเนื่อง



เทคโนโลยีที่สำคัญต่อการลดมลภาวะที่เกิดจากการนำถ่านหินมาใช้ประโยชน์ คือ เทคโนโลยีถ่านหินสะอาด ซึ่งเป็นเทคโนโลยีที่พัฒนาขึ้นเพื่อลดปริมาณมลพิษที่เกิดจากการใช้ถ่านหิน โดยมีการจัดการถ่านหินก่อนนำมาใช้ และใช้ให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมน้อยที่สุด เทคโนโลยีเหล่านี้มีความสำคัญไม่เพียงต่อสิ่งแวดล้อม แต่ยังช่วยเปลี่ยนทัศนคติที่ไม่ดีต่อการนำถ่านหินมาใช้ประโยชน์ได้อีกด้วย เทคโนโลยีหลักๆ ที่นำมาใช้ ได้แก่ เทคโนโลยีถ่านหินสะอาดก่อนการเผาไหม้ (Pre-combustion) เทคโนโลยีถ่านหินสะอาดขณะเผาไหม้ (Combustion) หรือเมื่อนำมาใช้ประโยชน์ และเทคโนโลยีถ่านหินสะอาดหลังการเผาไหม้ (Post-combustion)

1.1 เทคโนโลยีถ่านหินสะอาดก่อนการเผาไหม้ (Pre-combustion)

เทคโนโลยีถ่านหินสะอาดก่อนการเผาไหม้ (Pre-combustion) เป็นเทคโนโลยีที่นำถ่านหินมาผ่านกระบวนการเพื่อลดปริมาณเถ้าและกำมะถัน ในขณะเดียวกันก็ได้เพิ่มค่าความร้อนของถ่านหินก่อนนำมาเผาไหม้ กระบวนการต่างๆ เหล่านี้ เริ่มตั้งแต่การทำความสะอาดถ่านหินทางกายภาพ การทำความสะอาดทางเคมี และการทำความสะอาดทางชีวภาพซึ่งเพิ่งเริ่มต้นได้ไม่นานนี้

- (1) การทำความสะอาดทางกายภาพ คือ การแยกสารที่ไม่ต้องการ เช่น ผุ่บดของดิน หิน และสารประกอบอนินทรีย์ เช่น กำมะถันอนินทรีย์ที่มีเหล็กเป็นส่วนประกอบออกจากเนื้อถ่านหิน เมื่อนำถ่านหินมาบดแล้วล้างผ่านน้ำ สารต่างๆ ที่ไม่ต้องการจะถูกแยกออกมาจากเนื้อถ่านหิน ในปัจจุบันนั้นถ่านร้อยละ 90 ของไพไรติกซัลเฟอร์ (Pyritic sulfur) ซึ่งมีส่วนประกอบของเหล็กถูกกำจัดออกไป
- (2) การทำความสะอาดถ่านหินโดยวิธีการทางเคมี คือ การกำจัดกำมะถันอินทรีย์ซึ่งไม่สามารถกำจัดได้ทางกายภาพโดยอาศัยการทำปฏิกิริยากับผงถ่านหิน ซึ่งไม่สามารถกำจัดได้ด้วยวิธีการทำความสะอาดทางกายภาพ วิธีการทางเคมีดังกล่าว เช่น Molten Caustic Leaching
- (3) การทำความสะอาดโดยวิธีทางชีวภาพ คือ การใช้เทคโนโลยีโดยอาศัยสิ่งมีชีวิต เช่น แบคทีเรีย และเชื้อราบางชนิดที่ใช้กำมะถันเป็นอาหารมากำจัดกำมะถันใน



ถ่านหิน นอกจากนี้ยังสามารถนำถ่านหินคุณภาพต่ำมาทำการปรับปรุงคุณภาพถ่านหินเพื่อให้ได้ถ่านหินที่มีค่าความร้อนสูงขึ้น และมีปริมาณกำมะถันลดลง

1.2 เทคโนโลยีถ่านหินสะอาดขณะเผาไหม้หรือเมื่อนำมาใช้ประโยชน์ (Combustion)

จุดมุ่งหมายของการทำพลังงานถ่านหินสะอาด คือ การทำให้การปล่อยมลพิษนั้นเป็นศูนย์ (Zero Emission) เทคโนโลยีเพื่อผลิตถ่านหินสะอาดมีหลายวิธี ได้แก่ Pulverized Fuel Combustion (PFC) Fluidized Bed Combustion (FBC) Integrated Gasification Combined Cycle (IGCC) และ Ultra Super Critical (USC)

(1) Pulverized Fuel Combustion (PFC) คือ วิธีการเผาไหม้ถ่านหินด้วยการบดถ่านหินให้มีขนาดเล็กมาก แล้วพ่นเข้าไปในเตาเผาพร้อมอากาศ เมื่อถ่านหินติดไฟจะให้ความร้อนแก่ม้ำไอ น้ำ ซึ่งไอน้ำจะไปหมุนกังหันของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ในปัจจุบันมีการพัฒนาเทคโนโลยีของเตาเผาทำให้ประสิทธิภาพในการเผาไหม้ถ่านหินเพิ่มขึ้นถึงประมาณร้อยละ 40 สำหรับ ระบบ Advanced Pulverized Coal ผงถ่านหินจะถูกเผาไหม้ในห้องเผาไหม้ของหม้อไอน้ำ และไอน้ำที่ได้นำไปขับกังหันไอน้ำ ประสิทธิภาพการกำเนิดไฟฟ้าขึ้นอยู่กับสภาพของไอน้ำ

(2) Fluidized Bed Combustion (FBC) คือ วิธีการเผาไหม้ถ่านหินด้วยการนำถ่านหินที่บดจนมีขนาดเล็กมากผสมกับหินปูนพ่นเข้าไปในหม้อไอน้ำพร้อมอากาศร้อน ถ่านหินและหินปูนที่พ่นเข้าไปจะแขวนลอยอยู่ในคลื่นอากาศร้อน โดยมีลักษณะคล้ายของเหลวเดือด ขณะที่ถ่านหินเผาไหม้ หินปูนจะทำหน้าที่คล้ายฟองน้ำดักจับกำมะถันที่เกิดขึ้น ความร้อนที่เกิดจากการเผาไหม้ถ่านหินจะนำมาต้มน้ำทำให้เกิดไอน้ำไปหมุนกังหันของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า กระบวนการนี้สามารถลดปริมาณกำมะถันที่จะถูกปล่อยออกมาจากการเผาไหม้ได้มากถึงร้อยละ 90 นอกจากนี้อุณหภูมิของหม้อไอน้ำที่ใช้กระบวนการนี้ยังต่ำกว่าอุณหภูมิที่ใช้ในวิธีการเดิม ประโยชน์ของการเผาไหม้ที่อุณหภูมิต่ำ คือ ลดปริมาณมลพิษที่เกิดจากไนโตรเจนในถ่านหิน สำหรับ Pressured Fluidized Bed Combustion เป็นการเผาไหม้ถ่านหินแบบ Fluidized Bed ภายใต้ความดันสูง ความร้อนที่ผลิตได้นำไปใช้ผลิต



ไอน้ำเพื่อขับเคลื่อนไอน้ำ ส่วนก๊าซร้อนที่ได้มีแรงดันและอุณหภูมิสูงสามารถนำไปขับเคลื่อนกังหันก๊าซเพื่อผลิตไฟฟ้าร่วม การผลิตพลังงานความร้อนร่วมแบบนี้มีประสิทธิภาพสูง และยังมี การพัฒนาระบบการเผาไหม้ถ่านหินแบบ Fluidized Bed ภายใต้ความดันสูง ชนิด ฟองอากาศ (Bubbling Type PFBC)

(3) Integrated Gasification Combined Cycle (IGCC) คือ การผสมผสาน ระหว่างเทคโนโลยีที่เปลี่ยนสถานะถ่านหินให้เป็นก๊าซ (Coal Gasification) กับ โรงไฟฟ้า พลังความร้อนร่วมกังหันก๊าซ (Gas Fired Combined Cycle Plant) เข้าด้วยกัน โดย กระบวนการเริ่มจากการนำถ่านหินไปผสมกับไอน้ำและออกซิเจน โดยใช้แรงดันและ อุณหภูมิสูงจนเกิดปฏิกิริยาทางเคมี จะได้ก๊าซที่มีส่วนประกอบของคาร์บอนมอนอกไซด์ และไฮโดรเจน ก๊าซที่นำมาใช้เป็นเชื้อเพลิงนี้ จะผ่านขั้นตอนในการทำให้สะอาด โดยสกัดฝุ่น ละออง กำมะถัน และไนโตรเจนออกไป ก่อนที่จะนำไปเผาไหม้ผ่านเครื่องกังหันก๊าซ เพื่อ หมุนเครื่องกำเนิดไฟฟ้า นอกจากนี้ ความร้อนหรือก๊าซเสียที่ออกมาจากเครื่องกังหันก๊าซ จะ นำไปใช้ให้ความร้อนแก่หม้อกำเนิดไอน้ำ เพื่อหมุนเครื่องกำเนิดไฟฟ้าได้อีกทอดหนึ่ง

(4) Ultra Super Critical (USC) คือ การใช้หม้อกำเนิดไฟฟ้าแรงดันสูง เพื่อกำจัด ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ปัจจุบันเทคโนโลยีดังกล่าวอยู่ระหว่างการพัฒนาประสิทธิภาพ การใช้งาน

1.3 เทคโนโลยีถ่านหินสะอาดหลังการเผาไหม้และป้องกันผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม (Post-combustion)

เป็นการกำจัดมลพิษที่เกิดจากการเผาไหม้และป้องกันผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม ซึ่ง จะเกี่ยวข้องกับกระบวนการที่เกิดขึ้นหลังจากถ่านหินเผาไหม้แล้ว เช่น เทคโนโลยีการดักจับ ฝุ่นที่เกิดขึ้นหลังจากการเผาไหม้ของเตาปฏิกรณ์ ได้แก่ การใช้หลักการไฟฟ้าสถิตในการดัก จับเถ้าลอย หรือใช้ไซโคลน (Cyclone) ในการแยกฝุ่นโดยใช้หลักของแรงเหวี่ยง หรืออาจใช้ อุปกรณ์ดักจับฝุ่นแบบถุงกรอง (Bag Filter) เทคโนโลยีการกำจัดก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ เทคโนโลยีการลดปริมาณก๊าซไนโตรเจนออกไซด์ในก๊าซทิ้ง เทคโนโลยีดังกล่าว ได้แก่



(1) Electrostatic Precipitator (ESP) คือ การดักจับฝุ่นด้วยการใช้ไฟฟ้าสถิตย์ดักจับเถ้าลอย โดยให้ฝุ่นละอองมีประจุไฟฟ้าขั้วหนึ่งและถังเก็บฝุ่นละอองมีประจุไฟฟ้าอีกขั้วหนึ่ง ระบบนี้มีประสิทธิภาพสูงในการดักจับฝุ่น หรือใช้ไซโคลน (Cyclone) ในการแยกฝุ่น โดยใช้หลักของแรงเหวี่ยงเพื่อให้ก๊าซเกิดการหมุนตัว ฝุ่นจะถูกแยกออกมา สามารถใช้ร่วมกับหม้อไอน้ำแบบ Fluidized Bed หรือกับหม้อไอน้ำแบบ Pulverized Coal นอกจากนี้อาจใช้อุปกรณ์ดักจับฝุ่นแบบถุงกรอง (Bag Filter) มีเทคโนโลยีหลักๆ คือ High Temperature ESP, Low temperature ESP และ Low Lower temperature ESP

(2) Flue Gas Desulfurization (FGD) คือ กระบวนการกำจัดก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ที่ออกมาพร้อมกับก๊าซทิ้ง เทคโนโลยีดังกล่าวมี 2 แบบหลักๆ คือ แบบเปียก (Wet Type) และแบบแห้ง (Dry Type) เทคโนโลยีแบบเปียกจะเป็นที่นิยมมาก ส่วนใหญ่ที่ใช้เป็นแบบ Limestone-gypsum คือ ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในก๊าซทิ้งจะทำปฏิกิริยากับของผสมระหว่างน้ำกับหินปูนที่ฉีดเข้าไปในระบบก๊าซทิ้งเกิดเป็นยิปซัม ซึ่งเป็นสารประกอบที่สามารถนำมาใช้ประโยชน์อื่นได้

(3) Flue Gas Denitrifier คือ ขบวนการกำจัดก๊าซไนโตรเจนออกไซด์ในก๊าซทิ้ง มีเทคโนโลยีหลักๆ คือ Selective Catalytic Reduction (SCR), Two Stage Combustion และ Low NO_x Burner แต่อย่างไรก็ตาม เทคโนโลยี SCR นิยมใช้กันแพร่หลายเนื่องจากมีประสิทธิภาพสูง กระบวนการคือ ใช้แอมโมเนียทำปฏิกิริยากับก๊าซไนโตรเจนออกไซด์ เกิดเป็นไนโตรเจนและน้ำ

1.4 เทคโนโลยีแปรสภาพถ่านหินสะอาด

นอกจากการทำเหมืองถ่านหินที่ทำกันมาเป็นระยะเวลานานตั้งแต่ในอดีต การวิจัยและพัฒนาเพื่อลดมลภาวะที่เกิดขึ้นจากการนำถ่านหินมาใช้ประโยชน์ โดยสามารถลดมลภาวะและเพิ่มความสะอาดต่อการขนส่ง เทคโนโลยีการแปรสภาพถ่านหิน ได้แก่ การแปรสภาพถ่านหินเป็นก๊าซ (Coal Gasification Technology) การแปรสภาพถ่านหินเป็นของเหลว (Coal Liquefaction Technology) ซึ่งมีคุณสมบัติใกล้เคียงกับน้ำมันดิบ การ



สังเคราะห์เชื้อเพลิงสะอาดจากก๊าซมีเทน (Dimethyl Ether) นอกจากนี้ยังมีเทคโนโลยีอื่นๆ เช่น การทำถ่านหินผสมน้ำ (Coal Liquid Mixture) เป็นต้น

(1) การแปรรูปถ่านหินเป็นก๊าซ (Coal Gasification Technology) คือ กระบวนการออกซิเดชันถ่านหินเพียงบางส่วน โดยถ่านหินจะทำปฏิกิริยากับก๊าซออกซิเจน หรืออากาศและไอน้ำ ภายใต้อุณหภูมิและความดันสูง ให้ก๊าซเชื้อเพลิง (Fuel Gas) ซึ่งประกอบด้วยไฮโดรเจนและคาร์บอนไดออกไซด์เป็นส่วนใหญ่ จากนั้นนำมาทำให้สะอาด โดยแยกสารประกอบที่ไม่ต้องการ ก่อนนำก๊าซไปใช้ในโรงไฟฟ้าแบบกังหันก๊าซร่วมกับกังหันไอน้ำ ซึ่งเรียกว่า โรงไฟฟ้า Integrated Gasification Combined Cycle (IGCC) และการผลิตไฟฟ้าพลังงานความร้อนร่วม โดยกระบวนการผลิตก๊าซจากถ่านหินและเซลล์เชื้อเพลิง (Integrated coal gasification fuel cell combined cycle Power Generation: IGFC) เป็นระบบการผลิตไฟฟ้าประสิทธิภาพสูงที่รวมกังหันก๊าซและไอน้ำ ประสิทธิภาพความร้อนสูงถึงร้อยละ 55 นอกจากนี้ ก๊าซที่ได้ยังสามารถนำมาใช้เป็นเชื้อเพลิง หรือเป็นสารตั้งต้นในการสังเคราะห์แอมโมเนีย เมทานอล หรือก๊าซไฮโดรเจน เทคโนโลยีที่ใช้ในการผลิตก๊าซเชื้อเพลิงแบ่งออกได้เป็น 3 ประเภทใหญ่ๆ คือ Entrained Flow Fluidised Bed และ Moving Bed การเลือกใช้ขึ้นอยู่กับคุณลักษณะของถ่านหิน และขนาดของโรงงาน นอกจากกระบวนการผลิตก๊าซเชื้อเพลิงในโรงงานแล้ว ยังสามารถผลิตก๊าซเชื้อเพลิงจากถ่านหินที่อยู่ใต้ดินซึ่งไม่คุ้มค่าต่อการขุดขึ้นมา กระบวนการนี้เรียกว่า Underground Gasification ซึ่งทำโดยการอัดไอน้ำและออกซิเจนเข้าไปในชั้นถ่านหินผ่านหลุมเจาะจากพื้นผิวดิน เมื่อชั้นถ่านหินบางส่วนติดไฟ ความร้อนที่เกิดขึ้นจากการเผาไหม้จะทำให้ถ่านหินที่เหลือผลิตก๊าซเชื้อเพลิง ก๊าซที่เกิดขึ้นจะผ่านขึ้นมาตามท่อ และนำไปแยกมลพิษออกก่อนที่จะนำไปใช้

(2) การแปรรูปถ่านหินเป็นของเหลว (Coal Liquefaction Technology) คือ การแปรรูปถ่านหินให้อยู่ในรูปเชื้อเพลิงเหลว (Liquid Fuel) โดยทั่วไปการผลิตเชื้อเพลิงเหลวจากถ่านหิน ทำได้โดยการแยกคาร์บอนออก หรือการเติมไฮโดรเจนเข้าไป กรณีแรกเรียกว่า Carbonisation หรือ Pyrolysis สำหรับการเติมไฮโดรเจน เรียกว่า Liquefaction เชื้อเพลิงเหลวที่ได้จากถ่านหิน สามารถนำมากลั่นในกระบวนการกลั่นน้ำมันได้น้ำมัน



สำหรับรถยนต์และผลิตภัณฑ์อื่นๆ เช่น พลาสติก และสารละลายต่างๆ (Solvent) กระบวนการผลิตเชื้อเพลิงเหลวสามารถแบ่งได้เป็น 2 วิธี คือ การผลิตเชื้อเพลิงเหลวโดยตรง (Direct Liquefaction) เป็นการแปรรูปถ่านหินเป็นเชื้อเพลิงเหลว โดยใช้กระบวนการเดียว (Single Process) และการผลิตเชื้อเพลิงเหลวโดยทางอ้อม (Indirect Liquefaction) เป็นการนำถ่านหินมาผ่านกระบวนการผลิตก๊าซเชื้อเพลิงก่อน จึงนำมาแปรรูปเป็นของเหลว

(3) การสังเคราะห์เชื้อเพลิงสะอาดจากก๊าซมีเทน (Dimethyl Ether: DME) คือ เทคโนโลยีสังเคราะห์เชื้อเพลิงสะอาด โดยนำก๊าซมีเทนที่ได้มาจากเหมืองถ่านหิน มาผ่านกระบวนการสังเคราะห์ให้ได้ผลิตภัณฑ์ใหม่ คือ DME ซึ่งมีคุณสมบัติเปรียบเสมือนกับ LPG (Liquefied Petroleum Gas) คาร์บอนไดออกไซด์ และเมทานอล

นอกจากนี้ได้มีการศึกษาพบว่า การแปรรูปถ่านหินให้เป็นก๊าซโดยกระบวนการ Gasification ทำให้สามารถนำก๊าซที่ได้ไปกำจัดกำมะถันออกก่อนที่จะเอาไปเผาไหม้ได้ ซึ่งเทคโนโลยีแบบนี้มีข้อดีอยู่หลายอย่าง ไม่ว่าจะเป็น ค่าใช้จ่ายในการกำจัดกำมะถันที่ต่ำลง ปริมาณของเสียจากการกำจัดก็น้อย และที่สำคัญคือ ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมน้อยลง นอกจากนี้ยังมีการศึกษาการแปรรูปถ่านหินให้อยู่ในรูปของของเหลว Liquefaction ซึ่งมีคุณสมบัติใกล้เคียงกับน้ำมันดิบอีกด้วย

ตัวอย่างเทคโนโลยีสะอาดในกระบวนการผลิตทองแดงจากการทำเหมืองแร่ในประเทศสหรัฐอเมริกา เช่น Solvent-extraction/electro-winning (SXEW) ซึ่งเป็นกรรมวิธีทางไฮโดรที่แตกต่างจากวิธีการดั้งเดิมของการผลิตทองแดงโดยการสีทองแดง หลอมและการกลั่น การพัฒนากระบวนการ SXEW ช่วยลดต้นทุนการผลิต ลดของเสียจากการทิ้งแร่ดิบของแร่ทองแดงที่ขุดจากเหมืองทองแดง นอกจากนี้ การพัฒนาด้านกลไกที่สะอาด (Clean Development Mechanism: CDM) ที่ใช้ถ่านหิน การระบายก๊าซมีเทนของเหมืองถ่านหินยังเป็นแหล่งต้นทุนเชื้อเพลิงในการผลิตพลังงานถ่านหินสะอาดที่มีประสิทธิภาพ การพัฒนาเทคโนโลยีการทำเหมืองแร่ใหม่จะช่วยในการลดต้นทุนการผลิต



การพัฒนาคุณภาพของโลหะและเหมืองแร่ และเพิ่มคุณภาพของสินค้าจากแร่ธาตุที่ขุดได้ โดยการลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม

ในประเทศไทยของเราก็มีการใช้เทคโนโลยีถ่านหินเหมือนกัน เช่น โรงไฟฟ้าแม่เมาะ จังหวัดลำปาง ที่ใช้เชื้อเพลิงจากถ่านหินลิกไนต์ ใช้เทคโนโลยีประเภทหลังการเผาไหม้แบบ Electrostatic Precipitator (ESP) และ Flue Gas Desulfurization (FGD) หรือที่โครงการโรงไฟฟ้ากระบี่ ก็ใช้เทคโนโลยีประเภทหลังการเผาไหม้แบบ FGD เหมือนกัน การที่จะเลือกใช้เทคโนโลยีประเภทใดนั้น ต้องคำนึงถึงผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมเป็นอันดับแรกก่อนเสมอ เราต้องหาความเหมาะสมระหว่างเทคโนโลยีกับคุณสมบัติของถ่านหินก่อน บางเทคโนโลยีใช้ได้กับถ่านหินคุณภาพต่ำและปานกลาง บางเทคโนโลยีใช้ได้กับถ่านหินคุณภาพสูงเท่านั้น เป็นต้น ดังนั้นการพัฒนาเทคโนโลยีการทำเหมืองแร่จะเป็นประโยชน์ต่อผู้ผลิตและผู้บริโภค รวมทั้งเป็นประโยชน์ต่อการพัฒนาเศรษฐกิจของประเทศให้เกิดความยั่งยืน



2 การประเมินวัฏจักรชีวิต (Life Cycle Assessment: LCA)

การประเมินวัฏจักรชีวิต (Life cycle assessment/Life cycle analysis: LCA) คือ กระบวนการวิเคราะห์และประเมินผลกระทบของผลิตภัณฑ์หรือบริการที่มีต่อสิ่งแวดล้อมระบบนิเวศ และสุขอนามัย โดยพิจารณาจากทรัพยากร พลังงานที่ใช้ และของเสียที่ปล่อยสู่สิ่งแวดล้อมในรูปแบบต่างๆ การประเมินวัฏจักรชีวิต จะแตกต่างจากเครื่องมือวิเคราะห์ผลกระทบสิ่งแวดล้อมอื่นตรงที่ไม่ได้พิจารณาที่ขั้นตอนใดขั้นตอนหนึ่ง เช่น เครื่องมือวิเคราะห์ผลกระทบสิ่งแวดล้อมส่วนใหญ่อาจเน้นไปที่กระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์หรือบริการที่อยู่ในความสนใจเพียงขั้นตอนเดียว แต่การประเมินวัฏจักรชีวิตจะพิจารณาครอบคลุมทุกขั้นตอนตลอดวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์หรือบริการ ตั้งแต่การได้มาซึ่งวัตถุดิบ (Raw materials acquisition) การผลิต (Manufacturing) การขนส่งและจำหน่าย (Distribution) การใช้หรือการบริโภค (Use) การใช้ซ้ำ (Reuse) การบำรุงรักษา (Maintenance) และการจัดการซากหลังหมดอายุการใช้งาน (Disposal) เปรียบเสมือนพิจารณาตั้งแต่การดึงเอาทรัพยากรจากธรรมชาติมาจนกระทั่งคืนวัสดุทั้งหมดสู่ธรรมชาติ อาจกล่าวได้ว่าพิจารณาผลิตภัณฑ์ตั้งแต่เกิดจนตาย (Cradle to grave) นั่นเอง ด้วยแนวคิดดังกล่าวทำให้ทราบถึงผลกระทบสิ่งแวดล้อมของผลิตภัณฑ์หรือกระบวนการผลิตตลอดวัฏจักรชีวิต เป็นการป้องกันการเคลื่อนย้ายของประเด็นปัญหาจากขั้นตอนหนึ่งไปยังอีกขั้นตอนหนึ่ง ซึ่งอยู่นอกขอบเขตการพิจารณาโดยปัญหาดังกล่าวอาจทำให้การตีความหรือแปลผลผิดพลาด ด้วยเหตุนี้การประเมินวัฏจักรชีวิตจึงเป็นวิธีประเมินผลกระทบที่สามารถบ่งบอกสาเหตุที่แท้จริงของปัญหาได้อย่างถูกต้อง ตลอดจนทำให้สามารถปรับปรุงแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นได้ครบทุกด้าน

2.1 ขั้นตอนการประเมินวัฏจักรชีวิต

การประเมินวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ประกอบด้วยขั้นตอนสำคัญ 4 ขั้นตอน คือ การกำหนดเป้าหมายและขอบเขต การวิเคราะห์บัญชีรายการข้อมูลสิ่งแวดล้อม การประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อม และการแปลผลและนำไปใช้ประโยชน์ โดยมีรายละเอียดแต่ละขั้นตอนดังนี้



1. การกำหนดเป้าหมายและขอบเขต (Goal and Scope Definition)

เป็นขั้นตอนแรกในกรอบการดำเนินงานของการประเมินวัฏจักรชีวิต เป็นการอธิบายถึงเป้าหมายและขอบเขตหน้าที่ของผลิตภัณฑ์ เป้าหมายการนำผลการศึกษาไปใช้ประโยชน์ ความสนใจที่เป็นพิเศษในการศึกษา กลุ่มเป้าหมายที่จะได้รับประโยชน์จากการศึกษาหรือกลุ่มเป้าหมายที่ต้องการจะสื่อสารข้อมูลการศึกษา รายละเอียดของระบบที่ศึกษา ขอบเขตช่วงเวลา ผลิตภัณฑ์เป้าหมายและหน่วยการทำงาน (Functional unit) ของผลิตภัณฑ์ที่จะทำการศึกษา กลุ่มผลกระทบที่ต้องการศึกษา ข้อมูลที่ต้องการ วิธีการเก็บข้อมูล ระดับความละเอียดของข้อมูล ตลอดจนสมมติฐานและข้อจำกัดในการศึกษา

ขั้นตอนนี้มีความสำคัญและมีผลโดยตรงต่อความละเอียดและความชัดเจนในการศึกษารวมถึงมีผลต่องบประมาณและระยะเวลาที่ต้องใช้ในการศึกษาด้วย การกำหนดเป้าหมายและขอบเขตไม่ดีพอจะทำให้ผลที่ได้จากการประเมินนั้นไม่ถูกต้อง และไม่สอดคล้องกับความต้องการ ตลอดจนอาจทำให้ผลลัพธ์ที่ได้ไม่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ในการปรับปรุงผลิตภัณฑ์นั้นให้ดีขึ้น ซึ่งจะทำให้สิ้นเปลืองเวลาและทรัพยากรโดยใช้เหตุ

ขอบเขตการประเมินวัฏจักรชีวิตสามารถมีได้หลายแบบขึ้นกับขั้นตอนที่เราพิจารณา ขอบเขตที่นิยมใช้ทั่วไป คือ Cradle to gate จะพิจารณาจากการได้มาซึ่งวัตถุดิบ (Raw material acquisition) การผลิต (Manufacturing) จนกระทั่งได้สินค้าออกมาโดยไม่รวมการจำหน่าย (Distribution) ใช้งาน (Use) และจัดการซาก (Disposal) ขณะที่ Cradle to grave จะรวมผลกระทบช่วงการจำหน่าย ใช้งานและจัดการซากด้วย นอกจากนี้ยังมีอีกสองแบบคือ Cradle to cradle ซึ่งเป็นรูปแบบพิเศษของ Cradle to grave โดยสิ่งที่พิจารณาในแต่ละรูปแบบของการประเมินแสดงดังตารางที่ 2



ตารางที่ 2 ประเภทของขอบเขตการประเมินวัฏจักรชีวิตและสิ่งที่พิจารณา

ขอบเขตการประเมิน	สิ่งที่พิจารณา
Cradle to gate	พิจารณาตั้งแต่การได้มาซึ่งวัตถุดิบ การผลิต โดยไม่รวมการจำหน่าย ใช้งาน และการจัดการซากหลังหมดอายุการใช้งาน ซึ่งรูปแบบนี้เป็นแบบนิยมใช้ในการทำเอกสาร Environmental Product Declaration (EPD)
Cradle to grave	เป็น LCA เต็มรูปแบบที่พิจารณาตั้งแต่การได้มาซึ่งวัตถุดิบ การผลิตสินค้า รวมถึงการจำหน่าย ใช้งาน ตลอดจนการจัดการซากหลังหมดอายุการใช้งาน
Cradle to cradle	เป็นรูปแบบพิเศษของ Cradle to grave ได้แก่กรณีที่ขั้นตอนการกำจัดซากของผลิตภัณฑ์เป็นกระบวนการรีไซเคิล ซึ่งทำให้ได้สินค้าเดิมออกมา
Gate to gate	เป็นเพียงส่วนหนึ่งของ LCA โดยพิจารณาเฉพาะกระบวนการใดกระบวนการหนึ่งจากทั้งสายโซ่การผลิต ซึ่ง Gate to gate หลายๆ โมเดลเมื่อมาเชื่อมต่อกันจะกลายเป็น cradle to gate และ cradle to grave ได้

ผลิตภัณฑ์เป้าหมายและปริมาณอ้างอิง

การประเมินวัฏจักรชีวิตต้องมีการกำหนดปริมาณอ้างอิงเพื่อใช้เป็นฐานสำหรับการจัดเก็บข้อมูลและการคำนวณ โดยต้องกำหนดให้สอดคล้องกับเป้าหมายการศึกษาและคำนึงถึงหน้าที่ใช้งานของผลิตภัณฑ์ที่ศึกษาประกอบ เช่น เมื่อต้องการศึกษาผลกระทบสิ่งแวดล้อมของเม็ดพลาสติกอาจกำหนดปริมาณอ้างอิงเป็น “เม็ดพลาสติกน้ำหนัก 1 กิโลกรัม” แต่เมื่อต้องการศึกษาผลกระทบสิ่งแวดล้อมของขวดพลาสติก ควรกำหนดปริมาณอ้างอิงเป็น “ขวดพลาสติกขนาดบรรจุ 1 ลิตร” จะเหมาะสมกว่าเนื่องจากปริมาตรของขวดสามารถบ่งบอกถึงหน้าที่การใช้งานได้ดีกว่าน้ำหนักของขวด เป็นต้น



2. การวิเคราะห์บัญชีรายการสิ่งแวดล้อม (Life cycle inventory: LCI)

ขั้นตอนนี้จะเกี่ยวข้องกับการเก็บรวบรวมข้อมูลสารขาเข้า เช่น วัตถุดิบ ทรัพยากร พลังงาน และสารขาออก เช่น ผลิตภัณฑ์ ผลิตภัณฑ์พลอยได้ มลสารที่ปล่อยสู่อากาศ มลสารที่ปล่อยสู่ น้ำ ของเสียในรูปของแข็งที่เกี่ยวข้องตลอดทุกขั้นตอนที่อยู่ในขอบเขตของระบบที่พิจารณา โดยสารขาเข้าและสารขาออกทุกรายการต้องถูกพิจารณาย้อนกลับไปจนกระทั่งถึงแหล่งกำเนิดตามธรรมชาติ เช่น ขวดแก้วผลิตจากทรายแก้ว ทรายแก้วผลิตจากทราย ทรายได้จากธรรมชาติ หรือกระดาษผลิตจากเยื่อกระดาษ เยื่อกระดาษผลิตจากต้นไม้ ต้นไม้ผลิตจากกล้าไม้ กล้าไม้ผลิตจากเมล็ดพืช เมล็ดพืชได้จากธรรมชาติ เป็นต้น โดยทุกกระบวนการที่เกี่ยวข้องต้องรวมไว้ในขอบเขตของการพิจารณา เช่น กรณีขวดแก้วต้องประกอบด้วยกระบวนการผลิตขวดแก้ว และการผลิตทรายแก้ว เป็นอย่างน้อย ส่วนกรณีกระดาษต้องประกอบด้วยกระบวนการผลิตกระดาษ การผลิตเยื่อกระดาษ การปลูกต้นไม้ การเพาะเลี้ยงกล้าไม้ เป็นอย่างน้อย ขั้นตอนนี้มักจะเป็นขั้นตอนที่ใช้เวลามากที่สุดในการประเมินวัฏจักรชีวิต

ข้อมูลที่ดีควรมีรายละเอียดข้อมูลสารขาเข้าและสารขาออกแต่ละรายการที่ชัดเจน ควรมีรายละเอียดการใช้ระบบสาธารณูปโภค เช่น น้ำ เชื้อเพลิง รวมทั้งไฟฟ้าและไอน้ำ ทั้งที่ผลิตเองและทั้งที่ไม่ได้ผลิตเองแยกกันอย่างชัดเจน มีรายละเอียดข้อมูลการขนส่งวัตถุดิบต่างๆ ชัดเจน มีรายละเอียดของปริมาณส่วนประกอบที่สามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้ในแต่ละผลิตภัณฑ์เพื่อประโยชน์ในการคำนวณสมดุลมวลสาร โดยข้อมูลทุกรายการควรจัดเก็บในหน่วยของปริมาณของสารขาเข้าหรือสารขาออกนั้นๆ ไม่ควรระบุเป็นความเข้มข้น หรือ อัตราการไหล ตัวอย่างข้อมูลสารขาเข้าและสารขาออกและหน่วยที่ต้องจัดเก็บแสดงดังตารางที่ 3



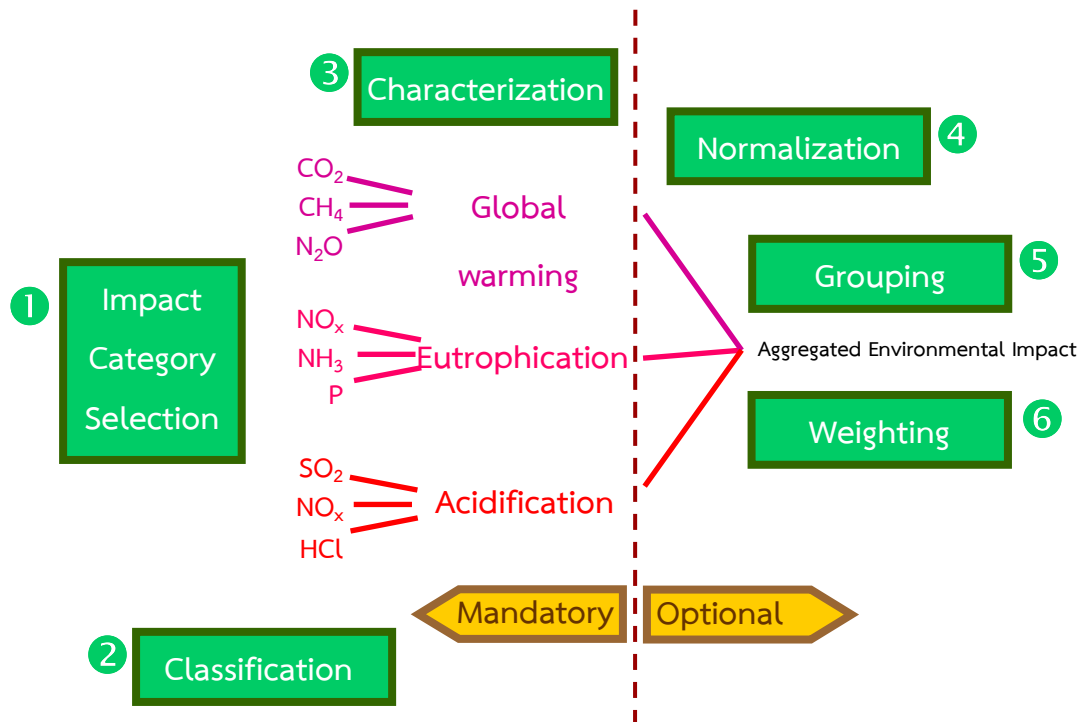
ตารางที่ 3 รายละเอียดข้อมูลที่จัดเก็บสำหรับการจัดทำบัญชีรายการสิ่งแวดล้อมของผลิตภัณฑ์

สารขาเข้า		หน่วย
วัตถุดิบ	วัตถุดิบหลัก วัตถุดิบประกอบ สารเคมี	กิโลกรัม หรือ ตัน
พลังงาน	ไฟฟ้า เชื้อเพลิง ไอน้ำ	เมกะจูล
สาธารณูปโภค	น้ำประปา น้ำผิวดิน น้ำบาดาล น้ำอ่อน	ลูกบาศก์เมตร
สารขาออก		หน่วย
มลสารที่ปล่อยสู่อากาศ	เป็นข้อมูลมลพิษอากาศที่ตรวจวัดตามมาตรฐานมลพิษทางอากาศ เช่น ออกไซด์ของไนโตรเจน (NO _x) ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO ₂) ฝุ่นละอองรวม (TSP) เป็นอย่างน้อย	กิโลกรัม หรือ ตัน
มลสารที่ปล่อยสู่น้ำ	เป็นข้อมูลมลพิษน้ำที่ตรวจวัดตามมาตรฐาน เช่น Biological Oxygen Demand (BOD) Chemical Oxygen Demand (COD) Total Dissolved Solids (TDS) Suspended Solid (SS) เป็นอย่างน้อย	กิโลกรัม หรือ ตัน
กากของเสีย	เป็นข้อมูลของเสียที่มีการส่งไปกำจัดและบำบัดภายนอกโรงงาน	กิโลกรัม หรือ ตัน

3. การวิเคราะห์ผลกระทบตลอดวัฏจักรชีวิต (Life cycle impact assessment: LCIA)

ขั้นตอนนี้เป็นกระบวนการใช้ทรัพยากรและการปล่อยมลสาร หรือข้อมูลบัญชีรายการสิ่งแวดล้อมที่ได้จากขั้นตอนที่แล้วให้อยู่ในรูปของผลกระทบสิ่งแวดล้อม โดยการประเมินจะมีขั้นตอนหลักๆ คือ การจำแนกประเภท (Classification) การกำหนดศักยภาพการเกิดผลกระทบ (Characterization) การเทียบหน่วย (Normalization) การจัดกลุ่ม (Grouping) และการให้น้ำหนักและความสำคัญ (Weighting) ดังแสดงในรูปที่ 3





รูปที่ 3 ขั้นตอนการประเมินการวิเคราะห์ผลกระทบตลอดวัฏจักรชีวิต (LCIA)

การจำแนกประเภท (Classification)

เป็นการจัดกลุ่มข้อมูลบัญชีรายการตามประเภทของกลุ่มผลกระทบที่กำหนดไว้ในขั้นตอนการกำหนดเป้าหมายและขอบเขต เช่น

- คาร์บอนไดออกไซด์ มีเทน ไนตรัสออกไซด์ จัดอยู่ในกลุ่มที่ก่อให้เกิดภาวะโลกร้อน (Global warming)
- ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ไนโตรเจนออกไซด์ ไฮโดรคลอไรด์ จัดอยู่ในกลุ่มที่ก่อให้เกิดภาวะความเป็นกรด (Acidification)
- ไนโตรเจนออกไซด์ แอมโมเนียม ฟอสฟอรัส จัดอยู่ในกลุ่มที่ก่อให้เกิดภาวะแหล่งน้ำมีธาตุอาหารมากเกินไป (Eutrophication) เป็นต้น

โดยข้อมูลบัญชีรายการหนึ่งๆ อาจอยู่ในกลุ่มผลกระทบมากกว่า 1 กลุ่ม ก็ได้เช่น ไนโตรเจนออกไซด์สามารถจัดอยู่ในกลุ่มที่ก่อให้เกิดภาวะความเป็นกรด (Acidification) และกลุ่มที่ก่อให้เกิดภาวะแหล่งน้ำมีธาตุอาหารมากเกินไป (Eutrophication)



การกำหนดศักยภาพการเกิดผลกระทบ (Characterization)

เป็นการแปลงข้อมูลบัญชีรายการที่อยู่ในกลุ่มผลกระทบเดียวกันที่ได้จากการจำแนกประเภทแล้วให้อยู่ในรูปความสามารถในการก่อให้เกิดผลกระทบนั้นๆ โดยใช้ Characterization factor ซึ่งเป็นค่าแสดงศักยภาพในการก่อให้เกิดผลกระทบของแต่ละข้อมูลเทียบกับสารอ้างอิงในกลุ่มผลกระทบนั้นๆ เช่น แปลงปริมาณมีเทนในหน่วยกิโลกรัม (kg CH_4) และไนตรัสออกไซด์ในหน่วยกิโลกรัม ($\text{kg N}_2\text{O}$) ซึ่งอยู่ในกลุ่มที่ก่อให้เกิดภาวะโลกร้อนเหมือนกันให้อยู่ในรูปศักยภาพการก่อให้เกิดภาวะโลกร้อนในหน่วยกิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า ($\text{kg CO}_2\text{e}$) เนื่องจากกลุ่มความสามารถในการก่อให้เกิดภาวะโลกร้อนมีคาร์บอนไดออกไซด์เป็นสารอ้างอิง

ตัวอย่างเช่น มีเทน (CH_4) มีค่า GWP Characterization factor = 25 $\text{kgCO}_2/\text{kgCH}_4$ หมายความว่า CH_4 1 kg มีผลกระทบต่อ GWP เทียบเท่ากับ CO_2 25 kg หรือกล่าวคือ CH_4 มีผลกระทบต่อ GWP มากกว่า CO_2 ถึง 25 เท่า ตัวอย่างแฟคเตอร์สำหรับการกำหนดศักยภาพการเกิดภาวะโลกร้อน แสดงในตารางที่ 4 โดยสามารถคำนวณศักยภาพหรือความสามารถในการก่อให้เกิดผลกระทบด้านต่างๆ ได้จากสมการ

$$EP_j = \sum (Q_i \times EF_{ij})$$

โดยที่

- EP_j (Environmental impact potential) คือ ค่าศักยภาพของผลกระทบทางสิ่งแวดล้อม สำหรับผลกระทบประเภท j ใดๆ ($\text{kg substance equivalent}$)
- Q_i (Quantity of substance) คือ ปริมาณมลสาร i ที่ปล่อยออกมา (kg substance i)
- EF_{ij} (Equivalency factor) คือ ค่าเทียบเท่าของมลสาร i ที่ทำให้เกิดผลกระทบทางสิ่งแวดล้อม j ($\text{kg substance equivalent/ kg substance j}$)



ตารางที่ 4 ตัวอย่างแฟคเตอร์สำหรับการกำหนดศักยภาพการเกิดภาวะโลกร้อนในเวลา 100 ปี

ก๊าซเรือนกระจก	GWP ₁₀₀ (IPCC SAR, 1996)	GWP ₁₀₀ (IPCC AR4, 2007)
Carbon dioxide (CO ₂)	1	1
Methane (CH ₄)	21	25
Nitrous oxide (N ₂ O)	310	298
HFCs	140-11,700	124-14,800
PFCs	6,500-9,200	7,390-12,200
SF ₆	23,900	22,800

ที่มา: Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), Fourth Assessment Report (AR4), Working Group 1, Chapter 2, Changes in Atmospheric Constituents and in Radiative Forcing, Table 2.14, page 212,

Normalization (การเทียบหน่วย)

เป็นการทำให้ข้อมูลในกลุ่มผลกระทบต่างกันซึ่งมีหน่วยต่างกันสามารถเปรียบเทียบกันได้ โดยนำค่าผลกระทบในแต่ละกลุ่มมาเทียบกับค่าอ้างอิง เช่น ขนาดของผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในระดับภูมิภาคต่อหนึ่งปี เป็นต้น ผลที่ได้จากขั้นตอนนี้จะสามารถบ่งบอกถึงขนาดของผลกระทบสิ่งแวดล้อมแต่ละกลุ่ม เมื่อเปรียบเทียบกับผลกระทบสิ่งแวดล้อมโดยรวมของประเทศ ภูมิภาค หรือโลกได้ ซึ่งจะช่วยให้สามารถเลือกพิจารณาเฉพาะผลกระทบที่สำคัญๆ ได้

$$\text{Normalization result} = \frac{\text{ขนาดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมของผลิตภัณฑ์ที่ศึกษา}}{\text{ขนาดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในระดับประเทศ ภูมิภาค หรือโลก}}$$



Grouping (การจัดกลุ่ม)

เป็นการนำผลลัพธ์จากขั้นตอน Normalization มาจัดเป็นกลุ่มตามชนิดของผลกระทบ เช่น Global warming, Acidification และ Eutrophication ถูกจัดให้อยู่ในหมวดหมู่ปัญหาทางด้านระบบนิเวศ (Ecosystem) เป็นต้น

Weighting (การให้น้ำหนัก)

ค่าที่ได้จากการจัดกลุ่มและเทียบหน่วยจะช่วยให้ผลกระทบสามารถเปรียบเทียบกันได้เชิงปริมาณ แต่ไม่ได้คำนึงถึงความสำคัญ/ความรุนแรงของผลกระทบแต่ละกลุ่ม (ถือว่าทุกผลกระทบมีความสำคัญ/ความรุนแรงเท่ากันหมด) ซึ่งการให้น้ำหนักเป็นการกำหนดความสำคัญให้แก่ผลกระทบแต่ละกลุ่ม ด้วยการใช้ Weighting factor เพื่อให้สามารถเปรียบเทียบกันได้ระหว่างผลิตภัณฑ์ต่างชนิด การให้น้ำหนักจะขึ้นกับปัจจัยหลายๆ ด้าน เช่น ความสำคัญ/ความรุนแรงของแต่ละกลุ่มผลกระทบในแต่ละภูมิภาคที่ศึกษา ซึ่งแต่ละภูมิภาค แต่ละประเทศอาจให้ความสำคัญกับกลุ่มผลกระทบแต่ละกลุ่มไม่เท่ากันก็ได้ขึ้นกับสภาพแวดล้อม ภูมิอากาศ ภูมิประเทศ และปัญหาสิ่งแวดล้อมที่รุนแรงในแต่ละประเทศ

การให้น้ำหนัก (Weighting) เป็นขั้นตอนในการให้ความสำคัญของลักษณะของผลกระทบทั้ง 3 ประเภท คือ สุขภาพมนุษย์ ระบบนิเวศ การใช้ทรัพยากร และรวมค่าของตัวชี้วัดทั้งประเภทให้เป็นคะแนนเดียว

$$WP_j = WF_j \times NP_j$$

โดยที่

WP_j (weighted environmental impact potential) คือ ค่าศักยภาพผลกระทบทางสิ่งแวดล้อม j ใดๆ หลังการให้ค่าน้ำหนักความสำคัญแล้ว (person for target year: Pt.)

WF_j (weighting factor) คือค่าสัดส่วนน้ำหนักความสำคัญของผลกระทบทางสิ่งแวดล้อม j ใดๆ ในปีที่ตั้งเป้าหมายเอาไว้



ซึ่งเมื่อให้น้ำหนักแก่ประเด็นสิ่งแวดล้อมแต่ละกลุ่มแล้วเมื่อนำผลกระทบที่ได้จากการให้น้ำหนักมารวมกันจะได้ผลกระทบในรูปแบบตัวแปรเดียว เรียกว่า คะแนนเชิงเดี่ยว (Single score) โดยมีหน่วยวัดเป็น Pt. หรือ person for target year

4. การแปลผลและปรับปรุงผลิตภัณฑ์

การแปลผลและการปรับปรุงผลิตภัณฑ์เป็นการนำผลลัพธ์ที่ได้มาวิเคราะห์ผล สรุปอธิบายข้อจำกัด พร้อมกับนำเสนอผลที่สอดคล้องกับเป้าหมายและขอบเขตที่กำหนดไว้ ตลอดจนให้ข้อเสนอแนะบนพื้นฐานของข้อมูลที่ได้จากการวิเคราะห์บัญชีรายการ (LCI) และการประเมินผลกระทบ (LCIA) เพื่อใช้เป็นแนวทางในการหาวิธีที่เหมาะสมในการพัฒนาและปรับปรุงผลิตภัณฑ์ต่อไป โดยผลลัพธ์ที่ได้จากการประเมินวัฏจักรชีวิตจะสามารถบ่งบอกประเด็นปัญหาที่สำคัญและขั้นตอนที่มีผลกระทบสูงที่สุด เมื่อทราบขั้นตอนที่มีผลกระทบมากที่สุดแล้วจะช่วยให้สามารถหาวิธีหรือเลือกใช้เครื่องมือจัดการสิ่งแวดล้อมที่เหมาะสม ตัวอย่างการกำหนดแนวทางสำหรับพัฒนาและปรับปรุงสำหรับแต่ละขั้นตอนของวัฏจักรชีวิต แสดงดังรูปที่ 4

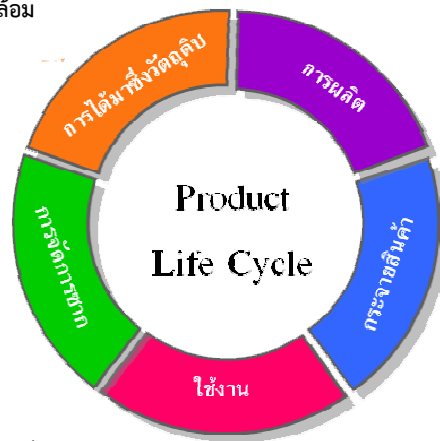


การได้มาซึ่งวัตถุดิบ:

- ▶ อาจแทนหรือลดการใช้วัสดุที่มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมเพื่อลดค่าใช้จ่ายและผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมของผลิตภัณฑ์
- ▶ มองหาผู้จัดหาวัตถุดิบ (Supplier) ที่อยู่ในพื้นที่เพื่อลดค่าใช้จ่ายในการขนส่ง

จัดการซากหลังหมดอายุใช้งาน:

- ▶ ป้องกันไม่ให้ผลิตภัณฑ์หรือบรรจุภัณฑ์ถูกนำไปกำจัดโดยการฝังกลบหลังหมดอายุการใช้งาน อาจต้องเริ่มพิจารณาตั้งแต่การออกแบบเพื่อเพิ่มความสามารถในการนำกลับมาใช้ใหม่ การซ่อมแซม การอัพเกรด
- ▶ ออกแบบให้ลดเวลาในการแยกส่วนประกอบและเน้นการใช้วัสดุที่สามารถนำกลับมาใช้ซ้ำได้



นำไปใช้งาน:

- ▶ ออกแบบผลิตภัณฑ์ให้มีอายุการใช้งานนานขึ้น
- ▶ ใช้วัสดุที่ทนทาน
- ▶ ออกแบบผลิตภัณฑ์ให้ลดการใช้พลังงานในขั้นตอนการใช้งาน

การผลิต:

- ▶ ลดการใช้วัตถุดิบ
- ▶ ลดการใช้พลังงาน
- ▶ ควบคุมมลพิษที่ปล่อยสู่สิ่งแวดล้อม

กระจายสินค้า/จำหน่าย:

- ▶ ใช้พาหนะที่มีประสิทธิภาพด้านพลังงาน
- ▶ ใช้พาหนะที่ปลดปล่อยมลพิษต่ำ
- ▶ ลดปริมาณแหล่งกระจายสินค้า
- ▶ เพิ่มประสิทธิภาพการขนส่งด้วยการออกแบบบรรจุภัณฑ์ที่เหมาะสม

รูปที่ 4 ตัวอย่างการกำหนดแนวทางสำหรับพัฒนาและปรับปรุงสำหรับแต่ละขั้นตอนของวัฏจักรชีวิต

จุดเด่นของการประเมินวัฏจักรชีวิต

- เป็นวิธีวิเคราะห์ผลกระทบที่มองภาพรวมของผลกระทบที่อาจเกิดขึ้นทั้งหมดในทุกกิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์/บริการ
- เป็นการมองผลกระทบในมุมมองของปัญหาที่เกิดขึ้นต่อโลก เช่น การเกิดภาวะโลกร้อน (Global warming) การทำลายชั้นโอโซนในบรรยากาศ (Ozone layer depletion) การหมดไปของทรัพยากร (Resource depletion) มากกว่าที่จะมองเฉพาะสารพิษที่ปล่อยออกมาเท่านั้น
- บ่งชี้ประเด็นปัญหาสิ่งแวดล้อมที่สำคัญสูงสุดและแหล่งที่มาหรือขั้นตอนที่ก่อให้เกิดผลกระทบสิ่งแวดล้อมที่แท้จริง
- ป้องกันการเคลื่อนย้ายของประเด็นปัญหาจากขั้นตอนหนึ่งไปยังอีกขั้นตอนหนึ่ง



- ป้องกันปัญหาที่อาจเกิดขึ้นจากการบริหารจัดการทรัพยากรอย่างไม่มีประสิทธิภาพ
- การคำนวณผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในเชิงปริมาณต่อหน่วยหน้าที่การทำงานของผลิตภัณฑ์ ทำให้สามารถเปรียบเทียบสมรรถนะเชิงสิ่งแวดล้อมของผลิตภัณฑ์สองอย่างที่ทำหน้าที่เหมือนกัน และยังสามารถใช้ในการเปรียบเทียบทางเลือกในการจัดการสิ่งแวดล้อม
- เป็นฐานข้อมูลสำคัญที่สามารถนำไปใช้ในการออกแบบเชิงนิเวศ

ข้อจำกัดของการประเมินวัฏจักรชีวิต

- การทำ LCA ต้องใช้ข้อมูลปริมาณมาก ซึ่งขึ้นกับระดับความละเอียดที่ผู้ต้องการ ดังนั้น จึงทำให้ใช้เวลานานและมีค่าใช้จ่ายสูง
- นอกจากต้องใช้ข้อมูลเป็นจำนวนมากแล้ว ความถูกต้องและความสม่ำเสมอของข้อมูลยังมีผลกระทบอย่างมากต่อความถูกต้องแม่นยำของผลลัพธ์ที่ได้
- เมื่อตรวจสอบสมดุลมวลสารและสมดุลพลังงานจากข้อมูลที่ได้มักไม่ตรงตามกฎการอนุรักษ์มวลสารและกฎการอนุรักษ์พลังงาน
- ปัจจุบันข้อมูลบัญชีรายการสำหรับกระบวนการต้นน้ำและกระบวนการปลายน้ำยังมิอยู่ในปริมาณจำกัด อีกทั้งข้อมูลที่มีอยู่ยังอาจมีคุณภาพไม่เพียงพอทำให้เป็นอุปสรรคต่อการนำไปคำนวณผลกระทบโดยตลอดวัฏจักรชีวิต ซึ่งต้องอาศัยข้อมูลจากกระบวนการต้นน้ำและปลายน้ำด้วย
- ผลลัพธ์จากการประเมินวัฏจักรชีวิต ขึ้นกับขอบเขตที่ศึกษาและขอบเขตการเก็บข้อมูล รวมถึงสมมติฐานต่างๆ ที่กำหนดในการศึกษานั้นๆ การวิเคราะห์ที่แตกต่างเนื่องจากความแตกต่างของวิธีการอาจทำให้ผลการศึกษาในแต่ละครั้งไม่อาจนำมาเปรียบเทียบกันได้ ซึ่งผลลัพธ์ที่จะสามารถเปรียบเทียบกันได้จะต้องมีขอบเขตการศึกษา วิธีการเก็บข้อมูล และการคำนวณ รวมถึงสมมติฐานเดียวกันเท่านั้น

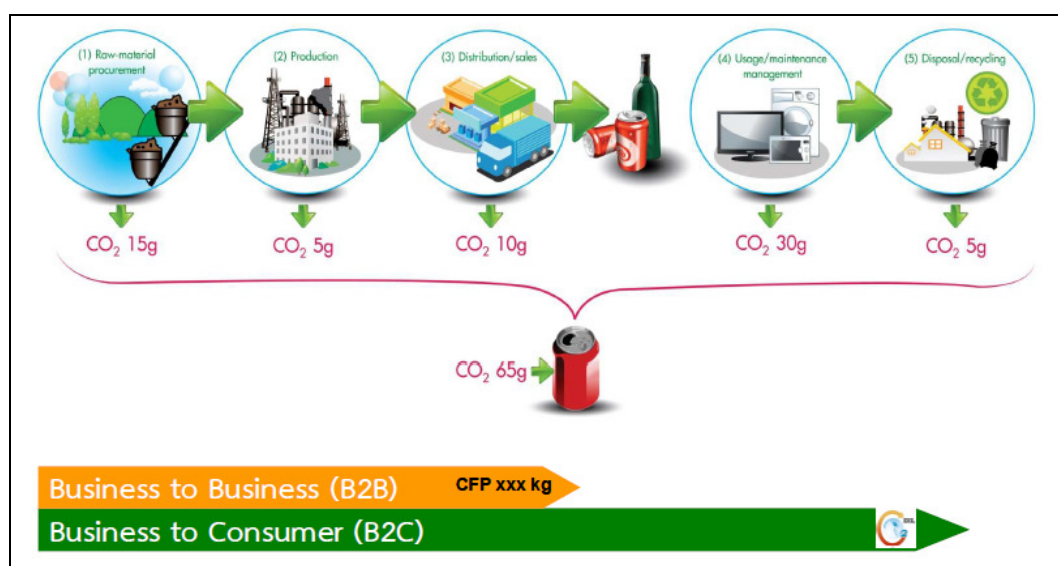


- ผลลัพธ์จากการประเมินวัฏจักรชีวิตจะพิจารณาในประเด็นด้านสิ่งแวดล้อมเท่านั้น ไม่ได้บ่งบอกว่าผลิตภัณฑ์หรือกระบวนการใดมีประสิทธิภาพที่สุดในแง่ของราคา ดังนั้น ข้อมูลที่พัฒนาในการศึกษา ควรต้องใช้เป็นองค์ประกอบหนึ่งในกระบวนการตัดสินใจ โดยเทียบกับราคาและสมรรถนะ



③ คาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์ (ISO 14067: Carbon Footprint of Products)

"คาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์" หมายถึง ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ปล่อยออกมาจากผลิตภัณฑ์แต่ละหน่วย ตลอดวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ ตั้งแต่การได้มาซึ่งวัตถุดิบ การขนส่ง การประกอบชิ้นส่วน การใช้งาน และการจัดการซากผลิตภัณฑ์หลังใช้งาน โดยคำนวณออกมาในรูปของคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า ดังแสดงในรูปที่ 5



รูปที่ 5 ขอบเขตการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์

เครื่องหมายคาร์บอนฟุตพริ้นท์ ที่จะติดบนสินค้าหรือผลิตภัณฑ์ต่างๆ นั้น เป็นการแสดงข้อมูลให้ผู้บริโภคได้ทราบว่า ตลอดวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์เหล่านั้นมีการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกออกมาปริมาณเท่าไร ตั้งแต่กระบวนการหาวัตถุดิบ การผลิต การขนส่ง การใช้งาน และการกำจัดเมื่อกลายเป็นของเสีย ซึ่งจะช่วยในการตัดสินใจซื้อของผู้บริโภค และกระตุ้นให้ผู้ประกอบการปรับเปลี่ยนเทคโนโลยีในการผลิตให้เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมมากยิ่งขึ้น โดยเครื่องหมายคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของไทย แสดงได้ดังรูปที่ 6



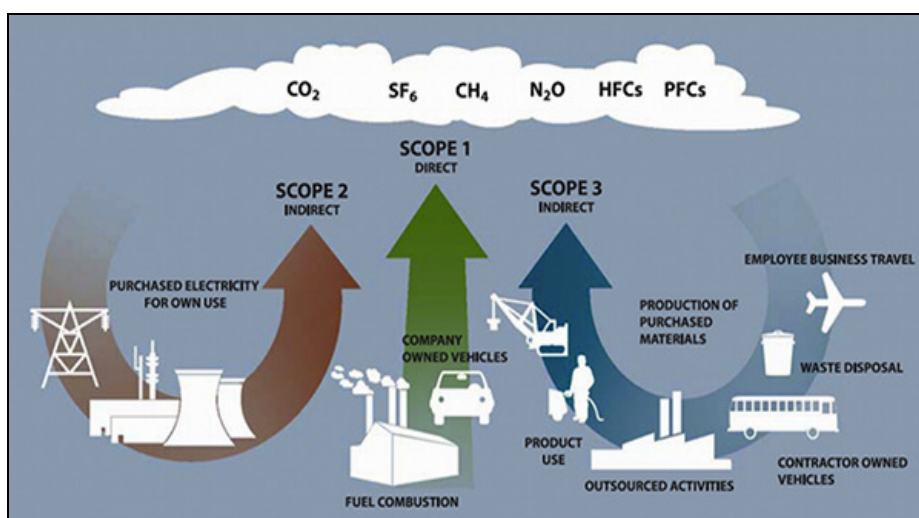
รูปที่ 6 เครื่องหมายคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของไทย

การใช้คาร์บอนฟุตพริ้นท์ยังช่วยเพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขันในตลาดโลกด้วย เนื่องจากขณะนี้ในหลายประเทศเริ่มมีการนำคาร์บอนฟุตพริ้นท์มาใช้กันแล้ว ทั้งในอังกฤษ ฝรั่งเศส สวิสเซอร์แลนด์ แคนาดา ญี่ปุ่น และเกาหลี เป็นต้น และมีการเรียกร้องให้สินค้าที่นำเข้าจากประเทศไทยต้องติดเครื่องหมายคาร์บอนฟุตพริ้นท์ด้วย ปัจจุบันประเทศไทยมีหน่วยงานหลักรับผิดชอบทางด้านนี้ คือ องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน) ซึ่งวิธีการในการคำนวณค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์ผลิตภัณฑ์ และค่า Emission Factor ต่างๆ สามารถศึกษาได้จาก คู่มือแนวทางการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ผลิตภัณฑ์ หรือ ดาวน์โหลดได้จาก <http://thaicarbonlabel.tgo.or.th/download.htm>



๔ คาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กร (ISO/WD TR 14069: GHG -- Quantification and reporting of GHG emissions for organizations; Carbon footprint of organization)

คาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กร คือ ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ปล่อยออกมาจากกิจกรรมต่างๆ ขององค์กร เช่น การเผาไหม้ของเชื้อเพลิง การใช้ไฟฟ้า การจัดการของเสีย และการขนส่ง วัสดุออกมาในรูปตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า โดยแนวทางการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กรของประเทศไทย เป็นไปตามแนวทางคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กรที่จัดทำโดย องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน) ซึ่งได้กำหนดวิธีการประเมินการปล่อยหรือดูดกลับก๊าซเรือนกระจก (Greenhouse gas emission and removal) ที่เกิดขึ้นจากกิจกรรมการดำเนินงานภายในองค์กร โดยกำหนดขอบเขตของการปล่อยและการลดปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่สัมพันธ์กับลักษณะกิจกรรมการดำเนินงานที่เกิดขึ้นจริงขององค์กรไว้ 3 ลักษณะ ได้แก่ ขอบเขตที่ 1 (Scope 1) การปล่อยหรือดูดกลับก๊าซเรือนกระจกจากกิจกรรมโดยตรงขององค์กร ขอบเขตที่ 2 (Scope 2) การปล่อยหรือดูดกลับก๊าซเรือนกระจกทางอ้อมจากการใช้ไฟฟ้าและพลังงาน และขอบเขตที่ 3 (Scope 3) การปล่อยหรือดูดกลับก๊าซเรือนกระจกจากกิจกรรมทางอ้อมอื่นๆ แสดงดังรูปที่ 7



รูปที่ 7 ขอบเขตการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กร

อย่างไรก็ตามปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กรที่ประเมินได้สามารถใช้บ่งชี้ผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้นจากกิจกรรมการดำเนินงานต่างๆ ภายในองค์กรเฉพาะประเด็นด้านการทำให้เกิดภาวะโลกร้อนเท่านั้น ไม่ได้นำผลกระทบสิ่งแวดล้อมประเด็นอื่นๆ เช่น ความหลากหลายทางชีวภาพ (Biodiversity) การเกิดฝนกรด (Acidification) หรือความเป็นพิษ (Toxicity) เป็นต้น มาใช้ในการประเมินร่วมด้วย

หลักการรายงานผลคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กร

หลักการรายงานผลปริมาณก๊าซเรือนกระจกขององค์กร หรือคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กรเป็นไปตามหลักการ ISO 14064-1: 2006 (Greenhouse Gases - Part 1: Specification with Guidance at the Organization Level for Quantification and Reporting of Greenhouse Gas Emissions and Removals) ซึ่งจะประกอบด้วยองค์ประกอบสำคัญพื้นฐาน 5 ประการ ได้แก่

- *ความตรงประเด็น (Relevance)*

ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่เก็บรวบรวมหรือประเมินได้นั้นควรที่จะสามารถสะท้อนถึงปริมาณการปล่อยหรือลดก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นภายในองค์กรหรือเกี่ยวข้องกับองค์กร และเป็นส่วนหนึ่งของข้อมูลที่สามารถช่วยส่งเสริมการตัดสินใจสำหรับการวางนโยบายขององค์กร

- *ความสมบูรณ์ (Completeness)*

ปริมาณการปล่อยหรือดูดกลับก๊าซเรือนกระจกที่ทำการเก็บรวบรวมหรือประเมินได้ ควรเป็นปริมาณการปล่อยหรือดูดกลับก๊าซเรือนกระจกจากทุกกิจกรรมที่เกิดขึ้นภายในองค์กร หรือเกี่ยวข้องกับองค์กร

- *ความไม่ขัดแย้งกัน (Consistency)*

ข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการเก็บรวบรวมหรือประเมินปริมาณการปล่อยหรือการลดก๊าซเรือนกระจกที่ได้ เมื่อนำมาเปรียบเทียบกับแล้วต้องไม่ขัดแย้งกัน



- *ความแม่นยำ (Accuracy)*

การรวบรวมหรือประเมินปริมาณการปล่อยหรือลดก๊าซเรือนกระจกให้ได้มากที่สุด

- *ความโปร่งใส (Transparency)*

มีการเปิดเผยข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการรวบรวมหรือประเมินปริมาณการปล่อยหรือลดก๊าซเรือนกระจกที่เพียงพอและเหมาะสม สามารถตรวจสอบที่มาที่ไปของเอกสารที่ใช้ประกอบการรวบรวมหรือประเมินได้

ซึ่งวิธีการในการคำนวณค่าคาร์บอนคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กร สามารถศึกษาได้จาก คู่มือแนวทางการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กร หรือเว็บไซต์ <http://thaicarbonlabel.tgo.or.th/download.htm>



๕ กลไกการพัฒนาที่สะอาด

(Clean Development Mechanism: CDM)

กลไกการพัฒนาที่สะอาด (Clean Development Mechanism: CDM) เป็นกลไกที่กำหนดขึ้นภายใต้พิธีสารเกียวโต เพื่อช่วยให้ประเทศอุตสาหกรรมที่มีพันธกรณีในการลดก๊าซเรือนกระจกสามารถบรรลุพันธกรณีได้ และเพื่อส่งเสริมการพัฒนาที่ยั่งยืนของประเทศกำลังพัฒนา

แนวความคิดของกลไกการพัฒนาที่สะอาดคือ โครงการที่เกิดขึ้นในประเทศกำลังพัฒนาและสามารถลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้ ผู้ดำเนินโครงการจะได้รับ Certified Emission Reduction (CERs) จากหน่วยงานที่เรียกว่าคณะกรรมการบริหารกลไกการพัฒนาที่สะอาด (Executive Board of CDM) และ CERs ที่ผู้ดำเนินโครงการได้รับนี้สามารถนำไปขายให้กับประเทศในกลุ่ม Annex I ที่สามารถใช้ CERs ในการบรรลุถึงพันธกรณีตามพิธีสารเกียวโตได้ ทุกประเทศทั้งกลุ่มประเทศ Annex I และ non-Annex I ที่เข้าร่วมเข้าสู่กลไกการพัฒนาที่สะอาด (CDM) ได้ จำเป็นต้องอยู่ภายใต้เงื่อนไขหลัก 3 ข้อ ดังนี้

- 1) ต้องเป็นการดำเนินการโดยความสมัครใจ
- 2) ต้องมีการจัดตั้งหน่วยงานที่รับผิดชอบด้าน CDM ของประเทศอย่างเป็นทางการ และ
- 3) ต้องเข้าร่วมลงนามในพิธีสารเกียวโต

5.1 โครงการที่เข้าข่ายในกลไกการพัฒนาที่สะอาด

การเข้าร่วมในกลไกการพัฒนาที่สะอาดนั้น ทุกโครงการจำเป็นต้องผ่านเกณฑ์ต่างๆ ที่กำหนดโดยพิธีสารเกียวโต แต่ทั้งนี้คุณสมบัติที่สำคัญ 2 ประการของโครงการที่จะเป็น CDM ได้คือ โครงการต้องมีลักษณะเป็นการดำเนินการเพิ่มเติมจากการดำเนินการแบบปกติ (Additionality) โดยอาจเป็นการดำเนินการเพิ่มเติมในด้านสิ่งแวดล้อม ด้านการเงิน หรือ



ด้านเทคโนโลยี และโครงการอื่นๆ ต้องก่อให้เกิดการพัฒนาที่ยั่งยืน (Sustainable Development)

5.1.1 การดำเนินการเพิ่มเติมจากการดำเนินการแบบปกติ (Additionality)

โครงการ CDM จะต้องก่อให้เกิดประโยชน์ที่แท้จริง ตรวจสอบได้ และเป็นประโยชน์ในระยะยาวที่จะชะลอหรือหยุดยั้งการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศของโลก และจะต้องเป็นปริมาณที่ลดได้ที่เพิ่มเติม (Additionality) จากปริมาณการปล่อยก๊าซปกติในกรณีที่ไม่มีการดำเนินโครงการ CDM ที่ได้รับการรับรอง โดยในการพิสูจน์ในเรื่องของ Additionality นั้น จะต้องแสดงให้เห็นใน 4 ด้าน คือ

- (1) อุปสรรคด้านการลงทุน (Investment barrier)
- (2) อุปสรรคด้านเทคโนโลยี (Technological barrier)
- (3) อุปสรรคจากการเปลี่ยนแปลงการดำเนินการจากพฤติกรรมแบบปกติ (Prevailing practice) เช่น การผลิตไฟฟ้าใช้เองจากเดิมที่ใช้พลังงานจากการไฟฟ้า การเปลี่ยนการใช้เชื้อเพลิงชีวมวลแทนการใช้พลังงานจากฟอสซิล เป็นต้น
- (4) อุปสรรคอื่นๆ (Other barrier)

5.1.2 การพัฒนาที่ยั่งยืน (Sustainable Development)

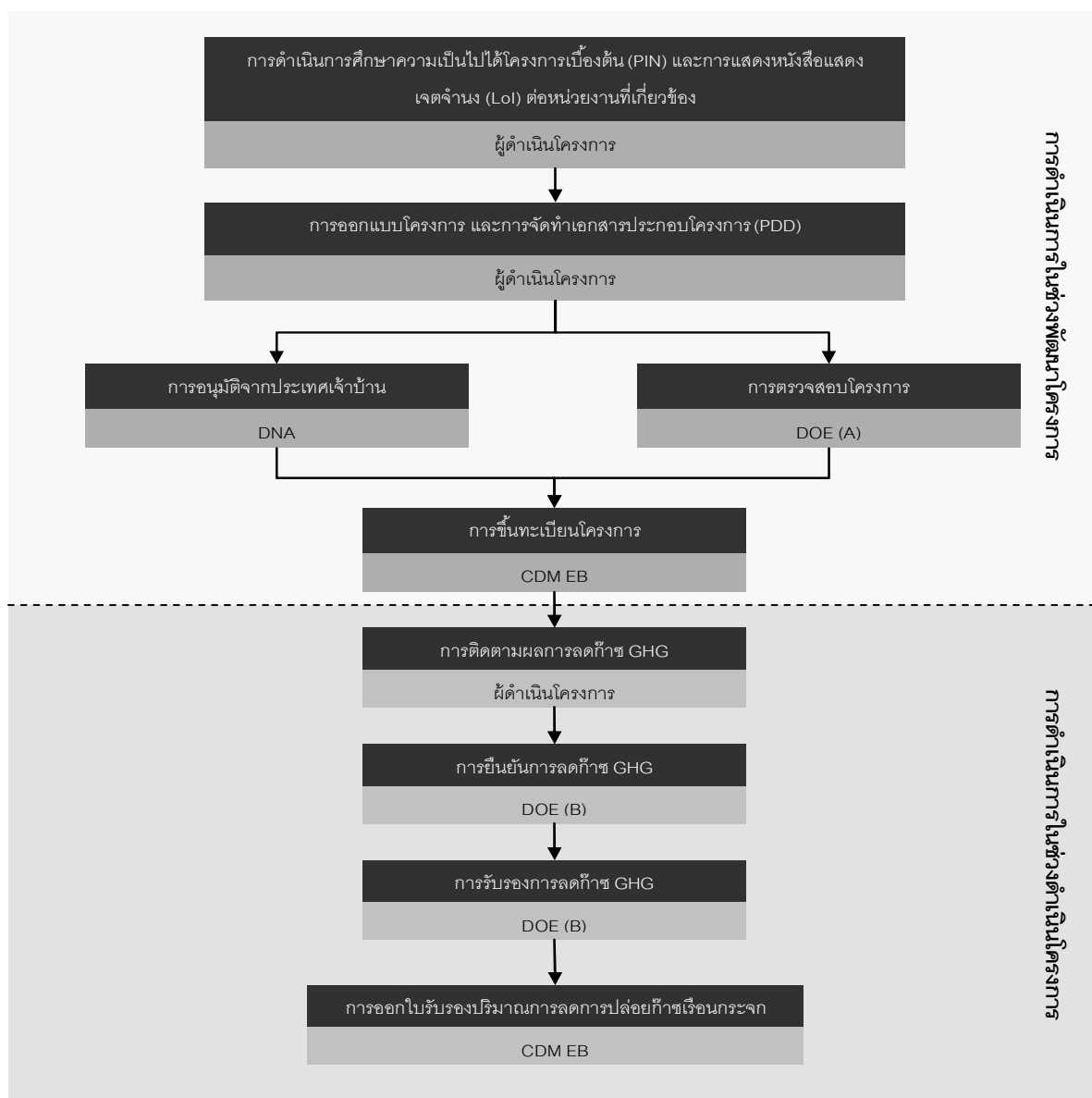
จุดมุ่งหมายหลักของ CDM ภายใต้พิธีสารเกียวโตคือการช่วยเหลือให้กลุ่มประเทศ non-Annex I ให้เกิดการพัฒนาที่ยั่งยืนแก่ประเทศเจ้าบ้าน แต่พิธีสารมิได้กำหนดถึงคำนิยามของการพัฒนาที่ยั่งยืนอย่างเฉพาะเจาะจง แต่ได้ให้สิทธิแก่ประเทศเจ้าบ้านของโครงการ CDM เป็นผู้กำหนดมาตรฐานของการพัฒนาที่ยั่งยืนเอง สำหรับประเทศไทย คณะรัฐมนตรีได้มีมติเมื่อวันที่ 15 สิงหาคม 2549 ในการจัดตั้งองค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน) หรือ อบก. ขึ้นเป็นหน่วยงานกลางในการกำกับดูแลโครงการ CDM ของประเทศไทย ทั้งนี้ อบก. ได้กำหนดหลักเกณฑ์ในการพิจารณาด้านการพัฒนาที่



ยั่งยืนใน 4 มิติ คือ ด้านทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม ด้านสังคม ด้านการพัฒนา/การถ่ายทอดเทคโนโลยี และด้านเศรษฐกิจ

5.2 ขั้นตอนการดำเนินโครงการ CDM

การดำเนินโครงการภายใต้กลไกการพัฒนาที่สะอาด ประกอบด้วย 8 ขั้นตอนหลัก รายละเอียดแสดง ดังรูปที่ 8



รูปที่ 8 ขั้นตอนการดำเนินโครงการ CDM



โดยที่

DNA	หมายถึง หน่วยงานกลางทำหน้าที่ประสานการดำเนินงานตามกลไกการพัฒนาที่สะอาด (ประเทศไทย คือ อบก.)
DOE	หมายถึง หน่วยงานปฏิบัติการที่ได้รับมอบหมายในการตรวจสอบ (Designated Operational Entities)
CDM EB	หมายถึง คณะกรรมการบริหารกลไกการพัฒนาที่สะอาด (Executive Board of CDM)

ขั้นตอนการดำเนินโครงการสามารถแบ่งเป็น 2 ช่วงระยะเวลา ได้แก่

5.2.1 ระยะที่ 1: การดำเนินการในช่วงพัฒนาโครงการ

ดำเนินการในแต่ละขั้นตอนเพียงครั้งเดียวตั้งแต่เริ่มทำการศึกษาโครงการจนกระทั่งโครงการได้รับการอนุมัติและขึ้นทะเบียน

- 1) การดำเนินการศึกษาความเป็นไปได้โครงการเบื้องต้น (Project Idea Note: PIN) และการแสดงหนังสือแสดงเจตจำนง (Letter of Intent) ต่อหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง โดยมีวัตถุประสงค์ที่สำคัญคือการประเมินเบื้องต้นถึงศักยภาพของการดำเนินโครงการ CDM และแสดงเจตจำนงในการดำเนินโครงการเพื่อให้หน่วยงานที่ต้องทำการรับรองโครงการในขั้นตอนต่อไปรับทราบซึ่งเป็นการดำเนินการตามมติของ CDM EB
- 2) การออกแบบโครงการ (Project Design) ผู้ดำเนินโครงการจะต้องออกแบบลักษณะของโครงการและจัดทำเอกสารประกอบโครงการ (Project Design Document: PDD) โดยมีการกำหนดขอบเขตของโครงการ วิธีการคำนวณการลดก๊าซเรือนกระจก วิธีการในการติดตามผลการลดก๊าซเรือนกระจก การวิเคราะห์ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม เป็นต้น ทั้งนี้ ในการคำนวณการลดก๊าซเรือนกระจก และวิธีการในการติดตามผลการลดก๊าซเรือนกระจก ที่ระบุในรายงาน PDD



จะต้องอ้างอิงจากระเบียบวิธีการคำนวณและตรวจวัดที่ได้รับการรับรอง (Approved Methodology) จาก CDM EB เท่านั้น

- 3) การตรวจสอบเอกสารประกอบโครงการ (Validation) ผู้ดำเนินโครงการจะต้องว่าจ้างหน่วยงานกลางที่ได้รับมอบหมายในการปฏิบัติหน้าที่แทนคณะกรรมการบริหารฯ หรือที่เรียกว่า Designated Operational Entity (DOE) ในการตรวจสอบเอกสารประกอบโครงการ ว่าเป็นไปตามข้อกำหนดต่างๆ หรือไม่ ซึ่งรวมถึงการได้รับความเห็นชอบในการดำเนินโครงการจากประเทศเจ้าบ้านด้วย
- 4) การขึ้นทะเบียนโครงการ (Registration) เมื่อ DOE ได้ทำการตรวจสอบเอกสารประกอบโครงการและลงความเห็นว่าเป็นไปตามข้อกำหนดต่างๆ ครบถ้วน จะส่งรายงานไปยัง CDM EB เพื่อขอขึ้นทะเบียนโครงการ

5.2.2 ระยะที่ 2: การดำเนินการในช่วงดำเนินโครงการ

เป็นดำเนินการที่ต้องทำตลอดช่วงเวลาการคิดคาร์บอนเครดิต ซึ่งโดยปกติจะดำเนินการปีละครั้ง

- 1) การติดตามการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก (Monitoring) เมื่อโครงการได้รับการขึ้นทะเบียนเป็นโครงการ CDM แล้ว ผู้ดำเนินโครงการจึงดำเนินโครงการตามที่เสนอไว้ในเอกสารประกอบโครงการ และทำการติดตามการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ตามที่ได้เสนอไว้ในรายงาน PDD
- 2) การยืนยันการลดก๊าซเรือนกระจก (Verification) ผู้ดำเนินโครงการจะต้องว่าจ้างหน่วยงาน DOE ให้ทำการตรวจสอบและยืนยันการติดตามการลดก๊าซเรือนกระจก
- 3) การรับรองการลดก๊าซเรือนกระจก (Certification) เมื่อหน่วยงาน DOE ได้ทำการตรวจสอบการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกแล้ว จะทำรายงานรับรองปริมาณการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่ดำเนินการได้จริงต่อคณะกรรมการบริหารฯ เพื่อขออนุมัติให้ออกหนังสือรับรองปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่ลดได้ หรือ CER ให้ผู้ดำเนินโครงการ



- 4) การออกใบรับรองปริมาณการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก (Issuance of CER)
เมื่อคณะกรรมการบริหารฯ ได้รับรายงานรับรองการลดก๊าซเรือนกระจก จะได้พิจารณาออกหนังสือรับรองปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่ลดได้ หรือ CER ให้ผู้ดำเนินโครงการต่อไป

เอกสารที่จำเป็นในการยื่นขออนุมัติโครงการ

- * แบบฟอร์ม
- * ความเห็นชอบจากกระทรวงที่เกี่ยวข้อง
- * Project Design Document (PDD)
- * คุณสมบัติของผู้พัฒนาโครงการ
- * การคำนวณปริมาณการปล่อยก๊าซจากการดำเนินงานตามปกติ
- * กำหนดระยะเวลาในการแลกเปลี่ยน CERs
- * รายงานผลกระทบสิ่งแวดล้อมเบื้องต้น (Initial Environmental Evaluation: IEE)
- * ค่าธรรมเนียมในการวิเคราะห์โครงการ
- * เอกสารประเมินศักยภาพเบื้องต้นสำหรับผู้ประกอบการในการดำเนินโครงการ CDM

ผู้ประกอบการควรประเมินศักยภาพเบื้องต้นของโครงการก่อนว่า มีความเหมาะสมที่จะเป็นโครงการ CDM หรือไม่ โดยใช้แบบประเมินเบื้องต้นหรือ Project Idea Note (PIN) ซึ่งจะทำให้ผู้ประกอบการสามารถเห็นภาพรวมของโครงการที่จะพัฒนาเป็นโครงการ CDM ได้ง่ายขึ้น และเป็นข้อมูลพื้นฐานสำหรับกรอกเอกสารประกอบโครงการ Project Design Document (PDD) เพื่อเสนอขอขึ้นทะเบียนเป็นโครงการ CDM กับ CDM EB



5.3 การคำนวณการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก

โครงการที่จะได้รับการขึ้นทะเบียนเป็นโครงการ CDM จะต้องแสดงให้เห็นว่าการดำเนินกิจกรรมของโครงการสามารถนำไปสู่การลดก๊าซเรือนกระจกได้จริง คือ ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เป็นผลจากการดำเนินโครงการ (Project Emission) น้อยกว่าปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในกรณีที่ไม่มีโครงการ หรือกรณีฐาน (Baseline Emission) หลักการคำนวณการลดก๊าซเรือนกระจกดังแสดงในรูปที่ 9 แนวคิดพื้นฐานในการคำนวณการลดก๊าซเรือนกระจก สามารถคำนวณได้จากสมการ

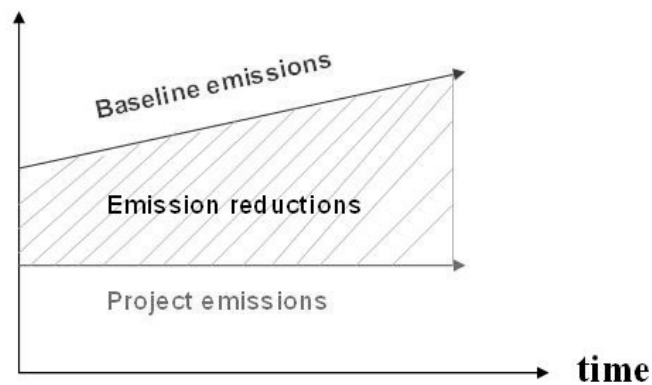
GHG Emission Reduction (tCO ₂ e/y)	=	Baseline emission (tCO ₂ e/y)	-	(Project emission+Leakage) (tCO ₂ e/y)
---	---	--	---	---

จากสมการ:

- * GHG Emission Reduction: ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่ลดได้จากการดำเนินโครงการ (ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อปี)
- * Baseline Emission: ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในกรณีฐานซึ่งจะพิจารณาถึงปริมาณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นในกรณีที่ไม่ได้มีการดำเนินโครงการ (ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อปี)
- * Project Emission: ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการดำเนินโครงการ (ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อปี)
- * Leakage: ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นอันเนื่องมาจากโครงการ แต่เกิดขึ้นภายนอกขอบเขตของโครงการ (ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อปี)



GHG emissions



รูปที่ 9 หลักการคำนวณการลดก๊าซเรือนกระจก

5.4 ลักษณะของโครงการ CDM

ลักษณะโครงการกลไกการพัฒนาที่สะอาด แบ่งโครงการออกเป็น 4 ลักษณะ ได้แก่

(1) โครงการกลไกการพัฒนาที่สะอาดทั่วไป ได้แก่ โครงการที่ถูกกำหนดและแบ่งประเภทออกเป็น 15 ประเภทโครงการ เช่น ประเภทอุตสาหกรรมด้านพลังงาน (Energy industries) ประเภทการใช้พลังงาน (Energy demand) ประเภทการทำเหมืองแร่และการถลุงแร่ (Mining/mineral production) และประเภทการจัดการของเสีย (Waste handling and disposal) เป็นต้น

(2) โครงการกลไกการพัฒนาที่สะอาดขนาดเล็ก โดยกิจกรรมที่สามารถเข้าร่วมเป็นโครงการ CDM ขนาดเล็ก แบ่งออกเป็น 4 ลักษณะ ได้แก่ (1) โครงการพลังงานหมุนเวียน ที่มีกำลังการผลิตสูงสุดไม่เกิน 15 MWe (2) โครงการเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงาน ที่สามารถลดการใช้พลังงานได้ไม่เกิน 15 GWh ต่อปี (3) โครงการอื่นๆ ที่สามารถลดปริมาณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกิจกรรมของมนุษย์ โดยที่โครงการดังกล่าวมีการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกไม่เกิน 15,000 ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า และ (4) โครงการปลูกป่าและการฟื้นฟูสภาพป่าขนาดเล็ก ที่มีการดูดซับก๊าซเรือนกระจกไม่เกิน



8,000 ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อปี หากมีการดูดซับเกิน ส่วนที่เกินจะไม่ถูกนับเป็นคาร์บอนเครดิต⁵

(3) โครงการกลไกการพัฒนาที่สะอาดแบบ Bundling เป็นการรวมโครงการขนาดเล็กเข้าด้วยกัน และโครงการ Programme of Activities (PoA) เป็นการดำเนินโครงการ CDM ภายใต้นโยบายหรือมาตรการของภาครัฐ ซึ่งรายละเอียดจะกล่าวอีกครั้งในลำดับถัดไป

(4) โครงการ CDM รายสาขา (Sectoral CDM) แบ่งออกเป็น 2 แนวทางคือ Policy-based approach และ Clustered approach โดย Policy-based approach เป็นกลไกที่อนุญาตให้ประเทศประเทศนอกภาคผนวกที่ I นำนโยบายที่ส่งเสริมการลดการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกไปดำเนินการเพื่อเป็นโครงการ CDM ซึ่งผลตอบแทนจากคาร์บอนเครดิตจะเป็นกรรมสิทธิ์ของรัฐ ส่วน Clustered approach เป็นการดำเนินการของภาคเอกชน โดยที่เป็นการรวมโครงการต่างๆ ภายใต้ sector เดียวกัน เพื่อยื่นขอเป็นโครงการ CDM

โครงการ CDM ขนาดเล็กและมีความสามารถในการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก (CERs) ได้ในปริมาณต่ำ จะไม่มีความคุ้มค่าทางการเงินในการพัฒนาเป็นโครงการ CDM ประเภทโครงการเดี่ยว เนื่องจากมีค่าใช้จ่ายในการดำเนินการค่อนข้างสูง เมื่อเทียบกับรายได้จากการขายคาร์บอนเครดิต ทาง CDM-EB จึงได้สร้างช่องทางในการพัฒนาโครงการขนาดเล็กมากเป็น CDM โดยการรวมโครงการขนาดเล็กเข้าด้วยกันเพื่อให้โครงการมีความคุ้มค่าเหมาะสมต่อการลงทุน ซึ่งแบ่งออกเป็นการพัฒนาโครงการ 2 ลักษณะด้วยกัน ได้แก่ โครงการ CDM ประเภท Bundling และโครงการ Programmatic CDM หรือ Programme of Activities (PoA) มีรายละเอียดดังนี้

⁵ <http://cdm.unfccc.int/Reference/index.html>



1. โครงการ CDM ประเภท Bundling

จะเป็นการรวมโครงการที่เป็นโครงการประเภทเดียวกัน ลักษณะกิจกรรมเหมือนกัน มีช่วงเวลาในการคิดเครดิตเหมือนกัน โดยอาจมีเทคโนโลยีเหมือนกันหรือต่างกันก็ได้ ทั้งนี้ ต้องระบุจำนวนโครงการย่อยที่เข้าร่วมตั้งแต่เริ่มโครงการและไม่สามารถเพิ่มเติมโครงการย่อยได้ในภายหลัง โดยโครงการที่รวมกันแล้วจะไม่สามารถแยกออกจากกันได้ในทุกระยะของการดำเนินโครงการ

2. ลักษณะโครงการ CDM ประเภท Programme of Activity (PoA)

เป็นโครงการที่ดำเนินการนำกิจกรรมต่างๆ ซึ่งส่วนใหญ่จะอยู่ภายใต้นโยบายหรือมาตรการของภาครัฐมาพัฒนาเป็นโครงการ CDM โดยแต่ละกิจกรรมต้องมีวิธีการคำนวณปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ลดได้และวิธีการตรวจวัดแบบเดียวกัน ที่สำคัญยังสามารถเพิ่มเติมโครงการได้เรื่อยๆ ภายใต้ Programme เดียวกันภายในช่วงระยะเวลาที่กำหนด จึงเป็นโครงการที่มีความยืดหยุ่นกว่าการดำเนินโครงการ CDM ที่เป็นแบบ Bundling

ระยะเวลา Crediting period ของโครงการ CDM จากทั้งหมด 2 ประเภท ระยะเวลา ได้แก่ (1) Fixed crediting period กำหนดเวลาสูงสุด 10 ปี ไม่สามารถต่ออายุได้ และ (2) Renewable crediting period มีระยะเวลา 7 ปี และสามารถต่ออายุได้ 2 ครั้ง รวมระยะเวลาสูงสุดในการคิดเครดิต 21 ปี



6 แนวทางการจัดการสิ่งแวดล้อมเพื่อลดการปลดปล่อย

ก๊าซเรือนกระจกในอุตสาหกรรมเหมืองแร่และอุตสาหกรรมพื้นฐาน

* การควบคุมฝุ่นละออง

การดำเนินการผลิตของอุตสาหกรรมเหมืองแร่มักจะเกี่ยวข้องกับฝุ่นละออง ทั้งจากกระบวนการทำเหมือง การผลิต การกองเก็บ และการขนส่ง ดังนั้นการได้ดำเนินการติดตั้งเครื่องดักฝุ่น เช่น แบบไฟฟ้าสถิตย์(Electrostatic Precipitator) ซึ่งเป็นระบบดักฝุ่นที่ทันสมัยที่สุด ในการดักฝุ่นจากปล่องหม้อเผาปูนซีเมนต์และปล่องหม้อเย็น และติดตั้งเครื่องดักฝุ่นแบบถุงกรอง (Bag Filter) ในจุดต่างๆ ที่อาจก่อให้เกิดฝุ่น จึงเป็นประเด็นที่สำคัญ นอกจากนี้ ควรมีการกำหนดให้มีการบำรุงรักษาอุปกรณ์แบบป้องกัน (Preventive Maintenance) เพื่อให้เครื่องดักฝุ่นหรือเครื่องมือต่างๆ สามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพตลอดเวลา

* การเพิ่มพื้นที่สีเขียว

ควรดำเนินการปลูกต้นไม้ภายในและภายนอกพื้นที่โรงงาน เพื่ออนุรักษ์ทรัพยากรป่าไม้และช่วยลดปัญหาภาวะโลกร้อน โดยกิจกรรมปลูกป่านี้ หากมีปริมาณมากพอและเป็นไปตามหลักการของ CDM แล้ว สามารถนำไปช่วยในการคำนวณค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กรได้ตาม ISO 14064-2: 2006 (Greenhouse Gases-Part 2: Specification with Guidance at the Project Level for Quantification, Monitoring and Reporting of Greenhouse Gas Emission Reductions or Removal Enhancements) อีกด้วย

* การนำวัสดุที่ไม่ใช้แล้วทดแทนเชื้อเพลิงและวัตถุดิบ

อุตสาหกรรมเหมืองแร่ต้องใช้เชื้อเพลิงฟอสซิล (Fossil Fuel) ได้แก่ ถ่านหินและน้ำมันเตา ในกระบวนการผลิตจำนวนมาก ซึ่งเป็นเชื้อเพลิงประเภทใช้แล้วหมดไป (Non-Energy Renewable) และเชื้อเพลิงประเภทนี้ต้องนำเข้าจากต่างประเทศเป็นปริมาณมาก ในกรณีที่ดำเนินการผลิตในประเทศไทย ก็จะมีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมทั้งในด้านการทำ



เหมืองถ่านหิน การขนส่ง และการใช้งาน ดังนั้น ควรใช้เชื้อเพลิงทดแทนอื่นที่มีประสิทธิภาพ และมีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมน้อย ได้แก่ การใช้เชื้อเพลิงชีวมวล (Biomass) และวัสดุเหลือใช้จากภาคอุตสาหกรรม (Industrial Waste)

เชื้อเพลิงชีวมวลเป็นวัสดุที่ไม่ใช้แล้วจากภาคเกษตรกรรมหรืออุตสาหกรรมที่เกี่ยวข้องกับการเกษตร เช่น แกลบ ชี้เลื่อย ใบปาล์ม เป็นต้น การใช้เชื้อเพลิงชีวมวลนี้จะช่วยลดการสูญเสียเงินตราต่างประเทศในการนำเข้าเชื้อเพลิง ลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกและเพิ่มมูลค่าของวัสดุที่ไม่ใช้แล้วจากภาคเกษตรกรรม

สำหรับวัสดุเหลือใช้จากภาคอุตสาหกรรมที่นำมาใช้เป็นเชื้อเพลิงทดแทน ได้แก่ ยางรถยนต์ น้ำมันใช้แล้ว หรือสารอื่นๆ ที่มีค่าความร้อน ซึ่งสามารถหาได้จากผู้ประกอบการที่มีใบอนุญาตประกอบกิจการโรงงานปรับปรุงคุณภาพของเสียรวม (ลำดับที่ 101)

* การลดการใช้พลังงานไฟฟ้า

นอกจากการปรับปรุงเครื่องจักรและอุปกรณ์เพื่อลดการใช้พลังงานไฟฟ้าและความร้อนในกระบวนการผลิตอุตสาหกรรมเหมืองแร่แล้ว การควบคุมกระบวนการผลิตด้วยระบบอัตโนมัติยังเป็นวิธีการหนึ่งที่สามารถควบคุมให้มีการใช้พลังงานไฟฟ้าและความร้อนตามที่กำหนดได้อย่างมีประสิทธิภาพ ถูกต้อง แม่นยำในช่วงที่ต้องการได้ตลอดเวลา เช่น ระบบ Advance Process Control (APC) ซึ่งสามารถปรับกระบวนการผลิตให้เป็นไปอย่างต่อเนื่อง โดยจะมีการตรวจสอบกระบวนการผลิตและปรับแต่งทุกๆ 3 นาที ซึ่งสามารถลดการเบี่ยงเบนของค่าต่างๆ ในกระบวนการผลิต และส่งผลให้สามารถลดอัตราการใช้ไฟฟ้าและเชื้อเพลิง ทำให้การใช้พลังงานและทรัพยากรธรรมชาติเป็นไปได้อย่างมีประสิทธิภาพ

* ISO 50001 (Energy management systems)

จากปัญหาด้านราคาน้ำมันที่สูงขึ้น ประกอบกับภาวะโลกร้อน ซึ่งเป็นผลมาจากการใช้พลังงานอย่างสิ้นเปลือง ดังนั้น ควรประยุกต์ใช้มาตรฐานนี้เพื่อช่วยในการลดพลังงานที่เป็นสาเหตุสำคัญของก๊าซเรือนกระจก โดยมาตรฐาน ISO 50001 เน้นจุดมุ่งหมายสำคัญ 8 ประการ ได้แก่



- 1) เพิ่มประสิทธิภาพการจัดการด้านพลังงานขององค์กร โดยต้องเข้ากับระบบการจัดการมาตรฐาน ISO 14001 ที่องค์กรนั้นๆ ดำเนินการอยู่
- 2) องค์กรนั้นๆ ต้องมีการดำเนินการด้านการจัดการพลังงานที่เป็นรูปธรรมสามารถนำไปปฏิบัติได้จริงและก่อให้เกิดการปรับปรุงด้านพลังงานอย่างต่อเนื่อง
- 3) องค์กรนั้นๆ ต้องปรับปรุงการใช้ทรัพยากรด้านพลังงานให้คุ้มค่ากับการลงทุนเพื่อลดค่าใช้จ่ายและเพิ่มประสิทธิภาพในการผลิต
- 4) สนับสนุนให้เกิดการใช้เทคโนโลยีใหม่ๆ ในด้านประสิทธิภาพพลังงาน
- 5) องค์กรนั้นๆ ต้องควบคุมผู้ส่งมอบที่เกี่ยวข้องตลอดห่วงโซ่การผลิต เพื่อสนับสนุนให้เกิดการใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพ
- 6) ใช้มาตรฐานนี้เพื่อเป็นแนวทางปฏิบัติสำหรับเกณฑ์มาตรฐานอื่นๆ (Benchmarking) การทดสอบ การวัด การจัดทำระบบเอกสารและการรายงานผลการปรับปรุงด้านพลังงานและการจัดการในโครงการที่เกี่ยวข้องกับการลดปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ปลดปล่อยออกไป
- 7) สำหรับองค์กรที่มีสาขาอยู่มากกว่า 1 ประเทศ ควรมีแนวทางการดำเนินงานด้านการจัดการพลังงานที่เป็นรูปแบบเดียวกันทุกสาขา
- 8) จัดการส่งเสริมและสนับสนุนให้ผู้ปฏิบัติงานเกิดพฤติกรรมที่ดีและมีส่วนร่วมในการดำเนินการจัดการด้านพลังงาน



เอกสารอ้างอิง

1. Durucan et al. (2006). Mining life cycle modeling: a cradle-to-gate approach to environmental management in the minerals industry. J Clean Prod.14:1057–1070.
2. Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), Fourth Assessment Report (AR4), Working Group 1, Chapter 2, Changes in Atmospheric Constituents and in Radiative Forcing, Table 2.14, page 212.
3. Kwame, A., Akim, A., 201. Application of life cycle assessment in the mining industry. Int J Life Cycle Assess, 16:82–89.
4. <http://cdm.unfccc.int/Reference/index.html>. สืบค้นเมื่อวันที่ 8 กันยายน 2554. United Nations Framework Convention on Climate Change. Rule and Reference.
5. <http://www.sustainability.sgs.com/consumergoods/carbon-footprint.htm> สืบค้นเมื่อวันที่ 31 สิงหาคม 2554. SGS Group. Carbon Footprint Analysis.

