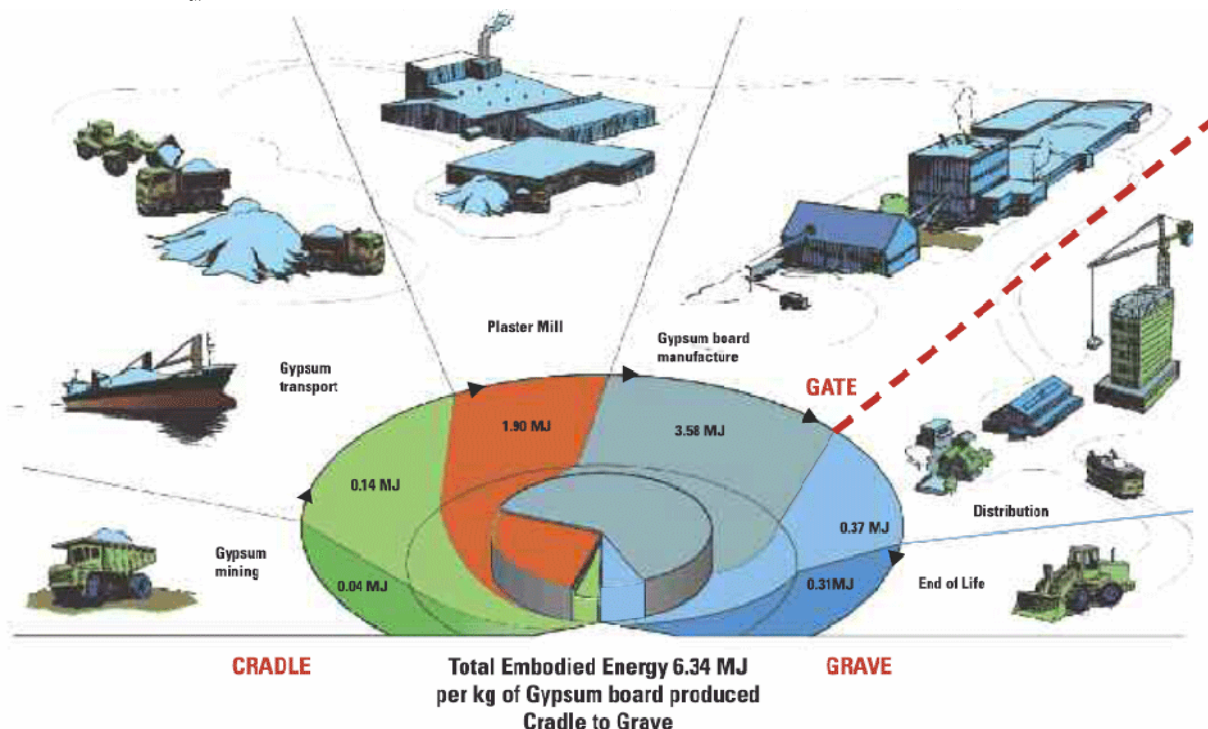


1. การฝึกอบรมเพื่อเสริมสร้างความรู้ความเข้าใจ

การฝึกอบรมจัดขึ้นในวันที่ 24 และ 25 กุมภาพันธ์ 2554 โดยมีผู้เข้าร่วมฝึกอบรมรวมทั้งสิ้นรวม 94 คน ประกอบด้วย ผู้แทนจากสถานประกอบการอุตสาหกรรมเหมืองแร่และอุตสาหกรรมพื้นฐานจำนวน 44 คน หน่วยงานภาครัฐและสถาบันการศึกษาจำนวน 22 คน และเจ้าหน้าที่จากกรมอุตสาหกรรมพื้นฐานและการเหมืองแร่จำนวน 28 คน โดยมีรายละเอียด ดังนี้

1.1 การวิเคราะห์วัฏจักรรายการสิ่งแวดล้อม (Life Cycle Inventory: LCI)

การวิเคราะห์วัฏจักรรายการสิ่งแวดล้อม เป็นหนึ่งในขั้นตอนสำคัญของการประเมินวัฏจักรชีวิต โดยวัฏจักรรายการสิ่งแวดล้อม เป็นข้อมูลเบื้องต้นสำหรับประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมในด้านต่างๆ โดยตลอดวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์หรือบริการ อันจะนำไปสู่การกำหนดแนวทางพัฒนาปรับปรุงเพื่อลดผลกระทบสิ่งแวดล้อมต่างๆ อย่างมีประสิทธิภาพ นอกจากนี้อาจใช้เป็นข้อมูลบ่งบอกถึงประสิทธิภาพในการใช้ทรัพยากรและการปล่อยของเสีย ใช้เพื่อเปรียบเทียบกับข้อมูลการผลิตของผลิตภัณฑ์อื่นๆ อันจะนำไปสู่การกำหนดแนวทางพัฒนาปรับปรุงเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพและลดการปล่อยของเสียโดยตลอดวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์หรือบริการอย่างมีประสิทธิภาพ ภาพที่ ก.1 แสดงตัวอย่างขอบเขตที่พิจารณาในการประเมินวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์หรือบริการ



ภาพที่ ก.1 ขอบเขตการประเมินวัฏจักรชีวิตของยิปซัมบอร์ด (Gypsum board)

ที่มา: EBMA, Sustainability in the Australian and New Zealand Gypsum Board Industry

อุตสาหกรรมเหมืองแร่ เป็นหนึ่งในอุตสาหกรรมต้นน้ำที่สำคัญในลำดับต้นๆ เนื่องจากมีอุตสาหกรรมปลายน้ำที่เกี่ยวข้องเป็นจำนวนมาก ตัวอย่างอุตสาหกรรมเหมืองแร่และอุตสาหกรรมปลายน้ำที่เกี่ยวข้องแสดงดังตารางที่ ก.1

ตารางที่ ก.1 ตัวอย่างอุตสาหกรรมเหมืองแร่และอุตสาหกรรมปลายน้ำ

อุตสาหกรรมเหมืองแร่	อุตสาหกรรมปลายน้ำ
ทรายแก้ว	แก้วและกระจก
ดินขาว	กระเบื้อง กระดาษ
ดีบุก	อาหาร ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์
เฟลด์สปาร์	แก้วและกระจก กระเบื้อง
ยิปซัม	ซีเมนต์
ฟอสเฟต	ปุ๋ย
หินปูน	ก่อสร้าง วัสดุทนไฟ เคมี ซีเมนต์

บัญชีรายการสิ่งแวดล้อม (LCI) คืออะไร

บัญชีรายการสิ่งแวดล้อม (LCI) คือ ข้อมูลเกี่ยวข้องกับสารขาเข้า (Input) และสารขาออก (Output) ของระบบที่ศึกษา (System boundary) โดยสารขาเข้าจะอยู่ในรูปของทรัพยากร วัตถุดิบและพลังงานที่ใช้ และสารขาออกจะอยู่ในรูปของของเสียที่ปล่อยสู่อากาศ น้ำ ดิน และกากของเสียตลอดจนผลิตภัณฑ์และผลิตภัณฑ์พลอยได้ที่ได้ผลิตได้ ตารางที่ ก.2 แสดงตัวอย่างข้อมูลบัญชีรายการสิ่งแวดล้อม (เฉพาะขั้นตอนการผลิต) สำหรับการผลิตกระเบื้องเซรามิค 1 ตัน อย่างไรก็ตามหากเป็นการจัดทำบัญชีรายการสิ่งแวดล้อมตลอดวัฏจักรชีวิตแบบ Cradle to grave จำเป็นต้องมีข้อมูลบัญชีรายการสิ่งแวดล้อมจากกระบวนการต้นน้ำและกระบวนการปลายน้ำมารวมไว้กับข้อมูลบัญชีรายการสิ่งแวดล้อมจากขั้นตอนการผลิตด้วย

ตารางที่ ก.2 ตัวอย่างข้อมูลบัญชีรายการสิ่งแวดล้อมสำหรับการผลิตกระเบื้องเซรามิค 1 ตัน

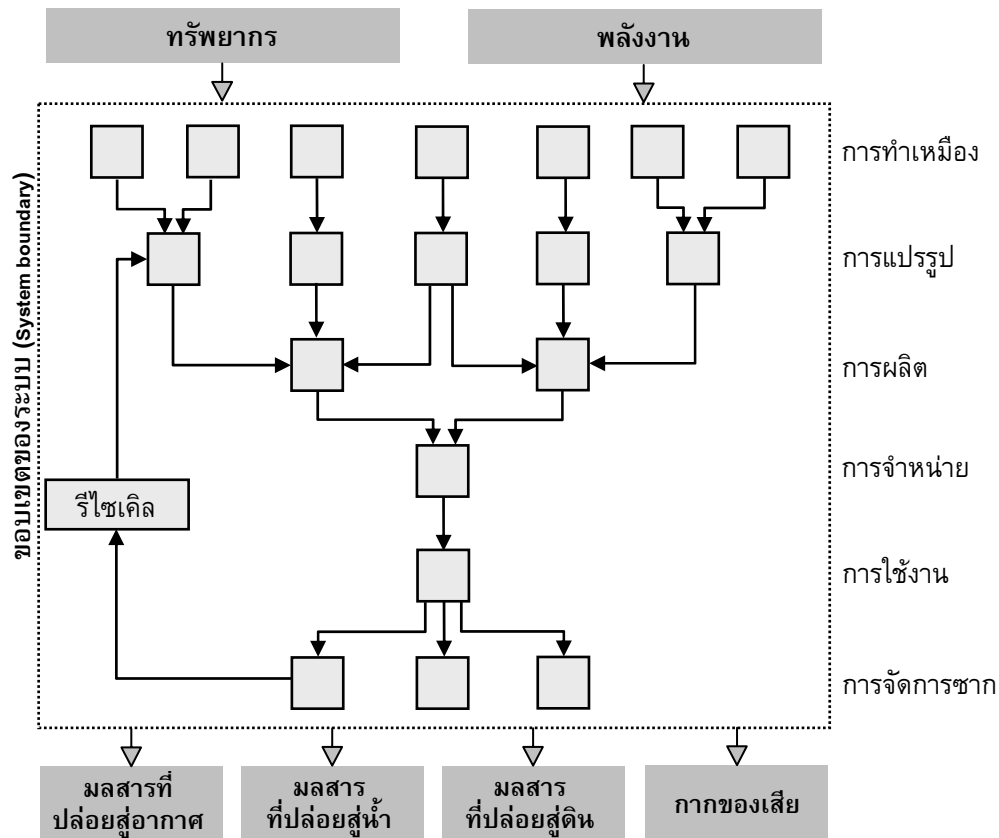
สารขาเข้า			สารขาออก		
รายการ	หน่วย	ปริมาณ	รายการ	หน่วย	ปริมาณ
ทรัพยากร			ผลิตภัณฑ์		
ดินขาว	กิโลกรัม	426.1	กระเบื้องเซรามิค	ตัน	1
ดินดำ	กิโลกรัม	106.1	มลสารที่ปล่อยสู่อากาศ		
หินปูน	กิโลกรัม	87.5	CO ₂	กิโลกรัม	2,498
แร่ไฟโรฟิลไลต์	กิโลกรัม	338.5	CO	กิโลกรัม	0.09
หินฟอสเฟต	กิโลกรัม	87.6	SO ₂	กิโลกรัม	1.79
เฟลด์สปาร์	กิโลกรัม	12.68	NO _x	กิโลกรัม	0.75
วัตถุดิบ			PM	กิโลกรัม	0.76
โซเดียมซิลิเกต	กิโลกรัม	0.004	มลสารที่ปล่อยสู่น้ำ		
อลูมิเนียมออกไซด์	กิโลกรัม	0.35	BOD	กรัม	25
ซิงค์ออกไซด์	กิโลกรัม	3.8	SS	กรัม	25
กล่องกระดาษ	กิโลกรัม	18.5	Oil & Grease	กรัม	5
พลังงาน			Pb	กรัม	0.1
ไฟฟ้า	กิโลวัตต์-ชม.	318	Cd	กรัม	0.05
ดีเซล*	เมกะจูล	7450	กากของเสีย		
น้ำมันเตา*	เมกะจูล	1877	กากตะกอน	กิโลกรัม	7.5
LPG*	เมกะจูล	9611	กระเบื้องเสียจากการเคลือบ	กิโลกรัม	5

หมายเหตุ *ค่าความร้อนของดีเซล = 36.42 เมกะจูลต่อลิตร, ค่าความร้อนของน้ำมันเตา = 49.01 เมกะจูลต่อลิตร, ค่าความร้อนของ LPG = 46.3 เมกะจูลต่อกิโลกรัม

การจัดทำข้อมูลบัญชีรายการสิ่งแวดล้อมเป็นขั้นตอนที่ยุ่งยากและเสียเวลามากที่สุด แต่มีความสำคัญมากที่สุด โดย ISO มีมาตรฐานสำหรับการรวบรวมข้อมูลบัญชีรายการสิ่งแวดล้อม ได้แก่ ISO/TS 14048 - Data Documentation Format (International Organization for Standardization, 2002)

การกำหนดขอบเขตของระบบที่จะศึกษา

การกำหนดขอบเขตของระบบที่ศึกษาและข้อมูลสารขาเข้าและสารขาออกจากกระบบที่ศึกษาอันเป็นส่วนประกอบของบัญชีรายการสิ่งแวดล้อมแสดงตัวอย่างดังภาพที่ ก.2



ภาพที่ ก.2 แสดงตัวอย่างขอบเขตของระบบที่ศึกษาและข้อมูลสารขาเข้าและสารขาออก

ข้อมูลบัญชีรายการอาจได้จากข้อมูลที่มีการตรวจวัดจริง หรืออาจได้จากการคำนวณ หรืออาจได้จากแหล่งข้อมูลอ้างอิงอื่นๆ ก็ได้ โดยแหล่งที่มาของข้อมูลบัญชีรายการมี 2 ประเภทคือ ข้อมูลปฐมภูมิ (Primary data) และข้อมูลทุติยภูมิ (Secondary data)

ข้อมูลปฐมภูมิ หมายถึง ข้อมูลที่ได้จากการรวบรวมหรือบันทึกจากแหล่งข้อมูลโดยตรง ซึ่งอาจจะได้จากการสอบถาม การสัมภาษณ์ การสำรวจ การจดบันทึก ตลอดจนการจัดหาด้วยเครื่องจักรอัตโนมัติต่างๆ ที่ดำเนินการจัดเก็บข้อมูลได้ เช่น เครื่องอ่านรหัสแท่ง เครื่องอ่านแถบแม่เหล็ก ข้อมูลปฐมภูมิจึงเป็นข้อมูลพื้นฐานที่ได้มาจากการจดกำเนิดของข้อมูลนั้นๆ

ข้อมูลทุติยภูมิ หมายถึง ข้อมูลที่มีผู้อื่นรวบรวมไว้ให้แล้ว บางครั้งอาจจะมีการประมวลผลเพื่อเป็นสารสนเทศ ผู้ใช้ข้อมูลไม่จำเป็นต้องไปสำรวจเอง ตัวอย่างจากข้อมูลสถิติต่างๆ ที่หน่วยงานรัฐบาลทำไว้แล้ว เช่น สถิติจำนวนประชากรแต่ละจังหวัด สถิติการส่งสินค้าออก สถิติการนำเข้าสินค้าเข้า ข้อมูลเหล่านี้มีการตีพิมพ์เผยแพร่เพื่อให้ใช้งานได้ หรือนำเอาไปประมวลผลต่อ

ข้อมูลที่ขั้นตอนการผลิตผลิตภัณฑ์/บริการ ที่เป็นเป้าหมายของการศึกษามักเป็นข้อมูลปฐมภูมิ เนื่องจากสามารถเข้าถึงแหล่งข้อมูลได้ง่าย เนื่องจากเป็นข้อมูลของบริษัทผู้ผลิตผลิตภัณฑ์/สินค้าเอง ในขณะที่ข้อมูลในขั้นตอนอื่นของวัฏจักรชีวิตได้แก่ กระบวนการต้นน้ำ ซึ่งประกอบด้วยการจัดหาวัตถุดิบ และกระบวนการปลายน้ำ ซึ่งประกอบด้วยการจำหน่าย การใช้งาน และการจัดการซาก มักจะใช้ข้อมูลทุติยภูมิ เนื่องจากสามารถเข้าถึงแหล่งข้อมูลจริงได้ยาก เช่น การเข้าถึงข้อมูลของผู้จัดหาวัตถุดิบอาจมีอุปสรรคเนื่องจากเป็นความลับทางการค้าของผู้จัดหาวัตถุดิบ ซึ่งผู้จัดหาวัตถุดิบอาจไม่ยินยอมให้ข้อมูล หรือไม่เห็นความสำคัญ และขาดแคลนทรัพยากรบุคลากรและค่าใช้จ่าย เนื่องจากหากผู้จัดหาวัตถุดิบไม่เคยมีการจัดเก็บข้อมูลดังกล่าวไว้ก่อนจะต้องอุทิศเวลาและบุคลากรเพื่อจัดทำข้อมูลดังกล่าวขึ้น เป็นต้น ที่มาของข้อมูลทุติยภูมิ ได้แก่ ฐานข้อมูลในและต่างประเทศ รายงานการศึกษา LCI/LCA วารสาร วิทยานิพนธ์ สื่อและสิ่งพิมพ์ต่างๆ เป็นต้น

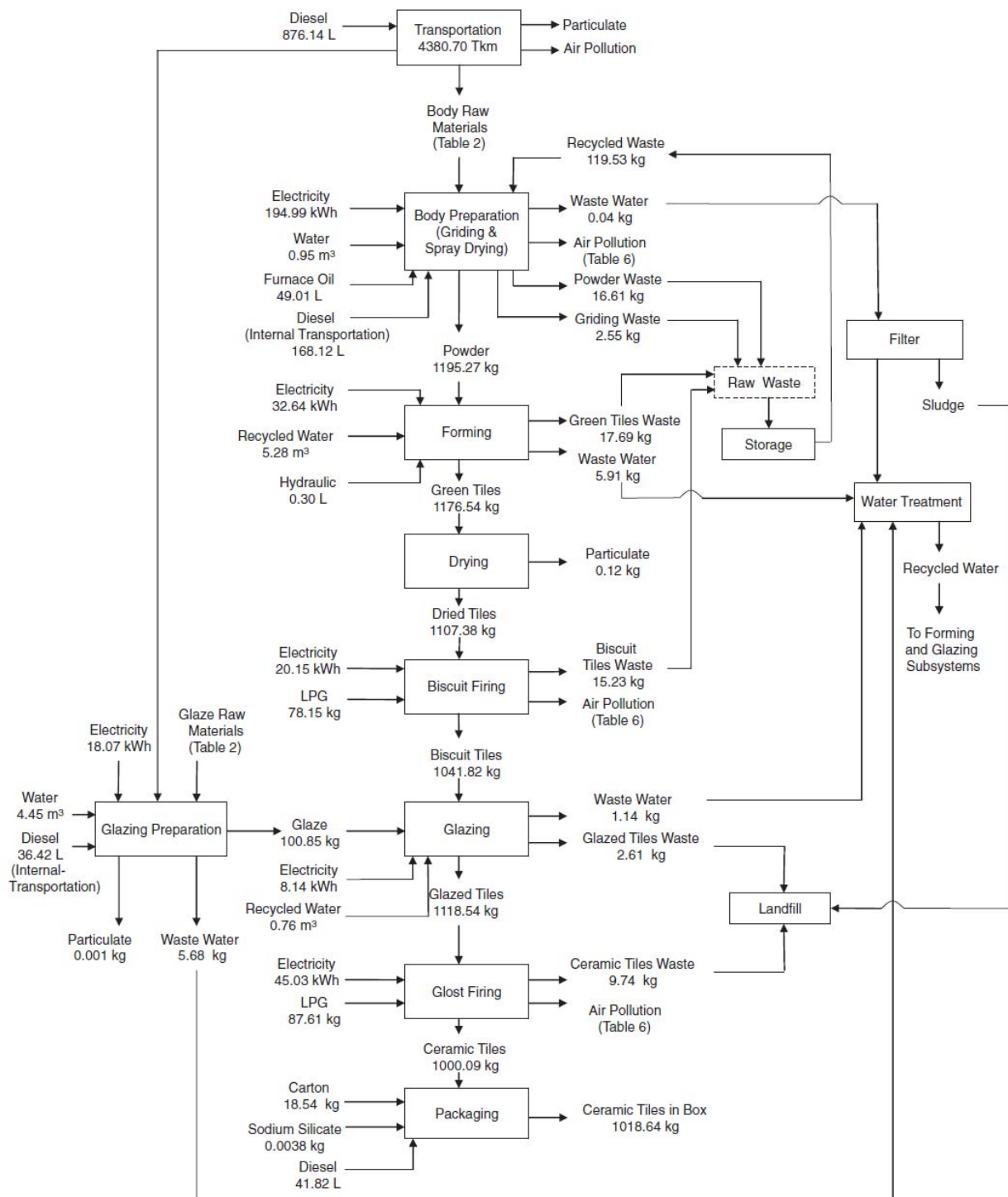
ขั้นตอนการเก็บข้อมูล

เมื่อกำหนดขอบเขตของระบบที่จะพิจารณาแล้ว ขั้นตอนต่อไปคือการเตรียมการเพื่อเก็บรวบรวมข้อมูลต่างๆ เพื่อนำไปจัดทำบัญชีรายการสิ่งแวดล้อมซึ่งมีขั้นตอนดังต่อไปนี้

- สร้างแผนผังกระบวนการผลิต โดยศึกษากระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์/บริการอย่างละเอียด กำหนดกระบวนการย่อยต่างๆ ที่เกี่ยวข้องให้ครบถ้วนโดยกระบวนการย่อยของการผลิตที่จะพิจารณามักเริ่มตั้งแต่การรับวัตถุดิบ การจัดเก็บวัตถุดิบ การเตรียมวัตถุดิบ การแปรรูปวัตถุดิบ การนำวัตถุดิบมาผลิตเป็นผลิตภัณฑ์ การบรรจุหีบห่อ และการจัดเก็บสินค้า ตลอดจนระบบสนับสนุนต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับการผลิต เช่น การขนย้ายภายในโรงงาน ระบบปรับอากาศน้ำใช้ ระบบผลิตพลังงาน ระบบบำบัดน้ำเสียและของเสียต่างๆ ให้ระบุขอบเขตที่พิจารณาและไม่พิจารณาในการศึกษาให้ชัดเจน ซึ่งขอบเขตที่มักจะไม่นับรวมในการพิจารณาได้แก่ กิจกรรมส่วนสำนักงาน โรงอาหาร บ้านพัก การเดินทางของพนักงาน เป็นต้น ภาพที่ ก.3 แสดงตัวอย่างแผนผังกระบวนการผลิตกระเบื้องเซรามิคซึ่งระบุกระบวนการย่อยต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับการผลิตรวมถึงระบบสนับสนุนต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับการผลิตที่อยู่ในขอบเขตการจัดเก็บข้อมูล

- เมื่อกำหนดกระบวนการย่อยต่างๆ แล้วให้เขียนเส้นทางการไหลของสารขาเข้าและสารขาออกจากแต่ละกระบวนการย่อยต่างๆ ให้ครบถ้วน

- ให้ระบุชนิดและปริมาณของสารขาเข้าและสารขาออกต่างๆ ดังแสดงในภาพที่ 2.3 พร้อมตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูล



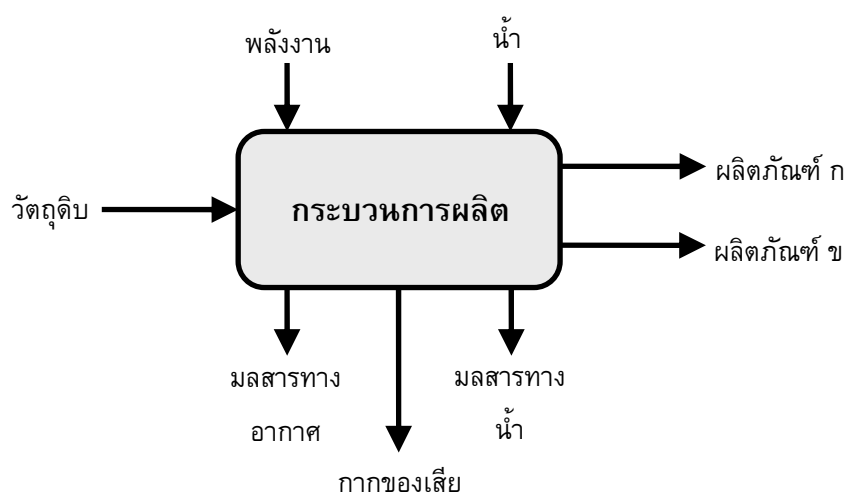
ภาพที่ ก.3 ตัวอย่างแผนผังกระบวนการผลิตพร้อมกระบวนการย่อยและระบบสนับสนุนต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง
ที่มา: Tikul, N. และ Srirachdr, P., Assessing the environmental impact of ceramic tile production
in Thailand, Journal of the Ceramic Society of Japan, 118 (10) 887-894, 2010

การปันส่วน

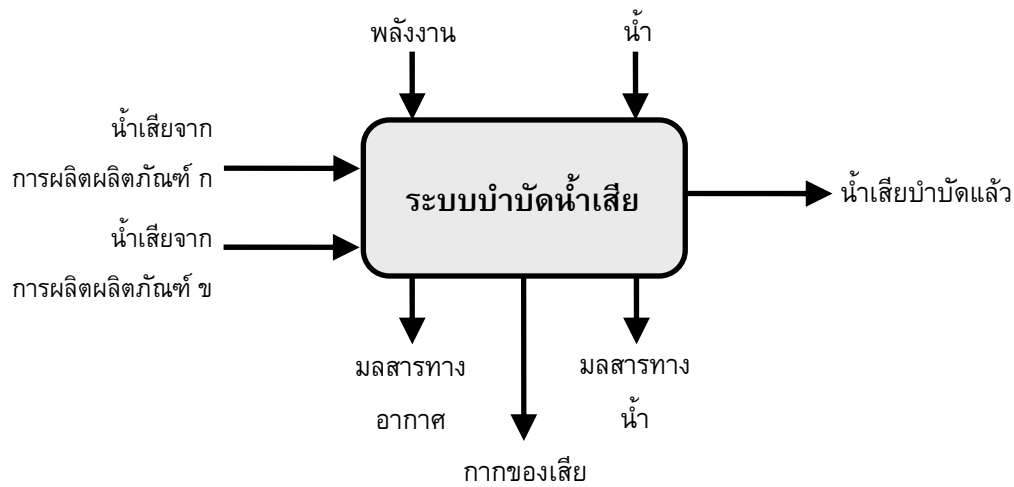
การปันส่วนเป็นวิธีการที่สำคัญและจำเป็นอย่างยิ่งสำหรับการจัดทำบัญชีรายการสิ่งแวดล้อมถือว่าเป็นหนึ่งในขั้นตอนที่ยากที่สุดในการวิเคราะห์ข้อมูลบัญชีรายการ

การปันส่วน คือการแบ่งส่วนการใช้ทรัพยากร การใช้พลังงาน และการะสิ่งแวดลอมที่เกิดขึ้นจากหน่วยผลิตหนึ่งๆ ให้แก่ผลิตภัณฑ์แต่ละชนิดอย่างเหมาะสม เหตุการณ์ที่ต้องมีการปันส่วน ได้แก่

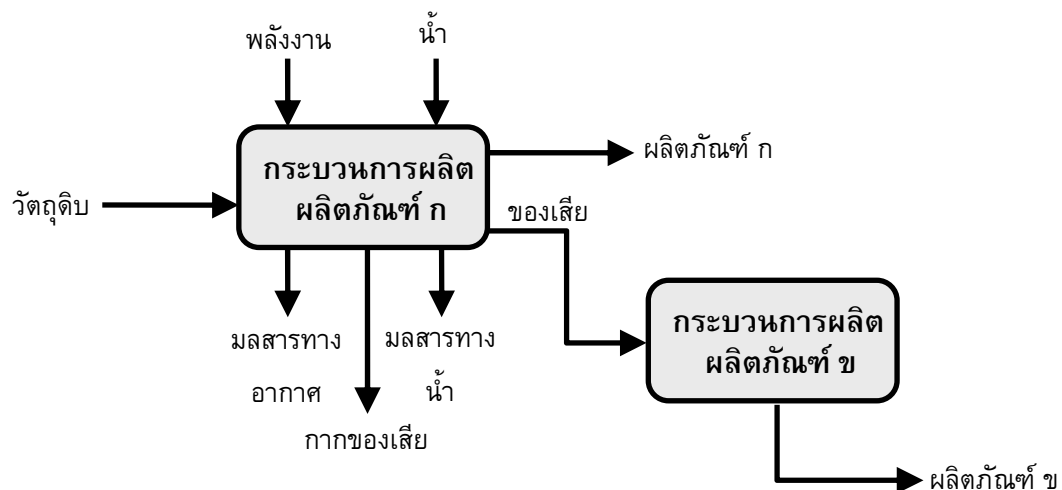
- กรณีมีสารขาออกหลายชนิด (Multiple output) ได้แก่ กรณีที่มีผลิตภัณฑ์หลายประเภทจากหน่วยผลิตเดียวกัน ในช่วงเวลาเดียวกัน เช่น ใน 1 เดือน บริษัทอาจมีการผลิตสินค้าหลายเกรด (ดังแสดงในภาพที่ ก.4)
- กรณีมีสารขาเข้าหลายชนิด (Multiple input) ได้แก่ กรณีที่มีของเสียจากการผลิตผลิตภัณฑ์หลายผลิตภัณฑ์เข้าสู่หน่วยบำบัดเดียวกัน (ดังแสดงในภาพที่ ก.5)
- กรณีมีการรีไซเคิลแบบระบบเปิด (Open-loop recycling) ได้แก่ กรณีที่มีของเสียจากหน่วยผลิตหนึ่งของผลิตภัณฑ์เป้าหมายที่สามารถนำไปเป็นวัตถุดิบของผลิตภัณฑ์ชนิดอื่นที่ไม่ได้อยู่ในขอบเขตที่ศึกษา (ดังแสดงในภาพที่ ก.6)



ภาพที่ ก.4 กระบวนการผลิตที่มีสารขาออกหลายชนิด



ภาพที่ ก.5 กระบวนการผลิตที่มีสารขาเข้าหลายชนิด



ภาพที่ ก.6 กระบวนการผลิตที่มีการนำของเสียไปรีไซเคิลนอกกระบวนการที่ศึกษา

วิธีที่ใช้ในการปันส่วนสามารถทำได้หลายวิธีด้วยกัน ได้แก่

- ขยายขอบเขตของระบบ (System expansion)
- ปันส่วนเชิงเทคนิค (Technical allocation)
- ปันส่วนเชิงกายภาพ (Physical allocation) เช่น มวล ปริมาตร โมล พื้นที่ พลังงาน
- ปันส่วนเชิงมูลค่า (Economic allocation)
- อื่นๆ เช่น 50/50

องค์การมาตรฐานสากล (ISO) ได้กำหนดกฎของการปันส่วนไว้ดังต่อไปนี้

- หลักเลียงการปันส่วนด้วยการแบ่งหน่วยการผลิตย่อย หรือด้วยการขยายขอบเขตของระบบ กล่าวคือหากหน่วยผลิตมีสารขาเข้าหรือสารขาออกมากกว่า 1 รายการให้แบ่งหน่วยการผลิตนั้นให้ย่อยลงไปอีกจนกระทั่งให้ได้หน่วยการผลิตหลายๆ หน่วยที่มีสารขาเข้าหรือสารขาออกเพียงรายการเดียว เพื่อที่จะได้ไม่ต้องปันส่วน หรือใช้วิธีการขยายขอบเขตของระบบ เช่น กรณีที่มีผลิตภัณฑ์ ก และ ข ออกจากหน่วยผลิตเดียวกันให้พิจารณาทั้ง ก และ ข รวมกันเป็น 1 ผลิตภัณฑ์ แทนที่จะแยกผลิตภัณฑ์ ก และผลิตภัณฑ์ ข ออกจากกันด้วยการปันส่วน และกำหนดหน้าที่ (Function) ของระบบที่ศึกษาใหม่ให้ครอบคลุมหน้าที่ที่ได้รับจากผลิตภัณฑ์ ก และผลิตภัณฑ์ ข แทนที่จะกำหนดหน้าที่ของผลิตภัณฑ์ ก หรือ ข อย่างใดอย่างหนึ่งเพียงอย่างเดียว เป็นต้น

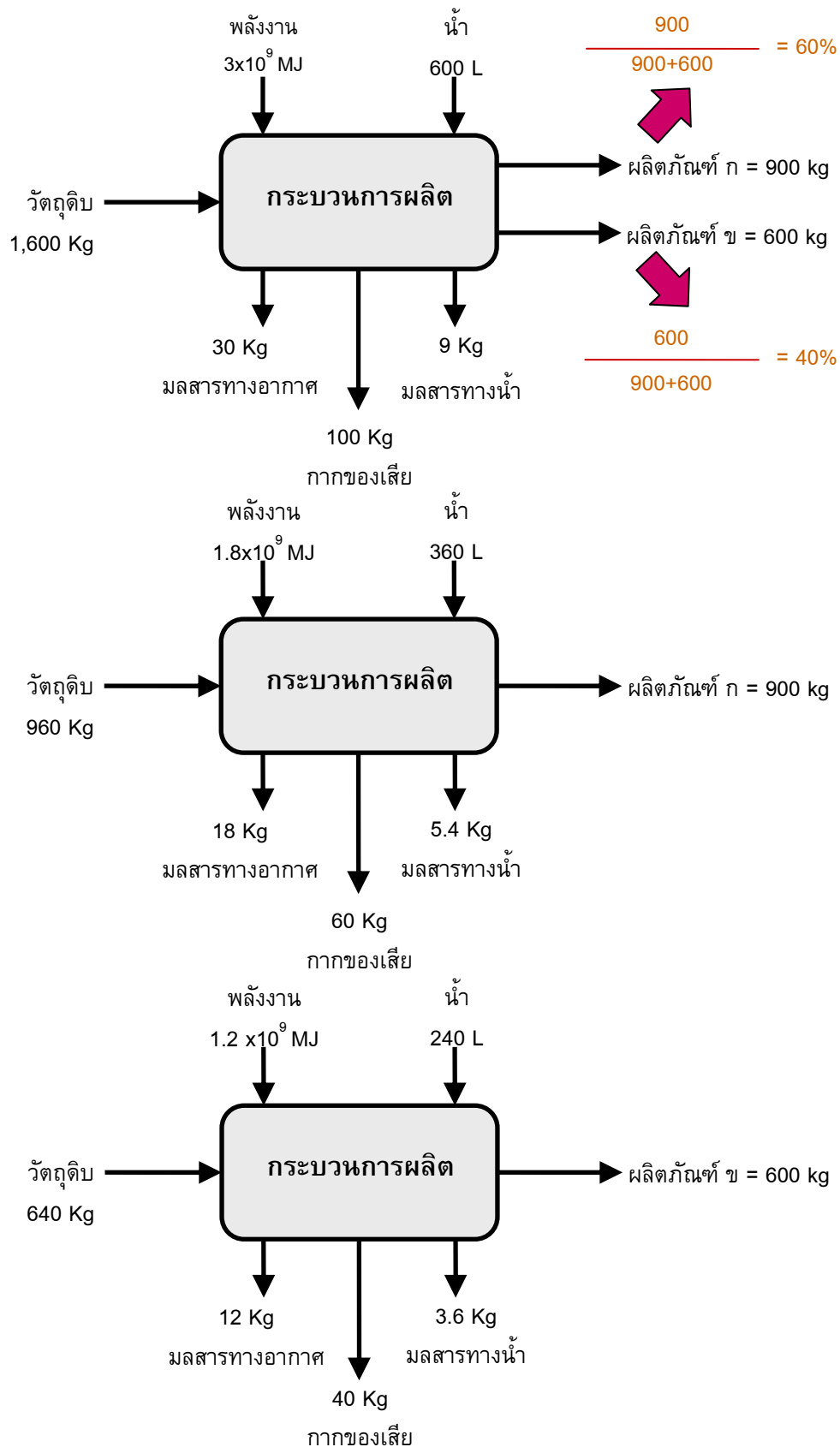
- หากเป็นไปได้ให้ปันส่วนเชิงกายภาพ

ในทางปฏิบัติหลายๆ ครั้งพบว่าหลักการเลียงการปันส่วนอาจทำได้ยาก ดังนั้นในกรณีที่ต้องทำการปันส่วน องค์การมาตรฐานสากล (ISO) ได้กำหนดให้เลือกการปันส่วนโดยใช้ข้อมูลทางกายภาพก่อน ตัวอย่างข้อมูลทางกายภาพที่นิยมนำมาใช้ในการปันส่วน ได้แก่ มวล ปริมาตร โมล พื้นที่ พลังงาน เป็นต้น

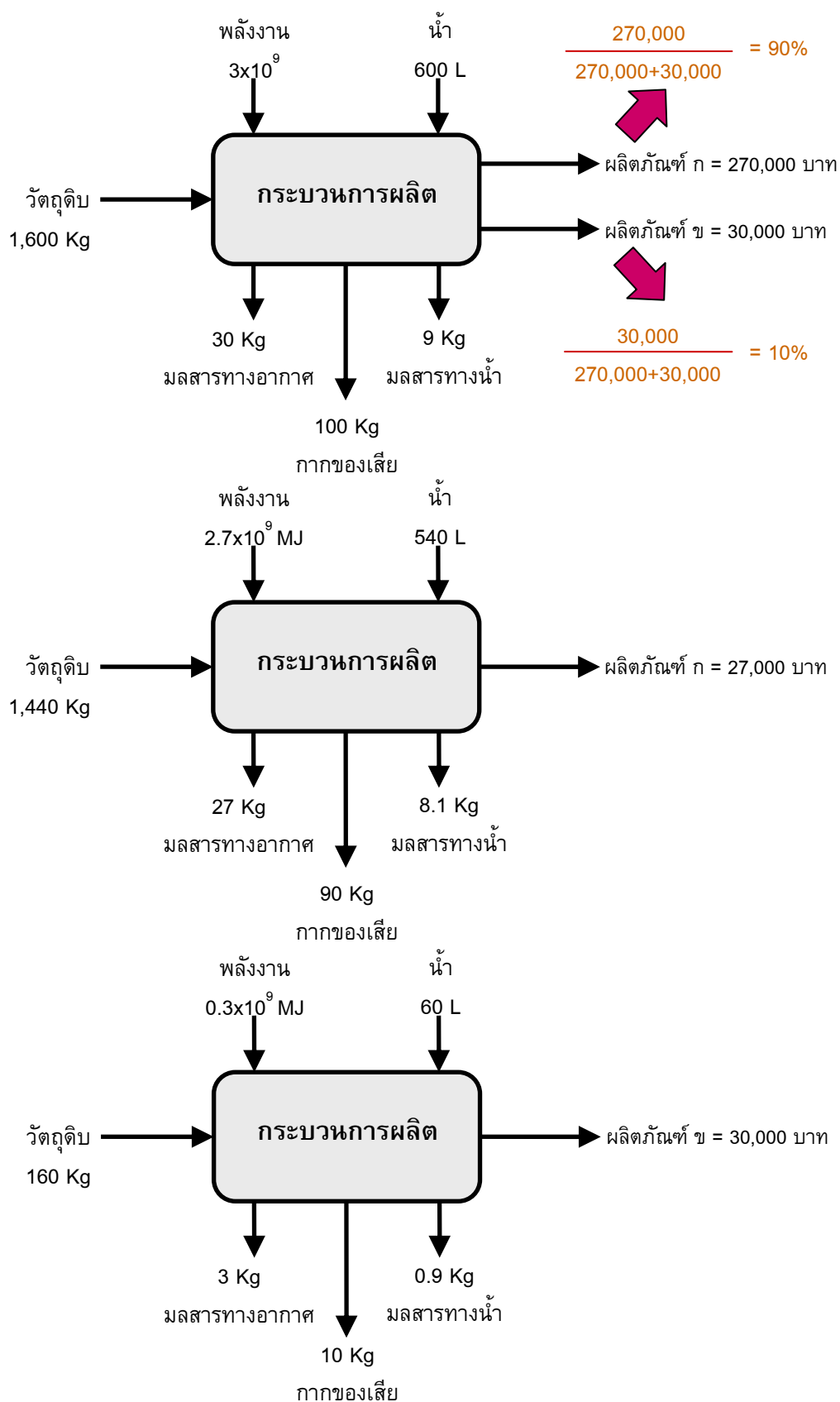
- ทางเลือกสุดท้ายคือการปันส่วนเชิงมูลค่า

ในกรณีที่ไม่สามารถหลักการเลียงการปันส่วน และไม่สามารถปันส่วนเชิงกายภาพได้ เช่น กรณีที่ผลิตภัณฑ์สองชนิดที่ได้จากกระบวนการผลิตเดียวกันมีหน่วยไม่เหมือนกัน เช่น ผลิตภัณฑ์หนึ่งมีหน่วยเป็นมวล อีกผลิตภัณฑ์หนึ่งมีหน่วยเป็นพลังงาน กรณีเช่นนี้อาจจำเป็นต้องใช้การปันส่วนเชิงมูลค่า ซึ่งองค์การมาตรฐานสากล (ISO) กำหนดให้เป็นทางเลือกสุดท้ายในการปันส่วน เนื่องจากมูลค่าของผลิตภัณฑ์มีความผันแปรสูงจึงไม่เหมาะสมที่จะนำมาใช้ในการปันส่วน

ภาพที่ ก.7 แสดงตัวอย่างการปันส่วนเชิงมวลในกรณีที่มีผลิตภัณฑ์มากกว่า 1 ชนิดออกจากหน่วยผลิตเดียวกันคือ ผลิตภัณฑ์ ก และผลิตภัณฑ์ ข การปันส่วนเชิงมวลของผลิตภัณฑ์ทำได้โดยคำนวณสัดส่วนโดยมวลของผลิตภัณฑ์แต่ละชนิดที่ออกจากกระบวนการผลิตเดียวกัน จากตัวอย่างดังกล่าวมีผลิตภัณฑ์ 2 ชนิดที่ออกจากกระบวนการผลิตเดียวกันคือ ผลิตภัณฑ์ ก ปริมาณ 900 กก. และผลิตภัณฑ์ ข ปริมาณ 600 กก. คิดเป็นปริมาณรวมทั้งสิ้น 1,500 กก. หรือคิดเป็น 60% และ 40% สำหรับผลิตภัณฑ์ ก และผลิตภัณฑ์ ข ตามลำดับ ดังนั้นปริมาณพลังงานที่ใช้สำหรับผลิตภัณฑ์ ก เท่ากับพลังงานรวม x สัดส่วนเชิงมวลของผลิตภัณฑ์ ก นั่นคือ $3 \times 10^9 \times 0.6 = 1.8 \times 10^9$ MJ และปริมาณพลังงานที่ใช้สำหรับผลิตภัณฑ์ ข เท่ากับพลังงานรวม x สัดส่วนเชิงมวลของผลิตภัณฑ์ ข นั่นคือ $3 \times 10^9 \times 0.4 = 1.2 \times 10^9$ MJ ซึ่งสารขาเข้าและสารขาออกแต่ละรายการสามารถคำนวณได้ด้วยวิธีเดียวกัน



ภาพที่ ก.7 ตัวอย่างการปันส่วนเชิงมวลสำหรับกรณีที่มีสารขาออกมากกว่า 1 ชนิด



ภาพที่ ก.8 ตัวอย่างการปันส่วนเชิงมูลค่าสำหรับกรณีที่มีสารขาออกมากกว่า 1 ชนิด

ภาพที่ ก.8 แสดงตัวอย่างการปันส่วนเชิงมูลค่าของผลิตภัณฑ์ ซึ่งทำได้โดยการคำนวณสัดส่วนโดยมูลค่าของผลิตภัณฑ์แต่ละชนิดที่ออกจากกระบวนการผลิตเดียวกัน ซึ่งจากตัวอย่างดังกล่าวมีผลิตภัณฑ์ที่ออกจากกระบวนการ 2 ผลิตภัณฑ์คือ ผลิตภัณฑ์ ก 900 กก. มูลค่า 300 บาทต่อกก. คิดเป็นมูลค่า 270,000 บาท และผลิตภัณฑ์ ข 600 กก. มูลค่า 50 บาทต่อกก. คิดเป็นมูลค่า 30,000 บาท คิดเป็นมูลค่ารวมทั้งสิ้น 300,000 บาท หรือคิดเป็น 90% และ 10% สำหรับผลิตภัณฑ์ ก และผลิตภัณฑ์ ข ตามลำดับ

กฎการตัดออก

กระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์/บริการแต่ละอุตสาหกรรมจะมีสารขาเข้าและสารขาออกแตกต่างกันทั้งจำนวน ชนิด และปริมาณ การเก็บข้อมูลสารขาเข้าและสารขาออกทุกรายการอาจเป็นไปได้ในทางปฏิบัติหรือต้องใช้เวลามาก จึงได้มีการกำหนดกฎการตัดออกขึ้น

กฎการตัดออกใช้เพื่อลดขอบเขตและความซับซ้อนของการสำรวจให้อยู่ในระดับที่สามารถปฏิบัติได้ ตัวอย่างเช่น

- ให้พิจารณาเฉพาะวัตถุดิบที่มีปริมาณรวมที่ใช้มากกว่าหรือเท่ากับเกณฑ์ที่กำหนด (เช่น 1% ของวัตถุดิบทั้งหมดที่เข้าระบบที่ศึกษา)
- ให้พิจารณาเฉพาะตัวพาพลังงานที่ให้พลังงานรวมมากกว่าหรือเท่ากับเกณฑ์ที่กำหนด (เช่น 1% ของพลังงานทั้งหมดที่เข้าระบบที่ศึกษา)
- ให้พิจารณาเฉพาะภาระสิ่งแวดล้อมที่มีปริมาณมากกว่าหรือเท่ากับเกณฑ์ที่กำหนด (เช่น 0.1% ของก๊าซเรือนกระจกทั้งหมดที่เกิดขึ้นจากระบบที่ศึกษา)

โดยทั่วไปกฎการตัดออกจะใช้สำหรับกรณีต่อไปนี้

- เมื่อกระบวนการนั้นๆ นอกเหนือไปจากวัตถุประสงค์ของกรณีศึกษา
- เมื่อกระบวนการนั้นๆ ไม่มีความสำคัญต่อการผลิตผลิตภัณฑ์เป้าหมาย
- เมื่อกระบวนการนั้นๆ ไม่สามารถวัดออกมาเป็นตัวเลขหรือยากต่อการตรวจวัด

การตรวจสอบข้อมูล

เมื่อจัดเก็บข้อมูลแล้ว จำเป็นต้องมีการตรวจสอบข้อมูลเพื่อความถูกต้องและสร้างความเชื่อมั่นในการนำไปใช้ประโยชน์ วิธีที่นิยมใช้ได้แก่

- สมดุลมวลสาร จากกฎของเทอร์โมไดนามิกส์ที่ว่า “มวลสารไม่มีวันสูญหาย” ดังนั้นมวลสารที่เข้าสู่ระบบที่พิจารณาต้องเท่ากับมวลสารที่ออกไป ดังนั้นเมื่อเราจัดเก็บข้อมูลแล้วเราต้องตรวจสอบว่ามวลสารที่เข้าเท่ากับมวลสารที่ออกหรือไม่
 - หากมวลสารที่เข้าน้อยกว่ามวลสารที่ออกอาจเกิดจากการระบุงสารขาเข้าไม่ครบถ้วน
 - หากมวลสารที่เข้ามากกว่ามวลสารที่ออกต้องบ่งบอกได้ว่ามวลสารที่หายไปนั้นหายไปในรูปแบบใด ซึ่งอาจอยู่ในรูปของเสียที่ไม่ได้นำมารวมในการพิจารณาก็เป็นได้ หรืออาจมีการสลายตัวและสูญหายไปในรูปแบบมลสารทางอากาศ หรือมลสารทางน้ำ
- สมดุลพลังงาน อาจตรวจสอบได้จากปริมาณพลังงานที่ใช้ต้องไม่มากกว่าพลังงานที่ได้รับจากตัวพาพลังงานต่าง ๆ เนื่องจากการเปลี่ยนรูปพลังงานมักมีการสูญเสียพลังงานสู่สิ่งแวดล้อม อย่างไรก็ตามประสิทธิภาพของพลังงานที่ได้ไม่ควรต่ำเกินไปเนื่องจากขัดกับความเป็นจริงในทางปฏิบัติ เพราะประสิทธิภาพของพลังงานที่ต่ำเกินไปจะสะท้อนถึงต้นทุนการผลิตซึ่งผู้ผลิตมักให้ความสำคัญเป็นอย่างมาก โดยทั่วไปจึงเป็นไปได้ยากที่ผู้ผลิตจะมีประสิทธิภาพการใช้พลังงานต่ำเป็นต้น
- เปรียบเทียบกับข้อมูลจากกระบวนการที่คล้ายคลึงกัน เช่น อาจเปรียบเทียบจากข้อมูลย้อนหลังของบริษัทเอง หรือข้อมูลของบริษัทอื่นที่มีกระบวนการผลิตคล้ายคลึงกันที่มีการเผยแพร่สู่สาธารณะ
- เปรียบเทียบกับข้อมูลจากแหล่งอ้างอิงอื่น เช่น อาจเปรียบเทียบกับข้อมูลจากฐานข้อมูลของต่างประเทศ ข้อมูลทางสถิติที่ได้มีการรวบรวมไว้โดยหน่วยงานของรัฐ ข้อมูลที่เป็นค่าเฉลี่ยมาตรฐานของแต่ละอุตสาหกรรม เป็นต้น
- เปรียบเทียบกับค่าทางทฤษฎี เช่น ค่าจากการคำนวณ

การคำนวณและประมาณค่าข้อมูล

ข้อมูลต่าง ๆ ที่จำเป็นนั้นหลายกรณีพบว่าไม่ได้มีข้อมูลที่จัดเก็บอยู่ในรูปแบบที่สมบูรณ์และพร้อมนำมาใช้งานได้ เช่น

- โรงงานไม่ได้ดำเนินการเก็บข้อมูล เพราะไม่มีกฎข้อบังคับ เช่น อัตราการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO₂) ซึ่งในปัจจุบันกฎหมายของประเทศไทยยังไม่ได้บังคับให้รายงานการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์
- โรงงานไม่มีข้อมูล เนื่องจากไม่มีระบบการจัดเก็บข้อมูล เช่น ข้อมูลการขนส่งวัตถุดิบซึ่งผู้ขายวัตถุดิบอาจรับผิดชอบดำเนินการให้โดยคิดค่าใช้จ่ายรวมอยู่ในราคาวัตถุดิบที่ซื้อแล้ว ซึ่งหาก

ตรวจสอบจากค่าใช้จ่ายในการซื้อวัตถุดิบ ข้อมูลดังกล่าวก็ไม่อาจสะท้อนถึงข้อมูลการขนส่งวัตถุดิบที่แท้จริง เป็นต้น

กรณีต่างๆ เหล่านี้อาจจำเป็นต้องใช้การคำนวณเพื่อให้ได้ข้อมูลที่ต้องการ ตัวอย่างการคำนวณที่ใช้บ่อยๆ ได้แก่

- การคำนวณ CO₂ จากวัตถุดิบ เช่น การสลายตัวของ CO₂ จากการให้ความร้อนกับสารประกอบคาร์บอนเนต (เช่น หินปูน โดโลไมต์ โพแทสเซียมคาร์บอนเนต โซเดียมคาร์บอนเนต ฯลฯ) ที่อุณหภูมิสูงๆ เช่น กระบวนการผลิตแก้วและกระจก กระบวนการผลิตกระเบื้อง เป็นต้น ซึ่งการคำนวณจะคำนวณโดยใช้หลักการของปริมาณสารสัมพันธ์ กล่าวคือคำนวณจากองค์ประกอบทางเคมีของวัตถุดิบนั่นเอง
- การคำนวณ CO₂ จากการเผาไหม้ โดยอาศัยสมการการเผาไหม้ หรือคำนวณจากองค์ประกอบทางเคมีของเชื้อเพลิงที่นำมาเผาไหม้ ซึ่งหากมีข้อมูล oxidation factor ให้นำมาคำนวณร่วมด้วย แต่หากไม่มีให้สมมติว่ามี oxidation factor เป็น 1 กล่าวคือสมมติให้มีการเผาไหม้แบบสมบูรณ์ 100%นั่นเอง
- การคำนวณ Emission อื่นๆ เช่น วัตถุดิบที่เข้าสู่กระบวนการผลิตแต่ไม่ได้ออกมาในรูปของผลิตภัณฑ์หรือผลิตภัณฑ์พลอยได้ ต้องอยู่ในรูป Emission ทั้งหมด เช่น กรณีสารขาเข้ารวมมีปริมาณมากกว่าสารขาออกรวม อาจสรุปได้ว่าส่วนต่างที่หายไปก็คือของเสียที่อาจอยู่ในรูปแบบต่างๆ เช่น มลสารที่ปล่อยสู่ น้ำ มลสารที่ปล่อยสู่อากาศ กากของเสีย เป็นต้น

อุปสรรคและข้อจำกัดในการจัดทำบัญชีรายการสิ่งแวดล้อม

- การจัดทำข้อมูล LCI ขึ้นกับวัตถุประสงค์ของการนำไปใช้งานเป็นหลัก เช่น สำหรับเป็นฐานข้อมูลพื้นฐานของประเทศ สำหรับเปรียบเทียบกับผลิตภัณฑ์อื่นที่ใช้เทคโนโลยีต่างกัน ฯลฯ ซึ่งวัตถุประสงค์จะเป็นตัวกำหนดทั้งรูปแบบและความละเอียดของข้อมูลที่จัดเก็บ ดังนั้นการจัดทำข้อมูล LCI จึงต้องให้ความสำคัญกับวัตถุประสงค์มากๆ เพื่อให้ได้ข้อมูล LCI ที่สอดคล้องกับวัตถุประสงค์ที่จะนำไปใช้งานอย่างแท้จริง เช่น การจัดเก็บข้อมูลเพื่อใช้เป็นฐานข้อมูลพื้นฐานของประเทศ ต้องเก็บรวบรวมจากผู้ผลิตทั่วประเทศเพื่อให้ได้ข้อมูลที่สะท้อนถึงภาพรวมของอุตสาหกรรมนั้นๆ ของประเทศนั้นๆ หรือหากต้องการเก็บข้อมูลเพื่อวิเคราะห์คาร์บอนฟุตพริ้นท์ ข้อมูลที่จัดเก็บต้องมีความสัมพันธ์เกี่ยวข้องกับการปล่อยก๊าซเรือนกระจก และต้องจำแนกระหว่าง CO₂ ที่ได้จากชีวมวลกับ CO₂ ที่ได้จากฟอสซิล เป็นต้น
- การเก็บข้อมูลทำได้ยากและใช้เวลานาน เพราะต้องการข้อมูลมากและอาศัยความร่วมมือจากหลายฝ่าย เช่น ฝ่ายจัดซื้อ ฝ่ายผลิต ฝ่ายวิศวกรรม ฝ่ายสาธารณสุข ภาครัฐ ฝ่ายสิ่งแวดล้อม ตัวแทนจำหน่ายวัตถุดิบและสารเคมี โดยทั่วไปข้อมูลต่างๆ มักไม่ได้มีการรวบรวมไว้ทีเดียว ดังนั้นการ

เก็บรวบรวมข้อมูลได้ให้ครบถ้วนจากทุกฝ่ายต้องอาศัยเวลาซึ่งต้องการความร่วมมือเป็นอย่างดีในการให้ข้อมูลต่างๆ จากผู้ที่ดูแลข้อมูลซึ่งจะมีผลเป็นอย่างมากกับระยะเวลาในการทำงาน

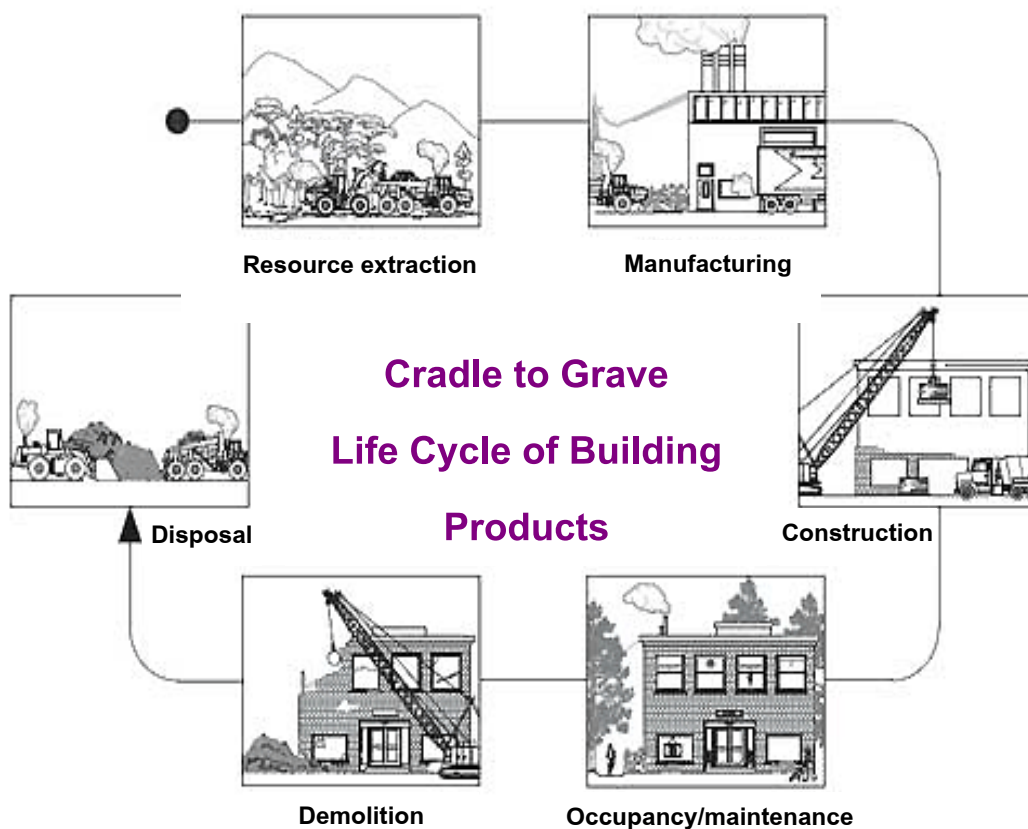
- ไม่มีการบันทึกข้อมูลในเชิงปริมาณ ในกรณีที่ข้อมูลต่างๆ ที่จำเป็นต่อการจัดทำบัญชีรายการไม่ได้มีบันทึกไว้ เราอาจได้ข้อมูลที่ต้องการโดยอาศัยการคำนวณ อย่างไรก็ตามบางครั้งอาจจำเป็นต้องมีการเก็บข้อมูลบางอย่างเพิ่มเติมเพื่อใช้ในการคำนวณ เช่น การคำนวณปริมาณเชื้อเพลิงที่ใช้และมลสารที่ปล่อยสู่อากาศจากการขนส่งวัตถุดิบ ต้องใช้ข้อมูลประเภทของพาหนะ อัตราบรรทุก และระยะการขนส่ง ประกอบการคำนวณซึ่งหากไม่มีการบันทึกข้อมูลดังกล่าวไว้ก่อน อาจต้องใช้เวลาในการเก็บรวบรวมข้อมูลดังกล่าวเพิ่มเติม เป็นต้น
- ขาดความเข้าใจในการเก็บรวบรวมข้อมูล ผู้ที่เกี่ยวข้องในการให้ข้อมูลจากฝ่ายต่างๆ ที่ได้กล่าวไปแล้วนั้นจำเป็นต้องมีความเข้าใจเป็นอย่างดีถึงวัตถุประสงค์ในการจัดทำข้อมูล และรูปแบบข้อมูลที่ต้องการเนื่องจากเป็นผู้ที่ใกล้ชิดกับข้อมูลจริงมากที่สุด และเป็นผู้รวบรวมข้อมูลในขั้นต้นซึ่งมีความสำคัญยิ่ง เพราะหากข้อมูลขั้นต้นที่ได้รับมาไม่ถูกต้องข้อมูลสุดท้ายที่ได้ก็ย่อมไม่ถูกต้องเช่นกัน

1.2 แนวคิดและหลักการของการประเมินวัฏจักรชีวิต (LCA)

คำจำกัดความและหลักการของการประเมินวัฏจักรชีวิต

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

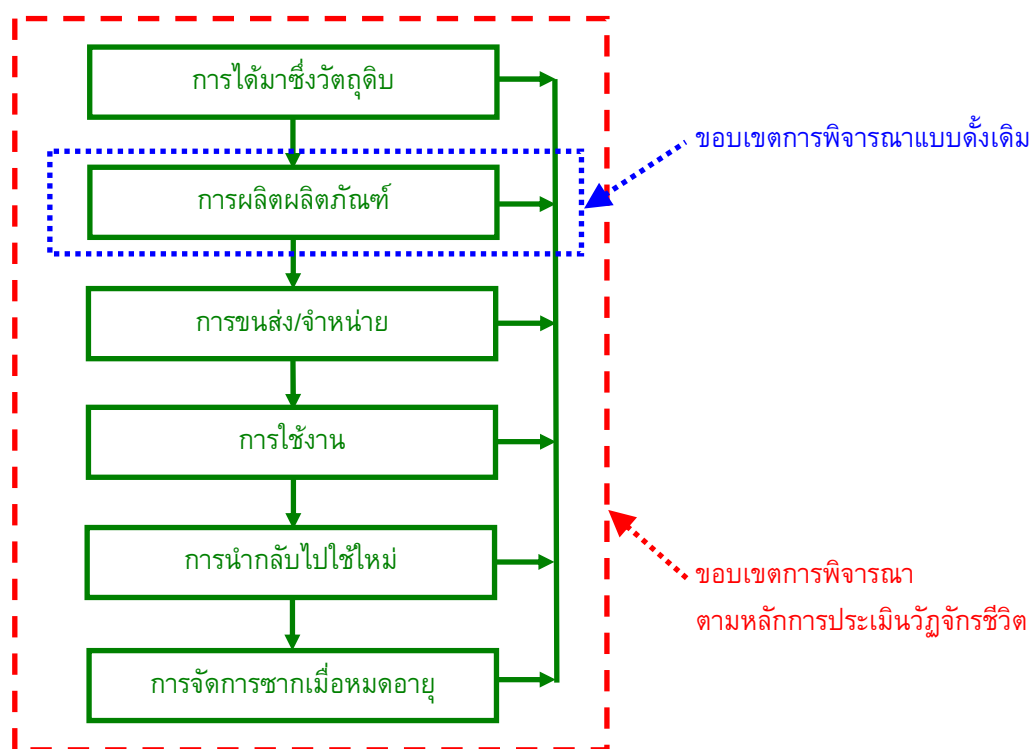
การประเมินวัฏจักรชีวิต ได้รับการยอมรับให้เป็นกระบวนการหนึ่งภายใต้อนุกรมมาตรฐานการจัดการสิ่งแวดล้อม ISO 14000 ซึ่งไม่เพียงแต่เป็นเครื่องมือสำหรับตรวจสอบความเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมของผลิตภัณฑ์ และเป็นเกณฑ์ในการออกแบบผลิตภัณฑ์เพื่อสิ่งแวดล้อมในหลายประเทศ เช่น ญี่ปุ่น เกาหลี ไต้หวัน ฯลฯ แต่ยังเป็นเครื่องมือสำคัญที่ถูกนำไปใช้เป็นแนวทางในการกำหนดมาตรการและกฎระเบียบหลายฉบับของสหภาพยุโรป เช่น มาตรการการจัดการซากยานยนต์ที่หมดอายุการใช้งาน (End of Life Vehicle: ELV) ระเบียบว่าด้วยการจัดการเศษเหลือทิ้งจากผลิตภัณฑ์ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ (Waste Electrical and Electronic Equipment: WEEE) ระเบียบว่าด้วยการจัดการสารอันตรายบางชนิดในอุปกรณ์ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ (Restriction of the use of certain Hazardous Substance in electrical and electronic equipment: RoHS) ระเบียบว่าด้วยการบอกรายการกำหนดการออกแบบเชิงนิเวศเศรษฐกิจสำหรับผลิตภัณฑ์ที่ใช้พลังงาน (Energy using Products: EuP) ฯลฯ ตลอดจนเป็นเครื่องมือที่ถูกกำหนดให้ใช้สำหรับการจัดทำข้อมูลผลกระทบสิ่งแวดล้อมสำหรับฉลากสิ่งแวดล้อม หรือ Eco-labeling อีกด้วย ภาพที่ ก.9 แสดงตัวอย่างของวัฏจักรชีวิตของอาคารหนึ่งหลัง



ภาพที่ ก.9 ตัวอย่างวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ (อาคาร)

ที่มา: <http://www.fs.fed.us/eng/pubs/htmlpubs/htm08732839/page02.htm>

การวิเคราะห์ผลกระทบที่มีมาตั้งแต่ในอดีต การพิจารณาผลกระทบอาจพิจารณาที่จุดใดจุดหนึ่ง ส่วนใหญ่ผู้ผลิตมักพิจารณาแค่ขั้นตอนที่เกี่ยวข้องโดยตรงกับตนเอง คือ ขั้นตอนการผลิตผลิตภัณฑ์/บริการของตนเอง แต่การประเมินวัฏจักรชีวิตต้องพิจารณารวมผลกระทบจากกระบวนการต้นน้ำ (Upstream processes) และกระบวนการปลายน้ำ (Downstream processes) เข้าไปด้วย ขอบเขตการพิจารณาผลกระทบแบบดั้งเดิมเปรียบเทียบกับ การประเมินวัฏจักรชีวิตแสดงได้ดังภาพที่ ก.10 ดังนั้นผู้ประกอบการเหมืองแร่อาจเกี่ยวข้องกับในฐานะของผู้ผลิตผลิตภัณฑ์ หรือผู้ผลิตวัตถุดิบต้นน้ำก็ได้ ซึ่งหากผู้ผลิตปลายน้ำต้องการประเมินวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ของตนเองก็จำเป็นต้องใช้ข้อมูลการผลิตวัตถุดิบจากผู้ผลิตต้นน้ำด้วยอย่างหลีกเลี่ยงไม่ได้ ซึ่งปฏิเสธไม่ได้เลยว่าการทำเหมืองเป็นวัตถุดิบต้นน้ำของอุตสาหกรรมเกือบทุกชนิด ดังนั้นหากในอนาคตผู้ผลิตปลายน้ำมีความต้องการที่จะประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมของผลิตภัณฑ์โดยใช้แนวคิดดังกล่าวมากขึ้นเรื่อยๆ ผู้ผลิตต้นน้ำก็ต้องเตรียมความพร้อมไว้เพื่อตอบสนองต่อความต้องการของลูกค้า



ภาพที่ ก.10 ขอบเขตการพิจารณาตามหลักการประเมินวัฏจักรชีวิต

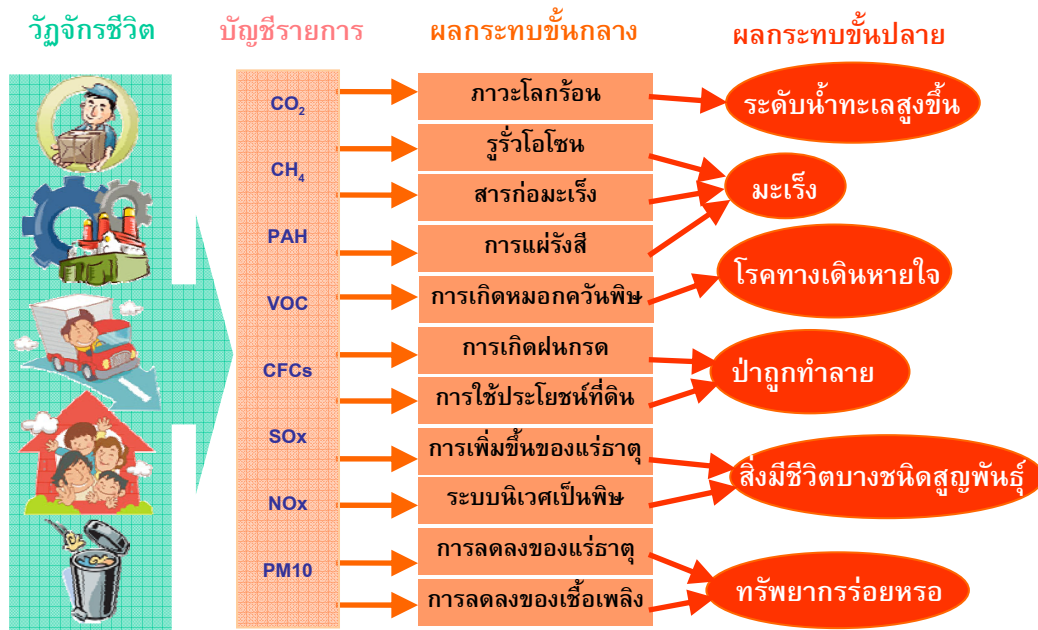
ตัวอย่างการเคลื่อนย้ายสาเหตุของปัญหาหากมองปัญหาที่จุดเดียว เช่น หากโรงงานแห่งหนึ่งผลิตไฟฟ้าใช้เองจากเชื้อเพลิงชีวมวลร่วมกับถ่านหิน หากวิเคราะห์ผลกระทบที่ขั้นตอนการผลิตซึ่งจะต้องรวมการผลิตไฟฟ้า ณ แหล่งผลิตด้วย จะพบว่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสูงที่โรงงานผู้ผลิต แต่หากโรงงานไม่ผลิตไฟฟ้าใช้เองแต่ใช้ไฟฟ้าจากภายนอกซึ่งเป็นโรงไฟฟ้าถ่านหินแทนโดยใช้ไฟฟ้าในปริมาณเท่าเดิม จะพบว่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่โรงงานผู้ผลิตจะลดลงมหาศาล การปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่โรงไฟฟ้าจะเพิ่มขึ้นแทน และถ้ามองในภาพรวมผลกระทบรวมก็จะเพิ่มขึ้นด้วยเพราะก๊าซเรือนกระจกที่ปล่อยจาก

โรงไฟฟ้าถ่านหินต่อไฟฟ้าหนึ่งหน่วยจะมากกว่าก๊าซเรือนกระจกที่ปล่อยจากโรงไฟฟ้าจากเชื้อเพลิงชีวมวลร่วมกับถ่านหิน จะเห็นได้ว่าหากเราพิจารณาเพียงจุดใดจุดหนึ่งเพียงจุดเดียวจะทำให้การแก้ไขปัญหาเกิดการผิดพลาด อาจไม่นำไปสู่หนทางที่สามารถแก้ไขปัญหาได้อย่างแท้จริง

หลักการของการประเมินวัฏจักรชีวิตจะพิจารณาจากสิ่งที่ตั้งไปจากสิ่งแวดล้อมการใช้พลังงาน วัตถุดิบ ทรัพยากร และสิ่งที่คืนสู่สิ่งแวดล้อมในรูปแบบน้ำ อากาศ และกากของเสีย รวมเรียกว่าข้อมูลบัญชีรายการสิ่งแวดล้อม (Life Cycle Inventory: LCI) ดังแสดงในภาพที่ ก.11 ซึ่งจากข้อมูลบัญชีรายการสิ่งแวดล้อมในแต่ละช่วงชีวิตที่พิจารณาจะถูกแปลงมาสู่มุมมองด้านผลกระทบเพื่อบ่งบอกถึงภาระสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้นในแต่ละช่วงชีวิต และขั้นตอนสำคัญที่ก่อให้เกิดผลกระทบสิ่งแวดล้อม โดยข้อมูลผลกระทบอาจอยู่ในรูปข้อมูลผลกระทบชั้นกลางซึ่งบ่งบอกถึงผลกระทบสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้น (problem oriented) เช่น ภาวะโลกร้อน การลดลงของโอโซนในชั้นบรรยากาศ ภาวะความเป็นกรด ภาวะพิษน้ำ เจริญเติบโตผิดปกติ ฯลฯ หรืออาจอยู่ในรูปของผลกระทบชั้นปลายซึ่งแสดงถึงความเสียหายที่มีต่อสุขอนามัยของมนุษย์ ระบบนิเวศ และทรัพยากร (damage oriented) โดยผลกระทบชั้นกลางจะสามารถสื่อสารให้เข้าใจได้ง่ายกว่าบัญชีรายการ และผลกระทบชั้นปลายจะสามารถสื่อสารให้เข้าใจได้ง่ายกว่าผลกระทบชั้นกลาง แต่อย่างไรก็ตามผลกระทบที่สามารถเข้าใจได้ง่ายจะมีความแปรปรวนสูงกว่าเนื่องจากต้องแปลงข้อมูลโดยอาศัยข้อมูลอื่นประกอบ ตัวอย่างข้อมูลบัญชีรายการสิ่งแวดล้อม ผลกระทบชั้นกลาง ผลกระทบชั้นปลายและความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลแต่ละประเภทแสดงดังภาพที่ ก.12



ภาพที่ ก.11 ขอบเขตและข้อมูลที่ต้องพิจารณาตามหลักการการประเมินวัฏจักรชีวิต



ภาพที่ ก.12 ความสัมพันธ์ของข้อมูลบัญชีรายการสิ่งแวดล้อม ผลกระทบชั้นกลาง และผลกระทบชั้นปลาย

แนวทางการประยุกต์ใช้ LCA

ประโยชน์ของ LCA ทำให้ทราบถึงข้อมูลผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้นตลอดวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ ซึ่งสามารถนำมาพิจารณาประกอบกับข้อมูลในประเด็นอื่นๆ เช่น ต้นทุน ความสะดวกสบาย และความปลอดภัยของผู้บริโภค เพื่อนำไปสู่การตัดสินใจหรือการกำหนดแนวทางดำเนินการด้านสิ่งแวดล้อมในอนาคต เช่น การพัฒนาและปรับปรุงผลิตภัณฑ์ การปรับปรุงนโยบายของภาครัฐที่เกี่ยวข้องกับผลกระทบทั้งต่อผู้ผลิตและผู้บริโภค และการกระตุ้นให้เกิดจิตสำนึกด้านสิ่งแวดล้อม เป็นต้น อนึ่ง การประเมินวัฏจักรชีวิตนั้น กล่าวถึง ผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมที่มีต่อระบบผลิตภัณฑ์ภายใต้การศึกษาในสาขาที่เกี่ยวข้องกับสุขภาพ นิเวศวิทยา และการหมดไปของทรัพยากร แต่จะไม่ได้กล่าวถึงผลทางเศรษฐกิจและสังคม LCA สามารถนำไปประยุกต์ใช้กับกิจกรรมหรืองานวิจัยได้อย่างหลากหลาย โดยกลุ่มของผู้นำไปใช้งานอาจจำแนกได้เป็น 3 กลุ่มหลัก ได้แก่ ภาคอุตสาหกรรม/บริษัทเอกชน ภาครัฐ และผู้บริโภค โดยมีรายละเอียดดังนี้

ภาคอุตสาหกรรม

- เป็นข้อมูลประกอบการวางแผนพัฒนาปรับปรุงเพื่อลดผลกระทบสิ่งแวดล้อมของผลิตภัณฑ์ที่มีอยู่
- ใช้เป็นข้อมูลสำหรับพัฒนาผลิตภัณฑ์ (Product development) ปรับปรุงกระบวนการผลิต (Process improvement) ตามหลักการของการออกแบบเชิงนิเวศเศรษฐกิจ (Eco-design)
- ใช้เป็นข้อมูลสำหรับประเมินประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจ (Eco-efficiency)

- เป็นข้อมูลเผยแพร่สู่สาธารณะเพื่อช่วยส่งเสริมภาพลักษณ์ในแง่ที่ให้ความสำคัญกับสิ่งแวดล้อม และเป็นเครื่องมือทางการตลาด
- เป็นข้อมูลสื่อสารต่อผู้บริโภค ผู้ซื้อ (ผู้ผลิตปลายน้ำ) ในกรณีที่ถูกร้องขอ เช่น ผู้ผลิตกระเบื้อง ผู้ผลิตแก้วและกระจก ผู้ผลิตวัสดุก่อสร้างต่างๆ ฯลฯ อาจอยู่ในรูปแบบของฉลากสิ่งแวดล้อมต่างๆ เช่น Environmental Product Declaration (EPD) คาร์บอนฟุตพริ้นท์ (Carbon footprint) เป็นต้น
- เตรียมความพร้อมเพื่อตอบสนองต่อมาตรการทางการค้าทั้งในประเทศและต่างประเทศ ทั้งในปัจจุบันและอนาคต

ภาครัฐ

- เป็นข้อมูลประกอบการวางแผนในการลดผลกระทบสิ่งแวดล้อม ในอนาคตอาจมีการออกกฎหมายเกี่ยวกับสิ่งแวดล้อม เช่น การจำกัดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก การคิดค่าใช้จ่ายในการปล่อยก๊าซเรือนกระจก เป็นต้น ช่วยให้มีการใช้ทรัพยากรอย่างมีประสิทธิภาพและลดค่าใช้จ่ายที่องค์กรต้องรับผิดชอบจากความเสียหายที่เกิดขึ้นกับสิ่งแวดล้อม
- เป็นข้อมูลประกอบการวางแผนการใช้งบประมาณและทรัพยากรบุคคล เพื่อให้เกิดประโยชน์สูงสุดต่อประเทศ
- ใช้เป็นข้อมูลสำหรับช่วยตัดสินใจเลือกสินค้าหรือบริการตามนโยบายการจัดซื้อจัดจ้างที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม (Green Procurement หรือ Green Purchasing Network)

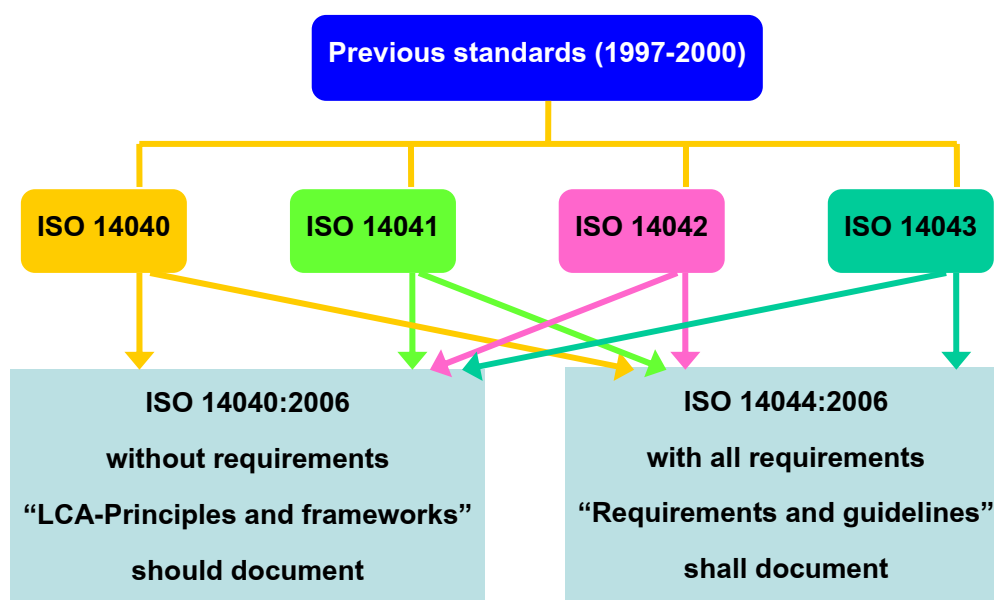
ผู้บริโภค

- ข้อมูลประกอบการตัดสินใจเลือกซื้อสินค้า สร้างจิตสำนึกต่อสิ่งแวดล้อม ซึ่งในปัจจุบันการแข่งขันในทางการตลาดมีแนวโน้มที่จะชูประเด็นเกี่ยวกับคุณลักษณะด้านสิ่งแวดล้อมของผลิตภัณฑ์มากขึ้นเรื่อยๆ ซึ่งผู้ผลิตจำเป็นต้องจัดทำและแสดงข้อมูลทางด้านสิ่งแวดล้อมและใช้เป็นกลยุทธ์ทางการตลาดเพื่อดึงดูดความสนใจของผู้บริโภค

ระบบมาตรฐานสากล ISO 14040

การประเมินวัฏจักรชีวิตนับเป็นเครื่องมือประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมเพียงอย่างเดียวที่มีมาตรฐานระดับสากลรองรับ โดยมาตรฐานสำหรับการประเมินวัฏจักรชีวิตนั้นได้ถูกบรรจุไว้เป็นส่วนหนึ่งของชุดอนุกรมมาตรฐาน ISO 14040 ดังแสดงในภาพที่ ก.13 โดยก่อนหน้าอนุกรมดังกล่าวได้แบ่งเป็น 4 ฉบับ คือ ISO 14040:1997, ISO 14041:1999, ISO 14042:2000 และ ISO 14043:2000 แต่เมื่อปี 2006 ได้มีการปรับปรุงใหม่ให้เหลือเพียง 2 ฉบับคือ ISO 14040 (Environmental management – Life cycle assessment – Principles and Framework) และ ISO 14044 (Environmental management – Life cycle assessment – Requirements and guidelines) โดยภาพรวมของมาตรฐานที่ปรับปรุงคือ ISO 14040 จะให้รายละเอียดเกี่ยวกับแนวทางปฏิบัติ การนำไปใช้ และข้อจำกัดของ LCA แก่ผู้ใช้และผู้ที่เกี่ยวข้อง

เกี่ยวข้อง รวมทั้งผู้ที่ไม่ค่อยมีความรู้เกี่ยวกับ LCA ส่วน ISO 14044 กำหนดขึ้นสำหรับการเตรียมการ การดำเนินการ และการทบทวนข้อผิดพลาดในการวิเคราะห์ข้อมูลเกี่ยวกับวงจรชีวิต นอกจากนี้ มาตรฐานนี้ยังให้แนวทางการประเมินวัฏจักรชีวิตและการตีความผลการประเมิน รวมทั้งคุณภาพและ ลักษณะของข้อมูลต่างๆ ที่ได้มีการจัดเก็บรวบรวมไว้



ภาพที่ ก.13 ภาพรวมของมาตรฐาน ISO 14040

ขั้นตอนการประเมินวัฏจักรชีวิต

การประเมินวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ประกอบด้วยขั้นตอนสำคัญ 4 ขั้นตอน คือ การกำหนด เป้าหมายและขอบเขต การวิเคราะห์บัญชีรายการข้อมูลสิ่งแวดล้อม การประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อม และการแปลผลและนำไปใช้ประโยชน์ โดยมีรายละเอียดแต่ละขั้นตอนดังนี้

1. การกำหนดเป้าหมายและขอบเขต (Goal and Scope Definition)

เป็นขั้นตอนแรกในรอบการดำเนินงานของการประเมินวัฏจักรชีวิต เป็นการอธิบายถึงเป้าหมาย และขอบเขตหน้าที่ของผลิตภัณฑ์ เป้าหมายการนำผลการศึกษาไปใช้ประโยชน์ ความสนใจที่เป็นพิเศษในการศึกษา กลุ่มเป้าหมายที่จะได้รับประโยชน์จากการศึกษาหรือกลุ่มเป้าหมายที่ต้องการจะสื่อสารข้อมูล การศึกษา รายละเอียดของระบบที่ศึกษา ขอบเขต ช่วงเวลา ผลิตภัณฑ์เป้าหมายและหน่วยการทำงาน (Functional unit) ของผลิตภัณฑ์ที่จะทำการศึกษา กลุ่มผลกระทบที่ต้องการศึกษา ข้อมูลที่ต้องการ วิธีการเก็บข้อมูล ระดับความละเอียดของข้อมูล ตลอดจนสมมติฐานและข้อจำกัดในการศึกษา

ขั้นตอนนี้มีความสำคัญและมีผลโดยตรงต่อความละเอียดและความชัดเจนในการศึกษารวมถึงมีผล ต่องบประมาณและระยะเวลาที่ต้องใช้ในการศึกษาด้วย การกำหนดเป้าหมายและขอบเขตไม่ดีพอจะทำให้

ให้ผลที่ได้จากการประเมินนั้นไม่ถูกต้อง และไม่สอดคล้องกับความต้องการ ตลอดจนอาจทำให้ผลลัพธ์ที่ได้ไม่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ในการปรับปรุงผลิตภัณฑ์นั้นให้ดีขึ้น ซึ่งจะทำให้สิ้นเปลืองเวลาและทรัพยากรโดยใช่เหตุ

ขอบเขตการประเมินวัฏจักรชีวิต

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 ก.3

ตารางที่ ก.3 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 โมดูลเมื่อมาเชื่อมต่อกันจะกลายเป็น cradle to gate และ cradle to grave ได้

ผลิตภัณฑ์เป้าหมายและปริมาณอ้างอิง

ในการประเมินวัฏจักรชีวิตต้องมีการกำหนดปริมาณอ้างอิงเพื่อใช้เป็นฐานสำหรับการจัดเก็บข้อมูลและการคำนวณ โดยต้องกำหนดให้สอดคล้องกับเป้าหมายการศึกษาและคำนึงถึงหน้าที่ใช้งานของผลิตภัณฑ์ที่ศึกษาประกอบด้วย เช่น เมื่อต้องการศึกษาผลกระทบสิ่งแวดล้อมของเม็ดพลาสติกอาจกำหนดปริมาณอ้างอิงเป็น “เม็ดพลาสติกน้ำหนัก 1 กิโลกรัม” แต่เมื่อต้องการศึกษาผลกระทบสิ่งแวดล้อมของขวดพลาสติก ควรกำหนดปริมาณอ้างอิงเป็น “ขวดพลาสติกขนาดบรรจุ 1 ลิตร” จะเหมาะสมกว่าเนื่องจากปริมาตรของขวดสามารถบ่งบอกถึงหน้าที่การใช้งานได้ดีกว่าน้ำหนักของขวด เป็นต้น

2. การวิเคราะห์วัฏชีตรายการสิ่งแวดล้อม (Life cycle inventory: LCI)

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

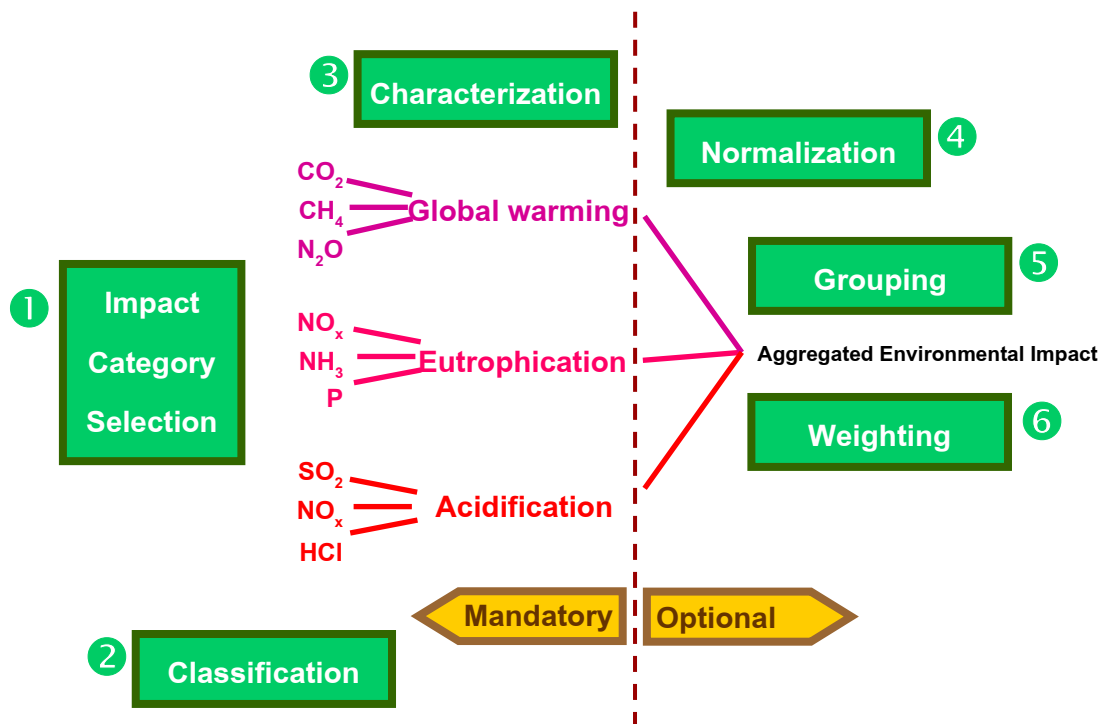
ข้อมูลที่ดีควรมีรายละเอียดข้อมูลสารขาเข้าและสารขาออกแต่ละรายการที่ชัดเจน ควรมีรายละเอียดการใช้ระบบสาธารณูปโภค เช่น น้ำ เชื้อเพลิง รวมทั้งไฟฟ้าและไอน้ำ ทั้งที่ผลิตเองและทั้งที่ไม่ได้ผลิตเองแยกกันอย่างชัดเจน มีรายละเอียดข้อมูลการขนส่งวัตถุดิบต่างๆ ชัดเจน มีรายละเอียดของปริมาณส่วนประกอบที่สามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้ในแต่ละผลิตภัณฑ์เพื่อประโยชน์ในการคำนวณสมดุลมวลสาร โดยข้อมูลทุกรายการควรจัดเก็บในหน่วยของปริมาณของสารขาเข้าหรือสารขาออกนั้นๆ ไม่ควรระบุเป็นความเข้มข้น หรืออัตราการไหล ตัวอย่างข้อมูลสารขาเข้าและสารขาออกและหน่วยที่ต้องจัดเก็บแสดงดังตารางที่ ก.4

ตารางที่ ก.4 รายละเอียดข้อมูลที่จัดเก็บสำหรับการจัดทำบัญชีรายการสิ่งแวดล้อมของผลิตภัณฑ์

สารขาเข้า			
	วัตถุดิบ	วัตถุดิบหลัก วัตถุดิบประกอบ สารเคมี	กิโลกรัม หรือ ตัน
	พลังงาน	ไฟฟ้า เชื้อเพลิง ไอน้ำ	เมกะจูล
	สาธารณูปโภค	น้ำประปา น้ำผิวดิน น้ำบาดาล น้ำอ่อน	ลูกบาศก์เมตร
สารขาออก			
	มลสารที่ปล่อยสู่อากาศ	เป็นข้อมูลมลพิษอากาศที่ตรวจวัดตามมาตรฐานมลพิษทางอากาศ เช่น ออกไซด์ของไนโตรเจน (NO _x) ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO ₂) ฝุ่นละอองรวม (TSP) เป็นอย่างน้อย	กิโลกรัม หรือ ตัน
	มลสารที่ปล่อยสู่ น้ำ	เป็นข้อมูลมลพิษน้ำที่ตรวจวัดตามมาตรฐาน เช่น บีโอดี (BOD) ซีโอดี (COD) TDS SS เป็นอย่างน้อย	กิโลกรัม หรือ ตัน
	กากของเสีย	เป็นข้อมูลของเสียที่มีการส่งไปกำจัดและบำบัดภายนอกโรงงาน	กิโลกรัม หรือ ตัน

3. การวิเคราะห์ผลกระทบตลอดวัฏจักรชีวิต (Life cycle impact assessment: LCIA)

ขั้นตอนนี้เป็นการแปลงข้อมูลการใช้ทรัพยากรและการปล่อยมลสาร หรือข้อมูลบัญชีรายการสิ่งแวดล้อมที่ได้จากขั้นตอนที่แล้วให้อยู่ในรูปของผลกระทบสิ่งแวดล้อม โดยการประเมินจะมีขั้นตอนหลักๆ คือ การจำแนกประเภท (Classification) การกำหนดศักยภาพการเกิดผลกระทบ (Characterization) การเทียบหน่วย (Normalization) การจัดกลุ่ม (Grouping) และการให้น้ำหนักและความสำคัญ (Weighting) ดังแสดงในภาพที่ ก.14



ภาพที่ ก.14 ขั้นตอนการประเมินการวิเคราะห์ผลกระทบตลอดวัฏจักรชีวิต (LCIA)

การจำแนกประเภท (Classification)

เป็นการจัดกลุ่มข้อมูลบัญชีรายการตามประเภทของกลุ่มผลกระทบที่กำหนดไว้ในขั้นตอนการกำหนดเป้าหมายและขอบเขต เช่น

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

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

การกำหนดศักยภาพการเกิดผลกระทบ (Characterization)

เป็นการแปลงข้อมูลบัญชีรายการที่อยู่ในกลุ่มผลกระทบเดียวกันที่ได้จากการจำแนกประเภทแล้วให้อยู่ในรูปความสามารถในการก่อให้เกิดผลกระทบนั้นๆ โดยใช้ Characterization factor ซึ่งเป็นค่าแสดงศักยภาพในการก่อให้เกิดผลกระทบของแต่ละข้อมูลเทียบกับสารอ้างอิงในกลุ่มผลกระทบนั้นๆ เช่น แปลงปริมาณมีเทนในหน่วยกิโลกรัม (kg CH₄) และไนตรัสออกไซด์ในหน่วยกิโลกรัม (kg N₂O) ซึ่งอยู่ในกลุ่มที่ก่อให้เกิดภาวะโลกร้อนเหมือนกันให้อยู่ในรูปศักยภาพการก่อให้เกิดภาวะโลกร้อนในหน่วยกิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า (kg CO₂e) เนื่องจากกลุ่มความสามารถในการก่อให้เกิดภาวะโลกร้อนมีคาร์บอนไดออกไซด์เป็นสารอ้างอิง

ตัวอย่างเช่น มีเทน (CH₄) มีค่า GWP Characterization factor = 25 kgCO₂/kgCH₄ หมายความว่า CH₄ 1 kg มีผลกระทบต่อ GWP เทียบเท่ากับ CO₂ 25 kg หรือกล่าวคือ CH₄ มีผลกระทบต่อ GWP มากกว่า CO₂ ถึง 25 เท่า ตัวอย่างแฟคเตอร์สำหรับการกำหนดศักยภาพการเกิดภาวะโลกร้อนเป็นดังแสดงในตารางที่ ก.5 โดยสามารถคำนวณศักยภาพหรือความสามารถในการก่อให้เกิดผลกระทบด้านต่างๆ ได้จากสมการ

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

โดยที่

EP_j (Environmental impact potential) คือ ค่าศักยภาพของผลกระทบทางสิ่งแวดล้อม สำหรับผลกระทบประเภท j ใดๆ (kg substance equivalent)

Q_i (Quantity of substance) คือ ปริมาณมลสาร i ที่ปล่อยออกมา (kg substance i)

EF_{ij} (Equivalency factor) คือ ค่าเทียบเท่าของมลสาร i ที่ทำให้เกิดผลกระทบทางสิ่งแวดล้อม j (kg substance equivalent/ kg substance j)

ตารางที่ ก.5 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,

http://www.ipcc.ch/publications_and_data/publications_ipcc_fourth_assessment_report_wg1_report_the_physical_science_basis.htm

Normalization (การเทียบหน่วย)

เป็นการทำให้ข้อมูลในกลุ่มผลกระทบต่างกันซึ่งมีหน่วยต่างกันสามารถเปรียบเทียบกันได้ โดยนำค่าผลกระทบในแต่ละกลุ่มมาเทียบกับค่าอ้างอิง เช่น ขนาดของผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในระดับภูมิภาคต่อหนึ่งปี เป็นต้น ผลที่ได้จากขั้นตอนนี้จะสามารถบ่งบอกถึงขนาดของผลกระทบสิ่งแวดล้อมแต่ละกลุ่มเมื่อเปรียบเทียบกับผลกระทบสิ่งแวดล้อมโดยรวมของประเทศ 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)

ค่าที่ได้จากการจัดกลุ่มและเทียบหน่วยจะช่วยให้ผลกระทบสามารถเปรียบเทียบกันได้ในเรื่องปริมาณ 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 และรวมค่าของตัวชี้วัดทั้ง 3 ประเภท ให้เป็นคะแนนเดียว

$$WP_j = WF_j \times NP_j$$

โดยที่

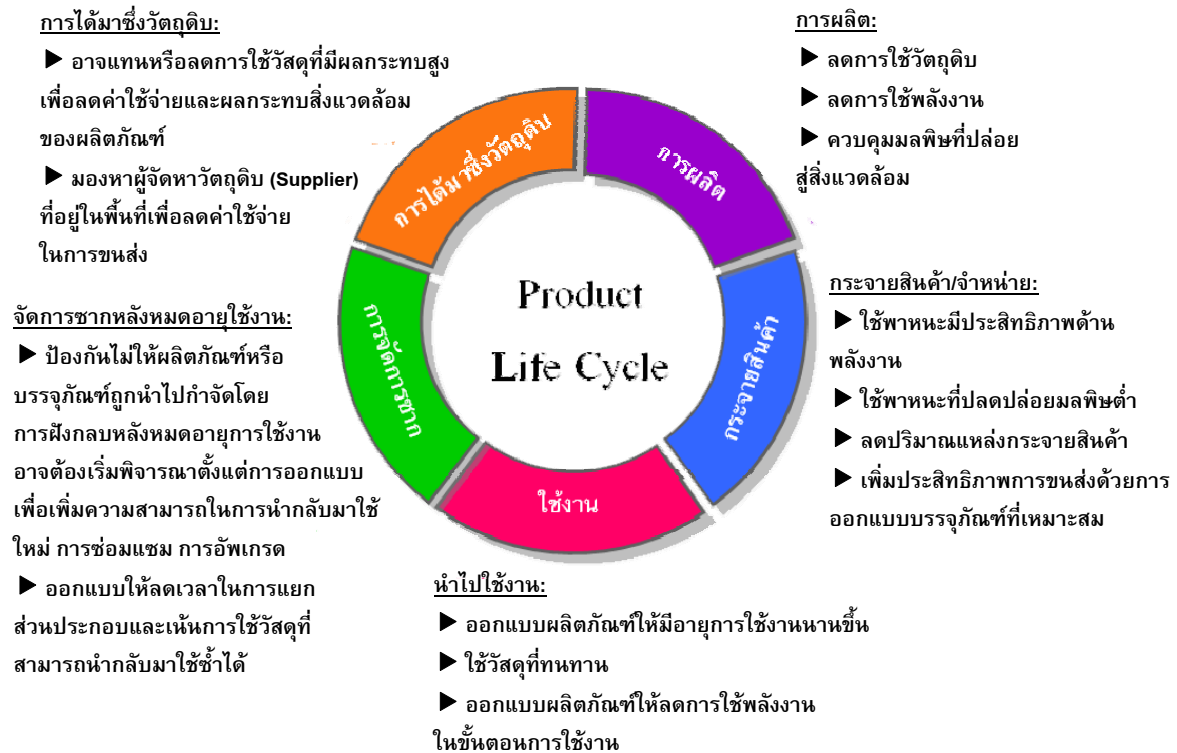
WP_j (weighted environmental impact potential) คือ ค่าศักยภาพผลกระทบทางสิ่งแวดล้อม j ใดๆ หลังการให้น้ำหนักความสำคัญแล้ว (person for target year: Pt.)

WF_j (weighting factor) คือค่าสัดส่วนน้ำหนักความสำคัญของผลกระทบทางสิ่งแวดล้อม j ใดๆ ในปีที่ตั้งเป้าหมายเอาไว้

ซึ่งเมื่อให้น้ำหนักแก่ประเด็นสิ่งแวดล้อมแต่ละกลุ่มแล้วเมื่อนำผลกระทบที่ได้จากการให้น้ำหนักมารวมกันจะได้ผลกระทบในรูปตัวแปรเดียว เรียกว่า คะแนนเชิงเดียว (Single score) โดยที่มีหน่วยวัดเป็น Pt. หรือ person for target year

4. การแปลผลและปรับปรุงผลิตภัณฑ์

เป็นการนำผลลัพธ์ที่ได้มาวิเคราะห์ผล สรุป อธิบายข้อจำกัด พร้อมกับนำเสนอผลที่สอดคล้องกับเป้าหมายและขอบเขตที่กำหนดไว้ ตลอดจนให้ข้อเสนอแนะบนพื้นฐานของข้อมูลที่ได้จากการวิเคราะห์บัญชีรายการ (LCI) และการประเมินผลกระทบ (LCIA) เพื่อใช้เป็นแนวทางในการหาวิธีที่เหมาะสมในการพัฒนาและปรับปรุงผลิตภัณฑ์ต่อไป โดยผลลัพธ์ที่ได้จากการประเมินวัฏจักรชีวิตจะสามารถบ่งบอกประเด็นปัญหาที่สำคัญและขั้นตอนที่มีผลกระทบสูงที่สุด เมื่อทราบขั้นตอนที่มีผลกระทบมากที่สุดแล้วจะช่วยให้สามารถหาวิธีหรือเลือกใช้เครื่องมือจัดการสิ่งแวดล้อมที่เหมาะสมตัวอย่างการกำหนดแนวทางสำหรับพัฒนาและปรับปรุงสำหรับแต่ละขั้นตอนของวัฏจักรชีวิตแสดงดังภาพที่ ก.15



ภาพที่ ก.15 ตัวอย่างการกำหนดแนวทางสำหรับพัฒนาและปรับปรุงสำหรับแต่ละขั้นตอนของวัฏจักรชีวิต

จุดเด่นของการประเมินวัฏจักรชีวิต

- เป็นวิธีการวิเคราะห์ผลกระทบที่มองภาพรวมของผลกระทบที่อาจเกิดขึ้นทั้งหมดในทุกกิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์/บริการ
- เป็นวิธีการที่มองผลกระทบในมุมมองของปัญหาที่เกิดขึ้นต่อโลก เช่น การเกิดภาวะโลกร้อน (Global warming) การทำลายชั้นโอโซนในบรรยากาศ (Ozone layer depletion) การหมดไปของทรัพยากร (Resource depletion) มากกว่าที่จะมองเฉพาะสารพิษที่ปล่อยออกมาเท่านั้น
- ป่งชี้ประเด็นปัญหาสิ่งแวดล้อมที่สำคัญสูงสุดและแหล่งที่มาหรือขั้นตอนที่ก่อให้เกิดผลกระทบสิ่งแวดล้อมที่แท้จริง
- ป้องกันการเคลื่อนย้ายของประเด็นปัญหาจากขั้นตอนหนึ่งไปยังอีกขั้นตอนหนึ่ง
- ป้องกันปัญหาที่อาจเกิดขึ้นจากการบริหารจัดการทรัพยากรอย่างไม่มีประสิทธิภาพ
- การคำนวณผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในเชิงปริมาณต่อหน่วยหน้าการทำงานของผลิตภัณฑ์ ทำให้สามารถเปรียบเทียบสมรรถนะเชิงสิ่งแวดล้อมของผลิตภัณฑ์สองอย่างที่ทำหน้าที่เหมือนกันและยังสามารถใช้ในการเปรียบเทียบทางเลือกในการจัดการสิ่งแวดล้อม
- เป็นฐานข้อมูลสำคัญที่สามารถนำไปใช้ในการออกแบบเชิงนิเวศ

ข้อจำกัดของการประเมินวัฏจักรชีวิต

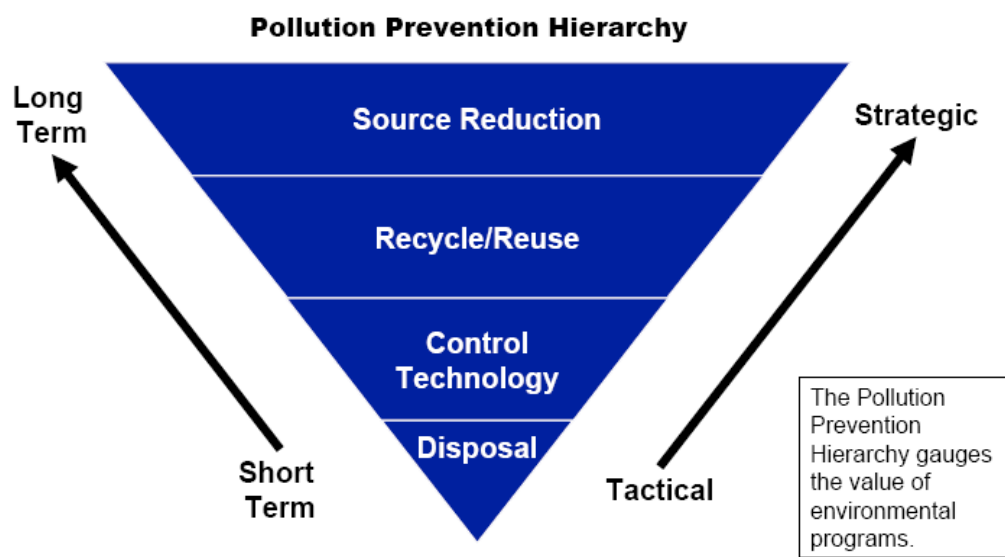
- การทำ LCA ต้องใช้ข้อมูลปริมาณมากซึ่งขึ้นกับระดับความละเอียดที่ผู้ต้องการ ดังนั้นจึงทำให้ใช้เวลานานและมีค่าใช้จ่ายสูง
- นอกจากต้องใช้ข้อมูลเป็นจำนวนมากแล้ว ความถูกต้องและความสม่ำเสมอของข้อมูลยังมีผลกระทบอย่างมากต่อความถูกต้องแม่นยำของผลลัพธ์ที่ได้
- เมื่อตรวจสอบสมดุลมวลสารและสมดุลพลังงานจากข้อมูลที่ได้มักไม่ตรงตามกฎการอนุรักษ์มวลสารและกฎการอนุรักษ์พลังงาน
- ในปัจจุบันข้อมูลบัญชีรายการสำหรับกระบวนการต้นน้ำและกระบวนการปลายน้ำยังมีอยู่ในปริมาณจำกัด อีกทั้งข้อมูลที่มีอยู่ยังอาจมีคุณภาพไม่เพียงพอทำให้เป็นอุปสรรคต่อการนำไปคำนวณผลกระทบโดยตลอดวัฏจักรชีวิต ซึ่งต้องอาศัยข้อมูลจากกระบวนการต้นน้ำและปลายน้ำด้วย
- ผลลัพธ์จากการประเมินวัฏจักรชีวิตจะขึ้นกับขอบเขตที่ศึกษาและขอบเขตการเก็บข้อมูลรวมถึงสมมติฐานต่าง ๆ ที่กำหนดในการศึกษานั้นๆ การวิเคราะห์ที่แตกต่างเนื่องจากความแตกต่างของวิธีการอาจทำให้ผลการศึกษาในแต่ละครั้งไม่อาจนำมาเปรียบเทียบกันได้ ซึ่งผลลัพธ์ที่จะสามารถเปรียบเทียบกันได้จะต้องมีขอบเขตการศึกษา วิธีการเก็บข้อมูล และการคำนวณ รวมถึงสมมติฐานเดียวกันเท่านั้น
- ผลลัพธ์จากการประเมินวัฏจักรชีวิตจะพิจารณาในประเด็นด้านสิ่งแวดล้อมเท่านั้น ไม่ได้บ่งบอกว่าผลิตภัณฑ์หรือกระบวนการใดมีประสิทธิภาพที่สุดในแง่ของราคา ดังนั้นข้อมูลที่พัฒนาในการศึกษาควรต้องใช้เป็นองค์ประกอบหนึ่งในกระบวนการตัดสินใจ โดยเทียบกับราคาและสมรรถนะ

1.3 แนวคิดและหลักการพัฒนาอุตสาหกรรมที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม

จากความเสื่อมโทรมทางสภาวะสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรธรรมชาติที่มีอยู่อย่างจำกัดสหภาพยุโรป จึงได้ออกกฎระเบียบและข้อตกลงทางการค้า ได้แก่ มาตรการจัดการซากยานยนต์ที่หมดอายุการใช้งาน (End of Life Vehicle: ELV) ระเบียบว่าด้วยการจัดการเศษเหลือทิ้งจากผลิตภัณฑ์ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ (Waste Electrical and Electronic Equipment: WEEE) ระเบียบว่าด้วยการจัดการสารอันตรายบางชนิดในอุปกรณ์ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ (Restriction of the use of certain Hazardous Substance in electrical and electronic equipment: RoHS) ระเบียบว่าด้วยกรอบข้อกำหนดการออกแบบเชิงนิเวศเศรษฐกิจสำหรับผลิตภัณฑ์ที่ใช้พลังงาน (Energy using Products: EuP) โดยมีรายละเอียดแสดงดังตารางที่ ก.6 รวมถึงได้มีการออกแบบเชิงนิเวศเศรษฐกิจดังแสดงในภาพที่ ก.16

ตารางที่ ก.6 กฎระเบียบสิ่งแวดล้อมกับสินค้าที่ผลิต/นำเข้าของสหภาพยุโรป

2545	2548	2549	2550-2561	
ELV	WEEE	RoHS	EuP	REACH
ยานยนต์	ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์	ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์	สินค้าทุกชนิดที่ใช้พลังงาน	สินค้าทุกชนิดที่ใช้สารเคมี
- จัดการซาก - กำหนดสัดส่วน Reuse/Recycle/Recovery - ห้ามใช้โลหะหนัก 4 ชนิด	- จัดการซาก - กำหนดสัดส่วน Reuse/Recycle/Recovery	- ห้ามใช้สารอันตราย 6 ชนิด	- ออกแบบเชิงนิเวศเศรษฐกิจโดยคำนึงถึงผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมตลอดวงจรชีวิตของผลิตภัณฑ์	- จัดทะเบียน - ประเมิน - อนุญาต - จำกัดการใช้สารเคมี

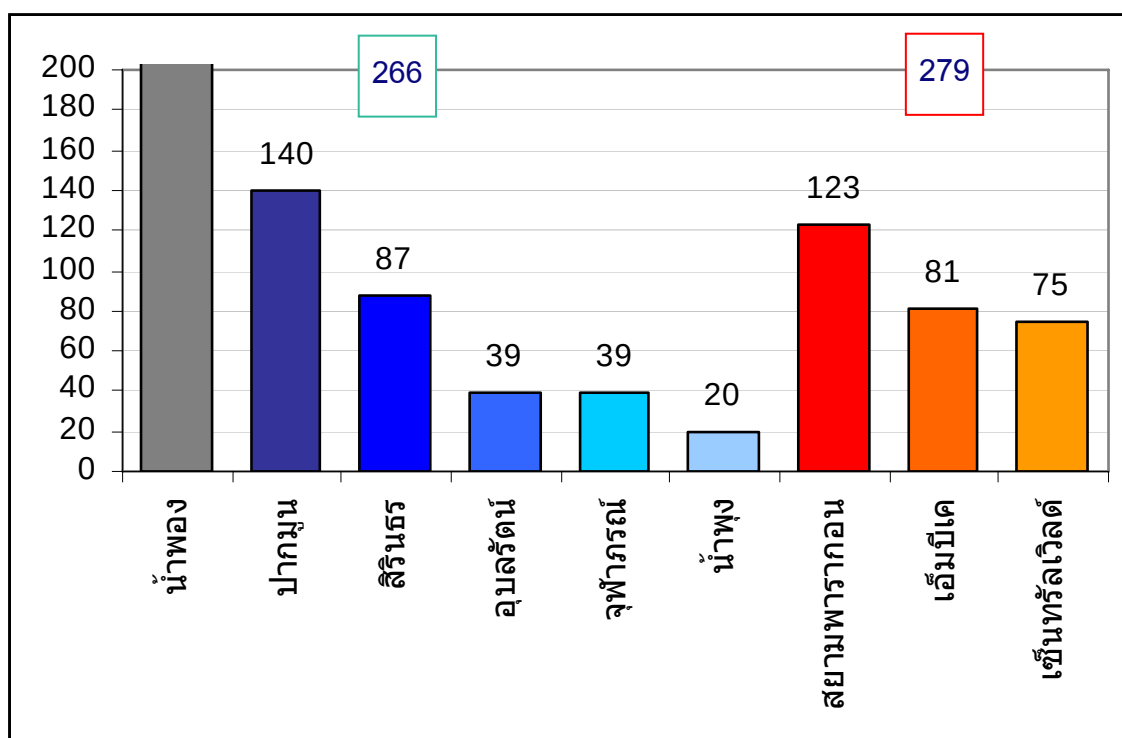


ภาพที่ ก.16 กระบวนการออกแบบเชิงนิเวศเศรษฐกิจ

ตัวอย่างบริษัทที่มีการดำเนินงานเพื่อการลดโลกร้อน ได้แก่

- มาม่า ได้ออกแคมเปญลดโลกร้อน โดยการชูจุดแข็งของผลิตภัณฑ์ที่บรรจุอยู่ในถ้วยกระดาษอย่าง มาม่า คัพ ด้วยสโลแกนที่ว่า “ มาม่า คัพ ถ้วยกระดาษ รักโลก ต้องเริ่มที่ตัวเรา ”
- บริษัท เอสซีจี पेเปอร์ จำกัด ในเครือซิเมนต์ไทย เปิดตัวกระดาษถ้วยเอกสาร **"Idea Green"** ซึ่งเป็นมิตรสิ่งแวดล้อม รับกระแสลดโลกร้อน โดยผลิตจากเศษกระดาษขาวใช้แล้วและมีส่วนผสมของ Eco Fiber สัดส่วน 30% และอีก 70% ผลิตจากเยื่อกระดาษ
- บริษัท ฮาเวลล์ ซีลวานีเย (ประเทศไทย) จำกัด จัดกิจกรรม หลอดไฟซีลวานีเย เคลียร์โลกร้อน ซึ่งเป็นกิจกรรมที่บริษัทฯ ร่วมกับโฮมโปร จัดขึ้นเพื่อรณรงค์ให้มีการใช้หลอดประหยัดไฟ เพื่อช่วยลดปัญหาภาวะโลกร้อน ภายใต้กิจกรรมนี้จะมีการจำหน่ายหลอดตะเกียบประหยัดไฟซีลวานีเย แพลกพิเศษ ซ้อ 3 หลอดได้ 4 หลอด นอกจากนี้ ยังมีกิจกรรมร่วมกับลูกค้าเพื่อให้ความรู้เกี่ยวกับภาวะโลกร้อน

นอกจากนี้เมื่อเปรียบเทียบการผลิตและใช้ไฟฟ้าในปี 2549 (ล้านหน่วย) พบว่าการใช้ไฟฟ้าของ 3 ห้างใหญ่ในกรุงเทพฯ มีการใช้ไฟฟ้ามากกว่าหรือเท่ากับ 16 จังหวัด ดังแสดงในภาพที่ ก.17



ภาพที่ ก.17 กราฟแสดงการเปรียบเทียบการผลิตและใช้ไฟฟ้าในปี 2549

แนวคิดเกี่ยวกับการพัฒนาอุตสาหกรรมที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม

แนวคิดดั้งเดิม

แนวคิดที่จะมีการจัดการด้านสิ่งแวดล้อมเพื่อสร้างภาพลักษณ์ที่ดีกับบริษัท บริษัทจะต้องจัดกิจกรรมต่อสังคม ซึ่งก่อให้เกิดค่าใช้จ่าย และอาจส่งผลต่อกำไรที่ลดลง

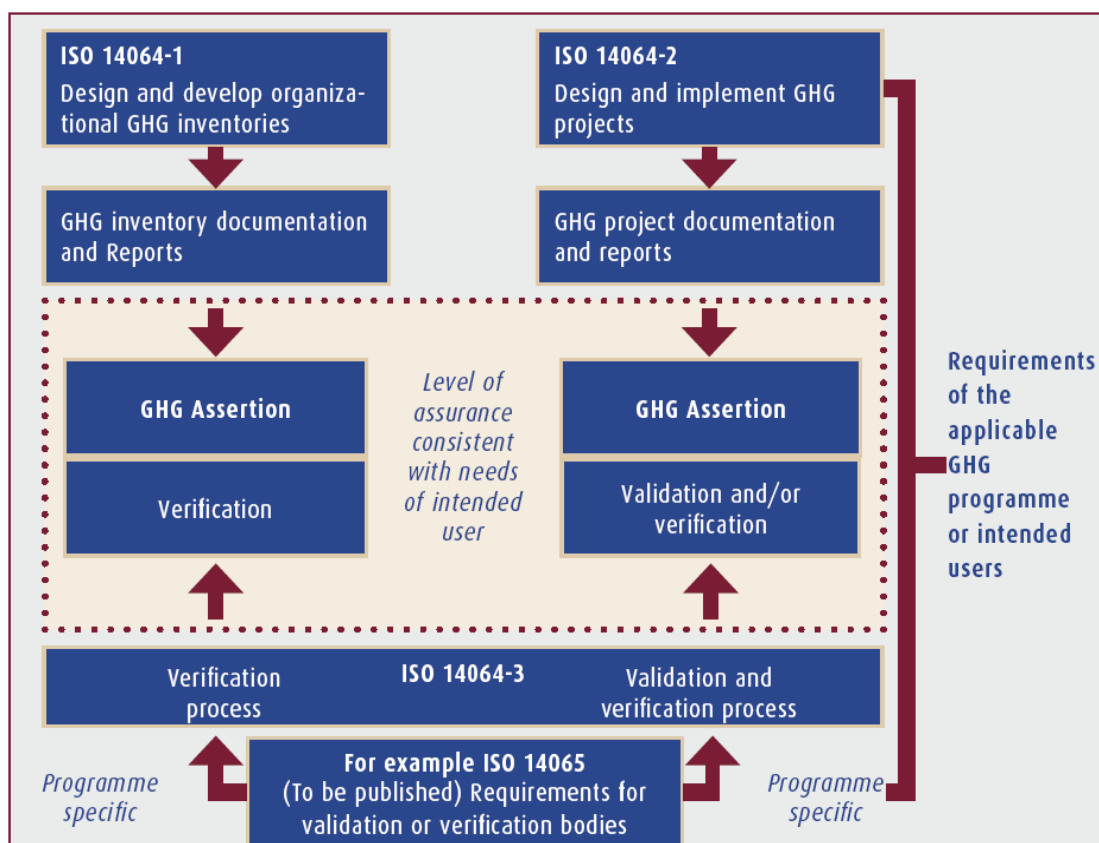
แนวคิดใหม่

แนวคิดที่จะทำด้านสิ่งแวดล้อมเพื่อสร้างภาพลักษณ์ที่ดีกับบริษัท บริษัทสามารถสร้างมูลค่าเพิ่มในการทำกิจกรรมและสร้างความรับผิดชอบต่อสังคมไปด้วย โดยการลดค่าใช้จ่ายที่ไม่จำเป็น ในที่สุดแล้วก็นำไปสู่ผลกำไรที่เพิ่มขึ้นของบริษัท

The Greenhouse Gas Protocol ISO 14064 GHG สำหรับองค์กร

จากภาพที่ ก.18 องค์กรมีความต้องการ Certificate ที่บอกแสดงว่าการคำนวณค่า Greenhouse Gas ได้ตามมาตรฐาน ISO ทำอย่างไร ISO 14064 คือตัวแรกที่ต้องไปศึกษา ซึ่งในประเทศไทยกำลังพัฒนา ISO 14069 ซึ่งก็มาจากฐานของ ISO 14064 นั่นเอง โดย ISO 14064 แบ่งออกเป็น 3 ส่วน คือ

1. ISO 14064-1: 2006 เป็นวิธีการรายงานตัว GHG ว่าได้มาอย่างไร
2. ISO 14064-2: 2006 เป็นวิธีการทำโครงการขนาดใหญ่ ที่จะนำมาประเมินค่า GHG ซึ่ง CDM อยู่ในส่วนนี้
3. ISO 14064-3: 2006 วิธีในการตรวจสอบว่าสิ่งที่คำนวณนั้นถูกต้องหรือไม่



ภาพที่ ก.18 ความสัมพันธ์ของ ISO 14064

ความสัมพันธ์ของ ISO 14064 ทั้ง 3 ส่วน คือ ถ้าสมมติว่า มีองค์กรที่ต้องการการรับรองบอกว่า ปีที่แล้วสามารถทำ GHG เท่ากับที่ต้น CO₂ equivalent ก็จะต้องดำเนินการรับรองบนพื้นฐานของ ISO 14064-1 และการดำเนิน Project CDM โดยที่การดำเนินการ Project ดังกล่าวนี้อาจได้ก็ต้นก็จะนำมาใช้หักลบ ซึ่งเป็นการทำ ISO 14064-2 ส่วนวิธีการตรวจสอบก็จะไปเปิดดูในมาตรฐานของ ISO 14064-3 โดยที่มาตรฐาน ISO 14064 จะกล่าวถึงสารที่มีส่วนเกี่ยวข้องกับการปล่อยก๊าซเรือนกระจก (Greenhouse gas: GHG) 6 ตัว ได้แก่

- Carbon Dioxide – CO₂
- Methane – CH₄
- Nitrous Oxide - N₂O
- Sulfur Hexafluoride – SF₆
- Hydrofluorocarbons – HFC
- Perfluorocarbons – PFC

โดยที่สาร 6 ชนิดนี้จะจัดทำรายงานตามพิธีสาร Kyoto Protocol แต่ถ้าหากองค์กรรู้ว่ามีการอื่นที่ทำให้เกิดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก (GHG) ก็จะต้องทำการรายงานเช่นกัน แต่ต้องทำการรายงานแยก เพราะฉะนั้นตัวหลักที่สนใจคือสาร 6 ตัวข้างต้นที่กล่าวมานี้

ถ้าองค์กรสนใจที่จะเผยแพร่การดำเนินงานด้านสิ่งแวดล้อมเพื่อเป็นการประชาสัมพันธ์ด้านการแสดงความรับผิดชอบต่อสังคม (CSR) โดยตั้งเป้าหมายไว้ว่าในปีนั้นๆ ได้ปล่อยก๊าซ GHG ไปเท่าไร ซึ่งปีถัดไปอาจจะตั้งเป้าไว้เพื่อว่าจะลดได้กี่เปอร์เซ็นต์ ตัวอย่างเช่น ปีนี้ปล่อยก๊าซ GHG ไปกี่ตัน CO₂ equivalent และต้องอยู่ภายใต้มาตรฐาน ISO 14064 และจะต้องใช้หน่วยงานรับรองระบบคุณภาพ (Certification Body: CB) มาทำการรับรอง แต่ถ้าหากว่าไม่ได้บอกว่าอยู่ภายใต้มาตรฐานใด ก็สามารถดำเนินการรับรองในส่วนของการดำเนินงานด้าน CSR โดยไม่ต้องใช้ CB เพราะการดำเนินงานด้าน CSR ไม่ได้มีผลบังคับ แต่เป็นการดำเนินงานด้วยความสมัครใจ

หลักเกณฑ์การจัดทำระบบ ISO 14064

วิธีการจัดทำระบบ ISO 14064 คือ ต้องการรายงานโดยการชี้แจงให้เห็นว่าบริษัทรายงานผลการปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้อย่างถูกต้องหรือไม่ บนพื้นฐานตามหลักเกณฑ์ที่กำหนด โดยมาตรฐานของระบบ ISO 14064 มีหลักเกณฑ์ 5 ข้อ ดังต่อไปนี้

1. Relevance คือ การชี้แจงว่ารายงานที่ทำออกมานั้นเราจะนำไปให้ใคร
2. Completeness คือ รายงานจะต้องครอบคลุมทุกอย่างในองค์กรที่เป็นกิจกรรมที่จะปล่อย GHG ออกมา
3. Consistency คือ วิธีการคำนวณ และวิธีการรายงานถ้าหากมีการคำนวณใหม่หรือใครมาคำนวณอีกครั้งโดยวิธีการนั้นจะต้องได้ผลเดิม
4. Accuracy คือ ความโปร่งใสในการตรวจสอบข้อมูล โดยเมื่อมีการตรวจสอบจะต้องเปิดเผยข้อมูลว่ามีวิธีการคิดอย่างไร นำข้อมูลมาจากไหน สิ่งที่สำคัญที่สุดคือต้องมีหลักฐานแสดงให้เห็นว่ามีความโปร่งใส
5. Transparency คือ ข้อมูลที่ได้มามีความน่าเชื่อถือได้หรือไม่

หลักเกณฑ์ 5 ข้อนี้เป็นหัวใจสำคัญของจัดทำระบบ ISO 14064 ถ้าไม่ทำตามหลักเกณฑ์ รายงานที่ได้จะขาดความน่าเชื่อถือ

ข้อดีของ ISO 14064

ทำให้สามารถมองเห็นได้ชัดเจนว่าทำตามหลักการอะไร น่าเชื่อถือมากแค่ไหน และเป็นไปตามระบบสากล เพราะมีกระบวนการคิดตามหลักเกณฑ์ที่กำหนด

1.4 การพัฒนาฉลาก Carbon Footprint และ Carbon Reduction Label

ประเทศไทยมีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกมาจากกลุ่มพลังงานมากถึง 56% โดยแบ่งเป็นภาคอุตสาหกรรม 5.4% การเกษตร 24.1% การใช้ที่ดินและป่าไม้ 6.6% และขยะ 7.8% ซึ่งในปี 2546 นี้มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกออกมาถึง 344.2 ล้านตัน

คาร์บอนฟุตพริ้นท์ (Carbon Footprint) คืออะไร

คาร์บอนฟุตพริ้นท์ คือ ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ปล่อยออกมาจากผลิตภัณฑ์แต่ละหน่วยตลอดวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ ตั้งแต่การได้มาซึ่งวัตถุดิบ การขนส่ง การประกอบชิ้นส่วน การใช้งาน และการจัดการซากผลิตภัณฑ์หลังใช้งาน โดยคำนวณออกมาแสดงผลในเชิงปริมาณ คือ เทียบเท่ากับศักยภาพการก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงสภาพอากาศของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ มีหน่วยเป็นกิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า (kg CO₂ equivalent)

การคำนวณตลอดวัฏจักรชีวิตผลิตภัณฑ์ แบ่งออกเป็น 5 กระบวนการ ได้แก่

- การได้มาซึ่งวัตถุดิบ
- การผลิต
- การขนส่งหรือการกระจายสินค้า
- การใช้งาน
- การกำจัดซาก

การคำนวณค่าเพื่อที่จะกำหนดมาตรการการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ตั้งเป้าหมายในการลดปริมาณก๊าซเรือนกระจก และสื่อสารการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์กับธุรกิจ (Business to Business: B2B) หรือกลุ่มลูกค้า (Business to Customer: B2C)

ฉลากคาร์บอนฟุตพริ้นท์ (Carbon Footprint Label)

ฉลากคาร์บอนฟุตพริ้นท์ (Carbon Footprint Label) คือ ฉลากที่จะติดบนสินค้าหรือผลิตภัณฑ์ เพื่อเป็นการแสดงข้อมูลให้ผู้บริโภคได้ทราบว่า ตลอดวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์เหล่านั้น มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกออกมาปริมาณเท่าไร

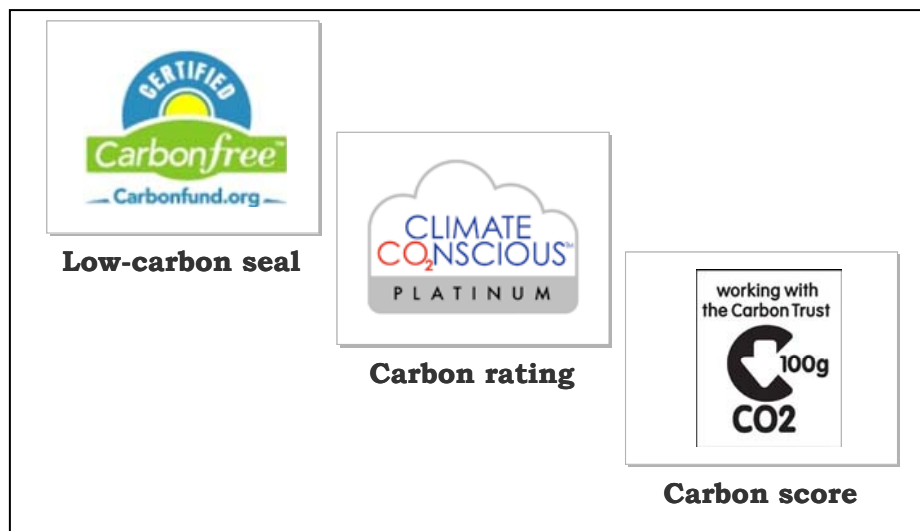
ฉลากคาร์บอน (Carbon Reduction Label)

ฉลากคาร์บอน คือ ฉลากที่แสดงการลดระดับการปล่อยก๊าซเรือนกระจกออกสู่บรรยากาศต่อหน่วยสินค้าหรือบริการ โดยวิธีการประเมินวัฏจักรชีวิตผลิตภัณฑ์ (Life Cycle Assessment, LCA) ผลการประเมินจะถูกเทียบเป็นปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า (CO₂ equivalent) โดยในสหภาพยุโรปได้แบ่งประเภทของฉลากดังภาพที่ ก.19 โดยมีรายละเอียดดังนี้

1. ฉลาก Low-Carbon Seal ซึ่งเป็นฉลากคาร์บอนประเภทที่ไม่มีจำนวนการปล่อย Carbon footprint ติดบนฉลาก ดังนั้นผู้บริโภคจะไม่สามารถทราบได้ถึงจำนวนก๊าซเรือนกระจกที่ถูกปล่อยในภาคการผลิตสินค้า

2. ฉลาก Carbon Rating ฉลากคาร์บอนประเภทนี้จะมีลักษณะคล้ายกับ Energy label ในสหภาพยุโรป โดยฉลากคาร์บอนประเภทนี้จะแบ่งกลุ่มโดยใช้สัญลักษณ์เป็นรูปดาว จาก 1 จนถึง 5 ดาว หากสินค้าใดได้จำนวนดาวมาก หมายถึงสินค้าชนิดนั้นๆ ลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกลงได้ในปริมาณมากกว่าสินค้าที่ได้ดาวน้อยดวง

3. ฉลาก Carbon Score เป็นฉลากคาร์บอนประเภทที่มีจำนวน Carbon footprint ติดไว้บนตัวผลิตภัณฑ์ ดังนั้นผู้บริโภคจะสามารถเปรียบเทียบข้อมูลการปล่อยก๊าซเรือนกระจก จากภาคการผลิตสินค้าของระหว่างสินค้าแต่ละชนิดหรือชนิดเดียวกัน แต่ตราสัญลักษณ์แตกต่างกันได้ เพื่อเปิดโอกาสให้ผู้บริโภคใช้เป็นข้อมูลในการเลือกซื้อสินค้า ที่ปล่อยก๊าซเรือนกระจกในภาคการผลิตปริมาณน้อยที่สุด



ภาพที่ ก.19 ประเภทของฉลากคาร์บอน

ในหลายๆ ประเทศ ได้แก่ สหราชอาณาจักร สาธารณรัฐฝรั่งเศส สวิสเซอร์แลนด์ เยอรมันนี สหรัฐอเมริกา แคนาดา ญี่ปุ่น เกาหลีใต้ จีน และประเทศไทย ได้มีจัดทำฉลากคาร์บอนโดยฉลากคาร์บอนของแต่ละประเทศแสดงดังภาพที่ ก.20 โดยการแสดงค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของประเทศไทย จะติดบนผลิตภัณฑ์หรือภาชนะบรรจุ แสดงข้อมูล ณ จุดขาย ในรายงานประจำปี แผ่นพับ บัญชีรายชื่อสินค้า หรือบนเว็บไซต์ และแสดงค่าด้วยตัวเลข 3 ตัว เช่น 3.15 kg, 152 g



ภาพที่ ก.20 ฉลากคาร์บอนของแต่ละประเทศ

เกณฑ์การใช้เครื่องหมายฉลากคาร์บอนฟุตพริ้นท์

- มีผลต่อผลิตภัณฑ์ 1 ชนิดที่ขอใช้เท่านั้น ระยะเวลาการใช้งานได้ 2 ปีต่อ การขออนุญาตใช้ 1 ครั้ง
- เจ้าหน้าที่จะตรวจสอบกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์ที่ได้รับการอนุญาตใช้ทุก 6 เดือน
- ใช้ถูกต้องตามประเภทผลิตภัณฑ์
- ไม่ใช่เป็นส่วนหนึ่งของเครื่องหมายทางการค้า ชื่อทางการค้า เครื่องหมายบริการ เครื่องหมายรับรอง เครื่องหมายร่วมสัญลักษณ์ ลวดลาย งานลิขสิทธิ์บนผลิตภัณฑ์
- หยุดใช้เครื่องหมายหลังหมดสัญญา แต่ยังสามารถจำหน่ายผลิตภัณฑ์ที่มีเครื่องหมายได้อีกไม่เกิน 3 เดือนหลังหมดสัญญา

ข้อดีของการจัดทำคาร์บอนฟุตพริ้นท์สำหรับผู้ผลิต

- ทราบปริมาณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกในแต่ละขั้นตอน
- สามารถจำแนกประเด็นปัญหาหลัก และลำดับความสำคัญสิ่งที่จะต้องแก้ไขปรับปรุงรวมทั้งการออกแบบผลิตภัณฑ์ที่คำนึงถึงสิ่งแวดล้อมโดยตลอดวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์
- การแสดงข้อมูลคาร์บอนฟุตพริ้นท์ เป็นการแสดงความตั้งใจในความรับผิดชอบต่อสิ่งแวดล้อมและสังคม
- มีส่วนร่วมในการช่วยลดปัญหาภาวะโลกร้อนและการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ

ข้อดีของการจัดทำคาร์บอนฟุตพริ้นท์สำหรับผู้บริโภค

- ทราบข้อมูลปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก เพื่อเกิดความตระหนักถึงการปล่อยก๊าซเรือนกระจกอันเนื่องมาจากรูปแบบและวิธีการบริโภคของตน
- ทราบแนวทางการปรับเปลี่ยนวิธีการใช้ผลิตภัณฑ์ เพื่อช่วยลดการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก
- เลือกซื้อผลิตภัณฑ์ที่มีฉลากคาร์บอน เพื่อแสดงความร่วมมือในการช่วยลดปัญหาภาวะโลกร้อน

ค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานของฉลากคาร์บอนฟุตพริ้นท์

ค่าใช้จ่ายการขึ้นทะเบียนกับองค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก องค์การมหาชน (อบก.)

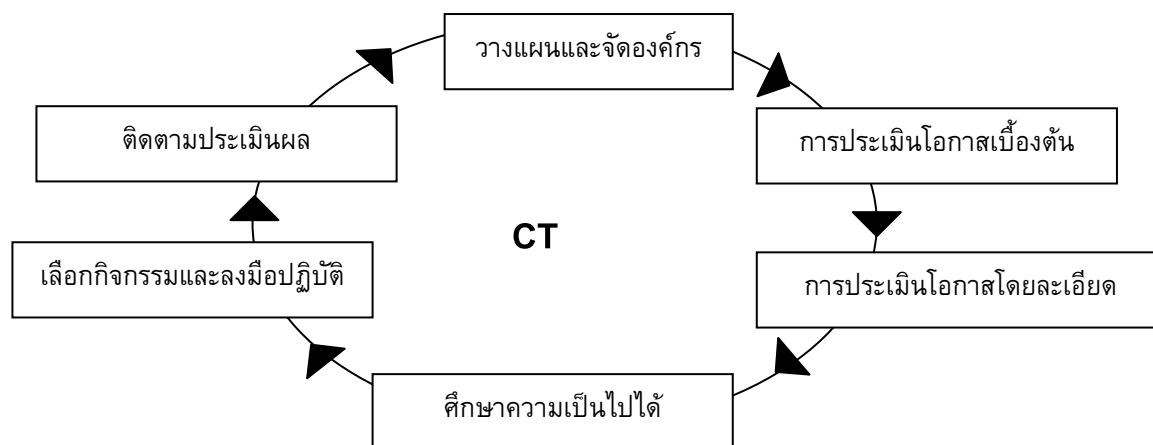
1. โครงการสาธิต ค่าใช้จ่าย = 50,500 บาท แบ่งเป็น
 - ค่าใบสมัคร = 500 บาท
 - ค่าธรรมเนียมยื่นใบสมัครและเอกสารต่อ อบก. = 10,000 บาท
 - ค่าขอใช้ฉลากคาร์บอนฟุตพริ้นท์ (2 ปี) = 4,000 บาท
 - ค่าทวนสอบผลการวิเคราะห์คาร์บอนฟุตพริ้นท์ = 36,000 บาท (12,000 บาท x 3 วัน)
2. โครงการที่ไม่ใช่โครงการสาธิตที่ขอขึ้นทะเบียนก่อนวันที่ 30 มิถุนายน 2553 ประกอบด้วย ค่าที่ปรึกษา (จ่ายจริง) + 50,500 (ค่าใบสมัคร, ค่าธรรมเนียมยื่นใบสมัคร, ค่าขอใช้ฉลากฯ และค่าทวนสอบฯ)
3. โครงการที่ไม่ใช่โครงการสาธิต ขอขึ้นทะเบียน หลังวันที่ 30 มิถุนายน 2553 ประกอบด้วย ค่าที่ปรึกษา (จ่ายจริง) + ค่าทวนสอบฯ + 14,500 (ค่าใบสมัคร, ค่าธรรมเนียมฯ และค่าขอใช้ฉลากฯ)

1.5 หลักการเทคโนโลยีสะอาด (Clean Technology: CT)

การดำเนินการด้านเทคโนโลยีสะอาด (Clean Technology : CT) คือ การพัฒนา เปลี่ยนแปลง ปรับปรุงอย่างต่อเนื่องของกระบวนการผลิต หรือการบริการ โดยก่อให้เกิดผลกระทบ หรือ ความเสี่ยงที่เกิดขึ้นต่อมนุษย์และสิ่งแวดล้อมน้อยที่สุดเท่าที่จะทำได้ในขณะนั้น โดยมีความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ ด้วยวิธีการลดมลพิษจากแหล่งกำเนิด การใช้ซ้ำ และการนำกลับมาใช้ใหม่ มุ่งเน้นการจัดการสิ่งแวดล้อมด้วยหลักการของการลดมลพิษที่แหล่งกำเนิด ด้วยวิธีการบริหารจัดการการใช้ทรัพยากรการผลิตให้คุ้มค่า หรือเกิดประโยชน์สูงสุด โดยคำนึงถึงความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์เป็นอันดับแรก โดยมีหลักการการตรวจสอบและประเมินผลกระบวนการผลิตเพื่อระบุแหล่งที่เกิดปัญหา สาเหตุของปัญหา และการค้นหาคำตอบเพื่อแก้ปัญหา นั้น ซึ่งหลักการดังกล่าวจะนำมาเป็นวิธีการปฏิบัติงานขององค์กรนั้นๆ เพื่อให้การทำ CT ในองค์กรประสบผลสำเร็จ

ขั้นตอนสู่ความสำเร็จในการทำเทคโนโลยีสะอาด

สำหรับการดำเนินการป้องกันมลพิษในสถานประกอบการให้ประสบความสำเร็จและมีประสิทธิภาพ นั้นประกอบด้วย 6 ขั้นตอน คือ การวางแผนและจัดตั้งองค์กร การตรวจประเมินเบื้องต้น การประเมินโอกาสโดยละเอียด การศึกษาความเป็นไปได้ การลงมือปฏิบัติ และการตรวจติดตามประเมินผล แสดงดังภาพที่ ก.21 ซึ่งแต่ละขั้นตอนประกอบด้วยงานที่ต้องทำต่างๆ แสดงโดยสรุปดังตารางที่ ก.7



ภาพที่ ก.21 แสดงขั้นตอนนำเอาเทคโนโลยีสะอาดไปใช้

สำหรับขั้นตอนการนำเทคโนโลยีสะอาดไปใช้และรายละเอียดการประเมินโครงการเทคโนโลยีสะอาด อาจแตกต่างกันไปขึ้นอยู่กับลักษณะและประเภทขององค์กร

ตารางที่ ก.7 ขั้นตอนการดำเนินการเทคโนโลยีสะอาดและกิจกรรมที่ต้องดำเนินการ

ขั้นตอน	งานที่ทำ
1. การวางแผนและจัดตั้งองค์กร	1. การสร้างแรงจูงใจและการสนับสนุนจากผู้บริหาร 2. การจัดตั้งทีมงานป้องกันมลพิษ (ทีม CT) 3. การกำหนดนโยบายและเป้าหมายของการทำ CT 4. บ่งชี้ปัญหา/อุปสรรค และหาแนวทางแก้ไข
2. การตรวจประเมินเบื้องต้น	5. เก็บรวบรวมข้อมูล/จัดทำแผนผังกระบวนการผลิต 6. ประเมินมวลและพลังงานที่เข้า - ออกโดยรวม 7. กำหนดพื้นที่หรือบริเวณในการประเมินโดยละเอียด
3. การประเมินโอกาสโดยละเอียด	8. ประเมินและจัดทำสมดุลมวลสารโดยละเอียด 9. วิเคราะห์หาจุดที่เป็นแหล่งกำเนิด/สาเหตุของการสูญเสีย 10. ทำรายการทางเลือกทั้งหมด 11. ประเมินโอกาสหรือทางเลือกที่เป็นไปได้
4. การศึกษาความเป็นไปได้	12. ประเมินความเป็นไปได้เบื้องต้น 13. ประเมินความเป็นไปได้ทางเทคนิค 14. ประเมินความเป็นไปได้ทางเศรษฐศาสตร์ 15. ประเมินผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม 16. คัดเลือกและจัดลำดับโอกาส CT
5. การลงมือปฏิบัติ	17. ทำแผนการปฏิบัติสำหรับกิจกรรม CT 18. ดำเนินงานตามแผนกิจกรรม CT
6. ติดตามประเมินผล	19. การจัดทำระบบการติดตามประเมินผลการปฏิบัติงาน วิเคราะห์ปัญหา/อุปสรรค 20. การดำเนินการอย่างต่อเนื่อง

ขั้นตอนที่ 1: การวางแผนและจัดตั้งองค์กร

วางแผนและจัดตั้งองค์กรนั้น มีวัตถุประสงค์เพื่อแสดงความมุ่งมั่นของผู้บริหาร โดยการกำหนดนโยบายและเป้าหมายซึ่งจะเป็นแนวทางในการทำเทคโนโลยีสะอาด (CT) ขององค์กรนั้นๆ นอกจากนั้นผู้บริหารสูงสุดยังต้องให้การสนับสนุนกิจกรรมต่างๆ โดยการจัดตั้งคณะทำงานเทคโนโลยีสะอาด (ทีม CT) และขั้นตอนนี้อาจมีการพิจารณาถึงอุปสรรคซึ่งอาจมีผลต่อการดำเนินงาน และควรเตรียมการเพื่อการแก้ไขไว้ด้วย

● งานที่ 1: การสร้างแรงจูงใจและการสนับสนุนจากผู้บริหาร

การดำเนินการป้องกันมลพิษในสถานประกอบการยานพาหนะนั้น การที่จะทำให้สำเร็จได้นั้นจะต้องได้รับความเห็นชอบและการสนับสนุนจากผู้บริหาร ซึ่งมีความสำคัญอย่างมากในการผลักดันการดำเนินการให้ประสบผลสำเร็จ การจูงใจให้ผู้บริหารหรือเจ้าของกิจการเห็นความสำคัญของการป้องกันมลพิษและการอนุรักษ์พลังงานนั้น อาจทำได้โดยการชี้ให้เห็นถึงประโยชน์ที่จะได้รับการดำเนินการ

โดยการนำเสนอกรณีตัวอย่างการดำเนินการที่ดีในสถานประกอบการยานพาหนะต่างๆ รวมทั้งผลตอบแทนที่ได้รับจากการดำเนินการ โดยเฉพาะอย่างยิ่งผลตอบแทนในเชิงเศรษฐกิจ

บทบาทของผู้บริหารหรือเจ้าของกิจการไม่ใช่เพียงแต่การอนุมัติงบประมาณ ผู้บริหารยังมีบทบาทที่สำคัญในการกำหนดนโยบาย การจัดการวางแผนการดำเนินการและติดตามผล รวมทั้งการประชาสัมพันธ์และการสื่อสารทั้งภายในและภายนอกองค์กรด้วย ซึ่งการที่จะดำเนินการให้ประสบความสำเร็จในการทำ CT นั้น จะต้องได้รับการยอมรับจากผู้บริหาร โดยการขอความเห็นชอบจากฝ่ายบริหาร เน้นถึงประโยชน์ที่จะได้รับทางเศรษฐศาสตร์อย่างชัดเจน ซึ่งเน้นถึงข้อบังคับจากมาตรฐานและกฎหมายสิ่งแวดล้อม ซึ่งให้เห็นถึงภาพพจน์ทางสิ่งแวดล้อม และรายงานความคืบหน้าให้ผู้บริหารทราบโดยตลอด เพื่อแสดงถึงเจตนารมณ์ที่จะมุ่งมั่นให้เกิดความสำเร็จ

- **งานที่ 2: การจัดตั้งทีมงานป้องกันมลพิษ (ทีม CT)**

- การแต่งตั้งหัวหน้าทีม CT**

การทำ CT ให้ประสบผลสำเร็จนั้นไม่ได้ต้องการเฉพาะแรงสนับสนุนจากผู้บริหารเท่านั้น หากยังต้องการการมีส่วนร่วมและการสนับสนุนจากพนักงานทุกระดับชั้น และเพื่อให้การทำ CT นี้ประสบผลสำเร็จก็ต้องมีทีมงาน โดยหัวหน้าทีมนี้จะเป็นผู้จัดตั้งทีมงาน CT และผู้มีส่วนเกี่ยวข้องในการทำงาน นอกจากนี้ยังเป็นผู้จัดและดำเนินการประชุมตลอดจนกิจกรรมต่างๆ เพื่อให้บรรลุจุดมุ่งหมายในการทำ CT ผู้ที่จะเป็นผู้นำทีมนี้ ไม่จำเป็นต้องเป็นผู้รู้เรื่องของเสียหรือการกำจัดของเสีย แต่จะต้องเป็นผู้ที่มีทักษะในเรื่องการจัดการองค์กรและมีความเป็นผู้นำเพื่อกระตุ้นให้เกิดความร่วมมือในการทำ CT

- การจัดตั้งทีมงาน CT**

การจัดตั้งทีมงาน CT ที่เหมาะสมจะขึ้นอยู่กับขนาดและโครงสร้างขององค์กรนั้นๆ และการที่สมาชิกของทีม CT จะต้องประกอบด้วยผู้ปฏิบัติงานและหัวหน้างานผลิตเป็นสิ่งที่มีความสำคัญและจำเป็นอย่างมาก เพราะบุคคลเหล่านี้เป็นผู้ที่เกี่ยวข้องโดยตรงกับงานการผลิตและจะเป็นกำลังสำคัญที่จะทำให้การทำ CT ประสบความสำเร็จ โดยหน้าที่ความรับผิดชอบของทีมงาน CT จะต้องกำหนดเป้าหมายในการทำ CT การกำหนดขอบเขต การจัดทำเอกสาร รวมถึงระบบการบันทึกข้อมูลต่างๆ ขององค์กร การควบคุมติดตามและประเมินผลการดำเนินกิจกรรม CT ให้สามารถดำเนินไปได้อย่างต่อเนื่อง

- **งานที่ 3: การกำหนดนโยบายและเป้าหมายของการทำ CT**

- การกำหนดเป้าหมายของการทำ CT**

การกำหนดเป้าหมายในการทำเทคโนโลยีสะอาด เพื่อเป็นแนวทางในการพัฒนาเทคโนโลยีสะอาดของสถานประกอบการ การกำหนดเป้าหมายนั้น พิจารณาได้จากกฎหมายข้อบังคับ และมาตรฐานสิ่งแวดล้อม ค่ามาตรฐานประสิทธิภาพของเครื่องจักร ข้อมูลการผลิตที่ผ่านมา มาตรฐานการผลิตและผลิตภัณฑ์ของสถานประกอบการ และความต้องการของลูกค้า เป็นต้น เป้าหมายของการทำ CT ควร

แสดงถึงแนวความคิดที่สามารถใช้เป็นแรงกระตุ้นให้เกิดความพยายามในการทำ CT และยังคงเป็นสิ่งที่สามารถเกิดขึ้นได้จริง เพื่อใช้เป็นสิ่งที่รับประกันแก่ผู้ทำว่าจะไม่ล้มเหลวตั้งแต่ยังไม่ได้เริ่มทำ เป้าหมายคร่าวๆ ของการทำ CT จะถูกกำหนดขึ้นโดยสถานประกอบการก่อนที่เริ่มการทำ CT ตัวอย่างของเป้าหมายดังกล่าว เช่น การลดปริมาณการใช้น้ำ การลดปริมาณการใช้สารเคมี การลดปริมาณการใช้พลังงาน การปรับปรุงระบบบำบัดน้ำทิ้ง และการปรับปรุงสภาวะความปลอดภัยในการทำงานและสุขอนามัยของพนักงาน เป็นต้น

จากนั้นเมื่อมีการกำหนดขอบเขตการทำ CT ที่ต้องการแล้ว ก็จะมีการกำหนดเป้าหมายที่แท้จริงของการทำ CT อีกครั้ง โดยอาศัยปัจจัยที่ช่วยในการกำหนดเป้าหมายที่แท้จริงของการทำ CT ได้แก่ มาตรฐานการผลิตที่ใช้ภายในองค์กร กฎระเบียบข้อบังคับทางสิ่งแวดล้อม ความเท่าเทียมทางด้านเทคโนโลยี (Technology bench-marking) และข้อมูลการผลิตในอดีต เป็นต้น

ลักษณะเป้าหมายของการทำ CT

เป้าหมายของการทำ CT ควรเป็นเป้าหมายที่สามารถระบุถึงผลสัมฤทธิ์ได้ในเชิงปริมาณ เพราะจะเป็นประโยชน์อย่างยิ่งต่อการประเมินผลความสำเร็จของการดำเนินกิจกรรม CT โดยทั่วไปแล้วเป้าหมายควรมีลักษณะดังนี้

SMART	
S pecific	ชัดเจนไม่คลุมเครือ
M otivating	สร้างแรงจูงใจ
A chievable	สามารถทำให้สำเร็จได้
R ecordable	ประเมินและวัดค่าได้
T ime	มีกำหนดเวลาเสร็จสิ้นที่ชัดเจน

การวางแผนเพื่อให้บรรลุเป้าหมายที่วางไว้

การกำหนดเป้าหมายควรกำหนดทั้งเป้าหมายระยะสั้นและเป้าหมายระยะยาว และควรวางแผนการทำกิจกรรมต่างๆ กำหนดหน่วยงานที่รับผิดชอบกิจกรรมแต่ละกิจกรรม รวมทั้งกำหนดระยะเวลาหรือวันที่กิจกรรมจะต้องดำเนินเสร็จสิ้น และแผนงานที่วางไว้ควรเป็นแผนงานที่สามารถปรับเปลี่ยนให้เหมาะสมได้เพื่อให้การทำ CT ประสบผลสำเร็จ

- **งานที่ 4: บ่งชี้ปัญหา/อุปสรรค และหาแนวทางแก้ไข**

- การบ่งชี้อุปสรรค**

ทีม CT ต้องพยายามค้นหาปัญหา หรืออุปสรรคใดๆ ที่อาจมีต่อการทำเทคโนโลยีสะอาด ซึ่งอุปสรรคเหล่านั้นอาจทำให้โครงการ CT ไม่ประสบความสำเร็จ หรือทำให้ประสบผลสำเร็จได้ช้า ดังนั้นจึงจำเป็นต้องทราบถึงอุปสรรคต่างๆ และเตรียมหาแนวทางป้องกันไว้ล่วงหน้า อุปสรรคต่างๆ ไปที่พบในการนำ CT มาใช้ในอุตสาหกรรมขนาดกลางและย่อม คือ

- อุปสรรคด้านแนวคิดและทัศนคติ เช่น ความไม่รู้ไม่เข้าใจ หรือเข้าใจผิด และการต่อต้านการเปลี่ยนแปลง
- อุปสรรคจากการขาดแหล่งข้อมูล และระดับความรู้ความเข้าใจของพนักงาน
- อุปสรรคทางด้านการจัดโครงสร้างองค์กรที่ไม่เหมาะสม ทำให้ขาดการประสานงาน ขาดความร่วมมือกัน และขาดการมีส่วนร่วม
- อุปสรรคทางเทคโนโลยี คือ ขาดความรู้ความชำนาญในการใช้ และพัฒนาเครื่องมือ
- อุปสรรคทางเศรษฐกิจ และฐานะการเงิน

- การแก้ไขอุปสรรค**

- สร้างความตระหนักให้แก่พนักงานในเรื่องประโยชน์ของการทำ CT และเน้นย้ำว่า CT เป็นกระบวนการที่ไม่กล่าวโทษ
- ให้คำแนะนำสถานประกอบการถึงกระบวนการวางแผนที่ดีซึ่งรวมถึงการใช้ผู้ตรวจติดตามการทำ CT จากภายนอกหน่วยงานเพื่อให้ได้ผลดีที่สุด
- เก็บบันทึกข้อมูลของการทำ CT จากฐานข้อมูลและศูนย์ข้อมูลที่มีอยู่
- บันทึกข้อมูลที่เกิดจากความสำเร็จในการทำ CT
- ประเมินพลังงาน ของเสียที่เกิดขึ้นในเชิงเศรษฐศาสตร์ ในฐานะที่สิ่งเหล่านี้เป็นทรัพยากรที่มีคุณค่า
- เน้นย้ำว่าการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นจากการทำ CT ไม่มีค่าใช้จ่ายหรือถ้ามีก็น้อยมาก

- ขั้นตอนที่ 2: การตรวจประเมินเบื้องต้น**

หลังจากที่ได้โครงสร้างและกรอบในการทำงานแล้ว คณะทำงานหรือทีม CT ต้องทำการประเมินเบื้องต้นว่ามีบริเวณหรือจุดใดบ้าง ที่เกิดความสูญเสียและสามารถปรับปรุงและดีขึ้นได้ และเลือกบริเวณที่จะทำการประเมินโดยละเอียดต่อไป การประเมินเบื้องต้นอาศัยหลักสามัญสำนึกเป็นส่วนใหญ่ และยังไม่ลงลึกรายละเอียด ผลการประเมินนี้จะใช้เป็นแนวทางกำหนดบริเวณหรือทรัพยากรที่จะศึกษาในการประเมินโดยละเอียดต่อไป

แผนผังขั้นตอนกระบวนการผลิตนั้น จะมีประโยชน์ในการวิเคราะห์ห้มวลและพลังงานที่เข้า – ออก ในแต่ละขั้นตอน เพื่อบ่งชี้พื้นที่หรือบริเวณในการประเมินโอกาสโดยละเอียดต่อไป การทำแผนผังขั้นตอน กระบวนการผลิตนั้น ผู้ทำการประเมินจำเป็นต้องใช้ข้อมูลทั้งที่รวบรวมจากเอกสาร และการเดินสำรวจในพื้นที่จริง

● งานที่ 5: เก็บรวบรวมข้อมูล/จัดทำแผนผังกระบวนการผลิต

การรวบรวมข้อมูลเอกสาร

ผู้ทำการประเมินจำเป็นต้องทราบข้อมูลพื้นฐานทั่วไป และข้อมูลอื่นๆ ที่สถานประกอบการมี รวบรวมไว้เสียก่อน เพื่อทำความเข้าใจถึง ลักษณะการดำเนินการ การผลิตในภาพรวม และสถานภาพ ของข้อมูลที่สถานประกอบการอยู่ โดยการรวบรวมข้อมูลเอกสารที่จำเป็นในขั้นต้น ซึ่งผู้ทำการประเมิน สามารถใช้เป็นแนวทางในการศึกษาข้อมูลของสถานประกอบการนั้นๆ ได้ เมื่อรวบรวมข้อมูลเบื้องต้นได้ แล้ว นำข้อมูลที่ได้มาศึกษาเพื่อประเมินสถานภาพของสถานประกอบการก่อนการทำเทคโนโลยีสะอาด โดยควรพิจารณาข้อมูลดังนี้

- 1) มีแผนผังของสถานประกอบการหรือไม่
- 2) สถานประกอบการมีแผนผังการผลิตหรือไม่
- 3) สถานประกอบการมีการตรวจวัด และบันทึกการใช้ น้ำ พลังงาน ปริมาณของเสีย และ มลพิษในกระบวนการผลิตหรือไม่
- 4) มีแผนที่ที่ตั้งของสถานประกอบการซึ่งแสดง เขตการตั้งถิ่นฐานของชุมชนรอบข้าง และ ลักษณะทางอุทกศาสตร์หรือไม่
- 5) มีสถานประกอบการที่ประกอบกิจการ หรือมีกระบวนการผลิตลักษณะเดียวกันอยู่ใน บริเวณนั้นหรือไม่
- 6) อะไรคือของเสียหรือมลพิษที่เด่นชัดในกระบวนการผลิต
- 7) ของเสียหรือมลพิษเหล่านั้นเกิดขึ้นจากกระบวนการผลิต หรือการดำเนินการใด
- 8) มีวัตถุอันตรายที่สูญเสียปะปนอยู่ในของเสีย หรือมลพิษ
- 9) มีการใช้วัตถุดิบ น้ำ พลังงาน สารเคมีอื่นๆ มากที่สุดในขั้นตอนใด
- 10) สถานประกอบการมีการใช้สารเคมี ซึ่งมีคำแนะนำการใช้ และการขนย้ายเป็นพิเศษ หรือไม่?
- 11) สถานประกอบการมี Material Safety Data Sheets (MSDS) หรือไม่
- 12) สถานประกอบการมีต้นทุนของการกำจัด/บำบัดน้ำเสีย หรือมลพิษหรือไม่
- 13) ของเสียทั้งในรูปของเหลว ของแข็ง และก๊าซ ถูกปล่อยออกสู่ที่ใด (Discharge Point)

ผู้ตรวจประเมินสามารถใช้เป็นแนวทาง ในการศึกษาถึงความพร้อมของข้อมูลของสถานประกอบการ และใช้บันทึกผลการศึกษา ซึ่งจะเป็นประโยชน์ในการเตรียม Checklist ในการเดินสำรวจ เพื่อรวบรวมข้อมูลที่ต้องการทราบเพิ่มเติม และตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูลเอกสารต่อไป

เก็บรวบรวมข้อมูลจากการเดินสำรวจ

การเดินสำรวจมีวัตถุประสงค์เพื่อ ตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูลที่ได้รับ และเก็บข้อมูลเพิ่มเติมในส่วนที่ยังขาดไป นอกจากนั้นยังทำให้ผู้ตรวจประเมินเข้าใจสภาพความเป็นจริงของสถานประกอบการมากยิ่งขึ้น ผู้ตรวจประเมินสามารถใช้ แผนงานที่ 5 และ 6 ในภาคผนวก ก เป็นแนวทางในการเตรียม Checklist ของการสำรวจ และการบันทึกสิ่งที่พบ

เขียนแผนผังกระบวนการผลิต

ให้ผู้ตรวจประเมินนำข้อมูลที่ได้ทั้งจากเอกสาร และการเดินสำรวจมาสรุปเป็นแผนผังกระบวนการผลิต โดยบันทึกแผนผังกระบวนการผลิตอาจถูกเขียนเป็นกล่องโดยเชื่อมต่อกันด้วยลูกศร กล่องแต่ละกล่องแทนกระบวนการผลิตในแต่ละหน่วยการผลิต จากนั้นพิจารณาถึงปัจจัยที่ป้อนเข้าไป (Input) เพื่อให้หน่วยการผลิตนั้นๆ สามารถทำงานได้ ผลผลิตทันทีที่ได้ออกมา (Output) และของเสีย (Wastes)

● งานที่ 6 : ประเมินมวลและพลังงานที่เข้า – ออกโดยรวม

เพื่อตรวจสอบโดยใช้สามัญสำนึก (Common Sense) ว่าปริมาณวัตถุดิบที่เข้าสู่กระบวนการ สมดุลกับปริมาณผลผลิตที่ได้หรือไม่ ในขั้นตอนนี้จะทำการประเมินปริมาณวัตถุดิบต่างๆ ที่นำเข้าสู่ขั้นตอนหนึ่งๆ ตลอดจนปริมาณผลผลิตที่ได้จากขั้นตอนการผลิตนั้นๆ เพื่อใช้เป็นตอนกำหนดทิศทางการทำ CT

● งานที่ 7: กำหนดพื้นที่หรือบริเวณในการประเมินโดยละเอียด

โดยหลักการแล้ว ขั้นตอนในกระบวนการผลิตทุกขั้นตอนสามารถทำ CT ได้ แต่อย่างไรก็ดีในทางปฏิบัติเพื่อให้การทำ CT สมฤทธิ์ผลก็ควรเลือกจุดบางจุดหรือขั้นตอนบางขั้นตอนมาทำ CT โดยเลือกจากพื้นฐานความเหมาะสมด้านการเงินและบุคลากร การเลือกจุดในขั้นตอนการผลิตที่จะทำ CT จะเป็นขั้นตอนที่กำหนดเป้าหมายที่แน่ชัดในการทำ CT จากเป้าหมายที่ได้วางไว้ โดยเป้าหมายที่เฉพาะเจาะจงของการทำ CT จะถูกกำหนดในขั้นตอนนี้ โดยมีเงื่อนไขที่ใช้ในการเลือก ได้แก่ ผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อม (ก่อให้เกิดมลภาวะ/ ของเสียจำนวนมาก) ต้นทุน (ก่อให้เกิดการสูญเสียทางการเงิน) ศักยภาพในการทำ CT (มีศักยภาพอย่างสูงในการทำ CT ให้ประสบผลสำเร็จ) และความร่วมมือของบุคลากร (ได้รับการยอมรับและร่วมมือจากบุคลากรที่เกี่ยวข้อง) เป็นต้น

ขั้นตอนที่ 3: การประเมินโอกาสโดยละเอียด

เมื่อได้พื้นที่หรือบริเวณที่เกิดความสูญเสียสูง และต้องการจะปรับปรุงให้ดีขึ้นแล้ว จึงเริ่มทำการประเมินโดยละเอียดเพื่อจัดทำสมดุลมวลและพลังงาน เข้า ออก เพื่อทำให้ทราบถึงสาเหตุและแหล่งกำเนิดของของเสียหรือมลพิษ การสูญเสียพลังงาน ความเสี่ยง และสภาพแวดล้อมการทำงานที่ไม่ดี จากนั้นจึงทำการรายการและจัดลำดับความสำคัญของทางเลือกเพื่อการปรับปรุงต่อไป

● งานที่ 8: ประเมินและจัดทำสมดุลมวลสารโดยละเอียด

เพื่อให้ได้ภาพรวมของการใช้น้ำ พลังงาน วัตถุดิบและสารเคมีอื่นๆ รวมทั้งจุดสมดุลมวลของการใช้และแนวโน้มการประหยัดสิ่งต่างๆ ดังกล่าว ขั้นตอนนี้เป็นขั้นตอนที่สำคัญในการประเมินถึงปริมาณการใช้วัตถุดิบ พลังงานและน้ำ รวมถึงปริมาณผลผลิตต่างๆ ที่ได้ โดยจะทำให้สามารถระบุได้ว่าการสูญเสียหรือการใช้วัตถุดิบอย่างไม่สมดุลเกิดขึ้นที่ขั้นตอนใดบ้างและเป็นปริมาณเท่าใด ในการทำสมดุลวัสดุนี้ สามารถใช้แผนผังกระบวนการผลิตให้เป็นประโยชน์ได้ การบ่งชี้ถึงการสูญเสียและความไม่สมดุลที่เกิดขึ้นจะช่วยให้สามารถแก้ไขปัญหาได้ที่ต้นเหตุและยังช่วยกำหนดกิจกรรม CT ที่จะทำด้วย นอกจากการสูญเสียและความไม่สมดุลของวัสดุที่ใช้แล้ว การประเมินถึงสุขอนามัยและความปลอดภัยของพนักงานก็ยังเป็นกิจกรรมหนึ่งของขั้นตอนนี้ด้วย

หลักการทำสมดุลวัสดุที่ง่ายที่สุด สามารถทำได้โดยอาศัยหลักการอนุรักษ์มวลสาร (Mass conservation principle)

$$\text{มวลขาเข้า} = \text{มวลขาออก} + \text{มวลที่สะสมในระบบ}$$

(1) สมดุลน้ำ

พิจารณาปริมาณน้ำที่ออกจากระบบทั้งหมด ได้แก่ น้ำเสีย และน้ำที่ใช้ไปในกระบวนการผลิต เช่น โดยปกติแล้วน้ำที่ออกจากกระบวนการผลิตของอุตสาหกรรมยานยนต์ ประกอบด้วย น้ำเสียจากการล้างมือและการล้างพื้น ซึ่งจะเข้าสู่ระบบบำบัด และน้ำทิ้งที่ลงรางระบายน้ำสาธารณะโดยตรงโดยไม่ผ่านระบบบำบัด เช่น น้ำล้างรถ น้ำล้างพื้น เป็นต้น

(2) สมดุลพลังงาน

การทำสมดุลพลังงานไฟฟ้า ทำได้โดยการประมาณจากความต้องการไฟฟ้าของเครื่อง อาจดูได้จากข้อมูลการใช้ไฟฟ้าที่ติดมากับเครื่อง แต่ตัวเลขดังกล่าวจะหมายถึงการใช้ไฟฟ้าสูงสุด สมดุลพลังงาน มีหลักในการพิจารณาเช่นเดียวกับสมดุลมวลสาร ซึ่งมีความแตกต่างกันในส่วนที่พลังงานนั้นจะมีการเปลี่ยนรูปไป เช่น การใช้เครื่องทำความร้อนในการอบสี พลังงานไฟฟ้าที่ใช้จะเปลี่ยนไปอยู่ในรูปความร้อน การสูญเสียพลังงานจึงพิจารณาได้จากการรั่วไหลของความร้อนในการอบ ดังนั้นการจัดทำสมดุลพลังงาน

จึงต้องพิจารณาประสิทธิภาพของเครื่องจักรและอุปกรณ์ที่ใช้พลังงานต่างๆ เพื่อพิจารณาหาจุดที่มีการรั่วไหลหรือจุดที่มีการสูญเสีย

(3) ของเสียและมลพิษ

ปริมาณและส่วนประกอบของ ของเสีย และมลพิษจำเป็นต้องมีการวัดอย่างสม่ำเสมอ ซึ่งต้นทุนของ ของเสีย และมลพิษขึ้นอยู่กับต้นทุนอื่นๆ เช่น ค่ามาตรฐานที่อนุญาตให้ปล่อยได้ตามกฎหมาย บทลงโทษ ในกรณีที่เกินมาตรฐาน การนำกลับมาใช้ใหม่ภายในสถานประกอบการ การทิ้ง และการบำบัด วัตถุประสงค์ และสารเคมี ที่สูญเสียไป พลังงาน ที่สูญเสียไป เป็นต้น โดยช่วงเวลาการเก็บข้อมูลเพื่อทำสมดุลมวลควร เป็นช่วงเวลาที่สามารถเป็นตัวแทนการผลิตจริงได้ และควรพยายามใช้ข้อมูลที่ดีที่ถูกต้องในการทำสมดุล มวล แต่ถ้าไม่สามารถทำได้ ให้ใช้ข้อมูลที่ดีที่สุดที่มีอยู่

● งานที่ 9: วิเคราะห์หาจุดที่เป็นแหล่งกำเนิด/สาเหตุของการสูญเสีย

การวิเคราะห์หาจุดที่เป็นแหล่งกำเนิดและสาเหตุของการสูญเสีย เพื่อระบุที่มาหรือสาเหตุของของเสียและการสูญเสียพลังงาน จากข้อมูลที่ได้จากสมดุลมวลจะทำให้ทราบวัตถุประสงค์ สารเคมี น้ำ และพลังงาน เปลี่ยนไปอยู่ในรูปใดภายหลังกระบวนการผลิต เช่น ผลิตภัณฑ์ ผลพลอยได้อื่นๆ หรือของเสียต่างๆ เป็นต้น การวิเคราะห์หาจุดที่เป็นแหล่งกำเนิดและสาเหตุของการสูญเสีย ดังแสดงในตารางที่ ก.8

ตารางที่ ก.8 สาเหตุของการเกิดของเสียและการสูญเสียพลังงาน

หัวข้อ	รายละเอียด
สาเหตุอันเนื่องมาจากวัตถุดิบ	- การใช้วัตถุดิบราคาถูกที่ไม่มีคุณภาพ - การขาดการกำหนดคุณภาพของวัตถุดิบ - การมีวัตถุดิบไม่เพียงพอ - ระบบการจัดการด้านการจัดซื้อไม่เหมาะสม - การเก็บรักษาที่ไม่เหมาะสม
สาเหตุอันเนื่องมาจากเทคโนโลยี	● <u>การใช้งานและการบำรุงรักษา</u> - การขาดการตรวจวัดปริมาณจากการใช้น้ำ/ อากาศ - การใช้งานเครื่องจักร/ อุปกรณ์ที่มีความเป็นต้องใช้ - การใช้เครื่องจักรต่ำกว่าความจุของเครื่องที่กำหนดไว้ - การขาดการบำรุงรักษาเครื่องจักรเพื่อป้องกันการเสื่อม - การควบคุมสภาวะการผลิตไม่เหมาะสม - การรั่วของท่อ วาล์วและข้อต่อต่างๆ ของเครื่องจักร - การหกของสารจากท่อส่ง - น้ำล้นถัง

ตารางที่ ก.8 สาเหตุของการเกิดของเสียและการสูญเสียพลังงาน (ต่อ)

หัวข้อ	รายละเอียด
สาเหตุอันเนื่องมาจากเทคโนโลยี (ต่อ)	• <u>การออกแบบกระบวนการผลิต/ เครื่องจักร</u> ▪ เครื่องจักรที่ใช้ด้วยกันมีความสามารถในการผลิต (ความจุ) ไม่สอดคล้องกัน ▪ วัตถุดิบที่นำมาผลิตเครื่องจักร/ อุปกรณ์ไม่มีคุณภาพ ▪ เครื่องจักรที่ถูกออกแบบให้ต้องการการบำรุงรักษามาก ▪ การนำขั้นตอนการผลิตที่ควรหลีกเลี่ยงมาใช้ ▪ การขาดข้อมูลหรือความชำนาญในการออกแบบ • <u>แผนผังการตั้งเครื่องจักร</u> ▪ การขยายสถานประกอบการโดยไม่ได้วางแผน ▪ การใช้พื้นที่อย่างไม่มีประสิทธิภาพ ▪ การวางแผนการเคลื่อนย้ายไม่ดี • <u>เทคโนโลยี</u> ▪ การใช้เทคโนโลยีการผลิตที่เหมือนกันทั้งที่มีการเปลี่ยนชนิดผลิตภัณฑ์/ วัตถุดิบที่ใช้ในการผลิต ▪ เทคโนโลยีที่ดีกว่ามีคุณภาพแพง ▪ สถานประกอบการมีขนาดเล็กทำให้มีพื้นที่ในการผลิตน้อย ▪ การขาดข้อมูลที่เป็นประโยชน์
สาเหตุอันเนื่องมาจากการปฏิบัติงาน	• <u>บุคลากร</u> ▪ การขาดบุคลากรที่มีความรู้ความชำนาญเฉพาะด้าน ▪ การยึดถือวิธีปฏิบัติดั้งเดิม ▪ การขาดระบบการฝึกอบรม ▪ การขาดสิ่งอำนวยความสะดวกในการฝึกอบรม ▪ ความไม่มั่นคงของงาน ▪ ความกลัวที่จะทำให้ความลับของบริษัทรั่วไหล ▪ การมีบุคลากรไม่เพียงพอทำให้บุคลากรทำงานภายใต้แรงกดดัน ▪ ความจำเป็นในการพึ่งพาแรงงานประจำหรือแรงงานจากสัญญาว่าจ้าง • <u>พนักงานขาดแรงจูงใจ</u> ▪ การขาดคำชมเชยพนักงานที่ประพฤติปฏิบัติดี ▪ การขาดระบบการให้รางวัลหรือทำโทษพนักงาน ▪ การให้ความสำคัญแต่กับกระบวนการผลิตไม่ให้ความสำคัญกับบุคลากร ▪ การขาดการยอมรับและความสนใจจากผู้บริหารระดับสูง

ตารางที่ ก.8 สาเหตุของการเกิดของเสียและการสูญเสียพลังงาน (ต่อ)

หัวข้อ	รายละเอียด
สาเหตุอันเนื่องมาจากของเสีย	▪ การขาดระบบการแยกของเสีย ▪ การละเลยการนำเอาวัสดุจากกระบวนการผลิตบางชนิดกลับมาใช้ใหม่ ▪ การละเลยการนำเอาพลังงานกลับมาใช้ใหม่ ▪ การจัดการที่ไม่เหมาะสม

● งานที่ 10: ทำรายการทางเลือกทั้งหมด

การกำหนดกลุ่มของทางเลือก CT ที่สามารถทำได้ในสถานประกอบการ เมื่อสามารถระบุถึงสาเหตุหรือที่มาของของเสียที่เกิดขึ้นได้ ก็จะสามารถกำหนดทางเลือก CT ที่ทำได้เช่น ทีมงาน CT จะเริ่มมองหาวิธีที่จะเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตและลดปริมาณของเสียและการสูญเสียพลังงาน ในขั้นตอนนี้จะมีการใช้เทคนิคต่าง ๆ เช่น ระดมความคิดและการอภิปรายกลุ่มในการกำหนดทางเลือก CT ต่าง ๆ ที่เป็นไปได้สำหรับทางสถานประกอบการ การกำหนดทางเลือก CT เหล่านี้จะต้องอาศัยความรู้และความคิดสร้างสรรค์ของสมาชิกในทีมหรือในบางครั้งอาจต้องอาศัยความช่วยเหลือจากแหล่งต่าง ๆ เช่น บุคลากรภายในและภายนอกสถานประกอบการ สมาคมทางการค้าต่าง ๆ ผู้ขายเครื่องจักร/ อุปกรณ์ ผู้เชี่ยวชาญด้านพลังงาน ศูนย์ข้อมูลข่าวสาร บทความทางวิชาการ เป็นต้น

● งานที่ 11: ประเมินโอกาสหรือทางเลือกที่เป็นไปได้

เพื่อเลือกและจัดอันดับทางเลือก CT สำหรับการศึกษาในขั้นต่อไป เมื่อได้กำหนดทางเลือก CT ได้จำนวนหนึ่งแล้ว ขั้นตอนต่อไปคือการเลือกทางเลือกที่เหมาะสม ก่อนที่จะศึกษาความเป็นไปได้ของทางเลือกนั้นๆ การคัดเลือกทางเลือกเบื้องต้นสามารถทำได้โดยการจัดกลุ่มทางเลือก CT ที่มีความเชื่อมโยงหรือสอดคล้องกันโดย

จัดกลุ่มทางเลือก CT ที่อยู่ในหน่วยหรือขั้นตอนการผลิตเดียวกัน

ทางเลือกที่กำหนดขึ้นจากการระดมความคิดนั้นอาจเกี่ยวข้องกับขั้นตอนการผลิตต่าง ๆ กัน ดังนั้นจึงควรจัดกลุ่มทางเลือกที่อยู่ในขั้นตอนการผลิตเดียวกันเพื่อให้การคัดเลือกสามารถทำได้สะดวกและถูกต้องยิ่งขึ้น

ประเมินความขัดแย้งของทางเลือก

การทำทางเลือก CT หนึ่งอาจให้ผลที่ขัดแย้งกับการทำทางเลือก CT อีกทางเลือกหนึ่ง ดังนั้นจึงนับว่ามีความจำเป็นอย่างยิ่งที่จะพิจารณาว่าทางเลือก CT ต่าง ๆ ว่าจะมีความสอดคล้องหรือขัดแย้งกันหรือไม่อย่างไร

ดำเนินการเลือกที่มีความเป็นไปได้

ทางเลือกที่ไม่ต้องลงทุนหรือมีค่าใช้จ่ายน้อยที่สุด จะเป็นทางเลือกที่มีความเป็นไปได้ในการดำเนินการมากที่สุด และไม่ต้องอาศัยการศึกษาความเป็นไปได้มากนัก หรืออาจกล่าวได้ว่าสามารถดำเนินการเลือกดังกล่าวได้เลย

ตัดทางเลือกที่ไม่มีความเป็นไปได้ทิ้ง

ทางเลือกบางรายการอาจมีค่าใช้จ่ายสูงเกินไปหรือไม่สามารถทำได้ในขณะนั้น ซึ่งทางเลือกเหล่านี้ควรจะถูกตัดทิ้งโดยจะไม่ถูกนำมาศึกษาความเป็นไปได้ในการทำ และแผนงานที่ 14 ในภาคผนวก ก สามารถใช้ในการคัดเลือกเบื้องต้นสำหรับทางเลือก CT ที่เหมาะสม

การจัดอันดับความสำคัญ

การจัดอันดับความสำคัญของทางเลือก CT ต่างๆ จะต้องอาศัยความรู้สึกพื้นฐานหรือสามัญสำนึก (Common sense) และความเข้าใจในเรื่องการเงิน เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม เนื้อหาในส่วนต่อไปจะกล่าวถึงการจัดอันดับความสำคัญของทางเลือก

ขั้นตอนที่ 4: การศึกษาความเป็นไปได้

ศึกษาความเป็นไปได้ มีวัตถุประสงค์เพื่อให้ทราบถึงระดับความละเอียดที่ต้องการ ศึกษาในแต่ละทางเลือกและความพร้อมของข้อมูล นอกจากนั้นสำหรับโครงการที่ต้องมีการลงทุนสูง ต้องประเมินความคุ้มค่าในการลงทุน และทำรายการของทางเลือกที่เป็นไปได้

● งานที่ 12: ประเมินความเป็นไปได้เบื้องต้น

เพื่อพิจารณาว่าทางเลือกแต่ละรายการควรได้รับการประเมินในระดับใดและเพื่อทำการรวบรวมข้อมูลที่จำเป็นต้องใช้ในการประเมิน สำหรับทางเลือก CT ที่ได้รับการคัดเลือกทุกรายการควรที่จะได้รับการประเมินความเป็นไปได้ด้านการเงิน เทคนิคและสิ่งแวดล้อม อย่างไรก็ตามที่ได้กล่าวมาแล้วข้างต้นว่าทางเลือกที่ได้รับการพิจารณาแล้วว่ามีความเป็นไปได้มากก็สามารถดำเนินการได้เลยโดยไม่ต้องทำการประเมิน การประเมินเบื้องต้นนี้จะช่วยในการตัดสินใจว่าทางเลือก CT นั้นๆ ต้องการประเมินด้านเทคนิค สิ่งแวดล้อม และการเงินในระดับไหน และก่อนที่ทางเลือก CT ต่างๆ จะได้รับการประเมินในด้านทั้ง 3 ทางเลือกเหล่านี้จะต้องถูกจัดกลุ่มโดยอาศัยกฎเกณฑ์ต่อไปนี้

- ทางเลือกในเชิงวิธีการทำงานหรือเชิงเทคนิค
- ทางเลือกที่ค่อนข้างง่ายหรือซับซ้อน
- ทางเลือกที่ต้องลงทุนน้อยหรือมาก

● งานที่ 13: ประเมินความเป็นไปได้ทางเทคนิค

เพื่อพิจารณาความเป็นไปได้ในการดำเนินทางเลือกในเชิงเทคนิค การประเมินในด้านเทคนิค มักจะทำกับทางเลือก CT ที่ต้องการเงินลงทุนจำนวนมาก การประเมินผลกระทบทั้งในเชิงบวกและลบ การดำเนินการตามทางเลือก CT นั้นๆ ต่อสิ่งต่างๆ เช่นกระบวนการผลิต ผลิตภัณฑ์ อัตราการผลิต และความปลอดภัยนับเป็นสิ่งสำคัญ สามารถใช้ช่วยในการประเมินในด้านเทคนิคได้

หากทางเลือกนั้นๆ ถูกประเมินแล้วว่าจะมีผลกระทบต่อวิธีการปฏิบัติในกระบวนการผลิตแล้ว ก็ควรทำการทดลองต่างๆ ในขั้นตอนการประเมินนี้ แต่เมื่อทำการทดลองแล้วพบว่าสามารถตัดทางเลือกดังกล่าวทิ้งได้

การพิจารณาถึงผลกระทบ ควรพิจารณาผลกระทบที่จะเกิดขึ้นกับพนักงานทุกคนและทุกแผนก การประเมินในด้านเทคนิคนี้จะบอกได้ว่าสถานประกอบการต้องเปลี่ยนบุคลากรบางคนหรือไม่ ต้องการบุคลากรในการผลิตและการบำรุงรักษาเพิ่มขึ้นหรือไม่และต้องการการฝึกอบรมสำหรับพนักงานหรือไม่

● งานที่ 14: ประเมินความเป็นไปได้ทางเศรษฐศาสตร์

เพื่อประเมินความมีประสิทธิภาพของทางเลือก CT ในเชิงเศรษฐศาสตร์ ปัจจัยทางการเงินมักเป็นปัจจัยหลักในการกำหนดว่าทางเลือก CT นั้น ควรดำเนินต่อไปหรือไม่ ซึ่งสามารถใช้ประกอบในการทำการประเมินความเป็นไปได้ทางเศรษฐศาสตร์ การประเมินความเป็นไปได้ทางเศรษฐศาสตร์มักใช้หลักเกณฑ์มาตรฐานเกี่ยวกับผลตอบแทนทั่วไป เช่น ระยะเวลาการคืนทุน (Payback period) มูลค่าสุทธิปัจจุบัน (Net present Value, NPV) อัตราการตอบแทนการลงทุน (Internal rate of return, IRR) เป็นต้น

● งานที่ 15: ประเมินผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม

เพื่อพิจารณาว่าทางเลือก CT นั้นๆ มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมอย่างไร เนื่องจากเป้าหมายหนึ่งของการทำ CT คือ การปรับปรุงคุณภาพสิ่งแวดล้อมของสถานประกอบการ ดังนั้นการประเมินด้านสิ่งแวดล้อมเป็นกิจกรรมที่หลีกเลี่ยงไม่ได้ ข้อมูลที่จำเป็นต้องใช้ในการประเมินผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อมของผลิตภัณฑ์ วัตถุดิบและส่วนประกอบอื่นๆ ที่ใช้ในกระบวนการผลิต ได้แก่ การเปลี่ยนแปลงปริมาณหรือระดับความเป็นพิษของเสียทั้งหมดที่เกิดจากวงจรชีวิตของผลิตภัณฑ์ (ตั้งแต่ผลิตจนถึงทิ้งทำลาย) การเปลี่ยนแปลงปริมาณการใช้พลังงานตลอดวงจรชีวิตของผลิตภัณฑ์ การเปลี่ยนผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อมจากแหล่งหนึ่งไปเป็นอีกแหล่งหนึ่ง การเปลี่ยนแปลงความสามารถในการย่อยสลายของของเสีย ปริมาณที่วัตถุดิบถูกนำกลับมาใช้ใหม่ เป็นต้น โดยในการจัดอันดับความสำคัญของผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อม ควรคำนึงถึงนโยบายด้านสิ่งแวดล้อมของประเทศและความสำคัญที่ทางรัฐบาลให้แก่การอนุรักษ์สิ่งแวดล้อม ซึ่งกฎระเบียบข้อบังคับด้านสิ่งแวดล้อมสำหรับอุตสาหกรรมจะกล่าวถึงในตอนต่อไป

● งานที่ 16: การคัดเลือกทางเลือกและจัดลำดับโอกาส CT

เพื่อจัดทำเอกสารหรือบันทึกผลการศึกษาความเป็นไปได้และเพื่อจัดทำรายชื่อทางเลือก CT ที่พิจารณาให้ดำเนินการ สำหรับการจัดทำเอกสารรายชื่อทางเลือก CT ทั้งที่มีความเป็นไปได้และเป็นไปไม่ได้ที่จะดำเนินการจะมีประโยชน์ในการใช้ยื่นเพื่อขอการรับรองหรือคำอนุมัติและเงินทุนในการดำเนินการ ซึ่งทางเลือกทั้งที่มีความเป็นไปได้และเป็นไปไม่ได้เหล่านี้อาจถูกตัดทิ้งในการทำ CT ครั้งต่อไป

ขั้นตอนที่ 5: การลงมือปฏิบัติ

การลงมือปฏิบัติเพื่อให้ทางเลือกที่ได้เลือกไว้ประสบความสำเร็จ ต้องมีการวางแผน การทำงานโดยละเอียด โดยในแผนงานควรประกอบด้วย เรื่องที่จะทำ บริเวณเป้าหมาย ขั้นตอน การปฏิบัติ กำหนดระยะเวลาเสร็จสิ้น และผู้รับผิดชอบในแต่ละขั้นตอนอย่างชัดเจน

● งานที่ 17: ทำแผนการปฏิบัติสำหรับกิจกรรม CT

เพื่อเตรียมแผนการปฏิบัติงานสำหรับทางเลือก CT เมื่อคัดเลือกทางเลือก CT เรียบร้อยแล้ว ขั้นตอนต่อมาคือการวางแผนการปฏิบัติงานในเรื่องระยะเวลาในการทำงานแหล่งเงินทุนและบุคลากรที่ต้องการ ขั้นตอนต่อไปนี้เป็นขั้นตอนสำคัญในการจัดทำแผนการทำงาน ได้แก่

1. การประเมินการทำ CT
2. การจัดการด้านการเงิน
3. การสร้างความเชื่อมโยง/ความสัมพันธ์ในกรณีที่ทางเลือกนั้นมีความเกี่ยวข้องกับแผนต่างๆ หลายแผน
4. การจัดทำตารางเวลาสำหรับการทำงาน
5. การมอบหมายหน้าที่ความรับผิดชอบแก่ผู้เกี่ยวข้อง
6. การติดตามผลการทำงาน

● งานที่ 18: ดำเนินงานตามแผนกิจกรรม CT

เพื่อดำเนินกิจกรรมเทคโนโลยีสะอาดตามทางเลือกที่ได้รับการคัดเลือก การดำเนินกิจกรรม CT เกี่ยวข้องกับการปรับปรุง/ ดัดแปลงหรือการจัดหาเครื่องจักร/ อุปกรณ์ใหม่ ซึ่งนับว่ามีความคล้ายคลึงกับการลงทุนทำโครงการหนึ่งๆ ดังนั้นสถานประกอบการจึงสามารถใช้วิธีการปฏิบัติงานเดียวกันกับที่ใช้กับโครงการอื่นๆ โดยขั้นตอนการปฏิบัติงาน ได้แก่ การวางแผน การออกแบบ การจัดหา (เครื่องจักร/ อุปกรณ์) และการก่อสร้าง/ติดตั้ง เป็นต้น ซึ่งควรการแจ้งหรือทำให้ผู้ที่มีหน้าที่รับผิดชอบตระหนักถึงงานที่จะต้องทำและจุดประสงค์ในการดำเนินกิจกรรม CT

ขั้นตอนที่ 6: ติดตามประเมินผล

เมื่อการทำงานดำเนินไประยะหนึ่งควรมีการติดตามประเมินผลเพื่อให้แน่ใจว่าการปฏิบัติเป็นไปตามแผนงานที่กำหนดไว้ หรือถ้าหากมีปัญหาประการใด จะได้ทบทวนแก้ไขเพื่อมิให้เป็นอุปสรรคในการทำงานต่อไป การติดตามประเมินผลยังเป็นการทำให้การดำเนินเทคโนโลยีสะอาด (CT) ของบริษัทดำเนินต่อไปอย่างต่อเนื่องและดียิ่งขึ้นอีกด้วย

- **งานที่ 19: การจัดทำระบบการติดตามประเมินผลการปฏิบัติงาน วิเคราะห์ปัญหา/อุปสรรค**

เพื่อเฝ้าระวังและประเมินผลการดำเนินกิจกรรมCTในการเฝ้าระวังและประเมินผล การดำเนินกิจกรรม CT นี้ ควรที่จะเอาผลที่ได้จากการดำเนินการมาเปรียบเทียบกับผลที่คาดหวังไว้ เช่น การเปลี่ยนแปลงในเรื่องของเสีย การเปลี่ยนแปลงในเรื่องปริมาณการใช้ทรัพยากรต่างๆ (รวมทั้งพลังงาน) การเปลี่ยนแปลงในเรื่องผลกำไร การเปรียบเทียบความแตกต่างที่เกิดขึ้น “ก่อนและหลังการทำกิจกรรม CT” และประเมินผลการดำเนินกิจกรรม การเปรียบเทียบดังกล่าวจะแสดงให้เห็นว่าการทำกิจกรรม CT นั้นคุ้มค่าหรือไม่

- **งานที่ 20: การดำเนินการอย่างต่อเนื่อง**

เพื่อให้กิจกรรมเทคโนโลยีสะอาดเป็นกิจกรรมที่ยั่งยืนภายในสถานประกอบการ สถานประกอบการนั้นๆ ควรจะสำรวจเพื่อหาทางปรับปรุงคุณภาพสิ่งแวดล้อมของตนอย่างต่อเนื่อง กล่าวคือเมื่อสิ้นสุดการดำเนินกิจกรรมตามทางเลือก CT หนึ่ง ก็ควรเริ่มทำทางเลือก CT อื่นต่อไป ถ้าต้องการวางรากฐานในการทำ CT และพิสูจน์ให้เห็นถึงความสำเร็จสิ่งที่ทีมงาน CT จะต้องทำคือการไม่หยุดนิ่งเมื่อดำเนินกิจกรรมตามทางเลือก CT ใดๆ เสร็จสิ้นแล้ว การตรวจติดตามการทำ CT ครั้งแรกในสถานประกอบการ นอกจากจะเป็นการประเมินหรือติดตามผลการทำกิจกรรม CT แล้ว ก็ควรจะใช้โอกาสนี้ในการชี้แนะหรือสร้างสมประสบการณ์ให้แก่ทีมงานเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพและความสามารถในการบ่งชี้ปัญหา วางแผนและดำเนินกิจกรรม CT

การทำ CT อย่างยั่งยืนภายในสถานประกอบการ ควรมีการแต่งตั้งผู้ประสานงานการทำ CT การจัดทำแผนการปฏิบัติงาน การประเมินผลและปรับแผนการทำ CT ให้เหมาะสมยิ่งขึ้น และการผนวก CT เข้ากับแผนธุรกิจ ซึ่งจะแสดงให้เห็นภาพรวมของกิจกรรมทั้งหมดของสถานประกอบการ โดยทั่วไปจะประกอบด้วยแผนการตลาด แผนการปฏิบัติงาน แผนการผลิต แผนด้านการเงิน แผนการศึกษาและวิจัย และแผนการบริหาร

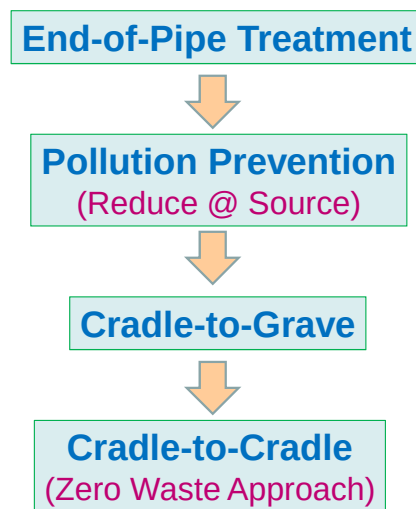
อุตสาหกรรมเหมืองแร่กับเทคโนโลยีสะอาด

อุตสาหกรรมเหมืองแร่และอุตสาหกรรมพื้นฐาน เป็นอุตสาหกรรมต้นน้ำ สำหรับการผลิตพลังงาน และวัตถุดิบ ซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญของการพัฒนาอุตสาหกรรมของประเทศ ตัวอย่างเช่น เหมืองถ่านหิน (Coal Mine) เป็นอุตสาหกรรมต้นน้ำของพลังงานถ่านหินที่ใช้ผลิตไฟฟ้า เหมืองหิน (Quarry) เป็นอุตสาหกรรมต้นน้ำของปูนซีเมนต์ หินก่อสร้าง และแคลเซียมคาร์บอเนต ที่ใช้เป็นสารเติมแต่งในกระดาษ และพลาสติก เหมืองแร่ดินขาว เฟลด์สปาร์ และทรายแก้ว เป็นอุตสาหกรรมต้นน้ำของอุตสาหกรรมแก้ว กระamik และเซรามิกส์ เหมืองแร่โลหะ เป็นอุตสาหกรรมต้นน้ำของอุตสาหกรรมโลหะอื่นๆอีกมากมาย จึงอาจกล่าวได้ว่าอุตสาหกรรมเหมืองแร่และอุตสาหกรรมพื้นฐาน คือ อุตสาหกรรมที่เป็นปัจจัยสำคัญของการดำรงชีวิตของมนุษย์และการพัฒนาเศรษฐกิจของประเทศ ขณะเดียวกันกิจกรรมเหมืองแร่ ซึ่งเกี่ยวข้องกับ การนำทรัพยากรธรณี ขึ้นมาผ่านกระบวนการต่างๆ ก่อนนำไปใช้ประโยชน์ อาจส่งผลกระทบต่อ สิ่งแวดล้อมและสุขภาพของชุมชนที่อาศัยอยู่บริเวณใกล้เคียง ทั้งนี้เนื่องจากทรัพยากรธรณี โดยเฉพาะ สินแร่ (Ore) เป็นมวลสารที่เกิดขึ้นตามธรรมชาติ ย่อมมีองค์ประกอบมลทิน ทั้งที่เป็นพิษ เช่น โลหะหนัก และไม่เป็นพิษ เช่น ฝุ่นละออง ซึ่งแม้ไม่เป็นพิษ แต่ก็ส่งผลกระทบต่อสุขภาพมนุษย์และสัตว์ได้เช่นกัน

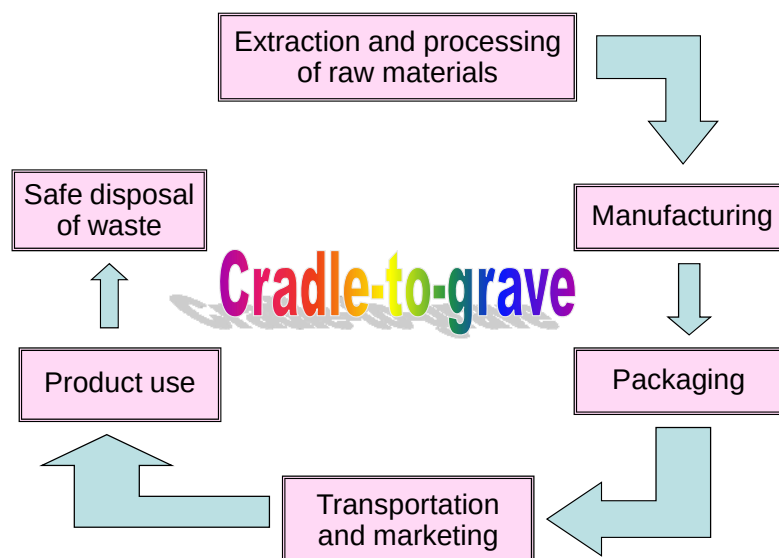
อย่างไรก็ตามอุตสาหกรรมเหมืองแร่และอุตสาหกรรมพื้นฐาน เป็นอุตสาหกรรมที่ขาดไม่ได้ จำเป็นต้องดำเนินต่อไป ดังนั้นเพื่อให้เกิดการพัฒนาที่ยั่งยืน สามารถพัฒนาเศรษฐกิจของประเทศได้ต่อไป โดยที่ส่งผลกระทบต่อมนุษย์และสิ่งแวดล้อมน้อยที่สุด จำเป็นต้องประยุกต์ใช้หลักการของ “เทคโนโลยีสะอาด (Clean Technology)” ซึ่งเน้นการ “ป้องกันการเกิดมลพิษ (Pollution Prevention)” ตั้งแต่ต้นทางจนถึงปลายทาง หรือ “Cradle-to-Grave” ควบคู่กับแนวคิด “การบริโภคทรัพยากรอย่างมีประสิทธิภาพ (Resource Efficiency) ด้วยกลยุทธ์ 3Rs: Reduce, Reuse, Recycling” รวมถึง “การปล่อยของเสียให้น้อยที่สุด (Waste Minimization)” และ/หรือ “การใช้ประโยชน์ของเสีย (Waste Utilization)” ซึ่งจะพัฒนาไปสู่ “การจัดการแบบไร้ของเสีย (Zero Waste Approach)” หรือ “Cradle-to-Cradle” แทน “การกำจัดที่ปลายทาง (End-of-Pipe Treatment)” ดังเช่นที่เคยปฏิบัติมาแต่ดั้งเดิม

การนำหลักการของเทคโนโลยีสะอาด มาประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรมต่างๆ รวมถึงอุตสาหกรรมเหมืองแร่และอุตสาหกรรมพื้นฐาน จะช่วยลดการบริโภคทรัพยากร ลดการทำเหมือง ลดการใช้พลังงาน และ ลดผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อม รวมถึงลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ซึ่งจะนำไปสู่ “การพัฒนาอุตสาหกรรมเหมืองแร่คาร์บอนต่ำ (Low Carbon Growth Mining)” ในที่สุด ดังแสดงสรุปในภาพที่ ก.22-ก.25

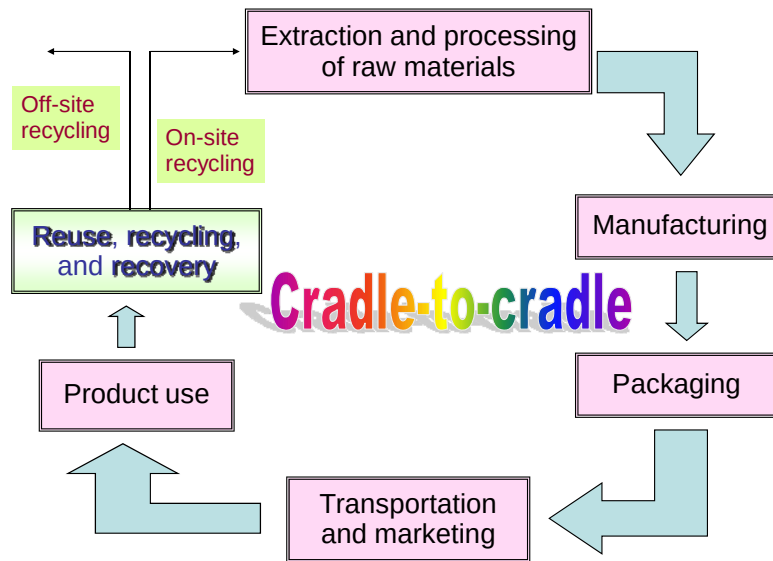
วิวัฒนาการของ Clean Technology?



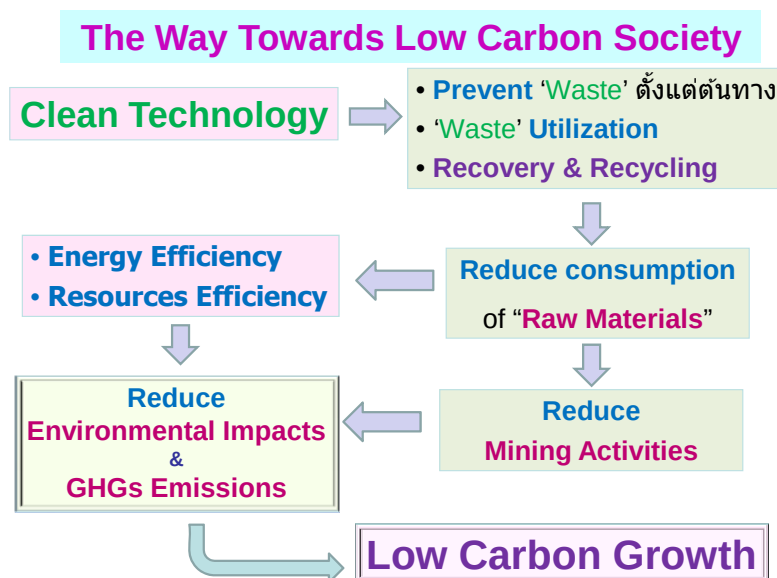
ภาพที่ ก.22 วิวัฒนาการของเทคโนโลยีสะอาด



ภาพที่ ก.23 แนวคิดการจัดการมลพิษตั้งแต่ต้นทางถึงปลายทาง



ภาพที่ ก.24 แนวคิดการจัดการมลพิษแบบไร้ของเสีย



ภาพที่ ก.25 แนวคิดการจัดการเหมืองแร่ด้วยเทคโนโลยีสะอาด

นอกจากนี้การนำของเสียกลับมาใช้ประโยชน์ (Waste Utilization) ยังเป็นอีกแนวทางหนึ่งของการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก หรือ นำไปสู่ “การพัฒนาอุตสาหกรรมเหมืองแร่คาร์บอนต่ำ (Low Carbon Growth Mining)” ตัวอย่างเช่น การนำถ่านล้อย่านหิน ซึ่งเป็นของเสียจากโรงไฟฟ้า มาใช้เป็นส่วนผสมของซีเมนต์ จะลดการใช้หินปูนเป็นวัตถุดิบ ซึ่งนอกจากลดการทำเหมืองหินปูนแล้ว ยังลดการปล่อยก๊าซ CO₂ จากการเผาหินปูนอีกด้วย

การนำของเสียประเภทสารอินทรีย์ (Organic Waste) ที่ยากต่อการจัดการด้วยวิธีอื่น มาใช้เป็นเชื้อเพลิงในอุตสาหกรรมซีเมนต์หรือโรงไฟฟ้า (Waste-to-Energy) โดยเฉพาะของเสียมีพิษหรือมีสารปนเปื้อนอันตราย รวมถึงเศษกระดาษและเศษพลาสติกผสม ที่สกรปรก ไม่คุ้มค่าแก่การแปรรูปใช้ใหม่ และส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม หากเผาในบรรยากาศ ก็เป็นอีกแนวทางหนึ่งที่ช่วยอนุรักษ์ สิ่งแวดล้อม ควบคู่กับการอนุรักษ์พลังงานและทรัพยากรธรรมชาติ กล่าวคือ ลดการใช้พลังงานจากแหล่งทรัพยากรสิ้นเปลือง (Non-renewable Energy Resource) ซึ่งเป็นแนวทางสู่การพัฒนาที่ยั่งยืน

หากผู้ประกอบการอุตสาหกรรมเหมืองแร่และอุตสาหกรรมพื้นฐานทั้งหลาย ให้ความสนใจในการนำเทคโนโลยีสะอาดมาประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรมของตน นอกจากจะแสดงความรับผิดชอบต่อสังคมแล้วยังสามารถลดต้นทุนด้านวัตถุดิบและพลังงาน รวมถึง อาจสร้างรายได้เพิ่มจากการพัฒนาโครงการตามกลไกการพัฒนาที่สะอาด หรือ CDM (Clean Development Mechanism) ภายใต้พิธีสารเกียวโต หากสามารถลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้ปริมาณมากพอ

สำหรับกรณีที่ไม่สามารถลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้ปริมาณมากพอที่จะพัฒนาเป็นโครงการ CDM นั้น การจัดทำ รอยเท้าคาร์บอน (Carbon Footprint) ฉลากคาร์บอน (carbon Label) รวมถึง การทำ Carbon Offset ก็เป็นแนวทางหนึ่งของการแสดงความรับผิดชอบต่อสังคม และเสริมสร้างภาพลักษณ์ที่ดีของอุตสาหกรรมเหมืองแร่และอุตสาหกรรมพื้นฐาน ให้สามารถอยู่คู่สังคมไทยตลอดไป

การพัฒนาเทคโนโลยีการทำเหมืองแร่มีบทบาทสำคัญในอุตสาหกรรมเหมืองแร่เช่นกัน ที่ผ่านมามหาอุตสาหกรรมเหมืองแร่เป็นอุตสาหกรรมที่เพิ่มมีการนำเทคโนโลยีใหม่ ๆ มาใช้โดยเฉพาะเทคโนโลยีสะอาด เนื่องจากมีข้อจำกัดด้านเงินทุนที่สูง ปัจจุบัน กระบวนการผลิตของอุตสาหกรรมเหมืองแร่ได้มีการควบคุม สิ่งแวดล้อมและสุขภาพคนงานรวมถึงความปลอดภัย เพื่อสร้างคุณภาพสิ่งแวดล้อมที่ดีขึ้นในพื้นที่ อุตสาหกรรมเหมืองแร่และลดผลกระทบทางลบต่อสุขภาพของมนุษย์และสิ่งแวดล้อมการลดน้ำและมลพิษทางอากาศและการเสื่อมสภาพที่ดิน

ประเภทของเทคโนโลยีถ่านหินสะอาด

เทคโนโลยีที่สำคัญต่อการลดมลภาวะที่เกิดจากการนำถ่านหินมาใช้ประโยชน์ คือ เทคโนโลยีถ่านหินสะอาดซึ่งเป็นเทคโนโลยีที่พัฒนาขึ้นเพื่อลดปริมาณมลพิษที่เกิดจากการใช้ถ่านหิน โดยมีการจัดการถ่านหินก่อนนำมาใช้และใช้ให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมน้อยที่สุด เทคโนโลยีเหล่านี้มีความสำคัญไม่เพียงต่อสิ่งแวดล้อม แต่ยังช่วยเปลี่ยนทัศนคติที่ไม่ดีต่อการนำถ่านหินมาใช้ประโยชน์ได้อีกด้วย เทคโนโลยีหลักๆ ที่นำมาใช้ ได้แก่ เทคโนโลยีถ่านหินสะอาดก่อนการเผาไหม้ (Pre-combustion) เทคโนโลยีถ่านหินสะอาดขณะเผาไหม้ (Combustion) หรือเมื่อนำมาใช้ประโยชน์ และเทคโนโลยีถ่านหินสะอาดหลังการเผาไหม้ (Post-combustion)

1. เทคโนโลยีถ่านหินสะอาดก่อนการเผาไหม้ (Pre-combustion)

เทคโนโลยีถ่านหินสะอาดก่อนการเผาไหม้ (Pre-combustion) เป็นเทคโนโลยีที่นำถ่านหินมาผ่านกระบวนการเพื่อลดปริมาณเถ้าและกำมะถัน ในขณะที่เดียวกันก็ได้เพิ่มค่าความร้อนของถ่านหินก่อนนำมาเผาไหม้ กระบวนการต่างๆ เหล่านี้ เริ่มตั้งแต่การทำความสะอาดถ่านหินทางกายภาพ การทำความสะอาดสะอาดทางเคมี และการทำความสะอาดทางชีวภาพซึ่งเพิ่งเริ่มต้นได้ไม่นานนี้

- **การทำความสะอาดทางกายภาพ** คือ การแยกสารที่ไม่ต้องการ เช่น ฝุ่นละออง ดิน หิน และสารประกอบอินทรีย์ เช่น กำมะถันอินทรีย์ที่มีเหล็กเป็นส่วนประกอบออกจากเนื้อถ่านหิน เมื่อนำถ่านหินมาบดแล้วล้างผ่านน้ำ สารต่างๆ ที่ไม่ต้องการจะถูกแยกออกมาจากเนื้อถ่านหิน ในปัจจุบันนั้นถ่านร้อยละ 90 ของไฟโรติกส์ซัลเฟอร์ (Pyritic sulfur) ซึ่งมีส่วนประกอบของเหล็กถูกกำจัดออกไป
- **การทำความสะอาดถ่านหินโดยวิธีการทางเคมี** คือ การกำจัดกำมะถันอินทรีย์ซึ่งไม่สามารถกำจัดได้ทางกายภาพโดยอาศัยการทำปฏิกิริยากับผงถ่านหิน ซึ่งไม่สามารถกำจัดได้ด้วยวิธีการทำความสะอาดทางกายภาพ วิธีการเคมีดังกล่าว เช่น Molten Caustic Leaching
- **การทำความสะอาดโดยวิธีทางชีวภาพ** คือ การใช้เทคโนโลยีโดยอาศัยสิ่งมีชีวิต เช่น แบคทีเรีย และเชื้อราบางชนิดที่ใช้กำมะถันเป็นอาหารมากำจัดกำมะถันในถ่านหิน นอกจากนี้ยังสามารถนำถ่านหินคุณภาพต่ำมาทำการปรับปรุงคุณภาพถ่านหินเพื่อให้ได้ถ่านหินที่มีค่าความร้อนสูงขึ้น และมีปริมาณกำมะถันลดลง

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)

- **Pulverized Fuel Combustion (PFC)** คือ วิธีการเผาไหม้ถ่านหินด้วยการบดถ่านหินให้มีขนาดเล็กมาก แล้วพ่นเข้าไปในเตาเผาพร้อมอากาศ เมื่อถ่านหินติดไฟจะให้ความร้อนแก่ม็อดไอน้ำ ซึ่งไอน้ำจะไปหมุนกังหันของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ในปัจจุบันมีการพัฒนาเทคโนโลยีของเตาเผา ทำให้ประสิทธิภาพในการเผาไหม้ถ่านหินเพิ่มขึ้นถึงประมาณร้อยละ 40 สำหรับ ระบบ Advanced Pulverized Coal ผงถ่านหินจะถูกเผาไหม้ในห้องเผาไหม้ของหม้อไอน้ำ และไอน้ำที่ได้นำไปขับกังหันไอน้ำ ประสิทธิภาพการกำเนิดไฟฟ้าขึ้นอยู่กับสภาพของไอน้ำ
- **Fluidized Bed Combustion (FBC)** คือ วิธีการเผาไหม้ถ่านหินด้วยการนำถ่านหินที่บดจนมีขนาดเล็กมากผสมกับหินปูนพ่นเข้าไปในหม้อไอน้ำพร้อมอากาศร้อน ถ่านหินและหินปูนที่พ่นเข้าไปจะแขวนลอยอยู่ในคลิ่นอากาศร้อน โดยมีลักษณะคล้ายของเหลวเดือด ขณะที่ถ่านหินเผาไหม้ หินปูนจะทำหน้าที่คล้ายฟองน้ำดักจับกำมะถันที่เกิดขึ้น ความร้อนที่เกิดจากการเผาไหม้ถ่านหิน

จะนำมาต้มน้ำทำให้เกิดไอน้ำไปหมุนกังหันของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า กระบวนการนี้สามารถลดปริมาณกำมะถันที่จะถูกปล่อยออกมาจากการเผาไหม้ได้มากถึงร้อยละ 90 นอกจากนี้อุณหภูมิของหม้อไอน้ำที่ใช้กระบวนการนี้ยังต่ำกว่าอุณหภูมิที่ใช้ในวิธีการเดิม ประโยชน์ของการเผาไหม้ที่อุณหภูมิต่ำ คือ ลดปริมาณมลพิษที่เกิดจากไนโตรเจนในถ่านหิน สำหรับ Pressured Fluidized Bed Combustion เป็นการเผาไหม้ถ่านหินแบบ Fluidized Bed ภายใต้ความดันสูง ความร้อนที่ผลิตได้นำไปใช้ผลิตไอน้ำเพื่อขับกังหันไอน้ำ ส่วนก๊าซร้อนที่ได้มีแรงดันและอุณหภูมิสูงสามารถนำไปขับกังหันก๊าซเพื่อผลิตไฟฟ้าร่วม การผลิตพลังงานความร้อนร่วมแบบนี้มีประสิทธิภาพสูง และยังมีการพัฒนาระบบการเผาไหม้ถ่านหินแบบ Fluidized Bed ภายใต้ความดันสูง ชนิดฟองอากาศ (Bubbling Type PFBC)

- **Integrated Gasification Combined Cycle (IGCC)** คือ การผสมผสานระหว่างเทคโนโลยีที่เปลี่ยนสถานะถ่านหินให้เป็นก๊าซ (Coal Gasification) กับ โรงไฟฟ้าพลังความร้อนร่วมกังหันก๊าซ (Gas Fired Combined Cycle Plant) เข้าด้วยกัน โดยกระบวนการเริ่มจากการนำถ่านหินไปผสมกับไอน้ำและออกซิเจน โดยใช้แรงดันและอุณหภูมิสูงจนเกิดปฏิกิริยาทางเคมี จะได้ก๊าซที่มีส่วนประกอบของคาร์บอนมอนอกไซด์ และไฮโดรเจน ก๊าซที่นำมาใช้เป็นเชื้อเพลิงนี้ จะผ่านขั้นตอนในการทำให้สะอาด โดยการสกัดฝุ่นละออง กำมะถัน และไนโตรเจนออกไป ก่อนที่จะนำไปเผาไหม้ผ่านเครื่องกังหันก๊าซ เพื่อหมุนเครื่องกำเนิดไฟฟ้า นอกจากนี้ ความร้อนหรือก๊าซเสียที่ออกมาจากเครื่องกังหันก๊าซ จะนำไปใช้ให้ความร้อนแก่หม้อกำเนิดไอน้ำ เพื่อหมุนเครื่องกำเนิดไฟฟ้าได้อีกทอดหนึ่ง
- **Ultra Super Critical (USC)** คือ การใช้หม้อกำเนิดไฟฟ้าแรงดันสูง เพื่อกำจัดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ปัจจุบันเทคโนโลยีดังกล่าวอยู่ระหว่างการพัฒนาประสิทธิภาพการใช้งาน

3. เทคโนโลยีถ่านหินสะอาดหลังการเผาไหม้และป้องกันผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม (Post-combustion)

เทคโนโลยีถ่านหินสะอาดหลังการเผาไหม้ และป้องกันผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม (Post-combustion) เป็นการกำจัดมลพิษที่เกิดจากการเผาไหม้และป้องกันผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม ซึ่งจะเกี่ยวข้องกับกระบวนการที่เกิดขึ้นหลังจากถ่านหินเผาไหม้แล้ว เช่น เทคโนโลยีการดักจับฝุ่นที่เกิดขึ้นหลังจากการเผาไหม้ของเตาปฏิกรณ์ ได้แก่ การใช้หลักการไฟฟ้าสถิตในการดักจับเถ้าลอย หรือใช้ไซโคลน (cyclone) ในการแยกฝุ่นโดยใช้หลักของแรงเหวี่ยง หรืออาจใช้อุปกรณ์ดักจับฝุ่นแบบถุงกรอง (bag filter) เทคโนโลยีการกำจัดก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ เทคโนโลยีการลดปริมาณก๊าซไนโตรเจนออกไซด์ในก๊าซทิ้ง รายละเอียดเทคโนโลยีดังกล่าว มีดังนี้

- **Electrostatic Precipitator (ESP)** คือ การดักจับฝุ่นด้วยการใช้ไฟฟ้าสถิตดักจับเถ้าลอย โดยให้ฝุ่นละอองมีประจุไฟฟ้าขั้วหนึ่งและถึงเก็บฝุ่นละอองมีประจุไฟฟ้าอีกขั้วหนึ่ง ระบบนี้มี

ประสิทธิภาพสูงในการดักจับฝุ่น 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

- **Flue Gas Desulfurization (FGD)** คือ ขบวนการกำจัดก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ที่ออกมาพร้อมกับก๊าซทิ้ง เทคโนโลยีดังกล่าวมี 2 แบบหลักๆ คือ แบบเปียก (Wet Type) และแบบแห้ง (Dry Type) เทคโนโลยีแบบเปียกจะเป็นที่นิยมมาก ส่วนใหญ่ที่ใช้เป็นแบบ Limestone-gypsum คือ ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในก๊าซทิ้งจะทำปฏิกิริยากับของผสมระหว่างน้ำกับหินปูนที่ฉีดเข้าไปในระบบก๊าซทิ้ง เกิดเป็นยิบซัม ซึ่งเป็นสารประกอบที่สามารถนำมาใช้ประโยชน์อื่นได้
- **Flue Gas Denitrifier** คือ ขบวนการกำจัดก๊าซไนโตรเจนออกไซด์ในก๊าซทิ้ง มีเทคโนโลยีหลักๆ คือ Selective Catalytic Reduction (SCR), Two Stage Combustion และ Low Nox Burner แต่อย่างไรก็ตาม เทคโนโลยี SCR นิยมใช้กันแพร่หลายเนื่องจากมีประสิทธิภาพสูง ขบวนการคือ ใช้แอมโมเนียทำปฏิกิริยากับก๊าซไนโตรเจนออกไซด์ เกิดเป็นไนโตรเจนและน้ำ

เทคโนโลยีแปรสภาพถ่านหินสะอาด

นอกจากการทำเหมืองถ่านหินที่ทำกันมาเป็นระยะเวลานานตั้งแต่ในอดีต การวิจัยและพัฒนาเพื่อลดมลภาวะที่เกิดขึ้นจากการนำถ่านหินมาใช้ประโยชน์ โดยสามารถลดมลภาวะและเพิ่มความสะอาดต่อการขนส่ง เทคโนโลยีการแปรสภาพถ่านหิน ได้แก่ การแปรสภาพถ่านหินเป็นก๊าซ (Coal Gasification Technology) การแปรสภาพถ่านหินเป็นของเหลว (Coal Liquefaction Technology) ซึ่งมีคุณสมบัติใกล้เคียงกับน้ำมันดิบ การสังเคราะห์เชื้อเพลิงสะอาดจากก๊าซมีเทน (Dimethyl Ether) นอกจากนี้ยังมีเทคโนโลยีอื่นๆ เช่น การทำถ่านหินผสมน้ำ (Coal Liquid Mixture) เป็นต้น

- **การแปรสภาพถ่านหินเป็นก๊าซ (Coal Gasification Technology)** คือ กระบวนการออกซิเดชันถ่านหินเพียงบางส่วน โดยถ่านหินจะทำปฏิกิริยากับก๊าซออกซิเจนหรืออากาศและไอน้ำ ภายใต้อุณหภูมิและความดันสูง ให้ก๊าซเชื้อเพลิง (Fuel Gas) ซึ่งประกอบด้วยไฮโดรเจนและคาร์บอนไดออกไซด์เป็นส่วนใหญ่ จากนั้นนำมาทำให้สะอาด โดยแยกสารประกอบที่ไม่ต้องการก่อนนำก๊าซไปใช้ในโรงไฟฟ้าแบบกังหันก๊าซร่วมกับกังหันไอน้ำ ซึ่งเรียกว่า โรงไฟฟ้า Integrated Gasification Combined Cycle (IGCC) และการผลิตไฟฟ้าพลังงานความร้อนร่วมโดยกระบวนการผลิตก๊าซจากถ่านหินและเซลล์เชื้อเพลิง (Integrated coal gasification fuel cell combined cycle Power Generation, IGFC) เป็นระบบการผลิตไฟฟ้าประสิทธิภาพสูงที่รวมกังหันก๊าซและไอน้ำ ประสิทธิภาพความร้อนสูงถึงร้อยละ 55 นอกจากนี้ ก๊าซที่ได้ยังสามารถนำมาใช้เป็นเชื้อเพลิง หรือเป็นสารตั้งต้นในการสังเคราะห์แอมโมเนีย เมทานอล หรือก๊าซ

ไฮโดรเจน เตาปฏิกรณ์ที่ใช้ในการผลิตก๊าซเชื้อเพลิงแบ่งออกได้เป็น 3 ประเภทใหญ่ๆ คือ Entrained Flow, Fluidised Bed และ Moving Bed การเลือกใช้จึงขึ้นอยู่กับคุณลักษณะของถ่านหิน และขนาดของโรงงาน นอกจากขบวนการผลิตก๊าซเชื้อเพลิงในโรงงานแล้ว ยังสามารถผลิตก๊าซเชื้อเพลิงจากถ่านหินที่อยู่ใต้ดินซึ่งไม่คุ้มค่าต่อการขุดขึ้นมา กระบวนการนี้เรียกว่า Underground Gasification ซึ่งทำโดยการอัดไอน้ำและออกซิเจนเข้าไปในชั้นถ่านหินผ่านหลุมเจาะจากพื้นผิวดิน เมื่อชั้นถ่านหินบางส่วนติดไฟ ความร้อนที่เกิดขึ้นจากการเผาไหม้จะทำให้ถ่านหินที่เหลือผลิตก๊าซเชื้อเพลิงก๊าซที่เกิดขึ้นจะผ่านขึ้นมาตามท่อ และนำไปแยกมลพิษออกก่อนที่จะนำไปใช้

- **การแปรสภาพถ่านหินเป็นของเหลว (Coal Liquefaction Technology)** คือ การแปรรูปถ่านหิน ให้อยู่ในรูปเชื้อเพลิงเหลว (Liquid Fuel) โดยทั่วไปการผลิตเชื้อเพลิงเหลวจากถ่านหิน ทำได้โดยการแยกคาร์บอนออก หรือการเติมไฮโดรเจนเข้าไป กรณีแรกเรียกว่า Carbonisation หรือ Pyrolysis สำหรับการเติมไฮโดรเจน เรียกว่า Liquefaction เชื้อเพลิงเหลวที่ได้จากถ่านหินสามารถนำมากลั่นในขบวนการกลั่นน้ำมัน จะได้น้ำมันสำหรับรถยนต์ และผลิตภัณฑ์อื่นๆ เช่น พลาสติก และสารละลายต่างๆ (Solvent) กระบวนการผลิตเชื้อเพลิงเหลวสามารถแบ่งได้เป็น 2 วิธี คือ การผลิตเชื้อเพลิงเหลวโดยตรง (Direct Liquefaction) เป็นการแปรรูปถ่านหินเป็นเชื้อเพลิงเหลว โดยใช้กระบวนการเดียว (Single Process) และการผลิตเชื้อเพลิงเหลวโดยทางอ้อม (Indirect Liquefaction) เป็นการนำถ่านหินมาผ่านกระบวนการผลิตก๊าซเชื้อเพลิงก่อน จึงนำมาแปรรูปเป็นของเหลว
- **การสังเคราะห์เชื้อเพลิงสะอาดจากก๊าซมีเทน (Dimethyl Ether (DME))** คือ เทคโนโลยีสังเคราะห์เชื้อเพลิงสะอาด โดยนำก๊าซมีเทนที่ได้มาจากเหมืองถ่านหิน มาผ่านกระบวนการสังเคราะห์ให้ได้ผลิตภัณฑ์ใหม่ คือ DME ซึ่งมีคุณสมบัติเปรียบเสมือนกับ LPG (Liquefied Petroleum Gas) คาร์บอนไดออกไซด์ และเมทานอล

นอกจากนี้ได้มีการศึกษาพบว่า การแปรสภาพถ่านหินให้เป็นก๊าซโดยกระบวนการ Gasification ทำให้สามารถนำก๊าซที่ได้ไปกำจัดกำมะถันออกก่อนที่จะเอาไปเผาไหม้ได้ ซึ่งเทคโนโลยีแบบนี้มีข้อดีอยู่หลายอย่าง ไม่ว่าจะเป็น ค่าใช้จ่ายในการกำจัดกำมะถันที่ต่ำลง ปริมาณของเสียจากการกำจัดก็น้อย และที่สำคัญคือ มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมน้อยลง นอกจากนี้ยังมีการศึกษาการแปรสภาพถ่านหินให้อยู่ในรูปของของเหลว Liquefaction ซึ่งมีคุณสมบัติใกล้เคียงกับน้ำมันดิบอีกด้วย

ในประเทศไทยของเรา ก็มีการใช้เทคโนโลยีถ่านหินเหมือนกัน เช่น โรงไฟฟ้าแม่เมาะ จังหวัดลำปาง ที่ใช้เชื้อเพลิงจากถ่านหินลิกไนต์ ใช้เทคโนโลยีประเภทหลังการเผาไหม้แบบ Electrostatic Precipitator (ESP) และ Flue Gas Desulfurization (FGD) หรือที่โครงการโรงไฟฟ้ากระบี่ ก็ใช้เทคโนโลยีประเภทหลังการเผาไหม้แบบ FGD เหมือนกัน การที่จะเลือกใช้เทคโนโลยีประเภทใดนั้น ต้องคำนึงถึงผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมเป็นอันดับแรกก่อนเสมอ เราต้องหาความเหมาะสมระหว่างเทคโนโลยีกับ

คุณสมบัติของถ่านหินก่อน บางเทคโนโลยีใช้ได้กับถ่านหินคุณภาพต่ำและปานกลาง บางเทคโนโลยีใช้ได้กับถ่านหินคุณภาพสูงเท่านั้น เป็นต้น

ตัวอย่างเทคโนโลยีสะอาดจากการทำเหมืองแร่ในประเทศสหรัฐอเมริกา โดยการผลิตทองแดงจะใช้วิธี เช่น Solvent-extraction/electro-winning (SXEW) ซึ่งเป็นกรรมวิธีทางไฮโดรที่แตกต่างจากวิธีการดั้งเดิมของการผลิตทองแดง โดยการสีทองแดง หลอมและการกลั่น การพัฒนากระบวนการ SXEW ช่วยลดต้นทุนการผลิต ลดของเสียจากการทิ้งแร่ดิบของแร่ทองแดงที่ขุดจากเหมืองทองแดง ดังนั้นการพัฒนาเทคโนโลยีการทำเหมืองแร่จะเป็นประโยชน์ต่อผู้ผลิตและผู้บริโภค รวมทั้งเป็นประโยชน์ต่อการพัฒนาเศรษฐกิจของประเทศให้เกิดความยั่งยืน

1.6 พิธีสารเกียวโต และ กลไกการพัฒนาที่สะอาด

(Clean Development Mechanism: CDM)

การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (Climate Change) ได้เป็นประเด็นสำคัญที่ถูกหยิบยกขึ้นมาในการเจรจาระดับประเทศในกลางปี 1980 เนื่องจากมีเอกสารหลักฐานทางวิทยาศาสตร์มากมายที่บ่งชี้ว่ากิจกรรมต่าง ๆ ของมนุษย์นั้นเป็นสาเหตุหลักที่ก่อให้เกิดภาวะโลกร้อนซึ่งส่งผลให้มีข้อกังวลกับสภาวะแวดล้อมและระบบนิเวศในอนาคตของมนุษยชาติ องค์กรสิ่งแวดล้อมโลก (United Nations Environment Programme, UNEP) และองค์การอุตุนิยมวิทยาโลก (World Meteorological Organization, WMO) ในขณะนั้น จึงได้ร่วมกันจัดตั้งคณะกรรมการระหว่างรัฐบาลว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC) ขึ้นซึ่งประกอบไปด้วยนักวิทยาศาสตร์ชั้นนำและผู้เชี่ยวชาญด้านภูมิอากาศของโลก เพื่อทำหน้าที่เป็นผู้กำหนดนโยบายต่าง ๆ เกี่ยวกับการควบคุมสภาวะภูมิอากาศของโลกขึ้นมา โดยอยู่บนพื้นฐานของข้อมูลอ้างอิงทางวิทยาศาสตร์ที่ยอมรับในปี 1988

IPCC ได้เผยแพร่รายงานการศึกษาฉบับแรกในปี 1990 โดยมีใจความสรุปได้ว่าการเพิ่มขึ้นของก๊าซเรือนกระจกที่ถูกผลิตจากกิจกรรมต่าง ๆ ของมนุษย์นั้น ได้ถูกสะสมในชั้นบรรยากาศของโลก และเป็นสาเหตุสำคัญที่ทำให้เกิดสภาวะก๊าซเรือนกระจก ซึ่งเป็นที่มาของอุณหภูมิบนผิวโลกที่เพิ่มสูงขึ้น ในรายงานยังได้ระบุว่าหากไม่มีมาตรการควบคุมการปล่อยก๊าซเรือนกระจกให้อยู่ในระดับที่จำกัดแล้ว สภาวะการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศของโลก จะเป็นปัญหาสำคัญต่อการดำรงอยู่ของมนุษย์ต่อไปในอนาคต และจากผลของรายงานที่นำเสนอโดย IPCC ฉบับดังกล่าว สมัชชาสหประชาชาติ (The United Nations General Assembly) จึงได้จัดตั้งกรอบการเจรจาอย่างเป็นทางการเพื่อวางกรอบการควบคุมสภาวะการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ซึ่งในการประชุมสามัญของสหประชาชาติครั้งที่ 45 เมื่อวันที่ 11 ธันวาคม 1990 ได้มีการยกย่องจัดตั้ง Intergovernmental Negotiating Committee for a Framework Convention on Climate Change (INC/FCCC) ขึ้นเพื่อประสานความร่วมมือระหว่างรัฐบาลในการแก้ปัญหาการ

เปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ โดย INC ได้จัดการประชุมขึ้น 5 ครั้งระหว่างเดือนกุมภาพันธ์ 1991 ถึง พฤษภาคม 1992 และมีตัวแทนจากประเทศต่างๆ เข้าร่วมมากกว่า 150 ประเทศ ประเด็นที่มีการถกกัน ได้แก่ การกำหนดพันธกรณี เป้าหมายปริมาณและระยะเวลาในการลดก๊าซเรือนกระจก กลไกทางการเงิน การถ่ายโอนเทคโนโลยี และความรับผิดชอบร่วมกันในระดับที่แตกต่างกัน อย่างไรก็ตาม เป้าหมายของ INC นั้นต้องการข้อตกลงที่ได้รับการยอมรับจากทุกฝ่าย จึงไม่มีการตกลงถึงนโยบายใดนโยบายหนึ่งโดยเฉพาะ และได้ยกร่างอนุสัญญาสหประชาชาติว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ United Nations Framework Convention on Climate Change, UNFCCC) ขึ้นในเดือนพฤษภาคม 1992 และมีผลบังคับใช้ในวันที่ 21 มีนาคม 1997 ภายหลังจากมีประเทศให้สัตยาบันมากกว่า 50 ประเทศ ตามเงื่อนไขของ อนุสัญญาฯ

โดยจุดมุ่งหมายที่สำคัญของ UNFCCC คือการรักษาและควบคุมสถานะของก๊าซเรือนกระจกในชั้นบรรยากาศให้อยู่ในระดับที่ปลอดภัยซึ่งต้องเกิดจากการร่วมมือกันของทุกๆ ประเทศ ภายใต้ความร่วมมือดังกล่าว UNFCCC ได้กำหนดให้ประเทศต่างๆ ในโลก แบ่งออกเป็นสองกลุ่มใหญ่ๆ ได้แก่

1. กลุ่ม Annex I Parties: ได้แก่ กลุ่มประเทศอุตสาหกรรมต่างๆ ที่ได้ทำการปล่อยก๊าซเรือนกระจกอย่างมหาศาลมาก่อนหน้านี้ ซึ่งเป็นสาเหตุสำคัญที่ก่อให้เกิดสภาวะการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศที่ผิดปกติในปัจจุบัน และ
2. กลุ่ม Non-Annex I Parties: ได้แก่กลุ่มประเทศที่ไม่ได้จัดอยู่ใน Annex I ซึ่งโดยส่วนใหญ่เป็นประเทศที่กำลังพัฒนา

โดย UNFCCC ได้กำหนดให้กลุ่มประเทศ Annex I Parties จะต้องเป็นผู้นำในการแก้ไขปัญหา และลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกไปสู่ระดับปีฐาน คือปี 1990

พิธีสารเกียวโต

พิธีสารเกียวโต หรือที่มีชื่อเต็มอย่างเป็นทางการว่า Kyoto Protocol to the United Nations Framework Convention on Climate Change เป็นมาตรการทางกฎหมาย ที่ใช้ในการดำเนินการ เพื่อบรรลุเป้าหมายในการรับมือกับภาวะโลกร้อน โดยมีจุดเริ่มต้นมาจากการลงนามใน UNFCCC ของประเทศต่างๆ ในปี ค.ศ. 1992 เพื่อรักษาระดับของก๊าซเรือนกระจกในชั้นบรรยากาศให้อยู่ในระดับที่ปลอดภัย ซึ่งอาศัยหลักการ “ความรับผิดชอบร่วมกันในระดับที่แตกต่างกัน” (“common but differentiated responsibilities”) โดยประเทศกลุ่ม Annex I Parties ต้องทำการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกก่อน แต่เนื่องจากไม่มีเป้าหมายการลดที่ชัดเจนและไม่มีผลบังคับใช้ทางกฎหมาย จึงได้มีการจัดทำพิธีสารเกียวโต (Kyoto Protocol) ขึ้น เพื่อเป็นกลไกที่ช่วยสนับสนุนและผลักดันการลดก๊าซเรือนกระจกให้บรรลุตามวัตถุประสงค์อย่างเป็นรูปธรรม

วัตถุประสงค์ของพิธีสาร (Kyoto Protocol)

พิธีสารเกียวโต มีหลักการสำคัญ 5 ประการ ดังนี้

1. พันธกรณี (Commitments) หัวใจของพิธีสารเกียวโตอยู่ที่การกำหนดพันธกรณีในการลดก๊าซเรือนกระจกที่เป็นข้อผูกมัดทางกฎหมายสำหรับประเทศในกลุ่มภาคผนวกที่ 1 และมีพันธกรณีทั่วไปร่วมกันระหว่างประเทศภาคีสมาชิกทั้งหมด ระดับพันธกรณีในการลดก๊าซเรือนกระจก จะต้องลดให้อยู่ในระดับต่ำกว่าปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในปี ค.ศ 1990. ร้อยละ 5 เป็นอย่างน้อย โดยแต่ละประเทศมีส่วนร่วมในการลดก๊าซเรือนกระจกที่แตกต่างกัน
2. การดำเนินการ (Implementation) เพื่อให้บรรลุถึงเป้าหมายของพิธีสาร ประเทศในกลุ่มภาคผนวกที่ 1 จะต้องจัดทำนโยบายและมาตรการในการลดก๊าซเรือนกระจกภายในประเทศ ซึ่งรวมถึงการเพิ่มการดูดซับก๊าซเรือนกระจก และเสริมด้วยกลไกอื่นๆ ได้แก่ Joint Implementation, Clean Development Mechanism และ Emissions Trading เพื่อให้ได้มาซึ่งเครดิตที่มีต้นทุนน้อยกว่าการลดก๊าซเรือนกระจกภายในประเทศ
3. การลดผลกระทบในประเทศกำลังพัฒนา (Minimizing impacts on Developing Countries) ได้มีการจัดตั้งกองทุนเพื่อการปรับตัวรองรับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (Adaptation Fund)
4. การจัดทำบัญชี การรายงานผล และการตรวจสอบ (Accounting, Reporting and Review) เพื่อให้การดำเนินการตามพิธีสารเกียวโต เป็นไปอย่างรัดกุม จึงได้มีการจัดทำกระบวนการติดตามตรวจสอบต่างๆ ขึ้น
5. การปฏิบัติตามบทบัญญัติแห่งพิธีสาร (Compliance) ได้มีการจัดตั้งคณะกรรมการติดตามการปฏิบัติตามบทบัญญัติแห่งพิธีสาร (Compliance Committee) ขึ้น เพื่อจัดการกับการไม่ปฏิบัติตามบทบัญญัติแห่งพิธีสาร

พันธกรณีของพิธีสารเกียวโต

การกำหนดพันธกรณีที่มีข้อผูกพันทางกฎหมายเป็นหัวใจสำคัญของพิธีสารเกียวโต พิธีสารเกียวโตได้กำหนดให้ประเทศในกลุ่มภาคผนวกที่ 1 ต้องลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก 6 ชนิด ได้แก่ คาร์บอนไดออกไซด์ (CO₂) มีเทน (CH₄) ไนตรัสออกไซด์ (N₂O) ไฮโดรฟลูออโรคาร์บอน (HFCs) เพอร์ฟลูออโรคาร์บอน (PCFs) และซัลเฟอร์เฮกซะฟลูออไรด์ (SF₆)

ก๊าซเรือนกระจกทั้ง 6 ชนิด มีประสิทธิภาพในการแผ่รังสีความร้อน (Radiative efficiency) ที่แตกต่างกัน ดังนั้น ในการคำนวณปริมาณก๊าซเรือนกระจก กำหนดให้คำนวณเป็นปริมาณเทียบเท่าก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ โดยใช้ศักยภาพในการทำให้เกิดภาวะโลกร้อน (Global Warming Potential: GWP) ของก๊าซแต่ละชนิดเป็นตัวคูณ

กลไกของพิธีสารเกียวโต

การดำเนินการเพื่อให้บรรลุถึงจุดมุ่งหมายของพิธีสารเกียวโตในการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกนั้น พิธีสารเกียวโตเน้นการดำเนินการในประเทศที่มีพันธกรณีเองเป็นหลัก อย่างไรก็ตาม พิธีสารเกียวโตได้นิยามกลไกยืดหยุ่น (Flexibility mechanisms) ไว้อีก 3 กลไก เพื่อลดภาระค่าใช้จ่ายในการลดก๊าซเรือนกระจกของประเทศในภาคผนวกที่ 1 (Annex I Countries) ได้แก่

1. **กลไกการซื้อขายก๊าซเรือนกระจก (Emission Trading: ET)** เป็นการซื้อขายใบอนุญาตในการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่ประเทศในกลุ่มภาคผนวกที่ 1 ได้รับ โดยใบอนุญาตนี้เรียกว่า Assigned Amount Unit (AAU) การซื้อขายก๊าซเรือนกระจกนี้ จำกัดอยู่เฉพาะประเทศในกลุ่มภาคผนวกที่ 1 เท่านั้น
2. **กลไกการดำเนินการร่วม (Joint Implementation: JI)** เป็นการดำเนินการร่วมกันระหว่างประเทศในกลุ่มภาคผนวกที่ 1 ด้วยกันเองเพื่อลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเพิ่มเติมจากมาตรการที่จะเกิดขึ้นอยู่แล้วในสภาวะธุรกิจปกติ เนื่องจากประเทศดังกล่าวคาดว่าจะมีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกน้อยกว่าปริมาณที่กำหนดตามพันธกรณี เช่น ประเทศที่อยู่ระหว่างการเปลี่ยนแปลงระบบเศรษฐกิจสู่ระบบเสรีหลายประเทศ ซึ่งไม่มีความจำเป็นในการดำเนินมาตรการลดก๊าซเรือนกระจกเพื่อบรรลุถึงเป้าหมายตามพันธกรณี โดยผู้ดำเนินโครงการจะได้รับ Emission Reduction Unit (ERU) สำหรับก๊าซเรือนกระจกที่สามารถลดได้และผ่านการตรวจวัดแล้ว
3. **กลไกการพัฒนาที่สะอาด (Clean Development Mechanism: CDM)** เป็นการดำเนินการร่วมกันระหว่างประเทศในกลุ่มภาคผนวกที่ 1 และประเทศนอกภาคผนวกที่ 1 เพื่อลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเพิ่มเติมจากมาตรการที่จะเกิดขึ้นอยู่แล้วในสภาวะธุรกิจปกติ โดยผู้ดำเนินโครงการจะได้รับ Certified Emission Reduction (CER) สำหรับก๊าซเรือนกระจกที่สามารถลดได้และผ่านการตรวจวัดแล้ว

ประเทศไทยให้สัตยาบันต่อพิธีสารเกียวโตแล้ว แต่ประเทศไทยไม่ได้อยู่ในกลุ่มภาคผนวกที่ 1 จึงไม่มีพันธกรณีในการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกแต่อย่างใด อย่างไรก็ตาม ประเทศไทยสามารถร่วมในการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้จากการดำเนินโครงการภายใต้กลไกการพัฒนาที่สะอาด (CDM) ตามที่นิยามไว้ในมาตรา 12 ของพิธีสารเกียวโต

กลไกการพัฒนาที่สะอาด (Clean Development Mechanism: CDM)

กลไกการพัฒนาที่สะอาด (Clean Development Mechanism: CDM) เป็นกลไกที่กำหนดขึ้นภายใต้พิธีสารเกียวโต เพื่อช่วยให้ประเทศอุตสาหกรรมที่มีพันธกรณีในการลดก๊าซเรือนกระจกสามารถบรรลุพันธกรณีได้ และเพื่อส่งเสริมการพัฒนาที่ยั่งยืนของประเทศกำลังพัฒนา

แนวความคิดของกลไกการพัฒนาที่สะอาดคือ โครงการที่เกิดขึ้นในประเทศกำลังพัฒนาและสามารถลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้ ผู้ดำเนินโครงการจะได้รับ Certified Emission Reduction (CERs) จากหน่วยงานที่เรียกว่า CDM Executive Board (CDM EB) และ CERs ที่ผู้ดำเนินโครงการได้รับนี้ สามารถนำไปขายให้กับประเทศในกลุ่ม Annex I ที่สามารถใช้ CERs ในการบรรลุถึงพันธกรณีตามพิธีสารเกียวโตได้ ทุกประเทศทั้ง กลุ่มประเทศ Annex I และ non-Annex I ที่จะร่วมเข้าสู่กลไกการพัฒนาที่สะอาด (CDM) ได้นั้น จำเป็นต้องอยู่ภายใต้เงื่อนไขหลัก 3 ข้อ ดังต่อไปนี้

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

โครงการที่เข้าข่ายในกลไกการพัฒนาที่สะอาด

การเข้าร่วมในกลไกการพัฒนาที่สะอาดนั้น ทุกโครงการจำเป็นต้องผ่านเกณฑ์ต่างๆ ที่กำหนดโดยพิธีสารเกียวโต แต่ทั้งนี้คุณสมบัติที่สำคัญ 2 ประการของโครงการที่จะเป็น CDM ได้คือ โครงการต้องมีลักษณะเป็นการดำเนินการเพิ่มเติมจากการดำเนินการแบบปกติ (Additionality) โดยอาจเป็นการดำเนินการเพิ่มเติมในด้านสิ่งแวดล้อม ด้านการเงิน หรือด้านเทคโนโลยี และโครงการนั้นๆ ต้องก่อให้เกิดการพัฒนาที่ยั่งยืน (Sustainable Development)

- การดำเนินการเพิ่มเติมจากการดำเนินการแบบปกติ (Additionality)

โครงการ CDM จะต้องก่อให้เกิดประโยชน์ที่แท้จริง ตรวจสอบได้ และเป็นประโยชน์ในระยะยาวที่จะชะลอหรือหยุดยั้งการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศของโลก และจะต้องเป็นปริมาณที่ลดได้เพิ่มเติม (Additionality) จากปริมาณการปล่อยก๊าซปกติในกรณีที่ไม่มีโครงการ CDM ที่ได้รับการรับรอง โดยในการพิสูจน์ในเรื่องของ Additionality นั้น จะต้องแสดงให้เห็นใน 4 ด้าน คือ

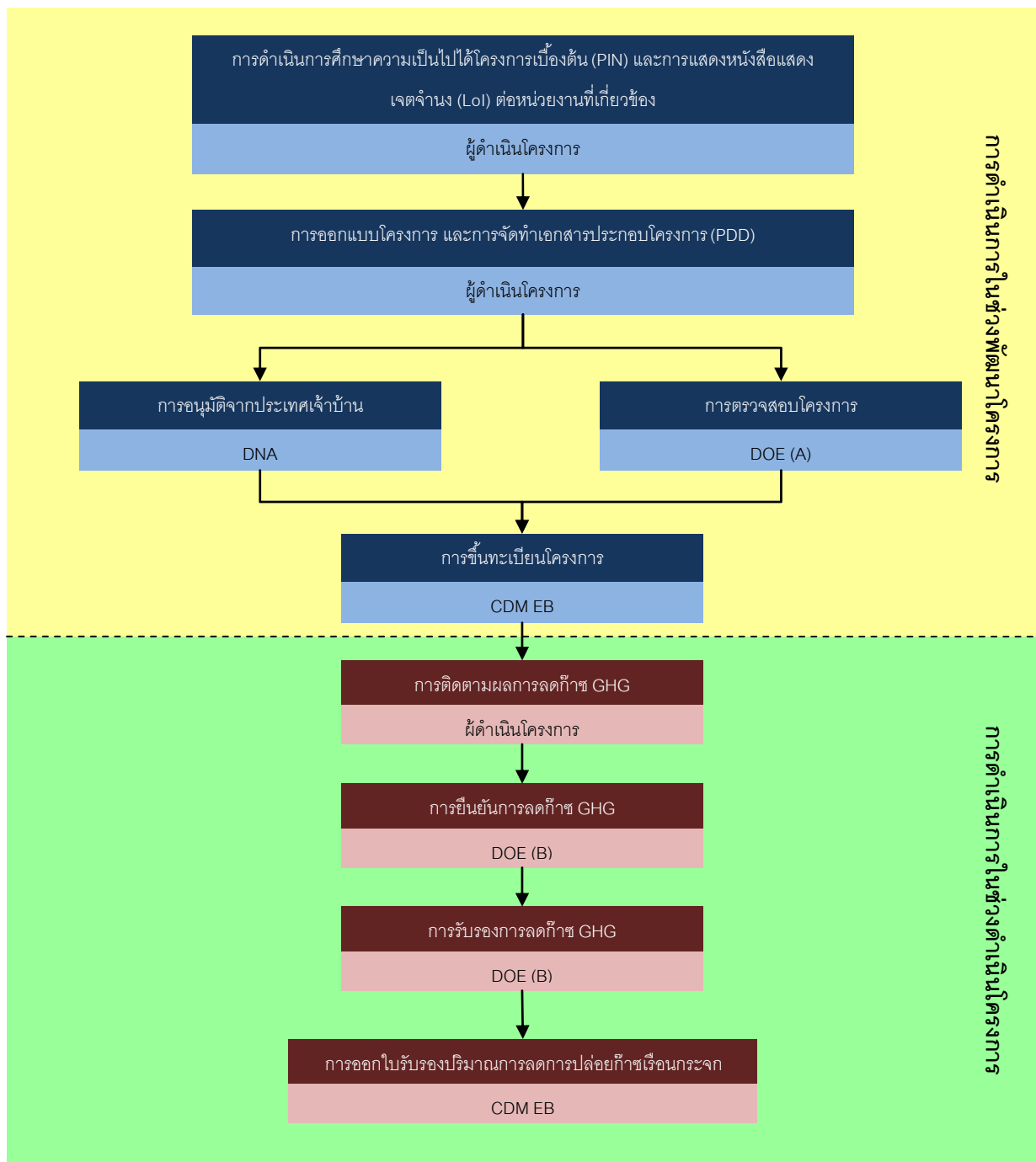
- อุปสรรคด้านการลงทุน (Investment barrier)
- อุปสรรคด้านเทคโนโลยี (Technological barrier)
- อุปสรรคจากการเปลี่ยนแปลงการดำเนินการจากพฤติกรรมแบบปกติ (Prevailing practice) เช่น การผลิตไฟฟ้าใช้เองจากเดิมที่ใช้พลังงานจากการไฟฟ้า การเปลี่ยนการใช้เชื้อเพลิงชีวมวลแทนการใช้พลังงานจากฟอสซิล เป็นต้น
- อุปสรรคอื่นๆ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

- การพัฒนาที่ยั่งยืน (Sustainable Development)

จุดมุ่งหมายหลักของ CDM ภายใต้พิธีสารเกียวโตคือการช่วยเหลือให้กลุ่มประเทศ non-Annex I ให้เกิดการพัฒนาที่ยั่งยืนแก่ประเทศเจ้าบ้าน แต่ทั้งนี้ ทางพิธีสารมิได้กำหนดถึงคำนิยามของการพัฒนาที่ยั่งยืนอย่างเฉพาะเจาะจง แต่ได้ให้สิทธิแก่ประเทศเจ้าบ้านของโครงการ CDM นั้น เป็นผู้กำหนดมาตรฐานของการพัฒนาที่ยั่งยืนเอง สำหรับประเทศไทยนั้น คณะรัฐมนตรีได้มีมติเมื่อวันที่ 15 สิงหาคม 2549 ในการจัดตั้งองค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน) หรือ อบก. ขึ้นเป็นหน่วยงานกลางในการกำกับดูแลโครงการ CDM ของประเทศไทย ทั้งนี้ อบก. ได้กำหนดหลักเกณฑ์ในการพิจารณาด้านการพัฒนาที่ยั่งยืนใน 4 มิติ คือ ด้านทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, ด้านสังคม, ด้านการพัฒนา/การถ่ายทอดเทคโนโลยี, ด้านเศรษฐกิจ

ขั้นตอนการดำเนินโครงการ CDM

การดำเนินโครงการภายใต้กลไกการพัฒนาที่สะอาด ประกอบด้วย 8 ขั้นตอน รายละเอียดแสดงดังภาพที่ ก.26



ภาพที่ ก.26 ขั้นตอนการดำเนินโครงการ CDM

DNA หมายถึง หน่วยงานกลางที่ทำหน้าที่ประสานการดำเนินงานตามกลไกการพัฒนาที่สะอาด (ประเทศไทย คือ อบก.)

DOE หมายถึง หน่วยงานปฏิบัติการที่ได้รับมอบหมายในการตรวจสอบ (Designated Operational Entities)

CDM EB หมายถึง คณะกรรมการบริหารกลไกการพัฒนาที่สะอาด (Executive Board of CDM)

ขั้นตอนการดำเนินโครงการ

ขั้นตอนการดำเนินโครงการสามารถแบ่งเป็น 2 ช่วงระยะเวลา ได้แก่

ระยะที่ 1: การดำเนินการในช่วงพัฒนาโครงการ

ซึ่งดำเนินการในแต่ละขั้นตอนเพียงครั้งเดียวตั้งแต่เริ่มทำการศึกษาโครงการจนกระทั่งโครงการได้รับการอนุมัติและขึ้นทะเบียน

- 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 ในการคำนวณการลดก๊าซเรือนกระจกและวิธีการในการติดตามผลการลดก๊าซเรือนกระจก ที่ระบุในรายงาน PDD จะต้องอ้างอิงจากระเบียบวิธีการคำนวณและตรวจวัดที่ได้รับการรับรอง (Approved Methodology) จาก CDM Executive board เท่านั้น
- 3) การตรวจสอบเอกสารประกอบโครงการ (Validation) ผู้ดำเนินโครงการจะต้องว่าจ้างหน่วยงานกลางที่ได้รับมอบหมายในการปฏิบัติหน้าที่แทนคณะกรรมการบริหารฯ หรือที่เรียกว่า Designated Operational Entity (DOE) ในการตรวจสอบเอกสารประกอบโครงการ ว่าเป็นไปตามข้อกำหนดต่างๆ หรือไม่ ซึ่งรวมถึงการได้รับความเห็นชอบในการดำเนินโครงการจากประเทศเจ้าบ้านด้วย
- 4) การขึ้นทะเบียนโครงการ (Registration) เมื่อ DOE ได้ทำการตรวจสอบเอกสารประกอบโครงการและลงความเห็นผ่านข้อกำหนดต่างๆ ครบถ้วน จะส่งรายงานไปยังคณะกรรมการบริหารกลไกการพัฒนาที่สะอาด (CDM EB) เพื่อขอขึ้นทะเบียนโครงการ

ระยะที่ 2: การดำเนินการในช่วงดำเนินโครงการ

ซึ่งเป็นดำเนินการที่ต้องทำตลอดช่วงเวลาการคิดคาร์บอนเครดิต 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

การคำนวณการลดก๊าซเรือนกระจก

โครงการที่จะได้รับการขึ้นทะเบียนเป็นโครงการ CDM จะต้องแสดงให้เห็นว่าการดำเนินกิจกรรมของโครงการสามารถนำไปสู่การลดก๊าซเรือนกระจกได้จริง นั่นคือ ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เป็นผลจากการดำเนินโครงการ (Project Emission) นั้นน้อยกว่าปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในกรณีที่ไม่มีโครงการ หรือกรณีฐาน (Baseline Emission) หลักการคำนวณการลดก๊าซเรือนกระจกดังแสดงในภาพที่ ก.27

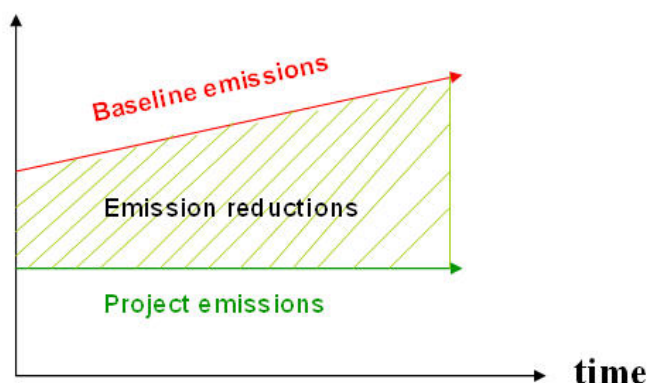
แนวคิดพื้นฐานในการคำนวณการลดก๊าซเรือนกระจก สามารถคำนวณได้จากสมการ

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



ภาพที่ ก.27 หลักการคำนวณการลดก๊าซเรือนกระจก

ลักษณะของโครงการ CDM

ลักษณะโครงการกลไกการพัฒนาที่สะอาด แบ่งโครงการออกเป็น 4 ลักษณะ ได้แก่

- โครงการกลไกการพัฒนาที่สะอาดทั่วไป
- โครงการกลไกการพัฒนาที่สะอาดขนาดเล็ก
- โครงการกลไกการพัฒนาที่สะอาดแบบ Bundling และโครงการ Programme of Activities
- โครงการ Sectoral CDM

สำหรับโครงการ CDM ขนาดเล็กและมีความสามารถในการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก (CERs) ได้ในปริมาณต่ำ จะไม่มีความคุ้มค่าทางการเงินในการพัฒนาเป็นโครงการ CDM ประเภทโครงการเดี่ยว เนื่องจากมีค่าใช้จ่ายในการดำเนินการต่างๆ ก่อนข้างสูงเมื่อเทียบกับรายได้จากการขายคาร์บอนเครดิตทาง CDM-EB จึงได้สร้างช่องทางในการพัฒนาโครงการขนาดเล็กมากเป็น CDM โดยการรวมโครงการขนาดเล็กเข้าด้วยกันเพื่อให้โครงการมีความคุ้มค่าเหมาะสม ต่อการลงทุน ซึ่งแบ่งออกเป็นการพัฒนาโครงการ 2 ลักษณะด้วยกัน ได้แก่ โครงการ CDM ประเภท Bundling และ โครงการ Programmatic CDM หรือ Programme of Activities (PoA)

1. โครงการ CDM ประเภท Bundling

จะเป็นการรวมโครงการที่เป็นโครงการประเภทเดียวกัน ลักษณะกิจกรรมเหมือนกัน มีช่วงเวลาในการคิดเครดิตเหมือนกัน โดยอาจมีเทคโนโลยีเหมือนกันหรือต่างกันได้ ทั้งนี้ ต้องระบุจำนวนโครงการย่อยที่เข้าร่วมตั้งแต่เริ่มโครงการและไม่สามารถเพิ่มเติมโครงการย่อยได้ในภายหลัง โดยโครงการที่รวมกันแล้วจะไม่สามารถแยกออกจากกันได้ในทุกระยะของการดำเนินโครงการ

2. ลักษณะโครงการ CDM ประเภท programme of activity (PoA)

เป็นโครงการที่ดำเนินการนำกิจกรรมต่างๆ ซึ่งส่วนใหญ่จะอยู่ภายใต้นโยบายหรือมาตรการของภาครัฐ มาพัฒนาเป็นโครงการ CDM โดยแต่ละกิจกรรมต้องมีการคำนวณปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ลดได้ และวิธีการตรวจวัดแบบเดียวกัน ที่สำคัญยังสามารถเพิ่มเติมโครงการได้เรื่อยๆ ภายใต้ Programme เดียวกันภายในช่วงระยะเวลาที่กำหนดจึงเป็นโครงการที่มีความยืดหยุ่นกว่าการดำเนินโครงการ CDM ที่เป็นแบบ Bundling

ระยะเวลา Crediting period ของโครงการ CDM จากทั้งหมด 2 ประเภทระยะเวลา ได้แก่

- 1) Fixed crediting period กำหนดเวลาสูงสุด 10 ปี ไม่สามารถต่ออายุได้
- 2) Renewable crediting period มีระยะเวลา 7 ปี และสามารถต่ออายุได้ 2 ครั้ง รวมระยะเวลาสูงสุดในการคิดเครดิต 21 ปี

กรณีศึกษาโครงการ CDM ในประเทศไทย

1. โครงการ Eiamburapa Company Ltd. Tapioca starch wastewater biogas extraction and utilization project, Sakaeo Province, Kingdom of Thailand

สถานะโครงการ : Registered

ประเภทโครงการ : ผลิตไฟฟ้าจากก๊าซชีวภาพโดยระบบบำบัดน้ำเสียแบบ UASB เพื่อบำบัดน้ำเสียจากกระบวนการผลิตแป้งมันสำปะหลัง

ปริมาณ CERs : 56,004 tCO₂e

2. โครงการ Wastewater Treatment with Biogas Technology in a Tapioca Processing Plant at Roi Et Flour Company Limited, Thailand

สถานะโครงการ : Registered

ประเภทโครงการ : ผลิตไฟฟ้าจากก๊าซชีวภาพโดยระบบบำบัดน้ำเสียแบบ UASB เพื่อบำบัดน้ำเสียจากกระบวนการผลิตแป้งมันสำปะหลัง

ปริมาณ CERs : 40,276 tCO₂e

3. โครงการ Thachana Palm Oil Company Wastewater Treatment Project in Thailand

สถานะโครงการ : Registered

ประเภทโครงการ : ผลิตไฟฟ้าจากก๊าซชีวภาพโดยระบบบำบัดน้ำเสียแบบ CSTR เพื่อบำบัดน้ำเสียจากกระบวนการผลิตน้ำมันปาล์ม

ปริมาณ CERs : 23,844 tCO₂e

4. โครงการ Grid-connected Electricity Generation from Biomass at Advance Biopower

สถานะโครงการ : Requesting for register

ประเภทโครงการ : ผลิตไฟฟ้าจากเชื้อเพลิงชีวมวลจากเปลือกไม้

ปริมาณ CERs : 32,850 tCO₂e

1.7 การลดการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากกิจกรรมเหมืองแร่ในประเทศไทย

บริษัท มิตรพิบัติ ยูเอฟเจ มอร์แกน สแตนเลย์ จำกัด (MUMSS) ได้ดำเนินโครงการกลไกการพัฒนาที่สะอาด (CDM) ที่ได้รับการขึ้นทะเบียนแล้ว 43 โครงการ ซึ่งโครงการที่ได้ขึ้นทะเบียนแล้วในประเทศไทยมี 10 โครงการ ในส่วนของวิธีการคำนวณ (หรือที่เรียกว่า Methodology) ได้ทำการออกแบบและได้รับการรับรองจาก UNFCCC จำนวน 7 วิธีการคำนวณ โดยแหล่งของก๊าซเรือนกระจกที่ถูกปล่อยจากกิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับการทำเหมืองแร่ แบ่งเป็น 2 ประเภทคือ

1. การปล่อยก๊าซมีเทน ซึ่งสามารถเกิดได้จากก๊าซมีเทนที่เกิดขึ้นโดยตรงจากการทำเหมืองแร่และถูกปลดปล่อยสู่ชั้นบรรยากาศ หรืออาจเกิดจากก๊าซมีเทนที่ไม่ได้เกิดขึ้นโดยตรงจากการทำเหมืองแร่แต่จะเกิดจากกิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับการทำเหมืองแร่
2. การปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ซึ่งเกิดขึ้นจากการใช้เชื้อเพลิงในการทำเหมืองแร่ หรือเกิดจากกระบวนการขนส่งในการทำเหมืองแร่ รวมถึงการใช้กระแสไฟฟ้าในกิจกรรมต่างๆ ในการทำเหมืองแร่ ซึ่งในการผลิตไฟฟ้าใช้ถ่านหินเป็นเชื้อเพลิงในการผลิต

ความเป็นไปได้ในการลดก๊าซเรือนกระจกจากกิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับการทำเหมืองแร่ สามารถพิจารณาได้เป็น 2 ประเภทเช่นกันตามชนิดของก๊าซเรือนกระจกที่สำคัญ

1. การกักเก็บก๊าซมีเทนที่เกิดจากกิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับการทำเหมืองแร่ สามารถนำไปใช้เป็นเชื้อเพลิงทดแทนการใช้น้ำมันดีเซลของรถบรรทุก หรือใช้ในการผลิตกระแสไฟฟ้าเพื่อใช้ในเหมืองแร่ การผลิตความร้อน นอกจากนี้อาจใช้ทดแทนสารเคมีและวัตถุระเบิดในกิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับการทำเหมืองแร่
2. การลดปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ซึ่งสามารถเกิดจากการเปลี่ยนการใช้น้ำมันดีเซลไปเป็นการใช้เชื้อเพลิงที่มีคาร์บอนต่ำในกิจกรรมขนส่ง รวมถึงการใช้ไฟฟ้าจากการผลิตกระแสไฟฟ้าใช้เองของเหมืองแร่

ในช่วง พ.ศ. 2525 – 2533 การปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากกิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับการทำเหมืองแร่ในประเทศไทยใช้น้ำมันดีเซลเป็นแหล่งให้พลังงานหลัก หลังจากนั้นปี 2534 เริ่มมีการใช้ไฟฟ้าและไฟฟ้าเป็นแหล่งพลังงานที่ใช้ในการทำเหมืองแร่หลักในเวลาต่อมาวิธีการคำนวณที่ได้รับการรับรองในส่วนของกิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับการทำเหมืองแร่มีอยู่ 3 วิธีการคำนวณคือ

1. AM0064 เกี่ยวข้องกับเหมืองแร่ใต้ดิน เหมืองหิน โลหะมีค่าและโลหะพื้นฐาน
2. ACM0008 เกี่ยวข้องกับเหมืองถ่านหิน
3. AMS-III.W. เกี่ยวข้องกับเหมืองแร่ที่ไม่มีสารไฮโดรคาร์บอนเป็นองค์ประกอบ

โดยทั้ง 3 วิธีการคำนวณเป็นวิธีการที่สามารถใช้ได้เฉพาะเหมืองปิด ซึ่งในปัจจุบันประเทศไทยเองนั้นยังไม่มีการทำเหมืองปิด สองวิธีการคำนวณแรกนั้นใช้กับโครงการ CDM ที่มีขนาดใหญ่ ส่วนวิธีการคำนวณสุดท้ายนั้นใช้กับโครงการ CDM ขนาดเล็ก ในขณะนี้ก็มีโครงการ CDM จากกิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับ

การทำเหมืองแร่ขึ้นอยู่กับทั้งหมด 172 โครงการซึ่งโครงการเกือบทั้งหมดได้ใช้วิธีการคำนวณ ACM0008 โดยส่วนใหญ่เป็นเป็นโครงการในประเทศจีน รายละเอียดการเปรียบเทียบวิธีการคำนวณ ACM0008 (เวอร์ชัน 07) และวิธีการคำนวณ AM0064 (เวอร์ชัน 02) แสดงดังตารางที่ ก.9

ตารางที่ ก.9 การเปรียบเทียบวิธีการคำนวณ ACM0008 (เวอร์ชัน 07) และวิธีการคำนวณ AM0064 (เวอร์ชัน 02)

ACM0008	AM0064
การกักเก็บ Coal Bed Methane (CBM), Coal Mine Methane (CMM) และ Ventilation Air Methane (VAM) และ การใช้พลังงานหรือความร้อนหรือทำลายโดยการเผาหรือออกซิเดชั่น	การกักเก็บก๊าซมีเทนและการใช้ประโยชน์หรือทำลายในการทำเหมืองปิด หิน โลหะมีค่าหรือ โลหะพื้นฐาน
- ปิฐานคือก๊าซมีเทนบางส่วนหรือทั้งหมดที่ถูกปล่อยออกสู่บรรยากาศ ใช้ได้กับเหมืองใหม่หรือเหมืองที่ยังมีการดำเนินงานอยู่ - กิจกรรมการแยกจะเกี่ยวข้องกับ ▲ การกักเก็บ CBM ที่บริเวณพื้นผิวของหลุมขุดเจาะ ▲ การกักเก็บ CMM ที่หลุมเจาะใต้ดิน ▲ ผิวหน้าหลุมที่ถูกสกัด หลุมเจาะใต้ดิน ช่องระบายก๊าซ หรือการกักเก็บก๊าซที่เกิดจากแร่ที่สกัดแล้ว รวมถึงบริเวณต่าง ๆ ที่ถูกปิดคลุมแล้ว ▲ VAM ที่ถูกปล่อยทิ้ง - วิธีการคำนวณนี้ ไม่รวมกิจกรรมดังต่อไปนี้ ▲ การทำเหมืองเปิด ▲ การกักเก็บก๊าซมีเทนจากเหมืองที่ถูกปล่อยทิ้งร้าง ▲ การกักเก็บก๊าซมีเทนจากถ่านหินที่ยังไม่ได้ทำการสกัด ▲ การใช้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ก๊าซ/ของเหลวอื่นๆ ที่เพิ่มการทิ้ง CBM ก่อนการถลุง	1. การกักเก็บก๊าซมีเทนและการนำไปใช้ประโยชน์ รวมถึงการนำไปทำลาย การกักเก็บก๊าซมีเทนเพื่อใช้ในการผลิตกระแสไฟฟ้าหรือความร้อน รวมถึงการปล่อยออกทางปล่องไฟ - ก๊าซมีเทนทั้งหมดถูกปล่อยสู่บรรยากาศ หรือบางส่วนถูกนำไปใช้ในการผลิตความร้อนใช้ได้กับเหมืองใหม่ หรือเหมืองที่ยังมีการดำเนินงานอยู่ - วิธีการคำนวณนี้ ไม่รวมกิจกรรมดังต่อไปนี้ ▲ การทำเหมืองเปิด ▲ การกักเก็บก๊าซมีเทนจากเหมืองที่ถูกปล่อยทิ้งร้าง ▲ การกักเก็บก๊าซมีเทนจากถ่านหินที่ยังไม่ได้สกัด ▲ การใช้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ก๊าซ/ของเหลวอื่นๆ ที่เพิ่มการทิ้ง CBM ก่อนการถลุง 2. กิจกรรมที่ไม่ใช่การกักเก็บก๊าซมีเทนและการนำไปใช้ประโยชน์ รวมถึงการนำไปทำลาย - การกักเก็บหรือทำลายก๊าซมีเทนที่เกิดจากโครงสร้างทางธรณีโดยตรง เช่น การเจาะหลุมเจาะในการสำรวจแร่ หรือมีการก่อสร้าง ซึ่งพิจารณาได้สองประเภทคือหลุมเจาะที่ทำการเจาะ หรือก่อสร้างก่อนปี 2001 หรือ หลังจากปี 2001 แต่ต้องมีการยื่นขอเพื่อการขอ Validation ไม่ต่ำกว่า 5 ปี - วิธีการคำนวณนี้จะไม่รวมกิจกรรมดังต่อไปนี้ ▲ การทำเหมืองเปิด ▲ การถลุงถ่านหิน หรือ หินน้ำมันรวมถึงการเปิดหลุมเจาะ หรือ บ่อเพื่อการสำรวจ ▲ กิจกรรมต่างๆ ที่มีการกักเก็บก๊าซที่ไม่ใช่ก๊าซมีเทนเพื่อใช้ในการผลิตกระแสไฟฟ้าหรือทำความร้อน

AMS-III.W เวอร์ชัน 01 ใช้กับกิจกรรมการกักเก็บและการทำลายก๊าซมีเทนที่ปล่อยโดยตรงจากหลุมเจาะ รวมไปถึงวิธีการทางธรณีเพื่อการสำรวจแร่ซึ่งวิธีการคำนวณนี้ ไม่รวมกิจกรรมดังต่อไปนี้

- ✦ การดำเนินการที่เพิ่มปริมาณก๊าซมีเทนที่ถูกปล่อยจากหลุมเจาะด้วยวิธีการที่ไม่ได้เกิดเองตามธรรมชาติ เช่น การใช้ปั๊ม
- ✦ ระบบเผาไหม้ที่ใช้สำหรับทำความร้อนหรือผลิตกระแสไฟฟ้า
- ✦ วิธีการคำนวณนี้ใช้ได้กับโครงการที่มีการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่มีปริมาณน้อยกว่าหรือเท่ากับ 60,000 ตันของคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อปี

ข้อกำหนดของวิธีการคำนวณ AMS-III.W

- a) วิธีการคำนวณนี้ ไม่รวมกิจกรรมของเหมืองเก่าที่ถูกทิ้งหรือหยุดกิจกรรมไปแล้ว รวมถึงการทำเหมืองเปิด การถลุงถ่านหินหรือหินน้ำมัน และการเปิดหลุมเจาะ หรือ บ่อเพื่อการสำรวจ
- b) โครงการต้องสามารถแสดงให้เห็นว่า การกักเก็บก๊าซมีเทนที่จะถูกปล่อยสู่บรรยากาศในกรณีที่ไม่มีการทำ CDM นั้นใช้ข้อมูลของการทำเหมืองในอดีตที่ครอบคลุมในส่วนของความปลอดภัยของกระบวนการต่าง ๆ แผนการสำรวจจะต้องมีเพื่อใช้เป็นหลักฐานในการทำโครงการ
- c) ก๊าซมีเทนที่ถูกปล่อยจากโครงสร้างที่ออกแบบและติดตั้งเพื่อใช้ในกิจกรรมทางการสำรวจคุณภาพที่สามารถนำมาใช้ในวิธีการคำนวณนี้ ส่วนกิจกรรมด้านการปล่อยของเสียก่อนกิจกรรมเหมืองแร่ที่ได้พัฒนาหรือกำลังถูกพัฒนาจะไม่รวมในวิธีการคำนวณนี้
- d) การกักเก็บหรือทำลายก๊าซมีเทนที่เกิดจากโครงสร้างทางธรณีโดยตรง เช่น การเจาะหลุมเจาะในการสำรวจแร่ หรือมีการก่อสร้าง ซึ่งพิจารณาได้สองประเภทคือ หลุมเจาะที่ทำการเจาะ หรือก่อสร้างก่อนปี 2001 หรือหลังจากปี 2001 แต่ต้องมีการยื่นขอเพื่อการขอ Validation ไม่ต่ำกว่า 5 ปี
- e) ปีฐาน (Baseline) คือก๊าซมีเทนทั้งหมดที่ถูกปลดปล่อยออกสู่บรรยากาศ โดยไม่สามารถรวมก๊าซมีเทนบางส่วนที่ถูกใช้ในการเผาไหม้หรือใช้ก่อนจะเริ่มดำเนินโครงการ
- f) ปีฐาน (Baseline) ต้องถูกปฏิบัติตามข้อกำหนดความปลอดภัยของประเทศหรือท้องถิ่น

กรณีศึกษา ACM0008

การพิจารณาปฏิฐาน เจ้าของโครงการจะต้องพิจารณาสิ่งต่อไปนี้

- ▲ ปริมาณก๊าซมีเทนที่ถูกปล่อยออกไปซึ่งสามารถกักเก็บได้
- ▲ ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ถูกปล่อยจากการทำลายก๊าซมีเทนในกรณีฐาน
- ▲ ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ถูกปล่อยจากการผลิตความร้อนหรือกระแสไฟฟ้าที่ถูกทดแทนจากการดำเนินโครงการ

การปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากกิจกรรมของโครงการมีดังนี้

1. การปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากการเผาไหม้ก๊าซมีเทนจากปล่องไฟ เครื่องยนต์ โรงไฟฟ้า และโรงงานความร้อน
2. การปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากการออกซิเดชันของก๊าซมีเทน
3. การปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงที่ไม่ใช่ก๊าซมีเทน ถ้าปริมาณของก๊าซเกิดจากการถลุงมีประมาณมากกว่า 1%
4. การปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากการใช้เชื้อเพลิงในเหมือง เช่นการขนถ่ายเชื้อเพลิง
5. การปล่อยก๊าซมีเทนที่ไม่ถูกเผาไหม้

ขอบเขตของโครงการมีดังต่อไปนี้

- ▲ อุปกรณ์ทั้งหมดที่ติดตั้งซึ่งเป็นส่วนหนึ่งโครงการ CDM ซึ่งเกี่ยวข้องกับการถลุงแร่ การอัด และการเก็บ CMM และ CBM ในเหมือง และการขนส่งออกไปนอกเหมือง
- ▲ ระบบการเผาไหม้จากปล่องไฟ ออกซิเดชันแบบไร้เปลวไฟ การผลิตพลังงานและความร้อนที่ติดตั้งซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของโครงการ
- ▲ โรงไฟฟ้าที่ต่อเข้ากับการไฟฟ้าโดยที่โครงการสามารถส่งกระแสไฟฟ้าไปยังการไฟฟ้าตามข้อกำหนดของเครื่องมือในการคำนวณ Emission Factor สำหรับโรงไฟฟ้า

ขั้นตอนการพิจารณา Baseline

- ▲ ระบบเทคโนโลยีที่เป็นไปได้สำหรับการกักเก็บ และ/หรือ การใช้ CBM CMM หรือ VAM
 - ตัวเลือกสำหรับการถลุง CBM CMM หรือ VAM
 - ตัวเลือกสำหรับการบำบัด CBM CMM หรือ VAM ที่เกิดจากการถลุง
 - ตัวเลือกสำหรับพลังงาน
- ▲ กำหนดตัวเลือกที่ไม่สอดคล้องกับข้อกำหนดทางกฎหมายหรือระเบียบข้อบังคับ
- ▲ กำหนดทางเลือกอื่นในกรณีฐาน
- ▲ กำหนดทางเลือกอื่นในกรณีฐานที่มีข้อจำกัดที่ไม่สามารถดำเนินการได้
- ▲ ระบบทางเลือกที่น่าสนใจในเชิงเศรษฐกิจมากที่สุด (ถ้ามี)

ปริมาณของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ลดได้สามารถคำนวณได้จาก

$$ER_y = BE_y - PE_y - LE_y$$

โดยที่ ER_y คือ ปริมาณของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ลดได้ในปี y

BE_y คือ ปริมาณของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ถูกปล่อยโดยคิดจากกรณีฐานในปี y

PE_y คือ ปริมาณของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ปล่อยจากโครงการในปี y

LE_y คือ ปริมาณของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่รั่วไหลในปี y

ปริมาณของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่คิดจากกรณีฐานสามารถคำนวณได้จาก

$$BE_y = BE_{MD,y} + BE_{MR,y} + BE_{Use,y}$$

โดยที่ BE_y คือ ปริมาณของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ถูกปล่อยโดยคิดจากกรณีฐานในปี y

$BE_{MD,y}$ คือ ปริมาณของก๊าซมีเทนที่ถูกกำจัด โดยคิดจากกรณีฐานในปี y

$BE_{MR,y}$ คือ ปริมาณของก๊าซมีเทนที่ถูกปล่อยสู่บรรยากาศ โดยคิดจากกรณีฐานในปี y

$BE_{Use,y}$ คือ ปริมาณของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ถูกปล่อย จากการผลิตพลังงาน ความร้อน หรือ ไฟฟ้าไปยังการไฟฟ้า ที่ถูกทดแทนจากกิจกรรมของโครงการในปี y

ปริมาณของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ปล่อยโดยคิดจากกิจกรรมโครงการสามารถคำนวณได้จาก

$$PE_y = PE_{ME,y} + PE_{MD,y} + PE_{UM,y}$$

โดยที่ PE_y คือ ปริมาณของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ปล่อยโดยคิดจากกิจกรรมของโครงการในปี y

PE_y คือ ปริมาณของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ถูกปล่อย โดยคิดจากกิจกรรมโครงการในส่วนของการใช้พลังงานเพื่อการเก็บและใช้ก๊าซมีเทนในปี y

$PE_{MD,y}$ คือ ปริมาณของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ถูกปล่อย โดยคิดจากกิจกรรมโครงการในส่วนของการทำลายก๊าซมีเทนในปี y

$PE_{UM,y}$ คือ ปริมาณของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ถูกปล่อย โดยคิดจากกิจกรรมโครงการในส่วน of ก๊าซมีเทนที่ไม่ถูกเผาไหม้ในปี y

ปริมาณของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่รั่วไหลสามารถคำนวณได้จาก

$$LE_y = LE_{d,y} + LE_{o,y}$$

โดยที่ LE_y คือ ปริมาณของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่รั่วไหลในปี y

$LE_{d,y}$ คือ ปริมาณของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่รั่วไหลจากการแทนที่ของระบบพลังงานความร้อนอื่นๆ จากก๊าซมีเทน ในปี y

$LE_{o,y}$ คือ ปริมาณของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่รั่วไหลจากความไม่แน่นอนอื่น ๆ ในปี y

จากการดำเนินโครงการภายใต้โครงการ CDM มีขั้นตอนที่ยุ่งยากและซับซ้อนในการพิสูจน์ Additionality และการดำเนินการตรวจสอบโครงการ ดังนั้นทางกระทรวงสิ่งแวดล้อมของรัฐบาลญี่ปุ่นจึงได้แนะนำกลไกตัวใหม่ ซึ่งเป็นกลไกในระดับทวิภาคีเพื่อใช้ในการส่งเสริมการลดการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกออกสู่บรรยากาศภายหลังปี 2012 และช่วยในการถ่ายทอดเทคโนโลยีจากญี่ปุ่นไปยังประเทศเจ้าบ้านผู้ดำเนินโครงการ โดยประเทศเจ้าบ้านจะได้รับการช่วยเหลือและสนับสนุนในการใช้เทคโนโลยีใหม่ที่มีประสิทธิภาพในการลดก๊าซเรือนกระจกจากทางประเทศญี่ปุ่น และปริมาณคาร์บอนเครดิตที่เกิดขึ้นนั้นจะถูกซื้อขายระหว่างโครงการและองค์กรในประเทศญี่ปุ่น ตัวผู้ดำเนินโครงการจะมีเทคโนโลยีที่ทันสมัยและมีประสิทธิภาพโดยลดความยุ่งยากซับซ้อนจากการดำเนินโครงการ CDM โดยกลไกนี้สามารถดำเนินการควบคู่ไปกับกลไกใหม่ ๆ ตัวอื่น อาทิเช่น NAMA หรือ Sectoral Mechanism ในขณะนี้ รายละเอียดของตัวกลไกข้อมูลที่สำคัญต่าง ๆ ตัวอย่างเช่น เงินกู้ยืม เงินสนับสนุน เงินประกันต่าง ๆ การคำนวณกรณีฐาน การตรวจวัดโครงการ การรายงานโครงการนั้นยังไม่ได้มีการชี้แจงออกมา แต่ทว่าทางรัฐบาลได้มีเงินทุน เพื่อให้โครงการที่มีความเป็นไปได้ที่จะเข้าร่วมกับกลไกตัวนี้ ใช้ในการทำความเป็นไปได้ของการทำโครงการ (Feasibility Study) โดยในประเทศไทยเองนั้นได้มี 2 โครงการที่ถูกเลือกเพื่อการศึกษาความเป็นไปได้ ได้แก่ Eco-driving by digital tachograph และ Factory energy consumption optimization by IT

• แนะนำรายละเอียดการดำเนินโครงการฯ



โครงการพัฒนาอุตสาหกรรมเหมืองแร่สู่ โครงการกลไกการพัฒนาที่สะอาด (CDM)

วันที่ 24-25 กุมภาพันธ์ 2554 เวลา 08.30 -16.30 น.

ณ ห้องมิ่งเมือง โรงแรมเดอะ ทวิน ทาวเวอร์



วัตถุประสงค์

1. เพื่อส่งเสริมและสนับสนุนให้เกิดการดำเนินโครงการกลไกการพัฒนาที่สะอาดสำหรับภาคอุตสาหกรรมเหมืองแร่และอุตสาหกรรมพื้นฐานในลักษณะของโครงการนำร่อง
2. เพื่อให้ผู้ประกอบการเหมืองแร่และอุตสาหกรรมพื้นฐานสามารถดำเนินโครงการกลไกการพัฒนาที่สะอาด การใช้หลักการผลิตด้วยเทคโนโลยีสะอาด การเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงานการผลิตไฟฟ้าที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมได้อย่างถูกต้องตามข้อกำหนดของการดำเนินงาน
3. เพื่อให้อุตสาหกรรมเหมืองแร่และอุตสาหกรรมพื้นฐานเป็นโครงการพัฒนาที่สะอาดในทุกขั้นตอน เป็นที่เชื่อมั่นต่อสาธารณชนที่จะไม่ก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและเกิดมาตรฐานที่กำหนด
4. เพื่อให้ผู้ประกอบการมีแรงจูงใจที่จะดำเนินการด้านการจัดการสิ่งแวดล้อมในพื้นที่ประกอบการเพิ่มมากขึ้น อันเนื่องมาจากความพร้อมด้านข้อมูล หลักเกณฑ์ วิธีการของการดำเนินงาน และความคุ้มค่าในการลงทุนที่ได้รับค่าตอบแทนในรูปแบบของการขายคาร์บอนเครดิต ความเชื่อมั่นต่อกระบวนการผลิตและผลิตภัณฑ์ในรูปแบบของฉลาก Carbon Footprint หรือ Carbon Reduction Label
5. เพื่อให้อุตสาหกรรมเหมืองแร่และอุตสาหกรรมพื้นฐานเป็นโครงการพัฒนาที่ยั่งยืน และเป็นส่วนหนึ่งในการลดภาวะโลกร้อน



ประโยชน์ที่จะได้รับ

1. ผู้ประกอบการอุตสาหกรรมเหมืองแร่และอุตสาหกรรมพื้นฐานรวมทั้งเจ้าหน้าที่กรมอุตสาหกรรมพื้นฐานและการเหมืองแร่ได้รับการเสริมสร้างองค์ความรู้ และเตรียมความพร้อมในการปฏิบัติเพื่อพัฒนาการประกอบการให้สามารถลดภาวะโลกร้อน
2. ผู้ประกอบการฯ นำร่องได้รับการส่งเสริมและสนับสนุนให้มีความพร้อมด้านการจัดการสิ่งแวดล้อมเพื่อลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก
3. เกิดการแลกเปลี่ยนความรู้และหลักการปฏิบัติสำหรับการดำเนินโครงการด้านการจัดการสิ่งแวดล้อมเพื่อลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกระหว่างผู้ประกอบการนำร่องและผู้ประกอบการอื่นๆ

กลุ่มเป้าหมาย : สถานประกอบการนำร่อง 3 ราย

ระยะเวลาดำเนินโครงการ : 9 เดือน (ม.ค.- ก.ย.54)



วิธีการดำเนินงานประกอบด้วย 3 ส่วน ดังนี้

- 1

การเตรียมการและวางแผนการดำเนินงาน
- 2

การพัฒนาอุตสาหกรรมเหมืองแร่สู่กลไกการพัฒนาที่สะอาด (CDM)
- 3

การประชาสัมพันธ์และสัมมนาเผยแพร่โครงการ



1. การเตรียมการและวางแผนการดำเนินงาน

หน่วยงานข้อมูลพื้นฐานของอุตสาหกรรมเหมืองแร่

➤

จัดฝึกอบรมประชาสัมพันธ์รายละเอียดโครงการ

➤

รับสมัครสถานประกอบการเข้าร่วมโครงการเป็นสถานประกอบการนำร่อง

• ประเภทข้อมูลพื้นฐานของอุตสาหกรรมพื้นฐานและเหมืองแร่
• ข้อมูลกระบวนการผลิต
• ข้อมูลอื่นๆที่เกี่ยวข้อง

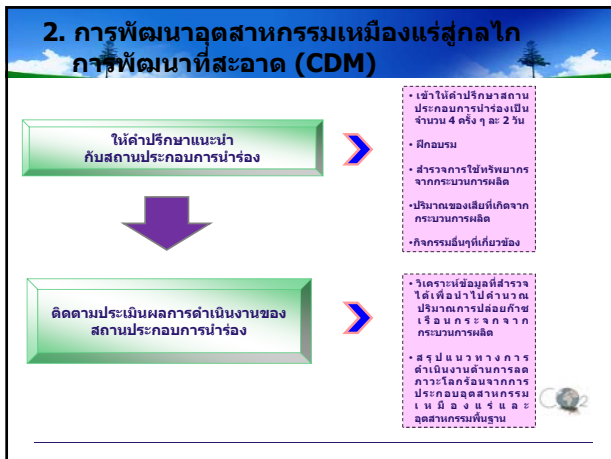
• จัดฝึกอบรม
• ประชาสัมพันธ์โครงการผ่านช่องทางสื่อต่างๆที่เกี่ยวข้อง

• กำหนดหลักเกณฑ์เพื่อพิจารณาเลือก
• จัดตั้งคณะกรรมการคัดเลือก
• ดำเนินการรับสมัครและแจ้งผลการคัดเลือกให้สถานประกอบการทราบ

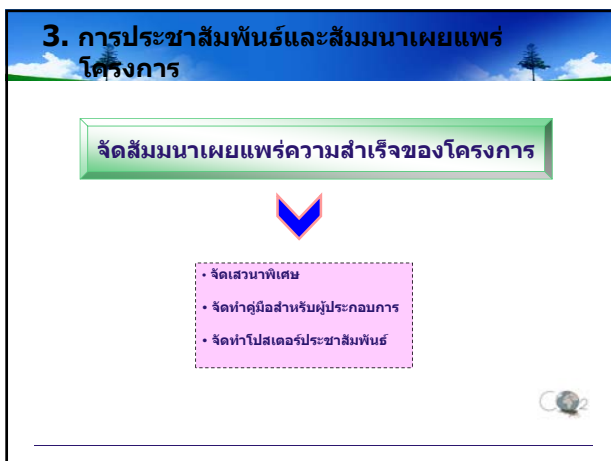


หลักเกณฑ์การคัดเลือกสถานประกอบการนำร่อง

1. ด้านนโยบายโรงงานและความสนใจของผู้บริหาร
 - ระดับความสนใจของผู้บริหารในการเข้าร่วมโครงการ
 - การให้ความร่วมมือของผู้บริหารในการจัดตั้งทีมงานเพื่อเก็บข้อมูล
 - นโยบายของสถานประกอบการด้านสิ่งแวดล้อมโดยมีการนำมาตรฐานการให้คำปรึกษาของผู้บริหารในการจัดตั้งทีมงานรวมถึงมีการจัดสรรงบประมาณเพื่อป้องกันและรักษาสิ่งแวดล้อม
 - สถานประกอบการยินยอมให้มีการประชาสัมพันธ์ชื่อโรงงานในการเป็นโรงงานนำร่อง
 - สถานประกอบการมีความสนใจที่จะยื่นขอรับการรับรองการดำเนินงานจากหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง
2. ด้านกระบวนการผลิตและการจัดการ
 - มีกระบวนการผลิตที่สามารถพัฒนาไปสู่การดำเนินการอื่นก่อให้เกิดการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้
 - มีกระบวนการผลิตที่เปิดเผยได้
 - มีการเก็บข้อมูลย้อนหลัง (การผลิต, การซื้อ-ขาย, ขนส่ง, มลพิษ)
3. ด้านสิ่งแวดล้อมโรงงาน
 - สถานประกอบการปฏิบัติตามกฎหมายด้านสิ่งแวดล้อมในทุกๆ ด้าน
 - สถานประกอบการมีการติดตั้งระบบบำบัดมลพิษ



รายละเอียดการเข้าให้คำปรึกษาสถานประกอบการนำร่อง จำนวน 4 ครั้ง ๆ ละ 2 วัน	
ครั้งที่ 1 - ชี้แจงความเป็นมาของโครงการสร้างความเข้าใจแก่ผู้ประกอบการและทีมงาน - ผู้วิพากษ์แจ้งกระบวนการผลิต - เยี่ยมชมกรรมวิธีการผลิต - สำรวจความพร้อมในการจัดเก็บข้อมูล - การจัดตั้งทีมงานรับผิดชอบ - พัฒนาแบบสำรวจข้อมูลที่เหมาะสม	ครั้งที่ 2 - ที่ปรึกษานำเสนอข้อมูลที่เกี่ยวข้องครั้งที่ 1 - ร่วมกันตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูล - ที่ปรึกษานำเสนอและนำเสนอวิธีการประมวลผลการวิเคราะห์คาร์บอนฟุตพริ้นท์ - ร่วมกันตรวจสอบความถูกต้องในการคำนวณ - ที่ปรึกษานำเสนอและวิเคราะห์ประเด็นการปรับปรุงพัฒนากระบวนการผลิต - สรุปมาตรการปรับปรุงเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการผลิต
ครั้งที่ 3 - นำเสนอข้อมูลต่าง ๆ และผลการวิเคราะห์ข้อมูล (หลังการปรับปรุงแก้ไข) - ตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูลต่าง ๆ - ติดตามผลการดำเนินงาน	ครั้งที่ 4 - สรุปผลวิเคราะห์ข้อมูลคาร์บอนฟุตพริ้นท์ - สรุปผลดำเนินการหลังการปรับปรุงกระบวนการผลิต - ตรวจประเมินเชิงลึก ระบบเอกสารและการบันทึกข้อมูล รวมถึงที่ต้นตอและประโยชน์ที่สถานประกอบการได้รับ



สรุปผลลัพธ์การดำเนินโครงการ
1. สถานประกอบการมีความรู้ที่ได้จากการ ฝึกอบรมตามหลักการดังนี้ - การประเมินวัฏจักรชีวิตผลิตภัณฑ์ (LCA) - การพัฒนาอุตสาหกรรมด้วยการผลิตที่สะอาด (CT) - การลดการระบายก๊าซเรือนกระจก (Carbon reduction) - การพัฒนาฉลาก Carbon footprint และ Carbon reduction label - กลไกการพัฒนาที่สะอาด (CDM)
2. สถานประกอบการที่เข้าร่วมเป็นโครงการนำร่องทราบค่า ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก (Carbon footprint) ที่ได้จากการคำนวณตามข้อมูลกระบวนการผลิตของสถานประกอบการ
3. คู่มือในการดำเนินโครงการเพื่อลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกตามหลักการกลไกการพัฒนาที่สะอาด (CDM) หลักการคำนวณ carbon footprint และหลักการผลิตที่สะอาดโดยการลดมลพิษที่แหล่งกำเนิด



- หลักการและแนวคิดการประเมินวัฏจักรชีวิตผลิตภัณฑ์ (LCA)
- การวิเคราะห์บัญชีรายการสิ่งแวดล้อม (Life Cycle Inventory: LCI)

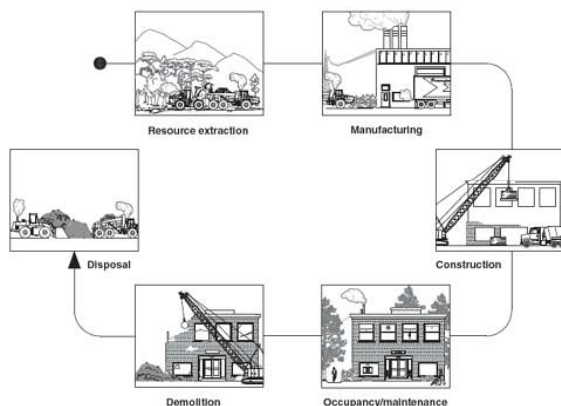
หลักการ แนวคิด ของการประเมินวัฏจักรชีวิต

ดร. พรทิพย์ วงศ์สุโขทัย
ศูนย์ความเป็นเลิศด้านการจัดการสิ่งแวดล้อมและของเสียอันตราย
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

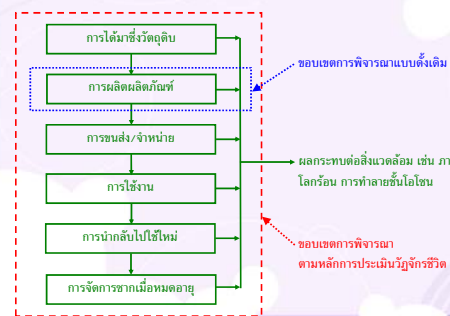
การประเมินวัฏจักรชีวิต

- การประเมินวัฏจักรชีวิต (Life cycle assessment/Life cycle analysis: LCA) คือกระบวนการวิเคราะห์และประเมินผลกระทบของผลิตภัณฑ์หรือบริการที่มีต่อสิ่งแวดล้อม ระบบนิเวศ และสุขอนามัยโดยพิจารณาจากทรัพยากร พลังงานที่ใช้ และของเสียที่ปล่อยสู่สิ่งแวดล้อมในรูปแบบต่าง ๆ ครอบคลุมทุกขั้นตอนตลอดวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์หรือบริการตั้งแต่การได้มาซึ่งวัตถุดิบ (Raw materials acquisition) การผลิต (Manufacturing) การขนส่งและจำหน่าย (Distribution) การใช้หรือการบริโภค (Use) การใช้ซ้ำ (Reuse) การบำรุงรักษา และการจัดการซากหลังหมดอายุการใช้งาน (Disposal) เปรียบเสมือนการคืนวัสดุสู่ธรรมชาติ อาจกล่าวได้ว่า พิจารณาผลิตภัณฑ์ตั้งแต่เกิดจนตาย (Cradle to grave) นั่นเอง

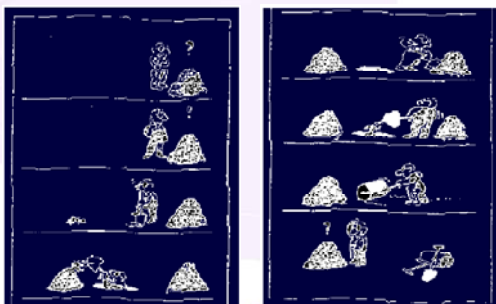
Cradle-to-Grave Life Cycle of Building Products



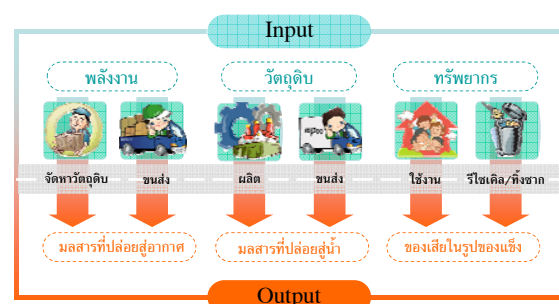
ขอบเขตการพิจารณาตามหลักการประเมินวัฏจักรชีวิต

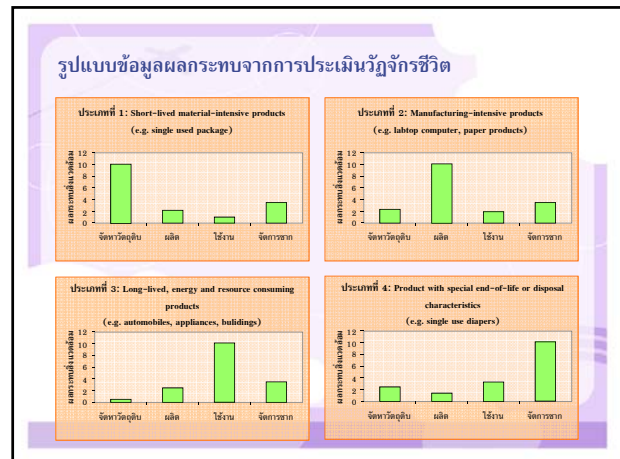
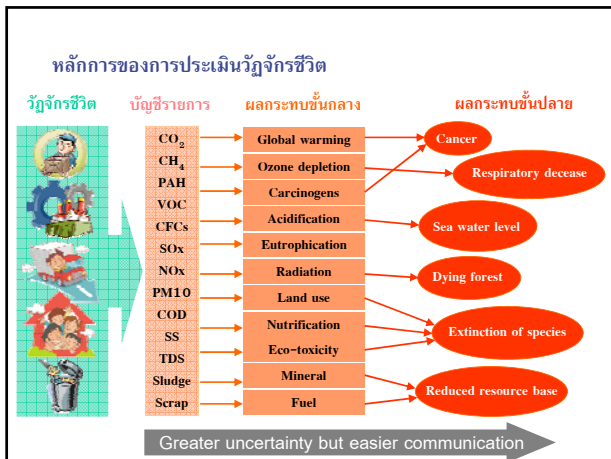


การเคลื่อนย้ายสาเหตุของปัญหาหากมองปัญหาเพียงจุดเดียว



หลักการของการประเมินวัฏจักรชีวิต





การนำไปประยุกต์ใช้: ภาคอุตสาหกรรม/ผู้ผลิต

- เป็นข้อมูลประกอบการวางแผนพัฒนาปรับปรุงเพื่อลดผลกระทบสิ่งแวดล้อมของผลิตภัณฑ์ที่มีอยู่
- เป็นข้อมูลประกอบการพัฒนาและออกแบบผลิตภัณฑ์ใหม่
- เป็นข้อมูลเผยแพร่สู่สาธารณะเพื่อเสริมภาพลักษณ์ในแง่ที่ให้ความสำคัญกับสิ่งแวดล้อมและเพิ่มโอกาสทางการตลาด
- เป็นข้อมูลสื่อสารต่อผู้บริโภค ผู้ซื้อ (ผู้ผลิตปลายทาง) ในกรณีที่ถูกร้องขอ เช่น ผู้ผลิตกระเบื้อง ผู้ผลิตแก้วและกระจก ผู้ผลิตวัสดุก่อสร้างต่าง ๆ ฯลฯ อาจอยู่ในรูปแบบของเอกสารสิ่งแวดล้อมต่าง ๆ
- เตรียมความพร้อมเพื่อตอบสนองต่อมาตรการทางการค้าทั้งในปัจจุบันและอนาคต

ตัวอย่างแร่ที่มีในฐานข้อมูลต่างประเทศ

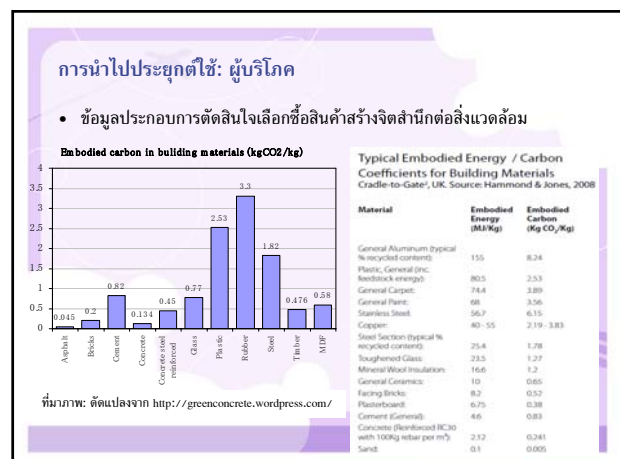
Life Cycle Inventories available in the Ecoinvent database (<http://www.ecoinvent.ch>)

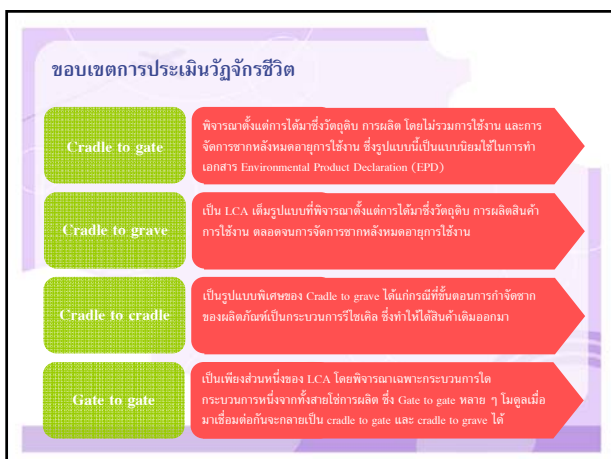
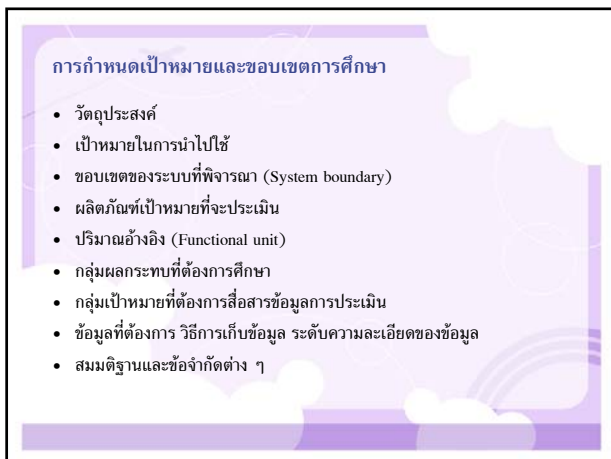
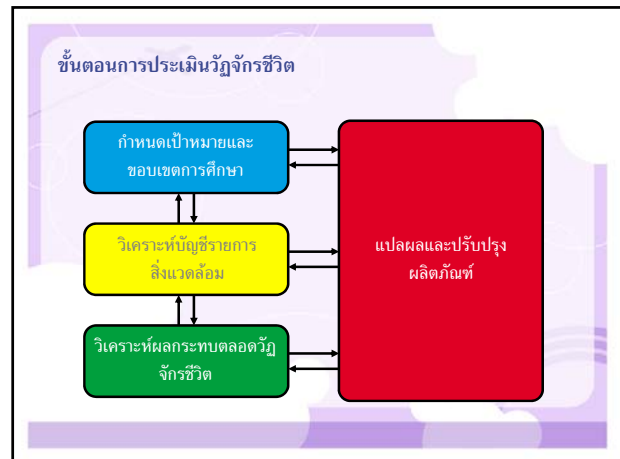
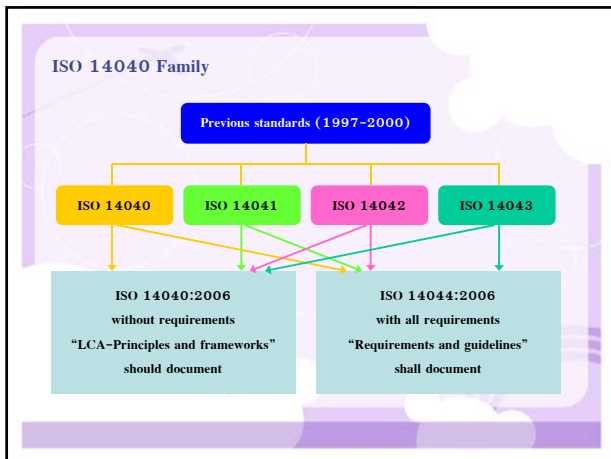
Metals	Building products	Industrial minerals
-Aluminum	-Aggregates	-Asbestos
-Iron and Steel	-Clay	-Baryte
-Copper	-Cement	-Bentonite
-Nickel	-Lime	-Feldspar
-Platinum group	-Gypsum	-Fluorspar
-Chromium	-Limestone	-Dolomite
-Manganese	-Perlite	-Kaolin
-Other metals	-Dimension stones	-Silica
...	...	...

ที่มา: http://www.mineprofs.org/info/annual_meetings/2010/SOMP-10-Industry-Blengini.pdf

การนำไปประยุกต์ใช้: ภาครัฐ

- เป็นข้อมูลประกอบการวางแผนทางในการลดผลกระทบสิ่งแวดล้อม
- เป็นข้อมูลประกอบการวางแผนการใช้งบประมาณและทรัพยากรบุคคล เพื่อให้เกิดประโยชน์สูงสุดต่อประเทศ





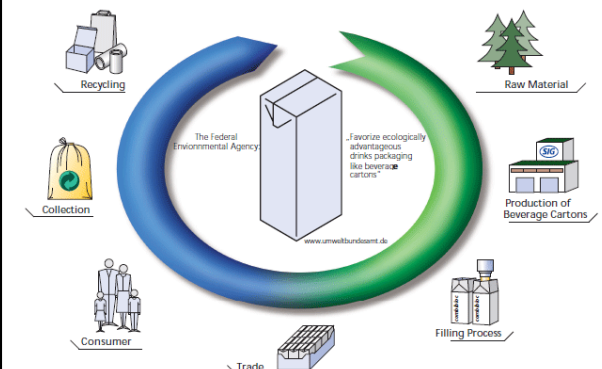
ผลิตภัณฑ์เป้าหมายและปริมาณอ้างอิง



Beverage Carton for Fruit Drink (1.0L/0.5L)

ที่มา: <http://www.sig.biz>

Life Cycle of Beverage Carton

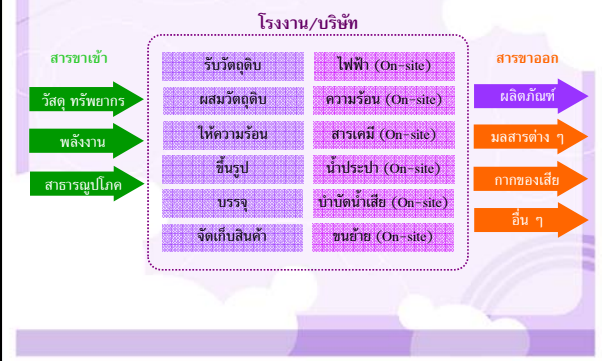


ที่มา: <http://www.sig.biz>

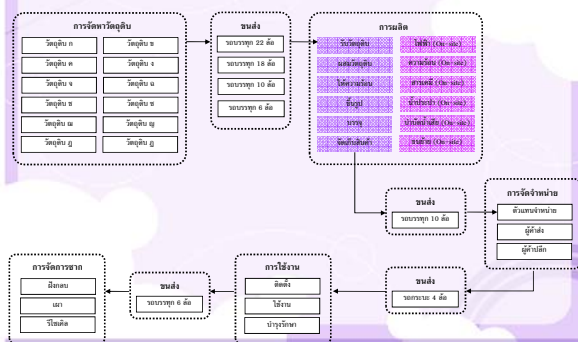
การวิเคราะห์บัญชีรายการสิ่งแวดล้อม

- เก็บรวบรวมข้อมูลสารเข้า เช่น วัตถุดิบ ทรัพยากร พลังงาน และสารออก เช่น ผลิตภัณฑ์ ผลิตภัณฑ์พลอยได้ มลสารที่ปล่อยสู่อากาศ มลสารที่ปล่อยสู่น้ำ ของเสียในรูปของแข็งที่เกี่ยวข้องกับระบบผลิตภัณฑ์ที่พิจารณา
- สารเข้าและสารออกทุกรายการต้องถูกพิจารณาย้อนกลับไปยังกระทั่งถึงแหล่งกำเนิดตามธรรมชาติ และทุกกระบวนการที่เกี่ยวข้องต้องรวมไว้ในขอบเขตของการพิจารณา

การวิเคราะห์บัญชีรายการสิ่งแวดล้อม

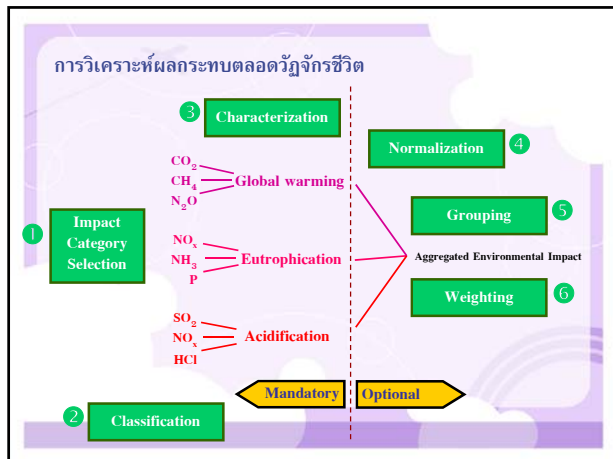


การวิเคราะห์บัญชีรายการสิ่งแวดล้อม



การวิเคราะห์ผลกระทบตลอดวัฏจักรชีวิต

- แปรข้อมูลการใช้ทรัพยากรและการปล่อยมลสารให้อยู่ในรูปของผลกระทบสิ่งแวดล้อมโดยการประเมินจะมีขั้นตอนหลัก ๆ คือ การจำแนกประเภท (Classification) การกำหนดศักยภาพการเกิดผลกระทบ (Characterization) การจัดกลุ่มและเทียบหน่วย (Normalization) และการให้น้ำหนักและความสำคัญ (Weighting)



Classification

- จัดบัญชีรายการข้อมูลตามประเภทของกลุ่มผลกระทบที่กำหนดไว้ในขั้นตอนการกำหนดเป้าหมายและขอบเขต
- ข้อมูลบัญชีรายการหนึ่ง ๆ อาจอยู่ในกลุ่มผลกระทบมากกว่า 1 กลุ่ม

Classification

Global warming (kg CO ₂ e)	CO ₂ , CH ₄ , N ₂ O, SF ₆ , PFCs, HFCs, ...
Acidification (Kg SO ₂ e)	NH ₃ , HCl, HF, HNO ₃ , NO _x , SO ₂ , SO _x , ...
Eutrophication (kg PO ₄ ³⁻ e)	NH ₃ , BOD, COD, NO ₃ ⁻ , NO _x , PO ₄ ³⁻ , ...
Ozone depletion (kg CFC11e)	CFC11, CFC12, CCl ₄ , CH ₂ Cl ₂ , CFC113, CH ₃ Cl, ...

Characterization

- แปลงข้อมูลบัญชีรายการที่อยู่ในกลุ่มผลกระทบเดียวกันให้อยู่ในรูปความสามารถในการก่อให้เกิดผลกระทบนั้น ๆ โดยใช้ Characterization factor
- Characterization factor เป็นค่าแสดงศักยภาพในการก่อให้เกิดผลกระทบของแต่ละข้อมูลเทียบกับสารอ้างอิงในกลุ่มผลกระทบนั้น ๆ
- เช่น แปลงปริมาณมีเทนในหน่วยกิโลกรัม (kg CH₄) และไนตรัสออกไซด์ในหน่วยกิโลกรัม (kg N₂O) ซึ่งอยู่ในกลุ่มที่ก่อให้เกิดภาวะโลกร้อนเหมือนกันให้อยู่ในรูปศักยภาพการก่อให้เกิดภาวะโลกร้อนในหน่วยกิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า (kg CO₂e)

Characterization

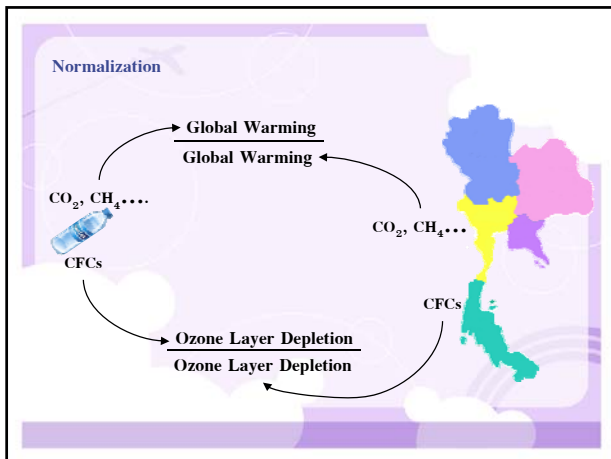
ตัวอย่างเช่น...

CH₄ มีค่า GWP Characterization factor = 25 kg CO₂/kg CH₄ หมายความว่า CH₄ 1 kg มีผลกระทบต่อ GWP เทียบเท่ากับ CO₂ 25 kg หรือกล่าวคือ CH₄ มีผลกระทบต่อ GWP มากกว่า CO₂ ถึง 25 เท่า

Normalization

- ทำให้ข้อมูลในกลุ่มผลกระทบต่างกันซึ่งมีหน่วยต่างกันสามารถเปรียบเทียบกันได้ โดยนำค่าผลกระทบในแต่ละกลุ่มมาเทียบกับค่าอ้างอิง เช่น ขนาดของผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในระดับภูมิภาคต่อหนึ่งปี เป็นต้น
- สามารถบ่งบอกถึงขนาดของผลกระทบสิ่งแวดล้อมแต่ละกลุ่ม เมื่อเปรียบเทียบกับผลกระทบสิ่งแวดล้อมโดยรวมของประเทศ ภูมิภาค หรือโลก
- ช่วยให้สามารถเลือกพิจารณาเฉพาะผลกระทบที่สำคัญ ๆ ได้

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



Normalization

ตัวอย่างเช่น...

PET bottle contributes to Global Warming
= 19,100 g CO₂ equivalent

Estimation of the Thailand annual effect score
= 1.85×10^{14} g CO₂ equivalent/year

Normalized effect score
= $19,100 / 1.85 \times 10^{14} = 1.03 \times 10^{-10}$

Grouping

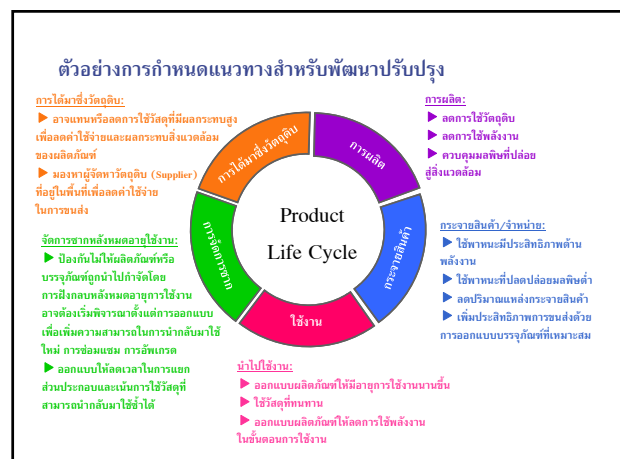
- นำผลลัพธ์จาก Normalization มาจัดเป็นกลุ่มตามชนิดของผลกระทบ เช่น Global warming, Acidification และ Eutrophication ถูกจัดให้อยู่ในหมวดหมู่ปัญหาทางด้านระบบนิเวศ (Ecosystem)

Weighting

- บ่งชี้ถึงความสำคัญของตัวแปรด้านสิ่งแวดล้อมแต่ละตัวแปรด้วยการให้น้ำหนัก (โดยใช้ Weighting factor) แก่แต่ละกลุ่มผลกระทบ
- การให้น้ำหนักจะขึ้นกับความสำคัญ/ความรุนแรงของแต่ละกลุ่มผลกระทบในแต่ละภูมิภาคที่ศึกษา เช่น ปัญหา Global warming มีความรุนแรงมากกว่า Photochemical smog 5 เท่า
- คำนวณผลกระทบในรูปตัวแปรเดียว (Single Score)

การแปลผลและปรับปรุงผลิตภัณฑ์

- วิเคราะห์ผล สรุป อธิบายข้อจำกัด
- นำเสนอผลที่สอดคล้องกับเป้าหมายและขอบเขตที่กำหนดไว้
- ให้ข้อเสนอแนะบนพื้นฐานของข้อมูลที่ได้จากการวิเคราะห์วัฏจักรการ (LCI) และการประเมินผลกระทบ (LCIA) เพื่อใช้เป็นแนวทางในการหาวิธีที่เหมาะสมในการพัฒนาและปรับปรุงผลิตภัณฑ์ต่อไป



จุดเด่นของ LCA

- มองภาพรวมของผลกระทบที่อาจเกิดขึ้นทั้งหมดในทุกกิจกรรม
- มองผลกระทบในภาพรวมที่จะก่อให้เกิดปัญหาต่อโลก เช่น การเกิดภาวะโลกร้อน (Global warming) การทำลายชั้นโอโซนในบรรยากาศ (Ozone layer depletion) การหมดไปของทรัพยากร (Resource depletion) มากกว่าที่จะมองเฉพาะสารพิษที่ปล่อยออกมา
- บ่งชี้ประเด็นปัญหาสิ่งแวดล้อมที่สำคัญที่สุดและแหล่งที่มาหรือขั้นตอนที่ก่อให้เกิดผลกระทบสิ่งแวดล้อมที่แท้จริง
- ป้องกันการเคลื่อนย้ายของประเด็นปัญหาจากขั้นตอนหนึ่งไปยังอีกขั้นตอนหนึ่ง

จุดเด่นของ LCA

- ป้องกันปัญหาที่อาจเกิดขึ้นจากการบริหารจัดการทรัพยากรอย่างไม่มีประสิทธิภาพ
- การคำนวณผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในเชิงปริมาณต่อหน่วยหน้าที่การทำงานของผลิตภัณฑ์ ทำให้สามารถเปรียบเทียบสมรรถนะเชิงสิ่งแวดล้อมของผลิตภัณฑ์สองอย่างที่ทำหน้าที่เหมือนกัน และยังสามารถใช้ในการเปรียบเทียบทางเลือกในการจัดการสิ่งแวดล้อม
- เป็นฐานข้อมูลสำคัญที่สามารถนำไปใช้ในการออกแบบเชิงนิเวศ

ข้อจำกัดของ LCA

- ต้องใช้ข้อมูลปริมาณมากจึงทำให้ใช้เวลานานและมีค่าใช้จ่ายสูง
- ความถูกต้องและความสม่ำเสมอของข้อมูล
- เมื่อทำ Energy/mass balance จากข้อมูลที่วัดได้มักไม่ตรงตามกฎของเทอร์โมไดนามิกส์
- ขาดแคลนข้อมูลบัญชีรายการทั้งในเชิงปริมาณและคุณภาพ
- ผลการวิเคราะห์ที่แตกต่างเนื่องจากความแตกต่างของวิธีการ
- ผลการศึกษาในแต่ละครั้งอาจนำมาเปรียบเทียบกันไม่ได้เนื่องจาก

การวิเคราะห์บัญชีรายการสิ่งแวดล้อม (Life Cycle Inventory: LCI)

ดร. พรทิพย์ วงศ์สุโขทัย
ศูนย์ความเป็นเลิศด้านการจัดการสิ่งแวดล้อมและของเสียอันตราย
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บัญชีรายการสิ่งแวดล้อม (LCI) สำคัญอย่างไร

- เป็นข้อมูลเบื้องต้นสำหรับประเมินวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์และผลิตภัณฑ์ปลายทาง
- เป็นข้อมูลบ่งบอกถึงประสิทธิภาพในการใช้ทรัพยากรและการปล่อยของเสียเพื่อเปรียบเทียบกับผลิตภัณฑ์อื่น ๆ และนำไปสู่การพัฒนาปรับปรุงเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพและลดการปล่อยของเสีย

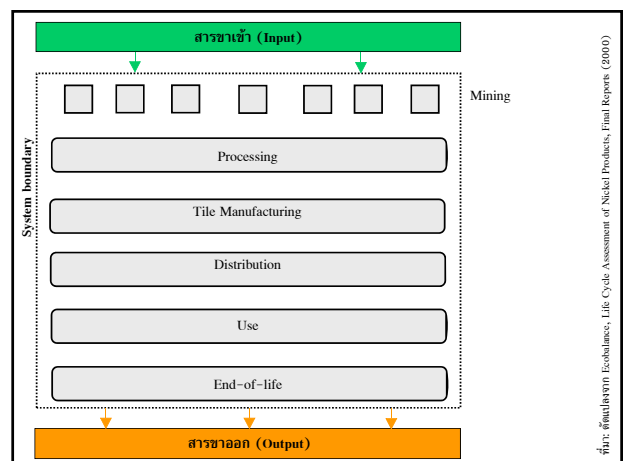
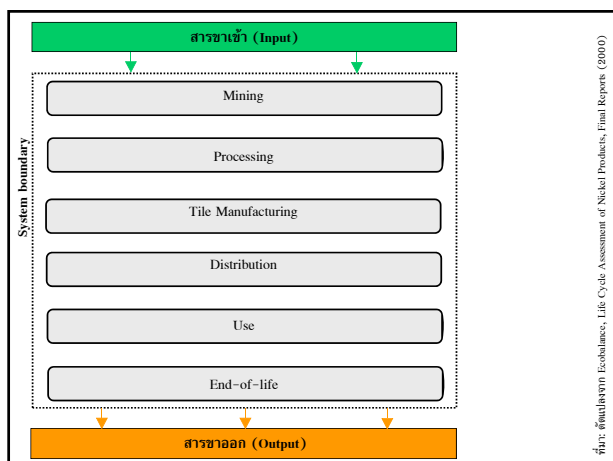
ตัวอย่างอุตสาหกรรมเหมืองแร่และอุตสาหกรรมปลายน้ำ

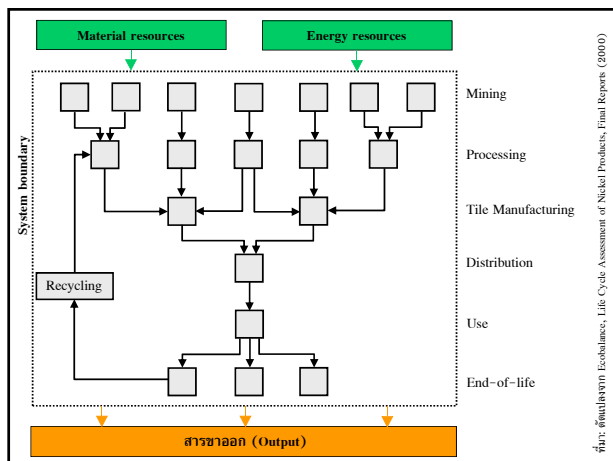
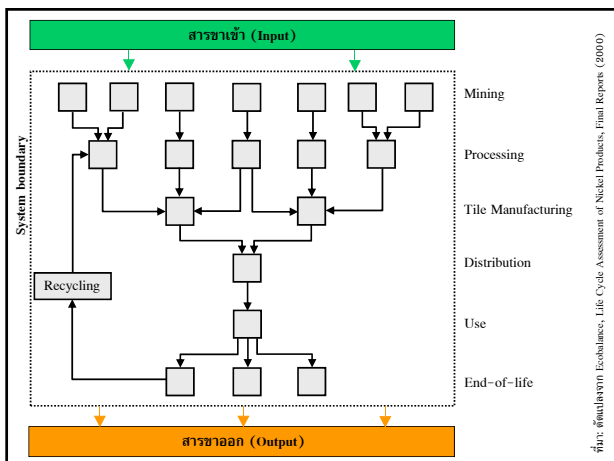
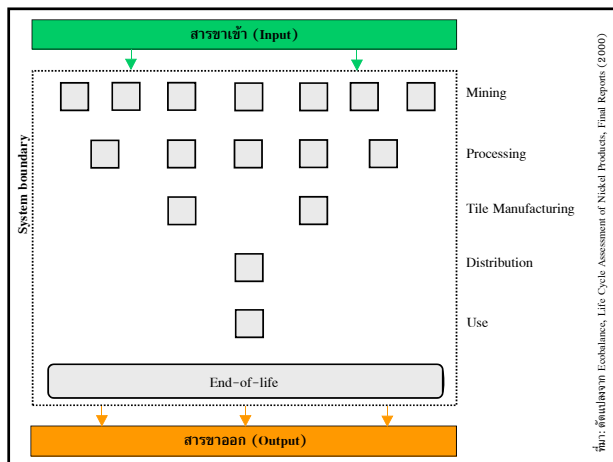
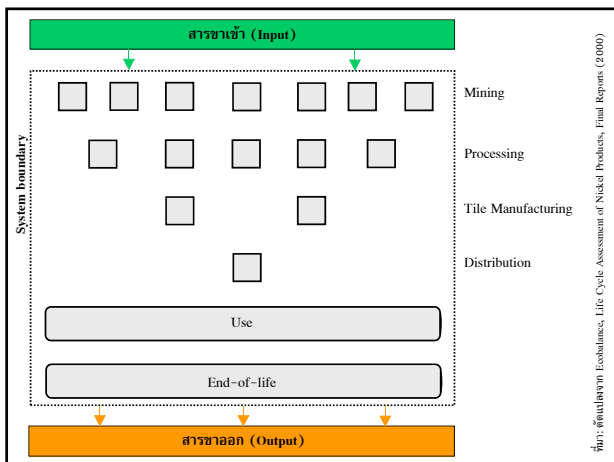
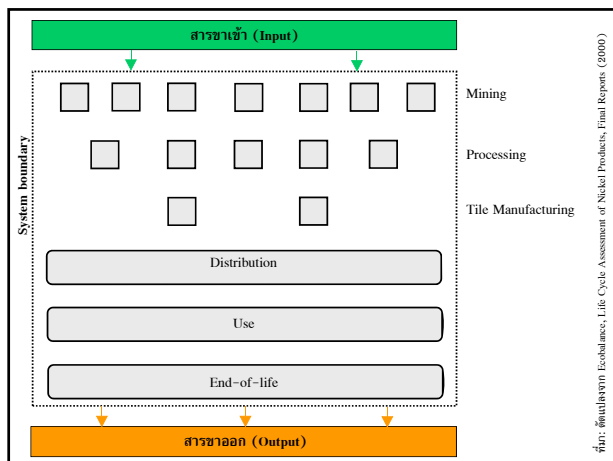
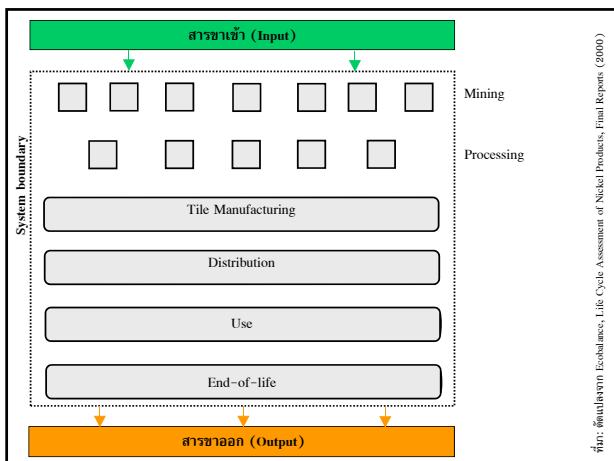
- ทราชแก้ว --> อุตสาหกรรมแก้วและกระจก
- ดินขาว --> อุตสาหกรรมกระเบื้อง/กระดาช
- ดีบุก --> อุตสาหกรรมอาหาร/ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์
- เฟลด์สปาร์ --> อุตสาหกรรมแก้วและกระจก/กระเบื้อง
- ยิปซัม --> อุตสาหกรรมซีเมนต์
- ฟอสเฟต --> อุตสาหกรรมปุ๋ย
- หินปูน --> อุตสาหกรรมก่อสร้าง/วัสดุทนไฟ/เคมี/ซีเมนต์



บัญชีรายการสิ่งแวดล้อม (LCI) คืออะไร

- ข้อมูลเกี่ยวข้องกับสารขาเข้า (Input) และสารขาออก (Output) ของระบบที่ศึกษา (System boundary) ในรูปของทรัพยากรและพลังงานที่ใช้ ของเสียที่ปล่อยสู่อากาศ น้ำ และดิน ตลอดจนผลิตภัณฑ์และผลิตภัณฑ์พลอยได้ที่ผลิตได้
- มาตรฐานในการรวบรวมข้อมูลบัญชีรายการสิ่งแวดล้อม ได้แก่ ISO/TS 14048 - Data Documentation Format (International Organization for Standardization, 2002)





การปันส่วน (Allocation)

- มีผลิตภัณฑ์หลายประเภทจากกระบวนการเดียวกัน ในช่วงเวลาเดียวกัน เช่น ใน 1 เดือน บริษัทอาจมีการผลิตสินค้าหลายเกรด
- มีระบบมาตรฐานป้อนร่วมกันในกลุ่มเครือบริษัทเดียวกัน เช่น ระบบผลิตไฟฟ้า ระบบผลิตไอน้ำ ระบบบำบัดน้ำเสีย ฯลฯ
- มีข้อเสียจากกระบวนการผลิตที่สามารถนำไปเป็นวัตถุดิบของผลิตภัณฑ์ชนิดอื่น

การปันส่วน (Allocation)

การปันส่วน = การแบ่งส่วนการใช้ทรัพยากร การใช้พลังงาน และการะสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้นจากหน่วยผลิตหนึ่ง ๆ (ในกรณีที่มีผลิตภัณฑ์มากกว่า 1 ชนิดออกจากหน่วยผลิตนั้น ๆ) ให้แก่ผลิตภัณฑ์แต่ละชนิดอย่างเหมาะสม



วิธีการปันส่วน

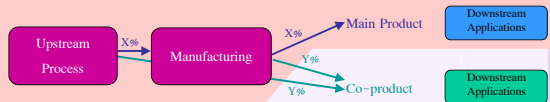
- ขยายขอบเขตของระบบ (System expansion)
- ปันส่วนเชิงเทคนิค (Technical allocation)
- ปันส่วนเชิงกายภาพ (Physical allocation) เช่น มวล ปริมาตร โมล พื้นที่ พลังงาน
- ปันส่วนเชิงมูลค่า (Economic allocation)
- อื่น ๆ เช่น 50/50

กฎของการปันส่วน

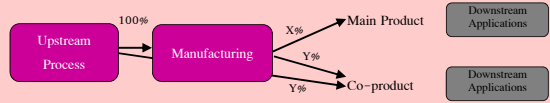
- หลีกเลี่ยงการปันส่วนด้วยการแบ่งหน่วยการผลิตย่อย หรือด้วยการขยายขอบเขตของระบบ
- หากเป็นไปได้ให้ปันส่วนเชิงกายภาพ
- ทางเลือกสุดท้ายคือการปันส่วนเชิงมูลค่า

การขยายขอบเขตของระบบ

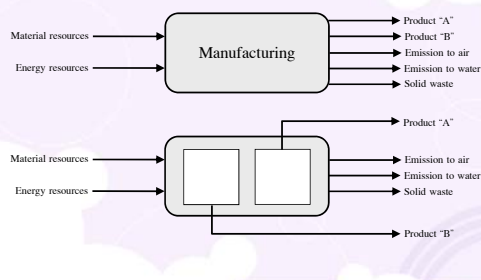
กรณีปันส่วน



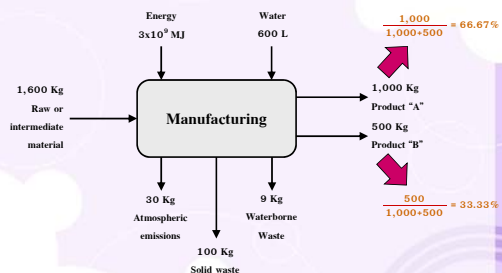
กรณีขยายขอบเขต



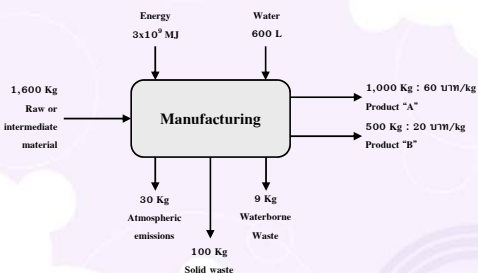
การแบ่งหน่วยการผลิตย่อย



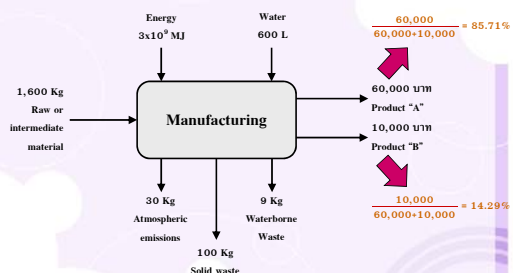
การปันส่วนเชิงมวล



การปันส่วนเชิงมูลค่า



การปันส่วนเชิงมูลค่า



กฎการตัดออก (Cut-off rule)

- ใช้เพื่อลดขอบเขตและความซับซ้อนของการสำรวจให้อยู่ในระดับที่สามารถปฏิบัติได้ เป็นการระบุการวัดหรือพลังงานที่สามารถตัดออกจากการสำรวจได้ เช่น
- มวล: พิจารณาเฉพาะสารเข้าที่มีปริมาณรวมที่ใช้มากกว่าหรือเท่ากับเกณฑ์ที่กำหนด (เช่น 5% ของวัตถุดิบทั้งหมดที่เข้าระบบผลิตภัณฑ์)
- พลังงาน: พิจารณาเฉพาะตัวพาพลังงานที่ให้พลังงานรวมมากกว่าหรือเท่ากับเกณฑ์ที่กำหนด (เช่น 5% ของพลังงานทั้งหมดที่เข้าระบบผลิตภัณฑ์)

การตรวจสอบข้อมูล

- สมดุลมวลสาร
- สมดุลพลังงาน
- เปรียบเทียบกับข้อมูลจากกระบวนการที่คล้ายคลึงกัน
- เปรียบเทียบกับข้อมูลจากแหล่งอ้างอิงอื่น
- เปรียบเทียบกับค่าทางทฤษฎี เช่น ค่าจากการคำนวณ
- Common sense

การคำนวณและการประมาณค่าข้อมูล

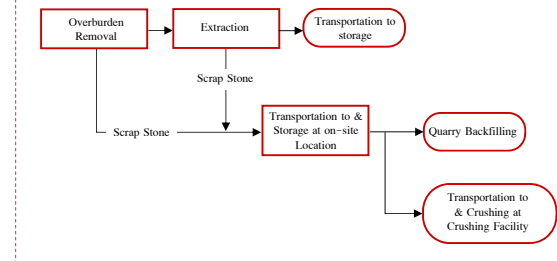
- ในหลายกรณี ไม่สามารถหาข้อมูลได้
- โรงงานไม่ได้ดำเนินการเก็บข้อมูล เพราะไม่มีกฎข้อบังคับ เช่น อัตราการปลดปล่อย CO_2
- โรงงานไม่มีข้อมูล เนื่องจากไม่มีระบบการจัดเก็บข้อมูล
- ไม่สามารถหาโรงงานที่ให้ข้อมูลได้

การคำนวณและการประมาณค่าข้อมูล

- การคำนวณ CO₂ จากวัตถุดิบ
- การคำนวณ CO₂ จากการเผาไหม้
- การคำนวณ Emission อื่น ๆ เช่น วัตถุดิบที่เข้าสู่กระบวนการผลิตแต่ไม่ได้ออกมาในรูปของผลิตภัณฑ์หรือผลิตภัณฑ์พลอยได้ ต้องอยู่ในรูป Emission ทั้งหมด

ตัวอย่างแผนภาพกระบวนการผลิตหินปูน (Limestone)

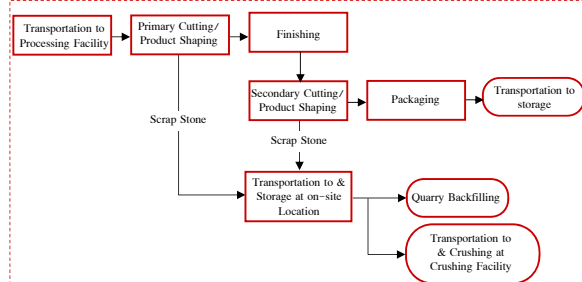
Quarrying operations



ที่มา: Natural Stone Council, A Life-Cycle Inventory of Limestone Dimension Stone Quarrying and Processing, Version 2 (2009)

ตัวอย่างแผนภาพกระบวนการผลิตหินปูน (Limestone)

Processing operations



ที่มา: Natural Stone Council, A Life-Cycle Inventory of Limestone Dimension Stone Quarrying and Processing, Version 2 (2009)

ตัวอย่างข้อมูลบัญชีรายการแบบ gate to gate

Materials required to produce 1 ft³ of limestone products.

Material	Material Consumption ^a (kg/ft ³)		
	Quarrying	Processing	Total
Limestone, scrap ^b	2.0E+00	0.56E+00	2.6E+00
Polyurethane	1.1E-04	N/A	1.1E-04
Steel, industrial	1.1E-03	N/A	1.1E-03
Steel, stainless	8.6E-05	N/A	8.6E-05
Timber, softwood	N/A	1.7E-01	1.7E-01

ที่มา: Natural Stone Council, A Life-Cycle Inventory of Limestone Dimension Stone Quarrying and Processing, Version 2 (2009)

ตัวอย่างข้อมูลบัญชีรายการแบบ gate to gate

Energy required to produce 1 ft³ of limestone products.

Energy Type	Energy Consumption ^a (MJ/ft ³)		
	Quarrying	Processing	Total
Electricity	1.0E+00	1.2E+02	1.2E+02
Natural Gas	0.0E+00	5.3E-02	5.3E-02
Propane	1.6E-01	8.7E+00	8.8E+00
Diesel	1.8E+01	1.2E+01	3.0E+01
Gasoline	5.8E-01	2.3E+00	2.9E+00
TOTAL	2.0E+01	1.5E+02	1.6E+02

Water required to produce 1 ft³ of limestone products.

Water Source	Water Consumption ^a (gal/ft ³)		
	Quarrying	Processing	Total
Groundwater	1.8E+00	2.6E+02	2.6E+02
Surface water	5.8E+01	7.2E+02	7.8E+02
Public supply	6.6E-03	9.7E+02	9.7E+02
TOTAL	5.9E+01	2.0E+03	2.0E+03

ที่มา: Natural Stone Council, A Life-Cycle Inventory of Limestone Dimension Stone Quarrying and Processing, Version 2 (2009)

อุปสรรคและข้อจำกัด

- การจัดทำข้อมูล LCI ขึ้นกับวัตถุประสงค์ของการนำไปใช้งานเป็นหลัก เช่น สำหรับเป็นฐานข้อมูลพื้นฐานของประเทศ สำหรับเปรียบเทียบกับผลิตภัณฑ์อื่นที่ใช้เทคโนโลยีต่างกัน ฯลฯ จึงต้องให้ความสำคัญกับวัตถุประสงค์มาก ๆ
- การเก็บข้อมูลทำได้ยากและใช้เวลานาน เพราะต้องการข้อมูลมากและอาศัยความร่วมมือจากหลาย เช่น ฝ่ายจัดซื้อ ฝ่ายผลิต ฝ่ายวิศวกรรม ฝ่ายสาธารณสุข ฝ่ายสิ่งแวดล้อม ตัวแทนจำหน่ายวัตถุดิบและสารเคมี
- ไม่มีการบันทึกข้อมูลในเชิงปริมาณ
- ขาดความเข้าใจในการเก็บรวบรวมข้อมูล

- แนวคิดและหลักการการพัฒนาอุตสาหกรรมที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม

- การจัดทำคาร์บอนฟุตพริ้นท์ผลิตภัณฑ์/องค์กร

- หลักการคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก

แนวคิดและหลักการพัฒนาอุตสาหกรรมที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม

 **ดร. อรรถเจตต์ อภิขจรศิลป์**
บริษัท อีโค ดีไซน์ คอนซัลแตนท์ จำกัด



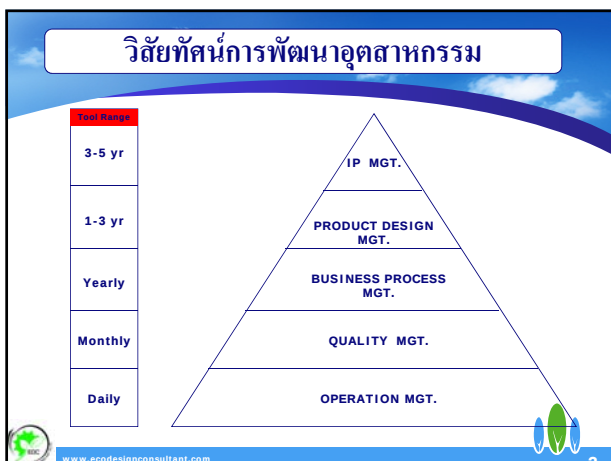
Green Industry Development

ดร. อรรถเจตต์ อภิขจรศิลป์
-รองผู้จัดการ กลุ่มไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์
สภาอุตสาหกรรมแห่งประเทศไทย
-กรรมการบริหาร สถาบันสิ่งแวดล้อมอุตสาหกรรม
สภาอุตสาหกรรมแห่งประเทศไทย
-Senior Consultant
Eco Design Consultant Co., Ltd.



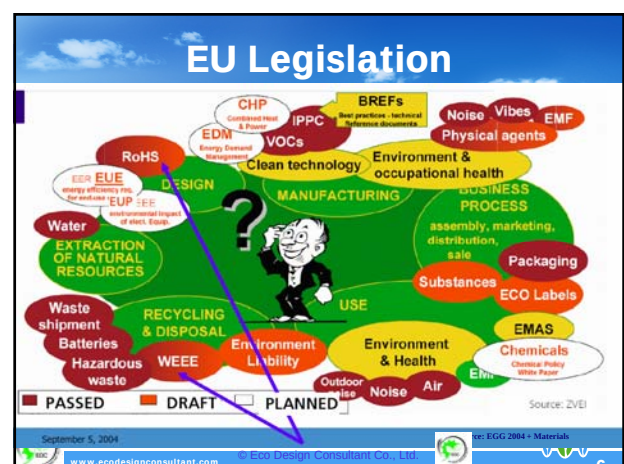
E-mail: akajate@ecogroup.co.th
Mobile : 089-799-3999

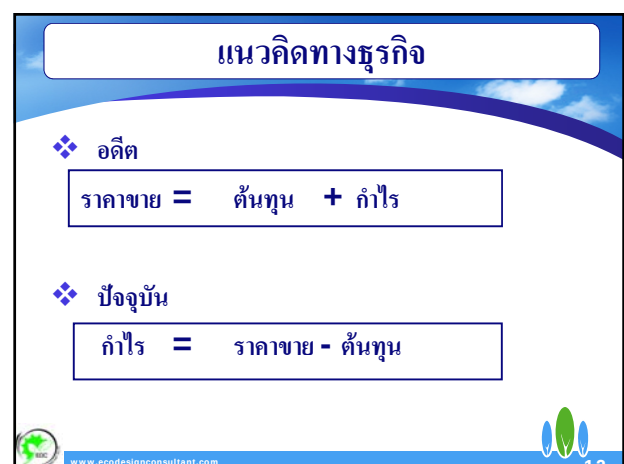
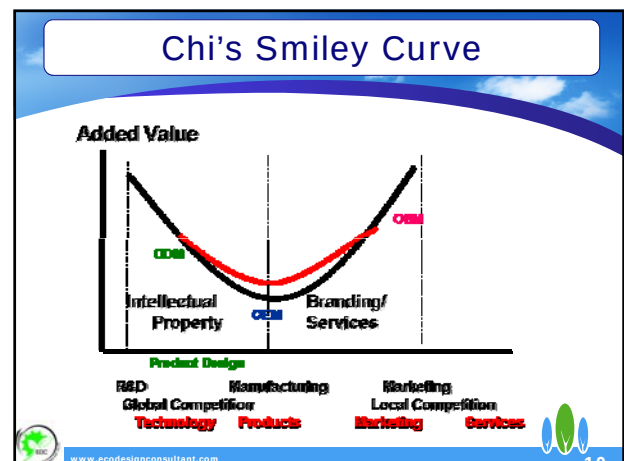
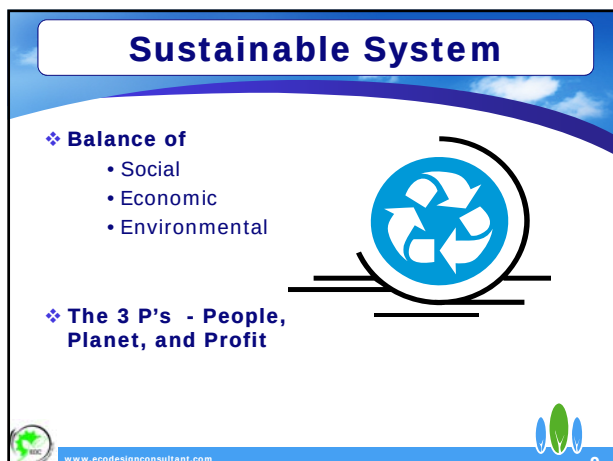
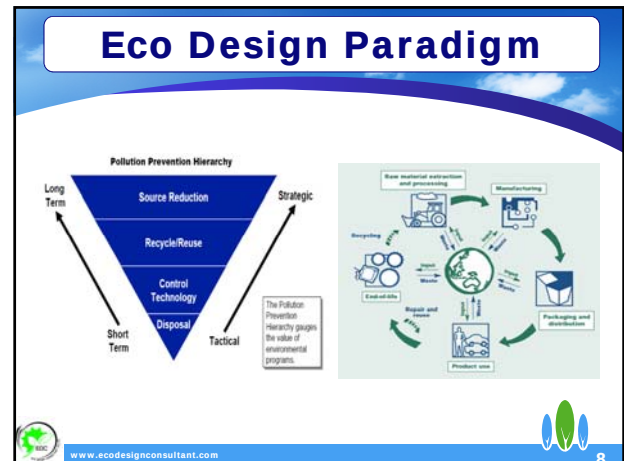



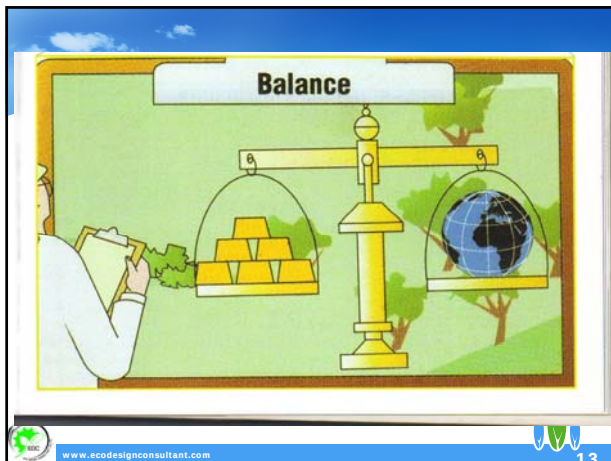
Why Green Industry Development ?

- ❖ กระบวนการและข้อตกลงทางการค้า
 - กฎหมายท้องถิ่น , ELV, WEEE , RoHS, REACH
- ❖ ความสัมพันธ์ทางสถานะสิ่งแวดล้อม
- ❖ ทรัพยากรธรรมชาติซึ่งมีอยู่อย่างจำกัด

EU ออกกฎระเบียบสิ่งแวดล้อมกับสินค้าที่ผลิต/นำเข้า EU มาเป็นระยะๆ				
2545	2548	2549	2550	2561
ELV	WEEE	RoHS	EuP	REACH
ยานยนต์	ไฟฟ้า & อิเล็กทรอนิกส์	ไฟฟ้า & อิเล็กทรอนิกส์	สินค้าทุกชนิดที่ใช้พลังงาน	สินค้าทุกชนิดที่ใช้สารเคมี
- จัดการซาก - กำหนดสัดส่วน Reuse/ Recycle/ Recovery - ห้ามใช้โลหะหนัก 4 ชนิด	- จัดการซาก - กำหนดสัดส่วน Reuse/ Recycle/ Recovery	ห้ามใช้สารอันตราย 6 ชนิด	ออกแบบเชิงนิเวศเศรษฐกิจ โดยคำนึงถึงผลกระทบต่อวงจรชีวิตของผลิตภัณฑ์	- จดทะเบียน - ประเมิน - อนุญาต - จำกัดการใช้สารเคมี
ที่มา: คณะกรรมการ "ยุทธศาสตร์เพิ่มขีดความสามารถอุตสาหกรรมไทยในการแข่งขันภายใต้กฎระเบียบของสหภาพยุโรป"				





“ มาม่า ” ต่อยักกลยุทธผู้นำ

มาม่า ได้ออกแคมเปญลดโลกร้อน โดยการชูจุดแข็งของผลิตภัณฑ์ที่บรรจุอยู่ในกระดวยอย่างมาม่า คัพ ด้วยสโลแกนที่ว่า

“ มาม่า คัพ ช่วยกระดวย รักษาโลก ต้องเริ่มที่ตัวเรา ”

อ้างอิงจาก : นิตยสาร 6 มีนาคม 2551

www.ecodesignconsultant.com

เอสซีจี จับกระแสลดโลกร้อน ผลิตภัณฑ์มิตรสิ่งแวดล้อม

บริษัท เอสซีจี เพเปอร์ จำกัด ในเครือซิเมนต์ไทย เปิดตัวกระดวยถ่ายเอกสาร “Idea Green” ซึ่งเป็นมิตรสิ่งแวดล้อม รับกระแสลดโลกร้อน โดยผลิตจากเศษกระดวยขาวใช้แล้วและมีส่วนผสมของ Eco Fiber สัดส่วน 30% และอีก 70% ผลิตจากเชือกกระดวย

ข้อมูลจาก : <http://www.thaipr.net/nc/readnews.aspx>

www.ecodesignconsultant.com

ซิลวาเนีย จับมือ โสมโปร ผนึกพลังลดโลกร้อน จัดกิจกรรม “หลอดไฟซิลวาเนีย เคลียร์โลกร้อน” ที่โสมโปร 8 สาขา

บริษัท ฮาวลส์ ซิลวาเนีย (ประเทศไทย) จำกัด จัดกิจกรรม หลอดไฟซิลวาเนีย เคลียร์โลกร้อน ซึ่งเป็นกิจกรรมที่บริษัทฯ ร่วมกับโสมโปร จัดขึ้น เพื่อรณรงค์ให้มีการใช้หลอดประหยัดไฟ เพื่อช่วยลดปัญหาภาวะโลกร้อน ภายใต้งิจกรรมนี้จะมีการจำหน่ายหลอดตะเกียบประหยัดไฟซิลวาเนีย แพลทพิเศษ ซี้อ 3 หลอดได้ 4 หลอด นอกจากนี้ ยังมีกิจกรรมร่วมกับลูกค้าเพื่อให้ความรู้เกี่ยวกับภาวะโลกร้อน

ข้อมูลจาก : <http://www.ryt9.com/news/2008-02-01/29862059/>

www.ecodesignconsultant.com

หมากฝรั่งลดโลกร้อน

India Chewing gum

“ ประหยัดไฟลดโลกร้อน ”

ข้อมูล : <http://play.kapook.com/vdo/show-46586>

www.ecodesignconsultant.com

Acid rain damage

Air pollution

Climate change

Water pollution

Resource depletion

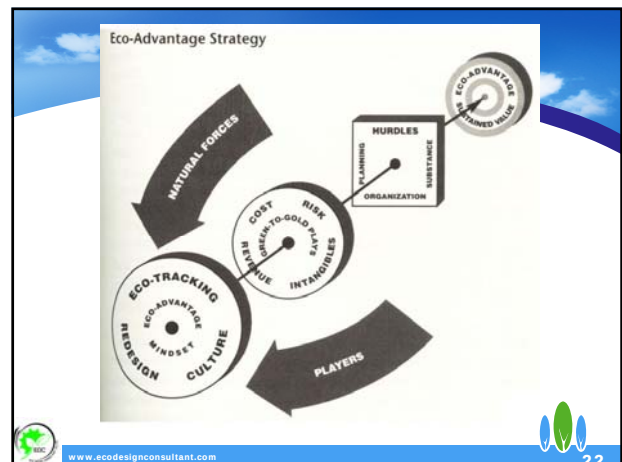
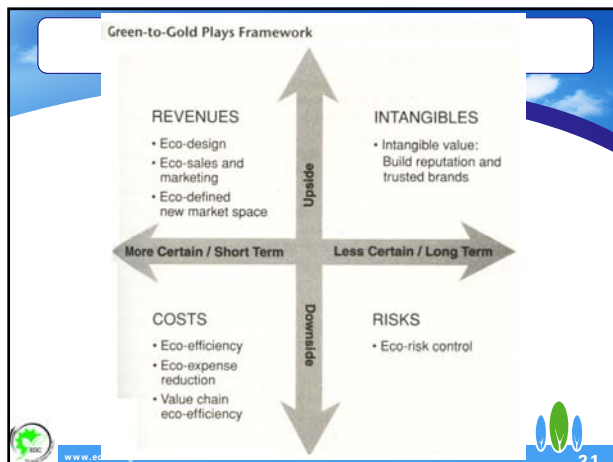
www.ecodesignconsultant.com

Traditional Paradigm

Implementing green concept involve in cost added activities. It may increase Corporate Social Responsibilities image but will decrease corporate profit (or if any increase lost)

Modern Paradigm

Implementing green concept involve in value added activities. It will increase Corporate Social Responsibilities image while decrease unnecessary cost and finally lead to increasing in higher corporate profit



Focus has changed from factories to products



	Swedish emissions to water from factories (ton/year)	Emissions through the gate - Material in products (ton/year)
Lead	740	30 000
Cadmium	4	170
Mercury	3	14
Chromium	85	50 000

www.ecodesignconsultant.com

Life Cycle Perspective

